

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



**EVALUACION DE LA SUPERFICIE DE VIA CON
BUMP INTEGRATOR
MONITOREO DE CONSERVACIÓN CARRETERA
CAÑETE - HUANCAYO KM.100+000 AL KM. 102+000**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

ULICES ANTONIO AYALA ORIHUELA

Lima- Perú

2010

“Este trabajo es fruto del esfuerzo, la dedicación y la paciencia que supo inculcarnos mi madre Luisa y mi hermano querido David, que siempre supo guiarnos con su ejemplo de buen estudiante y mejor amigo.

Esta es para ti David”

INDICE

RESUMEN	3	
LISTA DE CUADROS	4	
LISTA DE FIGURAS	5	
LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS	6	
INTRODUCCION	7	
CAPITULO I: GENERALIDADES		
1.1. ANTECEDENTES	9	
1.2. UBICACION Y DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO	10	
1.3. CARACTERISTICAS DE LA CARRETERA	18	
1.4. TRAMO EN ESTUDIO, Km. 100+000 AL Km.102+000	21	
1.4.1 DESCRIPCION ACTUAL DEL TRAMO	22	
1.4.2 SOLUCION APLICADA	26	
CAPITULO II: ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS TIPO RESPUESTA DE MEDICION DE LA RUGOSIDAD.....		28
CAPITULO III: MARCO TEORICO		
3.1. EVALUACION SUPERFICIAL	31	
3.2. SERVICIABILIDAD	32	
3.3. RUGOSIDAD	33	
3.3.1 DEFINICION DEL IRI	34	
3.4. METODO DE EVALUACION CON EQUIPO BUMP INTEGRATOR	37	
3.4.1 VARIABLES DE DESEMPEÑO	38	
3.4.2 CALIBRACION DE UN SISTEMA DE MEDICION TIPO RESPUESTA .	41	
CAPITULO IV: APLICACIÓN DEL METODO Km.100+000- Km.102+000		
4.1. RECOPIACION DE DATOS	45	
4.1.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE MEDICION DE RUGOSIDAD	45	
4.1.2 RECONOCIMIENTO DEL SECTOR DE ESTUDIO	47	
4.1.3 DATOS OBTENIDOS CON EL EQUIPO BUMP INTEGRATOR	49	
4.2. CALIBRACION DEL EQUIPO	50	
4.2.1 GRAFICO IRI (MERLÍN) VS. BI (BUMP INTEGRATOR)	50	
4.2.2 ECUACIONES DE CORRELACION	52	
4.3. PROCESAMIENTO DE DATOS	55	

CAPITULO V: ANALISIS DE RESULTADOS	56
CAPITULO VI: CAUSAS DE LA PERDIDA DE SERVICIABILIDAD DE LA VIA	
6.1 CAUSAS DE LA PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD	62
6.2 TRABAJOS DE MANTENIMIENTO PERIODICO QUE SE DEBEN EFECTUAR	67
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	71
BIBLIOGRAFÍA	72
ANEXOS	73
ANEXO 1 PROCESAMIENTO DE DATOS	74
ANEXO 2 MEDICIONES DE RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN	75
ANEXO 3 PANEL FOTOGRAFICO	76

RESUMEN

El informe "Evaluación de la Superficie de Vía con Bump Integrator Monitoreo de Conservación Carretera Cañete – Huancayo Km. 100+000 al Km. 102+000", evalúa la aplicación del cambio de estándar usando Soluciones Básicas, para lo cual se está estudiando diferentes alternativas que sean económicas, que luego del análisis correspondiente permita seleccionar una que ofrezca el mayor beneficio/costo.

Como parte del monitoreo de conservación de la carretera Cañete – Huancayo, se está realizando la evaluación del pavimento, en lo que concierne a este informe, se está enfocando a la Evaluación Superficial del Pavimento, en lo que respecta a la Evaluación Funcional o de la Serviciabilidad.

Para la evaluación de la condición de la superficie del pavimento, con Soluciones Básicas, se está usando el equipo Bump Integrator, que es uno de los métodos más importantes, para realizar levantamiento de información sobre la rugosidad de la carretera a una alta velocidad y sobre grandes longitudes.

En el sector de estudio Km. 100+000 al Km. 102+000, correspondiente al tramo Zúñiga - Dv. Yauyos, se ha adoptado como superficie de rodadura un tratamiento monocapa, el cual está mostrando una rápida pérdida de serviciabilidad, teniendo en cuenta que está cumpliendo su segundo periodo y ya muestra una superficie irregular, con parches y en algunos sectores reforzada con Slurry Seal, en vista de ello, se ha hecho un análisis de las diversas causas que influyen en el deterioro prematuro de la superficie, que a pesar de tener todas las condiciones favorables, como un servicio de mantenimiento rutinario y periódico, un clima moderado y la demanda vehicular baja, sin embargo muestra muchas deficiencias en su superficie.

Como resultado de este estudio, podemos concluir, que el factor que tiene mayor incidencia en el desgaste prematuro de la superficie de rodadura es el aumento de la demanda vehicular, específicamente el incremento del tráfico pesado, que ocasiona mayor daño.

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1.01: IMD por sectores de Carretera	14
Cuadro N° 1.02: Tráfico Actual Tramo Zúñiga - Dv. Yauyos	14
Cuadro N° 1.03: Costos de Inversión y Mantenimiento	16
Cuadro N° 1.04: Valor Actual Neto – Alternativa 1	16
Cuadro N° 1.05: Valor Actual Neto – Alternativa 2	17
Cuadro N° 1.06: Valor Actual Neto – Alternativa 3	18
Cuadro N° 1.07: Tramificación y Características Principales	19
Cuadro N° 1.08: Resumen De CBR	19
Cuadro N° 1.09: Resumen De Alcantarillas	23
Cuadro N° 1.10: Resumen De Pases De Agua	24
Cuadro N° 1.11: Resumen De Gibas	25
Cuadro N° 1.12: Distancias por Tramos y Tipos de Superficie de rodadura	26
Cuadro N° 3.01: Condición Funcional del Pavimento según PSI	33
Cuadro N° 3.02: Estado Superficial en función del IRI	37
Cuadro N° 3.03: Estado Superficial en función del IRI	37
Cuadro N° 4.01: Tratamiento Superficial km. 100+000 – km. 102+000	48
Cuadro N° 4.02: Ubicación de Estructuras y otros factores que pudieran incidir en la toma de datos km. 100+000- km. 102+00	48
Cuadro N° 4.03: Ubicación de Zonas de Calibración	49
Cuadro N° 4.04: Datos de BI tomados de campo	50
Cuadro N° 4.05: Registro de IRI (Equipo Merlín)	51
Cuadro N° 4.06: Registro de BI (Equipo Bump Integrator)	51
Cuadro N° 4.07: Ecuaciones De Correlación	54
Cuadro N° 4.08: Valores IRI obtenidos con equipo Bump Integrator	55
Cuadro N° 5.01: Valores IRI Sectorizados	59
Cuadro N° 5.02: Resumen de IRI Sectorizados	60
Cuadro N° 5.03: Estado Superficial del Pavimento.....	60
Cuadro N° 6.01: Tramo Experimental Km. 75+300 – Km. 75+500	64
Cuadro N° 6.02: Trafico al año 2005, Zúñiga- Dv. Yauyos	65
Cuadro N° 6.03: Trafico Total al 2012, Zúñiga- Dv. Yauyos	65
Cuadro N° 6.04: Trafico al año 2008, Zúñiga- Dv. Yauyos	66
Cuadro N° 6.05: Trafico Total al 2012, Zúñiga- Dv. Yauyos	66
Cuadro N° 6.06: Tramo Experimental Km. 125+00 – Km. 126+000	68

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1.01 Mapa de Ubicación de la Ruta 22	10
Figura N° 1.02 Plano Clave - Ruta 22	11
Figura N° 1.03: Tramo de Estudio Km. 100+000 – Km. 102+000	21
Figura N° 1.04: Alcantarilla Tipo TMC	23
Figura N° 1.05: Puntos Críticos	25
Figura N° 1.06: Solución Planteada Por El Contratista	27
Figura N° 3.01: Instalación del Instrumento	40
Figura N° 4.01: Instalación del Adquisidor de Datos	46
Figura N° 4.02: Instalación del Sensor de Desplazamientos	47
Figura N° 4.03: Grafica BI Vs. IRI	52
Figura N° 4.04: Grafica BI Vs. IRI – Funciones de Correlación	53
Figura N° 5.01: Grafica BI obtenidos en campo	57
Figura N° 5.02: Valores IRI Por Sección De Calibración	59
Figura N° 6.01: Fisuras en el Pavimento Km. 100+600	63

LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

ASTM	American Society of Testing and Materials
BI	Bump Integrator
BNA	Beneficio Neto Actual
CBR	California Bearing Ratio
CGC	Consorcio Gestión de Carreteras
CONREVIAl	Consorcio de Rehabilitación Vial
COV	Costos Operativos Vehiculares
IMD	Índice Medio Diario
IRI	Índice de Rugosidad Internacional
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
PSI	Índice de Serviciabilidad Presente
QCS	Simulación de Cuarto de Carro
STRMRV	Sistema Tipo Respuesta de Medición de la Rugosidad de Vías
TIR	Tasa de Interés de Retorno
TSB	Tratamiento Superficial Bicapa
VAN	Valor Actual Neto

INTRODUCCIÓN

Como parte de la política de mejoramiento de la transitabilidad y serviciabilidad de la Red Vial no Pavimentada, catalogadas como vías de bajo volumen de tráfico ($IMD < 400$ veh/día), donde se están evaluando diferentes alternativas de Soluciones Básicas, así como metodologías para la evaluación de pavimentos, a costos relativamente bajos, que signifiquen un uso racional de los recursos del estado y que permitan adoptar medidas de prevención, para evitar el deterioro prematuro de las vías.

Uno de los métodos mas importantes para realizar levantamiento de información sobre la regularidad del perfil longitudinal de la carretera a una alta velocidad, es el Bump Integrator, que nos permite conocer en forma rápida el estado de la serviciabilidad de la vía, la evolución del comportamiento constructivo del camino en el tiempo, desde el inicio de la puesta en servicio, haciéndose más notorio su uso cuando se trata de evaluar la rugosidad de vías de gran longitud.

Dentro de este marco, el informe “Evaluación de la Superficie de Vía con Bump Integrator Monitoreo de Conservación Carretera Cañete – Huancayo Km. 100+000 al Km. 102+000”, tiene como objetivo principal, evaluar la condición funcional de la superficie de la vía, a partir de la medición de la rugosidad (IRI), y con ello evaluar la serviciabilidad de la vía, proponiendo los trabajos de mantenimiento periódico que se deben efectuar y los periodos de monitoreo de la vía, que sirvan de guía para el manejo de pavimentos con Soluciones Básicas.

El informe “Evaluación de la Superficie de Vía con Bump Integrator Monitoreo de Conservación Carretera Cañete – Huancayo Km. 100+000 al Km. 102+000”, esta compuesto por seis capítulos, que va permitir mostrar la situación actual del proyecto, los fundamentos teóricos que se necesita manejar, la aplicación de estos conceptos, el análisis de resultados y las causas que originan la pérdida de serviciabilidad.

En el primer capítulo, se desarrolla la historia y los antecedentes de la Carretera Cañete – Dv. Yauyos – Chupaca, se describe la zona de estudio, características principales del proyecto e información actual del tramo.

En el segundo capítulo, se desarrolla el estado del arte, de los sistemas tipo respuesta de medición de la rugosidad, con equipo Bump Integrator, desde los primeros intentos por construir rugosímetros, hasta la actualidad que se puede medir la rugosidad de la superficie de acuerdo a la respuesta del vehículo.

El tercer capítulo, define los conceptos de evaluación superficial, la serviciabilidad, la rugosidad, el interés de usar una rugosidad estándar (IRI), así como también describe el método de evaluación con el equipo Bump Integrator y las diferentes variables que hay que tener en cuenta en las mediciones con este equipo.

En el cuarto capítulo, es la aplicación del método en el tramo de estudio, para lo cual, se ha hecho una recopilación de datos de campo, que sirven de apoyo para definir la ecuación de correlación que mejor representa al pavimento y posteriormente el procesamiento de datos para obtener el valor de IRI correspondiente.

En el quinto capítulo, se hace el análisis de los valores Bump Integrator de campo, de los valores de IRI obtenidos a partir del equipo Bump Integrator, de los factores que influyen en las lecturas y del manejo de los mismos, mediante una sectorización de todo el tramo evaluado.

En el sexto capítulo, se hace el análisis de la de la pérdida de serviciabilidad de la vía, debido a problemas de drenaje, el tipo de superficie de rodadura adoptado, problemas en el proceso constructivo, aumento de la demanda vehicular, que han influido decisivamente en el deterioro de la superficie de rodadura.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

La carretera Cañete - Yauyos – Chupaca, es una vía de larga data, que viene de la década de 1920, durante el gobierno del Sr. Augusto B. Leguía, se continuó con el gobierno del Dr. Manuel Prado Ugarteche entre los años 1940 y 1944 desde Cañete hasta Yauyos.

En el año 1954, se reanudaron los trabajos a través del Ministerio de Fomento, en el tramo faltante Yauyos y Tomas, posteriormente se hizo el tramo final desde Parachaca hasta Alis, terminándose la carretera en mayo de 1957.

El estudio de Ingeniería e Impacto Ambiental de la carretera lo elaboro el Consorcio AYESA – ALPHA CONSULT, en el año 1998. La carretera en mención es una vía que conecta dos departamentos con el mayor nivel económico en el centro del Perú, como son Lima y Junín, que puede servir como vía alterna a la ya congestionada Carretera Central, con los beneficios asociados, como disminución de tiempo de viaje, la integración de las localidades que atraviesa la carretera.

La Carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, forma parte del programa de desarrollo vial “Proyecto Perú”. Este programa de infraestructura vial, fue diseñado para mejorar las vías de integración de corredores económicos, con el fin de elevar el nivel de competitividad de las zonas rurales; con un sistema de contratación de las actividades de conservación de la infraestructura vial, mediante contratos por niveles de servicio y por plazos iguales o superiores a tres años.

Esta carretera forma parte del Corredor Vial N° 22, el cual fue asignado Mediante Contrato: N° 288-2007-MTC/20, del 27 de Diciembre del 2,007 celebrado con PROVIAS NACIONAL, al Consorcio Gestión de Carreteras, el cual asume la responsabilidad de efectuar el servicio de Conservación del Corredor Vial Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Dv. Yauyos – Ronchas Chupaca (281,73 Km.) y el Mejoramiento del Tramo Zúñiga – Dv. Yauyos

Ronchas a nivel de solución básica, por un monto total de contrato de S/. 131 581,139.31, y un plazo de cinco años.

1.2 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Figura N° 1.01 Mapa de Ubicación de la Ruta 22

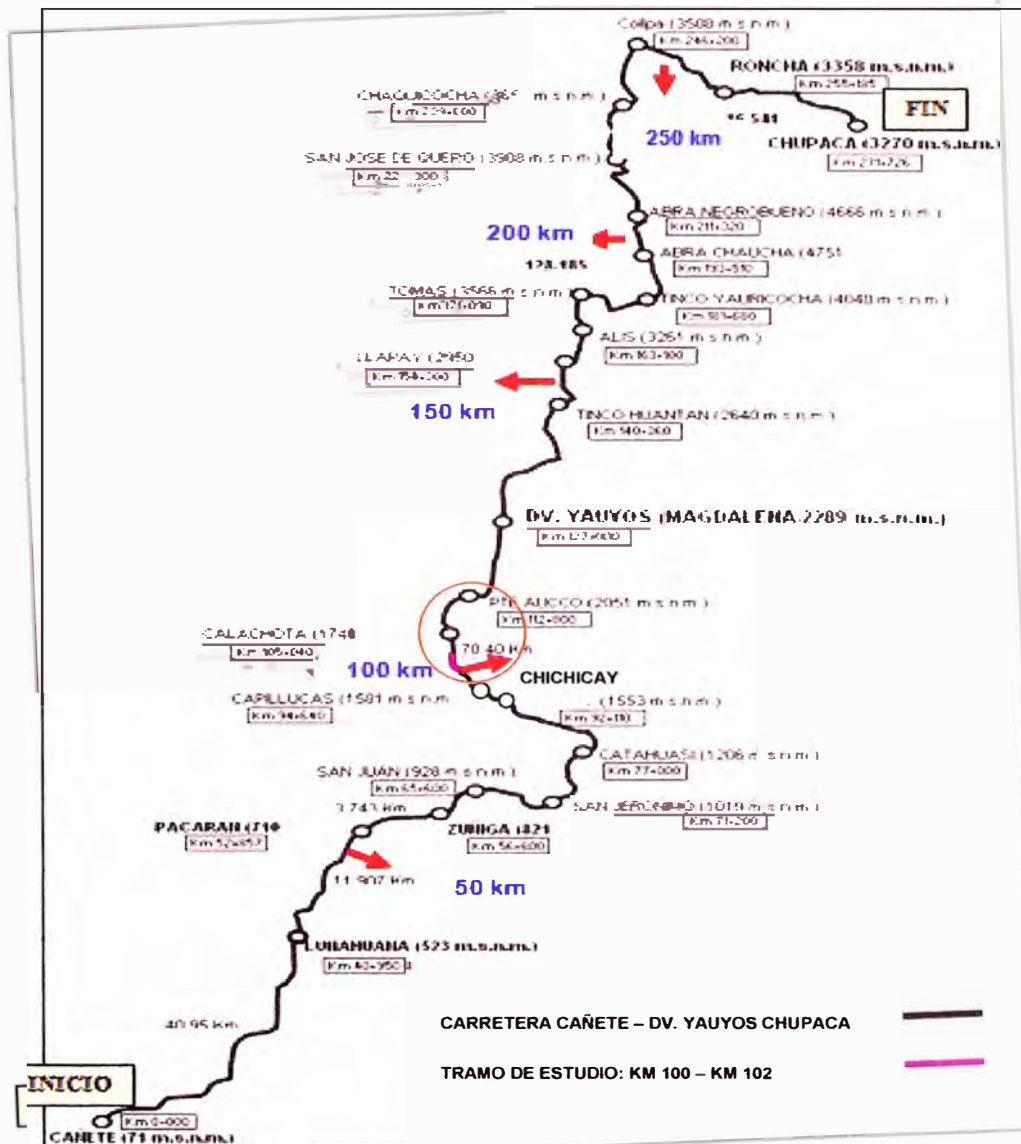


FUENTE: Oficina General de Planeamiento y Presupuesto-MTC-JULIO 2009

El tramo de carretera materia de estudio se encuentra ubicado en las Provincias de Cañete y Yauyos, en el departamento de Lima, y Concepción, en el departamento de Junín. Políticamente el tramo une las provincias de Cañete, Yauyos (Departamento de Lima) y Chupaca, Huancayo (Departamento de Junín), iniciándose en el Km. 42 + 480 y finalizando en el Km. 260 + 500, pasando por los siguientes centros poblados más importantes:

En la zona de Lima se inicia con Lunahuaná (Km. 42 + 480), Zúñiga (Km. 58 + 000), Catahuasi (Km. 78 + 000), Canchan (Km. 82 + 500), Capillucas (Km. 94 + 600), Calachota (Km. 104 + 900), Magdalena (125 + 700), Llapay (Km. 152 + 500), Alis (Km. 161 + 000), Tomas (Km. 169 + 200), y en la zona del departamento Junín tenemos los poblados de Chaquicocha (Km. 224 + 000), Chupaca (Km. 251 + 000) y Pilcomayo (Km. 258 + 000).

Figura N° 1.02 Plano Clave - Ruta 22



FUENTE: Estudio de Impacto Ambiental AYESA ALPHA - CONSULT

El tramo se encuentra entre las coordenadas geográficas:

12°00' a 13°00'

Longitud Sur

75°15' a 76°10'

Longitud Oeste

Ubicándose dentro de los cuadrángulos a escala 1 :100,000 del I.G.N:
Lunahuaná (hoja 26-k), Tupe (26-l), Yauyos (25-l), Jauja (24-m) y Huancayo (25-
m).

El área estudiada limita por el Norte con los cuadrángulos de Huarochiri y La Oroya, por el Este con los cuadrángulos de Andamarca y Pampas, por el Sur con los cuadrángulos de Tantará y Chíncha y por el Oeste con el cuadrángulo de Mala.

La altitud de este tramo varía entre los 450 m.s.n.m. y 4,600 m.s.n.m.

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

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

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

TRAMO EN ESTUDIO

El área de estudio general, abarca desde el km. 100+000 – km. 115+000, que incluye a los centros poblados de Calachota (1740 msnm) en el Km. 105+040 y Aucco en el km. 114+600

Clima

Seco y templado

Ubicación

El área de estudio pertenece a un tipo climático que esta comprendida entre 2,000 y 2,500 m.s.n.m. las localidades que se encuentran en este tipo son los centros poblados Calachota y Aucco.

Características

Presencia de lluvias, cuyos promedios anuales varían entre 200 mm hasta 450 mm, entre los meses de Diciembre a Abril respectivamente.

La temperatura nocturna desciende a los 0°C, dándose lugar en los meses mas fríos del invierno.

Zonas de vida

Matorral desértico – Subtropical (md – S)

La biotemperatura media anual es de 17,4 °C y el promedio de precipitación por año de 139,7 mm. El relieve topográfico varía entre ondulado y quebrado con algunas áreas de pendientes suaves.

La vegetación está compuesto por molle (schinus molle), tara (Caesalpinia tintorea), faique (Acacia sp.) caña brava (Gynerium sp.), pájaro bobo (Tessaria integrifolia), mito (Carica candicans) y vegetación herbácea rala compuesta por gramíneas de corto período vegetativo.

En esta zona, el uso actual es el de cultivos de frutales (manzanos), maíz, alfalfa, entre otros cultivos.

Estepa espinosa – Montano Bajo Tropical (ee – MBT)

Las biotemperaturas media anual máxima y mínima son 18,2 y 12,1 °C y las precipitaciones promedio máximas y mínimas son 522,4 y 231,3 mm respectivamente. El relieve es predominantemente empinado ya que fisiográficamente ocupan las laderas largas del flanco occidental y las paredes de los valles interandinos.

La vegetación indicadora de esta zona son tuna, chamana y molle. En esta zona se cultivan papa, maíz, hortalizas, habas y algunos frutales de huerto.

Análisis de la Demanda

La demanda del proyecto está dada por el flujo vehicular existente en la actualidad, la misma que se muestra a través del cálculo del IMD (Índice Medio Diario). Para cada tramo de la carretera, el Cuadro 1.01 muestra los IMD al 2008.

Cuadro 1.01: IMD por Sectores de Carretera

Tramo		Ruta	IMD
Inicio	Fin		
CAÑETE	LUNAHUANÁ	R-022	1010
LUNAHUANÁ	PACARÁN	R-022	417
PACARÁN	ZUÑIGA	R-022	418
ZUÑIGA	DV. YAUYOS	R-022	53

FUENTE: Estudio de Trafico 2008 Carretera Ruta 22 Tramo: Lunahuaná – Dv. Yauyos – Chupaca.

Debido a que el conteo de vehículos fue realizado al año 2008, se actualizaron los datos de interés al año 2010 considerando las tasas indicadas en el ítem anterior. El detallado del sector que incluye al tramo asignado se muestra en el cuadro anterior

Cuadro 1.02: Trafico Actual Tramo Zuñiga - Dv. Yauyos

TIPO DE VEHÍCULO	% Var anual trafico	2008	2009	2010
AUTOS	1.014	1	1	1
CAMIONETAS	1.014	20	20	21
CAMIONETA RURAL	1.014	4	4	4
MICRO	1.024	0	0	0
OMNIBUS 2E	1.024	8	8	8
CAMION 2E	1.038	9	9	10

TIPO DE VEHÍCULO	% Var anual trafico	2008	2009	2010
CAMION 3E/4E	1.038	11	11	12
ARTICULADOS	1.038	0	0	0
IMD		53	54	56

ALTERNATIVAS DE SOLUCION

Alternativa 1

Mejoramiento del trazo, mejoramiento del drenaje (construcción de cunetas, subdrenes y reemplazo de alcantarilla por badén), construcción de muro de suelo reforzado y colocación de Slurry. Incluye programa de actividades de mantenimiento periódico y rutinario.

Alternativa 2

Mejoramiento del trazo, mejoramiento del drenaje (construcción de cunetas, subdrenes y reemplazo de alcantarilla por alcantarilla de mejor sección), construcción de muro de concreto ciclópeo y colocación de Slurry al 60%. Incluye programa de actividades de mantenimiento periódico y rutinario.

Alternativa 3

Mejoramiento del trazo, mejoramiento del drenaje (construcción de cunetas, subdrenes y reemplazo de alcantarilla por badén), construcción de muro de concreto ciclópeo y colocación de bicapa. Incluye programa de actividades de mantenimiento periódico y rutinario.

COSTOS

Para el presente perfil los costos mantenimiento de carreteras, así como los Costos Operativos Vehiculares se han basado en los costos modulares elaborados por la Oficina General de Presupuesto y Planificación del MTC. Los costos de Inversión se han estimado en base a experiencias anteriores en zonas similares.

Cuadro 1.03: Costos de Inversión y Mantenimiento

COSTOS DE INVERSIÓN Y MANTENIMIENTO				
Sin Proyecto Afirmada Mal estado	Sin Proyecto Monocapa	Mejoramiento Slurry 1o Alternativa	Mejoramiento Slurry al 60% 2o Alternativa	Mejoramiento Bicapa 3o Alternativa
Inversión (US\$ Km)		133,827	80,296	187,357
Mantenimiento Periódico	54,511	48,386	29,032	67,741
Mantenimiento Rutinario	10,205	35,023	21,014	49,033

Fuente: Elaboración Propia

EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica para este caso se realizó por el método del VAN (Valor actual neto) y el TIR (Tasa de interés de retorno). Considerando una tasa de descuento de 11%. En los siguientes cuadros se resume la evaluación económica de las alternativas planteadas para cada tramo

Cuadro 1.04: Valor Actual Neto – Alternativa 1

Valor Actual Neto del Proyecto de Mejoramiento con SLURRY		
Ahorro por Ctos Manten.	Ahorro por reducción de COV*	Flujo Neto del Proyecto
-1,605,921		-1,605,921
-279,207	49,799	-229,407
-279,207	51,528	-227,678
-429,542	53,303	-376,239
219,231	55,126	274,357
-279,207	57,039	-222,167
-429,542	58,917	-370,625
-279,207	60,896	-218,311
219,231	62,985	282,217
-418,061	65,150	-352,911
-267,726	67,394	-200,332
-267,726	69,719	-198,008
130,221	72,127	202,348
-267,726	74,624	-193,103
-267,726	77,210	-190,516
-418,061	79,891	-338,170
280,556	82,670	363,226
-267,726	85,550	-182,177
-418,061	88,535	-329,526

Valor Actual Neto del Proyecto de Mejoramiento con SLURRY		
Ahorro por Ctos Manten.	Ahorro por reducción de COV*	Flujo Neto del Proyecto
-267,726	91,628	-176,098
	BNA	-1,041,629
	VAN (14%)	-2,647,551

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 1.05: Valor Actual Neto – Alternativa 2

Valor Actual Neto del Proyecto de Mejoramiento con SLURRY al 60%		
Ahorro por Ctos Manten.	Ahorro por reducción de COV	Flujo Neto del Proyecto
-963,553		-963,553
-121,602	49,799	-71,803
-121,602	51,528	-70,074
-211,803	53,303	-158,500
376,836	55,126	431,962
-121,602	57,039	-64,563
-211,803	58,917	-152,886
-121,602	60,896	-60,706
376,836	62,985	439,821
-200,323	65,150	-135,172
-110,121	67,394	-42,728
-110,121	69,719	-40,403
347,959	72,127	420,087
-110,121	74,624	-35,498
-110,121	77,210	-32,911
-200,323	79,891	-120,432
438,160	82,670	520,831
-110,121	85,550	-24,572
-200,323	88,535	-111,787
-110,121	91,628	-18,493
	BNA	103,809
	VAN (14%)	-859,744

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 1.06: Valor Actual Neto – Alternativa 3

Valor Actual Neto del Proyecto de Mejoramiento con BICAPA		
Ahorro por Ctos Manten.	Ahorro por reducción de COV	Flujo Neto del Proyecto
-2,248,290		-2,248,290
-436,812	77,478	-359,334
-436,812	80,209	-356,603
-436,812	83,010	-353,802
61,627	85,891	147,518
-647,281	88,910	-558,371
-436,812	91,907	-344,905
-436,812	95,044	-341,768
61,627	98,354	159,981
-425,331	101,786	-323,545
-635,800	105,342	-530,458
-425,331	109,027	-316,304
122,951	112,848	235,798
-425,331	116,807	-308,524
-425,331	120,911	-304,420
-635,800	125,165	-510,635
122,951	129,577	252,528
-425,331	134,148	-291,183
-425,331	138,889	-286,442
-425,331	143,801	-281,530
	BNA	-1,764,303
	VAN (14%)	-4,012,593

Fuente: Elaboración Propia

Ninguna de las alternativas ofrece un índice de beneficio/costo mayor a 1, por lo cual, ninguna de las propuestas es rentable.

1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA

El tramo Lunahuaná – Dv. Yauyos - Chupaca, pertenece a la red vial nacional, con código de ruta R22 de 243.76 Km. de longitud, con origen en Lunahuaná (km. 42+500) y destino en Chupaca (km. 285+900).

Para efectos del estudio, se ha dividido el proyecto en 5 tramos, determinados principalmente por el tránsito que soportan y a la vez por la topografía característica. Estos tramos son:

Cuadro 1.07 Tramificación y Características Principales

Tramo	Itinerario	Longitud (Km.)	Región	Superficie	Topografía	Condición	IMDa 2005
I	Lunahuaná – Pacaran	15.27	Costa	Asfaltada TS	Ondulada	Regular	323
II	Pacarán – Zúñiga	4.15	Costa	Slurry S.	Ondulada	Regular	266
III	Zúñiga – Dv. Yauyos	72.60	Sierra	Monocapa	Accidentada	Malo	35
IV	Dv. Yauyos – Ronchas	135.13	Sierra	Slurry S.	Accidentada	Malo	21
V	Ronchas – Chupaca	16.61	Sierra	Afirmado	Ondulada	Regular	344

Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

CAPACIDAD DE SOPORTE DE LOS SUELOS

El Consorcio Gestión de Carreteras (CGC), ha efectuado los ensayos de laboratorio correspondientes a CBR (ASTM D 1833), conforme a las características de los suelos que pasaremos a describir; en el Cuadro N° 1.08, se observa el resumen de los resultados obtenidos por CGC, en todo el tramo de la carretera, específicamente en nuestro sector a evaluar (Km. 100+000 – Km. 115+000), encontramos un CBR de 20, el cual es considerado regular.

Cuadro N° 1.08: Resumen de CBR

SUBSECTOR (Km. – Km.)	CBR (%) al 95% de MDS	CALIFICACIÓN
*57+450 – 130+000	20	Regular
130+000 – 220+000	18	Regular
220+000 – 240+000	5	Malo
240+000 – 248+000	15	Regular
248+000 – 258+000	4	Malo

Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

* Sector a evaluar (Km. 100+000 – Km. 115+000)

ESTUDIO DE SUELOS

Se ha realizado estudios de suelos, para determinar sus características físico-mecánicas con la finalidad de definir el perfil estratigráfico y establecer su capacidad de soporte CBR.

Antes del inicio de las actividades del Consorcio de Gestión Vial, la vía materia de estudio se encontraba a nivel de afirmado en mal estado de conservación. A la fecha, en parte de ella se vienen efectuando actividades de conservación rutinaria cumpliendo su compromiso contractual, mejorándose por tanto la serviciabilidad, salvo por el sector comprendido entre Zúñiga (Km. 56+600) y Capillucas (Km. 94+640), donde se ha apreciado un acelerado deterioro de esta capa, por el intenso tráfico ocasionado por las labores de construcción del proyecto hidroeléctrico El Platanal.

Los trabajos de campo consistieron en la ejecución de prospecciones (calicatas) en la plataforma vial, ubicadas cada 1 Km. en el sector Km. 57+390 – Km. 130+000

Del análisis de los resultados de campo y laboratorio se puede configurar el perfil estratigráfico, de la siguiente manera:

Km. 96+600 – Km. 106+600. Presencia mayoritaria de arenas limo-arcillosas, con clasificación de suelos SUCS igual a SC-SM, mientras que en AASHTO es igual a A-1-b(0). Su plasticidad es baja y variable entre 4,9% y 6,0%. Se tiene presencia de bolonerías, en poca proporción en la capa superior, mientras que a partir de 0,50 aumenta su presencia a 50%.

Km. 106+600 – Km. 114+600. En los estratos se encuentran gravas y arenas de matriz limo-arcillosa. Estos materiales clasifican en el sistema SUCS como GC-GM y SC-SM, y en el AASHTO como A-1-b(0). Las bolonerías se encuentran en todo el estrato, pero a partir de 0,40 m aproximadamente, se encuentra mayor concentración de éstos (aproximadamente entre 40% y 50%).

Por debajo de esta capa se encuentra roca a partir de 1,50 m.

Km. 114+600 – Km. 130+000. Arenas limo-arcillosas, con clasificación de suelos SUCS igual a SC-SM, mientras que en AASHTO es igual a A-1-b(0). Su plasticidad es baja y variable entre 4,6% y 6,4%. Se tiene presencia de bolonerías, en poca proporción en la capa superior, mientras que a partir de 0,50 aumenta su presencia entre 40% y 50%.

1.4 TRAMO EN ESTUDIO, Km. 100+000 AL Km.102+000

El sector designado para el estudio de la rugosidad, con el equipo Bump Integrator, abarca desde el Km. 100+000 al Km. 102+000, cuya característica de la topografía es ondulada a accidentada, con geometría de la vía sinuosa, con pendientes que varían de 3% a 7%, con una superficie de rodadura con tratamiento monocapa y en ciertos sectores reforzada con Slurry Seal, con un ancho promedio de 3.20m y con falta de guardavías en las curvas; en cuanto al sistema de drenaje, las cunetas no están construidas, los canales de regadío que se desarrollan paralelamente a la vía con problemas de filtración.

Figura Nº 1.03: Tramo de Estudio Km. 100+000 – Km. 102+000



Fuente: Evaluación de Campo UNI-FIC, 15 de mayo 2010

Este sector pertenece al centro poblado de Calachota (105+040) y al Distrito de Ayauca, en los cuales no se respeta el ancho de vía (16 m), presentándose muchas veces viviendas dentro del derecho de vía.

La clasificación correspondiente de suelos SUCS igual a SC-SM, mientras que en AASHTO es igual a A-1-b(0). Su plasticidad es baja y variable entre 4,9% y 6,0%. Se tiene presencia de bolonerías, en poca proporción en la capa superior, mientras que a partir de 0,50 aumenta su presencia a 50%. El pavimento cuenta con un CBR de diseño de 20 en promedio tal como se muestra en el Cuadro N° 1.3.2

1.4.1 DESCRIPCION ACTUAL DEL TRAMO

JURISDICCION

El sector en estudio pertenece al centro poblado de Calachota (105+040) y al distrito de Ayauca, provincia de Yauyos, departamento de Lima.

CARACTERISTICA DE LA SUPERFICIE DE RODADURA

La capa de rodadura de la vía esta conformada por una monocapa y en ciertos sectores reforzada con Slurry Seal, con un ancho promedio de 3.20m, con pendientes que varían de 3% a 7%.

La monocapa, debe estar cumpliendo su segundo periodo y ya muestra una superficie irregular, con parches, ahuellamientos debido al desgaste superficial.

OBRAS DE DRENAJE

El sistema de drenaje superficial, presenta problemas, por que las cunetas no están construidas, los canales de regadío con problemas de filtración a la vía, provocando el flujo sobre la carpeta y la infiltración correspondiente, dañando la superficie de rodadura (monocapa) y trayendo consigo la perdida de la serviciabilidad.

En el sector de estudio hay alcantarillas tipo TMC de 24", las cuales se detallan en el Cuadro N° 1.09, además se registran Pases de Agua, que se encuentran en buenas condiciones de funcionamiento estructural, haciéndose mención de las que corresponden al sector, en el cuadro N° 1.10

Figura N° 1.04: Alcantarilla Tipo TMC



Fuente: Evaluacion de Campo UNI-FIC, 15 de mayo 2010

CUADRO N° 1.09: Resumen de Alcantarillas

PROGRESIVA	ESTRUCTURA
99 + 900	Alcantarilla TMC 24"
100 + 970	Alcantarilla TMC 24"
101 + 983	Alcantarilla TMC 24"
102 + 490	Alcantarilla TMC 24"
103 + 600	Alcantarilla TMC 24"

Fuente: Evaluación de Campo UNI – FIC, 15 de Mayo 2010

Cuadro N° 1.10: Resumen de Pases de Agua

UBICACIÓN	CLASE	TIPO	OJOS/ VANOS	SECCION TRANSVERSAL	ANCHO O DIAMETRO (M)	ALTURA (M)
100+152	Alcantarilla Estructural artesanal	Piedras	1	Marco	0.20	0.20
100+698	Alcantarilla Estructural artesanal	Piedras	1	Marco	0.20	0.20
101+126	Alcantarilla Estructural artesanal	Piedras	1	Marco	0.20	0.20
101+295	Alcantarilla Estructural artesanal	Piedras	1	Marco	0.20	0.20
101+391	Alcantarilla Estructural artesanal	Piedras	1	Marco	0.20	0.20
101+668	Alcantarilla Estructural artesanal	Piedras	1	Marco	0.20	0.20
101+721	Alcantarilla Estructural artesanal	Piedras	1	Marco	0.20	0.20

Fuente: Evaluación de Campo UNI – FIC, 15 de Mayo 2010

PUNTOS CRÍTICOS

Se esta considerando como puntos críticos, a las zonas que tienen anchos de vía de 3 - 4 m., con bermas insuficientes, puesto que estos sectores no tienen niveles de seguridad adecuados para los usuarios, y se hace necesario hacer intervenciones oportunas para evitar que en un futuro próximo, se presenten problemas mayores en la vía. Estos puntos se relacionan con problemas de taludes inestables y de drenaje insuficiente, los mismos que requieren de obras especiales de protección y de drenaje, respectivamente, para lograr su estabilización.

En el sector correspondiente se puede nombrar como punto critico, a la longitud que se desarrolla a media ladera, presentado un ancho de 3 m., con un talud de la plataforma erosionado (lado derecho), en el Km. 102+000.

Figura N° 1.05: Puntos Críticos



Fuente: Evaluacion de Campo UNI-FIC, 15 de mayo 2010

PRESENCIA DE GIBAS

Con el fin de regular la velocidad de los vehiculos en los sectores críticos, en las curvas con radios inferiores a los mínimos, se ha visto por conveniente, de acuerdo al criterio del contratista colocar gibas, en el desarrollo de la vía. Esta drástica decisión, ha traído muchos inconvenientes, tanto a los usuarios que no pueden tener un transito homogéneo por las continuas paradas, como para realizar las pruebas de evaluación superficial, que exige que se mantenga una velocidad constante. En el Cuadro N° 1.11, se ha confeccionado un resumen de las gibas, en el sector de estudio.

Cuadro N° 1.11: Resumen de Gibas

PROGRESIVA	ESTRUCTURA
99 + 000	GIBA
99 + 650	GIBA
100 + 980	GIBA

PROGRESIVA	ESTRUCTURA
101 + 500	GIBA
101 + 700	GIBA
102 + 100	GIBA
102 + 500	GIBA
103 + 200	GIBA
104 + 000	GIBA

Fuente: Evaluación de Campo UNI – FIC, 15 de Mayo 2010

DISTANCIA DE LOS TRAMOS

Las distancias reales de la carretera Cañete – Dv. Yauyos - Chupaca, luego del replanteo, se muestran en Cuadro N° 1.12, con las diferentes superficies de rodadura actual.

Cuadro N° 1.12: Distancias por tramos y tipos de superficie de rodadura

Carretera	Tramo	Vía	Tipo de Superficie de rodadura	Longitud Km.
024	Cañete-Lunahuana	Asfaltada	Carpeta Asfáltica	40.950
024	Lunahuana-Pacarán	Asfaltada	TSB	11.907
024	Pacarán-Zúñiga	Slurry S.	Slurry Seal	3.743
024	Zúñiga-Dv. Yauyos	Monocapa	Monocapa	70.400
024	Dv. Yauyos-Roncha	Slurry S.	Slurry Seal	128.185
024	Roncha-Chupaca	Afirmada	Afirmado	16.541
	Total			271.726

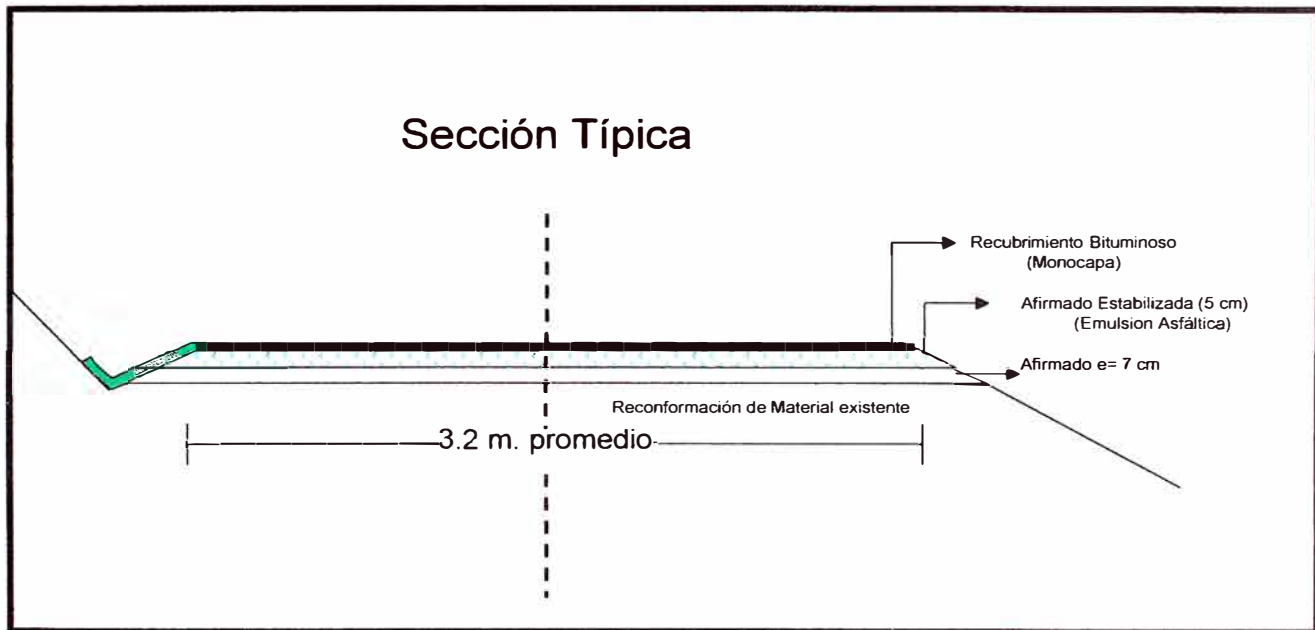
Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras

1.4.2 SOLUCIÓN APLICADA

El Diseño Técnico Alternativo, para la intervención en el tramo Zúñiga - Dv. Yauyos, planteada por el contratista conservador ICG, es un cambio de estándar de afirmado a un tratamiento monocapa, que incluye las tareas de reconformación del afirmado existente en un espesor aproximado de 7 cm., mas afirmado estabilizada con emulsión asfáltica de 5cm.

La solución referencial, que figura en los Términos de Referencia, considera con un recubrimiento bituminoso (Slurry Seal), con la misma composición estructural.

Figura N° 1.06: Solución Planteada por el Contratista



CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS TIPO RESPUESTA DE MEDICION DE LA RUGOSIDAD

Los modelos matemáticos de respuesta de vehículos, fueron utilizados desde la década de 1940, por ingenieros encargados en la elaboración y evaluación de los aviones y vehículos militares. En aquel momento, el esfuerzo asociado en la obtención de un perfil, con los métodos convencionales y convertirlo en una forma compatible, con métodos de cálculos diarios (ordenadores analógicos), era demasiado grande como para considerar el uso de vehículos de simulación, para evaluar la rugosidad de carreteras. Sin embargo, debido a graves consecuencias, por el fallo de un avión, al atravesar una pista de aterrizaje, o de vehículos militares que atraviesa un terreno accidentado, el esfuerzo de la realización de la simulación se justifica por las aplicaciones. Siendo los primeros rugosímetros construidos por la "Oficina de Caminos Públicos"- Soiltest Inc., como ejemplo el Modelo Indicador de la Rugosidad CT 444; el cual tuvo varias complicaciones, por lo que tuvieron que renovar o inventar nuevos rugosímetros.

En los inicios de la década de 1960, el departamento de investigación de la General Motors (GMR), desarrollo un perfilometro, usando instrumentación moderna para la época, capaz de medir la parte dinámica de un perfil de vía, registrando el movimiento de la llanta del vehiculo. Poco después el departamento de transporte de Michigan (MDOT, conocido como departamento del estado de Caminos y Transporte de Michigan), construyo el segundo perfilometro en cooperación con GMR, el rugosímetro BPR RTRRMS, que seria el primer perfilometro en comercializarse.

En ese entonces, el más conocido sistema de medida de rugosidad fue el BPR rugosímetro STRMRV. A finales de la década de 1960, ambos MDOT y K.J. Law, desarrollan el "equivalente" electrónico del BPR rugosímetro, el cual emplea una simulación de vehiculo, usando una computadora analógica. Ya que el rugosímetro BPR, tiene una sola llanta, este de vehiculo de simulación fue llamado, rugosímetro BPR de simulación de un cuarto de carro (BPR/QCS).

El BPR/QCS usado por MDOT y K.J. Law, tiene ecuaciones idénticas a un modelo matemático de texto de estudio, usado para caracterizar varios sistemas

dinámicos y fueron las primeras aplicaciones de este modelo, para cuantificar la rugosidad de la vía.

El QCS, es en efecto el modelo, con parámetros de valores representativos de los vehículos. (los dos BPR/QCSs usan dos conjuntos diferentes de valores de parámetros, cada uno basado en medidas de un BPR rugosímetro estándar distinto), la mayoría de los perfilómetros producidos por K.J. Law, han incluido el simulador BPR. Varios años después, K.J. Law introduce el segundo conjunto de valores de parámetros de un QCS para simular un auto de pasajeros Chevrolet Impala 1968.

Uno de los tipo GMR perfilómetros con un BPR/QCS fue basado para el QI escala usado en el PICR Project, sin embargo, debido a un número de factores, la pieza nunca midió el perfil durante un proyecto con la precisión normalmente asociada con el instrumento. La escala QI es por lo tanto no equivalente a las características públicas de el BPR/QCS.

Durante fines de la década 1970, grandes proyectos de investigación (NCHRP) fueron asumidos al UMTRI (Instituto de Investigación de la Universidad de Michigan) con los siguientes fines:

1. estudiar los STRMRV
2. Determinar la correlación entre los diferentes sistemas en uso.
3. crear una metodología de calibración

La investigación incluyó extensos muestreos del STRMRV (Sistema Tipo Respuesta de Medición de la Rugosidad de Vías) en un laboratorio ambientado, a lo largo con un análisis teórico formal de conceptos e instrumentos STRMRV. Esto convertido aparentemente en una fuente principal de problemas cargados en el hecho que el instrumento fue inventado sin un claro concepto de que es rugosidad o como esto puede ser medido. En su lugar, rugosidad fue definida como: "cualquiera que el STRMRV mide" desde el requerimiento de calibración comparando la medida de el instrumento siendo calibrado para valores verdaderos de las variables medidas. Esto fue necesario para definir matemáticamente, un aspecto medido del verdadero perfil longitudinal que puede servir como una referencia de calibración.

La referencia de calibración que fue seleccionada es el QCS, con el nuevo modelo de parámetros escogidos para ofrecer la máxima correlación con el

existente STRMRV. En adición a un nuevo conjunto de parámetros, el QCS fue ascendido para la simulación de medio-carro, debido a toda similitud de el STRMRV usado en los Estados Unidos son basados en dos camiones vehículos (carro de pasajeros y dos coches vagones). Sobre el camino de la llanta, pequeños golpes fueron fundados para obtener la influencia crítica cuando el QCS fue usado para similares velocidades bajas. En consecuencia, la llanta envuelta fue adherida para el modelo cuando la simulación de velocidad-baja fue desarrollada. El RQCS describió en este reporte es cercanamente idéntico a la referencia NCHRP. Diferenciándolo solo en el parámetro de rueda envuelta, el cual fue cambiado en consecuencia de 1 pie (300 mm) a 250 mm para simplificar los requerimientos de medición para método de mira y nivel.

El reporte 228 NCHRP recomienda una rugosidad estadística llamada "referencia promedio rectificada de velocidad" (RARV) el cual es usado cuando comparan medidas por STRMRV a mas de una medida de velocidad. El otro estadista asociado con el RQCS es llamado "referencia promedio de talud rectificado" (RARS). Desde el RARS numérico obtenido con una simulación a velocidad de 80 KM./h (RARS 80) es seleccionado en este reporte como la mejor elección para un índice de rugosidad, mucho de los resultados obtenidos con el RQCS son reportados como valores RARS.

En 1982, el Experimento Internacional de Rugosidad de Vías (IRRE) define por primera vez al IRI, como una escala de medida de la rugosidad de vías en un sistema "ideal" del tipo respuesta (STRMRV). Para distinguir el conjunto particular de parámetros QCS usados en este reporte del conjunto alternativo de parámetros usados en otras aplicaciones QCS, el análisis usado en el IRRE es llamado la Referencia de Simulación del Cuarto Carro".

En 1986 el Banco Mundial, publica la Guía para la Conducción y calibración de Medidas de Rugosidad de Vías, basadas en el experimento de 1982, en la cual se agrupa en forma jerarquía cuatro grupos de medición de rugosidad, teniendo dos grupos en el rango de métodos perfilométricos y dos correspondientes al sistema de medición tipo respuesta y a los de clase 4 respectivamente.

Desde 1993, la ASTM publica el método estándar para medir la rugosidad de la superficie de acuerdo a la respuesta del vehiculo (ASTM E 1082).

CAPÍTULO III: MARCO TEORICO

La evaluación de pavimentos, comprende las actividades necesarias, para el conocimiento de la condición de un pavimento. Estas actividades implican una investigación de la condición ya sea superficial, como estructural, mediante la utilización de métodos, subjetivos, visuales o instrumentales. En el estudio, que corresponde, solo se hará la evaluación superficial.

3.1 EVALUACION SUPERFICIAL

Comprende principalmente los temas vinculados a la función o estado de la superficie, de un pavimento.

Abarca tres aspectos importantes:

- La evaluación de fallas observadas en la superficie, mostrando la severidad y extensión del deterioro. La metodología aplicada para su determinación es variada y desarrollada por distintos organismos, en el Perú, los más aplicados 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 EE.UU.
- La evaluación funcional o de la serviciabilidad del pavimento, esta relacionado a la comodidad y transitabilidad, que percibe un pasajero durante el recorrido en un vehículo.

Esta evaluación, es el tema principal de este informe de suficiencia, se trata de conocer la serviciabilidad o rugosidad, determinando el PSI o el IRI respectivamente, a través de medios instrumentales. Actualmente el medio más usado para la medida de la rugosidad, es con instrumentos denominados perfilómetros, que realizan la medición del perfil o rugosidad.

- La evaluación de la seguridad, se relaciona a la capacidad de la vía, para brindar seguridad a los usuarios, durante su recorrido, mediante la geometría, textura de superficie, señalizaciones viales, dispositivos de seguridad.

3.2 SERVICIABILIDAD

EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO CON MÉTODO DE PSI (Índice de Serviciabilidad Presente)

Para evaluar la serviciabilidad del pavimento se emplea el parámetro denominado Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento.

Este parámetro, es la medida de la serviciabilidad, empleando medios mecánicos. Para su estimación la tendencia más difundida es la determinación de la rugosidad.

Para la determinación del PSI, se han desarrollado fórmulas matemáticas diversas que combinan distintos parámetros de deterioro. Una de las primeras expresiones empleadas para calcular el PSI es la propuesta por AASHTO en 1962.

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

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

Donde:

R : Rugosidad, IRI (International Roughness Index)

PSI : Índice de Serviciabilidad Presente

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

Cuadro N° 3.01: Condición Funcional del Pavimento según PSI

PSI	CALIFICATIVO
0 - 1	Muy Malo
1 - 2	Malo
2 - 3	Regular
3 - 4	Bueno
4 - 5	Muy Bueno

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Provias Nacional

3.3 RUGOSIDAD

Según la ASTM E-867-06, define la rugosidad, como la desviación de la superficie del pavimento, respecto de una superficie plana teórica, con las dimensiones características, que afectan la dinámica del vehículo y la calidad de recorrido.

La rugosidad del pavimento, es el parámetro que relaciona la magnitud y frecuencia de sus irregularidades superficiales, con la comodidad de transitar sobre él. No tiene relación con la textura, apariencia o acabado superficial de la capa de rodadura, sino mas bien con las deformaciones que inciden en su perfil topográfico, como son las ondulaciones, los hundimientos, los ahuellamientos y los baches. Los fisuramientos, tienen poca o ninguna incidencia en los resultados de rugosidad.

Los métodos para medir la rugosidad, pueden ser agrupados en cuatro clases genéricas, basados en como directamente las medidas están relacionadas al IRI, el cual es el efecto de los requerimientos de calibración y la precisión asociada a ellos.

Método Clase 1.- Involucran el uso de perfilómetros de precisión, representa los altos estándares de precisión, se realizan medidas muy exactas del perfil longitudinal a distancias no mayores a 25 cm.

Método Clase 2.- Esta clase incluye todos los otros métodos perfilométricos, en los cuales el perfil es medido como la base para el cómputo directo del IRI, pero el cual no es capaz de alcanzar la precisión requerida en la clase 1.

Método Clase 3.- Estos métodos involucran ecuaciones de correlación, para convertir data de campo a unidades internacionales de medición de rugosidad. Usualmente emplean rugosímetros dinámicos. La precisión depende de la calibración.

Método Clase 4.- Situaciones en las que ya no se cuenta con la data necesaria, pero no es esencial una alta precisión, se basa en una evaluación subjetiva, en la cual el IRI, se estima con una inspección visual.

3.3.1 DEFINICION DEL IRI

El interés de emplear una medida estándar de rugosidad, para los proyectos de carreteras a lo largo del mundo, fue ideado el Índice de Rugosidad Internacional (IRI). El IRI, se nombra así, por que era un producto del Experimento Internacional de Rugosidad de Caminos (Internacional Road Roughness Experiment – IRRE), dirigido por los equipos de investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, Estados Unidos y Bélgica, con el propósito de identificar un índice, que involucra a la medida controlada de rugosidad del camino, para varios caminos, bajo una variedad de condiciones y por una variedad de instrumentos y métodos. La escala de rugosidad seleccionada como el IRI, fue el que mejor satisfizo el criterio de ser estable en el tiempo, transportable y pertinente.

El IRI es un medida de rugosidad estandarizada relacionada a aquellos obtenidos por los sistemas Tipo – Respuesta de Medida de rugosidad de Caminos (RTRRMS), con las unidades recomendadas: metros por kilómetro (m/Km.) = milímetro por metro (mm/m) = la pendiente por 1000. La referencia que los RTRRMSs usaron para el IRI, es un modelo matemático, en lugar de un sistema mecánico, y existe como un procedimiento del cómputo aplicado a un perfil longitudinal. El procedimiento de computo, se llama una simulación del cuarto de carro (Quarter – Car Simulation – QCS), por que el modelo matemático, representa a un RTRRMS, que tiene una sola rueda, como el remolque del BI y el rugosímetro BPR. Cuando se obtiene de la simulación de la referencia (modelo), la medida se llama la referencia ARS (RARS). Este tipo de

medida varía con la velocidad. y por consiguiente una velocidad normal de 80 Km./h, es especificada en la definición del IRI.

El IRI está definido, como una característica del perfil longitudinal, de una huella de rodadura. Así, la medida directa del IRI, requiere que se obtenga el perfil de la huella de rodadura.

Los perfiles característicos IRI, son muy compatibles con las medidas obtenidas por RTRRMSs y que estos instrumentos pueden calibrarse a la escala del IRI. para lograr la mejor precisión que es posible con estos tipos de instrumentos.

El IRI, es un indicador estadístico de la irregularidad superficial del pavimento, al igual que otros indicadores, representa la diferencia entre el perfil longitudinal teórico (recta o parábola continua perfecta, $IRI = 0$) y el perfil longitudinal real existente, en el instante de la medida.

El perfil real de una carretera recién construida, tiene un estado cero, definido por su IRI inicial > 0 , debido a condicionantes constructivos. Una vez puesta en servicio, la geometría del pavimento se modifica lentamente en función del paso del tránsito, evolucionando hacia valores más elevados del IRI (mayores irregularidades).

El IRI se determina mediante un cálculo matemático, realizado con las ordenadas o cotas de una línea del perfil longitudinal. Las consideraciones más importantes sobre el IRI, son:

- Su principal ventaja reside en que el IRI, es un modelo matemático, cuyo resultado es independiente de la técnica o equipo con el que se haya obtenido el perfil.
- Para el cálculo del IRI, es importante considerar la representatividad de las coordenadas que se introducen, es decir, la confiabilidad de la técnica o equipo con se obtiene el perfil y la frecuencia de muestreo del mismo.
- La precisión de los equipos de medida de la irregularidad superficial, es uno de los temas más delicados y complejos de decidir y valorar.

Paterson en 1986, define el IRI de la siguiente manera: “El IRI resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie del camino en una huella, representado las vibraciones inducidas por la rugosidad del camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la rugosidad del camino en un auto de pasajeros típico, esta definido por el valor de la referencia de la pendiente promedio rectificadas (referente Average Rectified Slope – RARS), razón entre el movimiento acumulado de la suspensión y la distancia recorrida, producto de la simulación del modelo del cuarto carro (Referente Quarter-Car Simulation- RQCS), para una velocidad de desplazamiento de 80 Km./h. Es calculado a partir de las elevaciones de la superficie medidas mediante un levantamiento topográfico o perfilometría.”

El IRI es la acumulación del movimiento entre la masa amortiguada y la no amortiguada, cuando se simula el paso del modelo del cuarto de carro, o técnicamente llamado RTRRMS, normalizado por el largo del perfil. El IRI, también llamado por su nombre técnico RARS80, definido en forma más completa por Sayers en 1995, debe cumplir con las siguientes condiciones:

- El IRI se calcula de un solo perfil longitudinal. La recomendación general es que los perfiles deben medirse en las dos huellas, con los valores del IRI para cada uno, estos se promedian para obtener un valor para el carril.
- El intervalo de la muestra no debe ser mayor que 11.8 pulg. (300 mm) para los cálculos exactos.
- Se asume que el perfil tiene una pendiente constante entre los puntos de elevación de la muestra.
- El perfil suavizado es filtrado usando una simulación del modelo del cuarto de carro, con valores de parámetros específicos, a una velocidad simulada de 49.7 mi/h (80 Km./h).
- El movimiento de la suspensión simulado es linealmente acumulado y dividido por la longitud del perfil para producir el IRI. Así el IRI tiene unidades de pendiente, como pulg/mi o m/Km.

El estado superficial o transitabilidad, según los valores del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), a nivel de la superficie de rodadura asfaltada, clasifica el

estado de la superficie del pavimento de acuerdo al Cuadro N° 3.02 y Cuadro N° 3.03.

Cuadro N° 3.02: Estado Superficial en función del IRI

IRI	ESTADO
Menor 3	Bueno
3 - 4	Regular
4 - 6	Malo
6 - 10	Pésimo

Fuente: Estándares establecidos por el Banco Mundial

Cuadro N° 3.03: Estado Superficial en función del IRI

IRI (asfaltado)	Estado del pavimento
2 - 4	Bueno
4 - 6	Regular
6 - 8	Mal estado
8 - máx.	Pésimo Estado

Fuente: MTC Provias Nacional

3.4 MÉTODO DE EVALUACIÓN CON EQUIPO BUMP INTEGRATOR

Uno de los métodos más importantes para realizar levantamiento de información sobre la regularidad del perfil longitudinal de la carretera a una alta velocidad, es el Bump Integrator, que corresponde a los instrumentos tipo respuesta.

El Sistema Tipo Respuesta de Medición de la Rugosidad de Vías (RTRRMS), registra los desplazamientos acumulativos del eje posterior del vehículo, inducido por la irregularidad del camino. El sistema está constituido por: un vehículo con un eje posterior transversal sólido, instalado con el equipo Bump Integrator, capaz de registrar el movimiento del eje posterior, mientras se desplaza por la carretera; así como de un contador que registra estos desplazamientos en unidades de medida BI (Bump Integrator).

Este instrumento registra la dislocación del chasis del vehículo, con respecto al eje trasero en una distancia determinada, expresada por lo general en términos de cantidad BI/km.

Puesto que cada vehículo responde de modo diferente a la rugosidad, debido a su propio sistema de suspensión y como es conocido este cambia en un cierto plazo por el desgaste, es necesario calibrar el vehículo contra una medida estándar de rugosidad.

Así también, es necesario seguir ciertos procedimientos para desarrollar las pruebas y así asegurarse de que los resultados sean válidos.

Un instrumento bien calibrado, que funciona correctamente, dará datos exactos y reproductivos a un costo muy bajo. Sin embargo, un instrumento mal calibrado dará no solamente datos cuestionables, sino puede conducir a decisiones incorrectas.

Por ahora, mucha de la data de rugosidad que es recolectada a través del mundo, es obtenida con el Sistema Tipo Respuesta de Medición de Rugosidad de Vías. El STRMRV por sus siglas en ingles, es adecuada para la rápida y económica recolección de data de rugosidad en vías, cubriendo de 200 a 300 km. por día en superficies continuas.

3.4.1 Variables de Desempeño

Para que el rendimiento obtenido de un STRMRV sea consistente, las propiedades mecánicas del vehículo y el instrumento, deben mantenerse constante a través de un mantenimiento y practica operacionai. Variaciones en el vehículo causara variaciones en la rugosidad medida. En la selección y mantenimiento del vehículo para su uso en un STRMRV, el profesional debe ser consiente de las muchas variables que afecta el desempeño.

Selección de un Sistema de Medición de Rugosidad Tipo Respuesta

Un sistema tipo respuesta consta de tres componentes: un vehiculo, un transductor que detecta el movimiento relativo de la suspensión y un visualizador que esta conectado eléctricamente al transductor.

El transductor y el visualizador juntos son llamados instrumento, la medida obtenida de un instrumento, es actualmente la repuesta del vehiculo a la superficie de la vía, con la que esta es manejada a una misma velocidad. Dado que la medida es el resultante del instrumento, el procedimiento de operación y el vehiculo, son variables que afectan esta respuesta.

El Instrumento

Los instrumentos son conocidos con varios nombres como: medidores de marcha, Mays Meters (Compañía Raihart, Estados Unidos), Bump Integrator (TRRL, Reino Unido), NAASRA Meters (ARRB, Australia), Coy Meters (Compañía James Cox Estados Unidos), PCA Meters y otros, sin embargo varios de estos vienen con instrucciones incompatibles y muchos son funcionalmente equivalentes cuando operan dentro de su rango de diseño.

Los únicos instrumentos diseñados, que están siendo validados para el uso del rango total de rugosidad, cubierta con el IRRE (Experimento Internacional de Rugosidad de Vías), son el Bump Integrator, el NAARSA y el May Meter modificado.

El Vehiculo

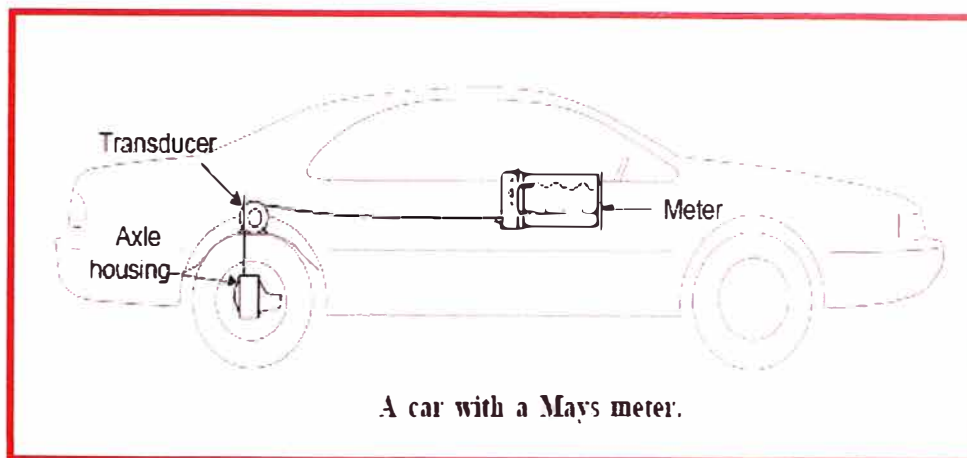
Son los tres tipos de vehículos que pueden ser usados en conjunción con un instrumento (rugosímetro), para constituir un STRMRV

1. Un automóvil de pasajeros o camioneta ligera con un eje posterior rígido. Un vehiculo de tracción se recomienda.
2. Un remolque de dos llantas
3. un remolque con una llanta.

Instalación del Instrumento en el Vehículo

En un vehículo de dos huellas, el transductor del instrumento puede ser montado verticalmente (entre cinco grados de la verdadera verticalidad), entre el cuerpo y el centro del eje. Cuidados pueden ser tomados para que el transductor, este localizado correctamente para prevenir que el instrumento registre contadores adicionales por frenado de vehículo y aceleración (todos los cuales pueden ser mantenidos a un mínimo durante la prueba).

Figura N° 3.01: Instalación del Instrumento



Velocidad de Operación

La velocidad estándar de obtención del IRI es 80 km./h. El IRI numéricamente esta diseñado, para que coincida con el funcionamiento normal de un STRMRV, cuando funciona a esta velocidad, por lo que la reproducibilidad asociada en un STRMRV es generalmente mejor, cuando esta velocidad es alcanzada. La medida obtenida del ARS por un STRMRV, son de velocidad dependiente, por lo que los operadores de los instrumentos deben de apreciar la importancia de hacer toda la medición a la misma velocidad, hay situaciones sin embargo donde una menor velocidad es necesaria. Estos incluyen los siguientes casos:

1. una velocidad de 80 Km./h no es conveniente por condiciones de seguridad, por razones de tráfico, peatones, geometría restrictiva, etc.

2. el instrumento produce medidas erróneas e incoherentes en los caminos mas rugosos a la velocidad de 80 Km./h
3. el proyecto cubrirá secciones de prueba de corta longitud principalmente, y la repetibilidad para los sitios individuales tienen una alta prioridad. Las cortas secciones, es en alguna magnitud compensada por el mayor tiempo necesario para cubrir aquella longitud a una velocidad reducida.
4. El vehiculo y/o parte del instrumento STRMRV, son bastante frágiles para la operación continua a esa velocidad, por lo que debe funcionar mas lento si se quiere aplicar a todos estos.

3.4.2 Calibración de un Sistema de Medición Tipo Respuesta

Debido a que el comportamiento de respuesta de la STRMRV particular es único y variable en el tiempo, el sistema debe calibrarse cuando sea inicialmente puesto en servicio y periódicamente durante su uso.

Método de Calibración

La calibración se realiza mediante la obtención de las medidas de rugosidad en las secciones de calibración (los desplazamientos). Estas son secciones de carretera que tienen valores de rugosidad IRI conocido, determinados con métodos 1 o 2 (mira y nivel o un perfilómetro como el Merlín).

Para el método 1, la determinación del perfil se hará con una precisión que corresponde a una nivelación de alta precisión:

$$EMP = 0.008\sqrt{K} \text{ m} \quad (\alpha)$$

Donde:

EMP: Error Máximo Permisible

K: Distancia en kilómetros

El "K" es variable, depende de la longitud de calibración que se tome, esta puede estar entre 200 a 300m.

Tomando un K = 0.200, sustituyendo en (α):

$$EMP = .0036\text{m}$$

Teniendo en cuenta que se registrara la elevación del perfil al milimetro, con una frecuencia igual o superior a cuatro puntos por metro, es decir 250mm como máximo.

El tipo de mira de nivelación, será una Imbar de alta precisión y el nivel electrónico, cuya exactitud en las lecturas en el estado es de ± 0.5 mm.

Para el método 2, la determinación de la rugosidad se hará usando la metodología desarrollada con el rugosímetro Merlín, en las secciones de calibración cada 400m.

El STRMRV, es ejecutado periódicamente sobre las secciones de calibración de 3 a 5 veces a la velocidad estándar, los valores de medición de campo ARS, se grafican contra los valores del STRMRV en el eje X y los valores IRI en el eje Y.

Ecuación de Calibración

Los datos de las secciones de calibración son usados para la regresión del IRI contra las mediciones del STRMRV. Reduciendo al mínimo, el error entre los valores de IRI referencial y los valores estimados del STRMRV, usando una ecuación de calibración. Cuando se utiliza una sola huella la regresión es calculada en base de la medida individual de la huella de la llanta. Cuando se usan dos huellas, el IRI es medido para ambas huellas de la llanta del STRMRV y estos dos son promediados. El promedio es entonces usado como una sola medida del IRI para ese carril.

Selección de Secciones de Calibración

Para que una calibración sea válida, las secciones de calibración a ser inspeccionadas en el proyecto deben ser representativas de la carretera. Cuando sea posible, las secciones deben encontrarse en tangente o baja curvatura y deben tener propiedades de rugosidad uniformes en toda su longitud, incluyendo una ventaja de 50m al inicio y al final, cuando se utiliza secciones para proyectos de largo plazo, las secciones de calibración deberán ser ubicados en zonas de vías cuyo desgaste superficial no sea intenso, si no

que represente lo que ocurra en el sector, cuyas propiedades de rugosidad no cambiarán rápidamente con el tiempo.

Rango de Rugosidad

Es esencial que la sección sea de rugosidad natural, la rugosidad expuesta resulta de la normal construcción, mantenimiento o uso histórico. Artificialmente la rugosidad inducida en las secciones de calibración no serán tomadas en cuenta en el STRMRV, la calibración es técnicamente válida solo sobre el rango de rugosidad cubierta por el sitio de calibración, por lo tanto, la extrapolación deberá ser evitada. En algún caso, la extrapolación más allá del rango de calibración de más del 30% en cada dirección puede no ser considerada. Si el rango adicional es necesario, entonces apropiadas secciones de calibración deberán ser muestreadas.

Uniformidad

Las secciones de calibración deberán ser de rugosidad uniforme sobre su longitud, tal que el ratio, el cual acumula la cuenta en el instrumento del STRMRV, es completamente constante mientras atraviesa la sección. Un STRMRV, responde de manera diferente a una vía con uniforme y moderada rugosidad, que a una que es lisa sobre la mitad de la longitud y rugosa sobre la otra mitad. Si dos huellas están siendo calibradas, entonces la rugosidad puede también ser razonablemente uniforme a través de la huella de la llanta.

Aproximación

Los vehículos, siempre responden a la vía después que hayan pasado sobre ésta, y que la medida en el lugar es parcialmente el resultado de la superficie inmediatamente precedente del lugar. Por consiguiente se debe evitar secciones que tengan una diferente rugosidad característica en los 50 m aproximadamente del sitio.

Geometría

Las secciones de calibración pueden preferiblemente estar en secciones de carretera en tangente. Solo en excepcionales circunstancias pueden hasta una ligera curva ser aceptadas.

CAPÍTULO IV: APLICACIÓN DEL MÉTODO EN EL SECTOR Km.100+000 - Km.102+000

4.1 RECOPIACIÓN DE DATOS

La recopilación de datos de campo, es un trabajo que involucra varias tareas, cada una de las cuales debe ser realizada, con la exigencia necesaria, con el tiempo adecuado y la previsión de la información que se necesitara para el desarrollo de las pruebas. Siendo así, se afirma que es necesario seguir los siguientes pasos:

4.1.1 Selección del Sistema de Medicion de Rugosidad Tipo Respuesta

Se desarrolló la selección de cada uno de los componentes del Sistema tipo Respuesta, teniendo en cuenta la Guía de Calibración del Banco Mundial.

Selección del Instrumento

El instrumento que se utilizó para la toma de datos, fue el rugosímetro electrónico Bump Integrator Tipo UNI (REBITU), desarrollado por el Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil, el cual está formado por un adquirente de datos y un sensor de desplazamiento.

Especificaciones técnicas del adquirente de datos:

Protocolo de comunicación:	Serial
Indicadores luminosos:	Alimentación, batería
Dimensiones:	1.24x15.9x7 cm.
Peso:	824 gr.
Alimentación:	12 VDC.
Numero de sensores:	1
Teclado:	4x4
Pantalla:	LCD 2x24

Especificaciones técnicas del sensor de desplazamientos:

Tipo de sensor:	Mecánico – encoger
Precisión:	0.9 mm

Rango de medida:	20 cm.
Velocidad máxima de rotación:	300RPM
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

Figura Nº 4.01: Instalación del Adquisidor de Datos



Selección del Vehículo

El vehículo que se utilizó para las mediciones, fue una camioneta 4x4 de doble cabina perteneciente a la Facultad de Ingeniería Civil.

Instalación del Instrumento en el Vehículo

El instrumento fue instalado en el eje posterior del vehículo, al centro el cual representara el desplazamiento de ambas suspensiones.

Figura N° 4.02: Instalación del Sensor de Desplazamientos



4.1.2 Reconocimiento del sector de estudio km. 100+000 – km. 102+000

Se ha efectuado el reconocimiento del sector asignado, un día antes de la prueba, que ha permitido observar, que la vía se desarrolla a media ladera con un ancho promedio de calzada de 3.2m, teniendo en el primer kilómetro (100+000 – 101+000), un desarrollo en tangente, mientras que en el segundo (101+000 – 102+000), presencia de gibas en la curva, hecho que va limitar en la velocidad de la prueba, así como en determinar los sectores a evaluar.

La superficie de rodadura actual, es una monocapa, con irregularidades en la superficie, como ahuellamientos, con parches y en ciertas zonas reforzadas con Slurry Seal.

Cuadro N° 4.01: Tratamiento Superficial km.100+000 – km. 102+000

INICIO	FIN	Tratamiento Superficial
100 + 000	100 + 260	Monocapa
100 + 260	101 + 400	Slurry Seal
101 + 400	102 + 000	Monocapa

Fuente: Evaluación de Campo UNI – FIC, 15 de Mayo 2010

Teniendo en cuenta, lo descrito en el capítulo 1.4.1 DESCRIPCIÓN ACTUAL DEL TRAMO, se tiene un cuadro resumen de todas las estructuras y otros factores que pudieran incidir en las características de la información que se tome, Cuadro N° 4.02.

Se está incluyendo en el Cuadro N° 4.02, la ubicación de alcantarillas tipo TMC, porque en la evaluación del perfil, se puede encontrar alguna distorsión gráfica, que estas ubicaciones pueden ayudar a explicar ese comportamiento, teniendo en cuenta que las alcantarillas, pueden ocasionar depresiones, producto de las filtraciones o por que los cabezales a media ladera han perdido sustento por la pérdida de finos.

Cuadro N° 4.02: Ubicación de Estructuras y otros factores que pudieran incidir en la toma de datos km. 100+000- km. 102+00

PROGRESIVA	OBSERVACIONES
99 + 900	Alcantarilla TMC 24"
100 + 970	Alcantarilla TMC 24"
101 + 983	Alcantarilla TMC 24"
100 + 980	GIBA
101 + 500	GIBA
101 + 700	GIBA
102 + 000	Plataforma erosionada

Fuente: Evaluación de Campo UNI – FIC, 15 de Mayo 2010

4.1.3 Datos obtenidos con el equipo Bump Integrator, sector de estudio km. 100+000 – km. 102+000

Definir las secciones de calibración

Para definir las secciones de calibración en el sector de estudio Km. 100+000 – Km.102+000, se ha tomado en cuenta, los inconvenientes ya descritos anteriormente, que nos limita las zonas de prueba, tanto para el Merlín, como para el Bump Integrator. Para los fines propuestos, se ha escogido las mismas zonas, para ambas pruebas.

Las zonas que se escogieron para la calibración del equipo, son:

Cuadro N° 4.03: Ubicación de Zonas de Calibración

ZONA DE CALIBRACION	GRUPO	UBICACIÓN
1	G 1	Km. 100+400 - 100+800
2	G 1	Km. 101+000 - 101+400
3	G 4	Km. 106+200 - 106+600
4	G 4	Km. 107+600 - 108+000

Fuente: Evaluación de Campo UNI – FIC, 15 de Mayo 2010

Longitud de Secciones de Calibración

Las secciones de calibración, que se definieron para el Bump Integrator, tienen una longitud de 400m.

Definir la velocidad de operación

El valor numérico del IRI, ha sido diseñado para que refleje el funcionamiento típico de un RTRRMS, cuando opera a la velocidad normal de 80 Km./h, la reproducibilidad asociada con un RTRRMS, es generalmente mejor cuando se usa esta velocidad. Sin embargo, hay situaciones, cuando una velocidad mas baja puede necesitarse, como es el caso de la geometría restrictiva del lugar, que no va permitir mantener los 80 Km./h. para este caso particular se ha empleado una velocidad de operación de 40 Km./h.

Datos obtenidos con el equipo Bump Integrator

El Cuadro 4.04, muestra los datos tomados en campo, con el equipo Bump Integrator.

Cuadro N° 4.04: Datos de BI tomados de campo

PROGRESIVA		GRUPO	IZQUIERDA (BI/Km)			DERECHA (BI/Km)		
DEL	AL							
100+400	100+800	G 1	1140	1118	1210	1156	1078	1204
101+000	101+400		1198		1202	1468	1435	1421
106+200	106+600	G 4	1415	1205	1208	1169		1150
107+600	108+000		943	914	906	833	879	899

Fuente: Evaluación de Campo FIC – UNI, 15 de mayo de 2010

4.2. CALIBRACION DEL EQUIPO

Para la calibración de los equipos tipo respuesta (Bump Integrator, May Meter), se recomienda el uso del equipo Merlín, por su gran exactitud, solo superada por el método topográfico.

Con los valores de campo, obtenidos tanto para el IRI con el Merlín y el BI con el Bump Integrator, se procederá a graficar la relación IRI Vs. BI; haciendo la evaluación correspondiente de las diferentes ecuaciones de correlación, se obtendrá la ecuación de calibración adecuada.

4.2.1 Gráfico IRI (Merlín) Vs. BI (Bump Integrator)

Los valores de IRI, obtenidos con el equipo Merlín, luego de la evaluación de campo, en las secciones correspondientes, se muestran en el Cuadro N° 4.05, donde se puede notar que se ha tomado otras secciones de calibración, con el fin de ampliar el rango y esta sea representativa de la zona de estudio a evaluar, por que con el sector asignado (Km. 100+000 – Km. 102+00), es insuficiente.

Cuadro N° 4.05: Registro de IRI (Equipo Merlín)

PROGRESIVA		GRUPO	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	IRI PROM. (m/Km)
DEL	AL				
100+400	100+800	G1	4.58	4.72	4.65
101+000	101+400		5.11	4.70	4.91
106+200	106+600	G 4	4.42	4.51	4.47
107+600	108+000		4.25	3.66	3.96

Fuente: Evaluación de Campo FIC – UNI, 15 de mayo de 2010

De igual modo los valores BI obtenidos, con el equipo Bump Integrator, para las secciones de calibración, se muestran en el Cuadro N° 4.06.

Cuadro N° 4.06: Registro de BI (Equipo Bump Integrator)

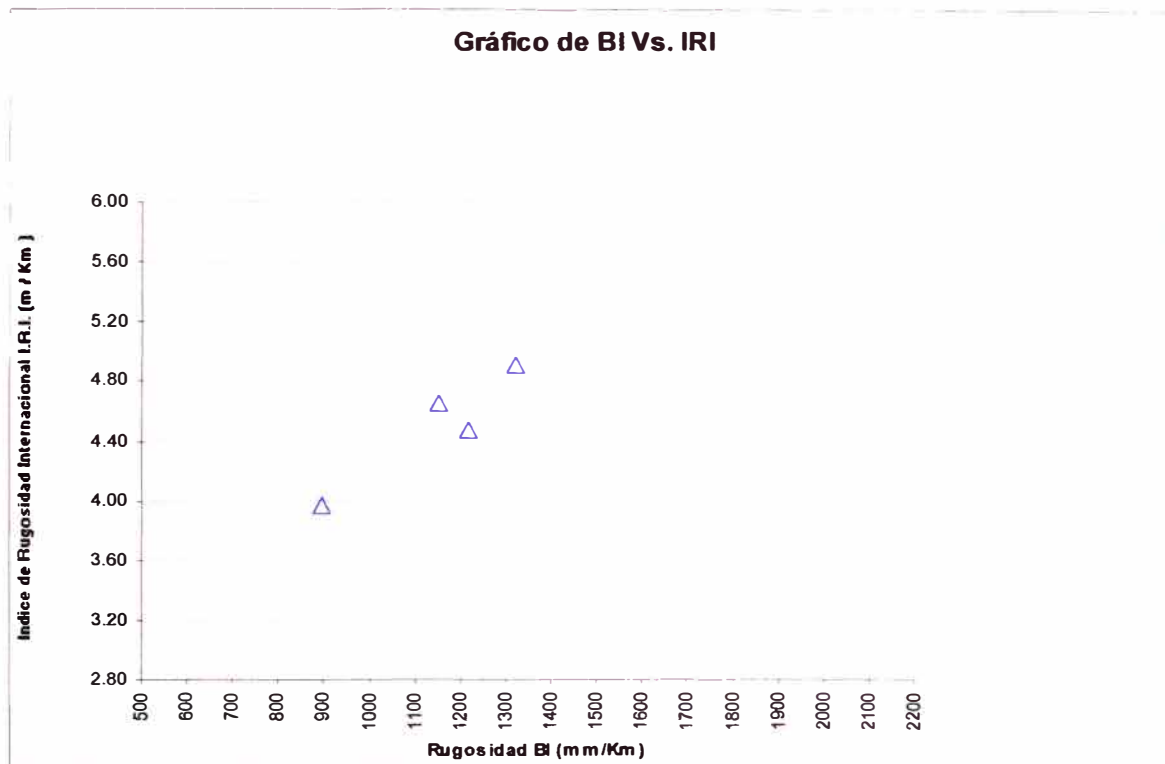
PROGRESIVA		GRUPO	PROMEDIO IZQUIERDA	PROMEDIO DERECHA	BI PROM. (BI/Km)
DEL	AL				
100+400	100+800	G1	1156.00	1146.00	1151.00
101+000	101+400		1200.00	1441.33	1320.67
106+200	106+600	G 4	1276.00	1159.50	1217.75
107+600	108+000		921.00	870.33	895.67

Fuente: Evaluación de Campo FIC – UNI, 15 de mayo de 2010

Graficar BI Vs. IRI

Con la información correspondiente de los dos cuadros N° 4.05 y N° 4.06, se grafica los valores de BI en las abscisas y IRI en las ordenadas, generando puntos de coordenada (BI,IRI)

Figura N° 4.03: Gráfica BI Vs. IRI

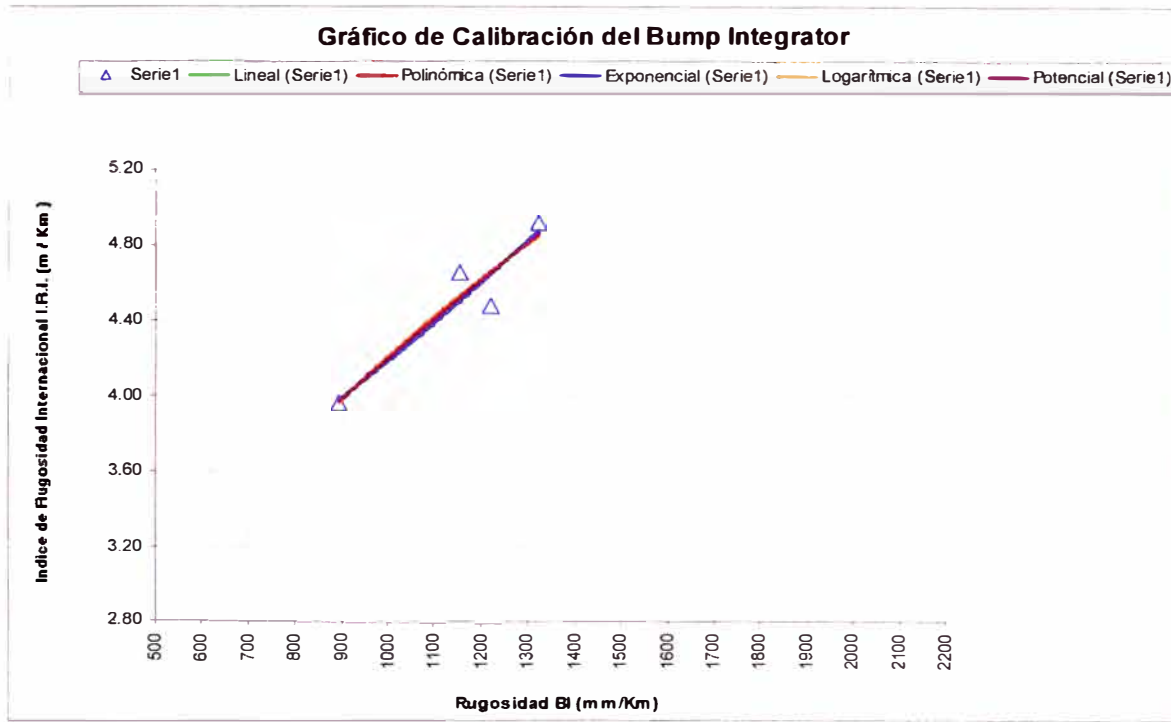


Fuente: Evaluación de la Rugosidad con Equipo Bump Integrator

4.2.2 Ecuaciones de Correlación

En base a los puntos obtenidos en la Figura N° 4.03, se procede a generar las ecuaciones correspondientes a las regresiones analizadas.

Figura N° 4.04: Gráfica BI Vs. IRI – Funciones de Correlación



Lineal	$y = 0.0021x + 2.1036$	$R^2 = 0.8880$
Polinómica	$y = -2E-07x^2 + 0.0026x + 1.8451$	$R^2 = 0.8881$
Exponencial	$y = 2.595e0.0005x$	$R^2 = 0.8949$
Logarítmica	$y = 2.2568\ln(x) - 11.377$	$R^2 = 0.8875$
Potencial	$y = 0.1186x^{0.5164}$	$R^2 = 0.8974$

Como consecuencia de lo anterior se generan las Ecuaciones de Correlación, para cada tipo de función empleado, tal como se muestra en el Cuadro N° 4.07.

Cuadro N° 4.07: Ecuaciones de Correlación

FUNCION	Ecuación de Correlación	Factor de Correlación
Lineal	$y = 0.0021x + 2.1036$	$R^2 = 0.8880$
Cuadrática	$y = -2E-07x^2 + 0.0026x + 1.8451$	$R^2 = 0.8881$
Exponencial	$y = 2.595e0.0005x$	$R^2 = 0.8949$
Logarítmica	$y = 2.2568\ln(x) - 11.377$	$R^2 = 0.8875$
Potencial	$y = 0.1186x^{0.5164}$	$R^2 = 0.8974$

Fuente: Evaluación de la Rugosidad con equipo Bump Integrator

Del Cuadro N° 4.07, la ecuación con el mejor factor de correlación es la potencial con un $R^2 = 0.8974$ y la exponencial con un $R^2 = 0.8949$, pero estas ecuaciones, no podran ser usadas por la concavidad que estan mostrando, que para incrementos mayores de BI, el crecimiento del IRI no será el correspondiente, teniendo en cuenta que a mayor BI, mayor será el IRI.

Descartando esta funciones, nos quedaría como funciones representativas, la polinómica ($R^2 = 0.8881$) y la lineal ($R^2 = 0.8880$)

En este caso la potencial, también se descarta por su concavidad, quedando la función lineal, como la ecuación que mejor representa la condición del pavimento.

Tanto la polinómica como la lineal pueden ser usadas, por que ambas manejan la misma tendencia y su factor de correlacion esta aproximadamente en el mismo porcentaje; teniendo en cuenta que la funcion potencial su naturaleza tambien es concava, nos inclinamos a usar la funcion lineal, como la ecuación que mejor representa el estado superficial del pavimento.

La ecuación de correlación, para el sector de estudio será:

$$\text{IRI} = 0.0021\text{BI} + 2.1036$$

4.3. PROCESAMIENTO DE DATOS

Teniendo la lectura de BI, obtenidas con el Bump Integrator, del Km. 100+000 al Km. 110+000 y usando la ecuación de correlación elegida, se procede a calcular los valores IRI correspondientes, los cuales se muestran en el Cuadro N° 4.08.

Cuadro N° 4.08: Valores IRI obtenidos con equipo Bump Integrator

PROGRESIVA		GRUPO	IZQUIERDA			PROM. IZQ.	DERECHA			PROM. DER.	BI PROM.	IRI OBTENIDO (m/Km)
DEL	AL											
100+000	100+400	G 1	1437	1029	1411	1292.33	1143	1131	1128	1134.00	1213.17	4.65
100+400	100+800		1140	1118	1210	1156.00	1156	1078	1204	1146.00	1151.00	4.52
101+000	101+400		1198		1202	1200.00	*1468	*1435	*1421	1441.33	1320.67	4.88
102+150	102+550	G 2		1260	1202	1231.00	1150	1279	1261	1230.00	1230.50	4.69
103+300	103+700		1014	1035	1035	1028.00	1124	1089	1131	1114.67	1071.33	4.35
104+600	105+000	G 3	1093	1142	1113	1116.00	1133	1104	1117	1118.00	1117.00	4.45
105+000	105+400		1182	1122	1152	1152.00	1041	1106	1072	1073.00	1112.50	4.44
105+600	106+000		1203	1232	1247	1227.33	1300	1268	1223	1263.67	1245.50	4.72
106+200	106+600	G 4	1415	1205	1208	1276.00	1169		1150	1159.50	1217.75	4.66
107+600	108+000		943	914	906	921.00	833	879	899	870.33	895.67	3.98
108+000	108+400	G5	885	912	974	923.67	923	918	926	922.33	923.00	4.04
108+800	109+200		1160	1171	1212	1181.00	1165	1178	1203	1182.00	1181.50	4.58
109+200	109+600			1134	1193	1163.50	1034	1103	1080	1072.33	1117.92	4.45
109+600	110+000		1091	1150	1175	1138.67	1094	1144	1206	1148.00	1143.33	4.50

Fuente: Evaluación de la Rugosidad con equipo Bump Integrator

* Sector con presencia de giba Km. 100+980

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Valores BI obtenidos de campo

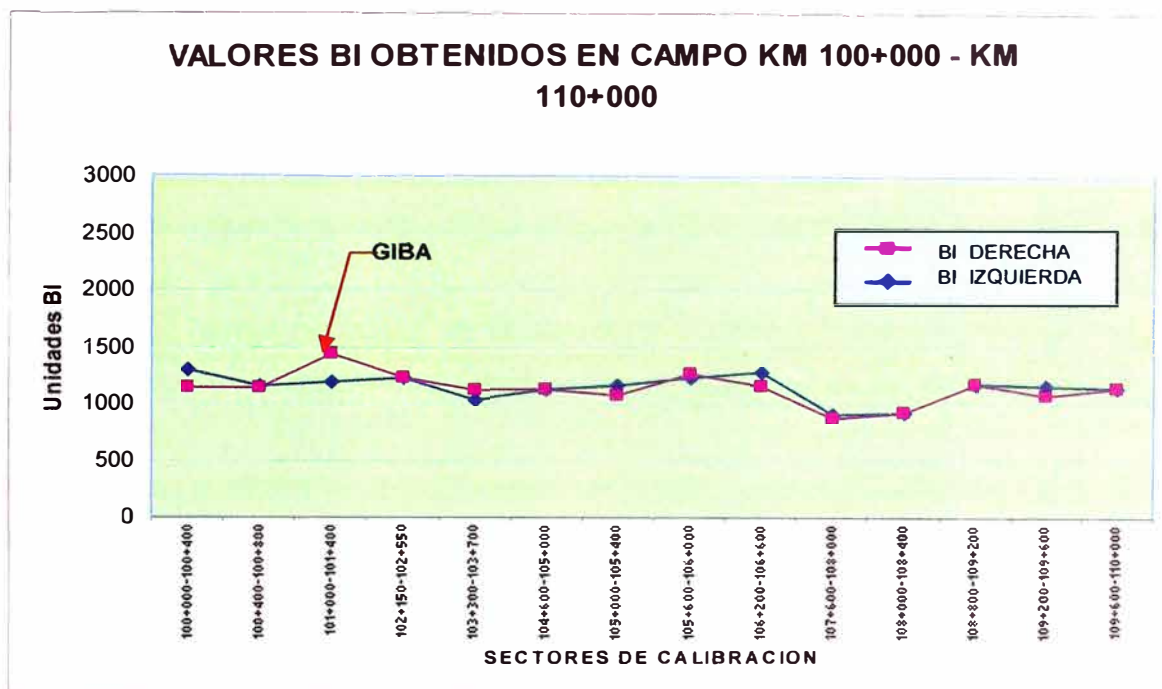
En base a la información de campo, que ha permitido hacer el procesamiento correspondiente, en este capítulo se hará el análisis de los resultados, que permita definir, cual es el estado actual de la superficie de rodadura.

Del Cuadro 4.08, se tiene un resumen de los valores BI de campo, obtenidos con el equipo Bump Integrator en las secciones de calibración, del Km.100+000 al Km. 110+000, tanto para la derecha en forma ascendente, como para la izquierda descendente. Estos valores son representados en el gráfico de la Figura N° 5.01 (sectores de calibración en las abscisas y BI en las ordenadas).

Teniendo en cuenta que este sector, tiene un ancho variable (4.0m a 2.5m), con predominio de 3.0m, podemos hablar que se trata de una vía de un solo carril, pero con dos sentidos (ida y retorno). Con el equipo Bump Integrator, se está tomando lecturas en ambos sentidos, tres pasadas en el sentido ascendente lado derecho y tres pasadas en el sentido descendente lado izquierdo, en cada uno de los lados se ha obtenido el promedio para los cálculos correspondientes, los cuales necesariamente no tienen por que ser iguales en cada sección de calibración, por que el ancho es variable; lo que se trata de evaluar con este gráfico, es si las dos curvas (ascendente y descendente) guardan la misma tendencia, teniendo en cuenta que se trata de las mismas secciones. Tomando en cuenta lo último y comparando con el gráfico de la Figura N° 5.01, tenemos que la sección de calibración, Km. 101+000 – 101+400, hay una distorsión gráfica, esto se explica por la presencia de una giba en el Km. 100+980, en el sentido ascendente (derecho), que no daba la longitud necesaria (mínimo 50m.) para alcanzar la velocidad constante (40 Km./h).

Los otros puntos de la Figura N° 5.01, siguen la misma tendencia con ligeras variaciones aceptables, en ambos sentidos del tramo, por lo que estos valores se pueden considerar representativos de la superficie actual, para los fines de obtención de la curva de calibración y calculo del IRI.

Figura N° 5.01: Gráfica BI obtenidos en campo.



Fuente: Elaboración Propia

Secciones de Calibración

Las secciones, que se están tomando como de calibración, no cumplen las características que se exige, lo que se a realizado, es una selección de aquellos sectores libres de impedimentos físicos (como el caso de gibas) en la carretera, no tomando en cuenta para nada si estas secciones cumplen propiedades de rugosidad uniforme, si se encuentran en tangentes o en curvas amplias. Bajo estas condiciones, podemos afirmar que estas secciones de calibración no son las representativas de la carretera en estudio.

En vista, que para el sector de estudio Km. 100+000 – Km. 102+000, solo se tienen 2 secciones para calibrar, la ecuación de correlación no sería la representativa del pavimento, por esta razón con el fin de ampliar el rango de evaluación, se ha recurrido a otro sector de medición, Km. 106+200 – Km. 106+600, Km. 107+600 – Km. 108+000 (Grupo N° 4).

Ecuación de Calibración

Del Cuadro N° 4.07, de las cinco ecuaciones de correlación: Lineal, Cuadrática, Exponencial, Potencial y Logarítmica, se ha escogido la ecuación teniendo en cuenta dos aspectos importantes:

- 1.- La que tiene el mejor factor de correlación.
- 2.- La función que mejor representa el comportamiento superficial del pavimento.

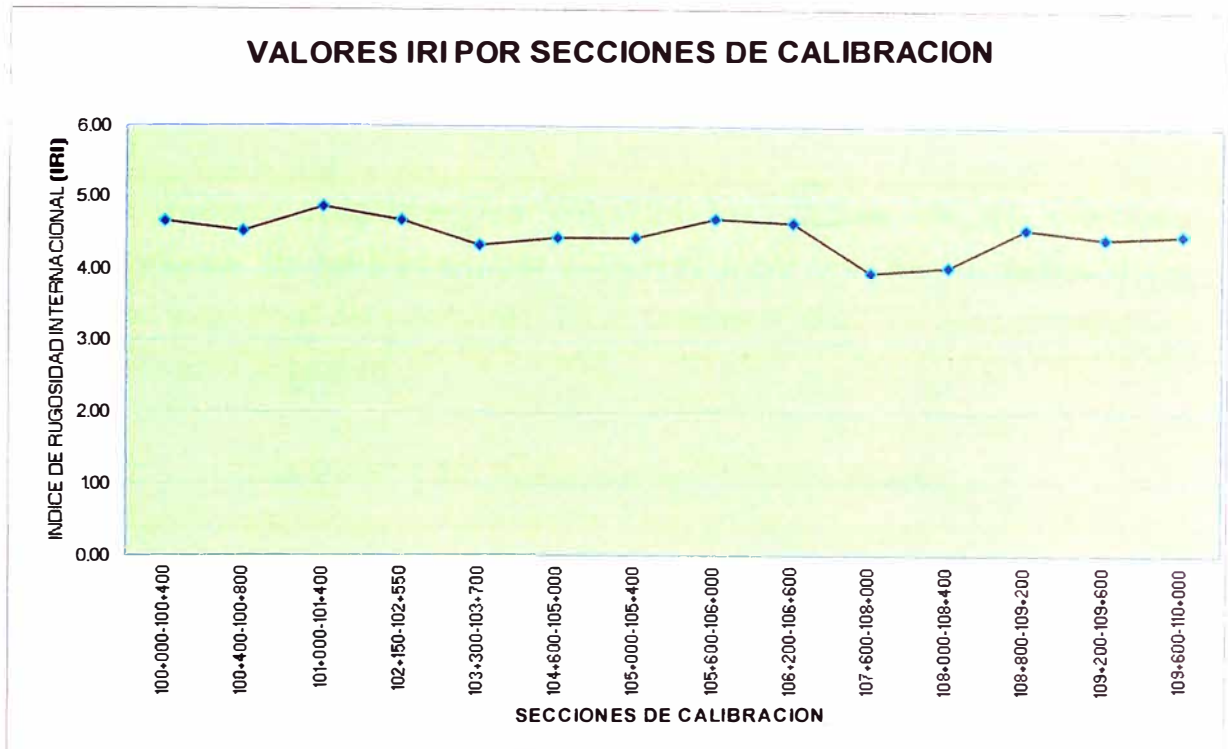
La Ecuación Lineal, es la que se ajusta mejor a estas dos características y la que por experiencias anteriores, en evaluación de pavimentos en el Perú, es la que más se utiliza.

Tenemos un coeficiente de correlación de 0.8880, que representa que el 89% de las varianzas del IRI, pueden ser explicadas por los valores BI.

Valores IRI obtenidos con equipo Bump Integrator

Con la finalidad de hacer un mejor manejo de los valores IRI, calculados a partir de los BI, con el equipo Bump Integrator, proponemos hacer una sectorización, de todo el sector evaluado, Km. 100+000 al Km. 110+000, en base a la Figura N° 5.02.

Figura N° 5.02: Valores IRI por Sección de Calibración.



Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo la Figura N° 5.02, se hace la sectorización en dos, del Km. 100+000 al Km. 106+600 y del Km. 107+600 al Km.110+000

Cuadro N° 5.01: Valores IRI Sectorizados

SECTOR	PROGRESIVA		BI PROM.	IRI OBTENIDO
	DEL	AL		
SECTOR I	100+000	100+400	1213.17	4.65
	100+400	100+800	1151.00	4.47
	101+000	101+400	1320.67	4.96
	102+150	102+550	1230.50	4.70
	103+300	103+700	1071.33	4.24
	104+600	105+000	1117.00	4.37
	105+000	105+400	1112.50	4.36
	105+600	106+000	1245.50	4.74
SECTOR II	106+200	106+600	1217.75	4.66
	107+600	108+000	895.67	3.73
	108+000	108+400	923.00	3.81
	108+800	109+200	1181.50	4.56

SECTOR	PROGRESIVA		BI PROM.	IRI OBTENIDO
	SECTOR II	109+200	109+600	1117.92
	109+600	110+000	1143.33	4.44

Fuente: Evaluación de la Rugosidad con Equipo Bump Integrator

Para los tramos señalados, se calculará los valores de IRI promedio correspondiente, de tal forma que se pueda tener una lectura rápida de la evaluación superficial del pavimento. En el Cuadro N° 5.02, se tiene un resumen de todo el sector evaluado.

Cuadro N° 5.02: Resumen de IRI Sectorizados

SECTOR	PROGRESIVA		IRI OBTENIDO
	DEL	AL	
SECTOR I	100+000	106+600	4.60
SECTOR II	107+600	110+000	4.31

Fuente: Evaluación de la Rugosidad con Equipo Bump Integrator

Estado Superficial del Pavimento

De acuerdo al Cuadro N° 3.02 (Estado superficial en función del IRI), que tiene estándares establecidos por el Banco Mundial, se hace la calificación del pavimento, en base a los valores de IRI sectorizados.

Cuadro N° 5.03: Estado Superficial del Pavimento

SECTOR	PROGRESIVA		IRI OBTENIDO	Condicion de la superficie del pavimento (Estandares del Banco Mundial)
	DEL	AL		
SECTOR I	100+000	106+600	4.60	Malo
SECTOR II	107+600	110+000	4.31	Malo

Fuente: Evaluación de la Rugosidad con Equipo Bump Integrator

Hay que tener en cuenta, que el Cuadro N° 3.02, sirve para clasificar la condición de la superficie del pavimento para vías asfaltadas con tratamientos tradicionales, que no es el caso que se está estudiando que son tratamientos superficiales básicos, como es el caso del Slurry Seal y Monocapa, cuyo comportamiento no es similar al tradicional, siendo necesaria confeccionar una clasificación, que se ajuste a este tipo de pavimentos.

CAPÍTULO VI: CAUSAS DE LA PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD DE LA VÍA

En el tramo de estudio Km. 100+000 al Km. 102+000, se ha adoptado como superficie de rodadura un tratamiento monocapa, el cual está mostrando una rápida pérdida de seVICIABILIDAD, teniendo en cuenta que esta cumpliendo su segundo periodo y ya muestra una superficie irregular, con parches y en algunos sectores reforzada con Slurry Seal, esto ocasionado por diversos factores que se va a estudiar a continuación.

6.1 CAUSAS DE LA PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD

Problemas de Drenaje

Las filtraciones, provenientes de los taludes de corte que colindan con las áreas de cultivo, de los canales de regadío que son construcciones de piedra, son escurridos directamente a la vía, que por falta de cunetas de drenaje a lo largo de la carretera, éstas no son evacuadas convenientemente. Esto produce el flujo sobre la carpeta y la infiltración correspondiente, haciendo que la superficie de rodadura por el tiempo de exposición a la humedad, se degrade por oxidación y pierda sus características iniciales, como resistencia a la abrasión y durabilidad.

También hay problemas por el nivel freático, ya que la vía esta en un nivel inferior de las áreas de cultivo, ocasionando que el agua por debajo de la subrasante, ascienda por capilaridad y debilite la plataforma vial.

Esta situación, se complica más aun en los meses de verano, diciembre a abril, por la presencia de lluvias.

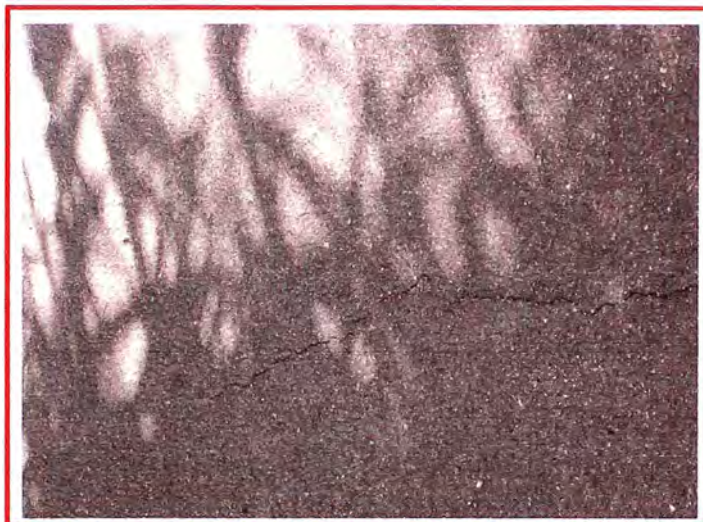
El tipo de superficie de rodadura adoptado

Como superficie de rodadura que ha propuesto y construido el contratista, luego del análisis de laboratorio y tramos experimentales, donde se ha aplicado alternativas de cambio de estándar para verificar su comportamiento ante el medio ambiente y el tráfico que circula, es el tratamiento monocapa.

El empleo de materiales con plasticidad en el afirmado, genera fisuras por contracción del suelo, tal como consta en los Estudios Técnicos para Cambio de

Estándar del CGC, al parecer este problema no se ha podido controlar como se esperaba con el tratamiento monocapa, ya que hay ciertos sectores fisurados, por que las fallas del afirmado estabilizado se han reflejado en la superficie de rodadura, dando lugar, al inicio del proceso de deterioro, por pérdida de finos y gruesos por el efecto abrasivo de los neumáticos.

Figura N° 6.01: Fisuras en el Pavimento Km. 100+600



Fuente: Evaluación de Campo UNI-FIC, 15 de mayo 2010

La pérdida de adherencia, que se muestra entre el tratamiento monocapa y el afirmado estabilizado, se debe fundamentalmente a que el tratamiento aplicado, se ha colocado directamente sobre el afirmado estabilizado (sin sello), tal como consta en el Cuadro N° 6.01, de los Estudios Técnicos para Cambio de Estándar del CGC, con el criterio que el afirmado estabilizado con emulsión aparte de generar una mezcla mucho mas flexible y cohesiva, presenta una mejor adherencia con las superficies asfálticas de rodadura.

No aplicar a una superficie estabilizada, el riego de liga correspondiente, se corre el riesgo, que no se consiga la adherencia adecuada con el tratamiento superficial, la penetración optima en la superficie y la impermeabilización, trayendo consigo los problemas que hemos visto en la superficie, desprendimientos de superficie de rodadura (baches)

Cuadro N° 6.01: Tramo Experimental Km. 75+300 – Km. 75+500

Tramo IV	DESCRIPCIÓN
UBICACIÓN	Km. 75+300 – Km. 75+500
FECHAS	Estabilización de afirmado con emulsión el 15-07-08 Colocación de monocapa 24-07-08
MATERIALES Y DOSIFICACIÓN	Agregados de cantera Km. 95+000 (GW-GM / A-1-a(0)). Emulsión asfáltica BP-CSE-1 para estabilización Asfalto líquido RC-250 para tratamiento monocapa.
EVALUACIÓN DEL TRAMO	El tratamiento monocapa se colocó directamente sobre afirmado estabilizado (sin sello), presentando muy buen adherencia.

Fuente: Estudios Técnicos para Cambio de Estándar del CGC

Problemas en el proceso constructivo

Para mejorar las propiedades del suelo, se esta haciendo la estabilización correspondiente, que permite mejorar su resistencia mecánica y aumentar la permanencia en el tiempo, con una adecuada serviciabilidad.

Las deficiencias observadas en la superficie de la vía, específicamente las fisuras en el tratamiento monocapa, se pueden sintetizar a dos factores:

- La compactación no esta alcanzando el nivel adecuado; ya que en este caso particular de estabilización de suelos, tiene que ser la optima, por que de ella depende obtener un suelo estabilizado mejor. La compactación facilita la interacción de las partículas de suelos con el agua y la emulsión.

Mucho tiene que ver, la geometría de la zona, que con tramos sinuosos, anchos insuficientes, taludes inestables limitan al operador su trabajo.

- No se esta consiguiendo una mezcla homogénea del material estabilizado, por que la mezcla se esta conformando en la vía, con todos los problemas señalados, debiendo hacer esta operación en la cantera, donde el operador tiene el espacio necesario para conformar una mezcla homogénea.

Aumento de la Demanda Vehicular

La demanda vehicular ha aumentado considerablemente, por encima de lo que se había proyectado, tal como se explica en los cuadros siguientes.

Cuadro Nº 6.02: Tráfico al año 2005, Zúñiga- Dv. Yauyos

VEHÍCULO	IMD	%
AUTOS	1	25.71%
CAMIONETAS	7	
CAMIONETA RURAL	1	
MICRO	0	
OMNIBUS 2E	13	74.29%
OMNIBUS 3E	0	
CAMION 2E	7	
CAMION 3E/4E	5	
ARTICULADOS	1	
TOTAL	35	100.00%

Fuente: Estudio de Trafico 2005 Carretera Ruta 22 Tramo:
Lunahuaná – Dv. Yauyos – Chupaca.

Cuadro 6.03: Tráfico Total al 2012, Zúñiga- Dv. Yauyos

TRÁFICO TOTAL (NORMAL + GENERADO + DESVIADO)					
TIPO DE VEHÍCULO	2008	2009	2010	2011	2012
AUTOS	1	1	1	1	1
CAMIONETAS	7	9	9	9	9
CAMIONETA RURAL	1	1	1	1	1
MICRO	0	0	0	0	0
OMNIBUS 2E	13	17	17	18	18
OMNIBUS 3E	0	1	1	1	1
CAMION 2E	7	10	10	10	11
CAMION 3E/4E	5	7	7	7	8
ARTICULADOS	1	11	12	12	13
IMD	35	57	59	60	62

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 6.04: Tráfico al año 2008, Zúñiga- Dv. Yauyos

VEHÍCULO	IMD	%
AUTOS	1	47.17%
CAMIONETAS	20	
CAMIONETA RURAL	4	
MICRO	0	
OMNIBUS 2E	8	52.83%
OMNIBUS 3E	0	
CAMION 2E	9	
CAMION 3E/4E	11	
ARTICULADOS	0	
TOTAL	53	100.00%

Fuente: Estudio de Trafico 2008 Carretera Ruta 22 Tramo:
Lunahuaná – Dv. Yauyos – Chupaca.

Cuadro N° 6.05: Tráfico Total al 2012, Zúñiga- Dv. Yauyos

TRÁFICO TOTAL (NORMAL + GENERADO + DESVIADO)					
TIPO DE VEHÍCULO	2008	2009	2010	2011	2012
AUTOS	1	1	1	1	1
CAMIONETAS	20	24	25	25	25
CAMIONETA RURAL	4	5	5	5	5
MICRO	0	0	0	0	0
OMNIBUS 2E	8	10	10	10	10
OMNIBUS 3E	0	1	1	1	1
CAMION 2E	9	11	12	12	12
CAMION 3E/4E	11	14	14	15	15
ARTICULADOS	0	10	10	11	11
IMD	53	76	78	80	82

Fuente: Elaboración propia

Del Cuadro N° 6.05 (Trafico Total), se observa que al año 2009, la demanda ya superó el tráfico de diseño del Cuadro N° 6.03 al 2012, por lo tanto es necesario hacer un ajuste al Plan de Conservación Vial, por que el cambio de estándar (tratamiento monocapa), según Términos de Referencia debería durar tres años.

Lo que hay que destacar en este aumento de la demanda, es el incremento del tráfico pesado, que es perjudicial en estos tipos de pavimentos de Solución Básica, cuyo diseño está más orientado a tráfico liviano, una muestra de ello es en el sector de Ronchas – Chupaca, donde el tratamiento no ha durado ni dos meses y se vienen haciendo continuamente, trabajos de resane.

6.2 TRABAJOS DE MANTENIMIENTO PERIODICO QUE SE DEBEN EFECTUAR

De acuerdo a los Términos de Referencia, estaba previsto para el periodo de intervención de la vía de cinco años, un cambio de estándar de afirmado a solución básica (tratamiento monocapa), que ya se ejecuto, quedando pendiente la conservación periódica que se ejecutara por tramos, antes de los tres años previsto por los Términos de Referencia, por las deficiencias generadas en la superficie. A los dos años de la puesta en servicio del tratamiento monocapa, ya muestra deficiencias, con irregularidades en la superficie, parches y refuerzo con Slurry Seal.

Bajo esta situación, para lo que queda del contrato, se propone lo siguiente:

- a) Continuar con el refuerzo de Slurry Seal, en los sectores donde el daño de la superficie no es crítico, con el fin de mantener la serviciabilidad.
- b) La conservación periódica pendiente, definitivamente tiene que ser el sistema Slurry Seal, por que el tratamiento monocapa, no ha respondido como se esperaba, aun en los sectores de bajo tránsito; hay que indicar que el Slurry Seal, ofrece un mejor acabado y en los tramos experimentales ha ofrecido un buen comportamiento que consta en los Estudios Técnicos para Cambio de Estándar del CGC, cuya evaluación se muestra en el Cuadro N° 6.06

Cuadro N° 6.06: Tramo Experimental Km. 125+00 – Km. 126+000

Tramo I	DESCRIPCIÓN
UBICACIÓN	Km. 125+500 – Km. 126+000
FECHAS	Estabilización de afirmado con emulsión 30-04-08 Colocación de Slurry Seal 06-06-08
MATERIALES Y DOSIFICACIÓN	Agregados de cantera Km. 113+600 (SM / A-1-a(0)) Emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta BP-CSE, 0,37 gl/m ²
EVALUACIÓN DEL TRAMO	La adherencia obtenida entre el slurry seal y la capa asfáltica estabilizada, es excelente. Buen comportamiento del conjunto.

Fuente: Estudios Técnicos para Cambio de Estándar del CGC

CONCLUSIONES

- Haciendo uso de la metodología para el cálculo del IRI, se realizó las mediciones de la rugosidad en la superficie del tramo en estudio, Km. 100+000 – Km. 102+000, tal como se detalla a continuación:

PROGRESIVA		IRI OBTENIDO	Condición de la superficie del pavimento (Estándares del Banco Mundial)
DEL	AL		
100+000	101+000	4.59	Malo
101+000	102+000	4.88	Malo

La evaluación de la condición de la superficie del pavimento, se realizó de acuerdo a los Estándares del Banco Mundial, Cuadro N° 3.02, que corresponde a la clasificación más exigente. Según la clasificación de MTC – Provias Cuadro N° 3.02, esta correspondería a una condición del pavimento como regular. Teniendo en cuenta que se está clasificando tratamientos superficiales, ninguna de las dos tablas correspondería, por lo que esta clasificación solo es referencial. Bajo esta situación, la clasificación es un tema de discusión, hasta que este debidamente normado.

- De acuerdo a la sectorización, para todo el tramo Km. 100+000 – Km. 110+000, de acuerdo al Cuadro N° 5.03, se concluye que la condición de la superficie del pavimento es aceptable teniendo en cuenta que la rugosidad (IRI) es menor que seis.
- La aplicación del equipo Bump Integrator, sobre vías de bajo volumen de tránsito, resulta la más adecuada, por la operación sencilla, el procesamiento de datos inmediata, disponibilidad de equipos y altos rendimientos de operación, que permite tener la información actual del comportamiento superficial, sin tener que esperar procedimientos largos (como es el caso del Merlín), que cuando terminan de procesar la información, ya no representa el estado actual.
- De todas las causas de la pérdida de serviciabilidad estudiadas, la que tiene mayor incidencia en el desgaste prematuro de la superficie de rodadura, es el aumento de la demanda vehicular, específicamente el

incremento del tráfico pesado, que ocasiona mayor daño. A esto hay que agregar las deficiencias en el proceso constructivo.

- La vía debe quedar totalmente protegida a la exposición del agua (filtraciones, flujos, etc.), para asegurar su permanencia en el tiempo de operación previsto, por lo que es necesario hacer las cunetas de drenaje y sistemas de subdrenajes si fuera necesario.
- La sectorización o tramificación, que se muestra en la Figura N° 5.02, es la parte final de la evaluación superficial, que permite identificar sectores homogéneos, es decir sectores de similar comportamiento superficial. En base a ello se definen las medidas correctivas en los sectores malos, para no perder el confort y la seguridad. Estos sectores homogéneos que se a identificado en el tramo a controlar (Km. 100+000 – Km. 110+000), pueden servir también para dividir el tramo, y en cada uno de ellos ubicar adecuadamente las secciones de calibración, que si sea representativa del tramo a evaluar.
- Es importante distinguir dos aspectos:
 - Una es la medición de campo del IRI, con el equipo Bump Integrator, que toma en cuenta las secciones libres de la vía.
 - Otra, es la vía integra que esta compuesta de gibas, geometría sinuosa, anchos variables e insuficientes, puntos críticos, singularidades en la vía (resto de roca en la vía), que la medida del IRI no refleja por que solo es una lectura de la superficie y no sirve para evaluar la serviciabilidad, por lo que no se ha hecho el calculo del PSI (Índice de Serviciabilidad Presente), por que no seria representativo.
- Se necesita un mayor número de secciones de calibración, para obtener mas puntos y así definir adecuadamente la ecuación de correlación que mejor representa la condición superficial del pavimento, mínimo serian seis secciones de calibración, para que se tenga la posibilidad de eliminar uno de ellos, si es necesario.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la programación de estudios de mejoramiento a los diseños geométricos, que influyen negativamente en la mejora del confort, por que seguir conviviendo con estas deficiencias, impedirá mejorar el nivel de serviciabilidad.
Si se quiere levantar el nivel de serviciabilidad, haciendo solo trabajos superficiales, como se ha venido desarrollando, representará en el tiempo un trabajo inútil, sin sentido y antieconómico.
- Hay que plantear la reubicación de los canales, que se encuentran en las zonas de cultivo, por los problemas de filtración mostrados y las consecuencias que trae sobre la vía, asimismo por que limitan el ancho de la vía, constituyendo un problema constante para la conservación.
- Se recomienda el uso del equipo Bump Integrator, para vías de bajo volumen de tránsito, por que permite evaluar rápidamente la condición funcional del pavimento, para decidir oportunamente que trabajo aplicar, teniendo en cuenta que la labor del contratista conservador es de prevención.
- Es necesario mejorar los anchos de la plataforma del pavimento, ya que algunos tramos de la vía cuentan con anchos extremadamente reducidos, en los que no se pueden ejecutar cunetas, ya que la construcción de la misma, reduciría aún más el ancho de la vía, dificultando de manera importante la transitabilidad en estos tramos
- Hacer un recorrido previo, de todo el tramo a evaluar y en base a la inspección visual y la experiencia, definir los sectores homogéneos y en cada uno de ellos ubicar las secciones de calibración.
- Continuar con los trabajos de monitoreo de la rugosidad de la vía, pero haciendo uso del equipo Bump Integrator, que permite tener información actual del comportamiento superficial, la tendencia de su evolución y cual será su comportamiento en el futuro.

BIBLIOGRAFIA

- CONSORCIO GESTION DE CARRETERAS, Estudios técnicos para el cambio de estándar de afirmado a solución Básica Carretera: Cañete – Yauyos – Chupaca Tramo: Zuñiga – Desv. Yauyos – Ronchas. Lima 2008, www.proviasnac.gob.pe
- CONSORCIO LOS ANDES, Estudio Definitivo para el Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera: Ayacucho-Abancay, Tramo: KM.154+000 – KM.210+000, www.proviasnac.gob.pe
- DAS BRAJA M. Fundamentos De Ingeniería Geotécnica, Editorial Limusa, Mexico 1973.
- MTC - DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES. Manual de Diseño de Carreteras pavimentadas de bajo volumen de tráfico. Lima Marzo del 2008
- MTC - DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras – DG 2001. Lima Marzo del 2001
- MTC - DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES. Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carretera EG-2000. Lima 2000.

ANEXOS

ANEXO 01

PROCESAMIENTO DE DATOS

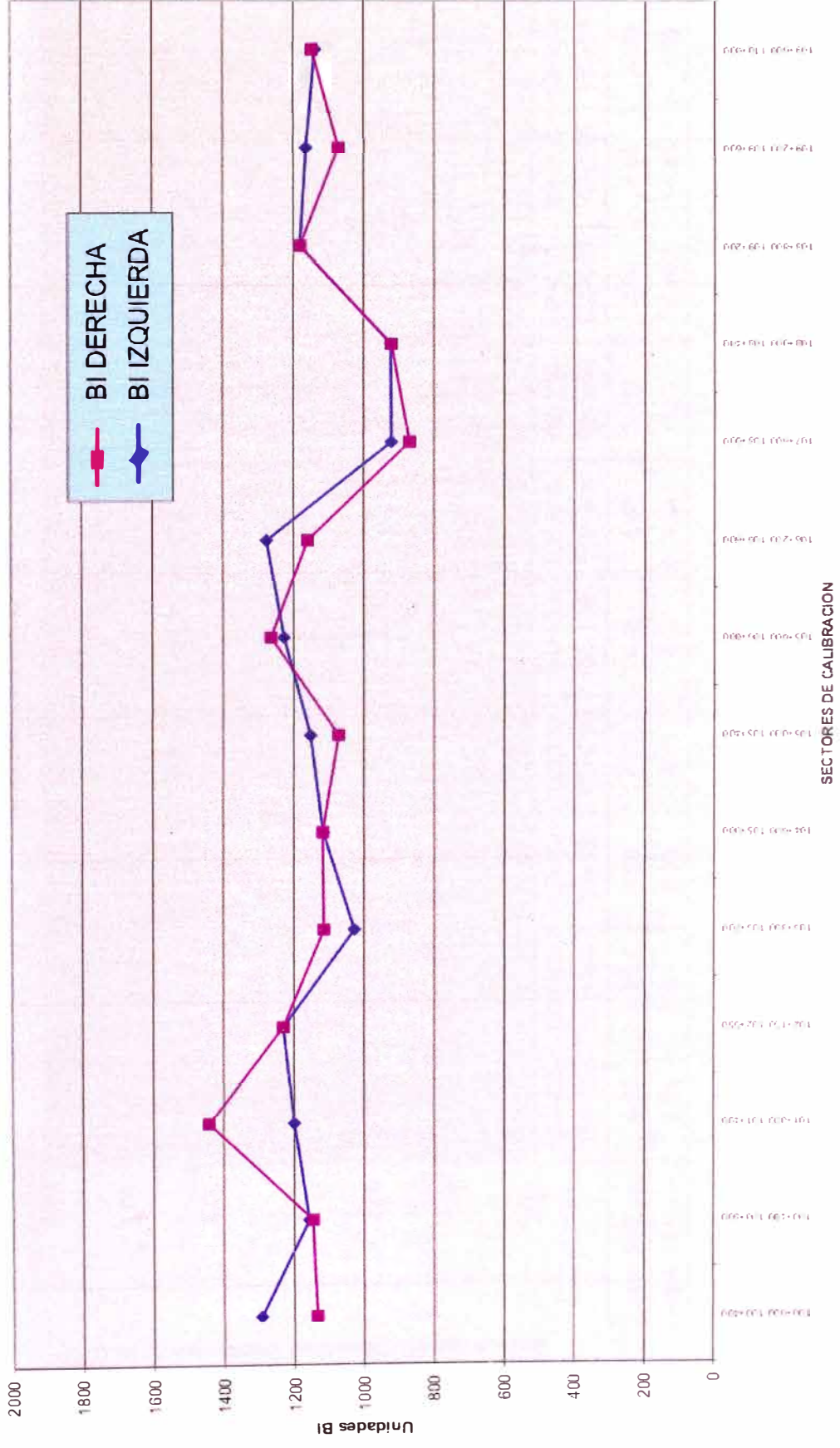
Cuadro N ° 1.01: Datos BI Tomados de Campo

PROGRESIVA		GRUPO	IZQUIERDA			PROM. IZQ.	DERECHA			PROM. DER.	BI PROM.
DEL	AL										
100+000	100+400	G 1	1437	1029	1411	1292.33	1143	1131	1128	1134.00	1213.17
100+400	100+800		1140	1118	1210	1156.00	1156	1078	1204	1146.00	1151.00
101+000	101+400		1198		1202	1200.00	1468	1435	1421	1441.33	1320.67
102+150	102+550	G 2		1260	1202	1231.00	1150	1279	1261	1230.00	1230.50
103+300	103+700		1014	1035	1035	1028.00	1124	1089	1131	1114.67	1071.33
104+600	105+000	G 3	1093	1142	1113	1116.00	1133	1104	1117	1118.00	1117.00
105+000	105+400		1182	1122	1152	1152.00	1041	1106	1072	1073.00	1112.50
105+600	106+000		1203	1232	1247	1227.33	1300	1268	1223	1263.67	1245.50
106+200	106+600	G 4	1415	1205	1208	1276.00	1169		1150	1159.50	1217.75
107+600	108+000		943	914	906	921.00	833	879	899	870.33	895.67
108+000	108+400	G 5	885	912	974	923.67	923	918	926	922.33	923.00
108+800	109+200		1160	1171	1212	1181.00	1165	1178	1203	1182.00	1181.50
109+200	109+600			1134	1193	1163.50	1034	1103	1080	1072.33	1117.92
109+600	110+000		1091	1150	1175	1138.67	1094	1144	1206	1148.00	1143.33

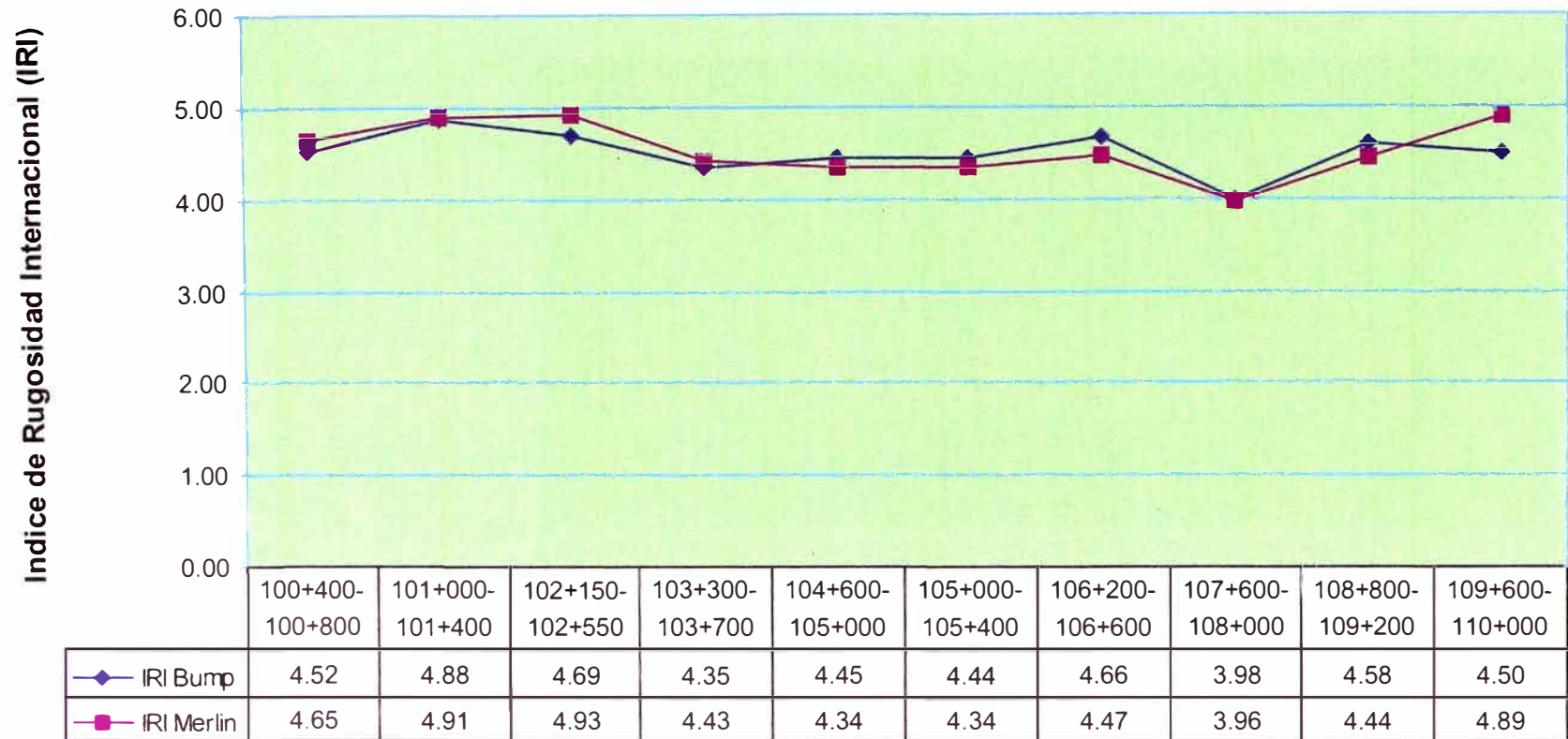
Cuadro N ° 1.02: Valores IRI Obtenidos con Ecuación de Calibración

PROGRESIVA		GRUPO	PROM. IZQ.	PROM. DER.	BI PROM.	IRI OBTENIDO
DEL	AL					
100+000	100+400	G 1	1292.33	1134.00	1213.17	4.65
100+400	100+800		1156.00	1146.00	1151.00	4.52
101+000	101+400		1200.00	1441.33	1320.67	4.88
102+150	102+550	G 2	1231.00	1230.00	1230.50	4.69
103+300	103+700		1028.00	1114.67	1071.33	4.35
104+600	105+000	G 3	1116.00	1118.00	1117.00	4.45
105+000	105+400		1152.00	1073.00	1112.50	4.44
105+600	106+000		1227.33	1263.67	1245.50	4.72
106+200	106+600	G 4	1276.00	1159.50	1217.75	4.66
107+600	108+000		921.00	870.33	895.67	3.98
108+000	108+400	G 5	923.67	922.33	923.00	4.04
108+800	109+200		1181.00	1182.00	1181.50	4.58
109+200	109+600		1163.50	1072.33	1117.92	4.45
109+600	110+000		1138.67	1148.00	1143.33	4.50

VALORES BI OBTENIDOS EN CAMPO KM 100+000 - KM 110+000



Comparacion de Valores de IRI Bump - Merlin



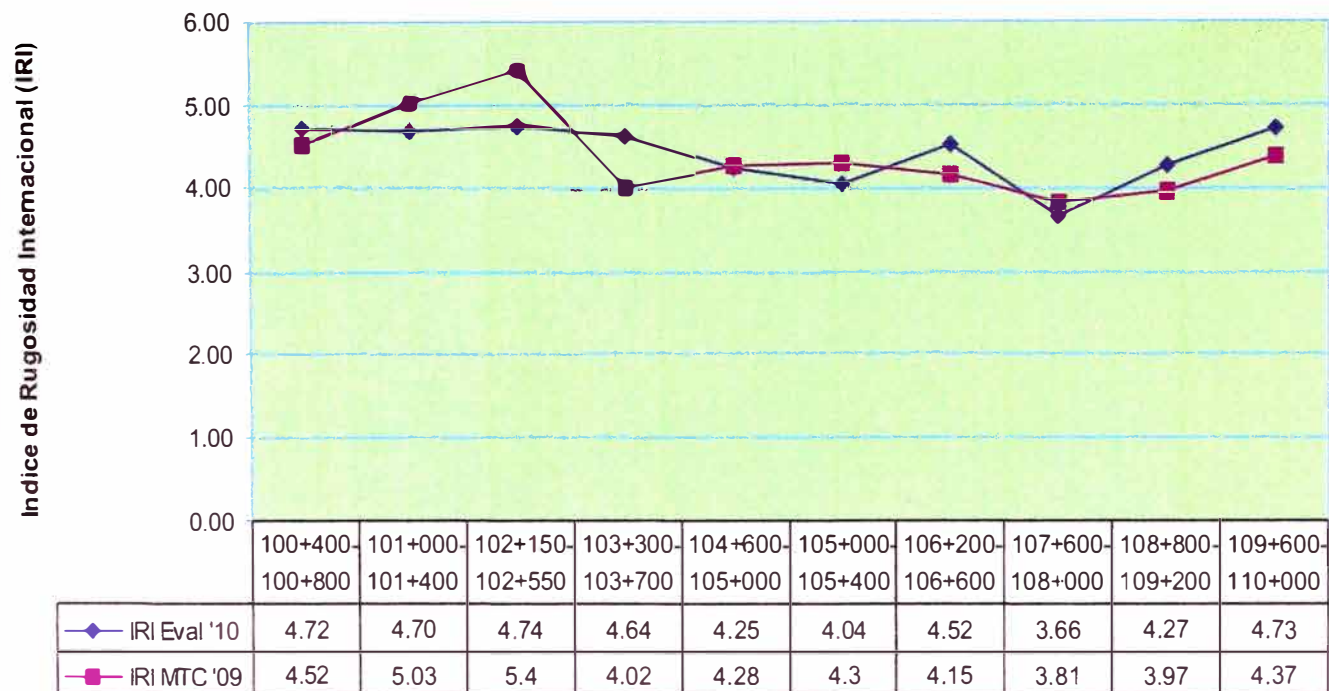
CONCLUSIONES:

1.- Se observa que la curva del IRI Bump, calculada a partir de la Ecuacion de Correlacion, en base a los valores del IRI Merlin, es muy proxima a la curva IRI Merlin, con ligeras variaciones y con un promedio cuya variacion es menos del 0.5%, lo cual nos permite afirmar, que la Ecuacion de Correlacion seleccionada, es la que mas se ajusta y representa el comportamiento superficial del pavimento.

HUELLA: PERIODO:	DERECHA	
	2010	2009
PROGRESIVAS	IRI EVAL. CAMPO	IRI MTC
100+400-100+800	4.72	4.52
101+000-101+400	4.70	5.03
102+150-102+550	4.74	5.4
103+300-103+700	4.64	4.02
104+600-105+000	4.25	4.28
105+000-105+400	4.04	4.3
106+200-106+600	4.52	4.15
107+600-108+000	3.66	3.81
108+800-109+200	4.27	3.97
109+600-110+000	4.73	4.37

PROMEDIO	4.43	4.39
-----------------	-------------	-------------

Evolucion del IRI: Periodo 2009 - 2010



CONCLUSIONES:

1.- La Evaluacion de Campo del 2010, con respecto al IRI del MTC del 2009, presenta variaciones por encima y algunas por debajo al IRI de referencia, este comportamiento se debe, a que en algunos sectores tiene refuerzos con Slurry Seal al tratamiento actual, quedando la curva de evaluacion por debajo de la referencia, y en otros por encima donde se ha mantenido el tratamiento monocapa.

ANEXO 02

MEDICIONES DE RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

**Cuadro N° 2.01: Resumen de los Valores IRI (Merlin)
Evaluacion de Campo 15 mayo 2010**

PROGRESIVA		GRUPO	PROM. IZQ.	PROM. DER.	IRI PROM.
DEL	AL				
100+400	100+800	G 1	4.58	4.72	4.65
101+000	101+400		5.11	4.70	4.91
102+150	102+550	G 2	5.11	4.74	4.93
103+300	103+700		4.22	4.64	4.43
104+600	105+000	G 3	4.43	4.25	4.34
105+000	105+400		4.64	4.04	4.34
106+200	106+600	G 4	4.42	4.52	4.47
107+600	108+000		4.25	3.66	3.96
108+800	109+200	G 5	4.60	4.27	4.44
109+600	110+000		5.05	4.73	4.89

PROMEDIO

4.53



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



Ministerio de Transportes y Comunicaciones

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL - IRI

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

CODIGO DEL ARCHIVO	TRAMO		DISTANCIA	IRI	FECHA DE ENSAYO
	PROG. INICIAL	PROG. FINAL			
I - 31	79+500	79+900	A 1.00m del borde	4.64	29/06/2009
I - 32	79+900	80+300	A 1.00m del borde	3.51	29/06/2009
I - 33	80+300	80+700	A 1.00m del borde	3.49	29/06/2009
I - 34	80+700	81+100	A 1.00m del borde	3.74	29/06/2009
I - 35	81+900	82+300	A 1.00m del borde	6.32	29/06/2009
I - 36	82+300	82+700	A 1.00m del borde	3.50	29/06/2009
I - 37	83+000	83+400	A 1.00m del borde	5.89	29/06/2009
I - 38	84+000	84+400	A 1.00m del borde	5.05	29/06/2009
I - 39	84+400	84+800	A 1.00m del borde	4.01	29/06/2009
I - 40	84+800	85+200	A 1.00m del borde	4.02	29/06/2009
I - 41	85+200	85+600	A 1.00m del borde	4.55	29/06/2009
I - 42	86+130	86+530	A 1.00m del borde	3.85	03/07/2009
I - 43	87+400	87+800	A 1.00m del borde	4.02	03/07/2009
I - 44	88+500	88+900	A 1.00m del borde	3.61	04/07/2009
I - 45	89+000	89+400	A 1.00m del borde	4.56	04/07/2009
I - 46	90+500	90+900	A 1.00m del borde	4.51	04/07/2009
I - 47	91+200	91+600	A 1.00m del borde	4.32	04/07/2009
I - 48	92+400	92+800	A 1.00m del borde	2.91	10/07/2009
I - 49	93+200	93+600	A 1.00m del borde	3.34	10/07/2009
I - 50	94+300	94+700	A 1.00m del borde	2.99	10/07/2009
I - 51	95+600	96+000	A 1.00m del borde	4.55	10/07/2009
I - 52	96+400	96+800	A 1.00m del borde	5.01	10/07/2009
I - 53	97+200	97+600	A 1.00m del borde	4.30	10/07/2009
I - 54	98+000	98+400	A 1.00m del borde	5.05	10/07/2009
I - 55	99+100	99+500	A 1.00m del borde	4.51	10/07/2009
I - 56	100+000	100+400	A 1.00m del borde	5.09	30/06/2009
I - 57	100+400	100+800	A 1.00m del borde	4.52	30/06/2009
I - 58	100+800	101+200	A 1.00m del borde	5.42	30/06/2009
I - 59	101+200	101+600	A 1.00m del borde	4.64	30/06/2009
I - 60	102+400	102+800	A 1.00m del borde	5.40	30/06/2009

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

CODIGO DEL ARCHIVO	TRAMO		DISTANCIA	IRI	FECHA DE ENSAYO
	PROG. INICIAL	PROG. FINAL			
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
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



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



Ministerio de Transportes y Comunicaciones

CARRIL DE ENSAYO : DERECHO
CARPETA DE
RODADURA : SLURRY SEAL

CODIGO DEL ARCHIVO	TRAMO			LADO IZQ	LADO DER	IRI (m/km) PROMEDIO	FECHA DE ENSAYO
	PROG. INICIAL	-	PROG. FINAL	IRI (m/km)	IRI (m/km)		
I - 01	100+000	-	100+400		4.79		01/10/2009
I - 02	100+400	-	100+800		4.70		01/10/2009
I - 03	97+200	-	97+600		4.24		01/10/2009
I - 04	79+500	-	79+900		4.05		02/10/2009
I - 05	79+900	-	80+300		3.74		02/10/2009
I - 06	84+000	-	84+400		4.11		02/10/2009
I - 07	84+400	-	84+800		4.84		02/10/2009
I - 08	90+500	-	90+900		4.64		02/10/2009
I - 09	98+000	-	98+400		5.12		02/10/2009
I - 10	99+800	-	100+200	5.98			
I - 11	97+800	-	98+200	4.71			
I - 12	91+100	-	91+500	4.11			
I - 13	84+600	-	85+000	4.90			
I - 14	80+100	-	80+500	3.81			
I - 15	76+600	-	77+000	4.90			
I - 16	72+000	-	72+400	2.98			
I - 17	66+600	-	67+000	3.68			
I - 18	59+900	-	60+300	3.70			
I - 19	139+300	-	139+700		4.46		
I - 20	140+600	-	141+000	3.72	3.74	3.73	
I - 21	141+600	-	142+000	3.34	3.26	3.30	
I - 22	142+600	-	143+000	3.12	3.16	3.14	
I - 23	143+600	-	144+000	3.44	3.29	3.36	
I - 24	144+000		144+400	3.09	3.29	3.19	
I - 25	145+600	-	146+000	3.84	3.34	3.59	
I - 26	146+000	-	146+400	3.60	4.02	3.81	
I - 27	147+000	-	147+400	3.72	3.37	3.54	
I - 28	149+200	-	149+600	4.29	3.89	4.09	
I - 29	149+600	-	150+000	4.41	3.96	4.18	
I - 30	150+000	-	150+400	3.85	4.07	3.96	

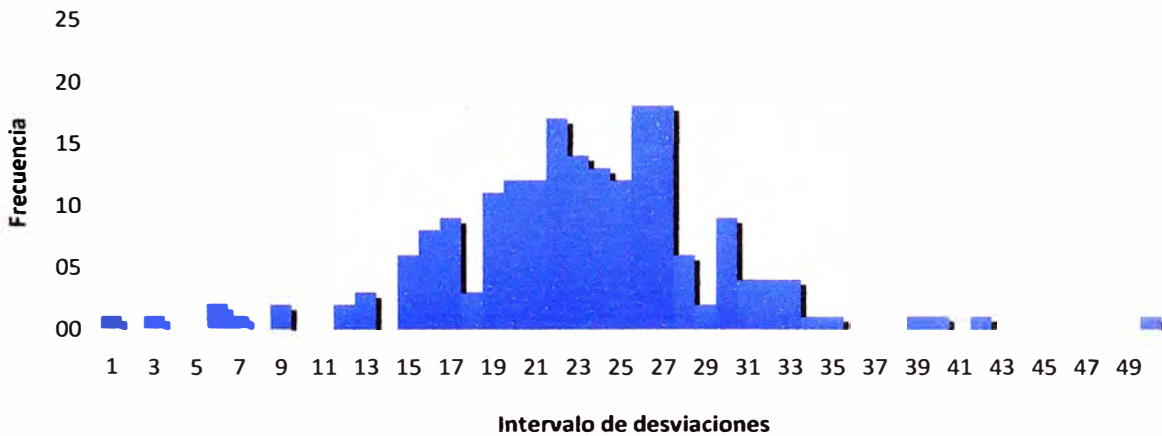
INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL

ENSAYO CON EQUIPO MERLIN - DATOS DE CAMPO

DATOS DEL ENSAYO N°		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
Proyecto:	Corredor Vial N° 13	1	24	33	23	24	26	21	27	29	25	24
Sector:	Catahuasi - Chupaca	2	22	25	22	26	22	26	16	27	26	19
Tramo (km):	100+400 100+800	3	32	22	26	34	27	26	20	22	30	26
Fecha:	15 de Mayo 2010	4	23	25	18	22	26	31	1	21	26	26
Sentido:	Ascendente	5	19	18	22	15	23	27	40	22	23	27
Carril:	Derecho	6	13	12	27	24	17	26	20	23	26	16
Tipo de Sup.:	Slurry Seal sobre Monocapa	7	22	12	30	23	25	19	26	25	20	27
DATOS DEL OPERADOR		8	9	16	20	6	25	32	31	15	20	28
Nombre:	Mesias M.	9	17	28	18	24	27	24	26	22	19	33
DATOS DEL EQUIPO:		10	22	7	25	30	26	27	42	30	23	21
Serie:	541	11	17	22	27	28	21	17	39	22	23	24
SUPERVISADO POR :		12	23	15	32	24	20	21	19	23	21	28
		13	24	21	15	28	23	27	24	25	16	21
OBSERVACIONES:		14	16	30	3	25	27	29	50	20	19	24
		15	19	24	20	6	17	16	21	19	17	30
		16	24	20	9	30	27	23	15	21	17	33
		17	17	19	20	30	19	26	22	27	21	16
		18	16	32	22	23	22	26	13	22	25	23
		19	20	21	17	33	15	28	27	25	13	35
		20	27	27	25	26	19	30	20	27	31	31


desv.	cant.
01	01
02	00
03	01
04	00
05	00
06	02
07	01
08	00
09	02
10	00
11	00
12	02
13	03
14	00
15	06
16	08
17	09
18	03
19	11
20	12
21	12
22	17
23	14
24	13
25	12
26	18
27	18
28	06
29	02
30	09
31	04
32	04
33	04
34	01
35	01
36	00
37	00
38	00
39	01
40	01
41	00
42	01
43	00
44	00
45	00
46	00
47	00
48	00
49	00
50	01
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:	10.49	e = 6.47 mm
F.C. =	0.892	

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

Valor Máximo:	50	D = 19.67	IRI calculado según la ecuación de correlación del TRRL: $IRI = 0,593 + 0,0471 \times D$
Valor Mínimo:	01		
IRI =	4.72	m/km	

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL

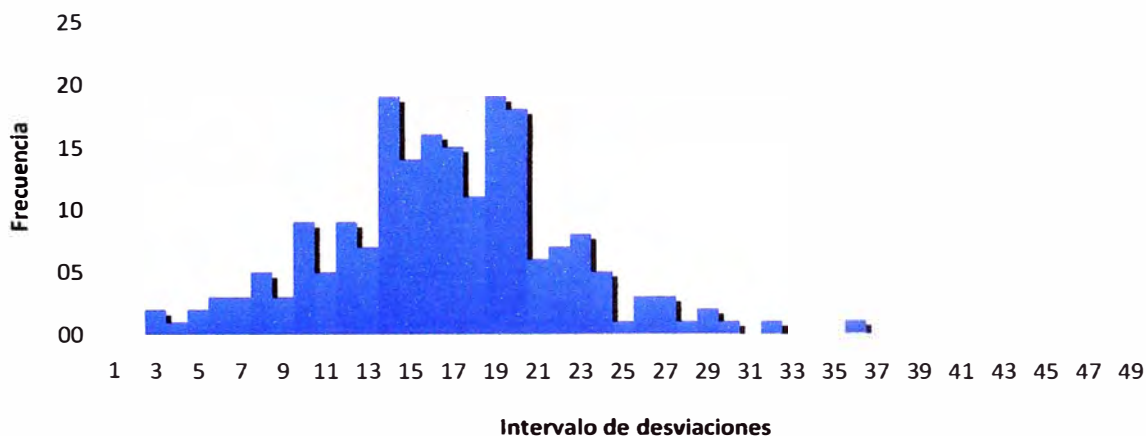
ENSAYO CON EQUIPO MERLIN - DATOS DE CAMPO

DATOS DEL ENSAYO N°		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
Proyecto:	Corredor Vial N° 13	1	23	10	26	20	19	10	17	17	19	16
Sector:	Cañete - Catahuasi	2	16	16	19	19	9	10	17	14	14	6
Tramo (km):	100+400 100+800	3	7	14	20	4	13	18	23	22	18	17
Fecha:	15 de Mayo 2010	4	16	17	10	9	19	17	22	22	15	20
Sentido:	Descendente	5	16	15	19	11	14	19	6	14	18	19
Carril:	Izquierdo	6	12	19	11	14	16	20	16	18	23	18
Tipo de Sup.:	Slurry Seal sobre Monocapa	7	16	12	20	8	15	10	29	19	19	18
DATOS DEL OPERADOR		8	13	20	17	16	15	24	13	19	8	17
Nombre:	Mesias M.	9	16	17	24	17	19	20	14	12	20	23
DATOS DEL EQUIPO:		10	14	23	22	11	26	12	7	13	20	20
Serie:	541	11	14	20	14	19	19	21	15	13	3	20
SUPERVISADO POR :		12	18	24	25	10	17	16	19	26	27	21
		13	11	21	22	22	23	16	20	18	24	15
OBSERVACIONES:		14	24	14	19	14	21	18	14	14	3	12
		15	12	14	17	16	15	13	17	30	14	10
		16	14	12	20	8	12	23	6	7	10	10
		17	15	5	22	14	17	18	27	15	27	29
		18	14	21	19	17	16	20	32	28	15	15
		19	8	8	15	12	16	13	21	36	20	15
		20	11	18	16	19	20	20	15	5	23	9

desv. cant.


01	00
02	00
03	02
04	01
05	02
06	03
07	03
08	05
09	03
10	09
11	05
12	09
13	07
14	19
15	14
16	16
17	15
18	11
19	19
20	18
21	06
22	07
23	08
24	05
25	01
26	03
27	03
28	01
29	02
30	01
31	00
32	01
33	00
34	00
35	00
36	01
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

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:	10.49	e= 6.47 mm
F.C. =	0.892	

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

Valor Máximo:	36	D= 19.00	IRI calculado según la ecuación de correlación del TRRL: IRI = 0,593 + 0,0471xD
Valor Mínimo:	03		
IRI=	4.58	m/km	

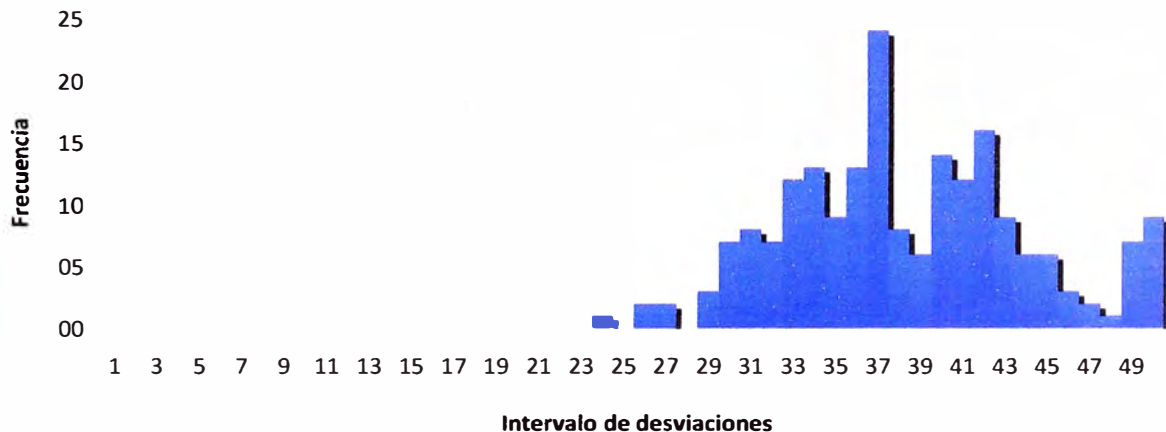
INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL

ENSAYO CON EQUIPO MERLIN - DATOS DE CAMPO

DATOS DEL ENSAYO N°		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
Proyecto:	Corredor Vial N° 13	1	33	35	34	49	37	41	34	33	39	42
Sector:	Catahuasi - Chupaca	2	29	40	27	44	36	38	24	36	31	37
Tramo (km):	101+000 101+400	3	50	27	39	49	42	44	36	33	31	41
Fecha:	15 de Mayo 2010	4	30	50	38	50	49	43	31	26	29	34
Sentido:	Ascendente	5	50	44	37	43	41	37	35	42	40	35
Carril:	Derecho	6	44	33	37	43	49	44	38	37	26	38
Tipo de Sup.:	Slurry Seal sobre Monocapa	7	49	31	45	43	42	43	39	35	31	42
DATOS DEL OPERADOR		8	30	37	41	40	31	42	40	37	42	37
Nombre:	Mesias M.	9	33	32	32	41	47	43	37	32	34	40
DATOS DEL EQUIPO:		10	36	37	39	34	50	43	45	42	40	37
Serie:	541	11	37	40	33	36	33	49	34	41	42	35
SUPERVISADO POR :		12	37	37	35	37	34	40	41	45	34	30
Ing. Arturo Hernández Guillen		13	44	37	32	42	34	45	36	40	40	31
OBSERVACIONES:		14	41	36	42	34	37	43	40	41	33	36
		15	40	34	34	43	35	45	46	32	37	42
Hay presencia de una giba, en el Km. 101+980		16	37	40	46	37	33	45	36	42	33	40
		17	38	32	39	30	42	36	35	30	35	50
		18	36	50	30	37	33	42	42	37	29	32
		19	46	34	47	38	36	41	33	41	30	37
		20	39	49	48	38	50	36	41	50	31	38


desv.	cant.
01	00
02	00
03	00
04	00
05	00
06	00
07	00
08	00
09	00
10	00
11	00
12	00
13	00
14	00
15	00
16	00
17	00
18	00
19	00
20	00
21	00
22	00
23	00
24	01
25	00
26	02
27	02
28	00
29	03
30	07
31	08
32	07
33	12
34	13
35	09
36	13
37	24
38	08
39	06
40	14
41	12
42	16
43	09
44	06
45	06
46	03
47	02
48	01
49	07
50	09
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:	10.49	e= 6.47 mm	
F.C. =	0.892		

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

Valor Máximo:	50	D= 19.57	IRI calculado según la ecuación de correlación del TRRL: IRI = 0,593 + 0,0471xD
Valor Mínimo:	24		
IRI=	4.70	m/km	

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL

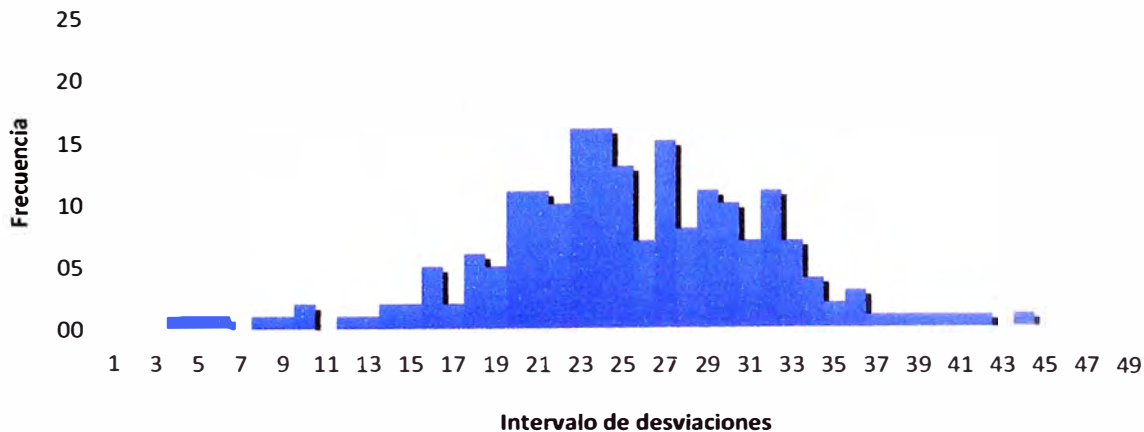
ENSAYO CON EQUIPO MERLIN - DATOS DE CAMPO

DATOS DEL ENSAYO N°		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
Proyecto:	Corredor Vial N° 13	1	23	40	42	21	30	33	34	18	29	31
Sector:	Catahuasi - Chupaca	2	29	21	36	8	25	27	33	20	33	19
Tramo (km):	101+000 101+400	3	19	23	18	27	23	21	16	13	34	25
Fecha:	15 de Mayo 2010	4	26	25	25	20	27	30	17	4	19	29
Sentido:	Descendente	5	28	21	20	28	28	36	20	30	23	31
Carril:	Izquierdo	6	25	25	25	23	26	32	15	27	6	18
Tipo de Sup.:	Slurry Seal sobre Monocapa	7	22	31	27	26	5	25	10	35	14	25
DATOS DEL OPERADOR		8	32	23	25	31	27	21	24	26	31	24
Nombre:	Mesias M.	9	21	29	23	27	27	20	18	24	24	24
DATOS DEL EQUIPO:		10	20	24	22	28	29	24	23	10	12	28
Serie:	541	11	24	16	23	31	14	22	27	24	39	27
SUPERVISADO POR :		12	23	29	28	29	26	22	21	9	22	25
		13	32	30	36	20	24	18	22	35	22	22
OBSERVACIONES:		14	20	32	21	32	27	21	16	23	21	27
		15	24	24	23	26	27	30	25	26	15	24
Hay presencia de una giba, en el Km. 101+980		16	27	37	29	32	32	33	25	18	34	23
		17	33	23	32	20	32	21	17	23	20	28
		18	33	29	28	24	33	27	16	30	31	30
		19	38	24	16	19	34	32	24	30	23	22
		20	32	19	20	44	30	41	29	29	22	30

desv. cant.

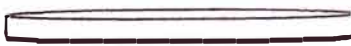
01	00
02	00
03	00
04	01
05	01
06	01
07	00
08	01
09	01
10	02
11	00
12	01
13	01
14	02
15	02
16	05
17	02
18	06
19	05
20	11
21	11
22	10
23	16
24	16
25	13
26	07
27	15
28	08
29	11
30	10
31	07
32	11
33	07
34	04
35	02
36	03
37	01
38	01
39	01
40	01
41	01
42	01
43	00
44	01
45	00
46	00
47	00
48	00
49	00
50	00
Total	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:	10.49	$e = 6.47 \text{ mm}$
F.C. =	0.892	

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

Valor Máximo:	44	$D = 21.50$	IRI calculado según la ecuación de correlación del TRRL: $IRI = 0,593 + 0,0471 \times D$
Valor Mínimo:	04		
IRI =	5.11	m/km	

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL

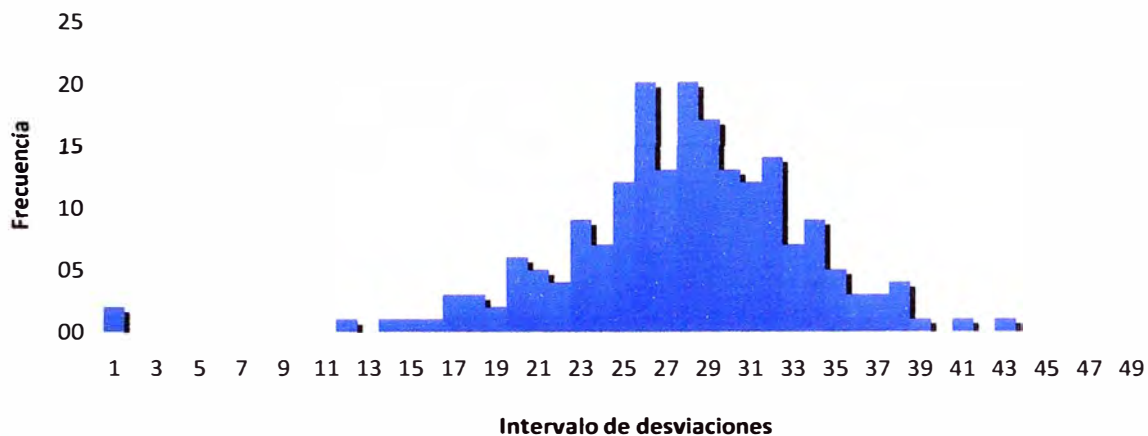
ENSAYO CON EQUIPO MERLIN - DATOS DE CAMPO

DATOS DEL ENSAYO N°		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
Proyecto:	Corredor Vial N° 22	1	30	24	20	18	16	26	34	24	27	29
Sector:	Cañete - Catahuasi	2	29	29	26	22	34	22	31	23	32	26
Tramo (km):	106+200 106+600	3	26	28	38	27	25	31	29	32	25	27
Fecha:	15 de Mayo 2010	4	23	29	31	24	26	26	32	31	31	30
Sentido:	Ascendente	5	26	34	38	27	35	32	28	28	32	17
Carril:	Derecho	6	15	31	30	36	35	33	26	35	29	26
Tipo de Sup.:	Monocapa	7	33	34	29	30	21	19	36	31	25	21
DATOS DEL OPERADOR		8	18	29	28	31	29	25	32	30	18	37
Nombre:	Mesias M.	9	23	29	23	31	23	20	28	27	41	33
DATOS DEL EQUIPO:		10	30	27	38	28	29	24	30	23	01	43
Serie:	541	11	28	28	28	27	29	27	34	32	32	30
SUPERVISADO POR :		12	28	33	27	28	26	31	29	32	37	36
		13	39	22	35	17	25	23	27	26	20	28
OBSERVACIONES:		14	25	38	34	32	26	28	33	31	28	28
		15	28	34	31	14	30	27	30	37	28	22
		16	26	33	28	21	30	28	24	26	30	30
		17	32	29	25	01	21	21	35	26	23	25
		18	32	34	27	17	25	24	25	28	29	25
		19	23	20	26	12	29	34	24	26	32	20
		20	29	20	27	19	33	26	26	32	26	25

desv. cant.


01	02
02	00
03	00
04	00
05	00
06	00
07	00
08	00
09	00
10	00
11	00
12	01
13	00
14	01
15	01
16	01
17	03
18	03
19	02
20	06
21	05
22	04
23	09
24	07
25	12
26	20
27	13
28	20
29	17
30	13
31	12
32	14
33	07
34	09
35	05
36	03
37	03
38	04
39	01
40	00
41	01
42	00
43	01
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:	10.49	e= 6.47 mm
F.C. =	0.892	

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

Valor Máximo:	43	D= 18.67	IRI calculado según la ecuación de correlación del TRRL: IRI = 0,593 + 0,0471xD
Valor Mínimo:	01		
IRI=	4.51	m/km	

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL

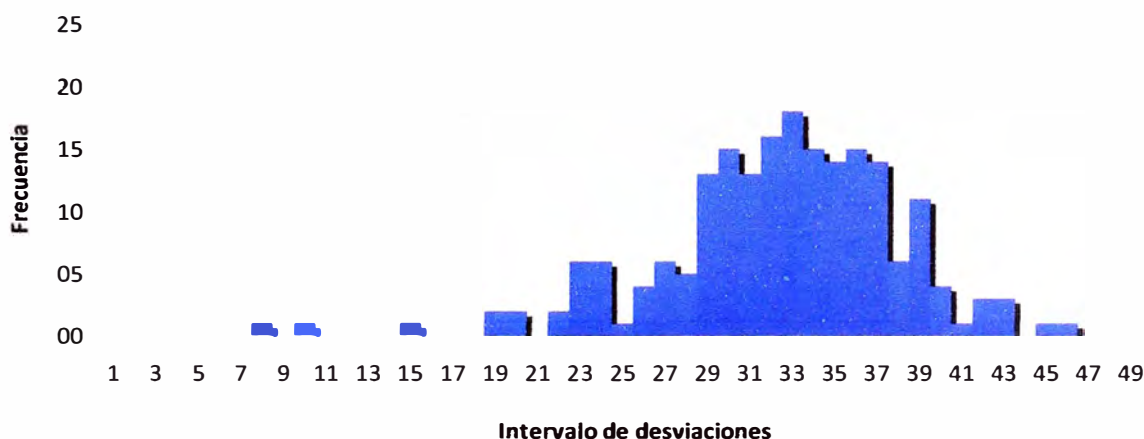
ENSAYO CON EQUIPO MERLIN - DATOS DE CAMPO

DATOS DEL ENSAYO N°		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
Proyecto:	Corredor Vial N° 22	1	20	42	33	34	36	39	32	32	23	33
Sector:	Cañete - Catahuasi	2	24	36	40	27	27	33	33	24	30	15
Tramo (km):	106+200 106+600	3	31	23	33	35	36	31	27	34	29	35
Fecha:	15 de Mayo 2010	4	30	23	35	28	31	34	37	34	39	30
Sentido:	Descendente	5	28	37	32	42	32	27	40	33	30	41
Carril:	Izquierdo	6	22	33	34	37	36	29	39	31	26	33
Tipo de Sup.:	Monocapa	7	29	37	38	29	35	39	31	29	31	38
DATOS DEL OPERADOR		8	45	37	32	31	36	37	33	32	23	37
Nombre:	Mesias M.	9	37	32	29	36	30	34	33	39	24	31
DATOS DEL EQUIPO:		10	38	35	30	29	29	32	36	37	32	32
Serie:	541	11	37	30	46	26	33	24	30	32	39	43
SUPERVISADO POR :		12	28	35	30	40	34	34	28	39	08	36
		13	30	37	39	31	34	10	23	36	35	26
OBSERVACIONES:		14	33	33	29	29	33	38	32	32	33	34
		15	34	30	38	29	32	36	34	35	37	37
		16	27	36	29	39	35	34	43	34	29	24
		17	24	30	36	19	35	32	38	36	27	33
		18	28	32	37	42	30	25	34	33	43	39
		19	31	30	39	31	31	35	35	35	20	35
		20	36	19	40	22	23	31	33	26	36	30

desv. cant.

01	00
02	00
03	00
04	00
05	00
06	00
07	00
08	01
09	00
10	01
11	00
12	00
13	00
14	00
15	01
16	00
17	00
18	00
19	02
20	02
21	00
22	02
23	06
24	06
25	01
26	04
27	06
28	05
29	13
30	15
31	13
32	16
33	18
34	15
35	14
36	15
37	14
38	06
39	11
40	04
41	01
42	03
43	03
44	00
45	01
46	01
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:	11.00	e= 6.47 mm
F.C. =	0.924	

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

Valor Máximo:	46	D= 17.58	IRI calculado según la ecuación de correlación del TRRL: IRI = 0,593 + 0,0471xD
Valor Mínimo:	08		
IRI=	4.42	m/km	

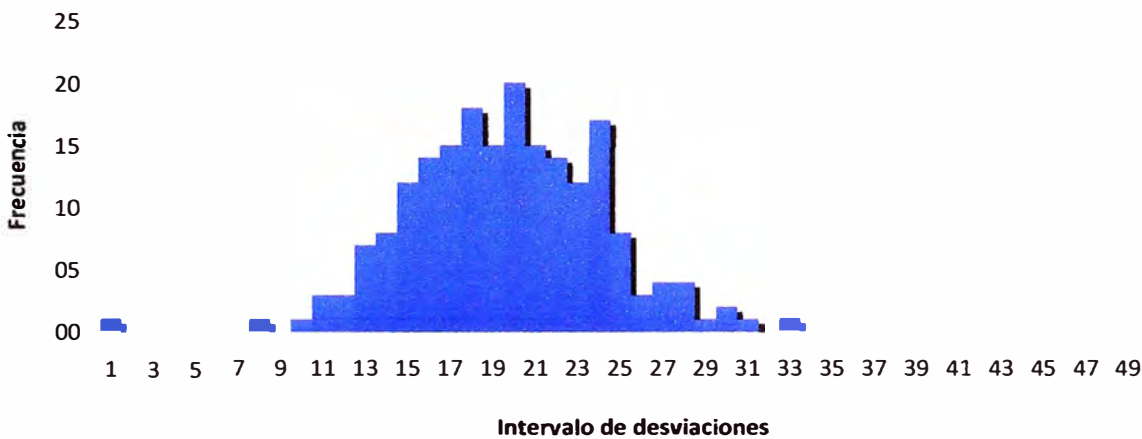
INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL

ENSAYO CON EQUIPO MERLIN - DATOS DE CAMPO

DATOS DEL ENSAYO N°		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
Proyecto:	Corredor Vial N° 22	1	16	20	19	15	13	18	21	20	24	19
Sector:	Cañete - Catahuasi	2	22	16	13	24	20	23	24	17	14	14
Tramo (km):	107+600 108+000	3	20	19	21	22	08	19	20	22	25	27
Fecha:	15 de mayo 2010	4	23	14	24	19	18	19	16	30	17	22
Sentido:	Ascendente	5	20	22	20	21	23	18	25	24	19	26
Carril:	Derecho	6	19	17	22	17	21	24	23	15	19	16
Tipo de Sup.:	Monocapa	7	17	21	21	18	17	31	24	28	01	21
DATOS DEL OPERADOR		8	19	16	18	22	28	15	26	28	11	24
Nombre:	Mesias M.	9	17	12	15	27	24	20	30	22	14	27
DATOS DEL EQUIPO:		10	14	10	19	24	23	18	26	25	15	16
Serie:	541	11	13	20	14	18	23	18	33	23	16	25
SUPERVISADO POR :		12	19	20	15	13	20	19	23	12	22	13
		13	21	15	20	21	17	17	18	20	22	24
OBSERVACIONES:		14	28	18	16	17	27	16	21	18	20	18
		15	23	20	21	23	16	21	20	15	24	22
		16	17	16	18	18	20	20	18	15	24	24
		17	16	13	23	21	29	25	14	22	16	11
		18	17	17	15	22	19	17	18	24	20	11
		19	13	20	14	24	25	18	15	17	25	24
		20	22	16	21	12	23	19	18	25	15	21

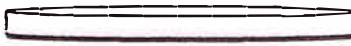
desv.	cant.
01	01
02	00
03	00
04	00
05	00
06	00
07	00
08	01
09	00
10	01
11	03
12	03
13	07
14	08
15	12
16	14
17	15
18	18
19	15
20	20
21	15
22	14
23	12
24	17
25	08
26	03
27	04
28	04
29	01
30	02
31	01
32	00
33	01
34	00
35	00
36	00
37	00
38	00
39	00
40	00
41	00
42	00
43	00
44	00
45	00
46	00
47	00
48	00
49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

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	Esesor de pastilla
Posición Final del Puntero:	10.49	$e = 6.47 \text{ mm}$ 
F.C. =	0.892	

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

Valor Máximo:	33	D= 14.61	IRI calculado según la ecuación de correlación del TRRL:
Valor Mínimo:	01		
IRI=	3.66	m/km	$IRI = 0,593 + 0,0471xD$

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL

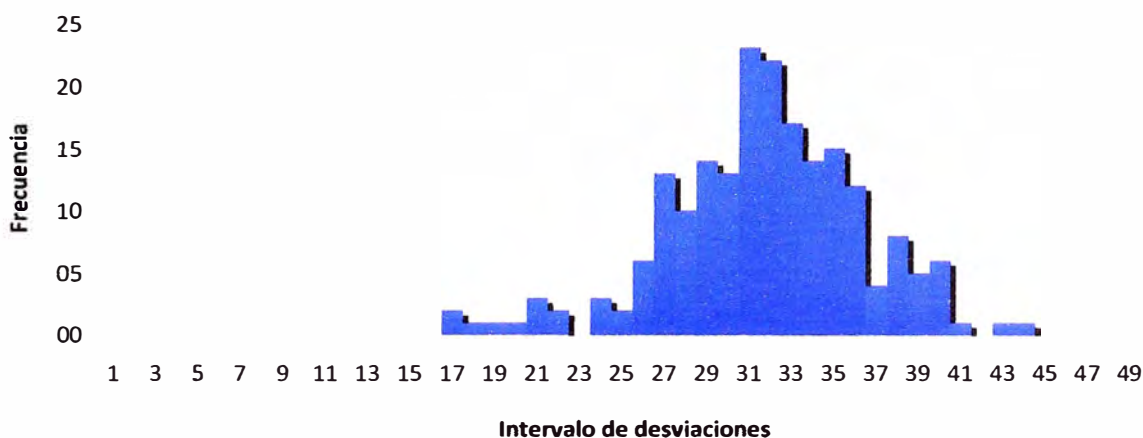
ENSAYO CON EQUIPO MERLIN - DATOS DE CAMPO

DATOS DEL ENSAYO N°		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
Proyecto:	Corredor Vial N° 22	1	40	30	33	32	31	33	31	22	32	31
Sector:	Cañete - Catahuasi	2	33	38	36	33	28	24	29	29	24	28
Tramo (km):	107+600 108+000	3	28	34	39	32	33	31	34	29	30	31
Fecha:	15 de mayo 2010	4	29	30	34	34	34	20	32	29	29	41
Sentido:	Descendente	5	30	35	36	32	31	27	30	32	34	27
Carril:	Izquierdo	6	29	36	36	36	34	19	32	43	35	21
Tipo de Sup.:	Monocapa	7	28	31	35	36	38	33	31	31	29	38
DATOS DEL OPERADOR		8	44	31	30	32	36	26	29	22	39	18
Nombre:	Mesias M.	9	28	24	34	38	39	27	35	25	31	26
DATOS DEL EQUIPO:		10	36	32	27	33	31	25	39	26	32	40
Serie:	541	11	29	32	35	38	35	26	33	32	31	35
SUPERVISADO POR :		12	27	27	33	31	31	31	40	27	32	30
		13	21	32	28	35	34	30	35	32	40	31
OBSERVACIONES:		14	29	37	35	33	28	36	26	26	32	37
		15	28	30	32	36	32	29	30	34	33	35
		16	32	35	31	35	30	31	28	31	17	27
		17	34	34	36	40	31	29	32	33	30	30
		18	31	33	27	31	38	27	32	38	33	36
		19	34	39	38	33	35	21	33	27	40	17
		20	32	35	28	27	37	33	29	34	27	37

desv. cant.

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

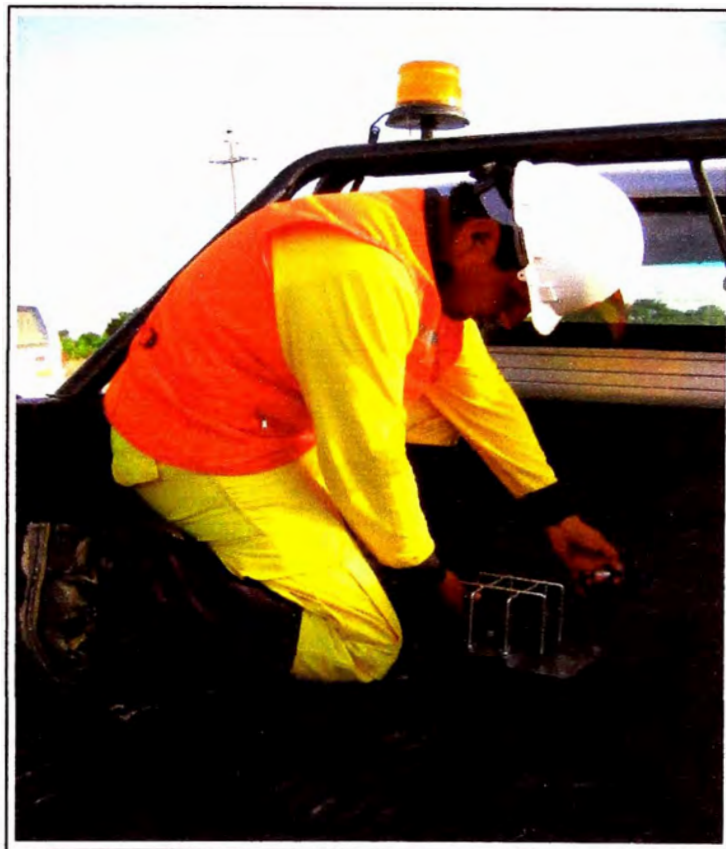
Posición Inicial del Puntero:	25.00	Espesor de pastilla
Posición Final del Puntero:	11.00	
F.C. =	0.924	e= 6.47 mm

INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

Valor Máximo:	44	D= 16.80	IRI calculado según la ecuación de correlación del TRRL: $IRI = 0,593 + 0,0471 \times D$
Valor Mínimo:	17		
IRI=	4.25	m/km	

ANEXO 03

PANEL FOTOGRAFICO



Fotografia N° 01: Instalacion del Sensor en la Parte Posterior del Vehiculo



Fotografia N° 02: Instalacion del Adquisidor de Datos



Fotografía N° 03: Alcantarilla Tipo TMC 24" Km. 100+970



Fotografía N° 04: Presencia de Gibas en el Sector Km. 101 + 500



Fotografia N° 05: Inicio del Tramo de Estudio Km. 100+000



**Fotografia N° 06: Sector de Refuerzo con Slurry Seal sobre Monocapa
Km. 100+260**



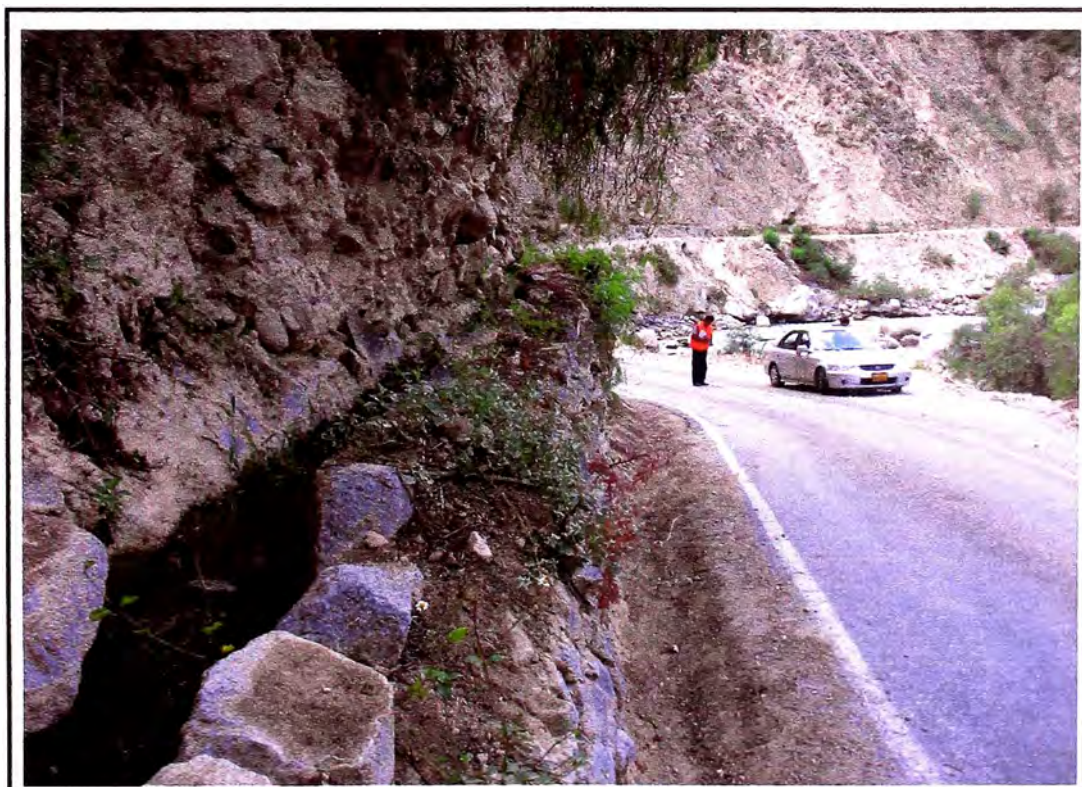
Fotografia N° 07: Zona Critica Sector Erosionado



Fotografia N° 08: Presencia de Fisuras Km. 101+400



Fotografia N° 09: Filtraciones de Canal de Piedra Km.102+400



Fotografia N° 10: Filtraciones de Canal de Piedra Km. 114+000