

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



**EVALUACIÓN DE LA TRANSITABILIDAD UTILIZANDO EL
RUGOSÍMETRO MERLIN
MONITOREO DE CONSERVACIÓN CARRETERA
CAÑETE-HUANCAYO Km.110+000 AL Km.112+000**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

ROBERTO CARLOS MARTIN POMASONCO DE LA CADENA

Lima- Perú

2010

DEDICATORIA

A Dios, por su amor y apoyo.

A mi madre, mi hermano y mi querida hija que siempre estuvieron dándome fuerzas.

ÍNDICE

RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE FIGURAS Y FOTOGRAFÍAS	5
LISTA DE SÍMBOLOS	6
INTRODUCCIÓN.....	7
CAPÍTULO I: PERFIL DEL PROYECTO	
1.1 ANTECEDENTES.....	8
1.2 UBICACIÓN.....	9
1.3 CARACTERÍSTICAS	11
1.3.1 Descripción de la carretera	11
1.3.2 Suelo	13
1.3.3 Geología.....	15
1.3.4 Flora	15
1.3.3 Fauna	16
1.4 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	17
1.4.1 Descripción de la carretera por sectores.....	17
CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE	
2.1 RUGOSIDAD	19
2.2 EQUIPO MERLIN	21
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	
3.1 EVALUACIÓN FUNCIONAL	23
3.1.1 Rugosidad	24
3.1.2 Transitabilidad	24
3.1.3 Serviciabilidad.....	24
3.2 DESCRIPCIÓN DEL RUGOSÍMETRO MERLIN	24
3.3 EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EL EQUIPO MERLIN	26
3.4 CÁLCULO DE LA RUGOSIDAD	27
3.4.1 Ejecución de ensayos	27
3.4.2 Cálculo del rango "D"	29
3.4.3 Factor de corrección para el ajuste de "D"	30
3.5 CÁLCULO DE LA SERVICIABILIDAD Y TRANSITABILIDAD.....	32
3.6 MÉTODO VIZIR.....	33

3.1.3 Determinación del índice de deterioro superficial "Is"	34
CAPÍTULO IV: PROGRAMA DE CAMPO	
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	37
4.2 OBTENCIÓN DE DATOS DE CAMPO	38
CAPÍTULO V: PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN	
5.1 SITUACIÓN OBSERVADA EN EL TRAMO ASIGNADO.....	43
5.2 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO	46
5.2.1 Cálculo de la serviciabilidad y la transitabilidad mediante el IRI.....	46
5.2.2 Cálculo de la transitabilidad mediante el método VIZIR	53
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	
6.1 COMPARACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS	61
6.2 ANÁLISIS TRANSITABILIDAD IRI - VIZIR.....	62
6.3 IMPACTO DE OTROS FACTORES EN LA TRANSITABILIDAD	63
6.4 COSTO DE LOS MÉTODOS EMPLEADOS	66
CONCLUSIONES.....	67
RECOMENDACIONES.....	68
BIBLIOGRAFÍA.....	69
ANEXOS	71

ANEXO A: Presupuesto para fabricación de equipo MERLIN

ANEXO B: Valores de IRI en los meses febrero – marzo 2010

ANEXO C: Fotografías de la intervención realizada por el contratista CGC

RESUMEN

Este informe tiene como base la obtención del IRI (Índice de rugosidad internacional), lo cual permitirá calcular la condición de uso de la vía (PSI) y con este valor obtendremos la adjetivación de la calidad de servicio que brinda, es decir, la transitabilidad.

Este informe plantea la necesidad de tomar la transitabilidad como un indicador que permita relacionarse con las acciones de conservación y rehabilitación de la vía y su eficacia en el tiempo.

El problema planteado en este informe es obtener una variable de evaluación de la transitabilidad representativa para el tipo de vía en estudio. Se planteará el uso del IRI para esta evaluación, siendo el IRI un indicador que se relaciona más con el confort de la vía, y la transitabilidad se refiere a la capacidad de la vía para estar operativa.

Por este motivo se analizarán dos métodos con los cuales obtendremos la caracterización del tramo asignado, obteniendo resultados que evidencien el estado de transitabilidad de la vía.

Finalmente se obtendrán los resultados de la evaluación con ambos métodos y concluiremos los beneficios de cada uno de ellos respecto al tipo de vía en estudio.

Con estos resultados se busca dar a conocer metodologías que se ajusten mejor a las diversas condiciones y realidades en que se encuentran nuestras carreteras en nuestro país y así poder aplicarlos.

LISTA DE CUADROS

CUADRO N° 1.01 Información geográfica de la zona de estudio.....	10
CUADRO N° 1.02 Estudio de suelos sectorizado	13
CUADRO N° 1.03 Clasificación de suelos	14
CUADRO N° 2.01 Clasificación de la condición superficial del pavimento	19
CUADRO N° 3.01 Clasificación de la condición superficial del pavimento	32
CUADRO N° 3.02 Flujo para el cálculo de “Is”	35
CUADRO N° 3.03 Rangos de calificación del VIZIR	36
CUADRO N° 4.01 Información registrada – Tramo 1	39
CUADRO N° 4.02 Información registrada – Tramo 2	41
CUADRO N° 4.03 Información registrada – Tramo 3	42
CUADRO N° 5.01 Definición y severidad de las degradaciones tipo A	45
CUADRO N° 5.02 Definición y severidad de las degradaciones tipo B	45
CUADRO N° 5.03 Flujo para el cálculo de “Is”	59
CUADRO N° 5.04 Resultados de la evaluación con el método VIZIR	60
CUADRO N° 6.01 Cuadro comparativo IRI - VIZIR.....	61
CUADRO N° 6.02 Parámetros de la calificación de la carretera “Is” y el IRI.....	62
CUADRO N° 6.03 Calificación conjunta “Is” y el IRI	63

LISTA DE FIGURAS Y FOTOGRAFÍAS

FIGURA Nº 1.01 Ubicación de la carretera Cañete - Huancayo.....	9
FIGURA Nº 1.02 Plano clave de la carretera	11
FIGURA Nº 5.01 Cálculo del rango “D” – Tramo 1.....	46
FIGURA Nº 5.02 Cálculo del rango “D” – Tramo 2.....	47
FIGURA Nº 5.03 Cálculo del rango “D” – Tramo 3.....	48
FOTOGRAFÍA Nº 4.01 Toma de datos con equipo MERLIN – Tramo 1	39
FOTOGRAFÍA Nº 4.02 Toma de datos con equipo MERLIN – Tramo 2	40
FOTOGRAFÍA Nº 4.03 Toma de datos con equipo MERLIN – Tramo 3	42
FOTOGRAFÍA Nº 6.01 Ancho de la vía inadecuado	64
FOTOGRAFÍA Nº 6.02 Radio de curvatura muy cerrado	64
FOTOGRAFÍA Nº 6.03 Coincidencia de curvas verticales y horizontales	64
FOTOGRAFÍA Nº 6.04 Cunetas en mal estado	65
FOTOGRAFÍA Nº 6.05 Señalización mal ubicada.....	65

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

AASHO	Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras
AASTHO	Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transporte
ASTM	Sociedad Americana de Ensayos de Materiales
CBR	Relación de Soporte de California
CGC	Consorcio Gestión de Carreteras
D.L.	Decreto Ley
Dv.	Desvío
EG-2000	Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras
FC	Factor de corrección
FIC	Facultad de Ingeniería Civil – Universidad Nacional de Ingeniería
IMD	índice medio diario de tráfico
IRI	International Roughness Index (Índice de rugosidad internacional)
Km	Kilómetros
Id	Índice de deformación
If	Índice de fisuración
Is	Índice de deterioro superficial
MERLIN	Machine for Evaluating Roughness using Low-Cost Instrumentation (Maquina para la evaluación de rugosidad usando instrumentación de bajo costo)
mm	Milímetros
msnm	Metros sobre el nivel del mar
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
m ²	Metro cuadrado
PROVIAS	Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional
PSI	Present Serviceability Index (Índice de Serviciabilidad Presente)
PSR	Present Serviceability Rating (Evaluación de Serviciabilidad Presente)
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
TRRL	Transport and Road Research Laboratory (Laboratorio de Investigación de transporte y seguridad vial)

INTRODUCCIÓN

Las vías poseen gran importancia por el papel fundamental que cumplen en la actualidad siendo necesario proveer una red adecuada, cómoda, segura y que facilite el transporte de personas y/o de bienes con la mayor comodidad. La clasificación de las carreteras en nuestro país se presenta de diferentes maneras, dependiendo de la importancia y función que éstas tengan. En la actualidad es importante ofrecer una red vial en buenas condiciones, a causa del impulso económico que éstas ofrecen y la disminución en tiempos de viaje y costos de operación de los vehículos, llevando consigo un beneficio considerable al usuario. El objetivo de este informe es obtener el valor de transitabilidad a través de 2 metodologías, utilizando el rugosímetro MERLIN y mediante la inspección visual (Método VIZIR). Una vez obtenido los valores de transitabilidad por ambos métodos analizaremos y evaluaremos los resultados obtenidos con cada uno de ellos.

En el capítulo I, se detalla las generalidades de la vía, así como la situación actual en que se encuentra.

En el capítulo II, se expone el estado del arte de la rugosidad así como del equipo MERLIN para poder posteriormente comprender el concepto del IRI.

En el capítulo III, se explicará el marco teórico, en el cual se detalla la evaluación funcional, así como la descripción del rugosímetro MERLIN, el cálculo de la rugosidad, el cálculo de la serviciabilidad – transitabilidad y el método VIZIR.

En el capítulo IV, se explicará el programa de campo seguido durante la visita a la zona de estudio, así como la forma de obtención de los datos de campo.

En el capítulo V, se procesará la información obtenida de campo.

En el capítulo VI, se desarrolla el análisis de los resultados obtenidos.

Luego del desarrollo y análisis de la información obtenida, se exponen las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I PERFIL DEL PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES

En las últimas décadas, los pobladores de los diferentes distritos de la provincia de Cañete y Yauyos, que constantemente tienen que desplazarse por motivos económicos, legales, educativos, o familiares a lo largo de la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo, han venido solicitando a los organismos competentes, para que se atiendan sus demandas y se realicen las obras necesarias para contar con una carretera en óptimas condiciones de transitabilidad.

El 27 de diciembre de 2007, la empresa “Consortio Gestión de Carreteras”, asume las obligaciones de contratista conservador para realizar el Servicio de Conservación Vial por Niveles de Servicio de la Carretera Cañete-Lunahuaná-Pacarán Ronchas-Chupaca y Rehabilitación del Tramo Zúñiga-Dv. Yauyos-Ronchas. Actualmente, el Consortio Gestión de Carreteras (CGC), viene haciendo trabajos de mantenimiento periódico y rutinario y cambio de estándar, como parte de los compromisos contraídos, según los términos de referencia.

El mejoramiento de esta carretera, se encuentra enmarcado dentro del programa de desarrollo vial “Proyecto Perú”, el cual, Mediante Resolución Ministerial N° 223-2007 -MTC-02, modificada por Resolución Ministerial N° 408-2007-MTC/02, este programa fue diseñado para mejorar las vías de integración de corredores económicos, conformando ejes de desarrollo sostenido con el fin de elevar el nivel de competitividad de las zonas rurales, en la Red Vial Nacional, Departamental y Vecinal.

El programa aspira a 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 implica el concepto de transferencia de riesgo al Contratista.

1.2 UBICACIÓN

La carretera Cañete – Lunahuaná – Pacaran – Zúñiga – Dv. Yauyos – Roncha – Chupaca, se encuentra ubicado en la región central del país, abarcando los departamentos de Lima y Junín pasando la vía por los poblados de: Imperial, Nuevo Imperial, La Encañada, Caltopa, Socsi, Incahuasi, Jita, Lunahuaná, Jacayita, Jacaya, Romaní, Pacaran, Zúñiga, San Juan, San Jerónimo, Huayampi, Catahuasi, Canchan, Chichicay, Capillucas, Calachota, Pte. Auco, Dv. A Yauyos, (Magdalena), Huayña, Tinco Huantan, LLapay, Tinco, Alis, Tomas, Huancachi, Tinco, Yauricocha, Abra Chaucha, Abra Negro Bueno (Lima); así como San Jose de Quero, Chaquicocha, Collpa, Roncha, Angasmayo, Huarisca y Chupaca (Junín); pertenecientes a la ruta nacional N° 24.

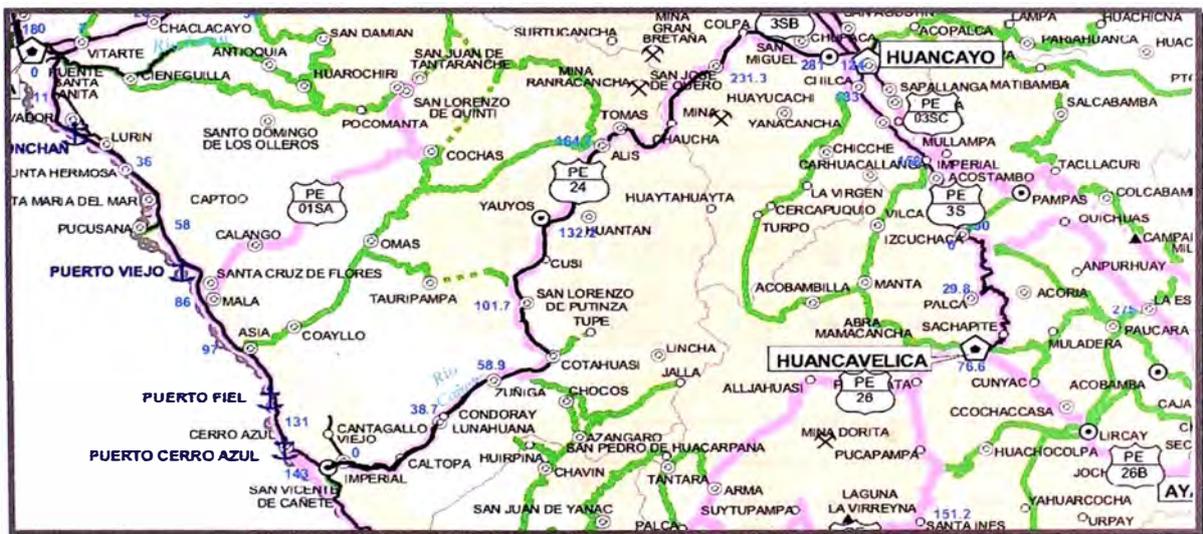


Figura N° 1.01 Ubicación de las Carretera Cañete – Huancayo

Fuente: Proyecto Perú - MTC

INFORMACION GEOGRAFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

Departamentos	Lima, Junin
Provincias	Lima
	Cañete
	Yauyos
	Junin
	Concepcion
	Chupaca
Distritos	Huancayo
	Imperial
	Nuevo Imperial
	Caltopa
	Lunahuana
	Pacaran
	Candoray
	Zúñiga
	Chocos
	Catauasi
	Auco
	Tupe
	San Lorenzo de Putina
	Cusi
	Magdalena - Dv. Yauyos
	Huantan
	Llapay
	Alis
	Tomas
	Huanchi
Tinco	
San Jose de Quero	
Colpa	
Ronchas	
Chupaca	
Regiones	Costa y Sierra
Altitud	40 - 4630 msnm

Fuente: MTC - INEI

Cuadro 1.01 Información geográfica de la zona de estudio

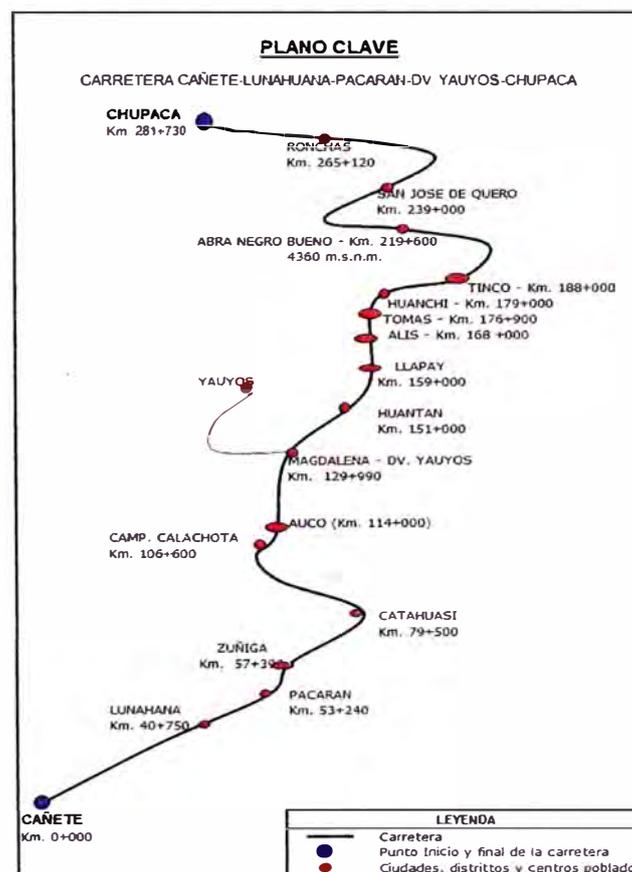
Fuente: MTC - INEI

1.3 CARACTERÍSTICAS

1.3.1 Descripción de la carretera

El valle de Cañete es estrecho y de forma triangular, siendo más 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 más 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).



Fuente: Plano Vial MTC

Figura N° 1.02 Plano clave de la carretera

Fuente: Plano vial MTC

Continúa la vía por la región Quechua (2300 msnm – 3500 msnm), donde por lo general luego de una estrecha garganta o pongo, se abre una nueva quebrada cuyos fondos planos son relativamente estrechos y son inmediatamente continuados por las faldas de los cerros de suave declive, interrumpidas por lomas.

Entre loma y loma quedan pequeñas hondonadas, en cuyos fondos corren pequeños arroyos o nacen los puquiales. Sus aguas provienen de las filtraciones de las lluvias o de remotas lagunas de las regiones superiores.

Localidades ubicadas 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 cambia a bruscas ascensiones de acantilados, peñoleras y cerros. En este sector normalmente no se encuentran valles, mas por el contrario se tienen quebradas estrechas que abren cañones muy profundos, erosionando las rocas vivas, de modo que al recorrer esta región por el fondo de las quebradas, a orillas del río, el horizonte perceptible se cierra en circuitos pequeños que dan la sensación de un lugar amurallado.

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 alturas entre los 4000 msnm y 4800 msnm. Esta región aparece a ambos lados del declive andino, separando cumbres nevadas entre sí, reuniendo las cumbres, de menos de 4800 metros para formar nudos y mesetas, y hendiendo las cordilleras para dar paso a las abras. Se considera a la Puna como una gran llanura elevada o altiplano; sin embargo esta región ofrece muy variados relieves en relación con su ubicación. En esta región ubicamos localidades o lugares como: Tinco Yauricocha (4040 msnm) en el km 181+680, Abra Chaucha (4751 msnm) en el km 193+510, Abra Negro Bueno (4666 msnm) en el km 211+320).

1.3.2 Suelo

La evaluación del recurso suelo tiene como objetivo fundamental proporcionar la información básica sobre las características edafológicas de las áreas contiguas a la carretera en mantenimiento; desde este punto de vista se puede diferenciar tres zonas bien diferenciadas:

La cuenca baja del río Cañete presenta en la parte más baja suelos de textura variable, entre ligeros a finos, con cementaciones salinas, cálcicas o gipsicas (yeso) y con incipiente horizonte A superficial con menos de 1% de materia orgánica. Actualmente prospera la actividad agrícola en el valle aluvial irrigado (frutales).

La cuenca media está conformado por suelos un tanto profundos de textura media, generalmente de naturaleza calcárea, pertenecientes a los Kastanozems (cálcicos principalmente). Asimismo se tiene suelos superficiales y muy calcáreos (Rendzinas).

Los litosoles dominan las superficies muy empinadas y de escasa cubierta edáfica. La actividad agrícola está reducida al fondo de valle en áreas conformadas por terrazas aluviales y pequeñas zonas de cultivo en laderas fuertemente empinadas. Los cultivos que se conducen son frutales (manzanos) y en las partes más altas maíz, alfalfa, papa, habas, alverja.

La Cuenca alta está conformada por suelos relativamente profundos, textura media, ácidos con influencia volcánica, presentan también suelos de mal drenaje, suelos orgánicos y litosoles. En la mayor parte estos suelos están siendo usados como zonas de pastoreo por la predominancia de gramíneas que presenta esta zona.

ESTUDIO DE SUELOS SECTORIZADO - CAPACIDAD PORTANTE (CBR)

Sector (km)	CBR (%) al 95% de MDS	Calificación
54+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: CGC - Consorcio de Gestion de Carreteras

Cuadro Nº 1.02 Estudio de suelos sectorizado

Fuente: CGC

CLASIFICACION DE SUELOS

Ubicación	Clasificación		Descripción
	SUCS	AASHTO	
km 57+000 a km 63+650	SC-SM	A-1-b(0)	Arena y grava limosa Agregado grueso subangular, matriz de color marron claro de escasa plasticidad, tiene boloneria comprendida entre 3% y 10% con tamaño máximo de 7"
	GC-GM	A-1-a(0)	
	SC	A-2-4(0)	Material que se encuentra debajo del anterior Materail areno limoso Agregado grueso subangular con boloneria entre 2% y 8% con tamaño maximo de 6"
km 63+650 a km 88+600	SC-SM	A-1-b(0)	Material arenoso de forma subangular con plasticidad entre escasa y moderada (IP=6%) En la progresiva km 67+700 se encuentra mayor concentracion de boloneria que apartir de los 0.40m oscila entre 40% y 50% con un tamaño máximo entre 4" y 8" Desde la progresiva km 66+600 en adelante se ha encontrado material aluvional, terrazas de depósitos fluviales y cortes en roca maciza.
A-2-4(0)			
km 88+600 a km 91+500	SC	A-6(2)	Arena arcillosa con plasticidad de 12% Tambien se ha encontrado boloneria que a partir de los 0.40m oscila entre 40% y 50% con tamaño máximo de 7" El CBR oscila entre 7% y 95% de la máxima densidad seca del material
km 91+500 a km 96+600	GC-GM	A-1-a(0)	Material gravoso con plasticidad entre 4.9% y 6.1% Tambien se observa presencia de boloneria que a partir de los 0.40m de profundidad oscila entre 40% y 60%
A-1-b(0)			
km 96+600 a km 106+600	SC-SM	A-1-b(0)	Arena limo-arcillosa con plasticidad entre 4.9% y 6% Tambien se observa presencia de boloneria que a partir de los 0.50m de profundidad se encuentra a razon de 50%
km 106+600 a km 114+600	GC-GM	A-1-b(0)	Grava y arena limo-arcillosa Tambien se observa presencia de boloneria que a partir de los 0.40m de profundidad oscila entre 40% y 60%
	SC-SM		
km 114+600 a km 130+000	SC-SM	A-1-b(0)	Arena limo-arcillosa con plasticidad entre 4.6% y 6.4% Tambien se observa presencia de boloneria que a partir de los 0.50m de profundidad oscila entre 40% y 50%
km 130+000 a km 220+000	GC, GC-GM, SC, SC-SM	A-2-4(0)	Grava y arena limosa y arcillosa con plasticidad entre 5.7% y 9.2% A partir de los 0.30m de profundidad el material es roca
km 220+000 a km 240+000	GM-GC o SC-SM	A-2-4(0)	En la mayoría del tramo se tiene una capa granular de 0.20 a 0.30m
	SC, CL	A-2-6/A-6(4)	Debajo de esta se encuentra una capa de arena arcillosa y arcilla con CBR bajo
km 240+000 a km 248+000	SC o SM-SC	A-2-4(0)	Arena arcillosa y arena limo arcillosa con plasticidad entre 6.8% y 9.7%
km 248+000 a km 258+000	GC y GM-GC	A-2-4(0)	En la mayoría del tramo se tiene una capa granular de 0.20 a 0.30m
	SC, CL	A-6(1)	Debajo de esta se encuentra una capa de arena arcillosa y arcilla con CBR bajo

Fuente: CGC - Consorcio de Gestion de Carreteras

Cuadro N° 1.03 Clasificación de suelos

Fuente: CGC

1.3.3 Geología

Las características geológicas están relacionadas con los principales eventos geológicos ocurridos en la región, destacando entre ellos movimientos tectónicos de tensión y compresión que han modificado el paisaje andino hasta configurar las geoformas actuales.

En la cuenca alta del río Cañete se observan además capas de lutitas carbonosas con areniscas de grano fino, estratos de calizas margosas, sill tipo basáltico, calizas masivas dispuestas en bancos potentes, calizas silíceas en gruesos estratos, así como pseudobrechas calcáreas. Este conjunto pétreo es de gran importancia, ya que en las calizas de este grupo está localizada la mejor mineralización de la zona, como la evidencian las minas existentes en la cuenca alta.

1.3.4 Flora

La determinación de la flora en el tramo de la carretera, se basó en observaciones de campo, información proporcionada por los pobladores locales, trabajo de gabinete y revisión de otros estudios realizados en la zona. Como resultado se obtuvo la siguiente información:

Vegetación en ambientes terrestres se tienen 12 especies identificadas en la zona de vida estepa-Montano Tropical; 16 especies en bosque húmedo-montano tropical; 9 especies en páramo muy húmedo - Subalpino Tropical; y algunas especies hemocriptofíticas entremezcladas con algunas gramíneas del género *Stipa* en Tundra pluvial-Alpino Tropical.

Se cuenta con las siguientes especies importantes: aliso (*Alnus jorullensis*), anjojisha (*Opuntia subulata*), taya (*Parastrephia lepidophylla*), chachas (*Escallonia pendula*), tarwi (*Lupinus mutabilis*), quinal (*Polylepis racemosa*), quishuar (*Buddleia incana*), colle (*Buddleia coriacea*), yanacara (*Gynoxis* sp), karkac (*Escallonia corymbosa*), huamanpinta (*Chuquiraga espinosa*), roque (*Colletia spinosissima*), sauco (*Sambucus peruviana*), mutuy (*Cassia* sp). En las partes más altas se encuentra *Calamagrostis vicunarum*, *Festuca dolichophylla*, *Calamagrostisrigescens*, *Hipochaeris taraxacoides*, *Calamagrostis intermedia*, *Distichia muscoides*, *Alchemilla pinnata*, *Plantago tubulosa* *azorella* spp, *Urtica*

1.3.5 Fauna

En cuanto a especies de aves ligadas a ambientes acuáticos, se registran 26 especies y 46 especies de aves ligadas a ambientes terrestres, lo cual indica la importancia de estos ecosistemas como zona de tránsito y hábitat para las aves.

También se refiere un número de 17 especies de mamíferos identificados en el área de estudio.

Las aves ligadas a los ambientes acuáticos son relativamente numerosas. En general estas especies tienen una densidad bastante baja, las más abundantes son los patos, el zambullidor y las garzas. Las aves ligadas a ambientes terrestres están representadas por la gran cantidad de especies típicas de la sierra peruana como: picaflores (*Agleactis cupripennis*, *Myrtis fanny*, *Patagona gigas*, *Phalcobaenus albogularis*, *Polyonymus caroli*), cotinga (*Ampelio rubrocristatu*), cotorra (*Aratinga Wagleri*), lechuza (*Athene culicularia*), perico andino (*Bolborhynchus obbygnesius*), buho (*Bubo virginianus*), gorrión cordillerano (*Zonotrichia capensis*) y aguilucho común (*Buteo polyosoma*) entre otros.

Entre los principales mamíferos se tiene a los roedores *Akodon boliviensis*, *Orizomys sp.*, *Phyllotis pictus*, *Phyllotis spp.*, cuy andino (*Cavia tschudii*), zorrino (*Conepatus rex*), muca (*Didelphis marsupialis*), zorro andino (*Dusicyon culpaeus*), puma (*Felis concolor*), gato silvestre (*Felis colocolor*), *Felis jacobita*, alpaca (*Lama glama pacos*), llama (*Lama glama*), vizcacha (*Lagidium peruanum*), marmosa (*Marmosa elegans*), venado gris (*Odocoileus virginianus*), vicuña (*Vicugna vicugna*).

1.4 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

1.4.1 Descripción de la carretera por sectores

Tramo Cañete – Lunahuaná. (Km. 0+000 – Km.40+750)

El tramo se encuentra asfaltado, en estos momentos se encuentra en conservación rutinaria después de la rehabilitación. El sistema de drenaje del tramo se encuentra constituido por alcantarillas, badenes, cunetas, y canales, las cuales en su mayoría se encuentran en funcionamiento, se encuentra con señalización horizontal y vertical, adecuada. El ancho de vía promedio es de 7.20 m.

Tramo Lunahuaná – Pacarán. (Km. 40+750 – Km.53+240)

El tramo se encuentra asfaltado con tratamiento superficial sin rehabilitación, en estos momentos se encuentra en conservación periódica y rutinaria. El sistema de drenaje del tramo se encuentra constituido por alcantarillas, badenes, cunetas, y canales, las cuales en su mayoría se encuentran en funcionamiento, se encuentra con señalización horizontal y vertical, adecuada. El ancho de vía promedio es de 6.40 m.

Tramo Pacarán – Catahuasi. (Km. 53+240 – Km.78+805)

El tramo se encuentra con tratamiento Slurry Seal, en estos momentos se encuentra en conservación periódica y rutinaria. El sistema de drenaje del tramo se encuentra constituido por alcantarillas, badenes, cunetas, y canales, las cuales en su mayoría se encuentran en funcionamiento, se encuentra con señalización horizontal y vertical escasa. El ancho de vía promedio es varía de 5.00m a 7.50m.

Tramo Catahuasi – Alis. (Km. 78+805 – Km.164+905).

El tramo se encuentra con tratamiento superficial Monocapa, en estos momentos se encuentra en conservación periódica y rutinaria. El sistema de drenaje del tramo se encuentra constituido por alcantarillas, badenes, cunetas, y canales, las cuales en su mayoría se encuentran en funcionamiento, se encuentra con señalización horizontal y vertical escasa. El ancho de vía promedio es varía de 5.00m a 7.50m.

Tramo (Km.164+905 – Km.227+000).

El tramo se encuentra con tratamiento de suelo estabilizado, en estos momentos se encuentra en conservación periódica y rutinaria. El sistema de drenaje del tramo se encuentra constituido por alcantarillas, badenes, cunetas, y canales, las cuales en su mayoría se encuentran en funcionamiento, se encuentra con señalización horizontal y vertical escasa. El ancho de vía promedio es varía de 3.00m a 5.00m.

Tramo (Km.227+000 – Km.253+000).

El tramo se encuentra en afirmado, en estos momentos se encuentra en conservación periódica y rutinaria. El sistema de drenaje del tramo se encuentra constituido por alcantarillas, badenes, cunetas, y canales, las cuales en su mayoría se encuentran en funcionamiento, se encuentra con señalización horizontal y vertical escasa, orografía accidentada, con pendientes de 8.5 – 9% El ancho de vía promedio es varía de 2.60m a 8.00m.

Tramo (Km.253+000 – Roncha Km.265+120).

El tramo se encuentra con tratamiento de suelo estabilizado, en estos momentos se encuentra en conservación periódica y rutinaria. El sistema de drenaje del tramo se encuentra constituido por alcantarillas, badenes, cunetas, y canales, las cuales en su mayoría se encuentran en funcionamiento, se encuentra con señalización horizontal y vertical escasa, orografía accidentada, con pendientes de 8.5 – 9%

El ancho de vía promedio es varía de 2.60m a 8.00m.

Tramo (Roncha Km.265+120 – Chupaca Km.281+730).

El tramo se encuentra en afirmado, en estos momentos se encuentra en conservación periódica y rutinaria. El sistema de drenaje del tramo se encuentra constituido por alcantarillas, badenes, cunetas, y canales, las cuales en su mayoría se encuentran en funcionamiento, se encuentra con señalización horizontal y vertical escasa, orografía accidentada, con pendientes de 8.5 – 9%. El ancho de vía promedio es varía de 2.60m a 8.00m.

CAPÍTULO II **ESTADO DEL ARTE**

2.1 RUGOSIDAD

El nivel de rugosidad 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 rugosidad (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.

Considerando que la rugosidad 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 el concepto de Serviciabilidad, definido como la capacidad de un pavimento para proporcionar un recorrido seguro y confortable a los usuarios.

En el ensayo de AASHO, la serviciabilidad se cuantificó inicialmente a través del "Present Serviciability Rating" (PSR), el cual es obtenido mediante la evaluación de un grupo de conductores que manejaban en el pavimento y clasificaban su condición en una escala de 0 a 5, de Muy Mala a Muy Buena, respectivamente. Dicha clasificación se presenta a continuación:

PSR	Condición
0-1	Muy buena
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy buena

Cuadro N° 2.01 Clasificación de la condición superficial del pavimento

Fuente: Sayers, 1998 "The Little Book of Profiling"

En vista que dicha metodología contenía aspectos subjetivos, dentro del proyecto de AASHO Road Test, se realizaron correlaciones entre el PSR y mediciones objetivas de la condición del pavimento, en las cuales se

consideraban características de rugosidad, agrietamiento, baches y ahuellamiento, lo que contribuyó a determinar el Present Serviceability Index (PSI). La determinación de la rugosidad, se realizó mediante el cálculo de la varianza de la pendiente longitudinal (SV), la cual corresponde a la varianza de las medidas de desnivel del perfil longitudinal, medido con un equipo denominado perfilómetro.

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

La existencia de dicha situación, motivó al Banco Mundial a desarrollar el proyecto International Road Roughness Experiment (IRRE), celebrado en Brasilia, Brasil, en mayo y junio de 1982 y fue conducido por equipos de investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, los Estados Unidos, y Bélgica. Los equipos de investigación que participaron son: Agencia de Planificación de Transporte brasileña (GEIPOT), el Instituto de investigación brasileño del camino (IPRJDNER), el Laboratorio de investigación británico de transporte y del camino. (TRRL), el Puente francés y Laboratorio de pavimento (LCPC) y la Universidad de Instituto de investigación de transporte del Michigan (UM-R, anteriormente el Instituto de investigación de seguridad de carretera, HSRI). Además, el Centro de investigación belga del camino (CRK) participó en los análisis de los datos después del experimento. Cuarenta y nueve (49) sitios de prueba fueron seleccionados en el área alrededor de Brasilia: Trece de estos eran secciones asfaltadas; doce eran secciones con tratamiento superficial; doce eran caminos afirmados y los doce restantes eran caminos de tierra. El experimento incluyó la participación de once tipos de equipo separados en tres categorías: Siete equipos tipo respuesta (Response Type Road Roughness Measuring System, o simplemente, RTRRMS), dos perfilómetros dinámicos de alta velocidad (sin embargo sólo los datos de uno fue procesado) y dos perfilómetros estáticos.

A partir de dicho proyecto se seleccionó un parámetro de medición de la rugosidad superficial, el cual satisface completamente los criterios de ser estable en el tiempo, transferible y relevante, denominado: "Índice de Rugosidad Internacional" (IRI, International Roughness Index).

A continuación se detallan algunas de las especificaciones relacionadas con la determinación de la rugosidad de los pavimentos:

- a. ASTM E 1170, "Standard Practices for Simulating Vehicular Response to Longitudinal Profiles of Traveled Surfaces".
- b. ASTM E 950, "Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference".
- c. ASTM E 1364, "Standard Test Method for Measuring Road Roughness by Static Level Method".
- d. ASTM E 1926, "Standard Practice for Computing International Roughness" Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements"
- e. Standard Test' Method for Measurement of Vehicular Response to Traveled Surface Roughness. "ASTM E 1 082-90 (2002).

Con el objeto de conocer valores del Índice de Rugosidad internacional (IRI) establecidos en diferentes países, se presenta a continuación un resumen de los requisitos de IRI propuestos por el Banco Mundial y Especificaciones Internacionales, así como valores de IRI establecidos por diferentes Agencias Públicas.

2.2 EQUIPO MERLIN

El MERLIN, denominación abreviada proveniente del inglés Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation, es un equipo utilizado para la medición de la rugosidad de los pavimentos, desarrollado durante la década de los 80 y dado a conocer en 1990 por la unidad de ultramar del Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL).

El MERLIN es un equipo de tecnología intermedia que fue diseñado para ser difundido en los países en vías de desarrollo, por las ventajas de su bajo costo de fabricación y por la gran exactitud de los resultados que proporciona.

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

El primer estudio de rugosidad con un MERLIN se efectuó durante el mes de mayo de 1993, como parte de los estudios para la rehabilitación de la Panamericana Sur, sector Dv. Arequipa - Dv. Moquegua en el tramo desvío Moliendo - El Fiscal, progresiva Km. 982+000-Km. 1040+000 (ver anexo B).

En esa oportunidad la evaluación se efectuó sobre un pavimento asfáltico en avanzado estado de deterioro.

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

La primera aplicación de importancia del MERLÍN para el control de la rugosidad de un pavimento asfáltico nuevo, se produjo en el mes de febrero de 1995, en la Carretera Panamericana Norte, Sector Puente Santa - Pacasmayo y en el tramo Trujillo-Pacasmayo, progresiva Km 568+70G-Km 573+870, en el norte del Perú.

Cuando las mediciones de rugosidad se empezaron a utilizar para el control de calidad de pavimentos asfálticos nuevos, se constató que había dificultad para cumplir con los límites exigidos por los pliegos de especificaciones, debido fundamentalmente a. que la ecuación de correlación establecida por el TRRL ha sido establecida de una manera general para establecer la rugosidad de un pavimento con un IRI >2.4 , presentando una limitación para su aplicación en el caso de rugosidades menores a 2.4m/km, rango en donde caen los valores correspondientes a los pavimentos recién construidos.

Esto motivó al ingeniero Pablo del Águila y otros investigadores a desarrollar una nueva ecuación de correlación, que pudiese ser aplicada para un rango de rugosidades entre 0 y 2.4 IRI y que surge como consecuencia de los trabajos de evaluación sobre pavimentos asfálticos nuevos efectuados por varios años. Actualmente el MERLIN es utilizado para determinar la rugosidad en tramos viales cortos, asimismo se utiliza para encontrar la ecuación de correlación cuando se usa el rugosímetro tipo respuesta Bump Integrator.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. EVALUACIÓN FUNCIONAL

La evaluación funcional está relacionada directamente con la percepción del usuario al utilizar una determinada vía. En este sentido, la rugosidad de la superficie de ruedo para la circulación de los vehículos permite ofrecer condiciones de seguridad y confort para los usuarios de las carreteras. Tiene incidencia en los costos de operación de los vehículos, puesto que, dependiendo de la magnitud de las irregularidades superficiales, la velocidad de circulación puede verse afectada negativamente, lo cual puede reflejarse por un mayor desgaste en las llantas y el consumo de combustible. Adicionalmente, los efectos dinámicos producidos por las irregularidades de las carreteras, pueden reflejarse, no sólo en los vehículos, sino también en modificaciones de estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura del pavimento, lo que puede incrementar los costos en las actividades de conservación y rehabilitación. Debido a esto, muchos países han utilizado el índice de Rugosidad Internacional (IRI), como parámetro para evaluar la rugosidad y reflejar el confort y seguridad de los usuarios.

Un pavimento puede definirse como: “Estructura que aporta una superficie adecuada para operar un vehículo a una velocidad determinada en forma cómoda y segura en cualquier circunstancia” (Yang, 1972).

Los daños en los pavimentos informan sobre su condición y las causas posibles de la misma. El inventario de los daños representa una información fundamental en el proceso de evaluación del estado del pavimento. Existen múltiples catálogos de daños que presentan metodologías para establecer un diagnóstico sobre la patología de los pavimentos; algunos tienen sistemas de calificación cuantitativa del estado del pavimento permitiendo establecer índices, al establecer los tipos de daños se pueden determinar las causas posibles y las soluciones para la condición del deterioro y se pueden jerarquizar de acuerdo con la prioridad de la reparación y con su efecto sobre la comodidad y seguridad para el usuario y sobre el estado del pavimento, lo cual permite planificar los recursos y las soluciones.

3.1.1 Rugosidad

La rugosidad de un pavimento es el parámetro que relaciona la magnitud y frecuencia de las irregularidades superficiales o altimétricas, con la comodidad o confort al transitar sobre él. La unidad de medición de rugosidad que se emplea en el Perú es el IRI (índice de Rugosidad Internacional), parámetro desarrollado por el Banco Mundial.

El IRI medido con el equipo MERLÍN, se define como la sumatoria en mm por metro o metro por kilómetro de la desviación altimétrica longitudinal de la superficie del pavimento respecto a una cuerda promedio de la superficie media de aproximadamente 1.80 m.

3.1.2 Transitabilidad

El concepto de “transitabilidad” en el Perú define una situación de “disponibilidad de uso”. Demuestra que una carretera específica está disponible para su uso, es decir, que no ha sido cerrada al tránsito público por causas de “emergencias viales” que la hubieran cortado en algún o en algunos lugares del recorrido, como consecuencia de deterioros mayores causados por fuerzas de la naturaleza, tales como deslizamientos de materiales saturados de agua (“huaicos”), desprendimiento de rocas, pérdidas de la plataforma de la carretera, erosiones causadas por ríos, caída de puentes, etc. por ejemplo.

Este tipo de problemas, es el que causa mayor impacto en la vida de las poblaciones del país y ocurre mayormente en periodos de lluvias.

3.1.3 Serviciabilidad

Para evaluar la serviciabilidad del pavimento se emplea el parámetro denominado índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento, conceptos que fueron desarrollados por el cuerpo técnico del Ensayo Vial 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.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL RUGOSÍMETRO MERLIN

El rugosímetro MERLIN, es un instrumento versátil, sencillo y económico, pensado especialmente para uso en países en vías de desarrollo.

De acuerdo con la clasificación del Banco Mundial los métodos para la medición de la rugosidad se agrupan en 4 clases, siendo los de Clase 1 los más exactos (Mira y Nivel, TRRL Beam, perfilómetros estáticos). La Clase 2 agrupa a los métodos que utilizan los perfilómetros estáticos y dinámicos, pero que no cumplen con los niveles de exactitud que son exigidos para la Clase 1. Los métodos Clase 3 utilizan ecuaciones de correlación para derivar sus resultados a la escala del IRI (Bump integrator, Mays meter). Los métodos Clase 4 permiten obtener resultados meramente referenciales y se emplean cuando se requieren únicamente estimaciones gruesas de la rugosidad.

El método de medición que utiliza el MERLIN, por haber sido diseñado este equipo como una variación de un perfilómetro estático y debido a la gran exactitud de sus resultados, califica como un método Clase 2. La correlación de los resultados obtenidos con el MERLIN, con la escala del IRI, tiene un coeficiente de determinación prácticamente igual a la unidad ($R^2=0.98$). Por su gran exactitud, sólo superado por el método topográfico (mira y nivel), algunos fabricantes de equipos tipo respuesta (Bump Integrator, Mays Meter, etc.) lo recomiendan para la calibración de sus rugosímetros.

El MERLIN es un equipo de diseño simple en una estructura metálica rígida, 1,8 m de largo. Consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal. Para facilidad de desplazamiento y operación el elemento vertical delantero es una rueda, mientras que el trasero tiene adosados lateralmente dos soportes inclinados, uno en el lado derecho para fijar el equipo sobre el suelo durante los ensayos y otro en el lado izquierdo para descansar el equipo. El elemento horizontal se proyecta, hacia la parte trasera, con 2 manijas que permiten levantar y movilizar el equipo, haciéndolo rodar sobre la rueda en forma similar a una carretilla.

Aproximadamente en la parte central del elemento horizontal, se proyecta hacia abajo una barra vertical que no llega al piso, en cuyo extremo inferior pivotea un brazo móvil. El extremo inferior del brazo móvil está en contacto directo con el piso, mediante un patín empernado y ajustable, el cual se adecua a las imperfecciones del terreno, mientras que el extremo superior termina en un puntero o indicador que se desliza sobre el borde de un tablero, de acuerdo a la posición que adopta el extremo inferior del patín móvil al entrar en contacto con el pavimento. La relación de brazos entre los segmentos extremo inferior del patín móvil-pivote y pivote-puntero es 1 a 10, de manera tal que un movimiento

vertical de 1 mm, en el extremo inferior del patín móvil, produce un desplazamiento de 1 cm del puntero.

3.3 EVALUACIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EQUIPO MERLIN

La determinación de la rugosidad de un pavimento se basa en el concepto de usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio. El equipo MERLÍN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. El desplazamiento es conocido como "la desviación respecto a la cuerda promedio".

La longitud de la cuerda promedio es 1.80m, por ser la distancia que proporciona los mejores resultados en las correlaciones. Asimismo, se ha definido que es necesario medir 200 desviaciones respecto de la cuerda promedio, en forma consecutiva a lo largo de la vía y considerar un intervalo constante entre cada medición. Para dichas condiciones se tiene que, a mayor rugosidad de la superficie mayor es la variabilidad de los desplazamientos.

El concepto de usar la dispersión de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio, como una forma para evaluar la rugosidad de un pavimento no es nuevo ni original del TRRL. Varios parámetros de rugosidad precedentes, tal como el conocido Quarter-car Index (01), han sido propuestos por otros investigadores basándose en el mismo concepto.

Si se define el histograma de la distribución de frecuencias de las 200 mediciones, es posible medir la dispersión de las desviaciones y correlacionarla con la escala estándar de la rugosidad. El parámetro estadístico que establece la magnitud de la dispersión es el Rango de la muestra (D), determinado luego de efectuar una depuración del 10% de observaciones (10 datos en cada cola del histograma). El valor O es la rugosidad del pavimento en "unidades MERLIN".

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

- a. Cuando $2.4 < IRI < 15.9$, entonces $IRI = 0.593 + 0.0471 O$ (1)
- b. Cuando $IRI < 2.4$, entonces $IRI = 0.0485 O$ (2).

La expresión 1 es la ecuación original establecida por el TRRL mediante simulaciones computarizadas, utilizando una base de datos proveniente del Ensayo Internacional sobre Rugosidad realizado en Brasil en 1982. La ecuación de correlación establecida es empleada para la evaluación de pavimentos en servicio, con superficie de rodadura asfáltica, granular o de tierra, siempre y cuando su rugosidad se encuentre comprendida en el intervalo indicado.

La expresión 2 es la ecuación de correlación establecida de acuerdo a la experiencia peruana y luego de comprobarse, después de ser evaluados más de 3,000 km de pavimentos, que la ecuación original del TRRL no era aplicable para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o poco deformados. Se desarrolló entonces, siguiendo la misma metodología que la utilizada por el laboratorio británico, una ecuación que se emplea para el control de calidad de pavimentos recién construido.

Existen otras expresiones que han sido estudiadas para el caso de superficies que presentan cierto patrón de deformación que incide, de una manera particular, en las medidas que proporciona en MERLIN.

3.4 CÁLCULO DE LA RUGOSIDAD

3.4.1 Ejecución de ensayos

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

Para determinar un valor de rugosidad se deben efectuar 200 observaciones de las irregularidades que presenta el pavimento" (desviaciones relativas a la cuerda promedio), cada una de las cuáles son detectadas por el patín móvil del MERLIN, y que a su vez son indicadas por la posición que adopta el puntero sobre la escala graduada del tablero, generándose de esa manera las lecturas.

Las observaciones deben realizarse estacionamiento el equipo a intervalos regulares, generalmente cada 2 metros de distancia; en la práctica esto se resuelve tomando como referencia la circunferencia de la rueda del MERLÍN, que es aproximadamente esa dimensión, es decir, cada ensayo se realiza al cabo de una vuelta de la rueda.

En cada observación el instrumento debe descansar sobre el camino apoyado en tres puntos fijos e invariables: la rueda, el apoyo fijo trasero y el estabilizador para ensayo. La posición que adopta el puntero corresponderá a una lectura entre 1 y 50, la que se anotan en un formato de campo.

El formato consta de una cuadrícula compuesta por 20 filas y 10 columnas empezando por el casillero (1,1), los datos se llenan de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha.

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

Paso seguido, el operador toma el instrumento por las manijas, elevándolo y desplazándolo la distancia constante seleccionada para usarse entre un ensayo y otro (una vuelta de la rueda). En la nueva ubicación se repite la operación explicada y así sucesivamente hasta completar las 200 lecturas. El espaciado entre los ensayos no es un factor crítico, pero es recomendable que las lecturas se realicen siempre estacionando la rueda en una misma posición, para lo cual se pone una señal o marca llamativa sobre la llanta (con gutapercha fosforescente, por ejemplo), la que debe quedar siempre en contacto con el piso.

Ello facilita la labor del operador quién, una vez hecha la lectura, levanta el equipo y controla que la llanta gire una vuelta haciendo coincidir nuevamente la marca sobre el piso.

3.4.2 Cálculo del rango "D"

Como se ha explicado, para la generación de los 200 datos que se requieren para determinar un valor de rugosidad, se emplea una escala arbitraria de 50 unidades colocada sobre el tablero del rugosímetro, la que sirve para registrar las doscientas posiciones que adopta el puntero del brazo móvil. La división N° 25 debe ser tal que corresponda a la posición central del puntero sobre el tablero cuando el perfil del terreno coincide con la línea o cuerda promedio. En la medida que las diversas posiciones que adopte el puntero coincidan con la división 25 o con alguna cercana (dispersión baja), el ensayo demostrará que el pavimento tiene un perfil igualo cercano a una línea recta (baja rugosidad). Por el contrario, si el puntero adopta repetitivamente posiciones alejadas a la división N° 25 (dispersión alta), se demostrará que el pavimento tiene un perfil con múltiples inflexiones (rugosidad elevada).

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

Efectuado el descarte de datos, se calcula el "ancho del histograma" en unidades de la escala, considerando las fracciones que pudiesen resultar como consecuencia de la eliminación de los datos. En la figura 3.6, por ejemplo. en el extremo inferior del histograma, se tiene que por efecto del descarte de los 10 datos se eliminan los intervalos 1,2 Y 3, Y un dato de los doce que pertenecen al intervalo 4, en consecuencia resulta una unidad fraccionada igual a $11/12=0.92$.

Caso similar sucede en el extremo superior del histograma, en donde resulta una unidad fraccionada igual a $3/7 = 0.43$. Se tiene en consecuencia un Rango igual a $0.92 + 6 + 0.43 = 7.35$ unidades. El Rango D determinado se debe expresar en milímetros, para lo cual se multiplica el número de unidades calculado por el valor que tiene cada unidad en milímetros ($7.35 \times 5\text{mm} = 36,75\text{mm}$).

3.4.3 Factor de corrección para el ajuste de "D"

Las ecuaciones 1 y 2 representan correlaciones entre el valor D y la rugosidad en unidades IRI, las cuales han sido desarrolladas para una condición de relación de brazos del rugosímetro de 1 a 10. Esta relación en la práctica suele variar, y depende del desgaste que experimenta. El patín del brazo móvil del instrumento. En consecuencia, para corregir los resultados se verifica la relación de brazos actual del instrumento, y, se determina un factor de corrección que permita llevar los valores a condiciones estándar.

Para determinar el factor de corrección se hace uso de un disco circular de bronce de aproximadamente 5 cm de diámetro y 6 mm de espesor, y se procede de la siguiente manera:

- Se determina el espesor de la pastilla, en milímetros, utilizando un calibrador que permita una aproximación al décimo de mm. El espesor se calculará como el valor promedio considerando 4 medidas diametralmente opuestas. Por ejemplo: el espesor medido es 6.2 mm
- Se coloca el rugosímetro sobre una superficie plana (un piso de terrazo, por ejemplo) y se efectúa la lectura que corresponde a la posición que adopta el puntero cuando el patín móvil se encuentra sobre el piso (por ejemplo, lectura=25). Se levanta el patín y se coloca la pastilla de calibración debajo de él, apoyándola sobre el piso.

Esta acción hará que el puntero sobre el tablero se desplace, asumiendo una relación de brazos estándar de 1 a 10, una distancia igual al espesor de la pastilla multiplicado por 10 (es decir: $6.2 \times 10 = 62$ mm), lo que significa, considerando que cada casillero mide 5 mm, que el puntero se ubicará aproximadamente en el casillero 12, siempre y cuando la relación de brazos actual del equipo sea igual a la asumida.

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

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

Donde,

EP: Espesor de la pastilla

LI: Posición inicial del puntero

LF: Posición final del puntero

Por ejemplo:

Si la posición inicial del puntero fue 25 y la final fue 10, entonces el Factor de Corrección será:

$$Fe = (6.2 \times 10) / [(25-10) \times 5] = 0.82666$$

3.4.4 Variación de relación de brazos

Para facilidad del trabajo, el rugosímetro admite dos posiciones para el patín del brazo pivotante:

a. Una posición. Ubicada a 10 cm del punto de pivote, posición estándar que se utiliza en el caso de pavimentos nuevos o superficies muy lisas (baja rugosidad). En ese caso la relación de brazos utilizada será 1 a 10.

b. Una posición ubicada a 20 cm del punto de pivote, posición alterna que se utiliza en el caso de pavimentos afirmados muy deformados o pavimentos muy deteriorados. En ese caso la relación de brazos será 1 a 5. De usar esta posición, el valor D determinado deberá multiplicarse por un factor de 2.

3.4.5 Cálculo del rango "D" corregido

El valor "D" calculado en la sección 3.4.2, deberá modificarse considerando el Factor de Corrección (FC=0.82666) definido en la sección 3.4.3 y la relación de brazos empleada en los ensayos (RB=1). El valor D corregido será $36.75\text{mm} \times 0.82666 \times 1 = 30.38 \text{ mm}$, esto en "unidades MERLIN".

3.4.6 Determinación de la rugosidad en la escala del IRI

Para transformar la rugosidad de unidades MERLIN a la escala del IRI, se usan las expresiones (1) Y (2) definidas en la sección 3.3. Aplicando la expresión para el caso de $IRI < 2.5$, se obtiene finalmente, para el ejemplo seguido, una rugosidad igual a **1.47 m/km**.

3.5 CÁLCULO DE LA SERVICIABILIDAD Y TRANSITIBILIDAD

En el Perú, la determinación analítica del PSI se efectúa utilizando la expresión establecida por Sayers, que relaciona la Rugosidad con el índice de Serviciabilidad.

La expresión 1, es una correlación desarrollada con la base de datos establecida en el Ensayo internacional sobre Rugosidad de Caminos, realizado en Brasil en 1982.

Donde, $PSI = 5e^{-(iri/5.5)}$; para un IRI < 12

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:

PSR	Transitabilidad
0-1	Muy mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy buena

Cuadro N° 3.01 Clasificación de la condición superficial del pavimento

Fuente: Sayers, 1998 "The Little Book of Profiling"

3.6 MÉTODO VIZIR

Es un sistema de fácil aplicación, que establece una distinción clara entre fallas estructurales y funcionales. El método clasifica los deterioros de los pavimentos asfálticos en dos grandes categorías, A y B.

Las degradaciones del Tipo A caracterizan una condición estructural del pavimento, se trata de degradaciones debidas a insuficiencia en la capacidad estructural de la calzada. Estos daños comprenden las deformaciones y los agrietamientos ligados a la fatiga del pavimento.

Las degradaciones del tipo B, en su mayoría de tipo funcional, dan lugar a reparaciones que generalmente no están ligadas a la capacidad estructural de la calzada. Su origen se encuentra más bien en deficiencias constructivas y condiciones locales particulares que el tránsito ayuda a poner en evidencia. Entre los deterioros del tipo B se pueden citar los agrietamientos motivados por asuntos distintos a la fatiga, los ojos de pescado, los desprendimientos y los afloramientos.

Los daños del tipo A caracterizan una condición estructural del pavimento, sea que ella esté ligada a las condiciones de las diversas capas y el suelo de sub rasante o simplemente a las capas asfálticas, Se trata de daños debido a insuficiencia en la capacidad estructural de la calzada cuyo remedio suele requerir el conocimiento de otros criterios de valoración (ensayos de resistencia, deflexiones, etc.).

Los daños se presentan en el esquema itinerario por medio de rectángulos cuyo fondo (blanco, gris o negro) indica el nivel de gravedad, en tanto que los lados de ellos determinan el comienzo y el fin de cada una de las zonas en las cuales se divide el proyecto para este tipo de evaluación. Para los estudios destinados al diseño de obras de mantenimiento y rehabilitación del pavimento, cada zona de análisis deberá tener una longitud de 100 metros. En el caso de carreteras de doble calzada, se efectuaran evaluaciones independientes para cada calzada. En el interior del rectángulo se coloca un número que expresa la extensión que ocupa el daño dentro de la zona evaluada.

3.6.1 Determinación del Índice de Deterioro Superficial, “Is”.

Para efectos de su corrección, los daños del tipo A y B se enfrentan de diferente manera. En el caso de los tipo B, la solución de mantenimiento se deriva del simple reconocimiento de su existencia, no siendo necesario apelar a otros parámetros para realizar el diagnostico, en cambio, la solución de los problemas que se manifiestan por medio de daños del tipo A depende de múltiples factores y, por lo tanto, el diagnostico exigirá la consideración de aspectos tales como la capacidad portante, la calidad de los materiales existentes, el transito futuro, etc.

Los daños de este tipo suelen generar trabajos importantes de rehabilitación del pavimento, los cuales traen implícito el paliativo para los defectos del tipo B.

Por lo tanto, el índice visual global que califica el estado del pavimento solo tiene en cuenta los daños del tipo A.

El primer paso en la determinación de este índice global (denominado Índice de Deterioro Superficial, “Is”) consiste en el cálculo del índice de fisuración (If), el cual depende de la gravedad y la extensión de las fisuraciones y agrietamientos de tipo estructural en cada zona evaluada, se deberá tomar como representativo de la zona el mayor de los dos índices calculados.

Luego, se calcula un índice de deformación (Id), el cual también depende de la gravedad y extensión de las deformaciones de origen estructural.

Como es posible que uno o más deterioros se presenten con distintos niveles de gravedad en una sección sometida a inspección, el nivel representativo de la sección se establece como un promedio ponderado, mediante la expresión:

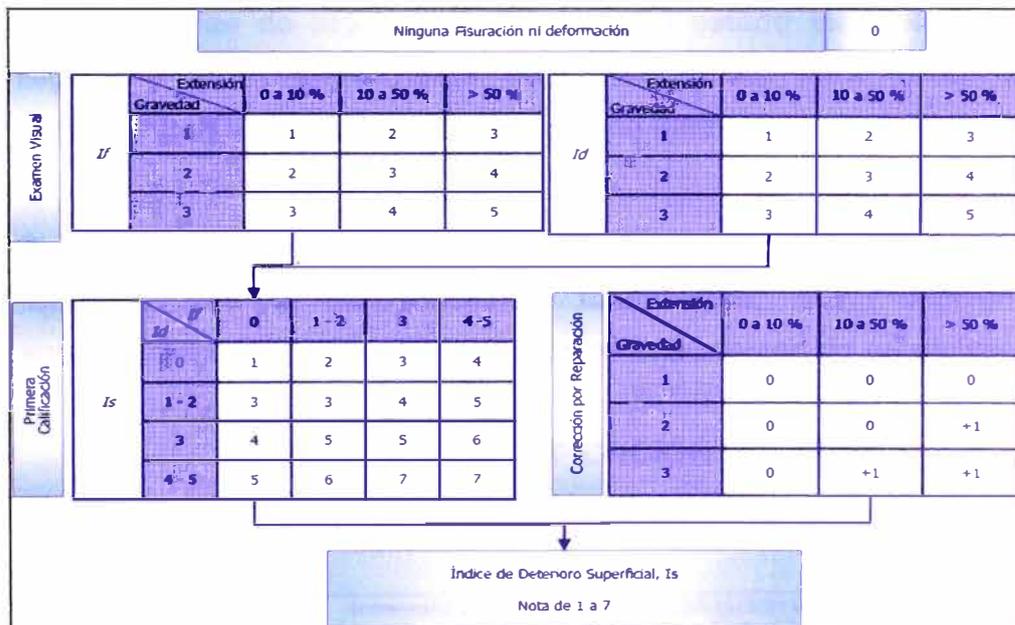
$$G = (L1+2L2+3L3) / (L1+L2+L3)$$

Donde: Li: Longitud ocupada por el deterioro con gravedad “i” dentro del tramo bajo evaluación.

Como la gravedad es un número entero (1, 2 o 3), el valor obtenido al realizar la ponderación se deberá redondear de acuerdo con el siguiente criterio:

- Si $G < 1.5$ se toma 1
- Si $1.5 \leq G < 2.5$ se toma 2
- Si $G \geq 2.5$ se toma 3

La combinación de "If" e "Id" da lugar a un primer índice de calificación de la calzada, el cual debe ser corregido en función de la extensión y calidad de los trabajos de bacheo.



Fuente : Méthode assistée par ordinateur pour l'estimation des besoins en entretien d'un reseau routier, LCPC. 1991.

Cuadro N° 3.02 Flujo para el cálculo de "Is"

Efectuada esta corrección, cuando corresponda, se obtiene el “Índice de Deterioro Superficial, (Is)”, el cual califica la calzada en la longitud escogida para el cálculo. El valor del “Is” varía entre 1 y 7, sin embargo, la valoración de las fallas del tipo A no constituyen un criterio suficiente para definir las acciones que requiere la calzada para su rehabilitación.

Los índices de deterioro superficial (Is), establecidos durante el proceso de calificación y cuantificación de los deterioros del pavimento, definen tres casos generales:

1. Valores de 1 y 2 del “Is” representan pavimentos con agrietamientos y deformaciones, que presentan un buen aspecto general y que, probablemente, no requieran en el momento más que acciones de mantenimiento rutinario.
2. Valores 3 y 4 representan pavimentos con agrietamiento estructural y pocas o ninguna deformación, así como pavimentos no figurados pero con deformaciones de alguna importancia. Su estado superficial se considera regular y lo suficientemente degradado como para poner en marcha tratamientos de rehabilitación de mediana intensidad.
3. Por último, los valores 5, 6 y 7 son indicativos de pavimentos con agrietamientos y deformaciones abundantes, cuyo deficiente estado superficial exige la ejecución de trabajos importantes de rehabilitación.

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL VIZIR RANGO CALIFICACION

Intervalo de Is	Calificación de Estado de Superficie
1 – 2	Bueno
3 – 4	Regular
5 - 7	Malo

Cuadro N° 3.03 Rangos de calificación del VIZIR

Fuente: Euroestudios - ingenieros de consulta, “Estudio básico, rehabilitación y mejoramiento tramo: Bosconia – Carmen de Bolívar”

CAPITULO IV

PROGRAMA DE CAMPO

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

En este punto se detallará el procedimiento llevado a cabo en la salida de campo realizada el día sábado 22 de mayo del 2010 para la obtención de datos de la carretera.

a) Inspección preliminar de campo

En esta etapa inicial se realiza la inspección de la zona asignada, Km.110+000 al Km. 112+000, para determinar los tramos adecuados para la obtención de datos con mejor calidad. Los criterios para lograr este fin son: Tramos con las menores curvaturas posibles y poca o ninguna existencia de jibas.

b) Marcado de tramos en la vía

Luego de la inspección preliminar determinamos los tramos a evaluar los cuales son: Km. 111+900 al Km. 111+500 y Km. 111+300 al Km. 110+900, de esta forma procedemos a marcar con pintura los kilometrajes de la vía escogidos y dentro de cada tramo cada 10 m. realizamos las marcas que nos guiaran durante el proceso de obtención de datos.

c) Obtención de datos

En esta etapa con la ayuda del rugosímetro Merlin obtenemos los datos en cada tramo de la vía asignada, recorreremos los tramos por el carril izquierdo de la carretera con el equipo Merlin acompañados de un técnico especialista para inspeccionar que la información está siendo tomada de manera correcta y sea representativa a la hora de ser procesada.

d) Inspección visual de campo

Luego de la obtención de datos de campo con el rugosímetro Merlin procedemos a la inspección visual del tramo asignado, pudiendo así obtener información relevante de las condiciones en que se encuentra el pavimento y los factores que influyen en su estado.

4.2 OBTENCIÓN DE DATOS DE CAMPO

- **Primer tramo (Km. 110+400 al Km. 110+800)**

Previo al inicio del ensayo se llevó a cabo la calibración del equipo MERLIN Serie: 541 Modelo: TM171.

Posteriormente se colocó el equipo en la zona de prueba asegurándonos que el puntero se encuentre en el centro del formato (división 25).

Se inició el ensayo en este tramo a las 12:15 pm en la progresiva Km. 110+800 por el carril izquierdo de la vía, recorriendo 400 metros hasta la progresiva Km. 110+400, guiándonos de las marcas hechas previamente en la carretera en el sentido de Chupaca a Cañete.

En este tramo se tomaron 200 registros, sobre una superficie con tratamiento superficial tipo **monocapa**, el ancho de la vía varía de 3.90 a 5.00 metros aproximadamente.

El equipo de trabajo para realizar este ensayo fue el siguiente:

Operador-Lector: Encargado de operar el equipo y leer los valores observados.

Anotador: Encargado de la toma de los datos dados por el Operador-Lector.

Vigía: Encargado de la seguridad del ensayo y guía en el recorrido con el equipo a través del tramo.

Se llegó a la progresiva Km. 110+400 a las 1:00 pm.

Tiempo de ensayo: 45 minutos.

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

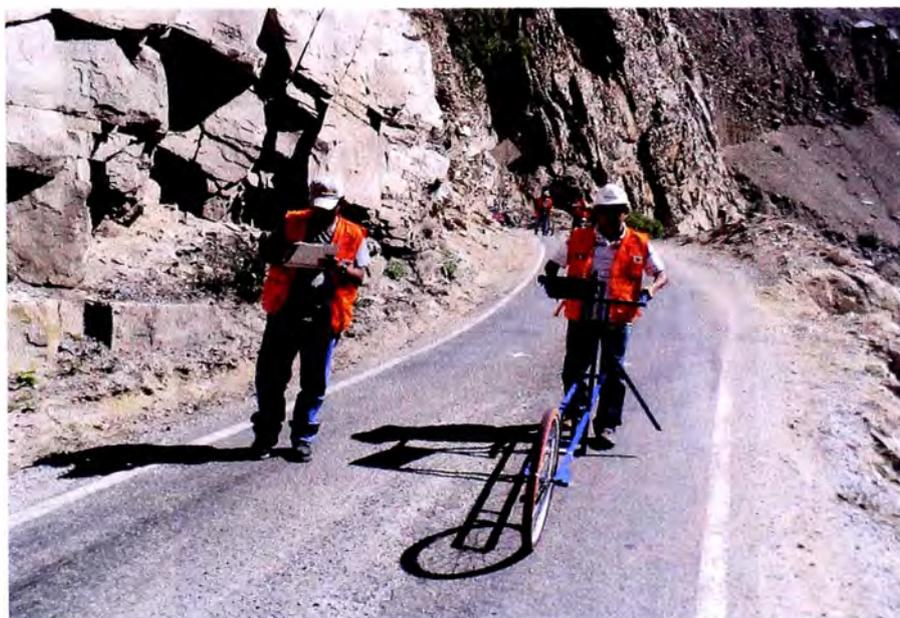
PROYECTO: *Corredor Vial N° 13* OPERADOR : *RPD*
SECTOR : *Cañete - Chupaca* SUPERVISOR : *JUS*
TRAMO : *110+400 al 110+800* FECHA : *22/05/2010*
CARRIL : *IZQUIERDO*

ENSAYO N° KM HORA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	8	12	24	19	23	17	32	31	32	24	TIPOS DE PAVIMENTO:
2	26	12	25	28	27	24	37	27	21	29	AFIRMADO <input type="checkbox"/>
3	29	34	24	28	17	24	22	23	17	33	BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
4	24	36	26	25	26	19	27	22	31	32	BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
5	21	25	27	20	19	34	26	31	33	17	TRATAMIENTO MONOCAPA <input checked="" type="checkbox"/>
6	33	1	12	19	6	21	28	33	16	20	TRATAMIENTO SLURRY SEAL <input type="checkbox"/>
7	24	13	24	24	23	33	27	21	24	24	RECAPEO ASFALTICO <input type="checkbox"/>
8	34	1	17	21	34	27	22	21	24	24	SELLO <input type="checkbox"/>
9	31	25	32	36	30	31	20	1	30	32	
10	15	26	22	22	25	17	32	7	27	4	
11	22	29	24	23	28	41	20	24	27	1	
12	33	35	27	28	13	24	16	1	27	21	
13	34	23	18	24	20	17	26	20	22	31	
14	24	16	20	31	37	34	20	23	32	21	
15	38	22	20	27	12	24	24	24	29	26	
16	31	26	23	27	30	33	7	33	17	22	
17	23	30	21	24	29	26	15	23	24	33	
18	33	6	23	23	15	31	24	21	31	17	
19	22	26	31	24	27	13	16	21	26	24	
20	14	16	17	29	9	17	22	7	27	23	

Cuadro N° 4.01 Información registrada - Tramo 1

Fuente: Elaboración Propia



Fotografía N° 4.01 Toma de datos con equipo MERLIN – Tramo1

Fuente: Elaboración Propia

- **Segundo tramo (Km. 111+300 al Km. 110+900)**

Previo al inicio del ensayo se llevó a cabo la calibración del equipo MERLIN Serie: 541 Modelo: TM171.

Posteriormente se colocó el equipo en la zona de prueba asegurándonos que el puntero se encuentre en el centro del formato (división 25).

Se inició el ensayo en este tramo a las 11:20 am en la progresiva Km. 111+300 por el carril izquierdo de la vía, recorriendo 400 metros hasta la progresiva Km. 110+900, guiándonos de las marcas hechas previamente en la carretera en el sentido de Chupaca a Cañete.

En este tramo se tomaron 200 registros, sobre una superficie con tratamiento superficial tipo **monocapa**, el ancho de la vía varía de 3.70 a 4.90 metros aproximadamente.

El equipo de trabajo para realizar este ensayo fue el siguiente:

Operador-Lector: Encargado de operar el equipo y leer los valores observados.

Anotador: Encargado de la toma de los datos dados por el Operador-Lector.

Vigía: Encargado de la seguridad del ensayo y guía en el recorrido con el equipo a través del tramo.

Se llegó a la progresiva Km. 110+900 a las 12:05 pm.

Tiempo de ensayo: 45 minutos.



Fotografía N° 4.02 Toma de datos con equipo MERLIN – Tramo 2

Fuente: Elaboración Propia

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

PROYECTO: *Carretera Vial N° 13* OPERADOR : *RPD*
SECTOR : *Cañete - Chupaca* SUPERVISOR : *JUS*
TRAMO : *111+500 al 111+900* FECHA : *22/05/2010*
CARRIL : *IZQUIERDO*

ENSAYO N° KM HORA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	17	21	19	26	21	25	25	20	33	34	TIPOS DE PAVIMENTO:
2	29	25	16	26	22	22	30	23	11	25	
3	30	23	21	21	29	29	22	23	23	36	AFIRMADO <input type="checkbox"/>
4	22	26	29	23	24	30	28	23	22	4	BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
5	28	23	20	25	27	20	24	29	27	25	BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
6	23	27	28	23	19	20	28	26	30	30	TRATAMIENTO MONOCAPA <input checked="" type="checkbox"/>
7	30	36	21	27	28	25	25	30	25	31	TRATAMIENTO SLURRY SEAL <input type="checkbox"/>
8	19	27	19	26	19	19	19	28	23	32	RECAPEO ASFALTICO <input type="checkbox"/>
9	29	22	18	19	26	22	21	24	33	21	SELLO <input type="checkbox"/>
10	23	20	18	24	15	25	29	26	34	23	
11	20	20	30	24	27	23	22	30	22	19	
12	26	29	27	17	24	29	26	21	32	23	
13	22	27	31	28	29	22	28	29	25	30	
14	20	27	32	31	25	20	39	10	26	28	
15	28	26	31	17	25	15	34	20	25	27	
16	26	33	26	22	24	25	26	9	29	27	
17	26	29	25	23	33	23	26	17	27	38	
18	19	38	31	20	25	13	22	36	21	26	
19	15	26	29	30	31	26	26	17	33	28	
20	29	29	20	29	24	24	26	20	27	25	

Cuadro N° 4.02 Información registrada - Tramo 2

Fuente: Elaboración Propia

- **Tercer tramo (Km. 111+500 al Km. 111+900)**

Previo al inicio del ensayo se llevó a cabo la calibración del equipo MERLIN Serie: 541 Modelo: TM171.

Posteriormente se colocó el equipo en la zona de prueba asegurándonos que el puntero se encuentre en el centro del formato (división 25).

Se inició el ensayo el día 22 de mayo del 2010 a las 10:30 am en la progresiva Km. 111+900 por el carril izquierdo de la vía, recorriendo 400 metros hasta la progresiva Km. 111+500, guiándonos de las marcas hechas previamente en la carretera en el sentido de Chupaca a Cañete.

En este tramo se tomaron 200 registros, sobre una superficie con tratamiento superficial tipo **monocapa**, el ancho de la vía varía de 3.50 a 5.00 metros aproximadamente.

El equipo de trabajo para realizar este ensayo fue el siguiente:

- **Operador-Lector:** Encargado de operar el equipo y leer los valores observados.
- **Anotador:** Encargado de la toma de los datos dados por el Operador-Lector.
- **Vigía:** Encargado de la seguridad del ensayo y guía en el recorrido con el equipo a través del tramo.

Se llegó a la progresiva Km. 111+500 a las 11:10 am.

Tiempo de ensayo: 40 minutos.



Fotografía N° 4.03 Toma de datos con equipo MERLIN – Tramo 3

Fuente: Elaboración Propia

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN (HOJA DE CAMPO)											
PROYECTO: <i>Corredor Vial N° 13</i>					OPERADOR : <i>RPD</i>						
SECTOR : <i>Cañete - Chupaca</i>					SUPERVISOR : <i>JUS</i>						
TRAMO : <i>111+300 al 110+900</i>					FECHA : <i>22/05/2010</i>						
CARRIL : <i>IZQUIERDO</i>											
ENSAJO N°		2		KM		111+900		HORA		11:20 AM	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	17	20	19	20	15	24	20	26	17	21	TIPOS DE PAVIMENTO:
2	20	18	26	23	21	22	23	21	21	26	
3	13	18	48	18	16	20	30	22	21	27	AFIRMADO
4	15	20	25	12	13	16	23	23	13	20	
5	18	16	18	17	28	19	16	26	19	33	BASE GRANULAR
6	15	16	19	27	26	20	19	26	17	24	
7	10	16	25	21	23	13	20	23	15	20	BASE IMPRIMADA
8	24	16	15	19	22	16	17	22	20	15	
9	14	18	19	17	29	18	25	10	22	20	TRATAMIENTO MONOCAPA
10	23	13	22	23	24	22	23	7	24	29	
11	11	8	19	19	16	25	17	22	15	32	TRATAMIENTO SLURRY SEAL
12	16	17	24	23	28	21	19	18	32	16	
13	13	15	19	19	28	17	17	13	24	11	RECAPEO ASFALTICO
14	26	22	8	19	18	17	24	25	15	15	
15	8	16	26	21	19	20	26	19	19	26	SELLO
16	14	21	10	17	18	15	25	14	20	13	
17	22	18	24	19	15	27	20	17	16	14	
18	17	9	16	24	18	17	27	22	13	13	
19	19	20	18	23	18	21	23	15	11	27	
20	12	18	18	23	25	18	19	21	16	12	

Cuadro N° 4.03 Información registrada - Tramo 3

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V

PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

5.1 SITUACIÓN OBSERVADA EN TRAMO ASIGNADO

La condición actual del pavimento a nivel superficial se evaluó en función de dos aspectos:

- a) El nivel de deterioro determinado mediante inspección visual.
- b) La condición de regularidad del perfil longitudinal, mediante la determinación del IRI.

La observación visual tiene por objeto identificar de manera global el deterioro que evidencia la vía.

Para el registro de los deterioros se realizó un recorrido a través de los 2 km. Del tramo asignado (Km. 110+000 al Km. 112+000).

Estos deterioros se deben identificar considerando tres factores:

1. **Tipo.** Se clasificará la degradación del pavimento en dos tipos para poder diferenciar el tipo y grado de deterioro:
 - **Degradaciones tipo A:** Se encuentran las fallas que caracterizan una deficiencia estructural del pavimento, ligadas a las condiciones de las diversas capas y el suelo de subrasante, o simplemente a las capas asfálticas, entre ellas se encuentran deformaciones y fisuración por fatiga.
 - **Degradaciones tipo B:** Son de carácter funcional, y por tanto su reparación no está relacionada con la capacidad estructural del pavimento. El origen de este último tipo de degradaciones está vinculado a la mala calidad de algunos procedimientos constructivos y las condiciones locales de servicio, así como a la evolución misma de los materiales. Algunas de las degradaciones que se encuentran en este grupo son: agrietamientos (no relacionados con la fatiga), pérdida de pétreos (viruela) y afloramientos (exudación).

2. **Gravedad.** Representa el nivel de severidad del deterioro en términos de su progresión; entre más severo sea el deterioro, más importantes deberán ser las medidas para su corrección.
3. **Extensión.** Se refiere a la proporción del tramo evaluado que es afectada por un determinado tipo de deterioro. Esta proporción puede estar referida a longitud o área, dependiendo de la metodología de evaluación que se utilice y del tipo de deterioro identificado. Así mismo, la extensión de algunos deterioros se define por el número de veces en que ellos se presentan en el tramo sometido a evaluación.

Cualquier procedimiento de inspección de deterioros que ignore siquiera uno de estos tres factores, no brindará la información adecuada para establecer un juicio apropiado sobre la condición del pavimento.

El inventario de los deterioros del pavimento se realizó a lo largo de los tramos:

Tramo 1: Km. 111+900 al Km. 111+500

Tramo 2: Km. 111+300 al Km. 110+900

Tramo 3: Km. 110+800 al Km. 110+400

Durante el recorrido de los tramos asignados se utilizó el registro fotográfico así como grabación en video para la obtención de ésta información.

Se inició el recorrido a las 1:00 pm desde la progresiva: Km. 110+000 a través de los 2 km de vía hasta llegar a la progresiva Km. 112+000 a las 2:15 pm.

A continuación se muestra la descripción del deterioro en función de su severidad y como se especifica, al detalle, cada una de ellas:

Severidad Degradación	1	2	3
Deformaciones y Ahuellamientos	Sensible al usuario, pero poco importante $f < 2$ cm.	Graves deformaciones, hundimientos localizados o bacheo $2 = f = 4$ cm	Deformaciones afectando gravemente la seguridad o el tiempo de recorrido $f = 4$ cm
Fallas longitudinales y transversales	Grietas finas en el trazo de las llantas o en el eje.	Grietas francamente abiertas y (o) con frecuencia ramificadas.	Grietas muy ramificadas y (o) muy abiertas, bordes a veces degradados
Grietas en bloque y piel de cocodrilo	Enlosado fino sin salida de materiales Malla larga (> 50 cm)	Enlosado más apretado (< 50 cm), a veces con salida de material, desprendimientos.	Enlosado muy abierto, recortado en adoquines (< 20 cm), a veces con materiales

Cuadro N° 5.01 Definición y severidad de las degradaciones Tipo A

Fuente: Méthode assistée par ordinateur pour l'estimation des besoins en entretien d'un reseau routier, LCPC, 1991.

Severidad Degradación	1	2	3
Grieta longitudinal de junta	Fina y única	Ancha ($= 1$ cms) sin desprendimiento ó Fina ramificada	Ancha con (desgaste) de los bordes ó Ancha ramificada
Baches (Para 100 m de calzada)	Cantidad < 5 Tamaño ϕ 30 cm max.	Cantidad: 5 a 10 y tamaño ϕ 30 cm ó Cantidad < 5 y tamaño: ϕ 30-100 cm	Cantidad: 5 a 10 y tamaño ϕ 30 - 100 cm ó Cantidad > 5 y tamaño: ϕ 30 cm
Cabezas duras, pérdida de agregado, desplazamientos, exudación	Puntuales sin aparición de la capa de Base	Continuos ó puntuales con aparición de la capa de base	Continuos con aparición de la capa de base

Cuadro N° 5.02 Definición y severidad de las degradaciones Tipo B

Fuente: Méthode assistée par ordinateur pour l'estimation des besoins en entretien d'un reseau routier, LCPC, 1991.

5.2 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO

5.2.1 Cálculo de la serviciabilidad y transitabilidad mediante el IRI

a) Cálculo del rango “D”

- **Primer tramo (Km. 110+400 al Km. 110+800)**

Según los datos obtenidos en campo y que se muestran en la sección 4.2 (Obtención de datos de campo), para este tramo tenemos el siguiente intervalo de desviaciones:

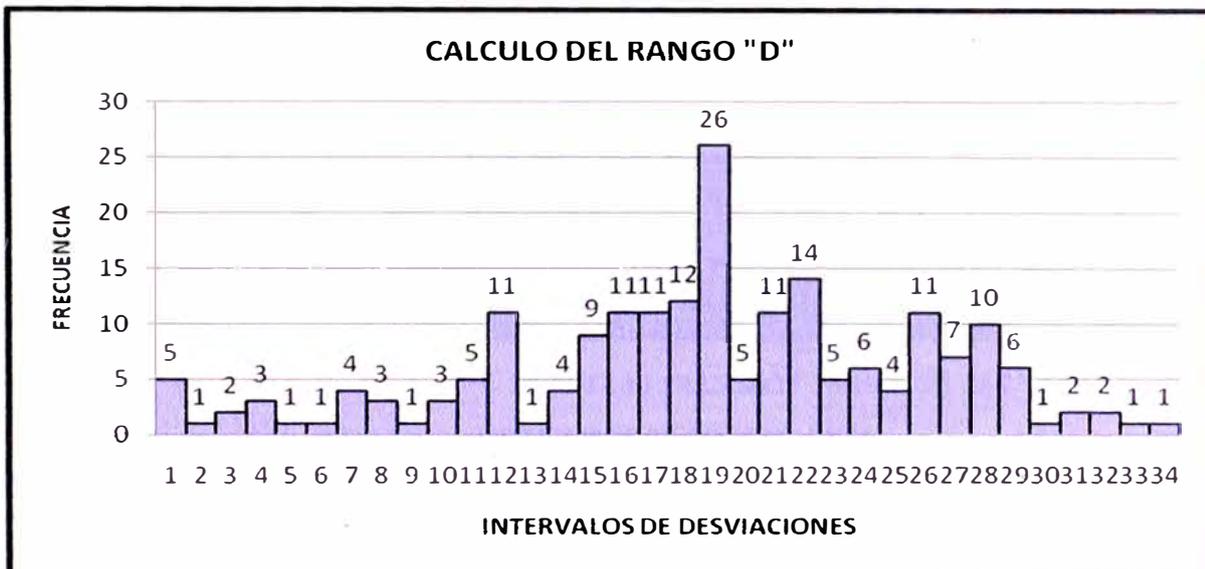


Figura Nº 5.01 Cálculo del rango “D” – Tramo 1

Fuente: Elaboración propia

En base al gráfico se procede al cálculo del rango “D”, aquí se aprecia la distribución de las frecuencias de las lecturas obtenidas. De este gráfico debemos eliminar 10 datos del extremo izquierdo como 10 datos del extremo derecho, siendo estos respectivamente: por el lado izquierdo 1, 2, 3 y parte del 4 (quedando 1/3), por el lado derecho 34, 33, 32, 31, 30, y parte del 29 (quedando 3/6).

Por lo tanto se tiene un rango igual a $1/3 + 24 + 3/6 = 24.83$ unidades.

El rango "D" se debe expresar en milímetros por lo que se multiplica la cantidad obtenida por el valor en milímetros de cada unidad ($24.83 \times 5\text{mm} = 124.15 \text{ mm}$), por lo tanto **D=124.15 mm**.

- **Segundo tramo (Km. 110+900 al Km. 111+300)**

Según los datos obtenidos en campo y que se muestran en la sección 4.2 (Obtención de datos de campo), para este tramo tenemos el siguiente intervalo de desviaciones:

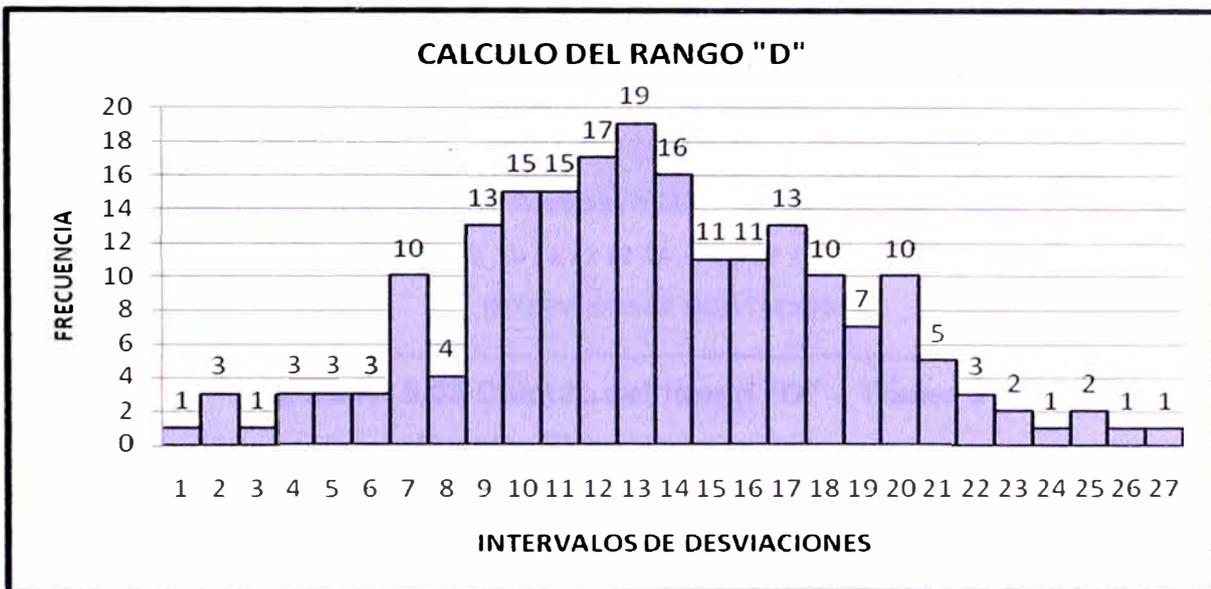


Figura Nº 5.02 Cálculo del rango "D" – Tramo 2

Fuente: Elaboración propia

En base al gráfico se procede al cálculo del rango "D", aquí se aprecia la distribución de las frecuencias de las lecturas obtenidas. De este gráfico debemos eliminar 10 datos del extremo izquierdo como 10 datos del extremo derecho, siendo estos respectivamente: por el lado izquierdo 1, 2, 3, 4 y parte del 5 (quedando 1/3), por el lado derecho 27, 26, 25, 24, 23 y 22.

Por lo tanto se tiene un rango igual a $1/3 + 16 = 16.33$ unidades.

El rango "D" se debe expresar en milímetros por lo que se multiplica la cantidad obtenida por el valor en milímetros de cada unidad ($16.33 \times 5\text{mm} = 81.7 \text{ mm}$), por lo tanto **D=81.7 mm**.

• **Tercer tramo (Km. 111+500 al Km. 111+900)**

Según los datos obtenidos en campo y que se muestran en la sección 4.2 (Obtención de datos de campo), para este tramo tenemos el siguiente intervalo de desviaciones:

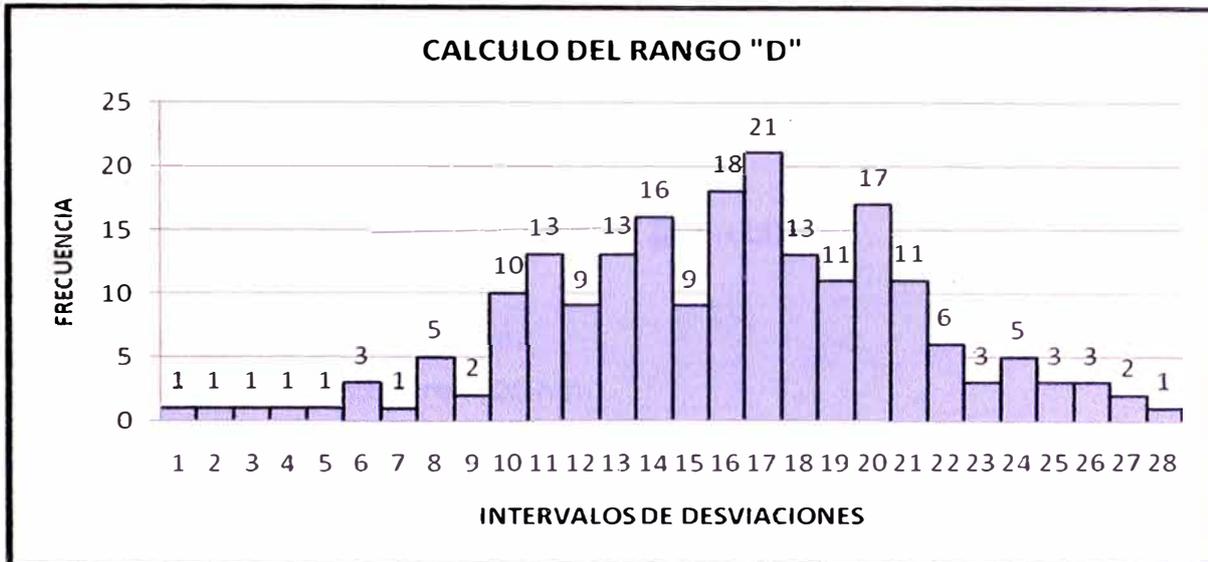


Figura Nº 5.03 Cálculo del rango “D” – Tramo 3

Fuente: Elaboración propia

En base al gráfico se procede al cálculo del rango “D”, aquí se aprecia la distribución de las frecuencias de las lecturas obtenidas. De este gráfico debemos eliminar 10 datos del extremo izquierdo como 10 datos del extremo derecho, siendo estos respectivamente: por el lado izquierdo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y parte del 8 (quedando 4/5), por el lado derecho 27, 26, 25 y parte del 24 (quedando 4/5).

Por lo tanto se tiene un rango igual a $4/5 + 15 + 4/5 = 16.6$ unidades.

El rango “D” se debe expresar en milímetros por lo que se multiplica la cantidad obtenida por el valor en milímetros de cada unidad ($16.6 \times 5\text{mm} = 78\text{ mm}$), por lo tanto **D=83 mm.**

b) Cálculo del IRI

Ya obtenidos el rango "D" para cada tramo se calcula su respectivo factor de corrección y el valor de IRI.

- **Primer tramo (Km. 110+400 al Km. 110+800)**

Se aplica el factor de corrección correspondiente a la calibración del equipo:

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

Donde,

EP: Espesor de la pastilla = 6 mm.

LI: Posición inicial del puntero = 25 mm.

LF: Posición final del puntero = 40 mm.

Luego de reemplazar en la fórmula tenemos:

$$F.C. = (6 \times 10) / [(40-25) \times 5]$$

$$F.C. = 0.80$$

Por lo tanto:

$$D_{corr} = 124.15 \times 0.80 = 99.32 \text{ mm.}$$

Reemplazando en la ecuación:

$$IRI = 0.593 + 0.0471D$$

Se obtiene:

$$IRI = 5.27 \text{ m/Km (Primer tramo)}$$

- **Segundo tramo (Km. 110+900 al Km. 111+300)**

Se aplica el factor de corrección correspondiente a la calibración del equipo:

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

Donde,

EP: Espesor de la pastilla = 6 mm.

LI: Posición inicial del puntero = 25 mm.

LF: Posición final del puntero = 40 mm.

Luego de reemplazar en la fórmula se tiene:

$$F.C. = (6 \times 10) / [(40-25) \times 5]$$

$$F.C. = 0.80$$

Por lo tanto:

$$D_{corr} = 81.7 \times 0.80 = 65.36 \text{ mm.}$$

Reemplazando en la ecuación:

$$IRI = 0.593 + 0.0471D$$

Se obtiene:

$$IRI = 3.67 \text{ m/Km (Segundo tramo)}$$

- **Tercer tramo (Km. 111+500 al Km. 111+900)**

Se aplica el factor de corrección correspondiente a la calibración del equipo:

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

Donde,

EP: Espesor de la pastilla = 6 mm.

LI: Posición inicial del puntero = 25 mm.

LF: Posición final del puntero = 40 mm.

Luego de reemplazar en la fórmula se tiene:

$$F.C. = (6 \times 10) / [(40-25) \times 5]$$

$$F.C. = 0.80$$

Por lo tanto:

$$D_{corr} = 83 \times 0.80 = 66.4 \text{ mm.}$$

Reemplazando en la ecuación:

$$IRI = 0.593 + 0.0471D$$

Se obtiene:

$$IRI = 3.72 \text{ m/Km (tercer tramo)}$$

c) Cálculo del PSI y transitabilidad

Para el cálculo del PSI se usará la formula de Sayers para cada tramo:

$$PSI = 5e^{-(IRI/5.5)}$$

- **Primer tramo (Km. 110+400 al Km. 110+900)**

Se tiene: IRI=5.27

Por lo tanto: PSI=1.92

PSR	Transitabilidad
0-1	Muy mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy buena

Transitabilidad: Mala

- **Segundo tramo (Km. 110+900 al Km. 111+300)**

Se tiene: IRI=3.67

Por lo tanto: PSI=2.57

PSR	Transitabilidad
0-1	Muy mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy buena

Transitabilidad: Regular

- **Tercer tramo (Km. 111+500 al Km. 111+900)**

Se tiene: IRI=3.72

Por lo tanto: PSI=2.54

PSR	Transitabilidad
0-1	Muy mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy buena

Transitabilidad: Regular

5.2.2 Cálculo de la transitabilidad mediante el método VIZIR

a) Inventario de deterioros

A continuación se muestra el resumen de los deterioros registrados durante la salida de campo en el tramo asignado.

Como se mencionó en el capítulo V en esta etapa es muy importante el registro del tipo de falla, gravedad y extensión de la misma; factores que son considerados en el inventario.

Se ha dividido la toma de información en sub tramos de 100 metros cada uno, tal como recomienda hacerlo el método VIZIR.

TRAMO 1: Km. 110+400 al 110+800

PROGRESIVA 110+400 A 110+500	REGISTRO	CUANTIFICACIÓN			
		% Afectado en el tramo			
Deterioro	Fotografía	Fisuración	Gravedad	Deformación	Gravedad
DM: DESPLAZAMIENTO O ABULTAMIENTO				2%	2
D: DESCASCARAMIENTO B: BACHES				2%	2
AH: AHUELLAMIENTO B: BACHE				1%	2
AH: AHUELLAMIENTO B: BACHE				2%	2
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL D: DESCASCARAMIENTO				1%	1
% Area Afectada				8%	2

PROGRESIVA 110+500 A 110+600	REGISTRO	CUANTIFICACIÓN			
		% Afectado en el tramo			
Deterioro	Fotografía	Fisuración	Gravedad	Deformación	Gravedad
D: DESCASCARAMIENTO B: BACHES				2%	2
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL D: DESCASCARAMIENTO				3%	1
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL AH: AHUELLAMIENTO				2%	2
FL: FISURAS LONGITUDINALES D: DESCASCARAMIENTO				3%	2
D: DESCASCARAMIENTO B: BACHES				1%	1
% Area Afectada		0%		11%	2

PROGRESIVA 110+600 A 110+700	REGISTRO	CUANTIFICACIÓN			
		% Afectado en el tramo			
Deterioro	Fotografía	Fisuración	Gravedad	Deformación	Gravedad
D: DESCASCARAMIENTO B: BACHES				2%	2
D: DESCASCARAMIENTO B: BACHES				3%	1
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL AH: AHUELLAMIENTO				2%	2
D: DESCASCARAMIENTO B: BACHES				1%	2
D: DESCASCARAMIENTO B: BACHES				2%	2
% Area Afectada		0%		10%	2

PROGRESIVA 110+700 A 110+800	REGISTRO	CUANTIFICACIÓN			
		% Afectado en el tramo			
Deterioro	Fotografía	Fisuración	Gravedad	Deformación	Gravedad
D: DESCASCARAMIENTO B: BACHES				2%	3
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL AH: AHUELLAMIENTO				3%	2
D: DESCASCARAMIENTO B: BACHES				3%	2
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL AH: BACHES				2%	2
D: DESCASCARAMIENTO B: BACHES				1%	3

TRAMO 2: Km. 110+900 al 111+300

PROGRESIVA 110+900 A 111+000	REGISTRO	CUANTIFICACIÓN			
		% Afectado en el tramo			
Deterioro	Fotografía	Fisuración	Gravedad	Deformación	Gravedad
D: DESCASCARAMIENTO AH: AHUELLAMIENTO				2%	1
D: DESCASCARAMIENTO B: BACHES				3%	1
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL AH: BACHES				4%	2
D: DESCASCARAMIENTO B: BACHES				3%	1
AH: AHUELLAMIENTO B: BACHES				2%	3
% Area Afectada		0%		14%	2

PROGRESIVA 111+000 A 111+100	REGISTRO	CUANTIFICACIÓN			
		% Afectado en el tramo			
Deterioro	Fotografía	Fisuración	Gravedad	Deformación	Gravedad
AH: AHUELLAMIENTO BACHES B				2%	3
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL D: DESCASCARAMIENTO				2%	2
D: AHUELLAMIENTO BACHES B				1%	1
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL B: BACHES				2%	2
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL D: DESCASCARAMIENTO				2%	2
% Area Afectada				9%	2

PROGRESIVA 111+100 A 111+200	REGISTRO	CUANTIFICACIÓN			
		% Afectado en el tramo			
Deterioro	Fotografía	Fisuración	Gravedad	Deformación	Gravedad
AH: AHUELLAMIENTO BACHES B				3%	2
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL AH: DESCASCARAMIENTO				3%	2
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL D: DESCASCARAMIENTO				2%	2
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL D: DESCASCARAMIENTO				1%	1
% Area Afectada				9%	2

PROGRESIVA 111+200 A 111+300	REGISTRO	CUANTIFICACIÓN			
		% Afectado en el tramo			
Deterioro	Fotografía	Fisuración	Gravedad	Deformación	Gravedad
D: DESCASCARAMIENTO B: BACHES				2%	3
D: DESCASCARAMIENTO B: BACHES				1%	3
AH: AHUELLAMIENTO B: BACHES				1%	3
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL B: BACHES				1%	3
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL AH: DESCASCARAMIENTO				2%	2
% Area Afectada				7%	3

TRAMO 3: Km. 111+500 al 111+900

PROGRESIVA 111+500 A 111+600	REGISTRO	CUANTIFICACIÓN			
		% Afectado en el tramo			
Deterioro	Fotografía	Fisuración	Gravedad	Deformación	Gravedad
D: DESCASCARAMIENTO B: BACHES				2%	2
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL AH: DESCASCARAMIENTO				3%	2
D: DESCASCARAMIENTO B: BACHES				1%	2
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL B: BACHES				2%	2
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL AH: DESCASCARAMIENTO				3%	2
% Area Afectada				11%	2

PROGRESIVA 111+600 A 111+700	REGISTRO	CUANTIFICACIÓN			
		% Afectado en el tramo			
Deterioro	Fotografía	Fisuración	Gravedad	Deformación	Gravedad
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL AH: DESCASCARAMIENTO				2%	1
DM: DESPLAZAMIENTO O ABULTAMIENTO B: BACHES				3%	2
DM: DESPLAZAMIENTO O ABULTAMIENTO B: BACHES				2%	2
DM: DESPLAZAMIENTO O ABULTAMIENTO B: BACHES				3%	2
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL AH: DESCASCARAMIENTO				3%	1
% Area Afectada				13%	2

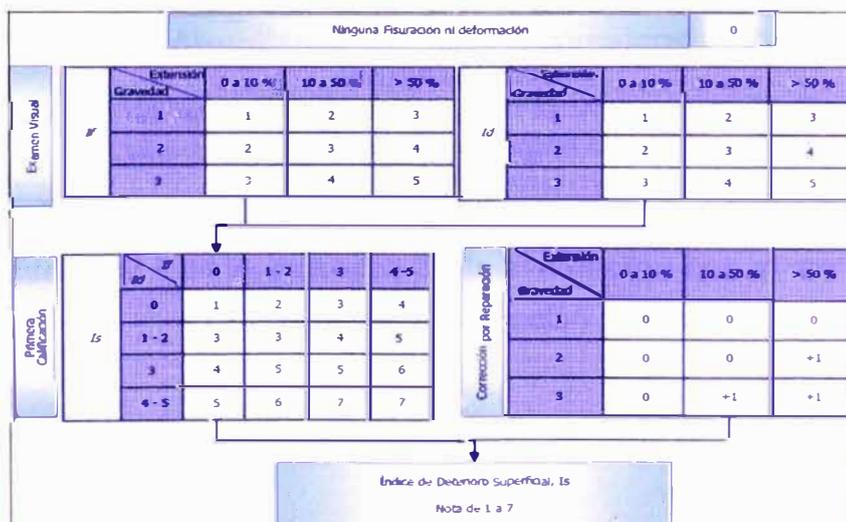
PROGRESIVA 111+700 A 111+800	REGISTRO	CUANTIFICACIÓN			
		% Afectado en el tramo			
Deterioro	Fotografía	Fisuración	Gravedad	Deformación	Gravedad
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL D: DESCASCARAMIENTO				2%	1
DM: DESPLAZAMIENTO O ABULTAMIENTO				2%	3
D: DESCASCARAMIENTO B: BACHES				2%	2
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL D: DESCASCARAMIENTO				3%	1
DL: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL D: DESCASCARAMIENTO				4%	1
% Area Afectada				13%	1

PROGRESIVA 111+800 A 111+900	REGISTRO	CUANTIFICACIÓN			
		% Afectado en el tramo			
		Fisuración	Gravedad	Deformación	Gravedad
D.L: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL D: DESCASCARAMIENTO				2%	1
D: DESCASCARAMIENTO B: BACHES				3%	2
D: DESCASCARAMIENTO B: BACHES				5%	3
D.L: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL B: BACHES				2%	2
D.L: HUNDIMIENTO LONGITUDINAL B: BACHES				2%	2
		0%		14%	2

b) Cálculo del índice de deterioro superficial (Is)

Del inventario obtenido en la sección anterior se calculan los indicadores respectivos para el cálculo del índice de deterioro superficial.

Usaremos el siguiente diagrama de flujo para el cálculo del "If" e "Id" con los cuales obtendremos el "Is" para cada sub tramo.



Fuente : Méthode assistée par ordinateur pour l'estimation des besoins en entretien d'un réseau routier. LCPC. 1991.

Cuadro Nº 5.03 Flujo para el cálculo de "Is"

De esta forma se observa en el cuadro las categorías resultantes para sub tramo de 100 metros, dentro del tramo asignado:

PR		Cálculo del Índice de Deformación (Id)			Índice de Deterioro Superficial Final Is	Categoría
		Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales (AH, DL, DT)				
DE	HASTA	Extensión % de longitud	Gravedad	Id		
110+400	110+500	8%	2	2	3	REGULAR
110+500	110+600	11%	2	3	4	REGULAR
110+600	110+700	10%	2	3	4	REGULAR
110+700	110+800	11%	2	3	4	REGULAR
110+900	111+000	14%	2	3	4	REGULAR
111+000	111+100	9%	2	2	3	REGULAR
111+100	111+200	9%	2	2	3	REGULAR
111+200	111+300	7%	3	3	4	REGULAR
111+500	111+600	11%	2	3	4	REGULAR
111+600	111+700	13%	2	3	4	REGULAR
111+700	111+800	13%	1	2	3	REGULAR
111+800	111+900	14%	2	3	4	REGULAR
<p>FLF: Fisuras longitudinales por fatiga FPC: Fisuras piel de cocodrilo AH: Ahuellamiento DL: Depresiones o hundimientos longitudinales</p> <p>DT: Depresiones o hundimientos transversales B: Bacheos y parcheos DM: Desplazamiento o abultamiento</p> <p>D: Descascaramiento</p>						

Cuadro N° 5.04 Resultados de la evaluación con el método VIZIR

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

6.1 COMPARACION DE RESULTADOS

Luego del cálculo de la transitabilidad por ambos métodos (IRI y VIZIR) se puede apreciar de que manera, cada método, obtiene una calificación para la transitabilidad en los tramos asignados.

COMPARACION DE RESULTADOS MÉTODO IRI VS. MÉTODO VIZIR

TRAMO	TRANSITABILIDAD IRI			TRANSITABILIDAD VIZIR		
	IRI (m/Km)	PSI	TRANSITABILIDAD	% ÁREA AFECTADA	I _s	TRANSITABILIDAD
PRIMER TRAMO						
Km. 110+400 al Km. 110+500	5,27	2	MALA	8%	3	REGULAR
Km. 110+500 al Km. 110+600	5,27	2	MALA	11%	4	REGULAR
Km. 110+600 al Km. 110+700	5,27	2	MALA	10%	4	REGULAR
Km. 110+700 al Km. 110+800	5,27	2	MALA	11%	4	REGULAR
SEGUNDO TRAMO						
Km. 110+900 al Km. 111+000	3,67	3	REGULAR	14%	4	REGULAR
Km. 111+000 al Km. 111+100	3,67	3	REGULAR	9%	3	REGULAR
Km. 111+100 al Km. 111+200	3,67	3	REGULAR	9%	3	REGULAR
Km. 111+200 al Km. 111+300	3,67	3	REGULAR	7%	4	REGULAR
TERCER TRAMO						
Km. 111+500 al Km. 111+600	3,72	3	REGULAR	11%	4	REGULAR
Km. 111+600 al Km. 111+700	3,72	3	REGULAR	13%	4	REGULAR
Km. 111+700 al Km. 111+800	3,72	3	REGULAR	13%	3	REGULAR
Km. 111+800 al Km. 111+900	3,72	3	REGULAR	14%	4	REGULAR

Cuadro Nº 6.01 Cuadro comparativo IRI - VIZIR

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro se puede observar que en el **segundo y tercer tramo**, la evaluación por ambos metodologías nos entrega calificaciones bastante similares en cuanto a la transitabilidad de la vía.

En el **primer tramo** si se encuentra diferencia en los resultados obtenidos, mientras que con el IRI obtenemos una calificación de transitabilidad "**MALA**", con el método VIZIR se obtiene una calificación de transitabilidad "**REGULAR**", la cual se mantiene constante a lo largo de los 2 Km. Estudiados.

6.2 ANÁLISIS TRANSITABILIDAD IRI – VIZIR

De acuerdo a los resultados obtenidos, y hecha la comparación de los mismos para obtener información más cercana a la realidad y útil, se propone utilizar una **calificación conjunta** la cual reflejará mucho mejor el estado de la transitabilidad de la vía en estudio.

A continuación se muestra el cuadro para la calificación conjunta en el cual se establecen rangos según los cuales se obtiene la condición de la vía con respecto a la transitabilidad:

Parámetros de Calificación de la carretera a partir del Is y el IRI

IRI (m/km)	Is	1 - 2	3 - 4	5 - 7
<2,5		MB	B	PP
2,5 - 3,5		B	R	M
3,5 - 4,5		R	R	M
4,5 - 5,5		R	M	MM
> 5,5		PP	M	MM

Cuadro N° 6.02 Parámetros de Calificación de la carretera “Is” y el IRI

Fuente: Euroestudios - ingenieros de consulta, “Estudio básico, rehabilitación y mejoramiento tramo: Bosconia – Carmen de Bolívar”

MB: Muy bueno

B: Bueno

R: Regular

M: Malo

MM: Muy malo

PP: Poco probable

Haciendo uso de la calificación a partir del I_s y el IRI se busca un indicador acorde con el tipo de vía y lo observado en la realidad, a continuación se muestra la aplicación de ésta calificación al tramo en estudio:

CALIFICACIÓN CONJUNTA POR I_s e IRI

TRAMO	IRI (m/Km)	I_s	Clasificación por I_s e IRI
PRIMER TRAMO			
Km. 110+400 al Km. 110+500	5,27	3	M
Km. 110+500 al Km. 110+600	5,27	4	M
Km. 110+600 al Km. 110+700	5,27	4	M
Km. 110+700 al Km. 110+800	5,27	4	M
SEGUNDO TRAMO			
Km. 110+900 al Km. 111+000	3,67	4	R
Km. 111+000 al Km. 111+100	3,67	3	R
Km. 111+100 al Km. 111+200	3,67	3	R
Km. 111+200 al Km. 111+300	3,67	4	R
TERCER TRAMO			
Km. 111+500 al Km. 111+600	3,72	4	R
Km. 111+600 al Km. 111+700	3,72	4	R
Km. 111+700 al Km. 111+800	3,72	3	R
Km. 111+800 al Km. 111+900	3,72	4	R

Cuadro N° 6.03 Calificación conjunta “ I_s ” y el IRI

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro podemos observar que en todos los tramos, la evaluación mediante ésta metodología nos entrega una calificación bastante similar a la obtenida con el IRI.

Cabe aclarar que ésta semejanza no se debe a que la evaluación de la transitabilidad mediante el IRI sea igual de precisa que la calificación conjunta, sino que en este caso ha coincidido el estado de deterioro de la vía con la condición de rugosidad de la misma, las cuales no están directamente relacionadas entre sí.

6.3 IMPACTO DE OTROS FACTORES EN LA TRANSITABILIDAD

Hasta el momento se han tomado las características en la superficie de rodadura de la vía para la evaluación de la transitabilidad (IRI y Is), lo cual evidencia la condición de la carretera en el momento de la inspección.

Además de estos factores existen otros que influyen directa o indirectamente a la condición de la transitabilidad de la vía. A continuación se enumerará los observados en la visita a campo.

1. Diseño Geométrico



Fotografía N° 6.01 Ancho de vía inadecuado

Fuente: Elaboración propia



Fotografía N° 6.02 Radio de curvatura muy cerrado

Fuente: Elaboración propia



Fotografía N° 6.03 Coincidencia de curvas verticales y horizontales

Fuente: Elaboración propia

2. Sistema de drenaje

Existe falta de mantenimiento de alcantarillas y canaletas deterioradas o inexistentes.



Fotografía N° 6.04 Cunetas en mal estado

Fuente: Elaboración propia

3. Señalización

La señalización en el tramo asignado es insuficiente e inadecuada, ya que existen curvas sin señalizar, deterioro de señales, señales en lugares incorrectos, etc.



Fotografía N° 6.05 Señalización mal ubicada

Fuente: Elaboración propia



Fotografía N° 6.06 Falta de señalización reflectiva en curvas

Fuente: Elaboración propia

6.4 COSTO DE LOS MÉTODOS EMPLEADOS

- **Costo de la evaluación con el rugosímetro MERLIN.**

Para poder plantear esta alternativa de metodología se calculó el costo de realizar este estudio mediante el cálculo del IRI.

- Fabricación del equipo MERLIN.....	US \$ 850.00
- Viaje a la zona (Equipo, personal y transporte).....	US \$ 250.00
- Personal técnico e implementos.....	US \$ 220.00
- Alojamiento, comida.....	US \$ 80.00
- Procesamiento de la información.....	US \$ 250.00
- Informe.....	US \$ 40.00

TOTAL **US \$ 1,960.00**

- **Costo de la evaluación con el método VIZIR.**

Para poder plantear esta alternativa de metodología se calculó el costo de realizar este estudio mediante el inventario de deterioros.

- Cámara de video.....	US \$ 600.00
- Viaje a la zona (Equipo, personal y transporte).....	US \$ 250.00
- Personal técnico e implementos.....	US \$ 280.00
- Alojamiento, comida.....	US \$ 80.00
- Procesamiento de la información.....	US \$ 350.00
- Informe.....	US \$ 40.00

TOTAL **US \$ 1,600.00**

Costos calculados para un muestreo de 2 km. en la carretera en estudio.

CONCLUSIONES

- 1.- En principio la evaluación de la transitabilidad sería realizada utilizando el rugosímetro MERLIN y su correspondiente valor de IRI para cada tramo, lo cual permitió evaluar el aspecto funcional de la vía.
- 2.- De los 3 tramos analizados con el IRI se obtuvieron 2 tramos con un IRI entre 3 y 4, con lo cual se obtiene un nivel de transitabilidad regular, mientras que el tercer tramo se obtuvo un valor de IRI entre 5 y 6, con lo cual se obtiene un nivel de transitabilidad malo.
- 3.- Debido a que el IRI fue elaborado para su aplicación a carreteras pavimentadas donde el factor más importante es el confort, ya que se da por hecho su funcionalidad, con fines comparativos se optó por la evaluación recurriendo un segundo método.
- 4.- Se escogió un método (VIZIR) que mide el grado de deterioro de la vía, al ser una vía no pavimentada de bajo volumen de tránsito, este método debería reflejar mejor la condición de servicio y su transitabilidad a nivel operacional que es lo que se busca con este análisis.
- 5.- Luego de la obtención de los resultados con el método VIZIR, se concluye que los 3 tramos en estudio tienen un nivel de transitabilidad regular.
- 6.- Se realizó el análisis de calificación conjunta, donde el IRI y el Is se correlacionan para obtener una calificación integral, dando como resultado que 2 de los 3 tramos tienen un nivel de transitabilidad regular y un tramo tiene un nivel de transitabilidad malo.
- 7.- La evaluación de la transitabilidad sólo con el uso del IRI puede llevar a intervenciones de conservación prematuras o intervenciones tardías, por no ser representativo para una vía con las características ya mencionadas.
- 8.- El costo de evaluación obtenido con el rugosímetro MERLIN fue de \$ 1,960.00 y con el método VIZIR fue de \$ 1,600.00, en ambos casos para 2 km.

RECOMENDACIONES

- 1.- Se recomienda se clasifique los métodos de evaluación de la transitabilidad de carreteras de acuerdo a la clasificación de la vía, buscando usar el que sea más representativo según sea el caso.
- 2.- Se recomienda el uso del método VIZIR en vías no pavimentadas de bajo volumen de tránsito por ser un método que permite evaluar en forma integral la superficie del pavimento y así obtener mejores estimaciones en las fechas de intervención para conservación o mantenimiento.
- 3.- Se recomienda el uso de métodos de inspección visual, los cuales permitan cuantificar el estado de la carretera, buscando obtener esta información con rapidez, precisión y calidad de información.
- 4.- La metodología de obtención de información para la evaluación de deterioros fue bastante eficiente y económica, comparable al uso del MERLIN en tiempo y costo, de manera que se podría realizar con una buena continuidad y extensiones mayores, y obtener los resultados que se requieren.
- 5.- El estado debería incentivar trabajos de investigación con el fin de mejorar los procedimientos de evaluación de carreteras con fines de conservación y rehabilitación, y desarrollar métodos acordes con nuestra realidad.
- 6.- Se recomienda que la vía se mantenga transitable para que se incremente el IMD con el fin de que la carretera pase a ser de segundo orden.
- 7.- Se recomienda tomar en cuenta el método VIZIR como una alternativa para la evaluación de la transitabilidad, habiendo calculado un costo similar del estudio usando el método VIZIR y el rugosímetro MERLIN.

BIBLIOGRAFÍA

- Ceron Bermudez, Viviana, "Evaluación y comparación de metodologías VIZIR y PCI sobre el tramo de la vía en pavimento flexible y rígido: Museo Quimbaya – CRQ Armenia Quindío (PR 00 + 000 – PR 02+ 600)". Bogotá, 2006.
- Consorcio Gestión de Carreteras, "Estudios técnicos para el cambio de estándar de afirmado a solución básica carretera: Cañete – Lunahuaná – Pacaran – Dv. Yauyos – Ronchas – Chupaca; Tramo: Zúñiga – Dv. Yauyos – Ronchas", Lima, 2008.
- Del Águila, P.M. "Metodología para la medición de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión". Ponencia presentada al X Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto. Sevilla, 1999.
- Del Águila, P.M. "Desarrollo de la ecuación de Correlación para la determinación del IRI en pavimentos asfálticos nuevos, utilizando el rugosímetro Merlin". Ponencia presentada al X Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto. Sevilla, 1999.
- Euroestudios - ingenieros de consulta, "Estudio básico, rehabilitación y mejoramiento tramo: Bosconia – Carmen de Bolívar". Proyecto ruta del sol – Gobierno de Colombia. Bogotá, 2009.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, "Presupuesto público evaluado: conservación o mantenimiento de carreteras". Informe final. Lima, 2008.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, "Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito", Lima, 2008.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, "Proyecto sistema de gestión de carreteras, Anexo 3 - Catálogo de daños de los pavimentos", Lima, 2001

- Republica de Colombia, Ministerio de transportes – Instituto nacional de vías, “Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles”. Bogotá, 2006.
- Republica de Colombia, Ministerio de transportes, “Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras”. Bogotá, 2008.
- Robladillo, Ysolina, Supervisión Proyecto Perú, “Panel fotográfico marzo 2009”. Lima, 2009.

ANEXO A:

PRESUPUESTO PARA FABRICACIÓN DE EQUIPO MERLIN

PRESUPUESTO No.156-2009

Lima, 28 de Septiembre de 2008

Señor Ing. Arturo Hernández

de Nuestra mayor consideración:

Por intermedio de la presente le remitimos nuestro presupuesto a todo costo por la fabricación de un rugosímetro MERLIN para medir rugosidad de pavimentos.

DETALLES:

- Base principal confeccionada en tubo estructural
- Sistemas pivotantes con contrapeso para mantener el punto de lectura en contacto con el pavimento.
- Puntos de lectura (media lunas) desmontables para un cambio por desgaste.
- Pintura en acabado acrílico

Accesorios adicionales:

- Caja de madera o estuche.

Costo : \$ 850.00 Dólares americanos + IGV.

FORMA DE PAGO:

- El 50 % de adelanto y saldo contra entrega

TIEMPO DE ENTREGA:

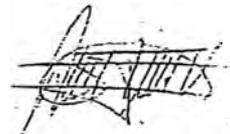
20 días calendarios

VALIDEZ DE LA OFERTA:

10 días calendarios

En espera de una pronta respuesta nos despedimos de Usted:

Atentamente:



ALFONSO TOVAR VALDIVIA

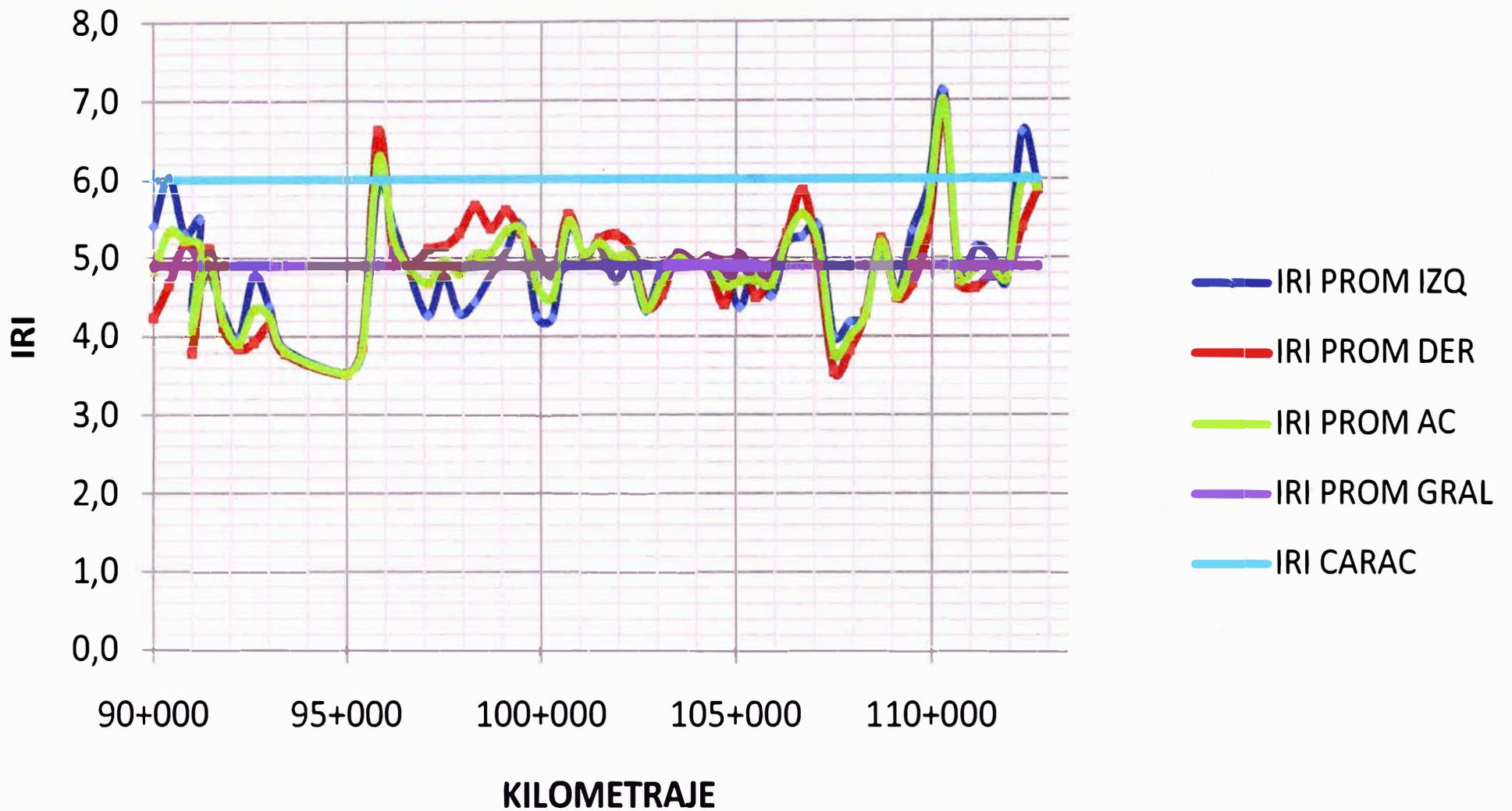
ANEXO B:

VALORES DE IRI EN LOS MESES FEBRERO – MARZO 2010

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

TRAMO		IRI (m/km)								Variación		Nivel de Regularidad		
		LADO IZQUIERDO				LADO DERECHO				IRI (Mín-Máx)	IRI PROM (Izq-Der)			
P. INICIAL	P. FINAL	1ra	2da	3ra	PROM	1ra	2da	3ra	PROM					
90+000	- 90+400	5,2	5,6	5,5	5,4	4,2	4,6	3,9	4,2	1,6	1,2	medio		
90+400	- 90+800	6,4	6,1	5,6	6,0	5,2	4,7	4,1	4,7	2,3	1,4	alto		
90+800	- 91+200	5,6	5,2	5,1	5,3	5,1	5,1	5,3	5,2	0,6	0,1	bajo		
91+200	- 91+600	5,5	5,6	5,4	5,5	4,7	5,1	4,6	4,8	1,1	0,7	bajo		
91+000	- 91+400	4,5	4,2	4,4	4,4	3,7	3,9	3,9	3,8	0,8	0,6	bajo		
91+400	- 91+800	4,8	5,0	4,6	4,8	4,9	5,6	4,9	5,1	1,0	0,3	bajo		
91+800	- 92+200	4,3	4,6	4,1	4,3	4,5	3,8	4,1	4,1	0,8	0,2	bajo		
92+200	- 92+600	4,1	4,0	3,8	4,0	4,1	4,4	3,1	3,9	1,4	0,1	medio		
92+600	- 93+000	4,5	5,0	4,8	4,8	3,8	3,9	4,1	3,9	1,2	0,8	medio		
93+000	- 93+400	4,5	4,6	4,1	4,4	4,2	4,3	3,9	4,1	0,6	0,2	bajo		
93+400	- 93+800	3,6	3,9	4,0	3,8	4,2	3,7	3,5	3,8	0,6	0,1	bajo		
95+000	- 95+400	3,5	3,4	3,7	3,5	3,8	3,1	3,6	3,5	0,7	0,0	bajo		
95+400	- 95+800	4,1	4,0	3,3	3,8	3,9	4,0	3,8	3,9	0,8	0,1	bajo		
95+800	- 96+200	5,9	6,1	5,9	5,9	6,9	6,4	6,6	6,6	1,1	0,7	bajo		
96+200	- 96+600	5,7	5,3	5,2	5,4	5,4	4,8	5,0	5,1	1,0	0,3	bajo		
96+600	- 97+000	5,0	5,0	4,5	4,8	4,8	4,8	5,1	4,9	0,6	0,1	bajo		
97+100	- 97+500	4,4	3,8	4,6	4,3	5,8	5,0	4,6	5,1	2,0	0,9	alto		
97+500	- 97+900	4,7	4,7	4,9	4,8	5,2	5,1	5,1	5,2	0,5	0,4	bajo		
97+900	- 98+300	4,6	4,3	4,0	4,3	5,7	5,1	5,1	5,3	1,8	1,0	alto		
98+300	- 98+700	4,5	4,3	4,6	4,4	5,7	5,4	5,9	5,7	1,6	1,2	medio		
98+700	- 99+100	5,3	4,5	4,5	4,8	5,6	5,8	4,7	5,4	1,4	0,6	medio		
99+100	- 99+500	5,6	4,8	4,8	5,1	6,1	5,5	5,2	5,6	1,3	0,5	medio		
99+500	- 99+900	4,7	5,7	5,8	5,4	5,7	5,2	5,0	5,3	1,1	0,1	bajo		
99+900	- 100+300	4,4	4,5	3,9	4,3	5,5	5,1	4,5	5,1	1,6	0,8	medio		
100+300	- 100+700	4,5	4,1	4,1	4,2	5,3	4,6	4,4	4,8	1,2	0,5	medio		
100+700	- 101+100	5,2	5,1	5,9	5,4	6,3	5,1	5,3	5,6	1,3	0,2	medio		
101+100	- 101+500	5,3	5,2	4,7	5,1	5,1	5,4	4,7	5,0	0,7	0,0	bajo		
101+500	- 101+900	5,0	5,5	5,0	5,2	4,9	5,5	5,3	5,2	0,6	0,1	bajo		
101+900	- 102+300	4,9	4,8	4,5	4,7	5,2	5,3	5,4	5,3	0,9	0,6	bajo		
102+300	- 102+700	4,9	5,1	4,8	4,9	5,7	5,3	4,4	5,1	1,3	0,2	medio		
102+700	- 103+100	4,5	3,9	4,5	4,3	3,8	4,8	4,6	4,4	1,0	0,1	bajo		
103+100	- 103+500	4,4	5,0	5,2	4,9	4,6	4,2	4,8	4,5	1,0	0,3	bajo		
103+500	- 103+900	4,9	5,3	4,7	4,9	4,6	4,9	5,6	5,0	1,0	0,1	bajo		
103+900	- 104+300	4,8	5,0	4,8	4,9	4,8	5,2	4,7	4,9	0,5	0,1	bajo		
104+300	- 104+700	4,8	4,9	5,4	5,0	4,6	5,2	4,8	4,9	0,8	0,1	bajo		
104+700	- 105+100	4,8	4,6	5,1	4,9	4,5	4,2	4,5	4,4	0,9	0,5	bajo		
105+100	- 105+500	4,4	4,6	4,1	4,4	5,0	5,0	5,2	5,0	1,1	0,7	medio		
105+500	- 105+900	4,7	5,3	4,7	4,9	4,6	4,5	4,4	4,5	1,0	0,4	bajo		
105+900	- 106+300	4,8	4,3	4,4	4,5	4,9	4,4	5,2	4,8	0,9	0,3	bajo		
106+300	- 106+700	4,8	4,9	5,9	5,2	5,6	5,0	5,4	5,3	1,1	0,1	bajo		
106+700	- 107+100	5,6	5,1	5,1	5,3	5,1	6,8	5,7	5,9	1,7	0,6	alto		
107+100	- 107+500	5,4	5,2	5,6	5,4	5,2	4,9	4,8	5,0	0,8	0,5	bajo		
107+500	- 107+900	3,9	4,0	4,1	4,0	3,4	3,5	3,8	3,6	0,7	0,4	bajo		
107+900	- 108+300	3,8	4,2	4,6	4,2	3,9	3,8	3,8	3,8	0,8	0,4	bajo		
108+300	- 108+700	4,1	4,3	4,4	4,3	4,8	4,1	4,1	4,3	0,7	0,0	bajo		
108+700	- 109+100	5,2	5,2	5,0	5,2	5,2	5,6	4,9	5,2	0,8	0,1	bajo		
109+100	- 109+500	4,7	4,3	4,5	4,5	4,5	4,3	4,8	4,5	0,5	0,0	bajo		
109+500	- 109+900	5,3	5,4	5,3	5,3	4,7	4,6	4,8	4,7	0,9	0,7	bajo		
109+900	- 110+300	5,6	5,7	6,4	5,9	5,4	5,5	5,1	5,4	1,2	0,5	medio		
110+300	- 110+700	7,5	6,6	7,2	7,1	6,5	7,3	6,8	6,9	1,0	0,2	bajo		
110+700	- 111+100	4,7	5,3	4,4	4,8	4,2	5,0	4,9	4,7	1,1	0,1	bajo		
111+100	- 111+500	5,2	5,7	4,5	5,1	4,0	4,5	5,3	4,6	1,7	0,5	alto		
111+500	- 111+900	5,3	4,8	5,1	5,0	4,8	4,8	4,7	4,8	0,5	0,3	bajo		
111+900	- 112+300	4,8	4,0	5,4	4,7	4,5	5,4	4,5	4,8	1,4	0,1	medio		
112+300	- 112+700	6,5	6,8	6,5	6,6	6,0	5,2	5,0	5,4	1,9	1,2	alto		
112+700	- 113+100	6,3	6,4	5,1	5,9	5,4	6,0	6,2	5,9	1,2	0,1	medio		
IRI Mínimo					3,5	IRI Mínimo					3,5	0,5	0,0	=MIN
IRI Máximo					7,1	IRI Máximo					6,9	2,3	1,4	=MAX
IRI Promedio					4,9	IRI Promedio					4,9			
Desv. Estandar					0,7	Desv. Estandar					0,7			
IRI Característico					6,0	IRI Característico					6,0			

GRAFICAS DEL IRI



ANEXO C:

**FOTOGRAFÍAS DE LA INTERVENCIÓN REALIZADA POR EL
CONTRATISTA CGC**



Se aprecia una zona antes de la intervención Km. 182



Zona durante la intervención a nivel de transitabilidad



Zona durante la intervención



Zona con apertura de tránsito después de la intervención



Tramos en pleno trabajo, nótese en la 1ra foto el estado de la vía



Tramos culminados Km. 190



Tramos culminados en el Km. 240

Trabajos del día 12-06-2008



Extendido de material de afirmado Km. 98



Tramos culminados en el Km. 98



Tramos culminados en servicio Km. 101

Prueba con Slurry Seal



Preparación de material para recepción de slurry seal



Colocado de mortero asfáltico en el tramo de prueba



Tramo de prueba en servicio



Se aprecia una zona antes de la intervención Km. 182



Zona durante la intervención a nivel de transitabilidad (Después)



Zona Antes de intervención



Zona con apertura de tránsito después de la intervención



Antes

-



Tramos culminado Km. 190



Antes

-



Tramos culminado en el Km. 240

Trabajos del día 12-06-2008



Tramos de vía antes de la intervención, en el Km. 98



Tramos culminados en el Km. 98(Después)

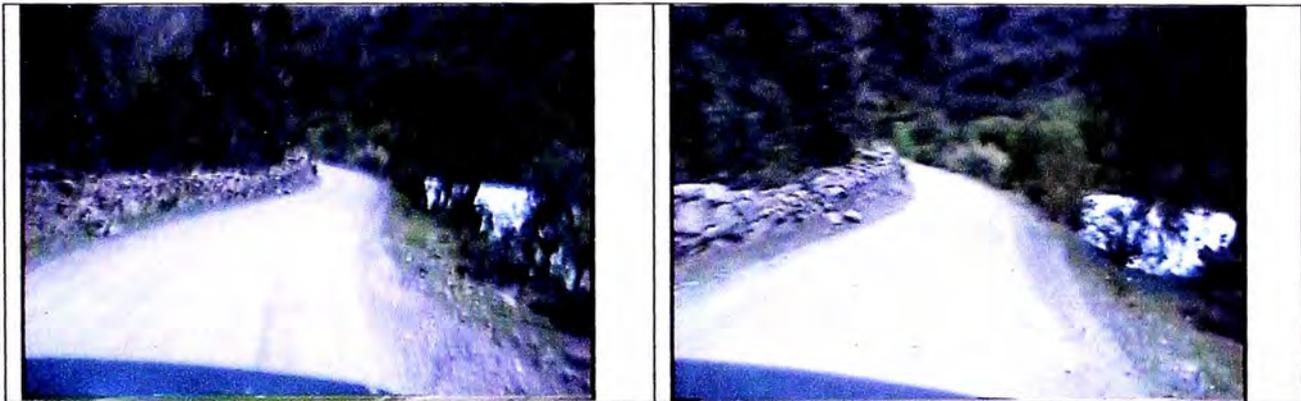


Antes

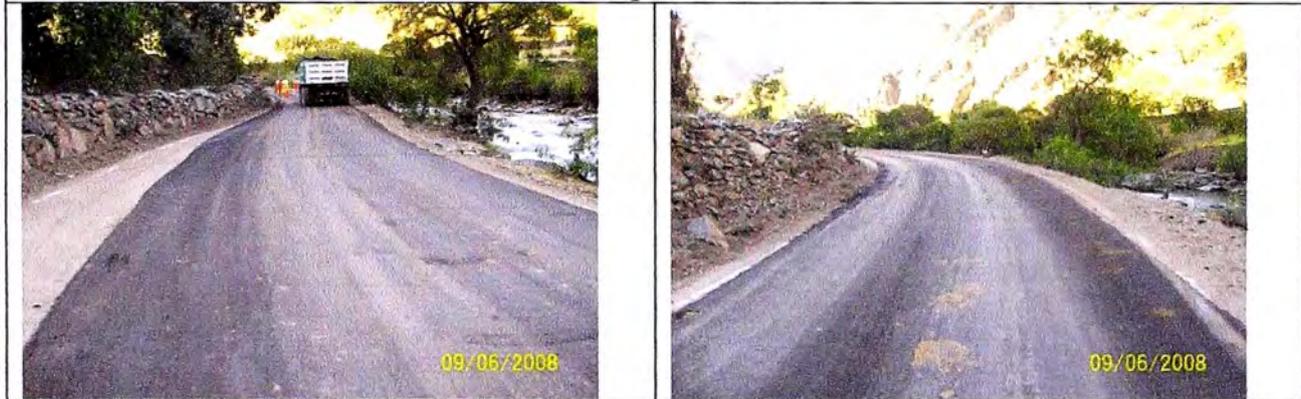


Tramo culminado en servicio Km. 101

Prueba con Slurry Seal



Tramo de prueba-Antes



Tramo de prueba en servicio (Después)



Colocado de mortero asfaltico en el tramo de prueba