

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



**EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD EN CARRETERAS
MEDIANTE BUMP INTEGRATOR**

**MONITOREO DE CONSERVACIÓN CARRETERA CAÑETE-
HUANCAYO Km. 102+000 al km. 104+000**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

VICTOR HUGO DEZA INFANTE

Lima- Perú

2010

Dedicado a mi familia.
En especial a la persona a quien quiero
siempre a mi lado, cuando logre mis objetivos y
cuando no los logre también: mi madre.

“La vida es aquello que te va
sucediendo mientras te empeñas en
hacer otros planes”

John Lennon

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
LISTA DE CUADROS.....	4
LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	9
1.1 Antecedentes del proyecto.....	9
1.2 Ubicación del proyecto.....	11
1.3 Características de la carretera.....	14
1.4 Situación actual de la carretera.....	17
1.5 Tramo evaluado Km. 102+000 al 104+000.....	20
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	24
2.1 Introducción.....	24
2.2 La evaluación de pavimentos.....	24
2.3 Serviciabilidad de pavimentos.....	28
2.4 Rugosidad de pavimentos.....	29
2.5 Métodos de medición de la rugosidad.....	33
2.6 Determinación del IRI mediante Sistemas tipo-Respuesta de medida de rugosidad de caminos (RTRRMS).....	34
CAPÍTULO III EVALUACIÓN DE RUGOSIDAD MEDIANTE BUMP INTEGRATOR.....	39
3.1 Procesos de la evaluación de rugosidad mediante BI.....	39
3.2 Estimación de los costos.....	43
CAPÍTULO IV: APLICACIÓN DEL BUMP INTEGRATOR.....	48
4.1 Información inicial.....	48

4.2	Calibración del equipo.	51
4.3	Ecuaciones de correlación.	52
CAPÍTULO V : ANÁLISIS DE RESULTADOS		55
CONCLUSIONES		57
RECOMENDACIONES		59
BIBLIOGRAFÍA.....		61
ANEXOS.....		62

RESUMEN

El presente informe “Evaluación de la rugosidad en carreteras mediante Bump Integrator. Monitoreo de conservación carretera Cañete-Huancayo Km. 102+000 al Km. 104+000”, abarca aspectos necesarios para la aplicación del BUMP INTEGRATOR en la evaluación de la rugosidad en carreteras, parámetro importante para la determinación de la condición funcional de la carretera con miras a una conservación o como en nuestro caso, al monitoreo de la conservación.

El presente informe, trata de dar solución a la necesidad de contar con metodologías más eficientes para la evaluación y monitoreo de la serviciabilidad en carreteras que se ubiquen dentro del contexto del “Proyecto Perú”, presentando como alternativa la aplicación del BUMP INTEGRATOR, equipo que resulta tener un mayor rendimiento frente a equipos tradicionales en el Perú como el Merlin o la nivelación, que si bien tienen una mayor precisión no son tomados en cuenta para la evaluación de rugosidades en carreteras de grandes longitudes.

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1.01: Zonas de vida a lo largo de la carretera.....	15
Cuadro N° 1.02: Población en el área de influencia	16
Cuadro N° 1.03: Situación actual de la vía.....	17
Cuadro N° 2.01: Escala de clasificación de la serviciabilidad.....	29
Cuadro N° 2.02: Equivalencia entre IRI y Serviciabilidad.....	29
Cuadro N° 3.01: Procesos de la evaluación de rugosidad mediante BI.....	39
Cuadro N° 3.02: Actividades relacionadas con la calibración del equipo BI	40
Cuadro N° 3.03: Resumen de requisitos para la calibración de los RTRRMS	41
Cuadro N° 3.04: Presupuesto de evaluación de rugosidad mediante BI	44
Cuadro N° 3.05: Gastos Generales.....	45
Cuadro N° 4.01: Tratamiento superficial Km. 102 – Km. 104	48
Cuadro N° 4.02: Ubicación de gibas y badén Km. 102 – Km. 104.....	48
Cuadro N° 4.03: Ubicación de alcantarillas Km. 102 – Km. 104.....	48
Cuadro N° 4.04: Zonas de calibración Km. 102 – Km. 104	50
Cuadro N° 4.05: IRI en secciones de calibración mediante Merlin	51
Cuadro N° 4.06: Datos con BI en secciones de calibración.....	51
Cuadro N° 4.07: Cálculos estadísticos de datos con BI	51
Cuadro N° 4.08: IRI y BI en secciones de calibración	52
Cuadro N° 4.09: Ecuaciones de correlación.....	53
Cuadro N° 5.01: Datos de campo	56
Cuadro N° 5.02: Resultados de evaluación de rugosidad	56

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1.01: Ubicación de la Carretera Cañete-Huancayo	11
Figura N° 1.02: Ruta 22 Cañete-Huancayo.....	11
Figura N° 1.03: Imagen satelital de la carretera	12
Figura N° 1.04: Plano clave inicial - 2007.....	12
Figura N° 1.05: Plano clave Enero-Febrero-Marzo 2,010.....	18
Figura N° 1.06: Plano clave Junio 2,009	19
Figura N° 1.07: Km 102+500 Agua proveniente de riego de cultivos	20
Figura N° 1.08: Alcantarillas TMC	21
Figura N° 1.09: Km 102+350 Presencia de bache	21
Figura N° 1.10: Km 102+090 Giba	22
Figura N° 1.11: Km 103+100 Zona urbana.....	22
Figura N° 1.12: Km 103+700 Badén	23
Figura N° 1.13: Km. 102 – Km. 104 Señales de tránsito	23
Figura N° 2.01: Factores que afectan el comportamiento en pavimentos flexibles	25
Figura N° 2.02: Evaluación del pavimento	26
Figura N° 2.03: Modelo de cuarto de carro	31
Figura N° 2.04: Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías	33
Figura N° 2.05: Componentes de equipo tipo respuesta.....	36
Figura N° 4.01: Unidad de adquisición de datos del rugosímetro BI.....	50
Figura N° 4.02: Instalación del instrumento.....	50
Figura N° 4.03: Gráfico BI vs IRI	52
Figura N° 4.04: Ecuaciones de calibración.....	53
Figura N° 5.01: Ecuación polinómica (cuadrática).....	55

LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	American Society for Testing and Materials
BI	Bump Integrator
IRI	International Roughness Index (Índice de rugosidad Internacional)
IRRE	International Roughness Road Experiment (Experimento Internacional de Rugosidad de Vías)
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
PCI	Pavement Condition Index (Índice de Condición del Pavimento)
RQCS	Reference Quarter Car Simulation (Simulación del Modelo de Cuarto Carro)
STRMRS	Response-Type Road Roughness Measuring System (Sistema de Medición de la Rugosidad Tipo-Respuesta)

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a los actuales programas de conservación vial surge la necesidad de contar con metodologías estándar para la evaluación y monitoreo de la serviciabilidad en vías de bajo volumen de tráfico, con el objetivo de que dichas vías se tornen “corredores económicos”. Por tal razón, la aplicación del BUMP INTEGRATOR (BI) surge como alternativa debido a su gran rendimiento, que resulta más eficiente frente al uso del Merlin en carreteras de grandes longitudes.

En este contexto, el presente informe “Evaluación de la Rugosidad en carreteras mediante Bump Integrator. Monitoreo de Conservación Carretera Cañete-Huancayo Km. 102+000 al Km. 104+000” tiene como objetivo general realizar el monitoreo de la condición funcional de la carretera en el tramo en estudio, a través de las mediciones de rugosidad de la superficie de rodadura de la vía mediante el BI, así mismo determinar los procesos que componen una evaluación de rugosidad mediante este equipo y realizar la estimación de los costos que esta demanda.

Así también efectuar el procesamiento de la información, obtener el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), conocer las ventajas y limitaciones del empleo del equipo en la medición de la rugosidad y plantear recomendaciones para el monitoreo de la serviciabilidad en carreteras del “Proyecto Perú”, serán los objetivos específicos al cual se abocará el presente informe.

Este informe se ha estructurado en cinco capítulos, que abarcan aspectos necesarios para la aplicación del BI en la evaluación de la rugosidad en carreteras.

El primer capítulo rescata las generalidades más importantes de la Carretera Cañete-Huancayo, los antecedentes e historia de la misma, así como sus

características ingenieriles más resaltantes e información del estado actual de la vía; también se presenta un breve inventario vial del tramo en estudio.

El segundo capítulo desarrolla el marco teórico, donde se revisan aspectos de la evaluación de pavimentos, enfocándose en la evaluación funcional, así también se revisan los conceptos de serviciabilidad, rugosidad de pavimentos y métodos para su medición. Finalmente se abordan los sistemas tipo-respuesta de medida de rugosidad de caminos, en el que se inserta el equipo BI.

El tercer capítulo desarrolla la estructura de trabajo para una evaluación de la rugosidad en carreteras, mediante el BI y se presenta la estimación de los costos de dicha evaluación.

El cuarto capítulo se analiza los resultados obtenidos y se determina el estado de serviciabilidad de la vía.

Finalmente, el quinto capítulo desarrolla la aplicación del BI en el tramo en estudio, se presenta los datos obtenidos de nuestra medición y se recolecta información del IRI en nuestro tramo, apoyándonos en los ensayos con Merlin realizados por nuestros compañeros, finalmente se obtiene la ecuación de calibración del equipo, indispensable para la conversión de los datos obtenidos a partir de las mediciones con el BI a IRI.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 Antecedentes del proyecto.

La carretera Cañete-Yauyos-Chupaca con una ubicación geográfica entre los departamentos de Lima-Junín, fue construida por tramos, iniciándose durante el gobierno del Sr. Augusto B. Leguía en el año 1920 hasta el año 1930, continuándose luego con su construcción durante el gobierno de Manuel Prado Ugarteche entre los años 1940 y 1944. Quedando postergado todo trabajo del tramo Yauyos – Chupaca hasta su construcción en el año 1954 por el gobierno central a través del Ministerio de Fomento en el tramo faltante entre Yauyos – Tomas, la cual estuvo a cargo del Ing. Max Atuncar, culminándose los trabajos en 1957.

Durante mucho tiempo, ésta vía no desarrolló trabajos de mantenimiento ni rehabilitación, presentándose en consecuencia problemas de transitabilidad y funcionalidad.

En respuesta a este problema en el año 1998 se desarrolló el “Estudio de Ingeniería e Impacto Ambiental”, el cual fue elaborado por el Consultor AYESA – ALPHA CONSULT contratado por PROMCEPRI (Comisión de Promoción de Concesiones Privadas).

En el año 2003, el Proyecto Especial Rehabilitación de Transportes (PERT) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) bajo la dirección de PROVIAS NACIONAL encargó la elaboración del Estudio de Preinversión a Nivel de Perfil de la Carretera Ruta 22, Tramo: Lunahuaná – Yauyos – Chupaca al consultor Ing. Floriano Palacios León con contrato de estudio N° 0412-2003-MTC/20 del 28.11.2003 obteniéndose la aprobación el 22.11.2004. Posteriormente con oficio N° 1411-2004-EF/68.01 se autoriza la elaboración del Estudio de Factibilidad del Proyecto Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera a cargo del Consultor AYESA – ALPHA CONSULT en el año 2005.

En el ámbito del Acuerdo Nacional, el Estado Peruano tiene el compromiso de promover la inversión privada y la inversión pública en infraestructura a efectos de incentivar la competitividad y la integración nacional y regional. Estos compromisos tienen como objetivo principal reducir el déficit existente en infraestructura y contribuir así a alcanzar la productividad y la competitividad del país al brindar a la población las condiciones necesarias para su desarrollo. En ese contexto, el año 2007 se crea en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones el “Proyecto Perú”, como un programa de conservación y desarrollo de infraestructura vial. Este proyecto fue diseñado para poner en servicio y asegurar el funcionamiento permanente de las carreteras de alto y bajo volumen de tránsito, buscando la consolidación de “corredores económicos”, lo que dio origen a los contratos de Conservación Vial por Niveles de Servicio.

Es en este marco que el 27 de diciembre del 2007 se firma el contrato de “Servicio de Conservación Vial por niveles de servicio de la carretera Cañete-Lunahuana-Pacarán-Chupaca y Rehabilitación del tramo Zuñiga-Dv- Yauyos-Ronchas”, entre PROVIAS NACIONAL y el contratista CONSORCIO GESTIÓN DE CARRETERAS, por un monto de S/. 131'589,139.31 y un plazo de 5 años. Con el objetivo de alcanzar un adecuado nivel de transitabilidad en la vía.

El alcance de dicho contrato comprendía la ejecución de 2 fases: pre-operativa y operativa. La fase pre-operativa consistía en la elaboración del plan de conservación vial: propuesta de diseño técnico de cambio de estándar de afirmado a solución básica (base estabilizada protegida con recubrimiento bituminoso) y cronogramas de ejecución; además de la elaboración de un inventario vial: registro de las estructuras y obras que conforman la infraestructura vial de la carretera. Esta fase fue ejecutada durante los 6 primeros meses del 2,008.

La fase operativa abarca la ejecución de actividades de conservación rutinaria, conservación periódica, el cambio de estándar de afirmado a solución básica (base estabilizada protegida con recubrimiento bituminoso) pero sin mejora en la geometría de las secciones ni el perfil de la vía, además de reparaciones menores y atención de emergencias viales.

1.2 Ubicación del proyecto.

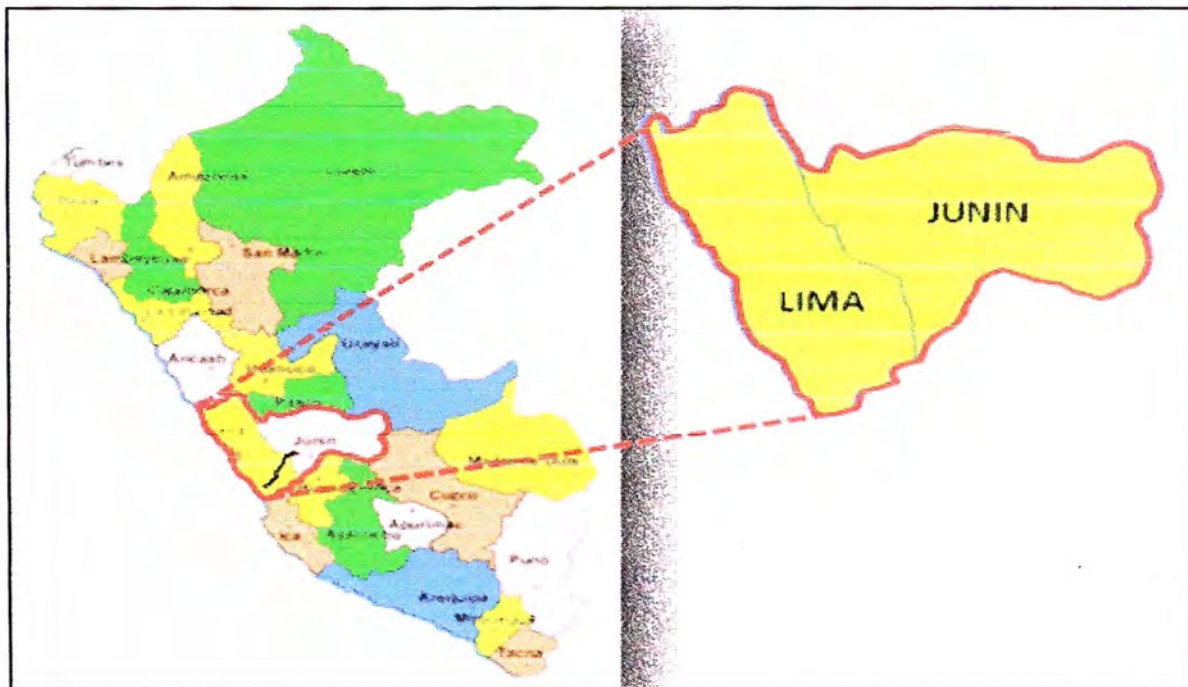
La zona de estudio se encuentra ubicada entre los Departamentos de Lima y Junín. La carretera pertenece a la Ruta N° 22 de la Red Vial Nacional del Perú (Corredor Vial N° 13), Cañete - Lunahuaná-Chupaca-Huancayo, la cual comunica las provincias de Cañete, Yauyos, Concepción, Chupaca y Huancayo.

El tramo de la carretera en mención se encuentra entre las coordenadas geográficas:

12°00' a 13°00'	Longitud Sur
75°15' a 76°10'	Longitud Oeste

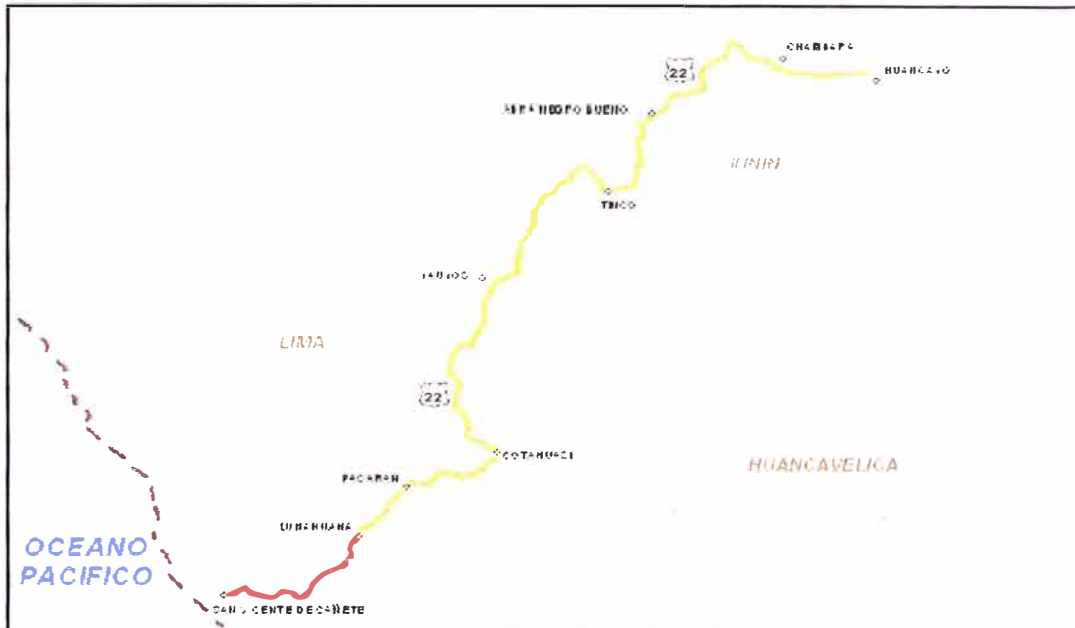
El área estudiada limita por el Norte con los cuadrángulos de Huarochirí y La Oroya, por el Este con los cuadrángulos de Andamarca y Pampas, por el Sur con los cuadrángulos de Tantará y Chíncha y por el Oeste con el cuadrángulo de Mala. La altitud de este tramo varía entre los 450 m.s.n.m. y 4,600 m.s.n.m. y su longitud total es de 271.73 Km.

Figura N° 1.01: Ubicación de la Carretera Cañete-Huancayo



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Provias Nacional

Figura N° 1.02: Ruta 22 Cañete-Huancayo



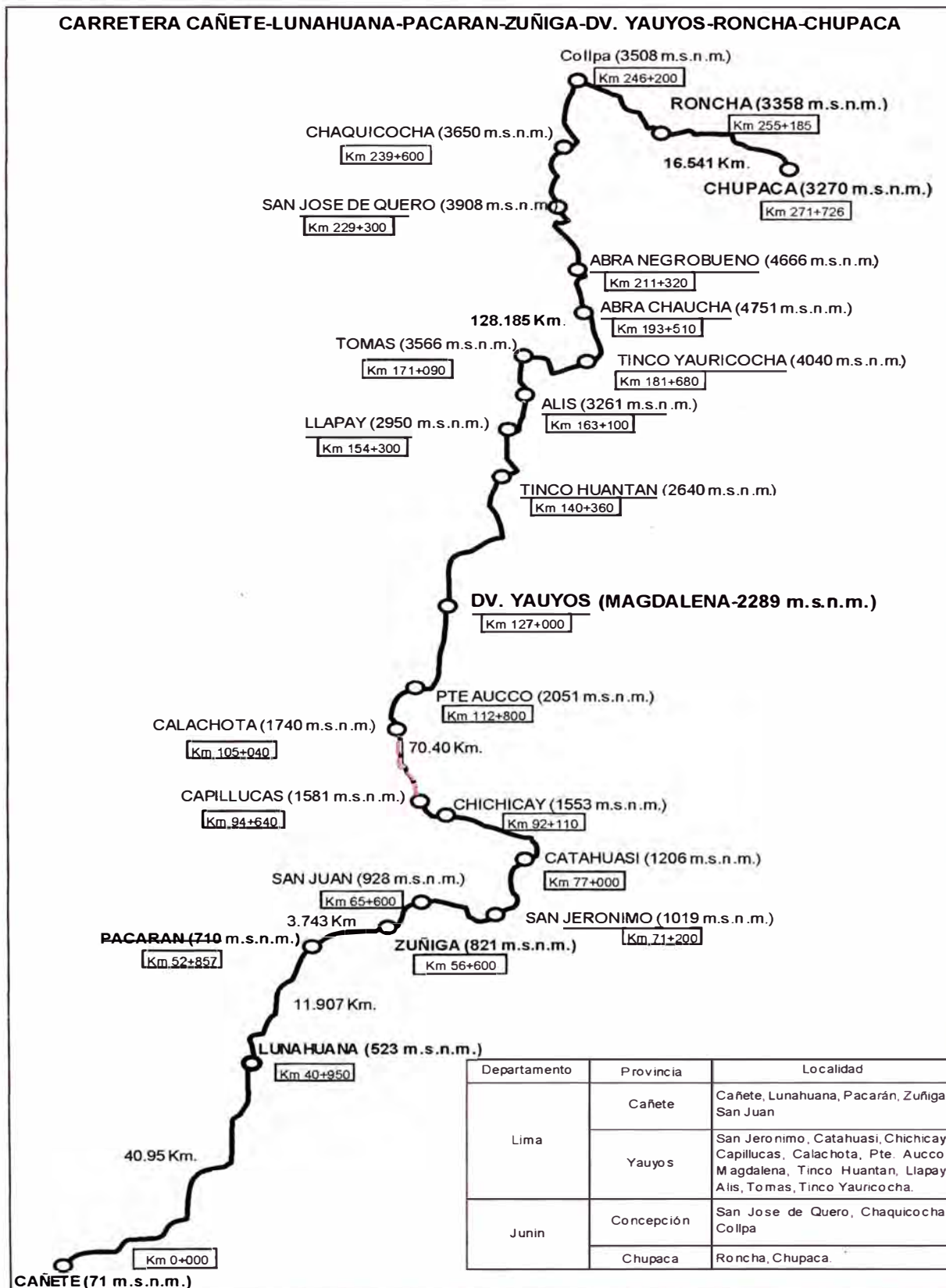
Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Provias Nacional

Figura N° 1.03: Imagen satelital de la carretera



Fuente: Imagen de Google Earth

Figura N° 1.04: Plano clave inicial - 2007



1.3 Características de la carretera.

A. Área Geográfica:

La geografía de Lima se caracteriza por ser el más andino de los de la costa, ya que los Andes llegan hasta la orilla del mar, en grandes altitudes. Políticamente, la cuenca del río Cañete forma parte de las provincias de Cañete y Yauyos, pertenecientes ambas al departamento de Lima. La cuenca del río Cañete tiene una extensión aproximada de 6,192 km², de los cuales el 78.4% (4,856 km²) corresponde a la cuenca húmeda.

El río Cañete nace en la laguna Ticllacocha, ubicada al pie de las cordilleras de Ticlla y Pichahuarco, en la divisoria de cuencas con el río Mala. Sus recursos hídricos provienen de los aportes de la lluvia, así como los derivados de lagunas y deshielo de los nevados, ubicados estos principalmente en el extremo norte de la cuenca y sobre los 4500 msnm. La longitud del río Cañete, entre su nacimiento y desembocadura, es de aproximadamente 220 km., presentando una pendiente promedio de 2%; sin embargo, presenta sectores en donde la pendiente es mucho más pronunciada, especialmente en la parte alta, llegando hasta 8% en el tramo comprendido entre la localidad de Huancaya y la desembocadura del río Alis.

Es importante anotar que dada su configuración la Región de Lima, es muy vulnerable a los efectos del Fenómeno del Niño que se manifiesta por el aumento de la temperatura del mar y el receso de los vientos alisios, que originan fuertes lluvias, inundaciones y huaycos, etc., en las zonas alto-andinas de la Región y maretaos en las áreas costeras que afectan la vida del poblador en forma directa e indirecta, dependiendo su vulnerabilidad del área geográfica y de la preparación de las personas para afrontar el evento natural. Las zonas generalmente afectadas por las lluvias están localizadas en las alturas de Matucana, Huarochirí Oyón, Lunahuaná, etc. En general todas las cuencas hidrográficas de Lima aumentan su caudal, poniendo en peligro a las poblaciones y originan desabastecimiento, por el bloqueo de carreteras.

B. Hidrología:

El patrón hidrográfico que constituye la zona de estudio se halla constituido por dos cuencas principales: la Cuenca del río Cunas y la Cuenca del río Cañete.

La cuenca del río Cunas, comprende aproximadamente los últimos 52 Kms. del trazo, siendo su divisoria de aguas respecto a la cuenca del río Cañete, representado por los caseríos tales como: Laguna Cunacochoa, Millpo, Pishapampa y Gentilmacha; toda esta red de drenaje se ha entallado sobre rocas calizas; este río Cunas, cambia de nombre al pasar por Chupaca, cambiando su nombre por río Chupaca. En la parte alta de la cuenca, no existen explotaciones mineras, por lo cual, la contaminación por residuos mineros es casi nula y las aguas son claras y libres de minerales pesados.

La cuenca del río Cañete, es la más larga, comprende aproximadamente 155 Kms.; se halla integrada por los tributarios principales, tales como: el río Allis, río Yauyos, río Huangascar y numerosas quebradas. Este río, se halla contaminado tanto por el aporte directo de aguas servidas de la mayoría de los poblados aledaños a la red hidrográfica del río Cañete y por vertimiento de residuos mineros de algunas compañías mineras que se hallan en la cuenca alta del río.

C. Ecología:

Según el Mapa Ecológico de la Reserva Paisajística en Cochabamba (AYESA – ALPHA CONSULT) se ha identificado 10 zonas de vida a lo largo de la carretera:

Cuadro N° 1.01: Zonas de vida a lo largo de la carretera

POBLADO	SIMBOLO	FORMACION ECOLOGICA
Cañete, Imperial, Lunahuaná	dd - S	Desierto desecado – Subtropical
Pacarán, Zuñiga	ds – S	Desierto semiárido – Subtropical
Catahuasi, Capillucas	dp – S	Desierto perárido – Subtropical
Calachota	md – S	Matorral desértico – Subtropical
	ee – MBT	Estepa espinosa - Montano Bajo Tropical
Magdalena, Alis	e – MT	Estepa - Montano Tropical
Tomas, Tinco	ph – SaT	Páramo húmedo – Subalpino Tropical
San José de Quero	pmh – SaT	Páramo muy húmedo – Subalpino Tropical
	tp - AT	Tundra pluvial - Alpino Tropical
Chupaca, Ronchas	bh - MT	Bosque húmedo – Montano – Tropical

Fuente: Estudio de Ingeniería e Impacto Ambiental - AYESA – ALPHA CONSULT

El uso actual de estos suelos es agrícola produciendo frutales como mangos, pacaes, uvas, plátanos y algunas leguminosas y hortalizas. En cuanto a la producción pecuaria, ella también es variable y en algunos casos dados se da lugar a actividades conexas de pequeñas industrias y comercialización; como sucede con la fabricación de quesos, venta de leche, carne, etc.

D. Población de zonas aledañas:

A continuación se detalla la población del área de influencia de la carretera:

Cuadro N° 1.02: Población en el área de influencia

Provincia	Distrito	Población
Cañete	Imperial	36,340
	Lunahuana	4,567
	Nuevo Imperial	19,026
	Pacarán	1,687
	San Vicente de Cañete	46,464
	Zuñiga	1,582
Yauyos	Alis	1,519
	Ayauca	1,773
	Cacra	544
	Carania	330
	Catahuasi	1,090
	Colonia	1,439
	Hongos	435
	Huantán	926
	Laraos	960
	Lincha	771
	Putinza	452
	Tomas	1,077
	Tupe	655
	Yauyos	2,698
	Viñac	1,791
Concepción	Chambara	2,985
	San José de Quero	6,452
Chupaca	Ahuac	6,547
	Chongos Bajo	4,409
	Chupaca	20,976
	Huachac	3,738
	Huamancaca Chico	4,998
	San Juan de Jarpa	3,664
	San Juan de Yscos	2,332
	Tres de Diciembre	1,920
Huancayo	Huancayo	112,054
	Pilcomayo	13,295
Total		309,496

Fuente: INEI - Censos nacionales 2007: XI Población y VI de vivienda

La población directamente beneficiada por la carretera es aproximadamente 309,496 habitantes, ubicados en las provincias de Cañete, Yauyos del departamento de Lima y Concepción, Chupaca y Huancayo del departamento de Junín.

1.4 Situación actual de la carretera.

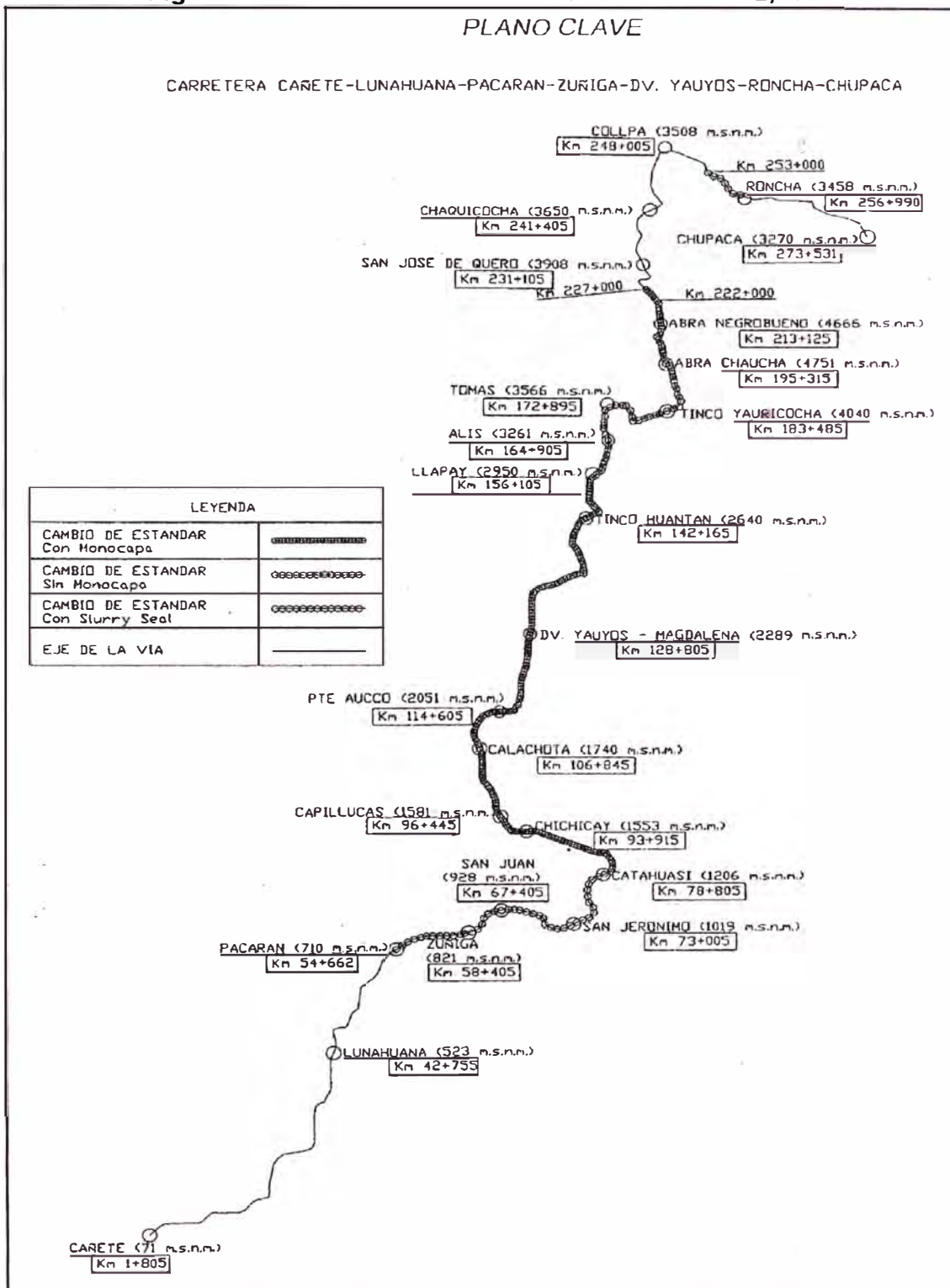
De acuerdo a las características actuales de la carretera, se determina que este eje vial posee en su mayoría tramos angostos de regulares condiciones de transitabilidad, los cuales han sido mejorados con diversos tratamientos superficiales (monocapa o slurry seal) por parte del contratista Consorcio Gestión de Carreteras quien ejecuta el contrato de servicio de conservación vial por niveles de servicio de esta carretera. La mejora al nivel de transitabilidad ha ocasionado un aumento de confianza por parte de los usuarios de la vía, pero las pésimas condiciones geométricas hacen que el tránsito sea muy peligroso, difícil para camiones ligeros y casi imposible para vehículos mayores.

Cuadro N° 1.03: Situación actual de la vía

TRAMO			SITUACION ACTUAL
INICIO	FIN	KM	
Cañete	Lunahuana	0+000 AL 40+950	Vía asfaltada
Lunahuana	Pacaran	40+950 AL 52+857	Vía asfaltada
Pacaran	Zuñiga	52+857 AL 56+600	C.E. Slurry sin monocapa
Zuñiga	San Juan	56+600 AL 65+600	C.E. Slurry sin monocapa
San Juan	San Jeronimo	65+600 AL 71+200	C.E. Slurry sin monocapa
San Jeronimo	Catahuasi	71+200 AL 77+000	C.E. Slurry sin monocapa
Catahuasi	Chichicay	77+000 AL 92+100	C.E. Monocapa
Chichicay	Capillucas	92+100 AL 94+640	C.E. Monocapa
Capillucas	Calachota	94+640 AL 105+040	C.E. Monocapa + slurry
Calachota	Pte Auco	105+040 AL 112+800	C.E. Monocapa
Pte Auco	Dv Yauyos - Magdalena	112+800 AL 127+000	C.E. Monocapa
Dv Yauyos - Magdalena	Tinco-Huantan	127+000 AL 140+360	C.E. Monocapa
Tinco-Huantan	Llapay	140+360 AL 154+300	C.E. Monocapa
Llapay	Alis	154+300 AL 163+100	C.E. Monocapa
Alis	Tomas	163+100 AL 171+090	C.E. Monocapa + slurry
Tomas	Tinco Yauricocha	171+090 AL 181+680	C.E. Monocapa
Tinco Yauricocha	Abra Chaucha	181+680 AL 193+510	C.E. Monocapa + slurry
Abra Chaucha	Abra Negrobueno	193+510 AL 211+320	C.E. Monocapa
Abra Negrobueno	San Jose de Quero	211+320 AL 229+300	C.E. Monocapa
San Jose de Quero	Chaquicocha	229+300 AL 239+600	C.E. Slurry sin monocapa
Chaquicocha	Collpa	239+600 AL 246+200	C.E. Slurry sin monocapa
Collpa	Ronchas	246+200 AL 255+185	C.E. Slurry sin monocapa
Ronchas	Chupaca	255+185 AL 271+726	Pavimento básico bicapa
Chupaca	Huancayo	271+726 AL 281+730	Vía asfaltada

Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

Figura N° 1.05: Plano clave Enero-Febrero-Marzo 2,010

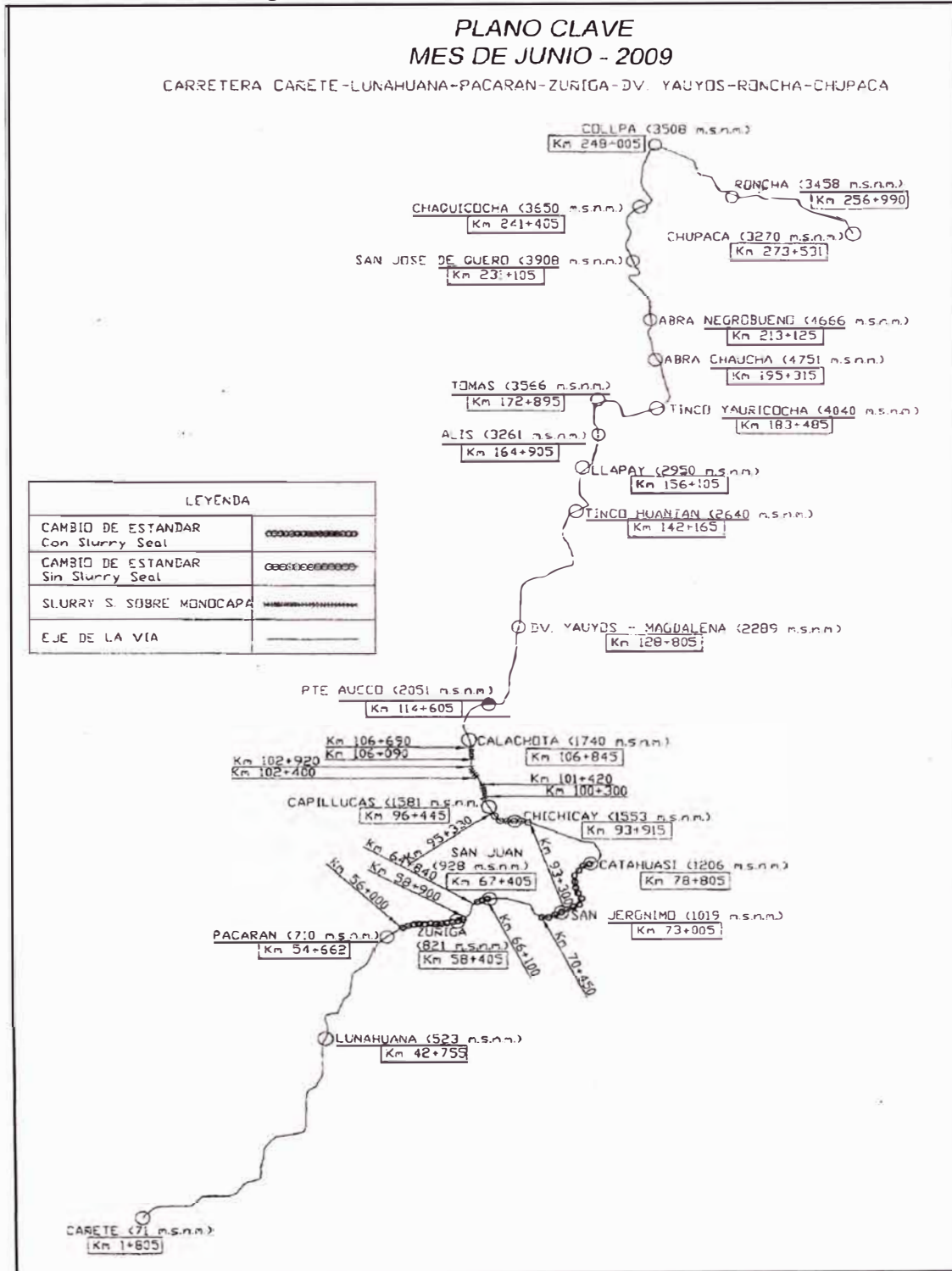


Fuente: Convenio PROVIAS - UNI

La figura N° 1.04, muestra las condiciones en las que se encontraba la vía antes del ingreso del contratista, donde se determina que este eje vial posee en su mayoría tramos de material afirmado y de regulares condiciones de transitabilidad.

La figura N° 1.05, muestra las acciones realizadas por el contratista en sus 2 primeros años de servicio, se aprecia que ha realizado el cambio de estándar (de afirmado a base estabilizada protegida con recubrimiento bituminoso) en los tramos que comprendía su alcance: Zuñiga-Dv. Yauyos-Ronchas.

Figura N° 1.06: Plano clave Junio 2,009



Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

1.5 Tramo evaluado Km. 102+000 al 104+000

El estudio abarca un tramo de 2 kilómetros de la carretera Cañete-Huancayo (Km. 102+000 – Km. 104+000) ubicado entre los distritos de Capillucas y Calachota, provincia Cañete, región Lima, la cual se desarrolla en la margen derecha del Río Cañete, siguiendo un corte a media ladera sobre una topografía del tipo accidentada, con una altitud promedio de 1660 msnm y una temperatura mínima de 17° C, una máxima de 27° C, siendo el periodo de lluvias entre los meses de diciembre a marzo.

Con un ancho de plataforma variable entre 3.50 m a 6.00 m, cuyas pendientes varían de 3% a 6%, las obras de drenaje que se observó son: cunetas de tierra, alcantarilla de tubería de metal corrugado 24", emboquillados y badén 12 m.

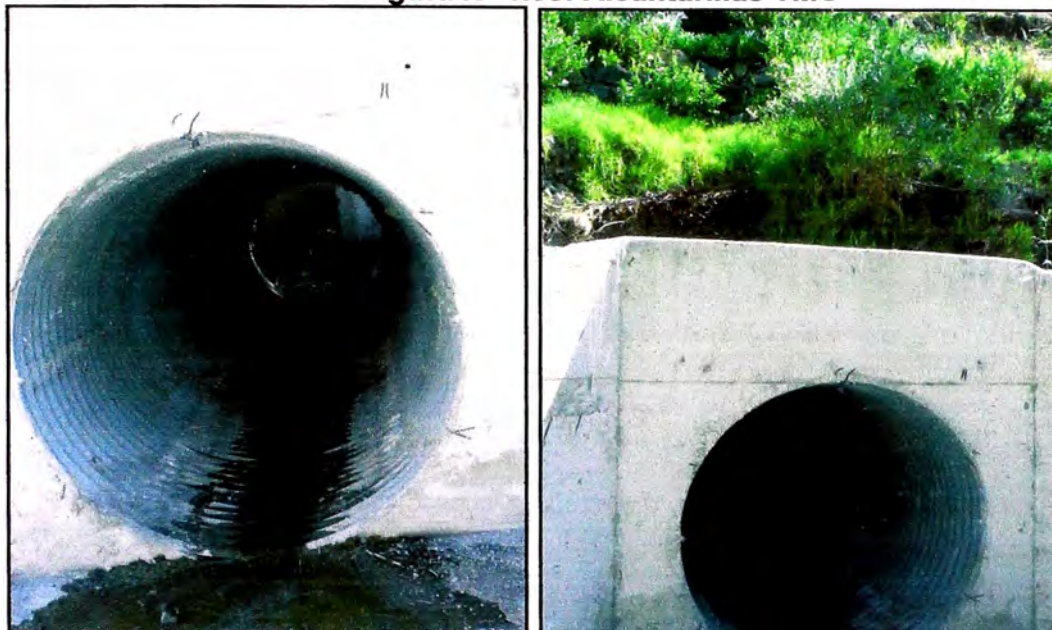
Adyacente a la vía se encuentran terrenos de cultivo, que en su mayoría tienen un riego tradicional por inundación y no tecnificado, lo que hace que en la mayoría de los casos estos rebalsen hacia la vía, deteriorándola. El agua proveniente del riego de cultivos, drena a lo largo de la carretera a través de cunetas de tierra, las que no cuentan con la sección necesaria (Figura N° 1.07). Otra de las obras de drenaje encontradas en el tramo son las alcantarillas de tubería de metal corrugado (Figura N° 1.08).

Figura N° 1.07: Km 102+500 Agua proveniente de riego de cultivos



Fuente: Elaboración propia - Fotografía del 15/Mayo/10

Figura N° 1.08: Alcantarillas TMC



Fuente: Elaboración propia - Fotografía del 15/Mayo/10

Actualmente, el tramo en estudio se encuentra con tratamiento superficial monocapa (Figura N° 1.05), el sub-tramo km. 102+400 – Km. 102+920 presenta adicionalmente slurry seal sobre la monocapa (cambio de estándar), que fue aplicado en junio del 2009, a la fecha se encuentra en condiciones regulares. También se aprecian baches en los tramos que se encuentran sólo con monocapa, no evidenciándose éstos en el tramo con slurry seal.

Figura N° 1.09: Km 102+350 Presencia de bache



Fuente: Elaboración propia - Fotografía del 15/Mayo/10

En éstos 2 kilómetros de estudio de la carretera se hallan 4 gibas (Figura N° 1.10) debido a la presencia de curvas y a la cercanía con una pequeña zona urbana Km. 103+200 (Figura N° 1.11), lo que genera que la velocidad de viaje no sea constante, produciendo que el viaje no sea tan cómodo por las continuas aceleraciones y desaceleraciones. También existe 1 badén en el tramo de estudio, debido a la presencia de una zona de huayco (Figura N° 1.12).

Figura N° 1.10: Km 102+090 Giba



Fuente: Elaboración propia - Fotografía del 15/Mayo/10

Figura N° 1.11: Km 103+100 Zona urbana



Fuente: Elaboración propia - Fotografía del 15/Mayo/10

Figura N° 1.12: Km 103+700 Badén



Fuente: Elaboración propia - Fotografía del 15/Mayo/10

Con respecto a las medidas de seguridad para los usuarios de la vía, en el tramo de estudio, se aprecia que se encuentra debidamente señalizado, ubicándose señales preventivas y reglamentarias como: curva a la derecha o izquierda, camino sinuoso, giba, badén, reducir velocidad, etc (Figura N° 1.13). En la figura de la izquierda se aprecia la falta de guardavías hacia el lado izquierdo y hacia el derecho un talud de 90° con presencia de cantos rodados propenso al derrumbe pero la vegetación disminuye su vulnerabilidad.

Figura N° 1.13: Km. 102 – Km. 104 Señales de tránsito



Fuente: Elaboración propia - Fotografía del 15/Mayo/10

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción.

Para empezar el desarrollo del presente Informe de Suficiencia, es necesario comprender la importancia de la evaluación de pavimentos en países como el nuestro ya que los resultados de dicha evaluación permitirán definir las acciones de conservación o rehabilitación necesarias en el momento pertinente, lo que contribuirá a prolongar la vida de nuestras carreteras y así evitar la pérdida continua de nuestro patrimonio vial

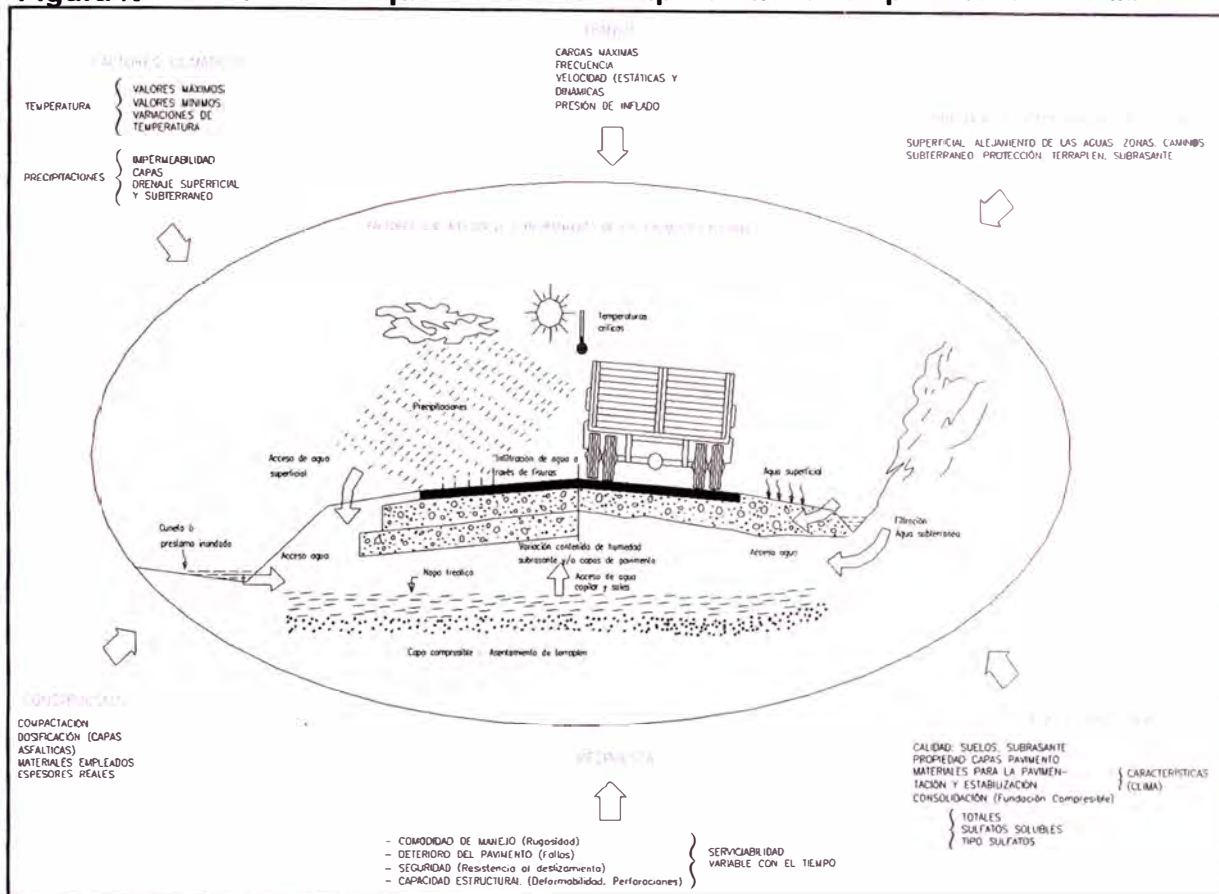
En el marco de la evaluación de pavimentos existe la evaluación de la condición estructural y funcional, esta última es dónde se enmarca el estudio: evaluación de la rugosidad de pavimentos, que es uno de los parámetros más relevantes para determinar las características superficiales del pavimento, cuanto mayor regularidad presente el pavimento podrá ofrecer mejores condiciones de comodidad y seguridad para los usuarios de la carretera, así también se podrán disminuir los costos de operación vehicular, debido a un menor desgaste en las llantas y a un menor consumo de combustible.

2.2 La evaluación de pavimentos.

Continuamente, los pavimentos sufren la agresión de factores que afectan su comportamiento, en la Figura N° 2.01 se puede apreciar algunos de éstos como: variaciones en la temperatura, precipitaciones; el tránsito: cargas máximas, frecuencias; infiltraciones de aguas subterráneas, etc.

Estos factores originan daños tanto a la condición estructural como a la condición funcional. En la condición estructural se puede originar pérdida de su capacidad estructural (deformaciones, perforaciones); y en la condición funcional se puede originar daños en la superficie del pavimento debido al: deterioro del pavimento (fallas), a la pérdida de la comodidad al manejo (rugosidad), y en seguridad debido a menor resistencia al deslizamiento.

Figura N° 2.01: Factores que afectan el comportamiento en pavimentos flexibles

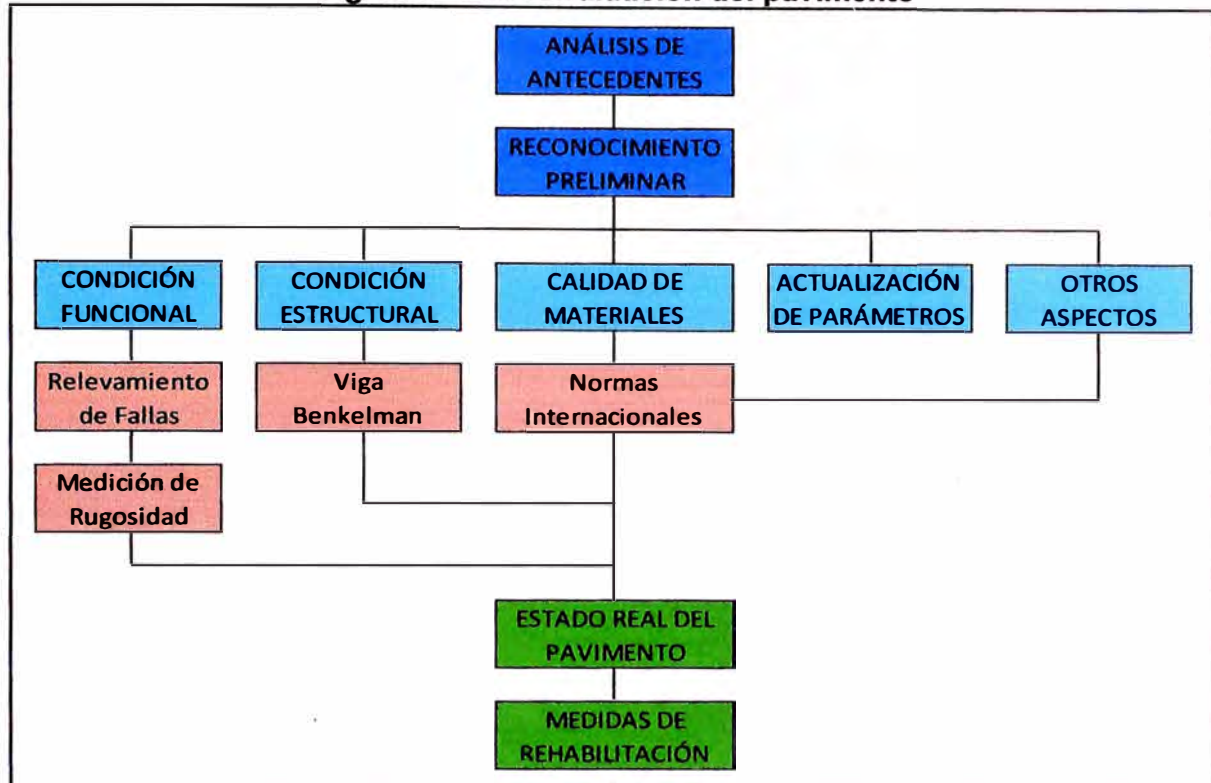


Fuente: Ing. José Melchor – Curso de Actualización de conocimientos 2,010

La evaluación de pavimentos comprende a las actividades necesarias para el conocimiento de la condición de un pavimento. Estas actividades implican una investigación de la condición, ya sea en su condición estructural (relacionada con la capacidad que tiene el pavimento para soportar las cargas de los vehículos) como en su condición funcional (relacionada directamente con la percepción del usuario al utilizar una determinada vía), mediante la utilización de métodos visuales o instrumentales.

La evaluación de pavimentos proporciona información que puede ser utilizada tanto en el diseño como en la gestión de la infraestructura: monitoreo de la evolución del deterioro debido a las solicitaciones del tránsito o el medio ambiente, durante el tiempo de servicio del pavimento; permitiendo priorizar las actividades de mantenimiento, rehabilitaciones y reconstrucciones. Permite también realizar inventarios del estado y la condición de la red vial, así como evaluar los costos adicionales en los cuales pueden incurrir los usuarios por el uso de la carretera.

Figura N° 2.02: Evaluación del pavimento



Fuente: Ing. José Melchor – Curso de Actualización de conocimientos 2,010

La figura N° 2.02 presenta un panorama sobre la evaluación del pavimento, que comprende el desarrollo de los conceptos de condición funcional: relevamiento de fallas y medición de rugosidad con miras a su conservación y condición estructural, determinando la vida útil remanente de un pavimento con miras a su rehabilitación. Así mismo, considera la calidad de materiales, actualización de parámetros y otros aspectos, que conjugados nos permitirán establecer el juicio sobre el estado real del pavimento y nos permitirá definir las acciones de conservación o rehabilitación necesarias en el momento pertinente.

Condición funcional.

Comprende principalmente los aspectos relacionados directamente con la percepción del usuario al utilizar una determinada vía, abarca 3 aspectos importantes:

- La evaluación de fallas observadas en su superficie, mostrando la severidad y extensión del deterioro. La metodología aplicada para su determinación es variada y desarrollada por distintos organismos en el mundo, entre los más conocidos y aplicados en el Perú son: el publicado por el Consorcio de Rehabilitación Vial (CONREVIAl) y el método PCI

publicado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los EEUU. Para la recolección de los datos de fallas se tiene procedimientos visuales (obtenidos mediante registros en forma manual); automatizados (a través de cámaras de video o fotografía digital, que son analizados posteriormente) como el ARAN, que es un vehículo multifunción, es decir, que no sólo registra fallas, sino también todos los registros necesarios para la evaluación integral del pavimento; y los sistemas semi-automatizados como el VIZROAD que realizan la recolección de datos mediante el registro visual a través de un teclado conectado a una computadora.

- La evaluación de funcional o de la serviciabilidad del pavimento, tema en donde se enmarca el presente Informe de Suficiencia, y que está relacionado con la percepción de la calidad de la superficie de rodadura que experimenta el usuario. Por lo tanto, se relaciona fundamentalmente con la rugosidad o, más exactamente, con la regularidad que presenta la superficie y que, en una carretera bien diseñada (y bien construida), es el principal factor que define el nivel de la serviciabilidad funcional que presta. El parámetro que define la serviciabilidad es el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), así como el parámetro que mide la rugosidad es conocido como Índice de Rugosidad Internacional (IRI), que se pueden determinar a través de medios subjetivos o instrumentales. Actualmente, el medio más empleado es el perfilómetro que realizan la medición del perfil y miden la rugosidad del pavimento por correlación con las medidas de equipos de mayor precisión, uno de los más conocidos es el BUMP INTEGRATOR, objeto de aplicación en el desarrollo de este informe.
- La evaluación de la seguridad, guarda relación con la disposición, calidad y cantidad de elementos de seguridad, y con un adecuado diseño vial.

Condición estructural.

Una evaluación estructural consiste, en la determinación de la capacidad portante de la estructura del pavimento, a lo largo de su vida de servicio. Para la determinación de dicha capacidad, existen diversos métodos, abarcados en dos grupos, los destructivos y no destructivos.

Los métodos de evaluaciones destructivas consisten en tomas de muestras “in situ”, a través de perforaciones en la estructura del pavimento (calicatas).

Los métodos no destructivos aplican básicamente procedimientos deflectométricos. La deflectometría es el estudio de las deformaciones verticales de la superficie de un pavimento a consecuencia de la acción de una determinada carga. Las fallas estructurales fundamentalmente dependen de la magnitud y frecuencia de las deformaciones recuperables y de la acumulación de las deformaciones permanentes en las estructuras, bajo la acción de las cargas móviles y/o estáticas. En consecuencia, es lógico que el criterio dominante para valorar la capacidad estructural se base en la deformabilidad de las calzadas bajo cargas normalizadas. Actualmente los métodos no destructivos tienen mayor aplicación por ser métodos más rápidos, simples y económicos, además no altera la integridad de la estructura del pavimento. Existe una gran variedad de equipos destinados a medir las deflexiones de un pavimento, encontrándose desde los más simples y bastante difundidos en nuestro medio: la VIGA BENKELMAN, hasta los más sofisticados y costosos, pero de gran rendimiento operacional como el FWD (deflectómetro de impacto de carga).

2.3 Serviciabilidad de pavimentos

El comité AASHTO (American Association of State Highways and Transportation Officials), fue el primero en sistematizar un procedimiento objetivo para establecer el nivel de deterioro de los pavimentos, procurando relacionar la condición funcional con la estructural. Introdujo para ello el concepto de serviciabilidad, derivado de una encuesta efectuada en la década del 60 entre usuarios de carreteras en los EEUU. La serviciabilidad fue definida como la capacidad de un pavimento para servir al tránsito para el cual fue diseñado. Los pavimentos fueron calificados con notas cuyos valores variaban desde 0, para un camino intransitable, hasta 5 para una superficie en perfectas condiciones.

Los resultados de la encuesta fueron luego correlacionados con el estado real de deterioro que presentaban los pavimentos evaluados, ligando de esta manera la condición funcional con la estructural y convirtiéndolo así en un indicador objetivo, el Índice de Serviciabilidad de un pavimento.

Cuadro N° 2.01: Escala de clasificación de la serviciabilidad

Calificación		Descripción
Numérica	Verbal	
0-1	Muy malo	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de transitabilidad. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75% o más de la superficie.
1-2	Malo	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamiento y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconche de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
2-3	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito, se hace más notorio la presencia del deterioro superficial. Los defectos superficiales en pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamientos, parches y agrietamientos. los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamientos y escalonamiento.
3-4	Bueno	Los pavimentos de esta categoría muestran una transitabilidad confortable, con muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y figuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un leve deterioro superficial, como desconches y fisuras menores.
4-5	Muy bueno	Sólo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son lo suficiente confortables y sin deterioro para clasificar en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o rehabilitados durante el año de inspección normalmente obtendrían esta clasificación.

Fuente: AASHO (1,962)

Cuadro N° 2.02: Equivalencia entre IRI y Serviciabilidad

IRI = 5.5*Ln(5/p)		
Serviciabilidad	Descripción	Rugosidad
p		IRI
0-1	Muy malo	∞-9
1-2	Malo	9-5
2-3	Regular	5-3
3-4	Bueno	3-1
4-5	Muy bueno	1-0

Fuente: Adaptación del AASHO (1,962)

2.4 Rugosidad de pavimentos.

En la norma de ensayo ASTM E 867-06 Standard Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems, se define el concepto de Roughness como: "desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de manejo, cargas dinámicas y el drenaje, por ejemplo, el perfil longitudinal, perfil transversal."

Definición del IRI.

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

Con el objetivo de unificar los parámetros que se utilizaban en diferentes países para determinar la regularidad superficial de las carreteras, se realizó en Brasil en 1982, el proyecto International Road Roughness Experiment (IRRE), promocionado por el Banco Mundial; en el cual participaron equipos de investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, EEUU y Bélgica. En este proyecto, se realizó la medición controlada de la regularidad superficial de pavimentos para vías bajo diferentes condiciones y con una variedad de instrumentos y métodos. A partir de dicho proyecto, se seleccionó un parámetro de medición de la regularidad superficial denominado International Roughness Index (IRI).

De esta manera se definió como: "El IRI resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie de camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la rugosidad del camino en un auto de pasajeros típico, está definido por el valor de referencia de la pendiente promedio rectificadas (RARS80, Reference Average Rectified Slope, razón entre el movimiento acumulado de la suspensión y la distancia recorrida) producto de la simulación del modelo de cuarto de carro, (RQCS, Reference Quarter Car Simulation), para una velocidad de desplazamiento de 80 km/h".

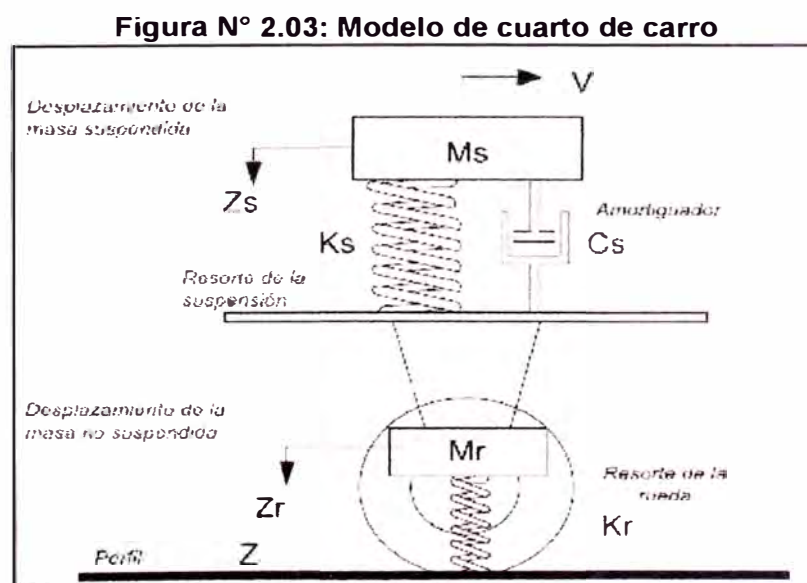
Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

El cálculo del IRI involucra la utilización de herramientas matemáticas, estadísticas y computacionales que permiten derivar la medida de regularidad asociada al camino; lo cual contempla etapas claramente diferenciadas y ajustadas a un desarrollo sistemático.

El primer paso del procedimiento para el cálculo del IRI, y el más importante de todos, consiste en medir las cotas o elevaciones de terreno que permiten representar el perfil real del camino. Esto significa que, el IRI es independiente de la técnica o equipo utilizado para obtener el perfil, y dependerá únicamente de la calidad del perfil longitudinal. Estos datos son sometidos a un primer filtro, en el cual se realiza un análisis estadístico (media móvil) y adecuaciones matemáticas, para poder generar un nuevo perfil que permite ser analizado desde el punto de vista de las irregularidades que se pudieran observar. Las razones para aplicar este primer filtro son las siguientes: a) para simular el comportamiento entre las llantas de los vehículos y la carretera, y b) para reducir la sensibilidad del algoritmo del IRI al intervalo de muestreo.

Al nuevo perfil generado se le aplica un segundo filtro, el cual consiste en la aplicación de un modelo de cuarto de carro que se desplaza a una velocidad de 80 km/h.

A través de éste, se registran las características asociadas al camino basadas en los desplazamientos verticales inducidos a un vehículo estándar, el cual es modelado de forma simplificada como un conjunto de masas ligadas entre sí y con la superficie de la carretera, mediante resortes y amortiguadores. El movimiento sobre el perfil de la carretera produce desplazamientos, velocidades y aceleraciones en las masas, que nos lleva a medir los movimientos verticales no deseados atribuibles a la irregularidad del camino. (Figura 2.03).



Fuente: De Solminihac, H. Presentación Power Point. Planificación y Gestión Vial. 2006

El modelo de simulación consta de una masa “amortiguada o suspendida” (masa de un cuarto de carro ideal) conectada a una masa “no amortiguada” (eje y neumático), a través de un resorte y un amortiguador lineal (suspensión), y por último el neumático es representado por otro resorte lineal.

El modelo de cuarto de carro emplea los parámetros de lo que se ha denominado como el Carro de Oro, los cuales se muestran a continuación:

$$K_2 = \frac{K_s}{M_s} = 63.3 \quad K_1 = \frac{K_r}{M_r} = 653$$
$$c = \frac{c_s}{M_s} = 6 \quad \mu = \frac{M_r}{M_s} = 0.15$$

Donde:

K_s : constante del resorte de la suspensión

K_r : constante del resorte de la rueda

M_s : masa suspendida

M_r : masa no suspendida

c_s : amortiguador

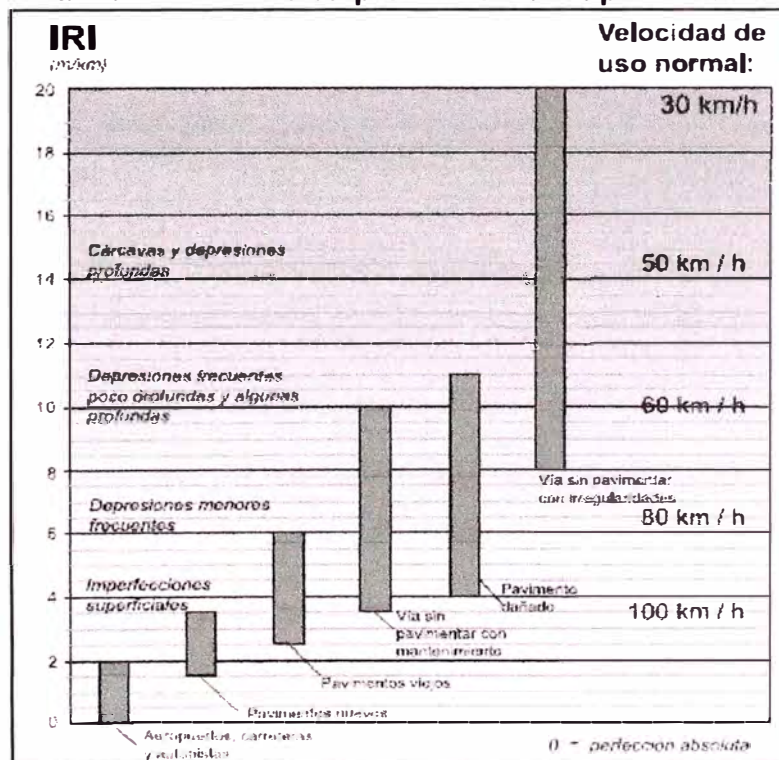
Las ecuaciones dinámicas presentes en el modelo, forman un sistema de ecuaciones que utilizan como dato de entrada el perfil de la carretera (en la parte inferior del “resorte del neumático”). El movimiento vertical del eje respecto a la masa suspendida, se calcula y acumula. El valor en m/km (metros acumulados por kilómetro viajado) es la medida final de la regularidad del camino.

Un aspecto importante que debe considerarse en el método de cálculo de IRI, es que se deben estimar valores iniciales entre la respuesta de transición y la respuesta inducida por el perfil. Los efectos de esta inicialización disminuyen conforme la simulación del cuarto de carro cubre una mayor distancia del perfil. Esta inicialización influye en el modelo del cuarto de carro en aproximadamente 20 m. Por lo tanto, la manera más precisa de tratar con la inicialización, es medir el perfil al menos 20 m antes del punto de inicio del tramo, e iniciar a partir de allí el cálculo del IRI.

A partir del estudio realizado por el Banco Mundial, se propuso una escala de medición de la rugosidad superficial para diferentes tipos de vías (ver Figura 11).

Para caminos pavimentados, el rango de la escala del IRI es de 0 a 12 m/km, donde 0 representa una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable; para vías no pavimentadas la escala se extiende hasta el valor de 20. El perfil real de una carretera recién construida tiene un estado cero, pero se define por su IRI inicial mayor a cero, debido principalmente a que alcanzar valores de IRI = 0 es sumamente difícil desde el punto de vista constructivo. Una vez puesta en servicio, la regularidad del pavimento se modifica lentamente en función del paso del tránsito.

Figura N° 2.04: Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías



Fuente: Adaptado de UMTRI Research Review, Vol. 33. Número 1. Enero-Febrero 2002

2.5 Métodos de medición de la rugosidad.

Los métodos para medir la rugosidad pueden ser agrupados en cuatro clases genéricas, basados en cómo sus medidas correspondan directamente las al IRI, que a su vez afecten los requerimientos de calibración y la precisión asociada con su uso.

- **Método Clase 1: Instrumentos de precisión.** Involucran el uso de perfilómetros de precisión: se realizan medidas muy exactas del perfil longitudinal a distancias no mayores a 25 cm. Los perfilómetros de gran velocidad ofrecen medios potenciales por medir el IRI rápidamente; sin embargo deben validarse en algún momento contra un procedimiento establecido como el equipo nivel y mira para demostrar su precisión
- **Método Clase 2: Otros métodos perfilométricos.** Comprende el uso de perfilómetros de alta velocidad: Se basan también en la medición del perfil longitudinal pero son menos precisos que los indicados en la clase 1.
- **Método Clase 3: Estimación del IRI por ecuaciones de correlación.** Estos métodos involucran ecuaciones de correlación para convertir data de campo a las unidades internacionales de medición de rugosidad. Usualmente emplean rugosímetros dinámicos. La precisión depende de la calibración.
- **Método Clase 4: Evaluaciones subjetivas y medidas no calibrables.** Se basa en una evaluación subjetiva en la cual el IRI se estima con una inspección visual.

2.6 Determinación del IRI mediante Sistemas tipo-Respuesta de medida de rugosidad de caminos (RTRRMS).

Los sistemas tipo-respuesta de medida de rugosidad de caminos, conocidos por sus siglas en inglés de RTRRMS (Response-Type Road Roughness Measuring System), operan a la velocidad normal de circulación de una carretera. Miden los movimientos verticales del eje trasero del automóvil o el eje del remolque respecto al marco del vehículo. De esta manera, el equipo mide la respuesta (rebote) del vehículo a la rugosidad de la carretera, por lo que no es realmente una medida verdadera de la lisura de la superficie.

Los resultados obtenidos por los RTRRMS sólo serán coherentes si las propiedades mecánicas del vehículo (y el dispositivo de medida) se mantiene constantes respetando prácticas adecuadas de mantenimiento y operación.

Un posible problema de los RTRRMMS se debe a que cada aparato reacciona diferente ante la rugosidad de un pavimento. Es necesario por lo tanto llevar las medidas a una escala normalizada (IRI) utilizando relaciones obtenidas mediante una calibración.

Un RTRRMS consta de 3 componentes: el vehículo, el transductor que detecta los movimientos relativos de la suspensión y una pantalla o visualizador constituye lo que se llama un roadmeter (rugosímetro) y se adquiere como unidad. El rugosímetro mide en la realidad la reacción o respuesta del vehículo ante la superficie del camino a medida que lo recorre a cierta velocidad. De esta forma la medida es función del rugosímetro, del procedimiento de operación del vehículo y de todas las variables que afectan su respuesta.

El roadmeter: los rugosímetros se conocen por diferentes nombres, como los medidores de marcha, medidores Mays (de Rainhart Company EEUU), Bump Integrator (del TRRL Inglaterra), medidores NAASRA (del ARRB Australia), medidores Cox (de James Cox company EEUU) y medidores PCA (de la Portland Cement Association).

El vehículo: son tres los tipos de vehículos que pueden emplearse junto con el rugosímetro para constituir un RTRRMS: un automóvil de pasajeros o camión liviano con eje trasero simple; un remolque de dos ruedas; y un remolque de una sola rueda. En rugosímetro de dos ruedas, el transductor debe montarse verticalmente entre la carrocería y el centro del eje. Cuando se trata de un remolque de una sola rueda, el rugosímetro suele ser parte integral del remolque.

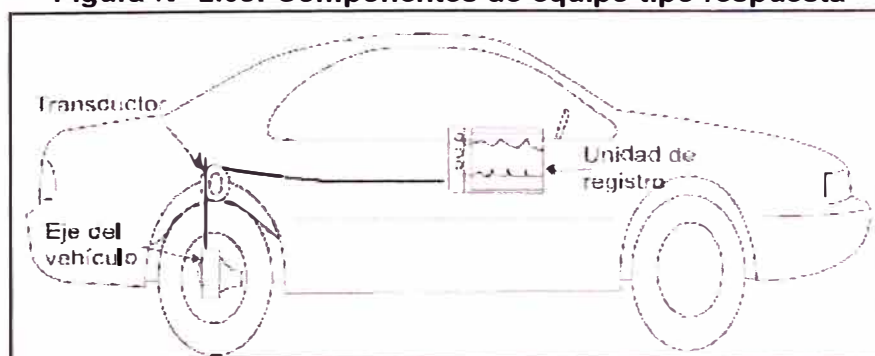
Velocidad de operación: el valor numérico del IRI se ha proyectado para la operación típica de un RTRRMS que funcione a 80 Km/h, y la reproducibilidad de estas medidas es mejor a esta velocidad. Las medidas de la pendiente media rectificadas obtenidas por un RTRRMS dependen de la velocidad y en consecuencia, los operadores deben tener clara conciencia de la importancia de hacer todas las mediciones a una misma velocidad. Sin embargo, hay situaciones, cuando una velocidad más baja pueda necesitarse. Estos incluyen los casos donde:

- Una velocidad de 80 Km/h no es conveniente por condiciones de seguridad, por razones de tránsito, peatones, geometría restrictiva, etc.
- El rugosímetro produce medidas erróneas e incoherentes en los caminos más rugosos a la velocidad de 80 Km /h.
- El vehículo, el rugosímetro y/o partes de RTRRMS son demasiado frágiles para el funcionamiento continuo a esa velocidad, y deben operarse con menor velocidad si estos serán utilizados definitivamente.
- El proyecto cubrirá secciones de prueba de corta longitud principalmente, y la repetibilidad para los sitios individuales tienen una alta prioridad. La brevedad del sitio (de corta longitud) es en alguna magnitud compensada por el mayor tiempo necesario para cubrir aquella longitud a una velocidad reducida.

Además de la velocidad, el correcto funcionamiento de un RTRRMS depende de muchos factores, estos se detallan en los manuales de cada equipo y deben ser considerados para no incurrir en mayores errores de precisión, algunos de estos factores son:

- Forma de instalación del rugosímetro en el vehículo.
- Carga del vehículo.
- Selección de los amortiguadores.
- Los vehículos mecánicos entre el rugosímetro y el vehículo.
- Balance de los neumáticos.
- Efectos de la temperatura.
- Efectos del agua y la humedad.

Figura N° 2.05: Componentes de equipo tipo respuesta



Fuente: Adaptado de "A synopsis on the current equipment used for measuring pavement smoothness"

Para obtener resultados correctos al hacerse una serie de mediciones, se debe seguir un procedimiento establecido, que asegure que exista una calibración válida y que su funcionamiento pueda verificarse mediante pruebas de control. Los detalles de los procedimientos aplicados en un proyecto deben formularse teniendo presentes la exactitud y la eficiencia requeridas por el proyecto.

Calibración de un RTRRMS.

Debido a que la reacción de cada RTRRMS en particular, es única y varía con el tiempo, el sistema debe calificarse inicialmente, cuando se pone en servicio, y periódicamente, cuando su reacción este fuera de los límites de control.

La calibración se efectúa verificando medidas “brutas” de la pendiente media rectificada en tramos especiales de calibración. Estos tramos son secciones en que se conocen los valores de rugosidad, por haberse determinado los IRI con métodos de Clase 1 o de Clase 2. Periódicamente se recorre con el RTRRMS los tramos de calibración a la velocidad normal, después de haber transcurrido un tiempo adecuado de precalentamiento del sistema. A los datos de la pendiente media rectificada, se adapta una curva que se usa para estimar el IRI.

Cuando por cualquier motivo sea necesario tomar medidas a velocidades distintas a la normal, no puede aplicarse la ecuación de calibración de rutina y deberán establecerse por separado las relaciones entre estas medidas y el IRI. Se recomienda utilizar en estos casos velocidades de 50 Km/h o bien 32 Km/h.

Los datos de los tramos de calibración se utilizan para hacer una regresión del IRI respecto de las mediciones brutas del RTRRMS, minimizando el error cuadrático entre los valores del IRI de referencia y los valores estimados a partir del RTRRMS, mediante una ecuación lineal, cuadrática o logarítmica.

Factores que afectan la precisión de los sistemas.

Normalmente, los datos de rugosidad se utilizan en aplicaciones que representan dos extremos:

- Análisis estadísticos que involucran a las medidas de rugosidad en los segmentos mayores de una red de caminos.

- Estudios individuales relacionados a la rugosidad de sitios específicos del camino.

Los datos de rugosidad necesariamente incluirán algunos errores que se levantan del azar y de los efectos sistemáticos. La importancia de estos errores depende de la naturaleza de la aplicación que se piensa dar a los datos.

Un ejemplo del primer tipo de aplicación es un estudio del costo "camino-usuario". En ese caso, la necesidad es determinar niveles de rugosidad para la comparación con las tendencias de costos, usando los métodos de regresión. Los errores aleatorios en las medidas individuales de rugosidad, causado por una pobre precisión o una característica peculiar del camino, tenderá a promediar fuera si el estudio incluye un gran número de sitios de la red de caminos. Por otro lado, los errores sistemáticos torcerán las relaciones de costo obtenidas. Por consiguiente, deben tomarse medidas para mantener los errores sistemáticos a los niveles mínimos.

Estudios que involucran monitoreos de deterioro de carreteras o efectos de mantenimiento son ejemplos del segundo tipo de aplicación. En estos casos, es de interés mantener un registro continuo de pequeños cambios en la rugosidad condicionado a los sitios específicos del camino. Los errores aleatorios en la medida, reducirán la certeza con que pueden distinguirse las tendencias de interés. Así, el encargado del estudio debe emplear para las medidas, procedimientos que minimizarán los errores aleatorios. Esto normalmente se traduce en usar el mismo equipo y personal para la inspección regular de un sitio del camino, también cuando se repiten las pruebas para mejorar la repetibilidad, y mantenimiento la calibración del equipo cuidadosamente.

El acto de medir un perfil involucra: (1) un operador, (2) un instrumento de medida, y (3) un camino. Entonces los errores se causan por: el operador, el instrumento de medida y el camino.

CAPÍTULO III : EVALUACIÓN DE RUGOSIDAD MEDIANTE BUMP INTEGRATOR

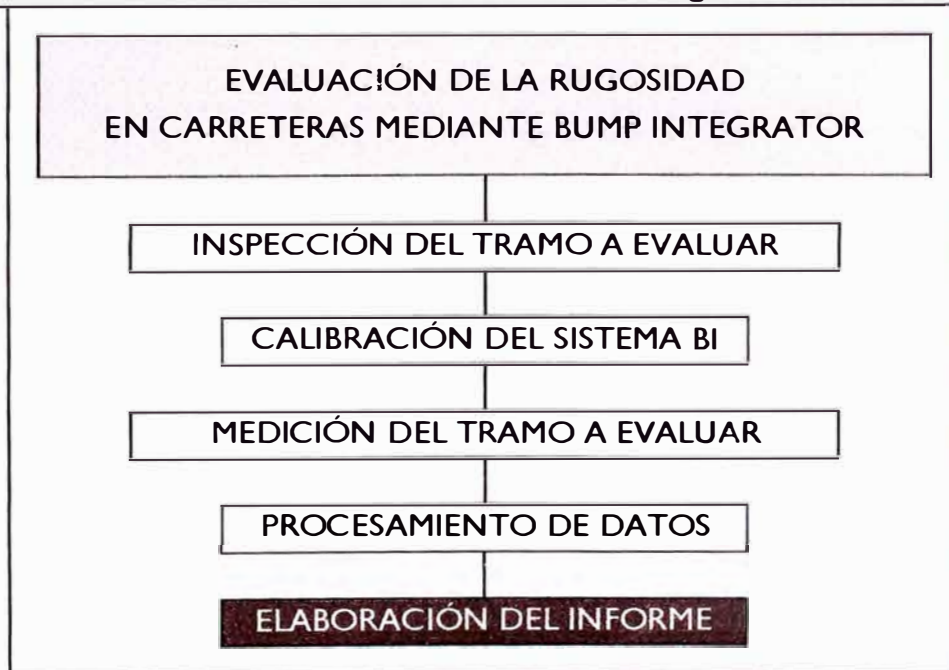
El presente capítulo tiene por objetivo describir los procesos que componen un proyecto de evaluación de rugosidad en carreteras mediante el uso del BUMP INTEGRATOR así como estimar los costos que éstos involucran.

3.1 Procesos de la evaluación de rugosidad mediante BI.

Los procesos que componen un proyecto de evaluación de rugosidad mediante BI son los siguientes:

- Inspección del tramo a evaluar.
- Calibración del equipo BI.
- Medición del tramo a evaluar.
- Procesamiento de datos.

Cuadro N° 3.01: Procesos de la evaluación de rugosidad mediante BI



Fuente: Elaboración propia

3.1.1 Recorrido previo o inspección del tramo a evaluar.

Antes de iniciar cualquier evaluación de rugosidad se debe tener un pleno conocimiento del tramo a ser evaluado para poder determinar los procesos que serán aplicados, relacionados a la velocidad de operación y a la calibración del equipo.

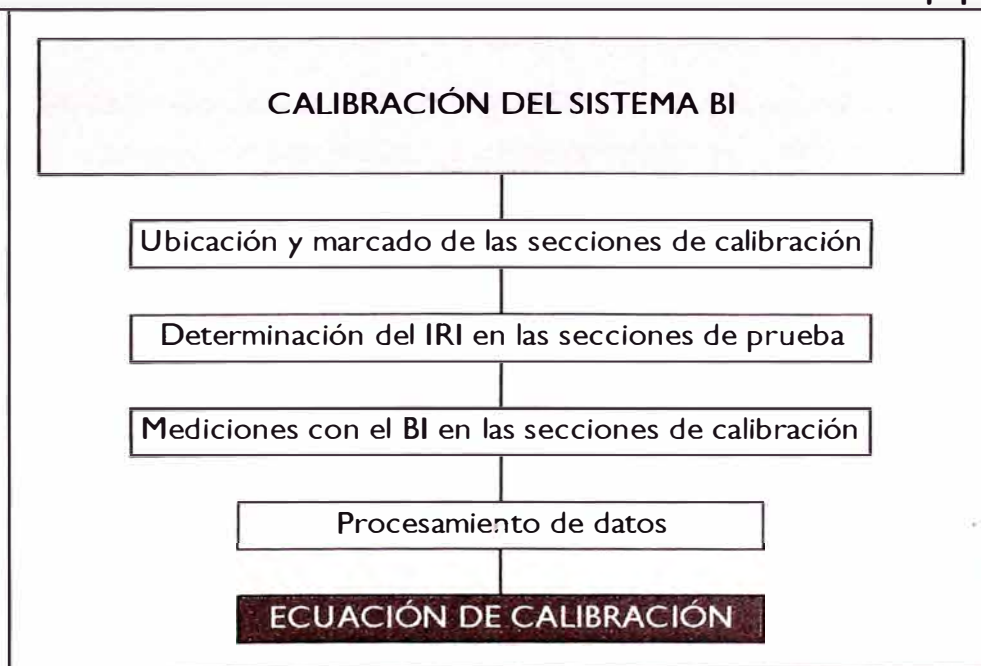
Con un recorrido previo se puede conocer la cantidad de curvas y pendientes que posee el tramo en estudio, y determinar la velocidad de operación del vehículo con el BI, con la que se puede trabajar sin riesgo de accidentes. Este recorrido previo, también nos sirve para poder seleccionar las secciones de prueba dónde se ejecutarán la calibración del equipo.

Los recursos para esta actividad son: vehículo (camioneta), equipo BI, combustible (rendimiento 30 Km/gal), conductor y operador del BI.

3.1.2 Calibración del equipo BI.

El objetivo de este proceso es determinar la mejor ecuación que pueda correlacionar nuestras lecturas del BI con el IRI. Este proceso consta de las siguientes actividades:

Cuadro N° 3.02: Actividades relacionadas con la calibración del equipo BI



Fuente: Elaboración propia

a) Ubicación y marcado de las secciones de calibración.

Para que una calibración sea válida, los sitios de calibración deben ser representativos de la carretera. Cuando sea posible, las secciones deben localizarse en tangentes y cada una debe tener la propiedad de rugosidad que sea uniforme sobre toda la longitud del sitio.

Los requisitos para que una calibración pueda considerarse aceptable, que conciernen a las secciones de prueba y a las características de éstos, se muestran a continuación:

Cuadro N° 3.03: Resumen de requisitos para la calibración de los RTRRMS

Descripción	Dos Huellas	Una Huella
Número mínimo de secciones	8	12
Número de secciones recomendados por cada nivel	2	3
Máxima variación en el número de secciones	1	1
Longitud mínima de sección	200 m	200 m
Variación permisible en la longitud de secciones (Todos las secciones deben de ser de la misma longitud)	0	0
Longitudes total recomendada (Longitud de sitio x número de secciones)	4.50 Km.	6.0 Km.
Número recomendado de repeticiones STRMRV Medidas por sitio (L = Longitud en metros)	1000/L	1000/L
Mínima distancia de aproximación por sitio	50 m	50 m

Fuente: Directrices para la Medición y Calibración de Medidas de Rugosidad en Vías Banco Mundial

Para el marcado de las secciones de prueba se emplearán los siguientes recursos: 1 vehículo, combustible, 1 cinta métrica, ½ galón de pintura para tráfico, 4 pinceles, 1 cuadrilla para la medición y marcado de las secciones, 1 cuadrilla para señalización preventiva, 2 letreros de señalización preventiva, conos de seguridad, chalecos reflectivos, y banderolas.

b) Determinación del IRI en las secciones de prueba.

Para el cálculo del IRI en las secciones de prueba, se pueden aplicar los métodos clase 1 (nivel y mira) o método clase 2 (Merlin).

Los recursos para este proceso son: vehículo, combustible, mira y nivel (o rugosímetro Merlin), 1 cuadrilla para nivelación (o para empleo del Merlin), 1

cuadrilla para señalización preventiva, letreros de señal preventiva, conos de seguridad, chalecos reflectivos, banderolas.

c) Medidas con el rugosímetro BI (calibración).

Definidas las secciones y conocidos sus índices de rugosidad, se procede a tomar medidas del BI, para posteriormente calcular la ecuación de calibración del equipo. Los recursos necesarios para el cumplimiento de esta actividad son: vehículo, equipo BI, combustible, conductor y operador del BI.

d) Procesamiento de datos (calibración).

El objetivo de esta actividad es obtener la ecuación de calibración del equipo que nos servirá para determinar el IRI a lo largo del tramo a evaluar a partir de las mediciones con el BI.

Para la determinación del IRI, los cálculos dependerán del método aplicado, si se efectúa la nivelación se emplea la metodología basada en el Informe Técnico del Banco Mundial – WPT46 o también se pueden emplear software como: IRICALC o el *PROVAL 3*. Si se empleó el rugosímetro MERLIN, la determinación del IRI se obtiene desarrollando su metodología. Los recursos para esta actividad son: ingeniero especialista en rugosidad de pavimentos, equipo de cómputo e impresora.

3.1.3 Medición del tramo a evaluar.

El objetivo de dicho proceso es efectuar la toma de datos con el BI en la vía, en ambos carriles, y con una velocidad de trabajo especificada para este equipo: 80 Km/h, 50 Km/h ó 32 Km/h, en el Perú por las características de nuestras carreteras se recomienda una velocidad de 32 Km/h.

La velocidad recomendada para el empleo del REBITU-UNI (equipo utilizado para la realización de este informe).

Los recursos necesarios para tal fin son: vehículo, equipo BI, combustible, conductor y operador del BI.

3.1.4 Procesamiento de datos.

En este proceso se efectúan los cálculos y se elabora el informe final de la evaluación de rugosidad. Los entregables de esta evaluación son:

- Resultados de la evaluación de la rugosidad: cálculo del IRI y PSI por Km
- Determinación del IRI y PSI por subtramos (tramos similares).
- Resumen de la evaluación de la rugosidad: definiendo los subtramos de acuerdo a su transitabilidad (muy malo, malo, regular, bueno, muy bueno).
- Gráficos de índices de rugosidad IRI (por Km y por subtramos).
- Gráfico de índices de serviciabilidad PSI.
- Gráfico de distribución de frecuencias de valores IRI.
- Gráfico de transitabilidad.
- Finalmente las conclusiones y recomendaciones.

3.2 Estimación de los costos.

Para la estimación de un presupuesto de evaluación de rugosidad mediante BI, se ha planteado la realización de esta en el tramo comprendido entre los poblados de Zuñiga a Ronchas, es decir del Km. 58+405 al Km. 256+990, este tramo es el que corresponde al cambio de estándar que efectuó el contratista Consorcio Gestión de Carreteras en el marco del contrato de conservación por niveles de servicio que suscribió con PROVIAS.

Para el presupuesto se han tenido en cuenta ciertas consideraciones:

- La movilización de los equipos y personal técnico se hará desde Lima, a 144 Km de Cañete punto de inicio de la carretera, el punto de hospedaje será en el poblado de Magdalena, progresiva Km. 130+000.
- La comitiva para dicha evaluación estará conformada por: 1 ingeniero especialista en rugosidad de pavimentos, 1 conductor, 2 operarios (BI y MERLIN), y 4 ayudantes.
- La jornada laboral será de 10 horas, iniciándose las actividades a las 7 a.m. y finalizándose a las 6 p.m. con 1 hora de refrigerio.
- La velocidad de operación del vehículo será de 40 Km/h.
- Se estima el rendimiento del combustible de 30 Km/gal.

- Para la calibración del equipo, se tendrán 8 secciones de prueba (4 tramos en sus 2 carriles), en dichas secciones se calculará el IRI mediante el rugosímetro MERLIN.
- Para la medición del BI, se tomarán 2 series en ambos carriles.
- El tiempo estimado para el trabajo en campo es de 3 días: en el primero se realizará la calibración del equipo y en los 2 días siguientes las mediciones con el BI.
- Para el trabajo en gabinete se estiman 4 días.

Finalmente se presenta el presupuesto estimado:

Cuadro N° 3.04: Presupuesto de evaluación de rugosidad mediante BI

PRESUPUESTO					
Presupuesto : Monitoreo de Conservación Carretera Cañete-Huancayo Km. 58+405 al Km. 256+990					
Subpresupuesto : Evaluación de la rugosidad mediante Bump Integrator					
Cliente : PROVIAS					
Ubicación : Carretera Cañete-Huancayo					
Costo al 14/07/2010					
Item	Descripción	Und	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
1.00	PRELIMINARES				
1.01	Movilización y desmovilización de equipos y personal	Km	548.00	0.88	481.56
1.02	Dispositivos de seguridad	glb	1.00	667.00	667.00
2.00	CALIBRACIÓN DEL EQUIPO				
2.01	Inspección del tramo a evaluar	Km	198.59	2.93	581.61
2.02	Ubicación de las secciones de calibración	Km	3.20	87.03	278.48
2.03	Determinación del IRI en secciones de calibración (MERLIN)	Km	3.20	222.08	710.67
2.04	Medidas con el rugosímetro BI (calibración)	Km	9.60	8.39	80.58
2.05	Procesamiento de datos (Ecuación de calibración)	Km	9.60	4.71	45.25
3.00	MEDICIONES CON EQUIPO BUMP INTEGRATOR				
3.01	Medidas con el rugosímetro BI	Km	794.34	3.24	2,574.65
4.00	PROCESAMIENTO DE DATOS				
4.01	Procesamiento de datos elaboración de informe	Km	198.59	5.03	998.49
TOTAL COSTO DIRECTO					S/ 6,418.29
GASTOS GENERALES (21.81%)					S/ 1,400.00
UTILIDADES (10.00%)					S/ 641.83
SUBTOTAL					S/ 8,460.12
IMPUESTO (19.00%)					S/ 1,607.42
TOTAL PRESUPUESTO					S/ 10,067.54
SON : DIEZ MIL SESENTA Y SIETE CON 54/100 NUEVOS SOLES					

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 3.05: Gastos Generales

GASTOS GENERALES						
Item	Descripción	Und	Metrado	Cuadrilla	Precio S/.	Parcial S/.
1.00	GASTOS GENERALES					
1.01	Útiles de escritorio y oficina	glb	1.00	1.00	50.00	50.00
1.02	Fotocopias e impresiones	glb	1.00	1.00	50.00	50.00
1.03	Comunicaciones (teléfono, radio, internet)	glb	1.00	1.00	100.00	100.00
1.04	Viáticos de personal	dia	3.00	8.00	50.00	1,200.00
TOTAL GASTOS GENERALES						S/. 1,400.00

Fuente: Elaboración propia

Análisis de costos unitarios

Partida: 1.01		Movilización y desmovilización de equipos y personal				
Rendimiento:	600.00	Km/d		C.U.D. por	Km	0.88
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	ParcialS/.
	MANO DE OBRA					
	CONDUCTOR	hh	1.00	0.0167	12.75	0.21
						0.21
	MATERIALES					
	COMBUSTIBLE	gal		0.0333	12.50	0.42
						0.42
	EQUIPOS					
	CAMIONETA 4x4 DOBLE CABINA	hm	1.00	0.0167	15.00	0.25
						0.25
Partida: 1.02		Dispositivos de seguridad				
Rendimiento:	1.00	glb/d		C.U.D. por	glb	667.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	ParcialS/.
	MATERIALES					
	SEÑALES PREVENTIVAS	und		2.0000	85.50	171.00
	CONOS DE SEGURIDAD	und		4.0000	55.00	220.00
	CHALECO REFLECTIVO	und		8.0000	32.00	256.00
	BANDEROLAS	und		2.0000	10.00	20.00
						667.00
Partida: 2.01		Inspección del tramo a evaluar				
Rendimiento:	400.00	Km/d		C.U.D. por	Km	2.93
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	ParcialS/.
	MANO DE OBRA					
	INGENIERO	hh	1.00	0.0250	45.00	1.13
	CONDUCTOR	hh	1.00	0.0250	12.75	0.32
	OPERARIO	hh	1.00	0.0250	12.75	0.32
	AYUDANTE	hh	1.00	0.0250	10.00	0.25
						2.01
	MATERIALES					
	COMBUSTIBLE	gal		0.0333	12.50	0.42
						0.42
	EQUIPOS					
	CAMIONETA 4x4 DOBLE CABINA	hm	1.00	0.0250	15.00	0.38
	EQUIPO BUMP INTEGRATOR	hm	0.10	0.0025	50.00	0.13
						0.50

Partida:		2.02 Ubicación de las secciones de calibración				
Rendimiento:		20.00 Km/d		C.U.D. por Km		87.03
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	ParcialS/.
MANO DE OBRA						
	INGENIERO	hh	1.00	0.5000	45.00	22.50
	CONDUCTOR	hh	1.00	0.5000	12.75	6.38
	OPERARIO	hh	2.00	1.0000	12.75	12.75
	AYUDANTE	hh	4.00	2.0000	10.00	20.00
						61.63
MATERIALES						
	COMBUSTIBLE	gal		0.0333	12.50	0.42
	CINTA MÉTRICA METÁLICA (30m)	und		0.0625	150.00	9.38
	PINTURA PARA TRÁFICO	gal		0.3125	25.50	7.97
	PINCEL	und		0.0100	14.00	0.14
						17.90
EQUIPOS						
	CAMIONETA 4x4 DOBLE CABINA	hm	1.00	0.5000	15.00	7.50
						7.50

Partida:		2.03 Determinación del IRI en secciones de calibración (MERLIN)				
Rendimiento:		6.00 Km/d		C.U.D. por Km		222.08
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	ParcialS/.
MANO DE OBRA						
	INGENIERO	hh	0.50	0.8333	45.00	37.50
	CONDUCTOR	hh	1.00	1.6667	12.75	21.25
	OPERARIO	hh	1.00	1.6667	12.75	21.25
	AYUDANTE	hh	3.00	5.0000	10.00	50.00
						130.00
MATERIALES						
	COMBUSTIBLE	gal		0.0333	12.50	0.42
						0.42
EQUIPOS						
	CAMIONETA 4x4 DOBLE CABINA	hm	1.00	1.6667	15.00	25.00
	EQUIPO MERLIN	hm	1.00	1.6667	40.00	66.67
						91.67

Partida:		2.04 Medidas con el rugosímetro BI (calibración)				
Rendimiento:		400.00 Km/d		C.U.D. por Km		8.39
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	ParcialS/.
MANO DE OBRA						
	INGENIERO	hh	0.50	0.0125	45.00	0.56
	CONDUCTOR	hh	1.00	0.0250	12.75	0.32
	OPERARIO	hh	1.00	0.0250	12.75	0.32
						1.20
MATERIALES						
	COMBUSTIBLE	gal		0.4455	12.50	5.57
						5.57
EQUIPOS						
	CAMIONETA 4x4 DOBLE CABINA	hm	1.00	0.0250	15.00	0.38
	EQUIPO BUMP INTEGRATOR	hm	1.00	0.0250	50.00	1.25
						1.63

Partida:		2.05 Procesamiento de datos (Ecuación de calibración)				
Rendimiento:		100.00 Km/d		C.U.D. por Km		4.71
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	ParcialS/.
MANO DE OBRA						
	INGENIERO	hh	1.00	0.1000	45.00	4.50
						4.50
EQUIPOS						
	COMPUTADORA	hm	1.00	0.1000	1.21	0.12
	IMPRESORA	hm	1.00	0.1000	0.93	0.09
						0.21

Partida:		3.01 Medidas con el rugosímetro BI				
Rendimiento:		400.00 Km/d		C.U.D. por	Km	3.24
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	ParcialS/.
MANO DE OBRA						
	INGENIERO	hh	0.50	0.0125	45.00	0.56
	CONDUCTOR	hh	1.00	0.0250	12.75	0.32
	OPERARIO	hh	1.00	0.0250	12.75	0.32
						1.20
MATERIALES						
	COMBUSTIBLE	gal		0.0333	12.50	0.42
						0.42
EQUIPOS						
	CAMIONETA 4x4 DOBLE CABINA	hm	1.00	0.0250	15.00	0.38
	EQUIPO BUMP INTEGRATOR	hm	1.00	0.0250	50.00	1.25
						1.63
Partida:		4.01 Procesamiento de datos elaboración de informe				
Rendimiento:		75.00 Km/d		C.U.D. por	Km	5.03
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	ParcialS/.
MANO DE OBRA						
	INGENIERO	hh	1.00	0.1067	45.00	4.80
						4.80
EQUIPOS						
	COMPUTADORA	hm	1.00	0.1067	1.21	0.13
	IMPRESORA	hm	1.00	0.1067	0.93	0.10
						0.23

CAPÍTULO IV: APLICACIÓN DEL BUMP INTEGRATOR

4.1 Información inicial.

Antes de iniciar cualquier medición de rugosidad debemos tener un pleno conocimiento del tramo a evaluar, para determinar los procedimientos que serán aplicados, relacionados a la velocidad de operación y a la calibración del equipo.

4.1.1 Reconocimiento del tramo a evaluar Km. 102+000 al Km. 104+000.

A continuación se presentan los tratamientos superficiales aplicados en este tramo, también se indican las principales estructuras encontradas (ver sección 1.5).

Cuadro N° 4.01: Tratamiento superficial Km. 102 – Km. 104

Progresivas		Tratamiento superficial
Inicio	Fin	
102+000	102+400	Monocapa
102+400	102+920	Monocapa + Slurry seal
102+920	104+00	Monocapa

Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

Cuadro N° 4.02: Ubicación de gibas y badén Km. 102 – Km. 104

Progresiva	Estructura	Longitud/Giba
102+090	Giba	90
102+490	Giba	400
102+785	Giba	295
103+150	Giba	365
103+700	Badén	550
104+000	Giba	300

Fuente: Elaboración propia – 15 de mayo del 2,010

Cuadro N° 4.03: Ubicación de alcantarillas Km. 102 – Km. 104

Progresiva	Estructura
102+335	Alcantarilla TMC 24"
102+445	Alcantarilla TMC 24"
102+740	Alcantarilla TMC 24"
102+870	Alcantarilla TMC 24"
103+600	Alcantarilla TMC 24"

Fuente: Elaboración propia – 15 de mayo del 2,010

4.1.2 Selección del instrumento.

El instrumento empleado para el presente informe, es el Rugosímetro Electrónico Bump Integrator Tipo UNI (REBITU), equipo diseñado para medir la rugosidad de pavimentos, compuesto por un adquisidor de datos y un sensor de desplazamiento. El REBITU fue diseñado utilizando criterios electrónicos sofisticados y con componentes robustos, pensado para trabajar en ambientes hostiles (calor, lluvia, humedad, etc). El software desarrollado presenta un interfaz sencilla e intuitiva para el usuario.

Especificaciones técnicas del adquisidor de datos:

- Protocolo de comunicación : Serial
- Indicadores luminosos : Alimentación, Batería
- Dimensiones : 12.4x15.9x7 cm.
- Peso : 824 gr.
- Alimentación : 12 VDC
- Número de sensores : 1 Sensor
- Teclado/ Pantalla : 4x4/LCD 2x24

Especificaciones técnicas del sensor de desplazamientos:

- Tipo de sensor : Mecánico – Encoger
- Precisión : 0.9 mm.
- Rango de medida : 20 cm.
- Vel. máxima de rotación : 300 RPM
- Alimentación : 5 VDC
- Salida : Tren de pulsos onda cuadrada
- Dimensiones : 19.5x19.7x9.5 cm.
- Peso : 2014 gr.
- Rango de temperatura : -40 °C a +85 °C.

4.1.3 Selección del vehículo e instalación del instrumento.

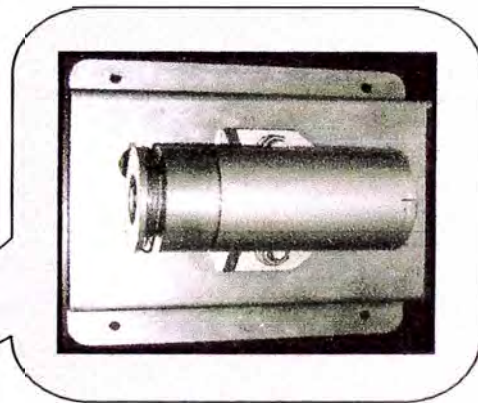
El vehículo que se utilizó para las mediciones fue una camioneta 4x4 de doble cabina perteneciente a la FIC-UNI. El REBITU es instalado en el eje posterior transversal del vehículo y los desplazamientos del vehículo sobre la carretera produce desplazamientos en este debido a la irregularidad del pavimento, el equipo registra y acumula dichos desplazamientos verticales.

Figura N° 4.01: Unidad de adquisición de datos del rugosímetro BI



Fuente: Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Figura N° 4.02: Instalación del instrumento



Fuente: Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil – UNI

Finalmente, se determinaron las zonas para la calibración, los cuales están en concordancia con los tramos evaluados con el rugosímetro Merlin y la velocidad de operación del vehículo en 40 Km/h debido a las condiciones del tramo.

Cuadro N° 4.04: Zonas de calibración Km. 102 – Km. 104

Zonas de Calibración	Ubicación
S-01	Km 102+100 - Km 102+500
S-02	Km 103+200 - Km 103+600

Fuente: Elaboración propia

4.2 Calibración del equipo.

La evaluación de la rugosidad de la vía mediante el BI se llevó a cabo el sábado 15 de mayo del 2,010. Empleándose el rugosímetro REBITU, en el vehículo descrito anteriormente y con una velocidad de operación de 40 Km/h.

La calibración de nuestro equipo se efectuó mediante la obtención del IRI en base a las mediciones del rugosímetro Merlin, equipo tipo clase 2 (ver Anexo N° 01), desarrollados en las secciones de prueba definidas el Cuadro N° 4.04

Cuadro N° 4.05: IRI en secciones de calibración mediante Merlin

Zonas de Calibración	Ubicación	IRI (m/Km)
S-01-D	Km 102+100 - Km- 102+500	4.74
S-02-D	Km 103+200 - Km- 103+600	4.64
S-02-I	Km 103+600 - Km- 103+200	4.22
S-01-I	Km 102+500 - Km- 102+100	5.11

Fuente: Elaborado por Bach. Jenry Bernedo y Bach. Alberto Rojas – 15 de mayo 2,010

Los datos obtenidos con el BI se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 4.06: Datos con BI en secciones de calibración

Zonas de Calibración	Ubicación	Lecturas de BI		
S-01-Derecha	Km 102+100 - Km- 102+500	1,150	1,279	1,261
S-02-Derecha	Km 103+200 - Km- 103+600	1,124	1,089	1,131
S-02-Izquierda	Km 103+600 - Km- 103+200	1,014	1,035	1,035
S-01-Izquierda	Km 102+500 - Km- 102+100		1,260	1,202

Fuente: Elaboración propia – 15 de mayo del 2,010

Con los datos obtenidos se realizan algunos cálculos estadísticos, para esto se añaden 3 columnas al cuadro N° 4.06, correspondientes a la media, desviación estándar y al coeficiente de variación.

Cuadro N° 4.07: Cálculos estadísticos de datos con BI

Zonas de Calibración	Lecturas de BI			BI Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación
S-01-D	1,150	1,279	1,261	1,230	69.86	0.057
S-02-D	1,124	1,089	1,131	1,115	22.50	0.020
S-02-I	1,014	1,035	1,035	1,028	12.12	0.012
S-01-I		1,260	1,202	1,231	41.01	0.033

Fuente: Elaboración propia – 15 de mayo del 2,010

Analizando los datos, cómo se puede observar en el Cuadro N° 4.07, se tiene que las secciones de prueba 1 y 4 presentan prácticamente un mismo valor BI, sin embargo la desviación estándar que presenta la sección de prueba 1 es mayor que la 4 (69.86 frente a 41.01), además su coeficiente de variación está por encima de los coeficientes de los demás tramos de prueba, se procede a eliminar para los cálculos de calibración la sección de prueba 1.

A continuación, se presenta el cuadro con los valores obtenidos de IRI y BI en las secciones de calibración.

Cuadro N° 4.08: IRI y BI en secciones de calibración

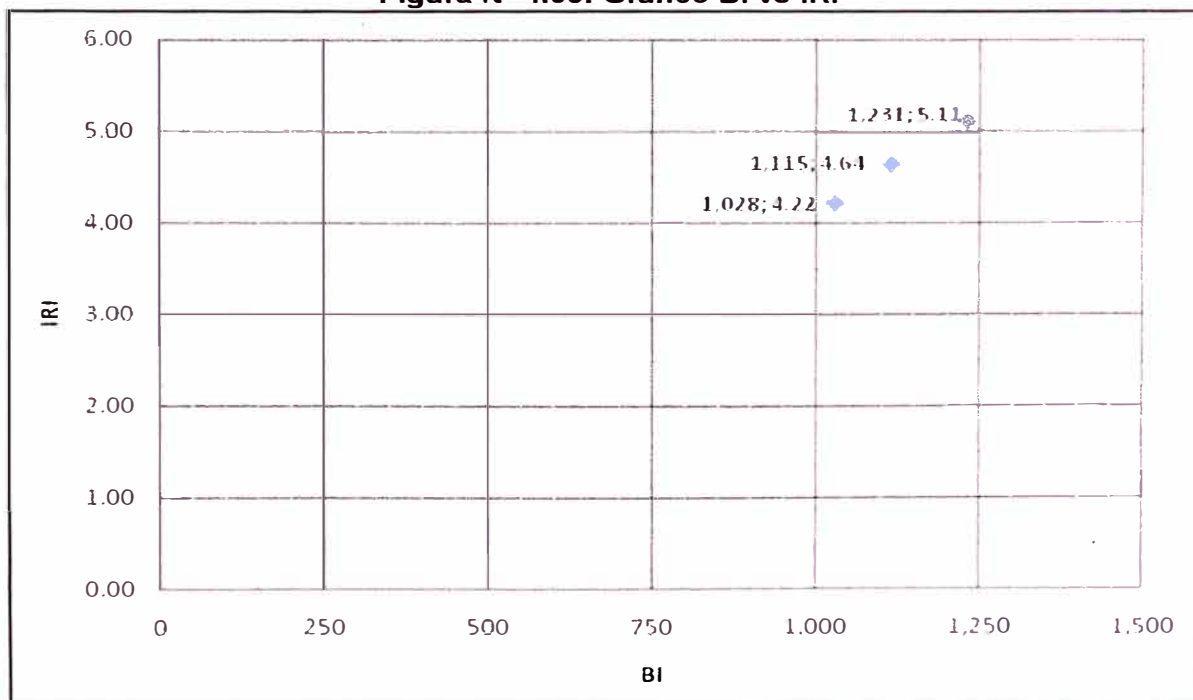
Zonas de Calibración	BI	IRI (m/Km)
S-02-D	1,115	4.64
S-02-I	1,028	4.22
S-01-I	1,231	5.11

Fuente: Elaboración propia – 15 de mayo del 2,010

4.3 Ecuaciones de correlación.

Se presenta a continuación el ploteo de los valores obtenidos, en una gráfica BI vs IRI, que nos es de utilidad para el análisis de correlación.

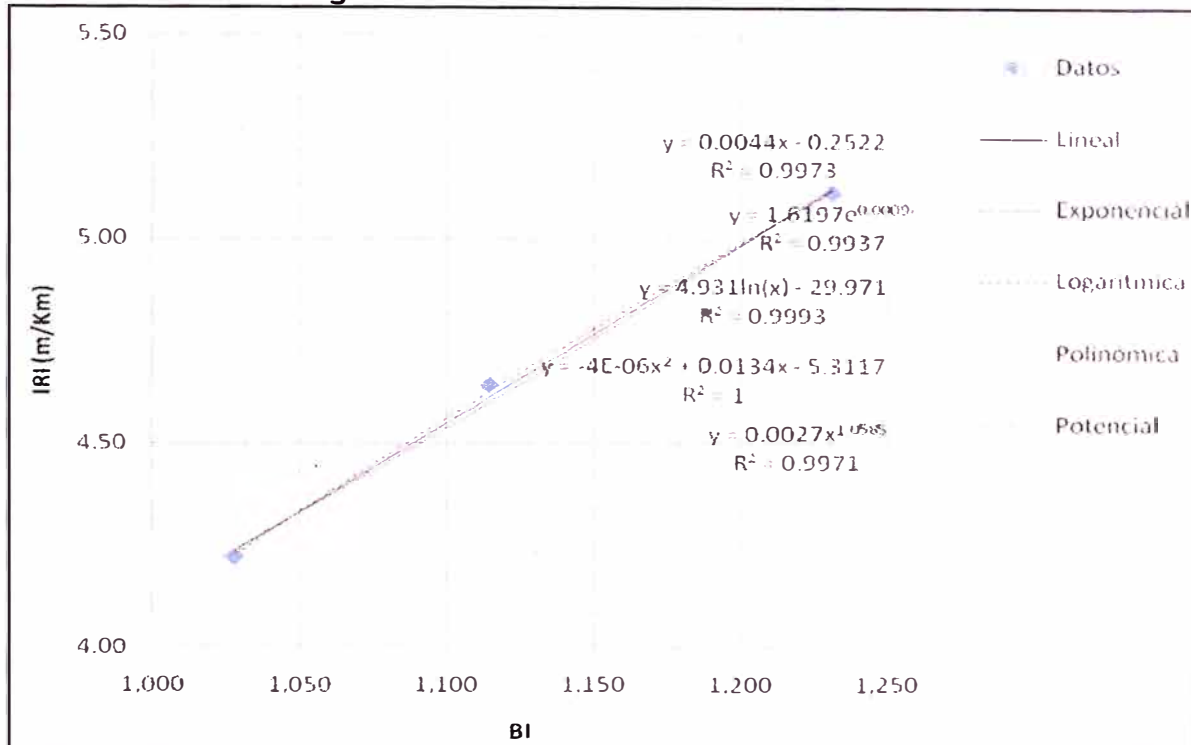
Figura N° 4.03: Gráfico BI vs IRI



Fuente: Elaboración propia

La ecuación de correlación se determinará con los 3 puntos obtenidos, esto se definirá por el coeficiente de determinación más cercano a la unidad. Las ecuaciones que se plantearan son: lineal, exponencial, logarítmica, polinómica, potencial.

Figura N° 4.04: Ecuaciones de calibración



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 4.09: Ecuaciones de correlación

Regresión	Ecuación	Correlación (R ²)
Lineal	$y = 0.0044x - 0.2522$	$R^2 = 0.9973$
Exponencial	$y = 1.6197e^{0.0009x}$	$R^2 = 0.9937$
Logarítmica	$y = 4.931\ln(x) - 29.971$	$R^2 = 0.9993$
Polinómica	$y = -4E-06x^2 + 0.0134x - 5.3117$	$R^2 = 1$
Potencial	$y = 0.0027x^{1.0585}$	$R^2 = 0.9971$

Fuente: Elaboración propia

De la Figura N° 4.04 y el Cuadro N° 4.09, se observa lo siguiente:

La ecuación cuadrática presenta un R² igual a la unidad, sin embargo al ser una ecuación cuadrática existe un tramo ascendente y otro descendente. El punto de inflexión de esta curva se da para un BI=1,681 eso significa que para valores

mayores que este los valores de IRI que se calculen con esta fórmula no serán coherentes porque no guardará proporcionalidad entre el BI y el IRI.

La ecuación lineal presenta un R^2 próximo a la unidad (0.9973), por lo que también puede ser una buena opción para correlacionar los valores del BI con el IRI. Otro parámetro es el error estándar de estimación, concepto similar al de la desviación estándar, aunque ésta mida la dispersión alrededor de la media y el otro mide la dispersión alrededor de la línea de regresión. Cuando el valor del error estándar de estimación es cero, nos indica que los puntos pertenecen a la curva, entonces no habría dispersión.

Los valores obtenidos de error estándar de estimación para las ecuaciones lineal y cuadrática son:

- Ecuación lineal SE=3.54E-04
- Ecuación cuadrática SE=1.13E+04

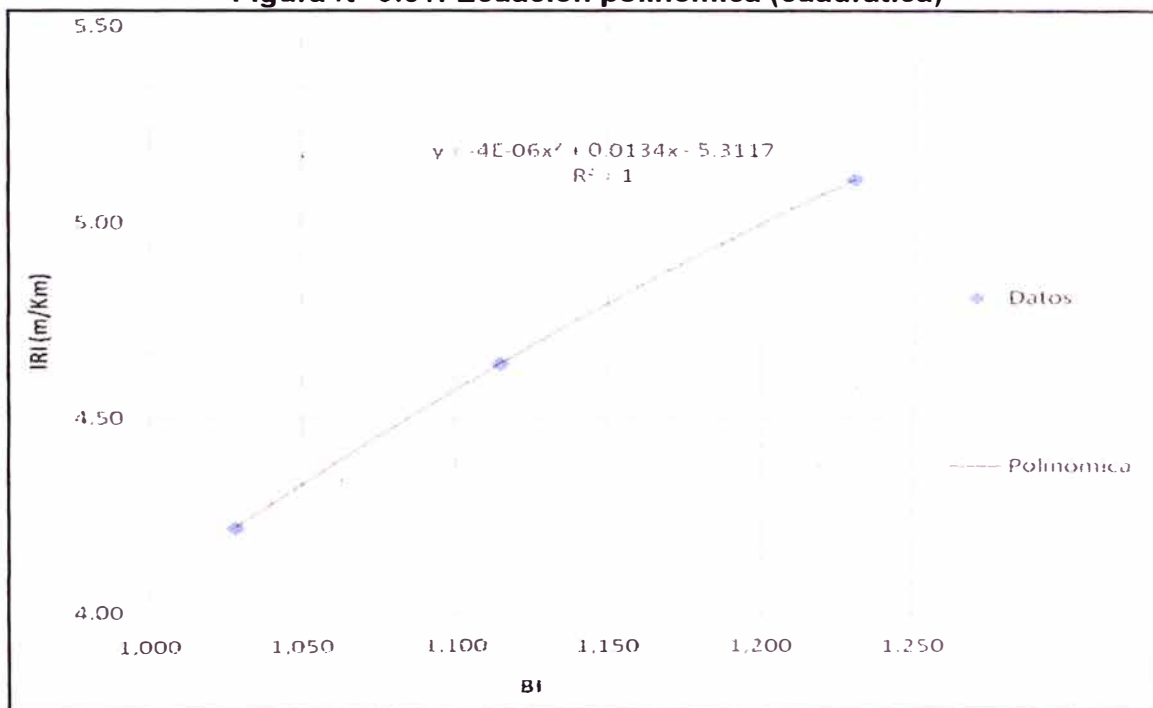
Como se puede apreciar, el desarrollo de los cálculos con apoyo de las herramientas estadísticas, nos da indicadores que nos ayudan a decidir o a elegir, sin embargo pueden existir diferentes criterios, pero los resultados serán similares. Con los cálculos anteriores se puede afirmar que la ecuación lineal tiene mejor ajuste a los datos, en comparación con la ecuación cuadrática, pero esto no significa que la ecuación cuadrática no sea apropiada para la calibración, ambas son válidas y se ajustan muy bien a los puntos de la gráfica.

CAPÍTULO V : ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para esta carretera fue elegida la ecuación cuadrática como ecuación de calibración del equipo, sin dejar de ser la ecuación lineal una opción válida. En la Figura N° 5.01 se aprecia la gráfica de dicha ecuación.

$$IRI = -4E-06*(BI^2) + 0.0134*(BI) - 5.3117$$

Figura N° 5.01: Ecuación polinómica (cuadrática)



Fuente: Elaboración propia

Con la determinación de la ecuación de calibración más adecuada del equipo, se está listo para realizar las mediciones a lo largo de la vía para la obtención de los índices de rugosidad. A continuación se presenta en el Cuadro N° 5.01, el formato para la toma de datos de los números BI, la evaluación se realizará en los kilómetros 102 al 104.

Cuadro N° 5.01: Datos de campo

HOJA DE DATOS									
PROYECTO : Monitoreo de Conservación Carretera Cañete-Huancayo									
TRAMO : Km. 102+000 - Km. 104+000									
RUTA : Ruta 22									
FECHA : Sábado, 15 de Mayo de 2010									
VEL. DEL VEHICULO : 40 Km/h									
EC. CALIBRACIÓN EQ. : $IRI = -5.312 + 0.013 BI + -3.97E-06 (BI)^2$									
SECCIÓN		SUPERFICIE DE RODADURA				LECTURAS DEL BI			IRI
Del (Km)	Al (Km)	AFIRM	BG	TS	CA	Serie 1	Serie 2	Promedio	m/Km
102+000	103+000			X		1,231		1231.0	5.11
103+000	104+000			X		1,115	1,028	1071.3	4.44

Fuente: Elaboración propia

De las mediciones de BI obtenidos y con la ecuación de calibración de equipo se procede a calcular el IRI, también se calculará el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) de acuerdo a la fórmula del Cuadro N° 2.02 y finalmente se establece el estado de la transitabilidad en la vía. El Cuadro N° 5.02 presenta los resultados de la evaluación.

Cuadro N° 5.02: Resultados de evaluación de rugosidad

RESULTADOS DE EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD						
SECCIÓN		LONGITUD	LECTURA	IRI	PSI	TRANSITABILIDAD
DEL (Km)	AL (Km)	TRAMO (Km)	PROM. (BI)	m/Km	SECCIÓN	SECCIÓN
102+000	103+000	1.00	1,231.0	5.11	1.97	MALO
103+000	104+000	1.00	1,071.3	4.44	2.23	REGULAR
TRAMO TOTAL						
102+000	104+000	2.00	1,151.17	4.77	2.10	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos, se observa que el kilómetro del 102 al 103 de la vía, presenta un mal estado de serviciabilidad (con un PSI de 1.97) y que el kilómetro del 103 al 104 presenta un regular estado de transitabilidad. Finalmente de acuerdo a los resultados se puede concluir que el tramo en estudio presenta un **ESTADO REGULAR DE TRANSITABILIDAD.**

CONCLUSIONES

- De acuerdo a la metodología aplicada se realizó las mediciones de la rugosidad en la superficie del tramo en estudio, obteniéndose el valor del Índice de Rugosidad Internacional como se detalla a continuación:

TRAMO	IRI (m/Km)	PSI	TRANSITABILIDAD
Km 102+000 – Km 103+000	5.11	1.97	MALO
Km 103+000 – Km 104+000	4.44	2.23	REGULAR

Km 102+000 – Km 104+000	4.77	2.10	REGULAR
-------------------------	------	------	---------

De acuerdo a la clasificación de pavimentos asfálticos tradicionales los valores IRI para el tramo en estudio clasifican a la vía con tratamiento superficial en estado malo en el Kilómetro del 102 al 103 y estado regular en el Kilómetro del 103 al 104. Finalmente, se puede concluir que el tramo en estudio presenta un **ESTADO REGULAR DE TRANSITABILIDAD**.

- Las ventajas encontradas en un Sistema Tipo Respuesta radica en la aplicación de ésta sobre vías de bajo volumen de tránsito, metodologías sencillas de operación y procesamiento de datos, disponibilidad de equipos y altos rendimientos de operación.
- La desventaja encontrada al sistema radica en que no se cuenta con una clasificación del estado de la superficie de acuerdo al IRI obtenido para vías de bajo volumen de tránsito.
- Se ha estimado el monto de S/. 10,067.54 (incluido IGV), para el desarrollo de la evaluación de la rugosidad mediante Bump Integrator de la carretera Cañete-Huancayo, entre los tramos de Zuñiga a Ronchas (aproximadamente 200 Km), tramo dónde se ejecutó el cambio de estándar, para realizar el monitoreo de su conservación.

- La evaluación de campo y los valores IRI obtenidos deberán de complementarse con data a obtener periódicamente para poder determinar el estado de la vía, ya que realizar un continuo monitoreo de la condición funcional de las carreteras nos permitirá definir las acciones de conservación necesarias en el momento pertinente.
- Los equipos de medición al no estar calibrados y certificados son una fuente de error, por lo que no se deberá permitir el uso de estos equipos en éste tipo de mediciones.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso del equipo Bump Integrator en la medición de la rugosidad de vías de bajo volumen de tránsito, ya que su metodología sencilla y la confiabilidad de los datos pueden proporcionar información valiosa para una adecuada gestión de las mismas.
- Se recomienda realizar recorridos previos al tramo en estudio, ya que este nos permitirá evaluar la rugosidad de forma preliminar, para lo cual podrá ser útil aplicar la metodología clase 4.
- El realizar un recorrido previo también se recomienda para conocer la cantidad de curvas y pendientes que posee el tramo en estudio, y determinar la velocidad de operación del vehículo con el BI, con la que se puede trabajar sin riesgo de accidentes; además que nos sirve para poder seleccionar las secciones de prueba dónde se ejecutarán la calibración del equipo.
- El uso de la clasificación del estado de la superficie de pavimentos asfálticos tradicionales mediante los valores IRI, para su empleo en la calificación de vías con cambio de estándar, deberá ser complementado con la evaluación en campo, ya que aún no se cuenta con una clasificación para valores IRI obtenidos en pavimentos con tratamientos superficiales básicos.
- Las características de la vía en estudio deben ser estudiadas minuciosamente para que los datos no sean distorsionados por las particulares interferencias que puedan haber.
- La selección de las secciones de calibración, es la base fundamental para obtener correlaciones representativas, por lo que estos deben de cumplir con los criterios de uniformidad, rango de rugosidad, etc.

- Efectuar el monitoreo de la rugosidad de la vía a fin de definir la tendencia de su evolución, permitirá un mejor análisis del comportamiento de ésta en el tiempo.
- Se recomienda realizar las evaluaciones de rugosidad en vías con tratamientos superficiales con una frecuencia de 3 veces al año para el debido monitoreo de la conservación de la misma.
- Si bien es cierto el alcance del presente informe se centra en la evaluación de la rugosidad en carreteras, es necesario indicar que ésta forma parte de la **EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS**, conjuntamente con el estudio de la condición estructural, la calidad de materiales, actualización de parámetros y otros aspectos, que conjugados permitirán establecer el juicio sobre el estado real del pavimento y a la vez permitirá definir las acciones de conservación o rehabilitación necesarias en el momento pertinente. Por lo que se recomienda realizar evaluaciones de pavimentos en nuestras carreteras, pues contribuirá a prolongar la vida de estas y así evitar la pérdida continua de nuestro patrimonio vial.

BIBLIOGRAFÍA

- Badilla Vargas, Gustavo. "Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI)". Artículo Técnico de LANAMME, Costa Rica, 2009.
- Del Águila, Pablo. "Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión". III Congreso Nacional del Asfalto, Lima, 1999.
- Melchor, José. "Medición de rugosidad con Bump Integrator". Curso de Titulación Profesional 2010, UNI-FIC, 2010.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Página web: www.proviasnac.gob.pe, fecha de publicación: Mayo 2010, fecha de consulta: Junio 2010.
- Sologorre H., José. "Evaluación de la rugosidad de pavimentos con el uso del Bump Integrator". Tesis para optar el título profesional, UNI-FIC, 2005.

ANEXOS

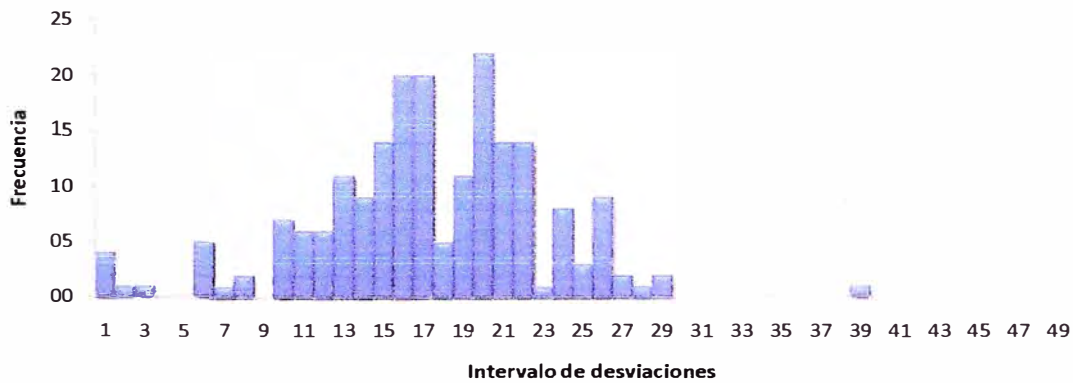
ANEXO N° 01
MEDICIONES DE IRI MEDIANTE RUGOSÍMETRO
MERLIN EN LOS TRAMOS KM. 102 AL 104

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL

ENSAYO CON EQUIPO MERLIN - DATOS DE CAMPO

DATOS DEL ENSAYO N°												desv. cant.			
			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	01	04	
Proyecto:	Corredor Vial N° 13	1	28	20	16	15	7	14	10	16	18	16	02	01	
Sector:	Capillucas - Calachota	2	20	24	15	25	20	39	24	11	26	20	03	01	
Tramo (km):	102+500 102+100	3	20	1	24	19	17	24	6	17	19	22	04	00	
Fecha:	15 de Mayo del 2010	4	17	19	22	16	15	22	21	12	19	17	05	00	
Sentido:	Descendente	5	26	13	16	17	6	14	13	17	21	19	06	05	
Carril:	Derecho	6	19	16	16	26	13	6	22	16	20	19	07	01	
Tipo de Sub.:	Slurry Seal sobre Monocapa	7	26	20	27	14	22	8	21	10	19	13	08	02	
DATOS DEL OPERADOR			8	22	3	16	15	13	26	21	10	20	17	09	00
Nombre:		9	25	12	21	13	12	1	22	22	6	10	10	07	
DATOS DEL EQUIPO:			10	15	20	16	23	11	14	21	12	11	22	11	06
Serie:	540	11	13	20	16	22	10	1	12	20	8	20	12	06	
SUPERVISADO POR :			12	21	17	13	18	17	2	10	24	26	15	13	11
	Ing. Edwin Apolinario Morales	13	20	17	17	21	18	17	20	17	26	16	14	09	
OBSERVACIONES:			14	15	17	22	15	19	24	21	21	20	12	15	14
		15	15	20	21	16	18	15	13	14	16	16	16	20	
		16	18	16	14	27	20	25	20	21	26	15	17	20	
		17	17	16	19	10	17	24	29	20	16	15	18	05	
		18	17	22	16	22	26	20	16	14	14	17	19	11	
		19	11	14	24	21	20	15	29	6	11	17	20	22	
		20	1	13	20	11	15	17	21	13	22	19	21	14	
													22	14	
													23	01	
													24	08	
													25	03	
													26	09	
													27	02	
													28	01	
													29	02	
													30	00	
													31	00	
													32	00	
													33	00	
													34	00	
													35	00	
													36	00	
													37	00	
													38	00	
													39	01	
													40	00	
													41	00	
													42	00	
													43	00	
													44	00	
													45	00	
													46	00	
													47	00	
													48	00	
													49	00	
													50	00	
													Total	200	

Frecuencia de desviaciones



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

FACTOR DE CORRECCION

Posición Inicial del Puntero:	25.00	Espesor de pastilla	
Posición Final del Puntero:	10.50	e= 6.47 mm	
F.C. =	0.892		

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

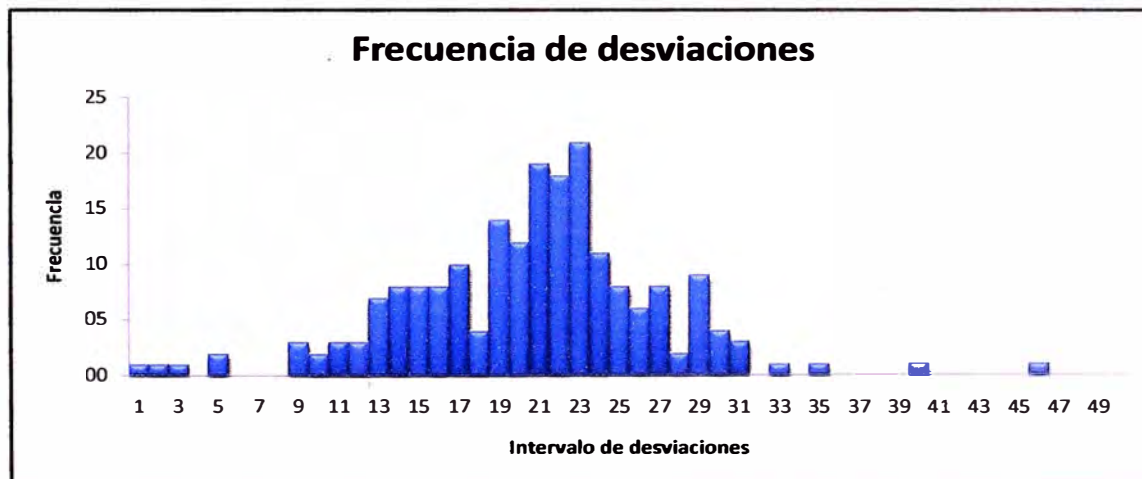
Valor Máximo:	39	D= 19.76	IRI calculado según la ecuación de correlación del TRRL: IRI = 0.593 + 0.0471xD
Valor Mínimo:	01		
IRI= 4.74		m/km	

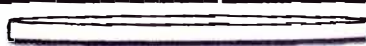
Desarrollado por: Bach. Alberto Rojas

Formato elaborado por: UNI-FIC

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL

ENSAYO CON EQUIPO MERLIN - DATOS DE CAMPO													desv.	cant.	
DATOS DEL ENSAYO N°			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	01	01	
Proyecto:	Corredor Vial N° 13	1	22	23	9	21	24	13	17	13	24	31	02	01	
Sector:	Catahuasi - Chupaca	2	13	14	24	14	19	17	22	20	23	31	03	01	
Tramo (km):	103+600 103+200	3	30	15	13	17	19	21	21	23	21	25	04	00	
Fecha:	15 de Mayo del 2010	4	20	19	11	13	27	16	16	22	20	27	05	02	
Sentido:	Descendente	5	21	23	17	16	40	22	21	23	22	16	06	00	
Carril:	Derecho	6	21	29	15	27	29	24	16	22	15	22	07	00	
Tipo de Sub.:	Slurry Seal sobre Monocapa	7	27	11	22	25	35	14	19	14	23	25	08	00	
DATOS DEL OPERADOR			8	24	24	25	19	21	25	21	21	29	28	09	03
Nombre:		9	29	19	27	16	13	3	23	23	27	12	10	02	
DATOS DEL EQUIPO:			10	24	23	17	21	14	22	23	14	22	27	11	03
Serie:	540	11	18	30	9	27	21	30	23	15	26	29	12	03	
SUPERVISADO POR :			12	33	20	12	24	19	19	21	20	18	21	13	07
	Ing. Edwin Apolinario Morales	13	20	26	9	16	31	29	22	23	14	21	14	08	
OBSERVACIONES:			14	26	23	29	23	26	23	22	16	19	21	15	08
		15	19	29	29	14	30	20	24	17	22	1	16	08	
		16	17	17	22	20	46	25	23	20	19	25	17	10	
		17	15	2	15	10	22	15	17	28	10	20	18	04	
		18	26	5	24	26	13	21	19	23	23	18	19	14	
		19	23	17	23	22	23	15	20	22	19	24	20	12	
		20	19	11	22	18	5	20	21	21	25	12	21	19	
		22											22	18	
		23											23	21	
		24											24	11	
		25											25	08	
		26											26	06	
		27											27	08	
		28											28	02	
		29											29	09	
		30											30	04	
		31											31	03	
		32											32	00	
		33											33	01	
		34											34	00	
		35											35	01	
		36											36	00	
		37											37	00	
		38											38	00	
		39											39	00	
		40											40	01	
		41											41	00	
		42											42	00	
		43											43	00	
		44											44	00	
		45											45	00	
		46											46	01	
		47											47	00	
		48											48	00	
		49											49	00	
		50											50	00	
		Total											200		



FACTOR DE CORRECCION			
Posición Inicial del Puntero:	25.00	Espesor de pastil. <i>h</i>	
Posición Final del Puntero:	10.50	$e = 6.47 \text{ mm}$	
F.C. =	0.892		

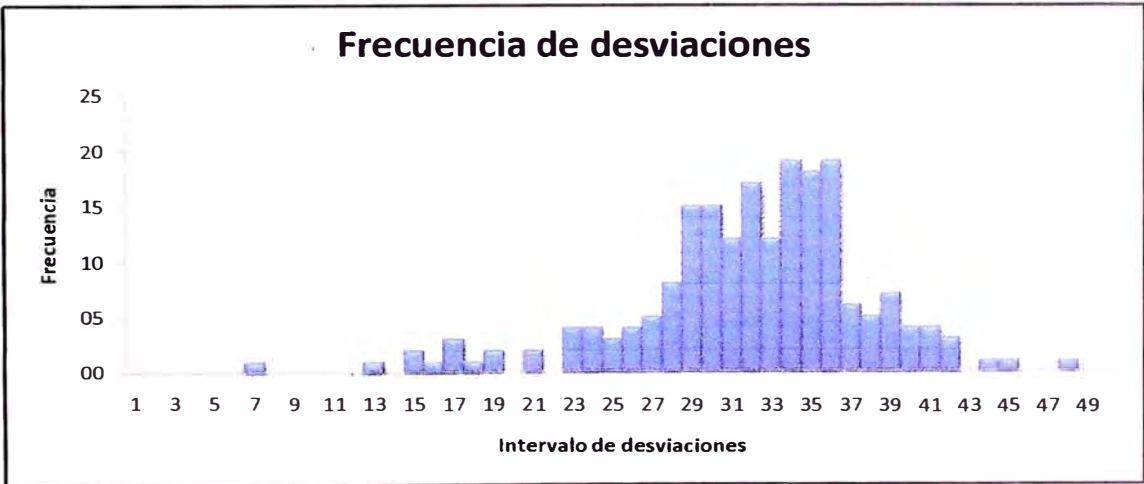
INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)			
Valor Máximo:	46	$D = 19.25$	IRI calculado según la ecuación de correlación del TRRL: $IRI = 0.593 + 0.0471 \times D$
Valor Mínimo:	01		
IRI =	4.64	m/km	

Desarrollado por: Bach. Alberto Rojas
 Formato elaborado por: UNI-FIC

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL

ENSAYO CON EQUIPO MERLIN - DATOS DE CAMPO												
DATOS DEL ENSAYO Nº		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
Proyecto:	Corredor Vial Nº 13	1	28	29	23	36	26	27	27	28	30	32
Sector:	Capillucas - Calachota	2	33	33	38	25	17	34	33	32	30	31
Tramo (km):	102+500 102+100	3	38	34	33	35	28	21	31	36	32	33
Fecha:	15 de Mayo del 2010	4	36	34	26	33	30	32	34	34	35	37
Sentido:	Descendente	5	42	32	35	36	34	35	7	36	31	29
Carril:	Izquierdo	6	24	30	33	35	24	28	33	30	36	30
Tipo de Sup.:	Slurry Seal sobre Monocapa	7	32	39	29	30	23	38	17	35	34	39
DATOS DEL OPERADOR		8	34	42	35	29	36	34	34	34	35	29
Nombre:		9	40	30	38	28	16	37	35	31	35	21
DATOS DEL EQUIPO:		10	35	40	39	34	35	31	32	29	36	34
Serie:	540	11	34	13	35	35	41	27	30	32	36	34
SUPERVISADO POR :		12	37	31	40	35	41	36	29	33	25	30
	Ing. Edwin Apolinario Morales	13	31	36	31	48	36	36	28	36	32	32
OBSERVACIONES:		14	41	28	26	23	34	35	36	36	37	33
		15	39	26	37	35	27	34	32	32	32	30
		16	32	19	40	35	30	39	31	31	36	32
		17	24	15	41	29	44	45	29	39	30	28
		18	27	17	42	18	33	32	34	30	30	23
		19	32	29	39	24	29	29	29	33	34	31
		20	19	25	37	29	29	38	36	36	31	15

desv.	cant.
01	00
02	00
03	00
04	00
05	00
06	00
07	01
08	00
09	00
10	00
11	00
12	00
13	01
14	00
15	02
16	01
17	03
18	01
19	02
20	00
21	02
22	00
23	04
24	04
25	03
26	04
27	05
28	08
29	15
30	15
31	12
32	17
33	12
34	19
35	18
36	19
37	06
38	05
39	07
40	04
41	04
42	03
43	00
44	01
45	01
46	00
47	00
48	01
49	00
50	00
Total	200



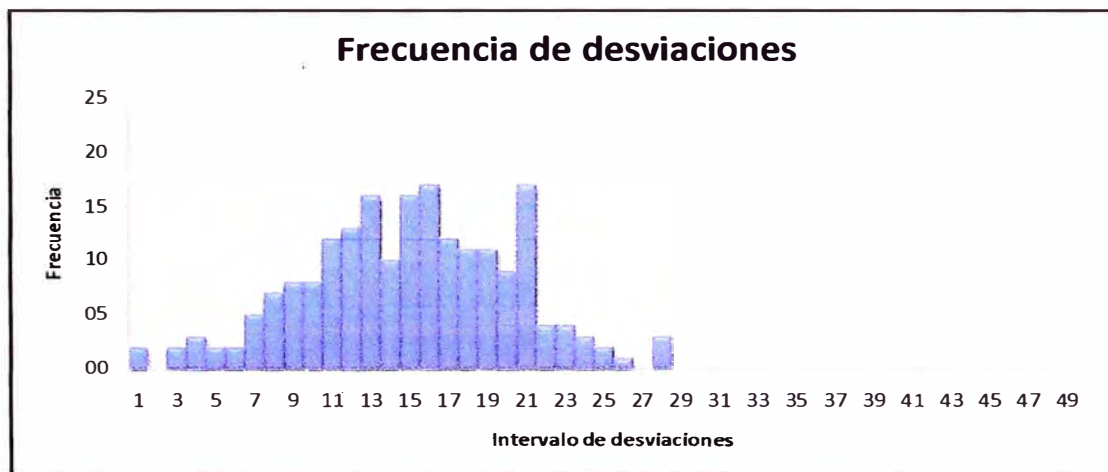
FACTOR DE CORRECCION		
Posición Inicial del Puntero:	25.00	Espesor de pastilla $e = 6.47 \text{ mm}$
Posición Final del Puntero:	10.50	
F.C. =	0.892	

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)			
Valor Máximo:	48	$D = 21.50$	IRI calculado según la ecuación de correlación del TRRL: $IRI = 0.593 + 0.0471xD$
Valor Mínimo:	07		
IRI = 5.11		m/km	


Desarrollado por: Bach. Jenry Bernedo
 Formato elaborado por: UNI-FIC

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL

ENSAYO CON EQUIPO MERLIN - DATOS DE CAMPO												desv.	cant.	
DATOS DEL ENSAYO N°			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	01	02
Proyecto:	Corredor Vial N° 13	1	20	15	16	12	25	28	15	19	19	12	02	00
Sector:	Capillucas - Calachota	2	21	21	8	23	21	5	10	15	16	11	03	02
Tramo (km):	103+600 103+200	3	21	8	11	15	14	24	8	20	11	16	04	03
Fecha:	15 de Mayo del 2010	4	22	3	16	18	14	26	20	6	1	21	05	02
Sentido:	Descendente	5	15	9	21	16	16	10	9	16	7	14	06	02
Carril:	Izquierdo	6	19	8	22	19	23	10	14	4	9	14	07	05
Tipo de Sup.:	Slurry Seal sobre Manacapa	7	4	6	15	12	17	1	21	12	10	19	08	07
DATOS DEL OPERADOR		8	18	11	19	10	13	16	24	17	13	17	09	08
Nombre:		9	16	7	19	21	17	18	12	11	13	21	10	08
DATOS DEL EQUIPO:		10	16	13	17	17	24	8	15	15	15	21	11	12
Serie:	540	11	15	8	22	11	20	16	21	13	7	18	12	13
SUPERVISADO POR :		12	12	18	20	15	13	21	20	9	17	18	13	16
	Ing. Edwin Apolinario Morales	13	13	19	16	19	9	11	16	17	10	13	14	10
OBSERVACIONES:		14	16	13	13	14	28	12	18	23	15	22	15	16
		15	11	8	18	17	12	16	4	10	17	21	16	17
		16	21	12	13	12	14	7	15	21	18	15	17	12
		17	7	13	20	19	9	9	11	14	11	23	18	11
		18	18	12	15	20	10	13	16	11	15	12	19	11
		19	5	16	13	20	28	17	13	13	18	21	20	09
		20	3	11	21	14	25	14	12	17	19	9	21	17



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

FACTOR DE CORRECCION		
Posición Inicial del Puntero:	25.00	Espesor de pastilla
Posición Final del Puntero:	10.50	$e = 6.47 \text{ mm}$
F.C. =	0.892	

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)			
Valor Máximo:	28	D= 17.25	IRI calculado según la ecuación de correlación del TRRL: $IRI = 0.593 + 0.0471xD$
Valor Mínima:	01		
IRI=	4.22	m/km	

Desarrollado por: Bach. Jenny Bernedo

Formato elaborado por: UNI-FIC

01	02
02	00
03	02
04	03
05	02
06	02
07	05
08	07
09	08
10	08
11	12
12	13
13	16
14	10
15	16
16	17
17	12
18	11
19	11
20	09
21	17
22	04
23	04
24	03
25	02
26	01
27	00
28	03
29	00
30	00
31	00
32	00
33	00
34	00
35	00
36	00
37	00
38	00
39	00
40	00
41	00
42	00
43	00
44	00
45	00
46	00
47	00
48	00
49	00
50	00
Total	200

ANEXO N° 02

**MEDICIONES DE IRI EN LA CARRETERA CAÑETE-
HUANCAYO PROPORCIONADAS POR EL
CONVENIO PROVIAS Y FIC-UNI**

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL - IRI

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

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

RÉSUMEN DE LOS VALORES DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL - IRI

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

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

PROMEDIO ARITMETICO

4.35

Rango IRI	Longitud (Km.)	%
0 - 2.800	0.00	0.00
2.801- 4.000	7.60	0.29
4.001- 5.000	14.40	0.55
>= 5.001	4.40	0.17
Total	26.40	1.00

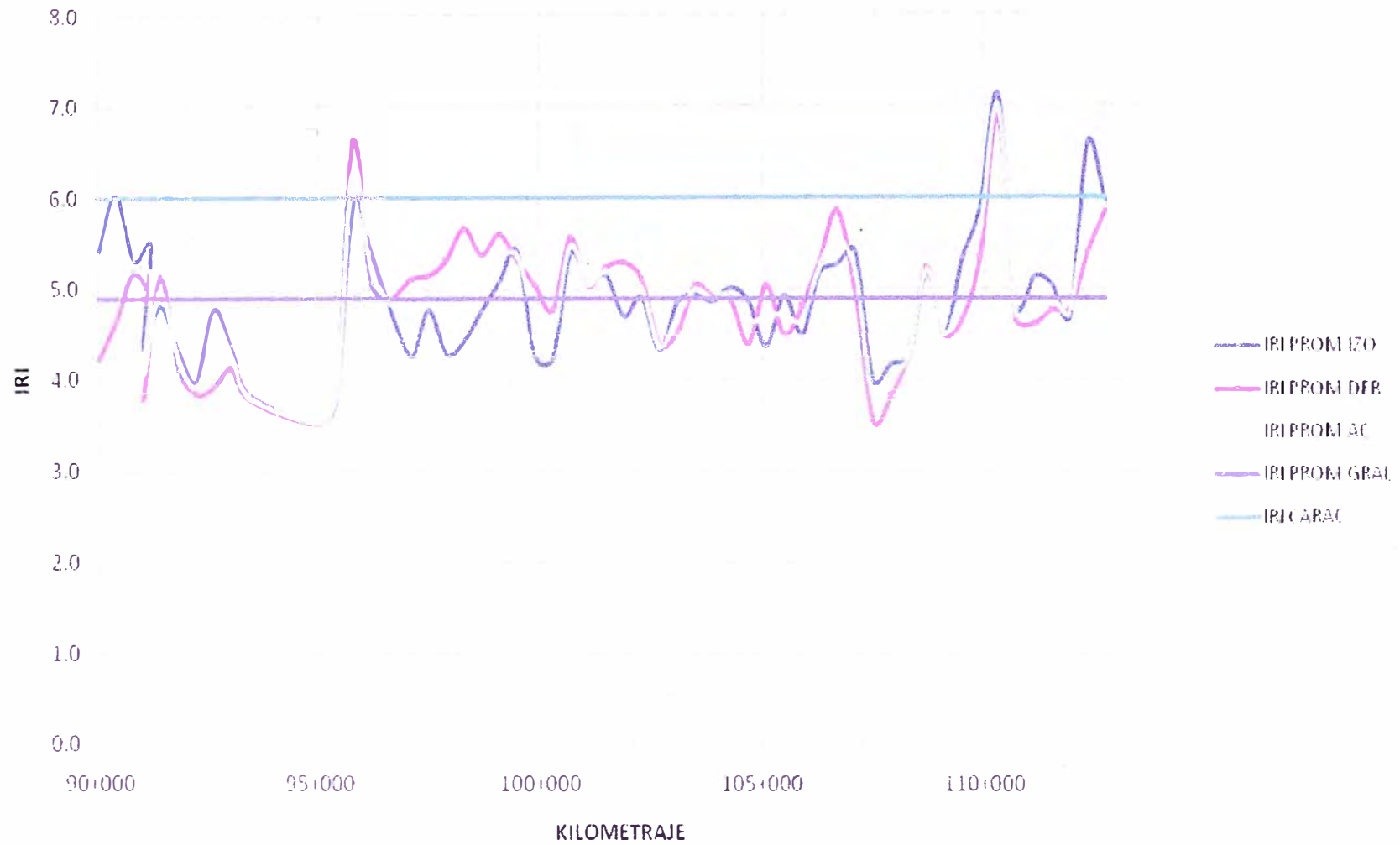
RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

TRAMO		IRI (m/km)								Variación		Nivel de Regularidad		
		LADO IZQUIERDO				LADO DERECHO				IRI (Mín-Máx)	IRI PROM (Izq-Der)			
P. INICIAL	P. FINAL	1ra	2da	3ra	PROM	1ra	2da	3ra	PROM					
90+000	-	90+400	5.2	5.6	5.5	5.4	4.2	4.6	3.9	4.2	1.6	1.2	medio	
90+400	-	90+800	6.4	6.1	5.6	6.0	5.2	4.7	4.1	4.7	2.3	1.4	alto	
90+800	-	91+200	5.6	5.2	5.1	5.3	5.1	5.1	5.3	5.2	0.6	0.1	bajo	
91+200	-	91+600	5.5	5.6	5.4	5.5	4.7	5.1	4.6	4.8	1.1	0.7	bajo	
91+000	-	91+400	4.5	4.2	4.4	4.4	3.7	3.9	3.9	3.8	0.8	0.6	bajo	
91+400	-	91+800	4.8	5.0	4.6	4.8	4.9	5.6	4.9	5.1	1.0	0.3	bajo	
91+800	-	92+200	4.3	4.6	4.1	4.3	4.5	3.8	4.1	4.1	0.8	0.2	bajo	
92+200	-	92+600	4.1	4.0	3.8	4.0	4.1	4.4	3.1	3.9	1.4	0.1	medio	
92+600	-	93+000	4.5	5.0	4.8	4.8	3.8	3.9	4.1	3.9	1.2	0.8	medio	
93+000	-	93+400	4.5	4.6	4.1	4.4	4.2	4.3	3.9	4.1	0.6	0.2	bajo	
93+400	-	93+800	3.6	3.9	4.0	3.8	4.2	3.7	3.5	3.8	0.6	0.1	bajo	
95+000	-	95+400	3.5	3.4	3.7	3.5	3.8	3.1	3.6	3.5	0.7	0.0	bajo	
95+400	-	95+800	4.1	4.0	3.3	3.8	3.9	4.0	3.8	3.9	0.8	0.1	bajo	
95+800	-	96+200	5.9	6.1	5.9	5.9	6.9	6.4	6.6	6.6	1.1	0.7	bajo	
96+200	-	96+600	5.7	5.3	5.2	5.4	5.4	4.8	5.0	5.1	1.0	0.3	bajo	
96+600	-	97+000	5.0	5.0	4.5	4.8	4.8	4.8	5.1	4.9	0.6	0.1	bajo	
97+100	-	97+500	4.4	3.8	4.6	4.3	5.8	5.0	4.6	5.1	2.0	0.9	alto	
97+500	-	97+900	4.7	4.7	4.9	4.8	5.2	5.1	5.1	5.2	0.5	0.4	bajo	
97+900	-	98+300	4.6	4.3	4.0	4.3	5.7	5.1	5.1	5.3	1.8	1.0	alto	
98+300	-	98+700	4.5	4.3	4.6	4.4	5.7	5.4	5.9	5.7	1.6	1.2	medio	
98+700	-	99+100	5.3	4.5	4.5	4.8	5.6	5.8	4.7	5.4	1.4	0.6	medio	
99+100	-	99+500	5.6	4.8	4.8	5.1	6.1	5.5	5.2	5.6	1.3	0.5	medio	
99+500	-	99+900	4.7	5.7	5.8	5.4	5.7	5.2	5.0	5.3	1.1	0.1	bajo	
99+900	-	100+300	4.4	4.5	3.9	4.3	5.5	5.1	4.5	5.1	1.6	0.8	medio	
100+300	-	100+700	4.5	4.1	4.1	4.2	5.3	4.6	4.4	4.8	1.2	0.5	medio	
100+700	-	101+100	5.2	5.1	5.9	5.4	6.3	5.1	5.3	5.6	1.3	0.2	medio	
101+100	-	101+500	5.3	5.2	4.7	5.1	5.1	5.4	4.7	5.0	0.7	0.0	bajo	
101+500	-	101+900	5.0	5.5	5.0	5.2	4.9	5.5	5.3	5.2	0.6	0.1	bajo	
101+900	-	102+300	4.9	4.8	4.5	4.7	5.2	5.3	5.4	5.3	0.9	0.6	bajo	
102+300	-	102+700	4.9	5.1	4.8	4.9	5.7	5.3	4.4	5.1	1.3	0.2	medio	
102+700	-	103+100	4.5	3.9	4.5	4.3	3.8	4.8	4.6	4.4	1.0	0.1	bajo	
103+100	-	103+500	4.4	5.0	5.2	4.9	4.6	4.2	4.8	4.5	1.0	0.3	bajo	
103+500	-	103+900	4.9	5.3	4.7	4.9	4.6	4.9	5.6	5.0	1.0	0.1	bajo	
103+900	-	104+300	4.8	5.0	4.8	4.9	4.8	5.2	4.7	4.9	0.5	0.1	bajo	
104+300	-	104+700	4.8	4.9	5.4	5.0	4.6	5.2	4.8	4.9	0.8	0.1	bajo	
104+700	-	105+100	4.8	4.6	5.1	4.9	4.5	4.2	4.5	4.4	0.9	0.5	bajo	
105+100	-	105+500	4.4	4.6	4.1	4.4	5.0	5.0	5.2	5.0	1.1	0.7	medio	
105+500	-	105+900	4.7	5.3	4.7	4.9	4.6	4.5	4.4	4.5	1.0	0.4	bajo	
105+900	-	106+300	4.8	4.3	4.4	4.5	4.9	4.4	5.2	4.8	0.9	0.3	bajo	
106+300	-	106+700	4.8	4.9	5.9	5.2	5.6	5.0	5.4	5.3	1.1	0.1	bajo	
106+700	-	107+100	5.6	5.1	5.1	5.3	5.1	6.8	5.7	5.9	1.7	0.6	alto	
107+100	-	107+500	5.4	5.2	5.6	5.4	5.2	4.9	4.8	5.0	0.8	0.5	bajo	
107+500	-	107+900	3.9	4.0	4.1	4.0	3.4	3.5	3.8	3.6	0.7	0.4	bajo	
107+900	-	108+300	3.8	4.2	4.6	4.2	3.9	3.8	3.8	3.8	0.8	0.4	bajo	
108+300	-	108+700	4.1	4.3	4.4	4.3	4.8	4.1	4.1	4.3	0.7	0.0	bajo	
108+700	-	109+100	5.2	5.2	5.0	5.2	5.2	5.6	4.9	5.2	0.8	0.1	bajo	
109+100	-	109+500	4.7	4.3	4.5	4.5	4.5	4.3	4.8	4.5	0.5	0.0	bajo	
109+500	-	109+900	5.3	5.4	5.3	5.3	4.7	4.6	4.8	4.7	0.9	0.7	bajo	
109+900	-	110+300	5.6	5.7	6.4	5.9	5.4	5.5	5.1	5.4	1.2	0.5	medio	
110+300	-	110+700	7.5	6.6	7.2	7.1	6.5	7.3	6.8	6.9	1.0	0.2	bajo	
110+700	-	111+100	4.7	5.3	4.4	4.8	4.2	5.0	4.9	4.7	1.1	0.1	bajo	
111+100	-	111+500	5.2	5.7	4.5	5.1	4.0	4.5	5.3	4.6	1.7	0.5	alto	
111+500	-	111+900	5.3	4.8	5.1	5.0	4.8	4.8	4.7	4.8	0.5	0.3	bajo	
111+900	-	112+300	4.8	4.0	5.4	4.7	4.5	5.4	4.5	4.8	1.4	0.1	medio	
112+300	-	112+700	6.5	6.8	6.5	6.6	6.0	5.2	5.0	5.4	1.9	1.2	alto	
112+700	-	113+100	6.3	6.4	5.1	5.9	5.4	6.0	6.2	5.9	1.2	0.1	medio	
		IRI Mínimo				3.5	IRI Mínimo				3.5	0.5	0.0	=MIN
		IRI Máximo				7.1	IRI Máximo				6.9	2.3	1.4	=MAX
		IRI Promedio				4.9	IRI Promedio				4.9			
		Desv. Estandar				0.7	Desv. Estandar				0.7			
		IRI Característico				6.0	IRI Característico				6.0			

Resumen IRI-MTC Carretera Cañete-Huancayo, realizado ente Febrero y Marzo del 2,010

Fuente: Dirección de Escuela Profesional FIC-UNI

GRAFICAS DEL IRI



Resumen IRI-MTC Carretera Cañete-Huancayo, realizado ente Febrero y Marzo del 2,010

Fuente: Dirección de Escuela Profesional FIC-UNI

ANEXO N° 03
FORMATOS PARA LA EVALUACIÓN DE
RUGOSIDAD MEDIANTE BUMP INTEGRATOR

HOJA DE DATOS

PROYECTO :
TRAMO :
RUTA :
FECHA :

TEMPERATURA :
PRESIÓN DE NEUMÁTICO :
VELOCIDAD DEL VEHÍCULO :
EC. CALIBRACIÓN EQUIPO : IRI=

SECCIÓN		SUPERFICIE DE RODADURA				LECTURAS DEL BI			IRI
Del (Km)	A1 (Km)	AFIRM	BG	TS	CA	Serie 1	Serie 2	Promedio	m/Km

RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD DE PAVIMENTOS

PROYECTO :

TRAMO :

RUTA :

CARRIL :

FECHA :

SUB TRAMOS		LONGITUD Km	CARRIL				
DEL (Km)	AL (Km)		IRI PROM.	DESV. EST.	COEF. VAR	PSI	TRANSITABILIDAD
TRAMO TOTAL							

TRANSITABILIDAD	CARRIL	
	LONG. Km	%
MUY BUENO		
BUENO		
REGULAR		
MALO		
MUY MALO		

Transitabilidad

- MUY BUENO
- BUENO
- REGULAR
- MALO
- MUY MALO

ANEXO N° 04
FOLLETOS DE EQUIPOS BUMP INTEGRATOR DE
LA COMPAÑÍA ROMDAS

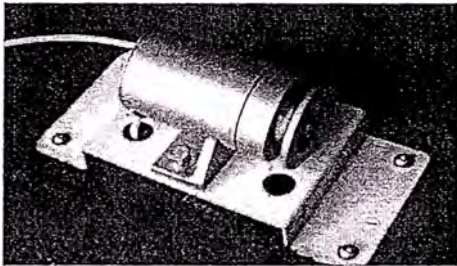
Bump Integrator

Overview

The ROMDAS[®] Bump Integrator (BI) is a response-type roughness meter for measuring road roughness. This is a mechanical instrument that measures the relative displacement of a vehicle's suspension in relation to the body of the vehicle. These readings, in turn, provide data on the 'roughness' of a road's surface. Depending upon the type of vehicle that the BI will be fitted to either one or two BI's may be used in a vehicle.

The raw roughness data from the BI can be recorded directly using either the ROMDAS[®] system on a computer or the miniROMDAS[®] system on a Pocket PC.

The raw roughness data can be converted into a calibrated roughness index such as IRI using user-calculated roughness equations (which are determined from the roughness calibration).



Features and Benefits

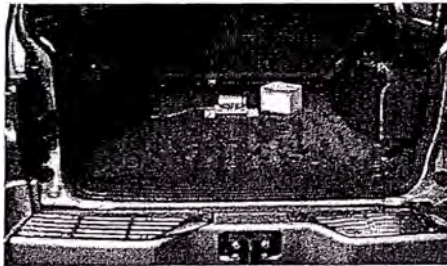
Features of the BI include:

- High resolution, high reliability optical encoder;
- Rugged one piece machined aluminium housing;
- Heavy duty maintenance free bearings;
- BI nylon coated wires with a breaking strain of 95 kg for extra strength, durability and reliability.

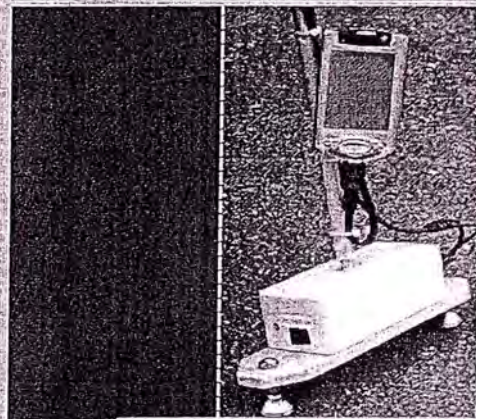
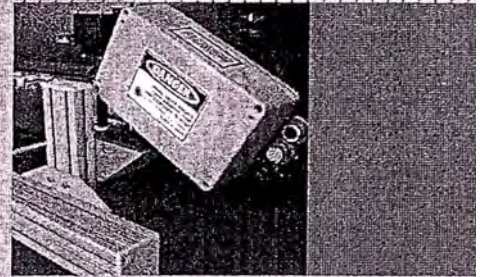
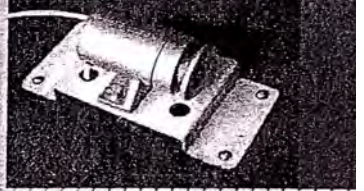
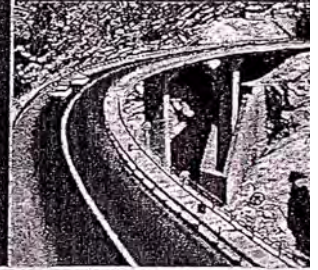
Components

The BI kit comes complete with the following components:

- 1 x Bump Integrator;
- 1 x base plate and cover;
- 1 x BI hook;
- 1 x BI wire (spare);
- 1 x BI spring (spare);



September 2007



For further information on the ROMDAS[®] road measurement system please visit www.ROMDAS.com

To receive a ROMDAS[®] information CD please contact us at:

Data Collection Ltd.
email: info@romdas.com
phone: +64.9.827.7703
fax: +64.9.827.7704

*providers of innovative technology
for measuring and managing roads*

© 2007 Data Collection Ltd.



Bump Integrator

Overview

The ROMDAS⁰ Bump Integrator (BI) is a response-type roughness meter for measuring road roughness. This is a mechanical instrument that measures the relative displacement of a vehicle's suspension in relation to the body of the vehicle. These readings, in turn, provide data on the 'roughness' of a road's surface. Depending upon the type of vehicle that the BI will be fitted to either one or two BI's may be used in a vehicle.

The raw roughness data from the BI can be recorded directly using either the ROMDAS⁰ system on a computer or the miniROMDAS⁰ system on a Pocket PC.

The raw roughness data can be converted into a calibrated roughness index such as IRI using user-calculated roughness equations (which are determined from the roughness calibration).

Features and Benefits

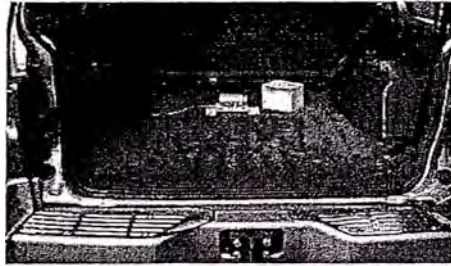
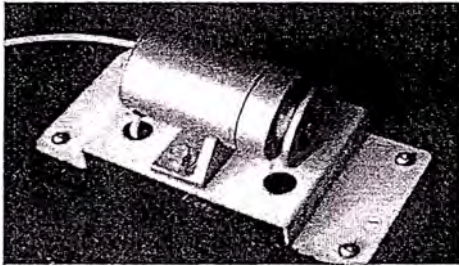
Features of the BI include:

- High resolution, high reliability optical encoder;
- Rugged one piece machined aluminium housing;
- Heavy duty maintenance free bearings;
- BI nylon coated wires with a breaking strain of 95 kg for extra strength, durability and reliability.

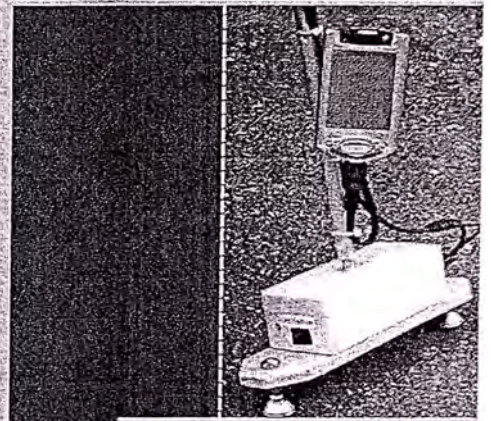
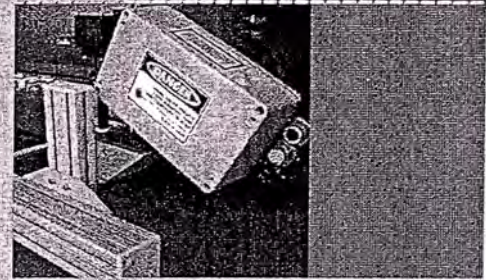
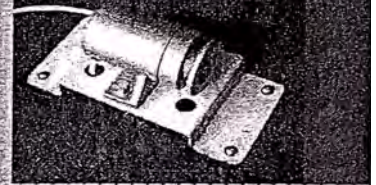
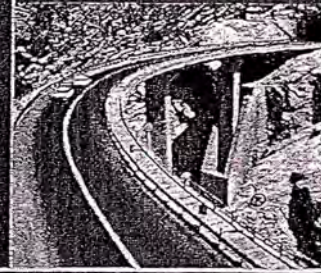
Components

The BI kit comes complete with the following components:

- 1 x Bump Integrator;
- 1 x base plate and cover;
- 1 x BI hook;
- 1 x BI wire (spare);
- 1 x BI spring (spare);



September 2007



For further information on the ROMDAS¹ road measurement system please visit www.ROMDAS.com

To receive a ROMDAS² information CD please contact us at:

Data Collection Ltd.
email: info@romdas.com
phone: +64.9.827.7703
fax: +64.9.827.7704

*providers of innovative technology
for measuring and managing roads*

© 2007 Data Collection Ltd.



Bump Integrator

Overview

The ROMDAS⁰ Bump Integrator (BI) is a response-type roughness meter for measuring road roughness. This is a mechanical instrument that measures the relative displacement of a vehicle's suspension in relation to the body of the vehicle. These readings, in turn, provide data on the 'roughness' of a road's surface. Depending upon the type of vehicle that the BI will be fitted to either one or two BI's may be used in a vehicle.

The raw roughness data from the BI can be recorded directly using either the ROMDAS⁰ system on a computer or the miniROMDAS⁰ system on a Pocket PC.

The raw roughness data can be converted into a calibrated roughness index such as IRI using user-calculated roughness equations (which are determined from the roughness calibration).

Features and Benefits

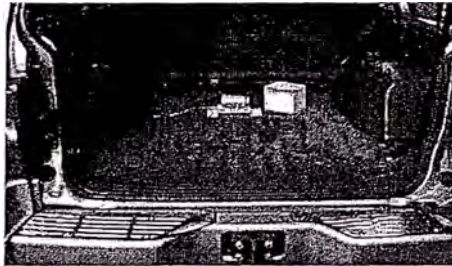
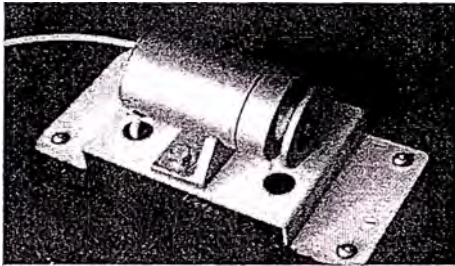
Features of the BI include:

- High resolution, high reliability optical encoder;
- Rugged one piece machined aluminium housing;
- Heavy duty maintenance free bearings;
- BI nylon coated wires with a breaking strain of 95 kg for extra strength, durability and reliability.

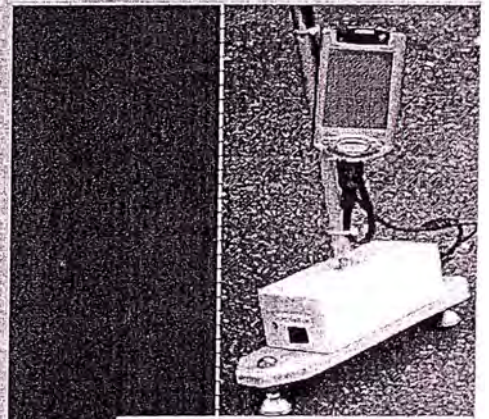
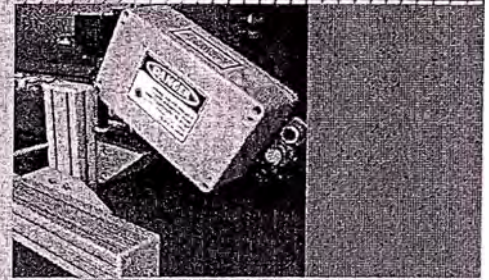
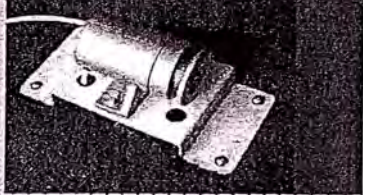
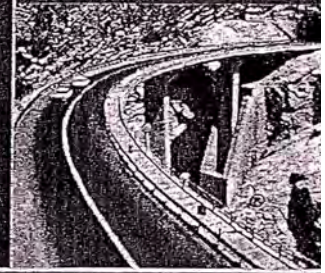
Components

The BI kit comes complete with the following components:

- 1 x Bump Integrator;
- 1 x base plate and cover;
- 1 x BI hook;
- 1 x BI wire (spare);
- 1 x BI spring (spare);



September 2007



For further information on the ROMDAS¹ road measurement system please visit www.ROMDAS.com

To receive a ROMDAS² information CD please contact us at:

Data Collection Ltd.
email: info@romdas.com
phone: +64.9.827.7703
fax: +64.9.827.7704

*providers of innovative technology
for measuring and managing roads*

© 2007 Data Collection Ltd.



Bump Integrator

Overview

The ROMDAS[®] Bump Integrator (BI) is a response-type roughness meter for measuring road roughness. This is a mechanical instrument that measures the relative displacement of a vehicle's suspension in relation to the body of the vehicle. These readings, in turn, provide data on the 'roughness' of a road's surface. Depending upon the type of vehicle that the BI will be fitted to either one or two BI's may be used in a vehicle.

The raw roughness data from the BI can be recorded directly using either the ROMDAS[®] system on a computer or the miniROMDAS[®] system on a Pocket PC.

The raw roughness data can be converted into a calibrated roughness index such as IRI using user-calculated roughness equations (which are determined from the roughness calibration).

Features and Benefits

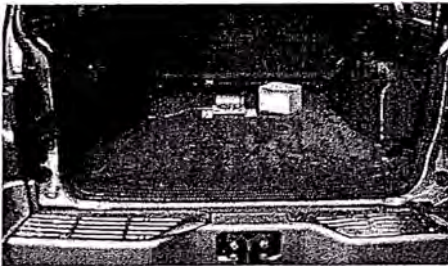
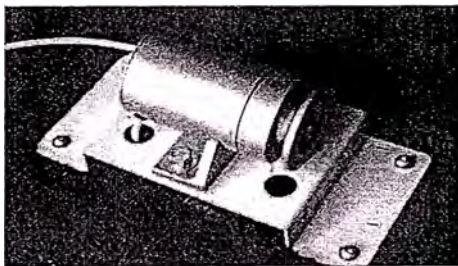
Features of the BI include:

- High resolution, high reliability optical encoder;
- Rugged one piece machined aluminium housing;
- Heavy duty maintenance free bearings;
- BI nylon coated wires with a breaking strain of 95 kg for extra strength, durability and reliability.

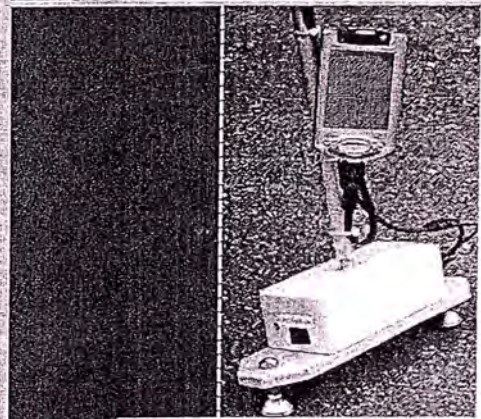
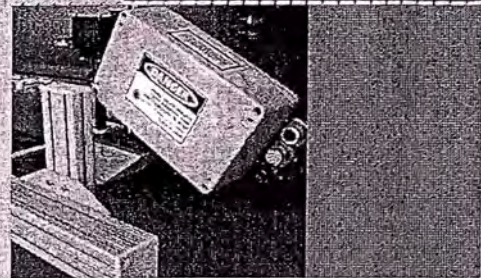
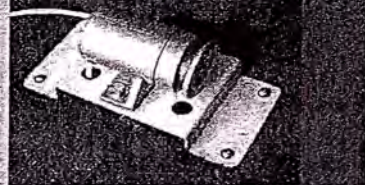
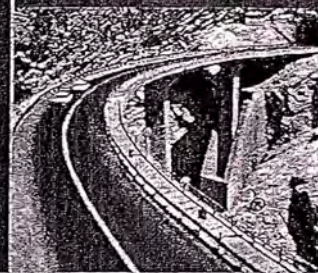
Components

The BI kit comes complete with the following components:

- 1 x Bump Integrator;
- 1 x base plate and cover;
- 1 x BI hook;
- 1 x BI wire (spare);
- 1 x BI spring (spare);



September 2007



For further information on the ROMDAS[®] road measurement system please visit www.ROMDAS.com

To receive a ROMDAS[®] information CD please contact us at:

Data Collection Ltd.
email: info@romdas.com
phone: +64.9.827.7703
fax: +64.9.827.7704



*providers of innovative technology
for measuring and managing roads*

© 2007 Data Collection Ltd.

Bump Integrator

Overview

The ROMDAS[®] Bump Integrator (BI) is a response-type roughness meter for measuring road roughness. This is a mechanical instrument that measures the relative displacement of a vehicle's suspension in relation to the body of the vehicle. These readings, in turn, provide data on the 'roughness' of a road's surface. Depending upon the type of vehicle that the BI will be fitted to either one or two BI's may be used in a vehicle.

The raw roughness data from the BI can be recorded directly using either the ROMDAS[®] system on a computer or the miniROMDAS[®] system on a Pocket PC.

The raw roughness data can be converted into a calibrated roughness index such as IRI using user-calculated roughness equations (which are determined from the roughness calibration).

Features and Benefits

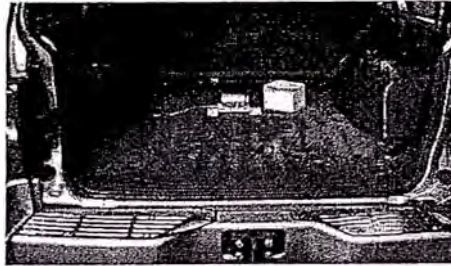
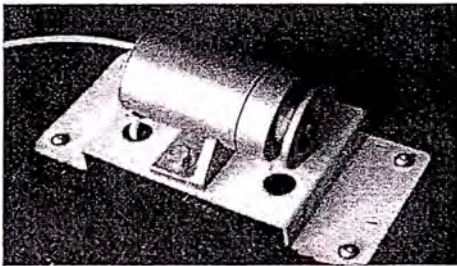
Features of the BI include:

- High resolution, high reliability optical encoder;
- Rugged one piece machined aluminium housing;
- Heavy duty maintenance free bearings;
- BI nylon coated wires with a breaking strain of 95 kg for extra strength, durability and reliability.

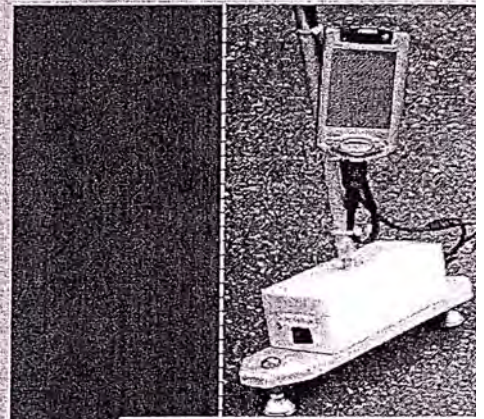
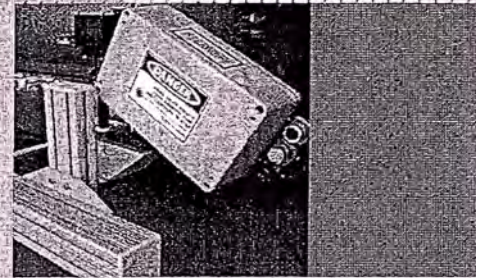
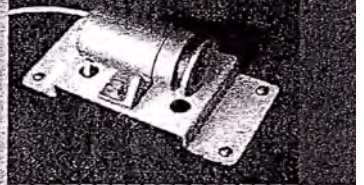
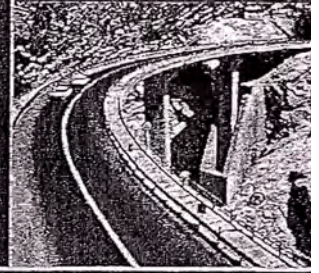
Components

The BI kit comes complete with the following components:

- 1 x Bump Integrator;
- 1 x base plate and cover;
- 1 x BI hook;
- 1 x BI wire (spare);
- 1 x BI spring (spare);



September 2007



For further information on the ROMDAS¹ road measurement system please visit www.ROMDAS.com

To receive a ROMDAS² information CD please contact us at:

Data Collection Ltd.
email: info@romdas.com
phone: +64.9.827.7703
fax: +64.9.827.7704

*providers of innovative technology
for measuring and managing roads*

© 2007 Data Collection Ltd.



Bump Integrator

Overview

The ROMDAS[®] Bump Integrator (BI) is a response-type roughness meter for measuring road roughness. This is a mechanical instrument that measures the relative displacement of a vehicle's suspension in relation to the body of the vehicle. These readings, in turn, provide data on the 'roughness' of a road's surface. Depending upon the type of vehicle that the BI will be fitted to either one or two BI's may be used in a vehicle.

The raw roughness data from the BI can be recorded directly using either the ROMDAS[®] system on a computer or the miniROMDAS[®] system on a Pocket PC.

The raw roughness data can be converted into a calibrated roughness index such as IRI using user-calculated roughness equations (which are determined from the roughness calibration).

Features and Benefits

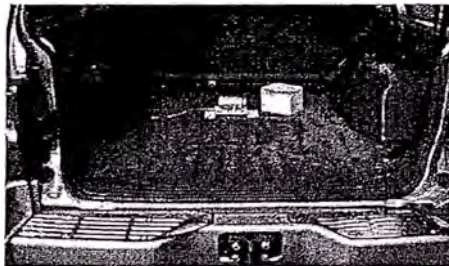
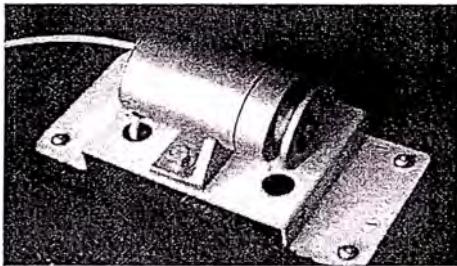
Features of the BI include:

- High resolution, high reliability optical encoder;
- Rugged one piece machined aluminium housing;
- Heavy duty maintenance free bearings;
- BI nylon coated wires with a breaking strain of 95 kg for extra strength, durability and reliability.

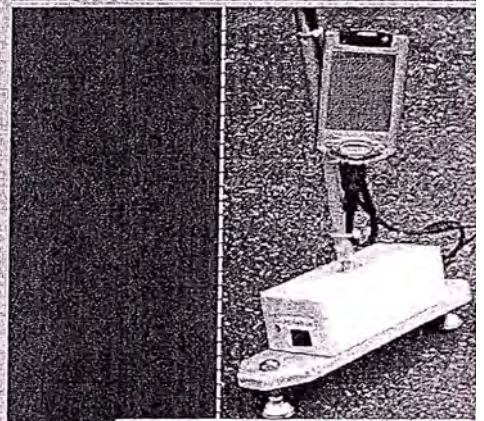
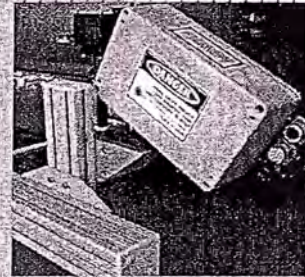
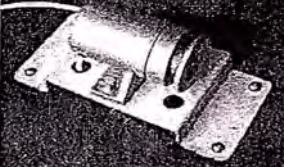
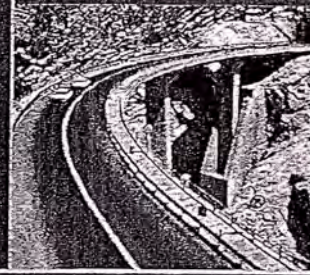
Components

The BI kit comes complete with the following components:

- 1 x Bump Integrator;
- 1 x base plate and cover;
- 1 x BI hook;
- 1 x BI wire (spare);
- 1 x BI spring (spare);



September 2007



For further information on the ROMDAS[®] road measurement system please visit www.ROMDAS.com

To receive a ROMDAS[®] information CD please contact us at:

Data Collection Ltd.
email: info@romdas.com
phone: +64.9.827.7703
fax: +64.9.827.7704

*providers of innovative technology
for measuring and managing roads*

© 2007 Data Collection Ltd.



ANEXO N° 05
COTIZACIÓN DE EQUIPOS BUMP INTEGRATOR
MARCA ROMDAS



P&JLB INGS SAC
ingeniería & equipamiento
R.U.C: 20519285399



Company ISO900Certified
Certificate Number CE, SIQ-513
Desde 1969 Desarrollo y Tecnología



tecnotest®
Materials Testing Equipment



Cotización No.181/0710

Lima, 21 de julio de 2010

Señores:
COSAPI

Atención: Ing. Victor Deza
Oficina de Control de Proyectos

Ítem	Descripción	Unid	Precio Unid Dólares	Total Dólares
01	Rugosímetro ROMDAS System (BI) HWS-BI ROMDAS Sistema compuesto por una central de componentes y licencias de software. El software se carga a una Lap Top, donde se requiere un Microsoft acces para abrir el procesador de datos ROMDAS. Al sistema se pueden adicionar otros sistemas de control como el Perfilometro Laser, TPL, vídeo, GPS,etc.) Incluye: Sensor Odómetro Bump. Integrator (BI) Incluye el hardware y todos los cables necesarios Interface Romdas Hardware Fuente de poder Sensor de distancia/velocidad Cable RS232 Odometro coN cable Cable para luz en reversa Multímetro Sotdware Romdas con licencia 5 fusibles para fuente de poder Requiere uma LAP-top para controlar el sistema y correr el programa.	01	23.850,00	23.850,00
02	Rugosímetro Bump Integrator (BI) HWS –BI MINI ROMDAS DCL(UK) Sistema diseñado para registrar y medir la rugosidad automáticamente, mediante un software hecho para correr con un iPAQ, integrando las mediciones de velocidad y distancia.	01	15.735,00	15.735,00

P&J LB INGS
Av. Mariátegui No. 331 Jesús Maria-Lima Perú
Telefax511-2655418
e-mail: pyjlbingas@yahoo.com
ventas@pyjlbingas.com



P&JLB INGS SAC
ingeniería & equipamiento
R.U.C: 20519285399



Company ISO900Certified

Certificate Number CE, SIQ-513

Desde 1969 Desarrollo y Tecnología



<p>El sistema mide la rugosidad desde uno o dos BI, el mas común es un BI conectado al centro del eje. Constituye un componente físico y una licencia de software. Incluye: Sensor Odómetro Bump. Integrator (BI) IPAQ HP Data Loger HWS-software MiniRomdas Fuente: 12 v , cargador de 12v para el IPAQ pocket PC Incluye el hardware y todos los cables necesarios Capacidad de almacenaje: mas de 100,000 km. Formato del archivo de salida: Archivos Microsoft Acces Nota: Si el vehículo tienen suspensión independiente un solo equipo BI, no se debe colocar.</p> <div data-bbox="331 1272 402 1395"></div> <div data-bbox="512 1249 721 1395"></div>			
---	--	--	--

CONDICIONES:

PRECIO INCLUYE IGV

PLAZO DE ENTREGA: 3 A 5 SEMANAS

FORMA DE PAGO : 50% CON LA ORDEN DE COMPRA SALDO CONTADO CONTRA ENTREGA

VALIDEZ DE LA OFERTA: 20 DIAS

GARANTIA:

1 AÑO LIBRE DE DESPERFECTOS DE FABRICA, SERVICIO TECNICO Y REPUESTOS ORIGINALES DE NUESTRA REPRESENTADA **ROMDAS(UK)**

Atentamente,

Jose Luis López
PyJLB INGS

P&J LB INGS
Av. Mariátegui No. 331 Jesús Maria-Lima Perú
Telefax511-2655418
e-mail: pyjlbings@yahoo.com
ventas@pyjlbings.com