

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



**EVALUACIÓN DE RUGOSIDAD CON EQUIPO BUMP
INTEGRATOR
MONITOREO DE CONSERVACIÓN CARRETERA
CAÑETE-HUANCAYO Km 116+000 AL Km 118+000**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

MARIO FÉLIX UCHASARA QUISPE

Lima- Perú

2010

ÍNDICE

RESUMEN	4
LISTA DE CUADROS	5
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	7
INTRODUCCIÓN	8
CAPITULO I: GENERALIDADES	
1.1. ANTECEDENTES	9
1.2. UBICACIÓN	11
1.3. CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA	
1.3.1. Aspectos Geográficos y Climáticos	12
1.3.2. Aspectos Geológicos	14
1.3.3. Aspectos Geotécnicos	15
1.3.4. Características de la carretera	15
1.4. TRAMO EN ESTUDIO Km 116+000 AL Km 118+000	
1.4.1. Ubicación	16
1.4.2. Topografía y Clima del Tramo en Estudio	16
1.4.3. Condición Situacional del Tramo en Estudio	17
CAPITULO II: ESTADO DEL ARTE DEL METODO	19
CAPITULO III: MARCO TEORICO	
3.1. EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO	24
3.2. RUGOSIDAD	
3.2.1. Conceptos de parametros	25

3.2.2. Método para la medición de la rugosidad	28
3.3. METODO DE EVALUACION DE RUGOSIDAD CON EL EQUIPO BUMP INTEGRATOR	
3.3.1. Marco Teórico del Equipo	30
3.3.2. Equipos Tipo Respuesta (RTRRM)	30
3.3.3. Equipo Tipo Respuesta – Bump Integrator	31
3.3.4. Medición con el Equipo Tipo Respuesta – Bump Integrator	32
3.3.5. Calibración de Rugosímetro - Bump Integrator	33
3.3.6. Procedimiento de Calibración del Equipo Bump Integrator	33
CAPITULO IV: APLICACIÓN DEL MÉTODO TRAMO Km 116+000 - Km 118+000	
4.1. RECOPIACIÓN DE DATOS	
4.1.1. Descripción de la toma de datos	35
4.1.2. Equipo empleado para la toma de datos	36
4.1.3. Toma de datos en campo	37
4.2. CALIBRACIÓN DEL EQUIPO BUMP INTEGRATOR	38
4.3. PROCESAMIENTO DE DATOS	41
CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS	42
CONCLUSIONES	44
RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS	47

RESUMEN

En el presente informe se desarrolla la evaluación funcional de la carretera Cañete-Huancayo en el tramo comprendido entre las progresivas Km 116+000 al Km 118+000, mediante la determinación de la rugosidad para las condiciones en que se encuentra la vía, lo que permitirá evaluar el comportamiento en el tiempo del tratamiento superficial aplicado en la vía.

Para determinar el comportamiento de la funcionabilidad de la vía se emplea el equipo tipo respuesta Bump Integrator con el que se determina la rugosidad (IRI) de la vía y que proporcionará información para la toma de decisiones del mantenimiento o rehabilitación de la carretera.

El cálculo matemático del Índice Internacional de Rugosidad relaciona la acumulación del desplazamiento de la carretera, de la masa superior con respecto a la inferior, dividido entre la distancia recorrida sobre un camino transitado por el vehículo a una velocidad de 40Km/h; el valor IRI se expresa en unidades de mm/m, m/Km., in/milla, etc.

El desarrollo consiste primeramente en efectuar la selección de sub tramos que representen la condición promedio del pavimento, evitando discontinuidades que dificulten y/o conlleven a error en la toma de datos. A continuación se determina una ecuación de calibración que relaciona los valores IRI del equipo Merlin con los valores BI del equipo Bump Integrator medidos en los mismos sub tramos; luego se utiliza esta ecuación para determinar los valores IRI de ida y de vuelta para el tramo en estudio. Posteriormente calculamos los valores PSI, con los nuevos valores IRI, para determinar la transitabilidad del tramo estudiado, clasificándose los valores PSI en una escala entre el valor 0 al 5, siendo la condición optima el máximo valor y la condición muy mala el mínimo valor.

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1.1. Cuadro de CBR por subsector y su calificación	15
Cuadro N° 3.1. Cuadro de calificación IRI	26
Cuadro N° 3.2. Escala de Calificación de la Serviciabilidad según AASHTO	27
Cuadro N° 4.1. Datos de BI tomados de subida	37
Cuadro N° 4.2. Datos de BI tomados de bajada	37
Cuadro N° 4.3. Secciones de Calibración	38
Cuadro N° 4.4. Numero de Impulsos registrados	39
Cuadro N° 4.5. Valores de IRI y BI Promedios	39
Cuadro N° 4.6. Valores de IRI y BI Promedios para ecuación de calibración	40
Cuadro N° 4.7. Ecuaciones de regresión	40
Cuadro N° 4.8. Valores de IRI en el tramo de estudio	41
Cuadro N° 5.1. Resultados de IRI obtenidos el 7 de julio de 2009	42
Cuadro N° 5.2. Resultados de IRI obtenidos el 22 de mayo de 2010 con el equipo Bump Integrator	42
Cuadro N° 5.3. Promedios de IRI con equipo Bump Integrator	43
Cuadro N° 5.4. Variación del IRI en el tramo estudiado	43

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1.1. Ubicación de la Carretera Cañete – Yauyos – Chupaca	12
Figura N° 1.2. Ubicación del tramo en estudio Km.116+000 al Km.118+000	16
Figura N° 1.3. Topografía del tramo en estudio Km.116+000 al Km.118+000	17
Figura N° 1.4. Sección típica de vía del tramo en estudio	18
Figura N° 2.1. Perfilometro GMR ROAD	19
Figura N° 2.2. Vehículo de Investigación quinta rueda experimento (IRRE)	22
Figura N° 3.1. Vehículo tipo respuesta	31
Figura N° 3.2. Traductor de rugosidad y Contador Bump Integrator (UNI)	32
Figura N° 4.1. Reconocimiento del tramo y ubicación de las interferencias	35
Figura N° 4.2. Toma de datos a una velocidad de 40km/h	36
Figura N° 4.3. Instalación del Equipo para la toma de dato	37
Figura N° 4.4. Gráfico de la Ecuaciones de regresión	41

LISTA DE SIMBOLOS Y DE SIGLAS

MTC	: Ministerio de Transporte y Comunicaciones
PROVIAS	: Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional
AASTHO	: Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transportes
SUCS	: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
ASTM	: Sociedad Americana de Ensayos de Materiales
CBR	: Relación de Soporte de California
IRI	: International Roughness Index (Índice de rugosidad internacional)
MERLIN	: Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation (Máquina para la evaluación rugosidad usando un instrumento de bajo costo)
PSI	: Índice de Serviciabilidad Presente
TRRL	: Transport and Road Research Laboratory (Laboratorio de investigación de transporte y seguridad vial)
IRRE	: Internacional Road Roughness Experiment (Experimento Internacional de la rugosidad de las carreteras)
REBITU	: Rugosímetro Electrónico Bump Integrator Tipo UNI

INTRODUCCIÓN

Conforme a los actuales programas de conservación vial, es necesario contar con información estándar de las vías que permita adoptar las medidas de prevención y planificación para una adecuada conservación de las mismas.

Las carreteras durante su vida útil son afectadas por diversos factores que producen fallas en su estructura, estos factores pueden ser climáticos, geológicos, tránsito vehicular no proyectado, inadecuado proceso constructivo, deficiente sistema de drenaje así como falta de mantenimiento. Estos factores generan deterioro de las carreteras y esto a su vez genera mayores costos, tanto de operación como de mantenimiento, así como mayores tiempos de transporte.

Se plantea evaluar los niveles de transitabilidad de la superficie de rodadura de la carretera Cañete-Huancayo del Km 116+000 al Km 118+000, determinando su rugosidad (IRI) mediante el empleo del equipo Bump Integrator, lo que permitirá brindar información de referencia para futuros monitoreos.

El presente informe consta de cinco capítulos. En el capítulo I se describe los antecedentes de la carretera desde su construcción en etapas desde los años 1920 hasta el año de 1958, los estudios de perfil para la rehabilitación y mejoramiento realizados en el año 2004, el contrato por niveles de servicios realizados en el 2008, entre Provias Nacional y el Consorcio Gestión de Carreteras, describe las características la vía y del tramo en estudio.

El capítulo II se hace una breve descripción del estado del arte del método desde el momento que se inicia los primeros estudios de evaluación de la rugosidad, los equipos tipo respuesta utilizados hasta llegar a la actualidad de evaluación económica con el rugosímetro Bump Integrator.

El capítulo III describe los conceptos de evaluación superficial, conceptos de IRI, serviciabilidad y el método de evaluación con el rugosímetro Bump Integrator, las características de medición y el procedimiento de calibración del equipo.

El capítulo IV corresponde a la aplicación de los conceptos descritos en el capítulo III al tramo de estudio y el capítulo V corresponde al análisis de los resultados.

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

La carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, se encuentra ubicado en los departamentos de Lima y Junín, abarca las provincias de Cañete, Yauyos, Chupaca y Concepción.

Esta carretera de penetración fue proyectada y ejecutada por etapas durante el gobierno de Augusto B. Leguía entre los años de 1920 y 1930, mediante la Ley decretada de la Conscripción Vial Territorial del Perú, sin embargo debido a hechos lamentables ocurridos durante la construcción y coincidiendo con la caída del gobierno de turno, todos los trabajos de la carretera quedaron paralizados.

Entre los años 1940 y 1944, se continúa con la construcción de la carretera, el tramo de la costa entre Cañete y Yauyos durante el gobierno de Manuel Prado Ugarteche, llegando a Yauyos en abril de 1944, siendo inaugurado por el propio presidente en junio de 1944, quedando postergado el tramo entre Yauyos – Huancayo.

En el año 1954 se retomaron los trabajos por encargo del gobierno central a través del Ministerio de Fomento en el tramo faltante entre Yauyos y Tomas, la cual estuvo a cargo del Ing. Max Atuncar, y ya en los últimos años del gobierno de Leguía, prosiguieron los trabajos en el tramo desde Parachaca hasta Alis terminándose la carretera en mayo de 1957.

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

En el año 1998 la Comisión de Promoción de Concesiones Privadas (PROMCEPRI) adjudicó la buena Pro al Consorcio “Asociación Aguas y Estructuras (AYESA) – ALPHA CONSULT SA” para realizar el servicio de consultoría a nivel de estudio definitivo de la carretera Lunahuaná - Huancayo.

En el año 2003, el Proyecto Especial Rehabilitación de Transportes (PERT) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) encargó al consultor Ing. Floriano Palacios León, (Contrato de Estudios N° 0412-2003-MTC/20 del 28.11.2003) la formulación del estudio de pre inversión a nivel de perfil de la carretera Ruta 22, Tramo: Lunahuaná – Yauyos – Chupaca de 271.73 km de longitud aproximadamente.

Con el Informe N° 838-2004-MTC/09.02 de 07 de septiembre de 2004, el Director de Inversiones de la Oficina General de Planificación y Presupuesto del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en su función de OPI - MTC aprueba el estudio de preinversión a nivel perfil de “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Lunahuaná - Dv Yauyos-Chupaca” identificado con Código SNIP N° 9895 y autorizó la formulación del siguiente nivel de estudios.

Con oficio N° 513-2004-MTC/09.02 de 16 septiembre de 2004 el Director General de la OPI - MTC solicita al Director General de Programación Multianual del Ministerio de Economía y Finanzas la exoneración del estudio de prefactibilidad y que se autorice la elaboración del estudio de Factibilidad del proyecto, en virtud que el perfil identificó claramente la alternativa seleccionada.

El Programa “Proyecto Perú” que fue creado por Resolución Ministerial N° 223-2007-MTC-02 y modificado por Resolución Ministerial N°408-2007-MTC/02 es parte del Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional (PROVIAS NACIONAL) con la finalidad de establecer un sistema de contratación de las actividades de conservación de la infraestructura vial, mediante contratos en los que las prestaciones se controlen por niveles de servicio y por plazos iguales o superiores a tres años, que implican el concepto de “transferencia de riesgo” al Contratista.

En el marco del programa del desarrollo vial “Proyecto Perú”, PROVIAS NACIONAL suscribió el CONTRATO DE SERVICIOS N° 288–2007 MTC/20 de 27 de diciembre del 2007, con el CONSORCIO GESTIÓN DE CARRETERAS por un período de cinco años, a fin que este brinde el Servicio de Conservación Vial por Niveles de Servicio de la Carretera: Cañete – Lunahuaná – Pacarán - Chupaca y Rehabilitación del Tramo: Zuñiga – Dv. Yauyos – Ronchas.

Con el objetivo de mejorar los niveles de serviciabilidad y transitabilidad de las carreteras de bajo volumen de tránsito de la red vial nacional, el MTC a través de PROVIAS NACIONAL suscribió un convenio de cooperación interinstitucional con la Universidad Nacional De Ingeniería (UNI) en agosto del 2008 por un periodo de cinco años, con el propósito de Acompañamiento y Monitoreo de los Trabajos del Servicio de Conservación Vial por Niveles de Servicio que se vienen llevando a cabo en el Corredor Vial N° 13: Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Chupaca, (Rehabilitación del tramo: Zúñiga – desvío Yauyos - Ronchas), y a su vez de esta experiencia elaborar una Norma Técnica de diseño de comportamiento en el tiempo de los pavimentos básicos.

La carretera Cañete-Yauyos-Huancayo se proyecta como una ruta alterna, la cual ayudará a aligerar el tránsito vehicular de carga y pasajeros de la Carretera Central, disminuyendo el tiempo de viaje entre Lima (Cañete) y Huancayo y permitiendo el transporte continuo de vehículos en momentos en que la carretera central se vea afectado por paros o huaycos.

1.2. UBICACIÓN

La carretera Cañete - Yauyos - Chupaca, forma parte de la Ruta N° PE-24 de la Red Vial Nacional, está ubicada en la parte centro oeste del país, conecta las provincias Cañete, Yauyos departamento de Lima y Chupaca, Concepción departamento de Junín, siguiendo el curso general del río Cañete.

Figura N° 1.1



Ubicación de la Carretera Cañete – Yauyos – Chupaca

Fuente: Proyecto Perú - Ministerio de Transporte y Comunicaciones

1.3. CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA

1.3.1. Aspectos Geográficos y Climáticos

La Geografía es muy variable pues abarca regiones de chala, yunga, quechua, suni y puna.

Entre Cañete y Lunahuana el valle presenta su mayor amplitud, ya que forma parte del cono de deyección del río Cañete, con mayor extensión de terrazas de cultivo, para pasar a zonas más estrechas según se aproxima a los contrafuertes andinos, los cerros que los rodean son básicamente afloramientos rocosos, accidentados, con depósitos coluviales y con escasas áreas de cultivos los que se desarrollan básicamente en los piedemontes y las terrazas aluviales. Los centros poblados que se encuentran a lo largo de la vía 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 que corresponde a la región Yunga.

Continúa la vía por la región Quechua (2300 msnm – 3500 msnm), donde el valle se estrecha más, cuyos fondos planos escasos, predominando las laderas escarpas de gran altitud, con pendientes superiores en promedio a 60%. Los pueblos ubicados en esta región son: Tinco Huantan (2640 msnm) en el km 140+360, Llapay (2950 msnm) en el km 154+300, y Alis (3261 msnm) en el km 163+100. Al otro lado de la cordillera se ubica Ronchas (3358 msnm) en el km 255+185.

Se continúa ascendiendo llegando a la región suni o jalca (3500 msnm a 4000 msnm), donde el escenario aun mantiene su fisonomía anterior, Presenta aun los contrafuertes andinos, en donde a medida que se va ascendiendo los valles y quebradas se van abriendo. La localidad llamada Tomas (km 171+090) se ubicada en esta región. Se encuentra a 3566 msnm. Al otro lado de la cordillera se ubican: San José de Quero (3908 msnm) en el km 229+300, Chaquicocha (3650 msnm) en el km 239+600, y Collpa (3508 msnm) en el km 246+200.

La carretera atraviesa también la región Puna, que comprende las altitudes entre los 4000 msnm y 4800 msnm, presentar un relieve predominantemente llano en donde en las cumbres más altas es posible observar glaciares y retos de antiguas morrenas. Para pasar desde el sector occidental al oriental o viceversa es necesario hacerlo por las abras o pasos, que son los sectores más bajos en estas altitudes. Los pueblos que se encuentran son Tinco Yauricocha (4040 msnm) en el km 181+680, Abra Chaucha (4751 msnm) en el km 193+510 y Abra Negro Bueno (4666 msnm) en el km 211+320).

Finalmente la carretera inicia un descenso paulatino, siendo el relieve predominantemente abrupto con valles no tan estrechos, siendo el agente modelador el río. En esta región se encuentran las localidades de: San José de Quero (3908 msnm) en el km. 231+105, Colca (3508 msnm) en el Km. 248+005, Roncha (3458 msnm) en el km. 256+990 y Chupaca (3270 msnm) en el km. 273+531.

El Clima es variante pues la vía abarca territorios de la costa y sierra que va desde los 71 m.s.n.m. Cañete hasta los 4800 m.s.n.m. Abra Negro.

Yunga: Esta región se caracteriza por ser de sol dominante durante casi todo el año. La temperatura fluctúa entre 20°C y 27°C durante el día; las noches son frescas, como consecuencia de la temperatura del suelo y los vientos que bajan de las regiones más altas.

Quechua: El clima es variado; la temperatura es templada con notable diferencia entre el día y la noche. Con una temperatura media anual que fluctúa entre 11°C y 16°C; las máximas entre 22°C y 29°C; y las mínimas entre 7°C y -4°C. La humedad atmosférica es poco sensible, aún cuando el suelo es normalmente húmedo, como consecuencia de las lluvias que caen con regularidad en el verano (diciembre a marzo).

Suni o Jalca: El clima es frío debido a que a mayor altitud el aire se enfría, otro factor importante son los vientos locales. La temperatura media anual fluctúa entre 7°C y 10°C, las máximas son superiores incluso a 20°C esto sobre todo en los días soleados, y mínimas invernales de -1°C a -16°C. El aire es transparente y las nubes son muy blancas y brillantes. La precipitación promedio es de 800 mm por año.

Puna: La temperatura media anual es superior a 0°C e inferior a 7°C. La máxima entre setiembre y abril, es superior a 15°C llegando hasta 22°C. Las mínimas absolutas, entre mayo y agosto oscilan entre -9°C y -25°C. La precipitación fluctúa entre 200 mm y 1000 mm al año.

1.3.2. Aspectos Geológicos

La geología del área presenta rocas ígneas y sedimentarias que van desde el Jurásico hasta el Terciario y los depósitos son de origen aluvial, eluvial, deluvial, coluvial, fluvio-glaciar, entre otros.

Los factores geológico estructurales, geomorfológicos e hidrológicos juegan un rol importante en el comportamiento geodinámico de la cuenca del río Cañete, se han podido detectar eventos como deslizamientos, derrumbes, erosión fluvial, huaycos, erosión de laderas, entre otros que han modificado y modifican el relieve de la cuenca.

1.3.3. Aspectos Geotécnicos

Los estudios realizados por el Consorcio Gestión de Carreteras, corresponden a suelos propios del terreno de fundación y materiales de construcción realizados con anterioridad, encontrándose entre los Km. 57+000 al Km. 130+000, predominante arena y grava limosa que en el sistema SUCS clasifican como GC-GM, en el sistema AASHTO es variable entre A-1-b(0), A-2-4(0) y presencia de bolonerías en poca proporción en la capa superior, mientras que a partir de 0,40 aumenta su presencia a 50%, entre los Km. 130+000 al Km. 258+000 se encuentra con suelos del tipo Arenas y gravas limosas y arcillosa clasificando en el sistema SUCS como GC, GC-GM, SC, SC-SM y en el AASHTO, A-2-4(0).

1.3.4. Características de diseño de la carretera

El estudio de suelos realizado en el año 2008 por el Consorcio Gestión de Carreteras presenta los siguientes valores de CBR como se muestra en el cuadro N° 1.1, las calicatas realizadas fueron a una profundidad de 1.50mts aproximadamente, la proyección de tráfico se realizó para un periodo de cinco años.

Cuadro N° 1.1

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

Cuadro de CBR por subsector y su calificación

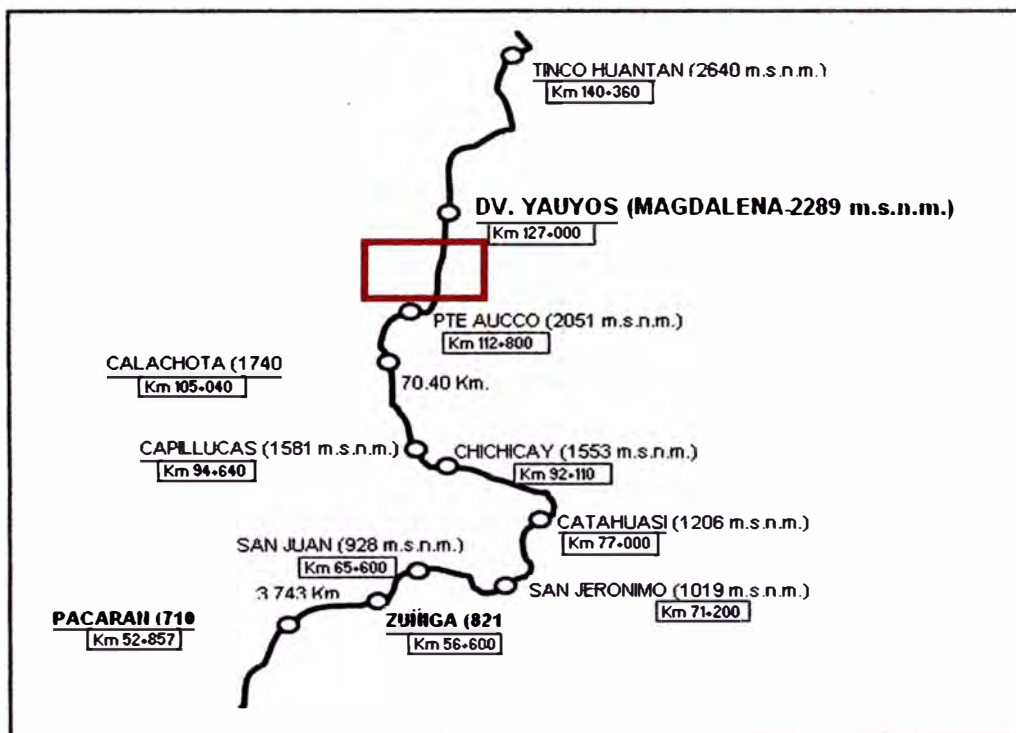
Fuente: Consorcio Gestión de Carreteras, 2008

1.4. TRAMO EN ESTUDIO KM. 116+000 AL KM. 118+000

1.4.1. Ubicación

El tramo en estudio, se encuentra ubicado entre las provincias de Cañete y Yauyos en el departamento de Lima, se inicia en el Km. 116+000 y finaliza en el Km. 118+000 de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, entre el Pte. Aucco (2051 m.s.n.m.) y Dv. Yauyos (Magdalena 2289 m.s.n.m.).

Figura N° 1.2



Ubicación del tramo en estudio Km. 116+000 al Km. 118+000

1.4.2. Topografía y Clima del Tramo en Estudio

El tramo en estudio se desarrolla paralelo al río Cañete, presenta una topografía empinadas con una pendiente que superan el 40%, mientras que el fondo de los valles estrechos, desciende con pendientes de hasta 30%. Predominan las vertientes abruptas sobre las formaciones colinosas. Presenta rocas que forma parte el inicio del contrafuerte andino y material rocoso suelta sobre las faldas de los cerros.

Existen numerosos derrumbes y desprendimientos de roca entre los Km. 115+500 – Km.117+400, Km. 117+400 – Km. 118 + 300

El clima del lugar es seco característico de la región yunga la temperatura varía entre los 20°C y 27°C en el día y por las noches son frescas.

Las lluvias que por lo general son muy escasas se producen durante el verano entre los meses de diciembre a abril, la precipitación media anual es de 27,8mm dato tomado de la estación Catahuasi y 15.7mm media anual tomado de la estación Pacarán.

Figura N° 1.3



Topografía del tramo en estudio Km 116+000 al Km 118+000

1.4.3. Condición Situacional del Tramo en Estudio

La vía en estudio presenta escasas obras de drenaje y continuamente hay deslizamiento de las rocas sueltas que se encuentra en las laderas hacia la vía y como consecuencia la vía presenta fallas del tipo grietas de borde, huecos y la irregularidad de la superficie de rodadura.

Las curvas tienen un diseño geométrico deficiente ya que no cuentan con la longitud de transición mínima para pasar de una curva a otra.

La vía presenta un ancho variable que va desde lo 2.8m hasta 5m, cuenta con cunetas de tierra, la vía por ser de un solo carril el vehículo en el momento de ceder el pase al vehículo contrario invade a las cuneta y por su falta de mantención la vía continuamente se ve inundada por agua excedente del regadío.

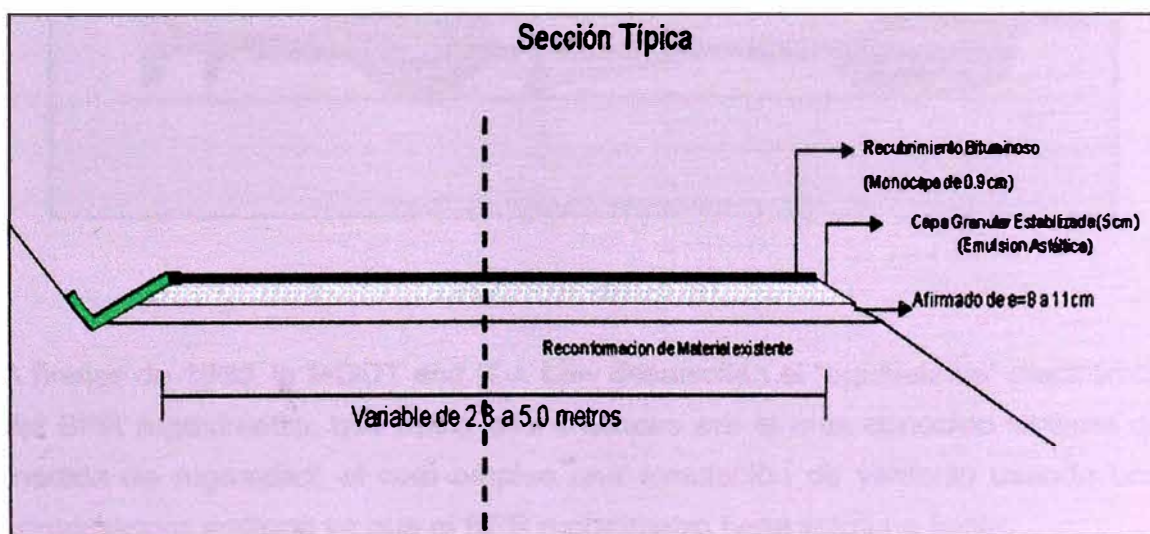
La presencia de gibas hace que los vehículos transiten disminuyendo la velocidad cada vez que se encuentren con una de ellas, esto para la toma de datos de campo es bastante perjudicial ya que no se logra conservar una velocidad constante que es la adecuada para esto. Para el tramo del km 116+000 al Km 118+000 se encontraron 2 unidades.

La propuesta del Contratista para el tramo en estudio consistió en un cambio de estándar de Afirmado a un tratamiento monocapa sobre una superficie tratada (afirmado + emulsión) que contiene material bituminoso lo cual le brinda impermeabilización y se coloca para recubrir la estructura del pavimento.

Componentes de la sección típica.

- 1.- Plataforma de cimentación con material existente
- 2.- Sub-base: capa granular con material de cantera (8 -11 cm.)
- 3.- Base: capa granular (5-6.5cm)
- 4.- Recubrimiento Bituminoso "Monocapa" (0.8 - 1cm)

Figura N° 1.4



Sección típica de vía del tramo en estudio

Fuente: Clases de Titulación 2010 – Ing. Edwin Apolinario M.

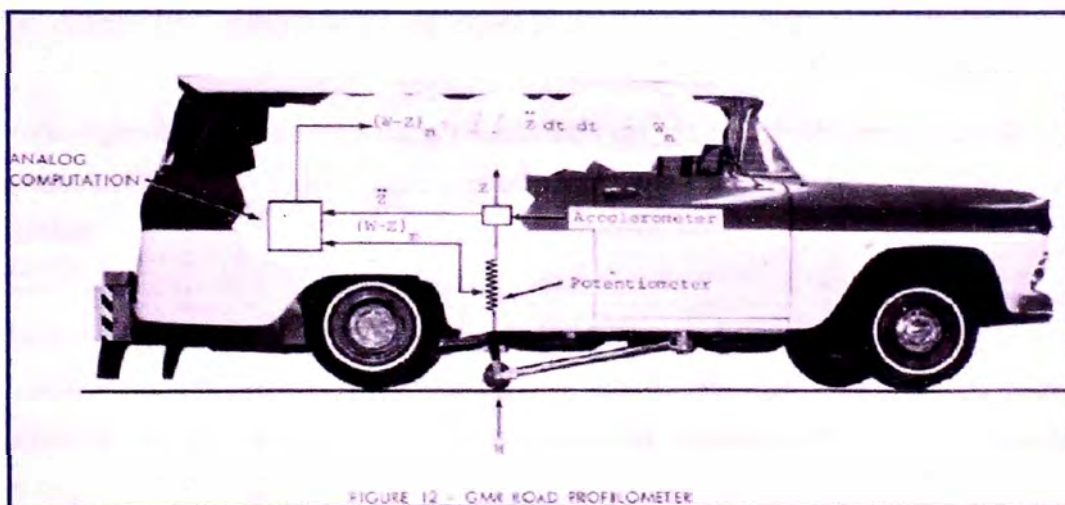
CAPITULO II: ESTADO DEL ARTE DEL METODO

Desde el año 1940 se viene llevando a cabo el estudio y evaluación de la rugosidad con el equipo tipo respuesta, se inicia en los Estados Unidos para evaluar la superficie de los aeropuertos y vehículos de uso militar.

Posteriormente la TRRL (Transport and road research laboratory) desarrolla los primeros prototipos de equipos para la medición de la superficie de rodadura de las carreteras a través de métodos computacionales.

En el año 1960 General Motor (GMR) desarrolla el primer prototipo del perfilómetro acoplados al vehículo, Poco después el departamento de transporte de Michigan (MDOT), posteriormente llamado Departamento del Estado de Caminos y Transporte de Michigan, construyó el segundo perfilómetro GMR en cooperación con GMR.

Figura N° 2.1



Perfilómetro GMR ROAD

A finales de 1960, la MDOT and K.J. Law desarrollan el "equivalente" electrónico del BPR rugosímetro, que hasta ese entonces era el más conocido sistema de medida de rugosidad, el cual emplea una simulación de vehículo usando una computadora análoga ya que el BPR rugosímetro tiene solo una llanta.

El vehículo equivalente fue llamado BPR rugosímetro de simulación de un cuarto de carro (BPR/QCS). El BPR/QCSs usado por MDOT and K.J. Law tiene ecuaciones idénticas en su forma a un modelo matemático de texto de estudio usado para describir varios sistemas dinámicos siendo esta la primera aplicación de este modelo para cuantificar la rugosidad de la vía.

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 (vehículos tipo respuesta) Chevrolet Impala 1968.

A finales de la década del 1970, un proyecto NCHRP de investigación de gran escala fue llevado a cabo en el UMTRI (entonces llamado Instituto de Investigación en Seguridad de Autopistas de los Estados Unidos) para:

- Estudiar los RTRRMS
- Determinar la correlación entre los diferentes sistemas en uso
- Crear una metodología de calibración

La investigación incluyó extensos muestreos de los RTRRMS en un ambiente de laboratorio, junto con un análisis teórico formal de conceptos e instrumentos RTRRMS.

Se hizo obvio que una fuente principal de los problemas provenía del hecho que los instrumentos fueron inventados sin un claro concepto de lo que es “rugosidad”, la rugosidad venía siendo definida simplemente como: “cualquiera cosa que el RTRRMS mida.

Pues la calibración requiere comparar las medidas del instrumento que está siendo calibrado con los valores “verdaderos” de las variables que están siendo medidas, se hizo necesario definir, matemáticamente, un aspecto medible del verdadero perfil longitudinal que serviría como una referencia de calibración.

La referencia que fue seleccionada es el “Quarter Car” (QCS), con nuevos parámetros de modelo escogidos para ofrecer la máxima correlación los

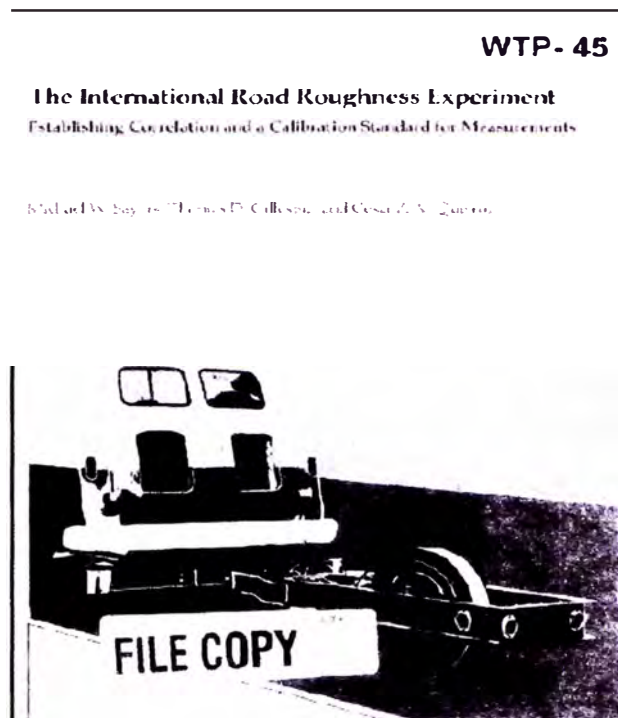
RTRRMSs. La rugosidad numérica obtenida vía QCS son características propias del verdadero perfil longitudinal de la vía y puede ser obtenido con una variedad de instrumentos y métodos computacionales. El QCS fue “mejorado” para la simulación de medio-carro, porque casi todos los RTRRMSs usados en los Estados Unidos están basados en vehículos de doble rodaje (carros de pasajeros y vagones de doble rodaje).

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

La existencia de dicha situación motivo al Banco Mundial a desarrollar el proyecto Internacional Road Roughness Experiment (IRRE), en Brasil en 1982, en la cual participaron equipos de investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, Estados Unidos y Bélgica, donde se realizo la medición controlada de la regularidad superficial del pavimentos para vías con diferentes condiciones y por una variedad de instrumentos y métodos.

A partir de dicho proyecto se seleccionó un parámetro de medición de regularidad superficial, el cual satisface completamente los criterios de ser estable en el tiempo, transferible y relevante denominado **IRI (International Roughness Index)**, dicho parámetro constituye uno de los controles de recepción más importante relacionados con la regularidad de los pavimentos.

Figura N° 2.2



Vehículo de Investigación quinta rueda experimento (IRRE)

Posteriormente la ASTM publica el método estándar para medir la rugosidad de la superficie de acuerdo a la respuesta del vehículo (E 1082, Standard Test Method for Measurement of Vehicular Response to Traveled Surface Roughness).

El equipo tipo respuesta - Bump Integrator, fue fabricado por CNS FARNELL en el Reino Unido, proviene de un diseño del Transport and Road Reserch Laboratory (TRRL), con sede en Gran Bretaña. El instrumento consiste en un medidor de la rugosidad vial del tipo respuesta, el cual durante su funcionamiento mide el desplazamiento vertical del eje del cuerpo del vehículo, al ser inducido por las deformaciones de la vía.

Al Perú, el rugosímetro - Bump Integrator llega en 1995 a través de Provias Nacional – MTC, para la evaluación de la rugosidad en la autopista del país y se inician los primeros trabajos de evaluación en la Panamericana Norte, en la actualidad el MTC cuenta con Equipo Bump Integrator para la evaluación en los diferentes proyectos de rehabilitación, ejecución o mantenimiento de carreteras, por su bajo costo y alto rendimiento.

Actualmente, se utilizan equipos más modernos para la evaluación de rugosidad de una carretera, tales como el perfilógrafo longitudinal, mediante un sistema gráfico computarizado, determina la magnitud de las irregularidades en el punto medio del perfilógrafo. También se utilizan otros, como el analizador dinámico del perfil longitudinal (APL, equipo francés), el analizador de la regularidad superficial (ARS, equipo español) y el Mays Ride Meter (equipo americano), medidores NAASRA (del ARRB, Australia), entre otros.

CAPITULO III: MARCO TEORICO

3.1. EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO

La superficie de rodamiento en pavimentos para carreteras es proporcionar al usuario características de comodidad, seguridad y durabilidad. No tiene relación con la textura, apariencia o acabado superficial de la capa de rodadura sino más 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.

La superficie de rodamiento de un pavimento se clasifica considerando la naturaleza de las irregularidades superficiales, las cuales afectan la seguridad, la comodidad y el costo de los usuarios.

La regularidad superficial se define normalmente, por un índice que se refiere a una determinada longitud de carretera. Los índices se obtienen midiendo el perfil longitudinal y aplicando un modelo matemático de análisis para reducir el perfil a un índice estandarizado, la evaluación superficial comprende los aspectos vinculados a la función y al estado de la superficie de un pavimento.

La metodología aplicada para su determinación de la regularidad es variada y desarrollada por distintos organismos en el mundo, entre los más conocidos y aplicados en el Perú son: el publicado por el Consorcio de Rehabilitación Vial (CONREVI) y el método PCI publicado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los EE.UU. Para la recolección de los datos de fallas existen procedimientos visuales, automatizados y una combinación de ambos; los procedimientos visuales son aquellos obtenidos mediante registros en forma manual y los automatizados realizan una recolección de fallas a través de cámaras de video o fotografía digital, que son analizadas en gabinete.

La evaluación funcional o de la serviciabilidad del pavimento, está relacionado a la comodidad y transitabilidad que percibe un pasajero durante el recorrido de un vehículo. Se trata de conocer la serviciabilidad o rugosidad determinando el PSI o el IRI a través de medios subjetivos o instrumentales. En la actualidad el

medio más empleado son los instrumentos tipo respuesta (RTRRMS) que miden la rugosidad del pavimento.

3.2. RUGOSIDAD

3.2.1. Conceptos de parametros

Rugosidad

Es un parámetro que relaciona la magnitud y frecuencia de las irregularidades superficiales o altimétricas. Entendida como las deformaciones verticales de la superficie de una carretera con respecto a la superficie plana, que afectan la dinámica del vehículo. Es una característica del perfil longitudinal de la superficie recorrida, la unidad de medición de rugosidad que se emplea es el IRI (International Roughness Index).

Perfil

Es una porción bidimensional de la superficie del camino, tomado a lo largo de una línea imaginaria que refleja el conjunto de desniveles e irregularidades de la carretera. También puede definirse como las variaciones relativas en altura en dirección longitudinal, es decir, en la dirección del movimiento de los vehículos.

Serviciabilidad

Definido como la capacidad de un pavimento para proporcionar un recorrido seguro y confortable a los usuarios, capacidad para proporcionar una transitabilidad suave y cómoda, siendo uno de los indicadores que permite evaluar la condición del pavimento en un determinado momento.

Considerando que la regularidad superficial de un pavimento es un factor importante para la comodidad, seguridad y economía del usuario, la American Association of State Highway Officials (AASHO), en el desarrollo del proyecto AASHO Road Test en 1962, introdujo este concepto.

El nivel de regularidad de un pavimento, refleja de forma adecuada el grado de comodidad del usuario al manejar en la vía. La especificación ASTM E 867 "Terminology Relating to Traveled Surface Characteristics", define regularidad (roughness) como la desviación de una determinada superficie de pavimento respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo y la calidad al manejar.

IRI (International Roughness Index)

Se define como la distancia vertical acumulada por el vehículo en metros por un kilómetro viajado; también definido como la suma de las irregularidades verticales (en valor absoluto) a lo largo de la zona de rodadura de un tramo homogéneo de carretera, entre la longitud del mismo, la unidad de medida es m/km, algunos equipos miden la regularidad en unidades equivalentes como mm/m.

Parámetro desarrollado en el año 1982 por el Banco Mundial para uniformizar los diversos criterios que existen para medir y calibrar la rugosidad de los pavimentos.

A continuación en el siguiente cuadro N° 3.1 se presenta la calificación de IRI para una carretera.

Cuadro N° 3.1

IRI (m/km)	ESTADO O CALIFICACIÓN
< 3	Bueno
3 – 4	Regular
4 – 6	Malo
6 – 10	Pésimo

Estado superficial en función IRI

Fuente: Tesis de Maestría, José Wilfredo Gutiérrez Lazares, 2007

PSI (Índice de Serviciabilidad Presente)

Definido como un parámetro para evaluar la serviciabilidad del pavimento, el cual establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento, concepto que fue desarrollado por el cuerpo técnico del Ensayo Vial AASHO, en 1957. Los valores del PSI se evalúan mediante una escala que va de 0 a 5, en donde la condición óptima corresponde al máximo valor.

A continuación se muestra la escala de colocación de serviciabilidad según AASHTO.

Cuadro N° 3.2

CALIFICACION		DESCRIPCION
NUMERICA	VERBAL	
5.0 - 4.0	Muy Buena	Sólo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son lo suficientemente suaves y sin deterioro para clasificar en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recapeados durante el año de inspección normalmente se clasificarían como muy buena
4.0 - 3.0	Buena	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los "Muy Buenos", entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y figuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un leve deterioro superficial, como desconches y fisuras menores
3.0 - 2.0	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos, y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamiento, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamientos, escalonamiento y pumping
2.0 - 1.0	Mala	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamiento, y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconche de juntas, escalonamientos, parches, agrietamiento y bombeo.
1.0 0.0	Muy Mala	Los pavimentos e esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75% o más de la superficie.

Escala de Calificación de la Serviciabilidad según AASHTO

3.2.2. Método para la medición de la rugosidad

Los diversos métodos para medir la rugosidad que existe en el mundo pueden agruparse, de acuerdo a la clasificación dada por el Banco Mundial, en cuatro clases genéricas, con relación a cual directa sea la correlación que emplean para relacionar sus medidas con el Índice Internacional de Rugosidad (IRI).

a) Métodos Clase 1

Basados en la medición de perfiles topográficos de gran precisión, estos métodos se constituyen como los más exactos que existen para la determinación del IRI. Los métodos de la clase 1 establecen la rugosidad a través de la determinación muy exacta del perfil longitudinal de un pavimento, con medidas espaciadas cada 0.25 m y cotas con una precisión de 0.5 mm. A esta clase pertenecen los métodos basados en la medición del perfil del pavimento con el perfilómetro TRRL Beam y con mira y nivel de precisión (Rod and Level).

b) Métodos Clase 2

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

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

c) Métodos Clase 3

En esta clase están los métodos que recurren al uso de una ecuación de correlación para la estimación del IRI. Estos métodos, también denominados “tipo respuesta” (Response-Type Road Roughness Measuring System, o simplemente, RTRRMS), establecen la rugosidad basados en la detección del movimiento relativo que experimenta el sistema de suspensión de un vehículo de pasajeros o de un tráiler remolcado, al transitar sobre el pavimento.

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

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

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

d) Métodos Clase 4

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

posibilidad es utilizar las medidas obtenidas con un equipo sin calibrar, tal como un RTRRMS. De hecho un equipo tipo respuesta que no está calibrado cae dentro la categoría de Clase 4.

3.3. METODO DE EVALUACION DE RUGOSIDAD CON EL EQUIPO BUMP INTEGRATOR

3.3.1. Marco Teórico del Equipo

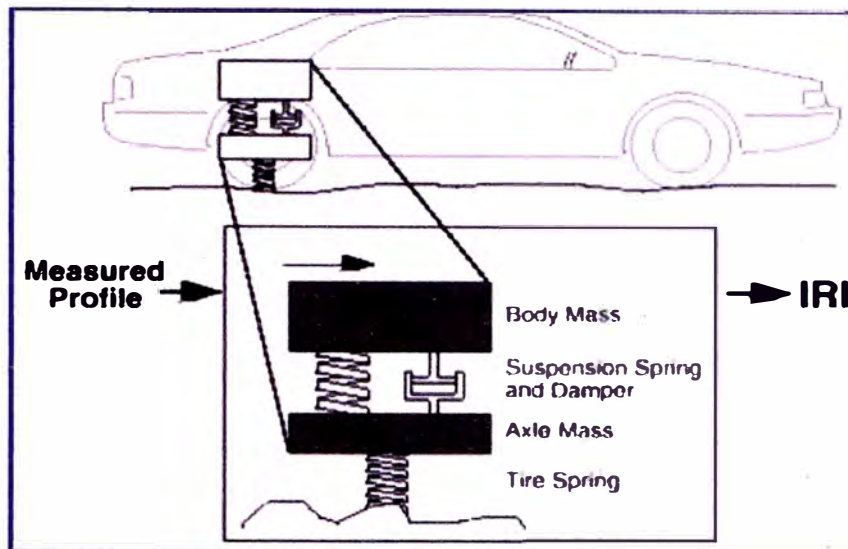
En base al modelo del cuarto carro al circular por una determinada longitud de perfil la carretera a una velocidad estándar km/h. se desarrolló a través de un conjunto de masas ligeras entre sí, las cuales generan un movimiento vertical al ser desplazado por el camino, de esta forma se permite reducir el análisis de una superficie al análisis de una línea que representa el perfil longitudinal, es decir de un análisis bidimensional a un estudio unidimensional.

3.3.2. Equipos Tipo Respuesta (RTRRM)

La recolección de datos de regularidad, también es realizada a través de equipos Tipo Respuesta (Response Type Road Roughness Meters, RTRRM), comúnmente llamados "Medidores de Camino". Los sistemas RTRRM son adecuados para el monitoreo rutinario de una red pavimentada y para proporcionar una visión global de la condición y el mantenimiento necesario.

Los equipos RTRRM miden los movimientos verticales del eje trasero de un automóvil o el eje de un remolque relativo al marco del vehículo. Los medidores se instalan en los vehículos con un traductor de desplazamiento localizado entre la mitad del eje y el cuerpo del automóvil o remolque. El traductor detecta pequeños incrementos del movimiento relativos entre el eje y el cuerpo del vehículo.

Figura N° 3.1



Vehículo tipo respuesta

Fuente: Adaptado de "The Little Book of Profiling"

3.3.3. Equipo Tipo Respuesta – Bump Integrator

El sistema para medir la rugosidad con el rugosímetro tipo "BUMP INTEGRATOR", este equipo va montado en la tolva de la camioneta móvil, conectado directamente con el diferencial del eje trasero mediante un cable flexible adecuadamente tensado. Conforme el vehículo recorre la superficie a una velocidad uniforme, el "BUMP INTEGRATOR" mide los movimientos relativos entre el chasis y el eje trasero registrando los datos en la Unidad Contadora (BI) instalada en el panel de control de la cabina.

Este instrumento registra la irregularidad de la carretera a través del chasis del vehículo con respecto al eje trasero, con el traductor para registrarlo con el contador en unidades BI, el valor de rugosidad (IRI) es expresada en términos de m/km.

Figura N° 3.2



Traductor de rugosidad y Contador Bump Integrator (UNI)

3.3.4. Medición con el Equipo Tipo Respuesta – Bump Integrator

Para iniciar la medición se debe contar con camioneta calibrada y se deben seguir las siguientes recomendaciones.

- Reconocimiento de la vía a evaluar.
- Ubicación de las Progresivas e Interferencias.
- El vehículo debe desplazarse a una velocidad constante de acuerdo a las características de la vía.
- El tramo de medición es de acuerdo a la calibración con el equipo ya sea de Clase 1 o clase 2.
- La cantidad mínima de pasadas es cuatro por carril.
- El equipo contador recolecta la información según la distancia definida, el operador almacena los datos en el mismo equipo para posteriormente bajar la información y procesar en gabinete.

3.3.5. Calibración de Rugosímetro - Bump Integrator

Para la calibración del rugosímetro Bump Integrator, se utilizan equipos de clase 1 de preferencia y de no contar con éstos, se calibrará con equipos de clase 2.

Teniendo los valores de las lecturas del Bump Integrator y de IRI obtenidos con el equipo de clase 1 o clase 2 para los sectores indicados, se hace un análisis de regresión, obteniendo de esta manera la ecuación que relaciona los valores del rugosímetro Bump Integrator con los valores de IRI. El grado de precisión depende del proceso de calibración utilizado y del grado de precisión de las ecuaciones de correlación utilizadas.

La ecuación a usar puede ser del tipo lineal, logarítmica, exponencial, polinómica o potencial y se tomara aquella ecuación cuyo valor de R^2 sea más cercano a la unidad.

Bump Integrator (unidades BI) se desarrolla una ecuación de calibración la cual será utilizada para procesar la data de todo el tramo. La curva de mejor "ajuste" denominada ecuación de calibración será aceptada si el coeficiente de ajuste es mayor o igual a 0.8. De no cumplirse esta condición, se revisará la data, en particular la información correspondiente a las secciones de calibración.

Con la ecuación de calibración se procesa la data para todas las unidades de control que corresponden al tramo, convirtiendo los valores de rugosidad unidades BI a IRI.

3.3.6. Procedimiento de Calibración del Equipo Bump Integrator

Para la calibración del rugosímetro tipo respuesta "Bump Integrator" con el equipo de clase 2 (Merlin), se deben seleccionar secciones que represente al tramo en las diferentes condiciones de la vía y debe seguir el siguiente procedimiento.

- a. Se eligen secciones de 400 m de longitud de ser posible en tangente.

- b. Medición del perfil longitudinal a lo largo de la huella del vehículo con el equipo Merlin, la sección elegida.
- c. Medición de la rugosidad con el rugosímetro tipo respuesta.
- d. La medición se efectuará por lo menos cinco veces. La velocidad del vehículo será la misma a emplearse en la evaluación de todo el tramo. Usualmente la velocidad seleccionada es de 30 Km/hora, 60 Km/hora o 80 Km/hora. Hay fabricantes que recomiendan utilizar una velocidad de 30 Km/hora, no obstante esta especificación no es absoluta pudiendo calibrarse el equipo a otras velocidades. Si alguna de las cinco medidas de rugosidad tiene una variación mayor a 20% deberá repetirse esta medición.

CAPITULO IV: APLICACIÓN DEL MÉTODO TRAMO Km 116+000 AL 118+000

4.1. RECOPIACIÓN DE DATOS

4.1.1. Descripción de la toma de datos

- Reconocimiento del tramo, se realiza el recorrido del tramo a evaluar identificando las progresivas e interferencias, las estructuras identificadas son gibas, badenes y pontones.
- Ubicación y pintado de las Progresivas e interferencias identificadas en el reconocimiento.

Figura N° 4.1



Reconocimiento del tramo y ubicación de las interferencias

- El equipo contador recolecta la información según las distancias definidas para este caso es cada kilometro y si hubiese interferencias dentro del kilometro será entre interferencia.
- De acuerdo a las características de la vía el vehículo se desplaza a una velocidad constante de 40km/h.

Figura N° 4.2



Toma de datos a una velocidad de 40km/h

4.1.2. Equipo empleado para la toma de datos

El equipo empleado es el Rugosímetro Electrónico Bump-Integrator Tipo UNI (REBITU), es un equipo diseñado para medir la rugosidad de pavimentos y está conformado por un adquisidor de datos y un sensor de desplazamiento.

El REBITU va instalado en el eje posterior transversal de un vehículo. El desplazamiento del vehículo sobre la carretera produce desplazamientos en el eje posterior del vehículo debido a la irregularidad del asfalto, el equipo registra y acumula estos desplazamientos verticales.

El sistema consta con los siguientes equipos.

- Una camioneta calibrada
- Traductor de rugosidad
- Contador Bump Intregator

Figura N° 4.3



Instalación del Equipo para la toma de datos

4.1.3. Toma de datos en campo

La vía consta de un solo carril y la toma de datos se realizó de la siguiente manera; dos pasadas de subida y dos de bajada, tal como se muestran en el cuadro N° 4.1 y cuadro N° 4.2.

Medición de Deflexiones con Rugosímetro Bump Integrator

Fecha de medición: 22/05/2010

Cuadro N° 4.1

Progresiva			Huella derecha		
Km.	a	Km.	BI ₁	BI ₂	BI Prom.
16+300	-	16+700	930	997	963.50
17+400	-	17+800	1084	1158	1121.00

Datos de BI tomados de subida

Cuadro N° 4.2

Progresiva			Huella izquierda		
Km.	a	Km.	BI ₁	BI ₂	BI Prom.
17+800	-	17+400	1156	1096	1126.00
16+700	-	16+300	1001	957	979.00

Datos de BI tomados de bajada

4.2. CALIBRACIÓN DEL EQUIPO

Para la calibración del rugosímetro - Bump Integrator, se realiza con el equipo de clase 2 (Merlin).

Para la calibración se tomaron secciones representativas entre los Km 110+000 al 120+000, descritas en el cuadro N° 4.3.

Cuadro N° 4.3

Nro de Sección	Codigo de Sección	Progresiva Inicio	Progresiva Fin	Sentido	Longitud (m)	Fecha	IRI Medido (Merlin)
1	1D	110 + 200	110 + 600	Derecha	400	22/05/10	5.25
2	1I	110 + 200	110 + 600	Izquierda	400	22/05/10	5.27
3	2D	110 + 900	111 + 300	Derecha	400	22/05/10	4.61
4	2I	110 + 900	111 + 300	Izquierda	400	22/05/10	3.67
5	3D	112 + 000	112 + 400	Derecha	400	22/05/10	4.38
6	3I	112 + 000	112 + 400	Izquierda	400	22/05/10	4.99
7	4D	113 + 600	114 + 000	Derecha	400	22/05/10	4.50
8	4I	113 + 600	114 + 000	Izquierda	400	22/05/10	4.59
9	5D	114 + 800	115 + 200	Derecha	400	22/05/10	5.20
10	5I	114 + 800	115 + 200	Izquierda	400	22/05/10	5.30
11	6D	115 + 600	116 + 000	Derecha	400	22/05/10	4.13
12	6I	115 + 600	116 + 000	Izquierda	400	22/05/10	4.37
13	7D	116 + 300	116 + 700	Derecha	400	22/05/10	4.44
14	7I	116 + 300	116 + 700	Izquierda	400	22/05/10	3.29
15	8D	117 + 400	117 + 800	Derecha	400	22/05/10	4.69
16	8I	117 + 400	117 + 800	Izquierda	400	22/05/10	3.67
17	9D	118 + 000	118 + 400	Derecha	400	22/05/10	5.55
18	9I	118 + 000	118 + 400	Izquierda	400	22/05/10	5.28
19	10D	118 + 400	118 + 800	Derecha	400	22/05/10	6.80
20	10I	118 + 400	118 + 800	Izquierda	400	22/05/10	5.28

Secciones de Calibración

Fuente: Informes de Suficiencia 2010-I, medición de IRI con equipo Merlin.

Se tomaron secciones de 400 metros, los datos tomados corresponden a la huella derecha e izquierda de la vía.

Para determinar la ecuación de calibración se tomaron los valores de BI para el carril derecho y para el carril izquierdo tal como se realizo con el equipo Merlín, como se muestra en el cuadro N°4.4.

Cuadro N° 4.4

Nro de Sección	Codigo de Sección	Promedio	Medida 1	Medida 2	Velocidad (Km/h)
1	1D	1390.0	1343	1437	40
2	1I	1332.5	1305	1360	40
3	2D	1036.5	1028	1045	40
4	2I	1063.5	1110	1017	40
5	3D	1102.5	1109	1096	40
6	3I	1038.5	1011	1066	40
7	4D	1008.0	1013	1003	40
8	4I	935.5	929	942	40
9	5D	1188.0	1189	1187	40
10	5I	1165.5	1177	1154	40
11	6D	1085.0	1085	1085	40
12	6I	1122.5	1149	1096	40
13	7D	963.5	930	997	40
14	7I	979.0	1001	957	40
15	8D	1121.0	1084	1158	40
16	8I	1126.0	1156	1096	40
17	9D	1300.0	1286	1314	40
18	9I	1328.0	1269	1387	40
19	10D	1529.5	1527	1532	40
20	10I	1497.5	1485	1510	40

Numero de impulsos registrados

A continuación se muestra el cuadro N°4.5 donde se dan los valores de I.R.I (Merlin) y de BI (Bump Integrator).

Cuadro N° 4.5

Nro de Sección	Codigo de Sección	Progresiva Inicio	Progresiva Fin	IRI Medido (Merlin)	Numero de Impulsos (BI)	Relacion (BI/IRI)
1	1D	110 + 200	110 + 600	5.25	1390.0	264.76
2	1I	110 + 200	110 + 600	5.27	1332.5	252.85
3	2D	110 + 900	111 + 300	4.61	1036.5	224.84
4	2I	110 + 900	111 + 300	3.67	1063.5	289.78
5	3D	112 + 000	112 + 400	4.38	1102.5	251.71
6	3I	112 + 000	112 + 400	4.99	1038.5	208.12
7	4D	113 + 600	114 + 000	4.50	1008.0	224.00
8	4I	113 + 600	114 + 000	4.59	935.5	203.81
9	5D	114 + 800	115 + 200	5.20	1188.0	228.46
10	5I	114 + 800	115 + 200	5.30	1165.5	219.91
11	6D	115 + 600	116 + 000	4.13	1085.0	262.71
12	6I	115 + 600	116 + 000	4.37	1122.5	256.86
13	7D	116 + 300	116 + 700	4.44	963.5	217.00
14	7I	116 + 300	116 + 700	3.29	979.0	297.57
15	8D	117 + 400	117 + 800	4.69	1121.0	239.02
16	8I	117 + 400	117 + 800	3.67	1126.0	306.81
17	9D	118 + 000	118 + 400	5.55	1300.0	234.23
18	9I	118 + 000	118 + 400	5.28	1328.0	251.52
19	10D	118 + 400	118 + 800	6.80	1529.5	224.93
20	10I	118 + 400	118 + 800	5.28	1497.5	283.62

Valores de IRI y BI Promedios

Para calcular las ecuaciones de correlación se hizo una selección de datos, con el fin de obtener resultados mas consistentes, bajo este criterio no se tomaran en cuenta a los cuatro valores extremos superiores y a los cuatro valores extremos inferiores en función a su relación (BI)/(IRI).

Cuadro N° 4.6

Nro de Sección	Codigo de Sección	Progresiva Inicio	Progresiva Fin	IRI Medido (Merlin)	Numero de Impulsos (BI)
1	1D	110 + 200	110 + 600	5.25	1390.0
2	1I	110 + 200	110 + 600	5.27	1332.5
3	2D	110 + 900	111 + 300	4.61	1036.5
5	3D	112 + 000	112 + 400	4.38	1102.5
7	4D	113 + 600	114 + 000	4.50	1008.0
9	5D	114 + 800	115 + 200	5.20	1188.0
11	6D	115 + 600	116 + 000	4.13	1085.0
12	6I	115 + 600	116 + 000	4.37	1122.5
15	8D	117 + 400	117 + 800	4.69	1121.0
17	9D	118 + 000	118 + 400	5.55	1300.0
18	9I	118 + 000	118 + 400	5.28	1328.0
19	10D	118 + 400	118 + 800	6.80	1529.5

Valores de IRI y BI Promedios para ecuación de calibración

Con los valores de IRI y BI promedio descritos en el Cuadro N°4.6, se realiza el análisis de regresión, correlacionando los valores de IRI obtenidos y los valores de las lecturas del Rugosímetro tipo Bump Integrator, determinando la fórmula de la ecuación de calibración.

Para la determinación de la ecuación IRI se realiza la regresión con dos ecuaciones, determinando aquella ecuación cuyo valor de R2 sea más cercano a la unidad y la pendiente de la ecuación sea positiva, a continuación se presenta el cuadro N° 4.7 las ecuaciones empleadas y valores de regresión R2.

Cuadro N° 4.7

Regresión	Ecuación	Correlación (R ²)
Lineal	0.004(BI) + 0.088	0.805
Polinómica	7E-06(BI) ² - 0.014(BI) + 11.51	0.863

Ecuaciones de regresión

Se observa que la Regresión Polinómica es la que mejor se ajusta a los datos procesados, con un coeficiente de correlación R2 = 0.863.

4.3. PROCESAMIENTO DE DATOS

Para determinar las ecuaciones de la figura N° 4.4 se emplea los valores de IRI y BI del cuadro N° 4.6.

Figura N° 4.4

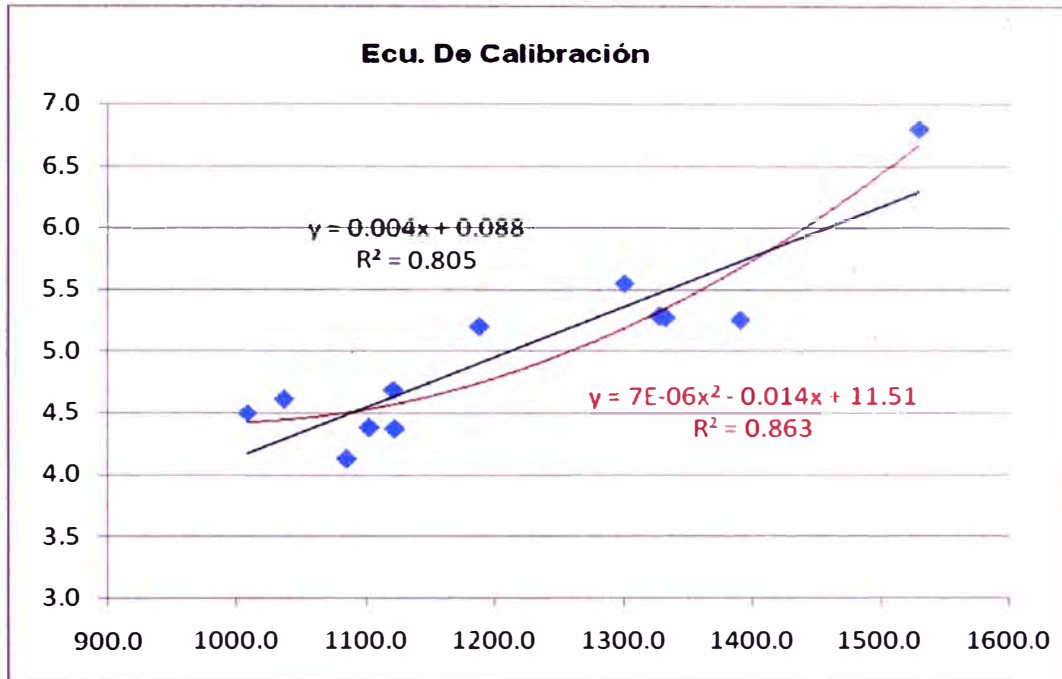


Gráfico de las ecuaciones de regresión

La ecuación de correlación de tipo polinómica, $IRI = 7.409E-06(BI)^2 - 0.0145(BI) + 11.516$, se ajusta mejor a los datos en dispersión, por lo cual se usará esta ecuación para el cálculo del IRI del tramo estudiado.

Cuadro N° 4.8

Progresiva Inicio	Progresiva Fin	Sentido	(BI) Promedio	IRI (BI)
116 + 300	116 + 700	Derecha	963.5	4.42
116 + 300	116 + 700	Izquierda	979.0	4.42
117 + 400	117 + 800	Derecha	1121.0	4.57
117 + 400	117 + 800	Izquierda	1126.0	4.58

Valores del IRI en el tramo de estudio.

CAPITULO V: ANALISIS DE RESULTADOS

❖ Resultados obtenidos por la MTC

Tramo Evaluado: Km. 110+000 AL Km. 120+000

Fecha: 07/07/09

Ensayo: Huella Derecha

Cuadro N° 5.1

Item	Progresiva			Fecha de Ensayo	IRI
	Km.	a	Km.		
1	110+400	-	110+800	7/7/2009	3.68
2	111+400	-	111+800	7/7/2009	3.99
3	112+100	-	112+500	7/7/2009	4.71
4	113+300	-	113+700	7/7/2009	4.52
5	114+900	-	115+300	7/7/2009	4.73
6	115+300	-	115+700	7/7/2009	4.86
7	116+600	-	117+000	8/7/2009	4.30
8	117+600	-	118+000	8/7/2009	3.82
9	118+600	-	119+000	8/7/2009	4.71
10	119+500	-	119+900	8/7/2009	5.10
11	120+300	-	120+700	8/7/2009	4.52

Valor representativo del tramo IRI : **4.45**

Resultados de IRI obtenidos el 07 de julio de 2009

❖ Resultados de IRI con el equipo Bump Integrator (BI), el IRI se calcula usando la ecuación de correlación obtenida.

Ecuación de correlación, $IRI = 7.409E-06(BI)^2 - 0.0145(BI) + 11.516$

Cuadro N° 5.2

Nro de Sección	Codigo de Sección	Progresiva Inicio	Progresiva Fin	Sentido	(BI) Promedio	Medida 1	Medida 2	IRI (BI)
13	7D	116 + 300	116 + 700	Derecha	963.5	930	997	4.42
14	7I	116 + 300	116 + 700	Izquierda	979.0	1001	957	4.42
15	8D	117 + 400	117 + 800	Derecha	1121.0	1084	1158	4.57
16	8I	117 + 400	117 + 800	Izquierda	1126.0	1156	1096	4.58
Promedio								4.50

Resultados de IRI obtenidos el 22 de mayo de 2010 con el equipo Bump Integrator

❖ Comparación de resultados de la MTC (07/07/09) y el Bump Integrator (22/05/10).

Cuadro N° 5.3

Progresiva entre			Sentido	Promedio IRI MTC 07/07/2009	IRI (BI) 22/05/2010
Km.	a	Km.			
116 + 300	-	116 + 700	Derecha		4.42
116 + 300	-	116 + 700	Izquierda		4.42
116 + 600	-	117 + 000	Derecha	4.30	
117 + 400	-	117 + 800	Derecha		4.57
117 + 400	-	117 + 800	Izquierda		4.58
117 + 600	-	118 + 000	Derecha	3.82	
Promedio IRI :				4.06	4.50

Promedios de IRI equipo Bump Integrator

- ❖ Incremento de IRI entre las fechas 03/07/09 al 22/05/10

Cuadro N° 5.4

Progresiva entre			Sentido	Promedio IRI MTC 07/07/2009	IRI (BI) 22/05/2010	Incremento
Km.	a	Km.				
116 + 000	-	117 + 000	Derecha	4.30	4.42	0.12
116 + 000	-	117 + 000	Izquierda		4.42	
117 + 000	-	118 + 000	Derecha	3.82	4.57	0.75
117 + 000	-	118 + 000	Izquierda		4.58	
Promedio IRI :				4.06	4.50	0.44

Variación del IRI en el tramo estudiado

CONCLUSIONES

1. Los valores de IRI obtenidos entre los Km. 116+000 al Km. 118+000, se muestra a continuación en el siguiente cuadro.

Progresiva			Sentido	IRI m/Km.	Calificación
Km.	a	Km.			
116 + 300	-	116 + 700	Derecha	4.42	Malo
116 + 300	-	116 + 700	Izquierda	4.42	Malo
117 + 400	-	117 + 800	Derecha	4.57	Malo
117 + 400	-	117 + 800	Izquierda	4.58	Malo

El valor promedio del tramo evaluado es de 4.50 m/Km.

2. De acuerdo a lo observado en campo la vía (con tratamiento superficial monocapa), entre los Km. 116+000 al Km. 118+000, la condición de la superficie de rodadura es **catalogado como malo**.
3. Los valores de IRI según la calificación del cuadro N° 3.1, caracteriza el estado de la superficie de rodadura del tramo como malo, sin embargo los resultados de la rugosidad IRI pueden ser afectados por diferentes factores tales como la geometría de la carretera (presencia de curvas), la condición superficial de la vía (ahuellamientos, baches, superficies sin nivelar), el proceso constructivo debido a que el tratamiento superficial monocapa se adapta a las irregularidades de la rasante, y elementos con fines específicos como gibas, puentes y badenes.
4. Se presenta el siguiente cuadro con los resultados de IRI obtenidos para pavimento básico con tratamiento superficial monocapa, se muestra el deterioro en el tiempo.

Calificación	IRI promedio (m/km.)	Observación
Malo	4.06	Resultado del MTC al 07/07/09
Malo	4.50	Resultado obtenido con BI al 22/05/10

5. Para la selección de las zonas de muestra para la calibración, se tomo aquella que representa la condición promedio del pavimento en el tramo estudiado.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda efectuar monitoreos periódicos semestrales, a fin de establecer el comportamiento de IRI en el tiempo, se recomienda que las mediciones se realicen después del periodo de lluvias que es la época donde el pavimento sufre mas daño.
2. Se recomienda no tomar información de BI en tramos con interferencias como gibas, badenes o curvas cerradas.
3. Se recomienda utilizar para la evaluación de rugosidad el equipo Bump Integrator por su alto rendimiento y por su bajo costo; sin embargo bajo las condiciones que se presentan en el tramo estudiado, y que se repiten a lo largo de la vía, tales como la presencia de gibas, badenes, curvas verticales y horizontales, superficie de rodadura irregular; entre otros, generan que los datos tomados en campo tengan menor confiabilidad.
4. Designar un profesional especialista y un equipo técnico, para el monitoreo constante y detección de fallas en la vía, para su corrección inmediata, evitando mayores daños y por consiguiente mayores costos.

BIBLIOGRAFÍA

Arriaga Patiño, Mario C, Garnica Anguas, Paul, Rico Rodríguez, Alfonso, Índice Internacional de rugosidad en la Red carretera México. Publicación Técnica No.108 Sanfandila, México, 1998.

Arroyo Osorno, José A, Estado Superficial y Costos de Operación en Carreteras – Instituto Mexicano del Transporte, México, 2002.

Consortio Gestión de Carreteras, Estudios Técnicos para el cambio de estándar de afirmado a solución básica Carretera: Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Dv. Yauyos – Roncha – Chupaca, Lima, 2008.

Chang Alvarez, Meléndez Palma José, Un Enfoque al Futuro de los pavimentos, Editorial ICG, Lima, 2005.

Del Águila, Pablo. Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos asfálticos con equipo de bajo costo, III Congreso Nacional de Asfalto, Lima, 1999.

Sayers, Michael W, Thomas D. Gillespie, and William D.O.Paterson. Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements. World Bank Technical Paper Number 46. Washington D.C. 1986.

Ventura Espinal, José Antonio, Ricardo Alvarenga, Edwin, Determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI), República de el Salvador, 2005.

Asociación BCEOM – OICT. Normas y Manuales V, Proyecto Sistema de Gestión de Carreteras - MTC, Lima, 2001.

Páginas Web

www.camineros.com

www.proviasnac.gob.pe

www.mtc.gob.pe

www.mef.gob.pe

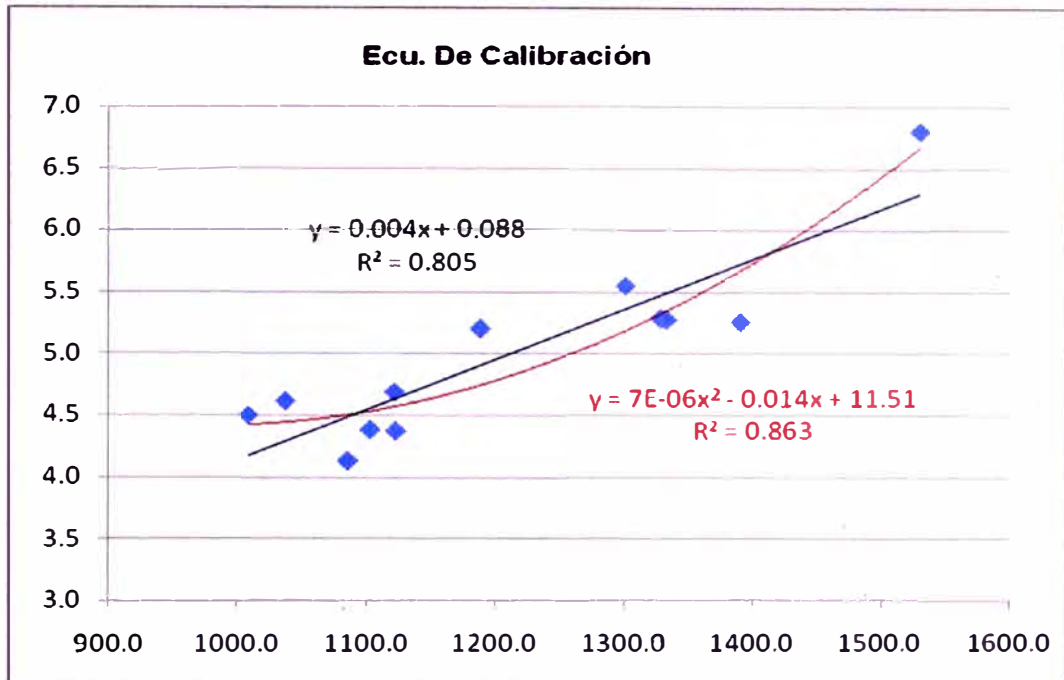
ANEXOS**1.0. Determinación de la ecuación de calibración**

Proceso de regresión con los datos hallados de IRI con equipo Merlin y BI promedio tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Nro de Sección	Codigo de Sección	Progresiva Inicio	Progresiva Fin	IRI Medido (Merlin)	Numero de Impulsos (BI)	Relacion (BI/IRI)
1	1D	110 + 200	110 + 600	5.25	1390.0	264.76
2	1I	110 + 200	110 + 600	5.27	1332.5	252.85
3	2D	110 + 900	111 + 300	4.61	1036.5	224.84
4	2I	110 + 900	111 + 300	3.67	1063.5	289.78
5	3D	112 + 000	112 + 400	4.38	1102.5	251.71
6	3I	112 + 000	112 + 400	4.99	1038.5	208.12
7	4D	113 + 600	114 + 000	4.50	1008.0	224.00
8	4I	113 + 600	114 + 000	4.59	935.5	203.81
9	5D	114 + 800	115 + 200	5.20	1188.0	228.46
10	5I	114 + 800	115 + 200	5.30	1165.5	219.91
11	6D	115 + 600	116 + 000	4.13	1085.0	262.71
12	6I	115 + 600	116 + 000	4.37	1122.5	256.86
13	7D	116 + 300	116 + 700	4.44	963.5	217.00
14	7I	116 + 300	116 + 700	3.29	979.0	297.57
15	8D	117 + 400	117 + 800	4.69	1121.0	239.02
16	8I	117 + 400	117 + 800	3.67	1126.0	306.81
17	9D	118 + 000	118 + 400	5.55	1300.0	234.23
18	9I	118 + 000	118 + 400	5.28	1328.0	251.52
19	10D	118 + 400	118 + 800	6.80	1529.5	224.93
20	10I	118 + 400	118 + 800	5.28	1497.5	283.62

Selección de datos para calcular las ecuaciones de correlación:


Nro de Sección	Codigo de Sección	Progresiva Inicio	Progresiva Fin	IRI Medido (Merlin)	Numero de Impulsos (BI)
1	1D	110 + 200	110 + 600	5.25	1390.0
2	1I	110 + 200	110 + 600	5.27	1332.5
3	2D	110 + 900	111 + 300	4.61	1036.5
5	3D	112 + 000	112 + 400	4.38	1102.5
7	4D	113 + 600	114 + 000	4.50	1008.0
9	5D	114 + 800	115 + 200	5.20	1188.0
11	6D	115 + 600	116 + 000	4.13	1085.0
12	6I	115 + 600	116 + 000	4.37	1122.5
15	8D	117 + 400	117 + 800	4.69	1121.0
17	9D	118 + 000	118 + 400	5.55	1300.0
18	9I	118 + 000	118 + 400	5.28	1328.0
19	10D	118 + 400	118 + 800	6.80	1529.5



Según lo observado el factor R2 de las curvas son 0.805 para la ecuación de regresión lineal y 0.863 para la ecuación de regresión polinómica.

Ecuación de correlación, $IRI = 7.409E-06(BI)^2 - 0.0145(BI) + 11.516$, se ajusta mejor a los datos en dispersión, por tener un coeficiente de correlación R2 mas cercano a la unidad.

2.0. Panel Fotográfico

Imagen	Descripción
	<p>En la imagen se puede observar la presencia de ahullamiento, este problema se presenta en varios tramos de la vía.</p>

	<p>En la imagen se puede observar la presencia de gibas, las gibas están ubicadas tal como se muestra al inicio de las curvas.</p>
	<p>Como podemos apreciar en la presente imagen existen zonas de desprendimiento de rocas.</p>
	<p>La presente imagen se observa obstrucción de la cuneta, lo que provoca que el agua penetre hacia la base estabilizada. Acelerando el deterioro de la vía.</p>
	<p>Se aprecia la presencia de curvas cerradas y seguidas, una después de otra, sin tramos rectos de transición que permita tomar la curva siguiente con seguridad.</p>

3.0) Resultados de IRI evaluados por la MTC al 07/07/09

RESUMEN DE LOS VALORES DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL - IRI

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

I- 66	107+700	-	108+100	A 1.00m del borde	3.81	06/07/2009
I- 67	108+200	-	108+600	A 1.00m del borde	3.97	07/07/2009
I- 68	109+600	-	110+000	A 1.00m del borde	4.37	07/07/2009
I- 69	110+400	-	110+800	A 1.00m del borde	3.68	07/07/2009
I- 70	111+400	-	111+800	A 1.00m del borde	3.99	07/07/2009
I- 71	112+100	-	112+500	A 1.00m del borde	4.71	07/07/2009
I- 72	113+300	-	113+700	A 1.00m del borde	4.52	07/07/2009
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 ARITMÉTICO**4.35**

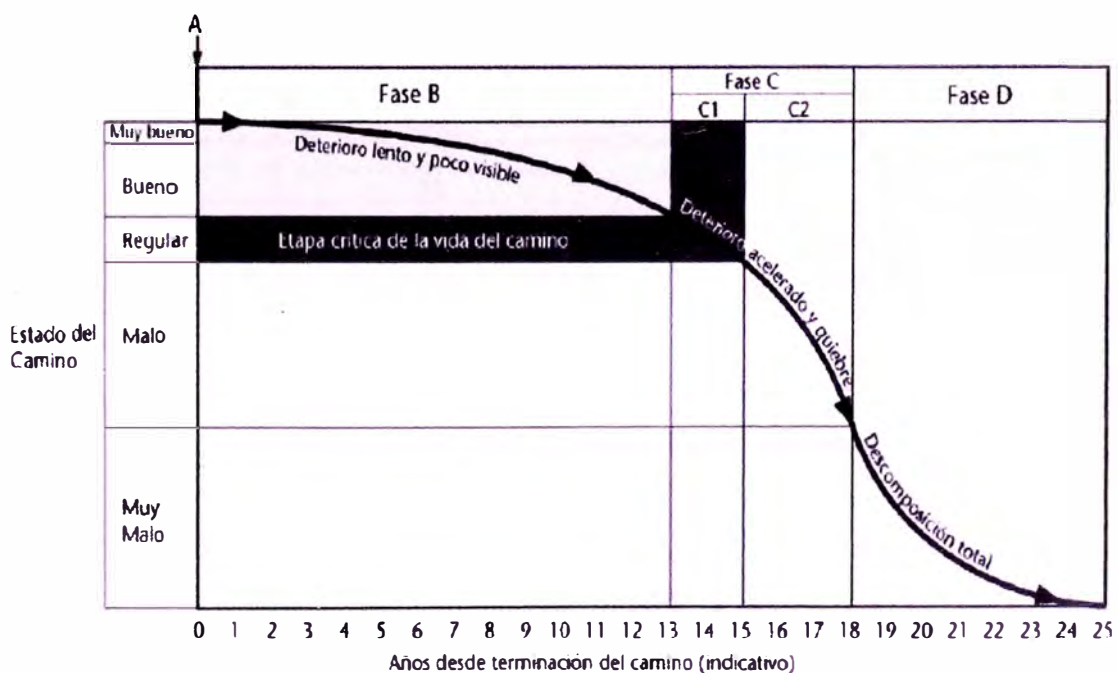
Rango IRI	Longitud (Km.)	%
0 - 2.800	0.00	0.00
2.801- 4.000	7.60	0.29
4.001- 5.000	14.40	0.55
>= 5.001	4.40	0.17
Total	26.40	1.00

Los resultados de IRI Julio del 2009

5.0) RECOMENDACIONES DE PRESUPUESTO EVALUADO

Dirección Nacional del Presupuesto Público Unidad de Evaluación –
 Presupuesto por Resultados

- La política de asignar constantemente recursos insuficientes para la conservación vial no es sostenible a largo plazo y está muy lejos de permitir una óptima relación entre costos y beneficios. Lo que muchos países hacen, incluido el Perú, es tratar de “ahorrar” recursos que deben utilizarse en la conservación de los caminos, sin percatarse de que este “ahorro” significa un gasto futuro mucho mayor. **En el gráfico abajo, proveniente de CEPAL (1994), se aprecia el deterioro que el tiempo y el tráfico infringe a la carretera. En un esquema sano de conservación, la superficie del camino debe reforzarse al inicio de la fase C, período en el cual la condición del pavimento se torna crítica. (Véase el sector C1 del gráfico).**



Deterioro de las carreteras en el tiempo

- Al inicio de la fase C, normalmente basta con reforzar la superficie de la carretera, lo que supone un costo relativamente bajo, que en caminos pavimentados, puede alcanzar a alrededor de 10% del valor original del camino. Sin embargo, las intervenciones normalmente llegan al finalizar la fase C y durante la fase D, en las que deben repararse los daños

producidos en la estructura básica del camino; ello significa demoler y levantar las partes dañadas, reemplazándolas por componentes nuevos, con un costo que puede equivaler a entre 50% y 80% del valor del camino.

- Desde el punto de vista de la optimización del gasto, entonces, es más eficiente gastar en mantenimiento rutinario que esperar hasta realizar rehabilitaciones, mejoramientos o mayores inversiones. Gastos de menor cuantía relativa que podrían hacerse para mantener un tramo en buen estado tienen que multiplicarse significativamente cuando se pierde la oportunidad de realizar el mantenimiento. Así, se gasta más rehabilitando una carretera que no se mantuvo adecuadamente, que manteniéndola según los estándares establecidos.

6.0) VALORES I.R.I. SEGÚN TIPO DE CARPETA DE RODADURA

En caso de que la unidad que formula el proyecto no disponga de mediciones de rugosidad para el tramo de análisis, se sugiere utilizar a nivel de perfil los siguientes valores de rugosidad (IRI) según tipo y estado de la carpeta de rodadura:

Tipo de carpeta	Bueno	Regular	Malo
Concreto Asfáltico	2.0	3.5	6.0
Trat. Superficial Doble	3.0	4.5	6.0
Carpetas de Hormigón	2.0	3.5	6.0
Carpetas Granulares	6.5	8.5	14.0
Carpetas de Tierra	6.5	9.5	15.5

Fuente: Manual de Carreteras Volumen 1, Tomo II, Cuadro N° 1.302.403 (A)

Fuente: Guía para la Elaboración, Evaluación y Presentación de Proyectos de Vialidad Intermedia a Nivel de Perfil. – GOBIERNO DE CHILE.