

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



**INFLUENCIA DE LA RUGOSIDAD EN EL PERIODO DE  
MONITOREO**

**MONITOREO DE CONSERVACION CARRETERA CAÑETE -  
HUANCAYO Km.100+000 AL Km.102+000**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**VICTOR ANDRES POMA PALLIN**

**Lima- Perú**

**2010**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar quiero agradecer a Dios por bendecirme para llegar hasta donde e llegado. Agradecer hoy y siempre a mi familia porque siempre estuvieron presentes apoyándome a conseguir este objetivo que es la titulación. Quiero agradecer a mis padres: Guillermo y Efigenia, por haberme dado la educación, el ánimo, apoyo y alegría que me brindan, me dan la fortaleza necesaria para seguir adelante.

A mi familia, a mis hermanos, a mi esposa Mary, a mis hijos, a Mercedes, a la Sra. Lucia, a Jorge Genhua a los familiares que me apoyaron, personas que desde el primer momento me brindaron y me brindan todo el apoyo, colaboración y cariño sin ningún interés.

Agradezco a mis asesores al Ing. Luis Domínguez, al Ing. Jorge Mendoza, por la colaboración brindada durante el asesoramiento y corrección del informe y sobre todo en ésta última etapa. Agradezco a los profesores del curso de Titulación y en especial al Ing. Gustavo Llerena.

A mis compañeros del curso de titulación: Roly Aliaga, por brindarme su ayuda y amistad desde el primer momento y siempre, a los compañeros Ángel Vílchez, Davies Carranza, José Luis Pinto, Antonio Yrupalla, Henry Paucar, Hernán Duran y Ulises Ayala, por todos los momentos compartidos.

A los compañeros de trabajo, a mi jefe el Ing. Cesar Lavarello, por su apoyo y comprensión en los permisos cuando se trataba de coordinaciones del estudio.

A las personas que me apoyaron moralmente, mis amigos: Eric Huarcaya, Jaime Maldonado, Rafael Bravo, Julio López, Emerson Tuesta, Néstor y Henry Villalva por brindarme su apoyo y amistad.

En general quisiera agradecer a todas y cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de curso de titulación, con sus altos y bajos y que no necesito nombrar porque tanto ellos como yo sabemos que desde los más profundo de mi corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño y amistad.

**“La gratitud, como ciertas flores, no se da en la altura,  
Solamente florece en la tierra de los humildes”**

---

## INDICE

	pág.
<b>RESUMEN</b>	3
<b>LISTA DE CUADROS</b>	4
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	5
<b>LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS</b>	7
<b>INTRODUCCIÓN</b>	8
<b>CAPÍTULO I: PERFIL DEL PROYECTO</b>	9
1.1 Antecedentes de la carretera.	9
1.1.1 Ubicación	9
1.1.2 Características	10
1.1.3 Geología	10
1.1.4 Clima	11
1.1.5 Topografía	12
1.2 Área de influencia	12
1.2.1 Área de Influencia Indirecta	12
1.2.2 Área de Influencia Directa	12
1.3 Descripción del Tramo Km. 100+000 – Km. 102+000	14
1.4 Planteamiento del Problema.	14
1.5 Objetivos	16
<b>CAPÍTULO II: LA RUGOSIDAD EN CAMINOS</b>	<b>17</b>
2.1 Concepto de rugosidad en caminos	17
2.1.1 Antecedentes Históricos	17
2.1.2 Rugosidad en caminos	17
2.2 Métodos para la medición de la rugosidad	19
2.2.1 Clasificación de los métodos	19
2.3 Determinación de la rugosidad en unidades IRI	20
2.3.1 Escala y características del IRI	21
2.3.2 El índice internacional de rugosidad en la red nacional carretera	23
2.4 El índice de serviciabilidad	25
2.5 Métodos utilizados en el Perú	26
2.6 Especificaciones técnicas	27
2.6.1 Primeras especificaciones para rugosidad en el Perú	27

---

2.6.2 Especificaciones actuales para rugosidad	27
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGIA DE LA RUGOSIDAD</b>	<b>29</b>
3.1 Fundamentos teóricos	29
3.2 Correlaciones “D” versus IRI	30
3.3 Método de medición	31
3.3.1 El rugosímetro MERLIN	31
3.3.2 Ejecución de ensayos	32
3.4 Método para el cálculo de la rugosidad	35
3.4.1 Cálculo del Rango “D”	35
3.4.2 Factor de corrección para el ajuste de “D”	36
3.4.3 Variación de relación de brazos	37
3.4.4 Cálculo del Rango “D” corregido	37
3.4.5 Determinación de la rugosidad en la escala del IRI	37
3.5 Justificación del empleo de MERLIN en el Perú	38
<b>CAPITULO IV: MONITOREO Y EVALUACIÓN DE RUGOSIDAD</b>	<b>39</b>
4.1 Antecedentes	39
4.2 Monitoreo	39
4.3 Indicadores	39
4.4 Secuencia de monitoreo de rugosidad con equipo MERLIN	40
4.5 Plan de monitoreo	45
4.6 Procesamiento datos para obtener el IRI y PSI en los tramos en estudio	46
4.6.1 Datos obtenidos	46
4.6.2 Procedimiento de cálculo	48
4.6.3 Calculo del índice de serviciabilidad presente (PSI)	52
4.7 Análisis de los niveles de calidad alcanzados	53
4.8 La evolución cronológica de los valores de IRI	59
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>65</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>66</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>69</b>

## RESUMEN

En el presente informe, se realizó en el marco del monitoreo de los trabajos del “Servicio de Conservación Vial por niveles de servicio y la Rehabilitación del tramo Zúñiga - Dvo. Yauyos – Ronchas”, con un total 271.73 Km. La carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, une las provincias de Cañete y Yauyos en Lima; Chupaca y Concepción en Junín. Se encuentra dentro de la cuenca del río Cañete.

Se desarrolló la evaluación de la rugosidad con el equipo Merlín en el tramo 100+000 al 102+000, comprendido entre los poblados de Capicullas (1600 m.s.n.m.) y Calachota (1581 m.s.n.m.). En el monitoreo se midió el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) encontrándose valores de: 4.51, 4.72 y 4.91, que se clasifican como de rugosidad regular, y el valor de índice de Serviciabilidad (PSI): 2.12, 2.05 y 2.20 que corresponde a una transitabilidad Regular.

El objetivo de este trabajo es: Elaborar una secuencia de monitoreo, analizar los resultados de dichas medidas, estudiar la evolución cronológica de los valores de IRI, evaluar los niveles de calidad de rugosidad y transitabilidad alcanzados.

El equipo usado para el monitoreo de rugosidad fue el Merlín. Se realiza un análisis de los valores de rugosidad encontrados por otros estudios, se sugiere un plan de monitoreo de rugosidad para proyectar el período de vida útil de la superficie de rodadura existente.

La conclusión más significativa a que se ha llegado en la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo, es que solo la rugosidad no es determinante para alcanzar la velocidad de diseño (40 km/h), debe tratarse de manera conjunta con: la visibilidad, diseño geométrico y señalización para lograrla.

---

<b>LISTA DE CUADROS</b>	<b>pág.</b>
1.01 Carretera Cañete– Lunahuana– Zúñiga -Dv.Yauyos – Ronchas – Chupaca	11
1.02 Tipo de Solución utilizado en el tramo en estudio	11
1.03 Características del Clima a lo largo de la Carretera	12
1.04 Características de la Topografía a lo largo de la Carretera	13
1.05 Población indirectamente beneficiada	13
2.01 Estado Superficial en función del IRI- BM	21
2.02 Estado Superficial en función del IRI-MTC- Provias Nacional	21
2.03 Escala de estimación de rugosidad en carretas no pavimentadas	24
2.04 Transitabilidad de la vía.	26
3.01 Escala para determinar las dispersiones de la superficie	34
4.01 Personal mínimo necesario en monitoreo	40
4.02. Datos recopilados del Km.102+000 al Km.101+600	46
4.03. Datos recopilados del Km.101+000 al Km.101+400	47
4.04. Datos recopilados del Km.100+800 al Km.100+400	48
4.05. Rugosidad del Km.102+000 al Km.101+600	49
4.06. Rugosidad del Km.101+000 al Km.101+400	50
4.07. Rugosidad del Km.100+800 al Km.100+400	51
4.08 Resumen de IRI, Calificación BM	52
4.09 Resumen de IRI y Calificación de MTC-PROVIAS	52
4.10 Resumen de IRI y Calificación MTC-Manual para la	52
4.11 Valores de PSI y Transitabilidad	53
4.12 Valores de rugosidad de la carretera en el tramo 100+000 al 102+000	55
4.13 Datos de rugosidad del 100+00 al 100+200	59
4.14 Datos de rugosidad del 109+600 al 110+000	61
4.15 Tráfico actual tramo Dv. Yauyos a Chupaca	62
4.16 Tráfico actual Acumulado tramo Dv. Yauyos a Chupaca	62

---

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	pág.
1.01 Ubicación del Proyecto	10
1.02 Área de influencia directa	13
1.03 Sección típica tramo Km.100+000 al Km. 102+000	15
2.01 Representación grafica del modelo "Cuarto de Carro".	20
2.02 Escala de rugosidad IRI (m/km)	22
2.03 Avance de deterioro de un camino respecto al tiempo.	25
3.01 Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio.	29
3.02 Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva.	30
3.03 Esquema del rugosímetro de Merlín.	33
4.01 Se ajusta y desajusta los pernos para llevar el formato coincida con la parte central del tablero.	40
4.02 El formato debe coincidir con el marcador del Merlín.	40
4.03 Se coloca el MERLIN sobre una superficie plana y se efectúa la lectura con la pastilla.	41
4.04 Selección de tramo recto en carretera.	41
4.05 Realización de marcas.	42
4.06 Merlín en el punto de inicio de la prueba.	42
4.08 El operador del equipo Merlín.	43
4.09 Ejecución de ensayo.	43
4.10 Lectura y Medida de desviación de rugosidad.	44
4.11 Cuadro de medición del equipo Merlín.	44
4.12 Cálculo del rango "D" en Km.102+000 al Km.101+600	49
4.13 Variación de desviaciones para el Cuadro del IRI en Km.102+000 al Km.101+600	49

---

4.14	Cálculo del rango "D" del Km.101+000 al Km.101+400	50
4.15	Variación de desviaciones para el Cuadro del IRI en Km.101+000 al Km.101+400	50
4.16	Cálculo del rango "D" en Km.100+800 al Km.100+400	51
4.17	Variación de desviaciones para el cálculo del IRI en km.100+800 al km.100+400	51
4.18	Tramo 100+000 al 100+200	56
4.19	Tramo 100+200 al 100+400	56
4.20	Tramo 100+400 al 100+700	57
4.21	Tramo 100+800 al 101+200	57
4.22	Tramo 101+200 al 101+500	58
4.23	Tramo 101+600 al 102+000	58
4.24	Comparación del IRI en el Tramo 100+000 al 102+000	59
4.27	Calidad de Superficie vs. Tiempo	60
4.28	Calidad de Superficie vs. Trafico Acumulado	63

## LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

BM	Banco Mundial
BPR	Bureau of Tublic Roads
°C	Grados centígrados
EP	Espesor de la pastilla (mm)
IMD	Índice Medio Diario
IRI	Índice de Rugosidad Internacional (International Roughness Índex)
IRIc	IRI característico
IRIp	Índice de Rugosidad promedio
Km.	Kilometro
LF	Posición final del puntero
LI	Posición inicial del puntero
MCBT	Manual para la conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de transito
MERLIN	Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation
MTC	El Ministerio de Transportes y Comunicaciones
N°	Numero
NAASRA	National Association of Australian State Roads Authorities
PCA	Meter (Portland Cement Association)
PROMCEPRI	Promoción de Concesiones Privadas
PSI	Índice de Serviciabilidad Presente
$\sigma$	Desviación Estándar
TRC	Términos de Referencia del contrato de conservación Vial
TRRL	Transport and Road Research Laboratory

---

## INTRODUCCIÓN

En el presente informe se desarrolló el tema de influencia de la rugosidad en el período de monitoreo, con el fin de dar la debida relevancia a este tipo de actividad en la investigación científica. Pues en todo proceso es importante monitorear con la debida formalidad para obtener datos confiables. La escasa información a nivel nacional sobre este tipo de contratos por Niveles de servicios, y de las aplicaciones como cambio de estándar que se dan, hace que las soluciones sean poco efectivas y hasta posiblemente erradas. El informe está dividido en cuatro capítulos los cuales se mencionara su contenido en síntesis.

El Capítulo I Se hace mención de los antecedentes de la carretera, la ubicación, geología, clima, topografía, el área de influencia, características del tramo en estudio, planteamiento del problema y definición de objetivos por resolver.

El Capítulo II, En este capítulo se mencionan: el criterio de rugosidad en caminos, los antecedentes históricos, unidad de medida, métodos de obtención de la rugosidad y la normativa en el Perú.

El Capítulo III Trata sobre la metodología de medición y determinación de la rugosidad con el empleo del equipo Merlín, y la justificación del empleo del Merlín en el Perú.

En el Capítulo IV Se hace mención: la importancia del monitoreo, se presentan los cálculos para la obtención del IRI, una secuencia de monitoreo de rugosidad con equipo Merlín, evaluación los niveles de calidad de la rugosidad alcanzados y del estudio la evolución cronológica de los valores de IRI.

La técnicas empleadas son las bibliográficas, páginas de internet, apuntes de clase y la recopilación de datos de campo.

Las limitaciones que se encontraron fueron el poco tiempo a realizar más ensayos en el campo y la falta de información de rugosidad en tratamiento superficial monocapa y Slurry Seal.

## CAPÍTULO I: PERFIL DEL PROYECTO

### 1.1 Antecedentes de la carretera.

La carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, tiene una longitud de 271.73 Km se encuentra entre los departamentos de Lima y Junín. Desde 1920 hasta 1930, durante el gobierno de Augusto B. Leguía, mediante Ley decretada de la Conscripción Vial del Perú, la carretera fue construida por tramos.

En el año 1940, en el gobierno de Don Manuel Prado, la carretera se construye desde Cañete hasta Yauyos, inaugurándose en 1944. En 1956, los pobladores trabajando arduamente logran enlazar la carretera con el pueblo de Alis.

“En el año 1998 AYESA - ALPHA CONSULT elabora el primer expediente denominado “Estudio, Ingeniería e Impacto Ambiental”, por encargo de PROMCEPRI (Promoción de Concesiones Privadas), luego en el 2003 PROVIAS NACIONAL encarga el estudio de Pre inversión a nivel de Perfil del tramo: Lunahuana – Yauyos – Chupaca al consultor Ing. Floriano Palacios León. En el año 2004 AYESA - ALPHA CONSULT elabora el estudio de factibilidad del proyecto, rehabilitación y mejoramiento de la carretera.”(8)

“El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, mediante Resolución Ministerial N° 408-2007-MTC/02 crea el programa del “Proyecto Perú”, diseñado para poner en servicio y asegurar el funcionamiento permanente de las carreteras de alto y bajo volumen de tránsito, buscando la consolidación de los “corredores económicos”, a través de la intervención en corredores viales que favorezcan el desarrollo sostenido con la finalidad de elevar la calidad de vida de las zonas rurales.”(12)

El 27 de diciembre del 2007 se realiza la firma del contrato entre MTC y el Consorcio Gestión de Carreteras, para realizar el servicio de Conservación Vial por niveles de servicio y la Rehabilitación del tramo Zúñiga - Dvo. Yauyos – Ronchas.

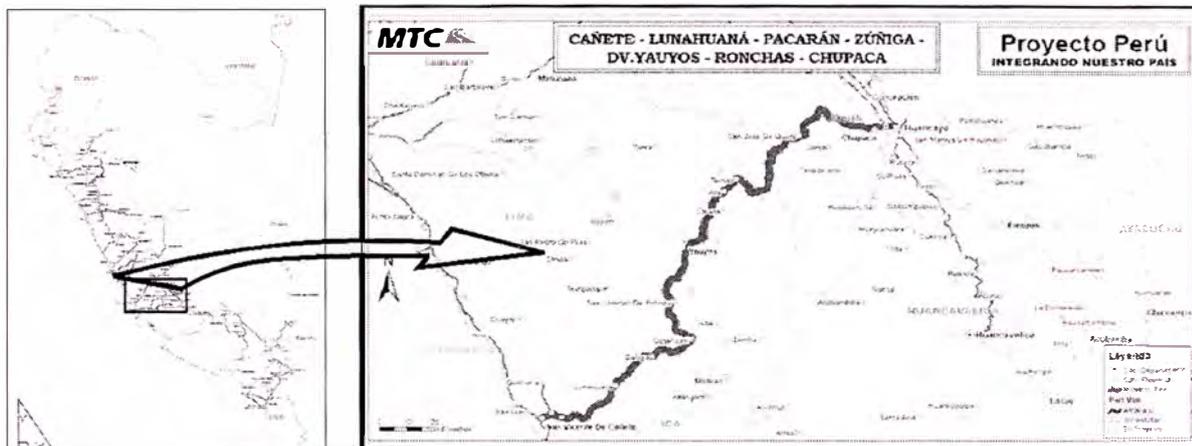
Se considera como punto de inicio de la carretera, la ciudad de Cañete Km. 1+805 en una altitud 71 m.s.n.m. y como punto de término el poblado de Chupaca Km.273+531 con una altitud de 3270 m.s.n.m.

#### 1.1.1 Ubicación

La carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, une los prov. Cañete y Yauyos en Lima y Chupaca, Concepción en Junín, con una longitud de 271.73 Km. Se encuentra dentro de la cuenca del **rio Cañete**, presentando una pendiente

promedio de 2 %, sin embargo presenta en sectores una pendiente más pronunciada llegando hasta 8%, especialmente en la zona alta.

**Figura N°1.01: Ubicación del Proyecto**



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

### 1.1.2 Características

La carretera Cañete – Yauyos – Chupaca es una carretera de tercer orden y pertenece al corredor vial N° 13, atraviesa diferentes climas y regiones de la geografía del Perú, siendo los poblados principales, los que se aprecian en el Cuadro N° 1.01 y Fig. N° 1.01.

### 1.1.3 Geología

“La geomorfología de la zona en estudio, se encuentra conformada sobre las unidades sedimentarias volcánicas y metamórficas, en cuanto a la geología se encuentran las formaciones de Cañete, Cerro Negro, Torán, Cocachacra y Pariatambo. La composición de los suelos en el tramo de Lunahuana a Yauyos tiene un 49% de material suelto, 33% de roca suelta y 18% de roca fija. En el tramo Yauyos – Chupaca se tiene 53% de material suelto, roca suelta 32% y roca fija 15%.

Los procesos geodinámicos existentes en el estudio son esporádicos, no evidenciando procesos de mayor envergadura y no existen puntos críticos que requieran tratamiento especial; sin embargo existe la posibilidad que debido a cortes de talud se generen procesos geodinámicos, tales como: derrumbes, desprendimientos y desplomes.”(12)

**Cuadro N° 1.01** Carretera Cañete – Lunahuana – Zúñiga - Dv.Yauyos –  
Ronchas - Chupaca

Región	Poblados
Yunga (500 – 2300 m.s.n.m.)	Cañete Lunahuana, Pacaran, Zúñiga, Catahuasi, Capillucas, Calachota, Dv. Yauyos o Magdalena.
Quechua (2300-3500 m.s.n.m.)	Tinco Huantan, Llupay, Alis, Ronchas, Chupaca
Suni ó Jalca (3500-4000 m.s.n.m.)	Tomas, San José de Quero, Chaquicocha, Collpa.
Puna (4000-4800 m.s.n.m.)	Tinco Yauricocha, Abra Chauca, Abra Negro Bueno.

Fuente: MTC-Recopilación del Cambio de estándar y estudios de pre inversión a nivel de perfil para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca.

**Cuadro N° 1.02** :Tipo de Solución utilizado en el tramo en estudio

Inicio de Tramo	Final del Tramo	Solución Utilizada
Pacaran Km. 54+662 Catahuasi Km. 78+806	Catahuasi Km. 78+806 Dv. Yauyos Km. 128+805	Slurry monocapa

Fuente: MTC-Recopilación del Cambio de estándar y estudios de pre inversión a nivel de perfil para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca.

**1.1.4 Clima**

“El clima tiene una enorme importancia debido a que puede significar altas o muy bajas temperaturas y variaciones estacionales o en cortos periodos.

También la magnitud de las precipitaciones de lluvias o la falta de ellas, tienen impactos distintos sobre los requerimientos de los proyectos. Las lluvias en conjunto con las características del territorio, (sea éste llano, ondulado o accidentado) y los suelos, generan la presencia de cursos de aguas, pequeños o grandes, permanentes o esporádicos, tranquilos o tormentosos, etc., que producen una gran variedad de circunstancias que, a su vez, significan impactos sobre las carreteras y la estabilidad, tanto de los terraplenes como de la capa de rodadura.”(10)

Debido a que la carretera atraviesa distintos tipos de regiones, a lo largo de todo su recorrido se tiene un clima variable, que produce diversos efectos sobre la estructura del pavimento. Los principales elementos del clima usualmente considerados en el deterioro de pavimento son las temperaturas extremas y el agua.

### Cuadro N°1.03 Características del Clima a lo largo de la Carretera

Regiones	Temp. Mínima	Temp. Media	Temp. Max.	Precipitación (Pprom)	Característica
Yunga (500 – 2300 m.s.n.m.)		20 a 27°C		100-150 mm.	Sol durante casi todo el año
Quechua (2300-3500 m.s.n.m.)	-4 a 7 °C	11 a 16°C	22 a 9°C	800-1200 mm.	Clima templado
Suni ó Jalca (3500-4000 m.s.n.m.)	-1 a 16°C	a 10°C	>20 °C	800 por año	Clima frio
Puna (4000-4800 m.s.n.m.)	-25 a -9°C	0 a 7°C	22 °C	entre 200 y 1000 mm al año	Clima muy frio

Fuente: Recopilación del Cambio de estándar y estudios de pre inversión a nivel de perfil para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca

#### 1.1.5 Topografía

La carretera presenta una topografía variable como: plana, accidentada, media ladera y ondulada, presenta también ancho de plataforma variable, como se observara en Cuadro N° 1.04.

#### 1.2 Área de influencia

Para caracterizar el área de influencia del proyecto, se ha tomado el criterio de accesibilidad vial, identificando especialmente los centros poblados que delimitan a cada lado de la vía aproximadamente en 5 Km. además de aquellas áreas de actividades económicas o productivas que se espera sean beneficiados por el proyecto.

##### 1.2.1 Área de Influencia Indirecta

Se caracteriza a nivel departamental. teniendo como beneficiarios indirectos, los siguientes limites, por el Norte con los cuadrángulos de Huarochiri y La Oroya, por el Este con los cuadrángulos de Andamarca y Pampas, por el Sur con los cuadrángulos de Tantará y Chincha y por el Oeste con el cuadrángulo de Mala. En el Cuadro N°1.05 muestra la población beneficiada con el proyecto.

##### 1.2.2 Área de Influencia Directa

El área de influencia directamente beneficiada, en el aspecto socio - económico son las provincias de Cañete, Yauyos, Chupaca y Concepción, Se caracteriza hasta el nivel distrital. La Figura N°1.03 y el Cuadro N°1.01 lista los distritos ubicados dentro del área de influencia directa.



### **1.3 Descripción del Tramo Km. 100+000 – Km. 102+000**

Esta comprendida entre las localidades de Capicullas y Calachota, pertenecientes a la provincia de Yauyos, se desarrolla en la margen derecha del río Cañete, siguiendo sobre una topografía a media ladera y accidentada con una altitud promedio de 1660 m.s.n.m. y con temperatura que va desde los 16°C, hasta los 27°C, la temporada de lluvias es de diciembre a marzo y tiene precipitaciones que oscilan entre los 100 a 150 mm. Anuales. Los procesos geodinámicos existentes son esporádicos.

La carretera en forma general presenta: problemas en el trazo geométrico, curvas horizontales sin visibilidad, tramos en los cuales el ancho se reduce a 3.50 m, falta de señalización adecuada, el uso de gibas por parte del contratista para reducir la velocidad, un sistema de drenaje ineficiente, sin cunetas y pocas obras de arte, fisuras y ahuellamiento en la superficie de rodadura, tránsito pesado debido a la construcción de la Segunda Etapa de la Central Hidroeléctrica de Platanal, la presencia de quebradas que cada vez que se activen pueden tener una incidencia negativa en la superficie de rodadura y en el tránsito vehicular.

La sección de la plataforma es variable entre 3.5 m y 6 m sin cunetas laterales. En algunos tramos críticos de la vía es de 3.0 m a 3.5 m pero en longitudes menores de 100 m. La solución aplicada en su mayoría para el tramo evaluado es de tratamiento superficial monocapa, solo en el tramo 100+500 al 101+450 se ha aplicado Slurry sobre la monocapa existente. La vía alberga a un tráfico regular, vehículos ligeros, de transporte público y tránsito pesado.

El valor de CBR de diseño es 20, sus ejes proyectados: 8.4E+04(EAL 2009-2013). El tipo de suelo según tramo de estudio se clasifica según el sistema SUCS como SC-SM (Arenas arcillosas, mezclas de arena- arcilla, arenas limosas, mezclas de arena y limo) principalmente.

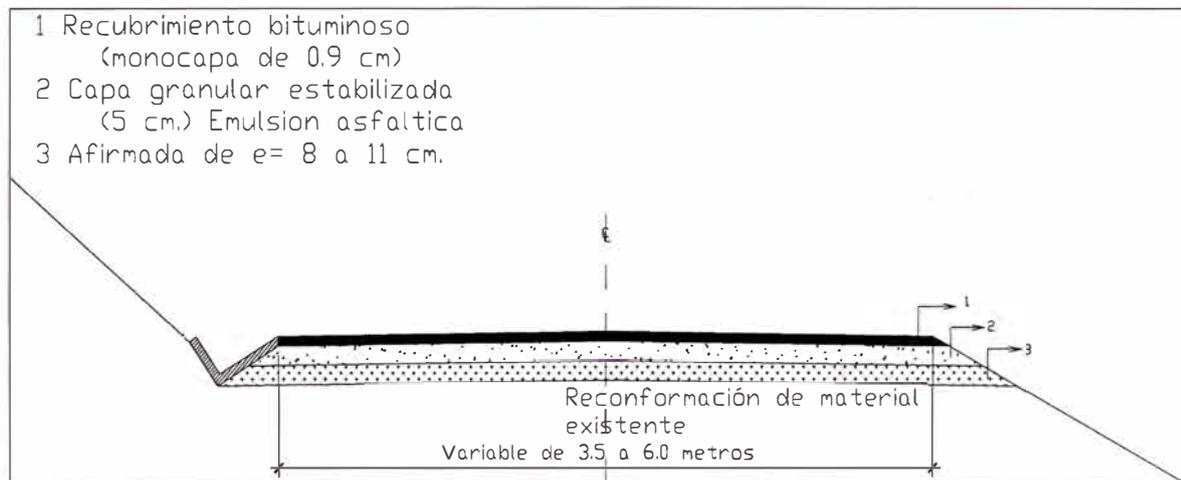
El contratista es el Consorcio Gestión de Carreteras y el supervisor es la unidad zonal de Lima de Provias Nacional.

### **1.4 Planteamiento del Problema.**

“En la construcción de una carretera se trata de obtener la calidad deseada por los usuarios dentro de las posibilidades económicas para el tipo de red vial a que

corresponda la carretera y /o su volumen de usuarios. Si las características obtenidas no se mantienen a lo largo del tiempo, el esfuerzo realizado con la construcción sería vano.

Fig. N° 1.03 Sección típica tramo Km.100+000 al Km. 102+000



Fuente: Elaboración propia

Entre la construcción original de la carretera y las actividades de conservación de la misma, hay una íntima relación. Una carretera concebida y construida con excesiva capacidad vehicular y soporte de rodadura, evidentemente tendrá pocos gastos de conservación, pero es muy probable que tenga un elevado costo inicial que evidentemente no hace rentable la inversión. Al contrario, en el caso opuesto, una carretera concebida y construida con limitaciones técnicas en la infraestructura tendrá como consecuencia unos gastos de conservación excesivos.

Por esta razón es necesario evaluar una serie de alternativas y estrategias de construcción y su contraparte de conservación, para optimizar la solución desde el punto de vista económico. Estos criterios siempre se deben tener en cuenta cuando se afronta la situación de una carretera frente a las demandas previsible y en un medio ambiente dado.”(10)

El tipo de Contrato de Conservación Vial, bajo el cual se ejecuta los trabajos es el de “Niveles de servicio” que implica un cambio de estándar en la superficie de rodadura, es decir la aplicación de una delgada capa de solución asfáltica tipo monocapa o Slurry seal sobre el afirmado y sin modificar el diseño geométrico de la vía, también incluye la presentación de un servicio de mantenimiento de la superficie de rodadura. Todos los trabajos realizados están orientados a mejorar

la servicialidad de la vía, por tal motivo se busca tener una superficie de rodadura en optimas condiciones, pero es necesario una evaluación periódica de la superficie para identificar el deterioro que presenta.

### **1.5 Objetivos**

A fin de establecer los niveles de calidad alcanzados, se midió la rugosidad con el equipo MERLIN en tres tramos. El objetivo de este trabajo es presentar y analizar los resultados de dichas medidas para:

- Elaborar una secuencia de monitoreo de rugosidad con equipo Merlín.
- Hallar el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) que tiene el tramo en estudio.
- Evaluar los niveles de calidad de rugosidad y transitabilidad alcanzados
- Estudiar la evolución cronológica de los valores de IRI.

## **CAPÍTULO II: LA RUGOSIDAD EN CAMINOS**

### **2.1 Concepto de rugosidad en caminos**

#### **2.1.1 Antecedentes Históricos**

“El concepto de rugosidad y su utilización como parámetro relevante en la descripción de un camino ha tenido una importante evolución en los últimos años. Existen muchas definiciones (tales como Darlington, 1973; Hass y Hudson, 1977; Hudson, 1977; Gómez, 1983) que abordan el concepto desde un punto de vista geométrico de un camino (perfil longitudinal) desde un punto de vista del usuario (confort o agrado de un viaje) donde el vehículo juega también un rol de importancia. Un intento por resolver este problema lo hace Gómez (1983), donde define la rugosidad estática o geométrica, independiente del instrumento de medida, y rugosidad dinámica que depende del instrumento, equipo o vehículo donde se instala y de la velocidad de medida. Los aparatos de medición geométrica registran un perfil detallado de las variaciones de cada uno de los puntos de la huella, mientras que los de medición dinámica registran las oscilaciones que le produce el perfil superficial (rugosidad estática), cuando son operados a una velocidad constante dada (Gómez, 1983).”(6)

#### **2.1.2 Rugosidad en caminos**

“Se puede definir la rugosidad como "las variaciones de la altura de un pavimento a partir de una referencia absolutamente lisa, tal que provoque vibraciones en un vehículo cualquiera a través de su recorrido. Estas variaciones deben ser tales que sus dimensiones generan un desplazamiento vertical relativo entre el chasis y el sistema de suspensión de un vehículo" (Briining, 1986). Las unidades de medida corresponden al cociente entre unidades de desplazamiento vertical en ambos sentidos del eje horizontal y unidades de longitud; m/km, mm/km, pulgadas/milla y otras.”(6)

“La unidad de medición de rugosidad que se emplea en el Perú es el IRI (International Roughness Index), parámetro desarrollado por el Banco Mundial para uniformizar los diversos criterios que existen para medir y calibrar la rugosidad de los pavimentos.”(3)

“La rugosidad en caminos se reconoce como una variable estrechamente ligada con los siguientes factores (Balmer, 1973):

- i) seguridad de los usuarios
- ii) calidad de viaje de los usuarios
- iii) solicitudes sobre el pavimento
- iv) vida útil de los caminos
- v) costos de operación de los vehículos

El número e importancia de estos factores han hecho de este concepto una variable fundamental en el proceso de planificación vial integral.

La variedad de instrumentos disponibles y escalas de medición hizo durante muchos años que las experiencias desarrolladas en diversos países no fuera posible traspasarlas a otros ambientes. Investigadores de Brasil, Inglaterra, Francia, Estados Unidos y Bélgica se reunieron en Brasil en 1982 desarrollando, después de realizar múltiples mediciones en diferentes equipos y tipos de camino, un índice internacional de rugosidad denominado IRI (International Roughness Index). Este índice corresponde entonces a una medida estandarizada de la rugosidad que la relaciona con aquellos valores obtenidos por equipos de medición de diferentes características (Sayers et al, 1985). Debe sí reconocerse que el IRI es un número que resume las cualidades de la rugosidad que tienen un impacto sobre el comportamiento de los vehículos, pero que no es el más apropiado para otras aplicaciones.

Más específicamente el IRI es apropiado cuando se requiere medir rugosidad para ser relacionada con (Sayers et al, 1985); costos de operación de vehículos, calidad o confort del viaje, cargas dinámicas (daños al camino proveniente de camiones pesados) y condiciones generales de la superficie. La tecnología desarrollada en torno a la rugosidad en caminos presenta tres aspectos básicos (Balmer, 1973);

- i) métodos de medición,
- ii) análisis e interpretación de datos
- iii) aplicación de resultados.

Los resultados de las mediciones de rugosidad se aplican en el análisis de los cinco factores señalados anteriormente, en especial para aquel que tienen relación con evaluación de inversiones y de conservación vial. "(12)

## 2.2 Métodos para la medición de la rugosidad

“Los equipos o sistemas para medir rugosidad pueden agruparse en cuatro clases genéricas basadas en su facilidad, precisión y calibración para la obtención del IRI (Sayers et al, 1985). Las dos primeras, entregan una medida de la rugosidad estática según la definición de Gómez (1983) o del perfil longitudinal de un camino. Los dos últimos, entregan una medida de la rugosidad dinámica. (13)

### 2.2.1 Clasificación de los métodos

**. Métodos Clase 1.**” Se incluyen los métodos más precisos de mediciones del IRI. El perfil longitudinal de la huella de la rueda se mide como una serie de puntos de elevación precisos espaciados a lo largo del recorrido. Para métodos perfilométricos estáticos la distancia entre puntos debe ser igual o menor a 25 cm y la precisión en las mediciones de elevación debe ser 0,5 mm en pavimentos lisos. Se acepta un número menor de mediciones e inferior precisión para caminos rugosos. Actualmente los métodos de mayor precisión son el nivel geodésico y mira imbar y la viga TRRL.

Los métodos clasificados como Clase 1 tienen como principal utilidad servir de validación a otros métodos y/o estudios que requieran una alta precisión. “(13)

### **. Métodos Clase 2**

“Incluye otros métodos perfilométricos que permiten un cálculo directo del IRI aun cuando no cumplen los requisitos de precisión de la clase 1. Como medidores de la clase 2 se pueden citar los siguientes instrumentos (Sayers et al, 1985; Balmer,1973) perfilómetro inercial APL, perfilómetro inercial CMR, perfilómetro CHLOE y perfilómetros de alta velocidad. Los instrumentos de clase 1 y 2 tienen requerimientos de precisión para mediciones perfilométricas del IRI en que, de acuerdo al rango de rugosidad, se define el intervalo entre puntos y la precisión de elevación, ambos en mm.”(13)

### **. Métodos Clase 3**

“Las características de los vehículos, no solo son diferentes entre sí, sino también varían con el tiempo, por lo cual una medición obtenida con un instrumento de esta clase debe corregirse a la escala IRI usando una ecuación de calibración obtenida experimentalmente. Esta última, según los cambios producidos en el vehículo, debe recalibrarse. Normalmente, se debe recorrer las

pistas de calibración 2 a 3 veces en el año para reformular la ecuación de correlación del IRI y el rugosímetro. Los rugosímetros más utilizados son; Mays Meter, Bump Integrator, BPR (Bureau of Tublic Roads), PCA Meter (Portland Cement Association) y el NAASRA (National Association of Australian State Roads Authorities). “(13)

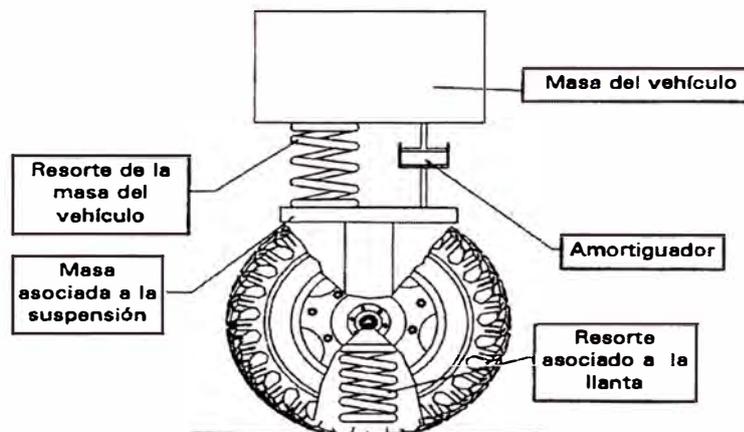
#### . Métodos Clase 4

“Corresponde a métodos de obtención de rugosidad, básicamente por inspección visual, ratings subjetivos y mediciones no calibradas. Sin embargo, también es conveniente relacionar las medidas a la escala IRI. Existen diversas escalas subjetivas, siendo la más utilizada a la fecha la que relaciona la rugosidad con el índice de Serviciabilidad.”(13)

### 2.3 Determinación de la rugosidad en unidades IRI

“Para definir el International Roughness Index (IRI), los expertos del Banco Mundial han creado un modelo denominado “cuarto de coche” o “quarter car” (Figura N° 2.01). Al avanzar el modelo por una carretera a una velocidad constante de 80 km/h e ir siguiendo sus irregularidades, las masas se mueven verticalmente, y para una combinación estándar de valores de las constantes de los muelles, masas y amortiguador, el movimiento vertical relativo acumulado de la masa superior (que simula el asiento del conductor), al recorrer el modelo una longitud determinada de carretera, es lo que se conoce como IRI .”(6)

**Figura 2.01. Representación grafica del modelo "Cuarto de Carro".**



Fuente: Índice internacional de rugosidad (IRI) aplicación ala red carretera de México. Instituto Mexicano del Transporte-1998

### 2.3.1 Escala y características del IRI

“La escala y características involucradas en el IRI son las siguientes:

- Las unidades están en mm/m, m/km o in/mi.
- El rango de la escala del IRI para un camino pavimentado es de 0 a 12 m/km. (0 a 760 in/mi), donde 0 es una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable. En la Figura 4 se presentan las características de los pavimentos dependiendo del valor del IRI, según las experiencias recogidas por el Banco Mundial en diversos países.
- Para una superficie con pendiente constante sin deformaciones (plano inclinado perfecto), el IRI es igual a cero. Por lo que la pendiente, como tal, no influye en el valor del IRI, no así los cambios de pendiente.”(15)

Para la evaluación(en este informe) de rugosidad, se considerara las siguientes estándares: Banco Mundial (ver Cuadro 2.01), MTC- Provias (Cuadro N° 2.02) y del Manual de Conservación de Carreteras No pavimentadas de Bajo Volumen de Transito-MTC (Cuadro 2.03).

**Cuadro N° 2.01: Estado Superficial en función del IRI - BM**

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

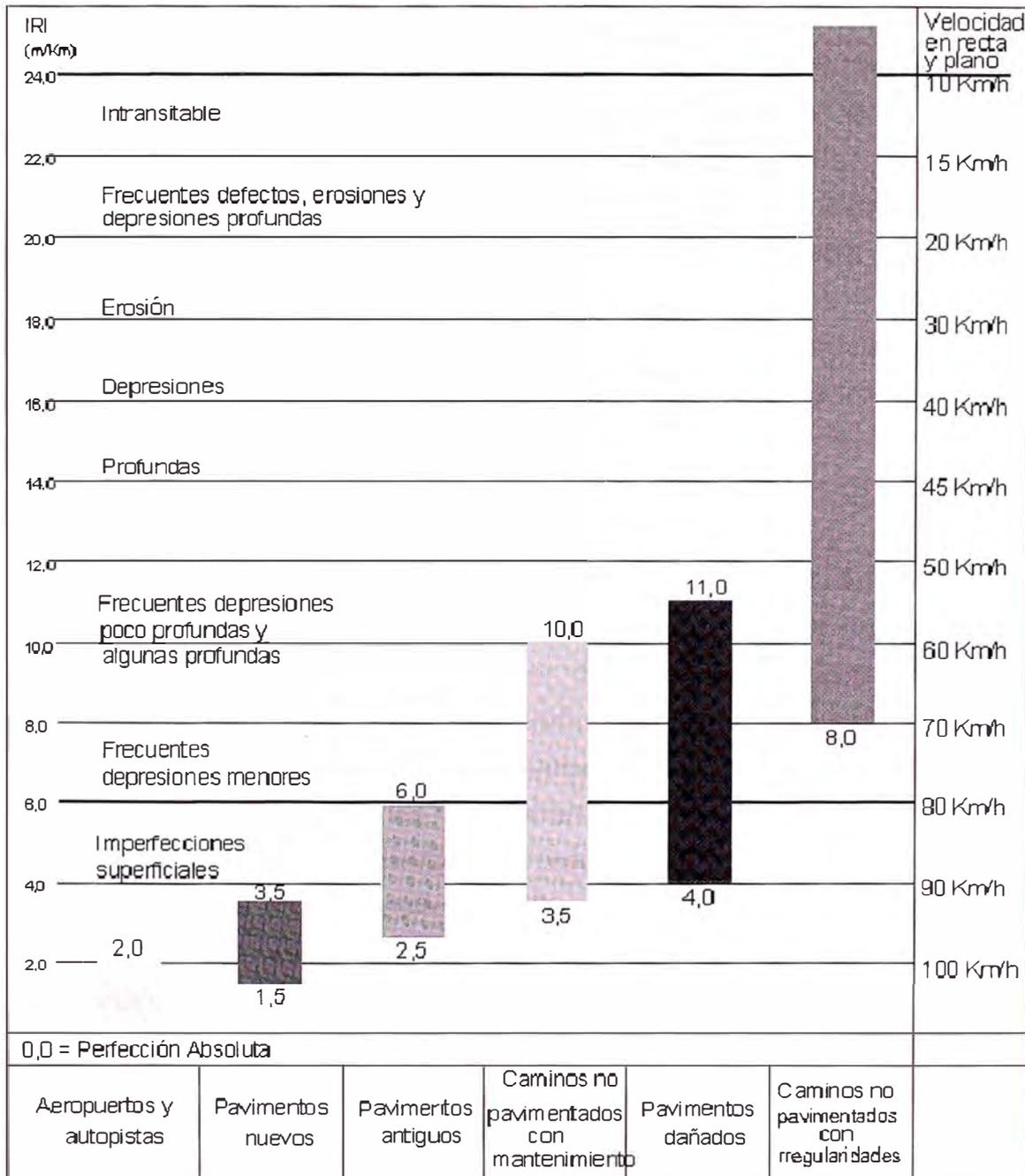
Fuente: Estándares establecidos por el Banco Mundial

**Cuadro N° 2.02: Estado Superficial en función del IRI- MTC Provias Nacional**

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

Fuente: MTC Provias Nacional

**Figura N° 2.02. Escala de rugosidad IRI (m/km)**



Fuente: Manual de Conservación de Carreteras No pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

El mal estado de las carreteras significa altos costos en los transportes y es identificable por las fallas y deterioros en la superficie de las carreteras. En las carreteras no pavimentadas con superficie de rodadura de grava, tierra y sus alternativas estabilizadas, los rangos de los IRI medidos arrojan valores entre 3.5 hasta 10.0 (Ver Gráfico N° 2.02) para carreteras calificadas por el Banco Mundial

como Carreteras No Pavimentados con Conservación. En los cuales se pueden conducir vehículos sin mayores problemas de seguridad.

Por encima del valor 10 del IRI, se tiene una serie de valores de rugosidad que corresponden a carreteras sin conservación que presentan deterioros; situación que se buscará superar con el mejoramiento de la conservación vial en el Perú, pero que para ser realistas no significa necesariamente que requieran restauración urgente, porque pudieran no estar en estado crítico.

Para estos casos son aceptables valores del IRI hasta en el rango de 16 a 22 para carreteras de muy poco tránsito, menor de 15 veh/día y baja velocidad de circulación. Ver Cuadro N° 2.03

Estas cifras dan una buena idea de las posibilidades que se tiene de fijar niveles de servicio operativo económicamente adecuados a una economía bastante estrecha como la del Perú, en concordancia con una clasificación de carreteras en base a la demanda del tránsito en conjunción con un análisis de la fisiografía en la que se localizan.” (10)

### **2.3.2 El índice internacional de rugosidad en la red nacional carretera**

La capa de rodadura de una carretera posee una serie de características técnicas y funcionales, obtenidas a partir de criterios y especificaciones de construcción. Su estado depende de la calidad inicial y del desgaste o deterioro producido por el tránsito y los factores climáticos, entre otros

A nivel de red, partiendo de las mediciones de rugosidad de un camino, se puede definir el estado de los pavimentos mediante el índice de rugosidad; si se realiza un programa de evaluación anual en esos mismos caminos se puede llegar a conocer el comportamiento del deterioro a través del tiempo.

El comportamiento típico de la condición superficial respecto al tiempo se puede representar en la Figura 2.03, en la que se observa que a partir de un cierto nivel de rugosidad del camino, los factores que afectan al mismo son el tránsito, el medio ambiente, etc., que ocasionan la disminución de la calidad superficial. Esta disminución no es lineal sino que se puede dividir en tres etapas, donde la primera tiene un deterioro poco significativo en los primeros años; la segunda presenta un deterioro más acusado que en la primera, y requiere comenzar a programar un mantenimiento para no dejar avanzar el deterioro, la tercera significa una etapa de deterioro acelerado, ya que en pocos años el nivel de servicio cae de forma importante, con lo que va a llegar a un costo significativa

de mantenimiento del camino y, como límite, puede ser necesaria una reconstrucción total del mismo.

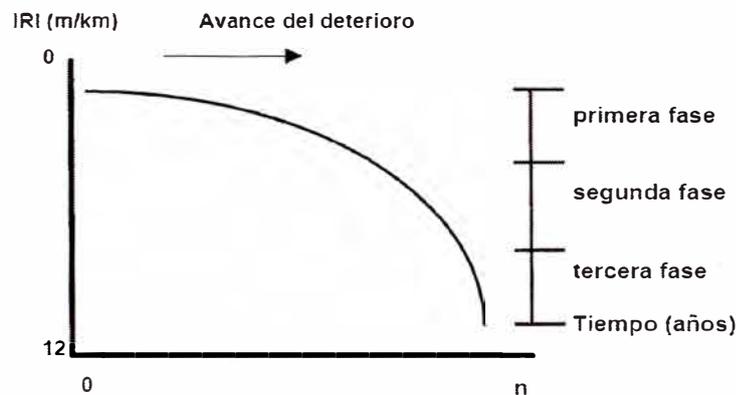
Cuadro N°2.03. Escala de estimación de rugosidad en carreteras no pavimentadas (afirmadas o superficie de tierra)

Rugosidad IRI (Km/m)	
0	
2	Superficie reciente nivelada de grava fina o superficie de suelo con excelente perfil longitudinal y transversal (usualmente encontrados sólo en longitudes cortas).
4	Manejo confortable entre 80 - 100 km/h (velocidad en recta y plano), se perciben ondulaciones suaves u oscilaciones. Pequeñas depresiones (por ejemplo <5 mm / 3 m) y sin baches.
6	Manejo confortable entre 70 - 80 km/h (velocidad en recta y plano), pero se perciben movimientos repentinos y algunos golpeteos de neumático. Frecuentes depresiones moderadas poco profundas o baches poco profundos (por ejemplo 6 - 20 mm / 3 m con frecuencia de 5 - 10 en 50 m). Ondulaciones moderadas (por ejemplo 6 - 20 mm / 0.7 - 1.5 m).
8	Manejo confortable entre 50 - 70 km/h (velocidad en recta y plano). Frecuentes depresiones moderadas poco profundas o baches poco profundos (por ejemplo 20 - 30 mm / 3 - 5 m con frecuencia de 10 - 20 en 50 m), o depresiones ocasionales profundas o baches (por ejemplo 40 mm / 3 m con frecuencias menores a 5 en 50 m). Ondulaciones moderadas (por ejemplo 6 - 20 mm / 0.7 - 1.5 m).
10	
12	Manejo confortable a 50 km/h (o entre 40 - 70 km/h en secciones específicas - velocidad en recta y plano). Frecuentes depresiones transversales moderadas (por ejemplo 30 - 40 mm / 3 - 5 m con frecuencia de 10 - 20 en 50 m) o depresiones ocasionales profundas o baches (por ejemplo 40 - 80 mm / 3 m con frecuencias menores a 5 en 50 m). Ondulaciones fuertes (> 20 mm / 0.7 - 1.5 m).
14	
16	Manejo confortable aproximadamente a 30 km/h (o entre 30 - 40 km/h en secciones específicas - velocidad en recta y plano). Frecuentes depresiones transversales profundas y/o baches (por ejemplo 40 - 80 mm / 1 - 5 m con frecuencia de 5 - 10 en 50 m), o depresiones ocasionales profundas (por ejemplo 80 mm / 1 - 5 m con frecuencia menor que 5 en 50 m) con otras depresiones no profundas. No es posible evadir todas las depresiones excepto las peores.
18	
20	Velocidades mayores a 20 km/h (velocidad en recta y plano) podrían ocasionar incomodidad extrema y posibles daños al vehículo. El perfil de la carretera presenta frecuentes depresiones profundas y/o baches (por ejemplo 40 - 80 mm / 1 - 5 m en frecuencia de 10 - 15 en 50 m) y depresiones ocasionales profundas (por ejemplo > 80 mm / 0.6 - 2 m).
22	Carretera se vuelve intransitable, con velocidades menores a 15 km/h. Presenta un perfil muy malo con frecuentes defectos severos, depresiones y ahuellamientos muy profundos > 120 mm.
24	

Fuente: MTC-Manual de Conservación de Carreteras No pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Los sistemas de gestión deben convenir, que gran parte de las carreteras por las que pasa la mayor riqueza del país, se mantengan con una buena calidad de servicio, a base de programar su rehabilitación a tiempo y con recursos suficientes.

**Figura N° 2.03. Avance de deterioro de un camino respecto al tiempo.**



FUENTE: Elaboración propia.

El papel preponderante que están asumiendo los programas de mantenimiento carretero dentro de la administración de la infraestructura para el transporte, implica la necesidad de aplicar nuevas tecnologías que permitan no solamente la ejecución de los trabajos de mantenimiento en forma eficaz y económica, sino también el manejo oportuno y fidedigno de un gran número de datos sobre la red.

El gran número de datos surge, por una parte, de la extensión de la red y por el deterioro en que se encuentra, y por la otra, de la obligación de aplicar eficazmente los recursos que se canalizan a la conservación.

#### **2.4 El índice de serviciabilidad**

“Para evaluar la serviciabilidad del pavimento se emplea el parámetro denominado Índice de Serviabilidad 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” (2). “Los valores del PSI se evalúan mediante una escala que va de 0 a 5, en donde la condición óptima corresponde al máximo valor.

En el Perú, la determinación analítica del PSI se efectúa utilizando la expresión establecida por Sayers (3), que relaciona la Rugosidad con el Índice de Serviabilidad. 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.(3)

**Cuadro N° 2.04. Transitabilidad de la vía.**

PSI	TRANSITABILIDAD
0 – 1	MUY MALA
1 – 2	MALA
2 – 3	REGULAR
3 – 4	BUENA
4 – 5	MUY BUENA

Fuente: Experiencias y resultados obtenidos en la evaluación de la rugosidad de más de 3000 km de pavimentos en el Perú y otros países". (3)

donde,

$$R = 5.5 \ln \left( \frac{5.0}{\text{PSI}} \right), \text{ para } R < 12 \quad (1)$$

R : Rugosidad, IRI (International Roughness Index)(m/Km, pulgadas/milla y otras)

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 rangos Cuadro N° 2.04

## 2.5 Métodos utilizados en el Perú

“Si bien en el Perú existen también equipos tipo respuesta (Bump Integrator), su uso ha sido limitado. En cuanto a la calidad de resultados, la experiencia no ha sido muy afortunada, debido fundamentalmente a la falta de exactitud de las calibraciones efectuadas o a la imposibilidad de mantener las condiciones con las que inicialmente fueron calibrados los equipos, lo que ha incidido en la obtención de resultados inconsistentes con el estado de los pavimentos evaluados.

En consecuencia, la mayor experiencia en el Perú está relacionada con el método basado en el uso del rugosímetro denominado MERLIN, desarrollado por el TRRL de Gran Bretaña. De acuerdo a la clasificación del Banco Mundial, el método de medición del MERLIN califica por la forma como Clase 3, ya que hace uso de una ecuación de correlación para relacionar los valores que determina con la escala del IRI.

Sin embargo, por haber sido diseñado como una variación de un perfilómetro estático, y debido a la gran exactitud de sus resultados, es considerado como un método Clase 1.”(4)

## **2.6 Especificaciones técnicas**

### **2.6.1 Primeras especificaciones para rugosidad en el Perú**

“Para el caso de pavimentos asfálticos nuevos, se consideró que el acabado debería ser tal que la Serviciabilidad de la vía estuviese comprendida en el rango superior de la escala del PSI, es decir, correspondiente a una Transitabilidad Muy Buena (PSI entre 4 y 5). Tomando como base un PSI igual a 4, que es un valor que se supuso podía ser alcanzado fácilmente mediante procesos constructivos convencionales, se estableció utilizando la expresión de Sayers que relaciona el IRI con el PSI, que la rugosidad que debería solicitar la especificación era de 1.23 m/km.

Fue opinión del Ministerio que tal valor era demasiado exigente y que, por tener la especificación un carácter experimental, debería establecerse un límite algo mayor, pero siempre correspondiente a una Transitabilidad en el rango de Buena (PSI entre 3 y 4). Así se estableció como un límite adecuado, para pavimentos totalmente nuevos, una rugosidad media máxima de 1.5 m/km.

Para el caso de pavimentos recapados, se consideró que la rugosidad de la nueva carpeta asfáltica dependería del grado de deformación de la carpeta antigua existente. Tomando en consideración que ya existía el criterio de proyectar recapados sólo para estructuras existentes con rugosidad no mayor de 3 m/km, se estableció como límite de rugosidad, para el caso de recapados, un valor de 2m/km, el cuál equivale a un PSI de 3.5, es decir, el valor medio en el rango de Transitabilidad Buena.”(4)

### **2.6.2 Especificaciones actuales para rugosidad**

“Después de transcurridos más de 2 años de elaboradas las primeras especificaciones técnicas, período durante el cual se había estudiado, controlado y supervisado la rugosidad de más de 2,000 km de carreteras, el MTC del Perú, a través del Proyecto Especial de Rehabilitación de la Infraestructura de Transportes (PERT), dio a conocer las nuevas especificaciones técnicas para rugosidad (Octubre 1995), las cuales se incluyeron como parte del control para la recepción de las obras.”(4)

Para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o rehabilitados, la rugosidad o

regularidad superficial se deberá controlar calculando el parámetro denominado IRI Característico, el cuál es definido por la siguiente expresión:

$$IRI_c = IRI_p + 1.645\sigma \quad (5)$$

donde,

IRI<sub>c</sub> : IRI característico

IRI<sub>p</sub> : IRI promedio

$\sigma$  : Desviación Estándar

De acuerdo al factor de correlación empleado ( $K=1.645$ ), se cumplirá que el 95% del pavimento experimentará una rugosidad igual o menor al IRI característico.

Calculado el IRI característico, el sector o tramo será aceptado si cumple con las siguientes condiciones:

- a. Para pavimentos asfálticos nuevos, el IRI<sub>c</sub> deberá ser menor o igual a 2.0 m/km.
- b. Para pavimentos con recapado asfáltico, el IRI<sub>c</sub> deberá ser menor o igual a 2.5 m/km
- c. Para pavimentos con sellado asfáltico, el IRI<sub>c</sub> deberá ser menor o igual a 3.0 m/km.

“En caso de no cumplirse con estos límites, el sector o tramo deberá subdividirse en secciones de rugosidad homogénea, y se calculará el IRI característico para cada una de ellas, los que deberán cumplir los límites indicados”(4)

Los Términos de Referencia del Contrato (Ver anexo N° 02), hace mención:

La Rugosidad es un parámetro que permite evaluar el estado de la superficie de rodadura del pavimento desde el punto de vista de irregularidades, deformaciones y ondulaciones. La medida de la rugosidad cuantifica las variaciones del perfil longitudinal de dicha superficie y se determina por medio de un rugosímetro patronado y aceptado de acuerdo con las prácticas de la ingeniería vial. El Contratista medirá el IRI una vez al año y servirá para llevar una estadística del comportamiento del pavimento.

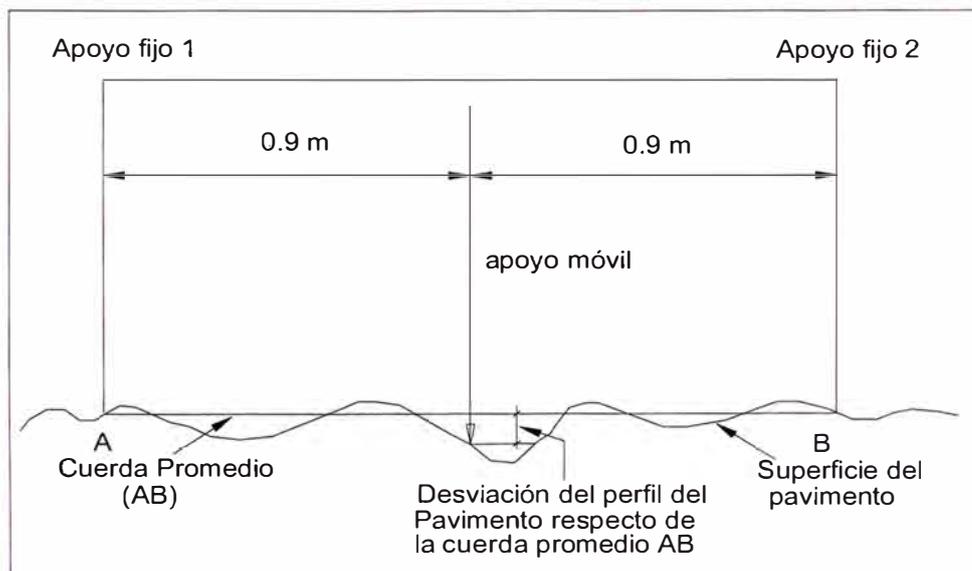
La conservación periódica se ejecutara al inicio del contrato, y consistirá en la colocación de un Slurry Seal en toda la calzada. Al término de los trabajos de conservación periódica el Tramo debe alcanzar un IRI<sub>p</sub> igual o menor a 2.5 metros/kilómetro.

## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA RUGOSIDAD

### 3.1 Fundamentos teóricos

“El MERLIN es un equipo de diseño simple, que funciona de acuerdo al principio de la palanca. Posee la capacidad de detectar y amplificar las irregularidades que presenta la superficie del pavimento. Lo que mide finalmente el MERLIN no es la magnitud de las deformaciones sino su variabilidad. El principio que sustenta el método es que a mayor variabilidad, mayor resulta la magnitud de la rugosidad.”(4) 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. La Figura N° 3.01 ilustra como el MERLIN 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”.

**Figura N° 3.01. Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio.**

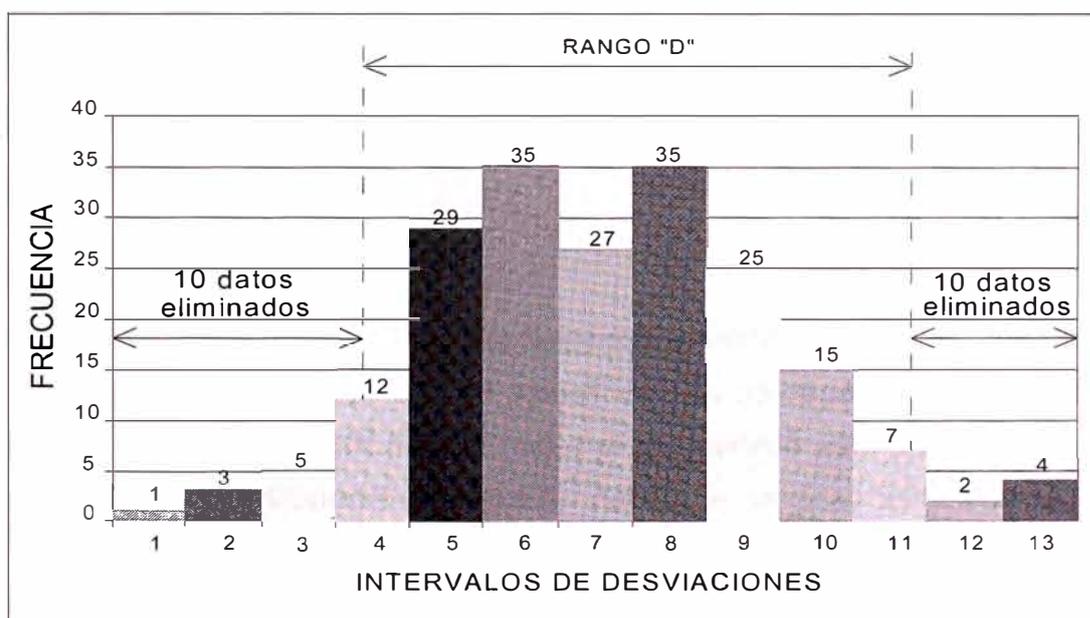


Fuente: Metodología para la medición de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión.

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. 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 (Ver Figura N°3.02). 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 D es la rugosidad del pavimento en “unidades MERLIN”.

**Figura N° 3.02. Histograma de la distribución de frecuencias de una muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva.**



Fuente: Metodología para la medición de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión.

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 (QI), han sido propuestos por otros investigadores basándose en el mismo concepto, los que son analizados en la referencia (5).

### 3.2 Correlaciones “D” versus IRI

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:

- Cuando  $2.4 < IRI < 15.9$ , entonces  $IRI = 0.593 + 0.0471 D$  (1)
- Cuando  $IRI < 2.4$ , entonces  $IRI = 0.0485 D$  (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 construidos.

### **3.3 Método de medición**

#### **3.3.1 El rugosímetro MERLIN**

El rugosímetro MERLIN, es un instrumento versátil, sencillo y económico, pensado especialmente para uso en países en vías de desarrollo. 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 1. La correlación de los resultados obtenidos con el MERLIN, con la escala del IRI, tiene un coeficiente de correlación prácticamente igual a la unidad ( $R^2=0.98$ ). Por su gran exactitud, sólo superado por el método geodésico (mira invar 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. La Figura N° 3.03 presenta un esquema ilustrativo del instrumento. 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. Para registrar los movimientos del puntero, se utiliza una escala gráfica con 50 divisiones, de 5 mm de espesor cada una, que va adherida en el borde del tablero sobre el cual se desliza el puntero (Ver Figura N° 3.04).

### **3.3.2 Ejecución de ensayos**

Para la ejecución de los ensayos se requiere de dos personas que trabajan conjuntamente, un operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y 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 en 400 m, 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 estacionando el equipo a intervalos regulares, generalmente cada 2m de distancia; en la práctica esto se resuelve tomando como referencia la circunferencia de la rueda del MERLIN, 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 (Figura N° 3.03, Corte B-B). La posición que adopta el puntero corresponderá a una lectura entre 1 y 50, la que se anotará en un formato de



**Cuadro N°3.01: Escala para determinar las dispersiones de la superficie respecto a la cuerda promedio.**

<b>RUGOSIMETRO MERLIN</b>	
1 DIVISION = 5 mm	50
	49
	48
	47
	46
	45
	44
	43
	42
	41
	40
	39
	38
	37
	36
	35
	34
	33
	32
	31
	30
	29
	28
	27
	26
	25
	24
	23
	22
	21
	20
	19
	18
	17
	16
	15
	14
	13
	12
	11
	10
	9
	8
	7
	6
	5
	4
	3
	2
	1

Fuente: Metodología para la medición de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión.

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 Método para el cálculo de la rugosidad**

#### **3.4.1 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 igual o 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 MERLIN se analiza calculando la distribución de frecuencias de las lecturas o posiciones adoptadas por el puntero, la cuál puede expresarse, para fines didácticos, en forma de histograma (Figura N° 3.02).

Posteriormente se establece el Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D), 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 N° 3.02, 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 cuál se multiplica el número de unidades calculado por el valor que tiene cada unidad en milímetros ( $7.35 \times 5\text{mm}=36.75\text{mm}$ ).

### 3.4.2 Factor de corrección para el ajuste de “D”

“Las ecuaciones 1 y 2 (pag.25) 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:

1. 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 6.2mm
2. 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:

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5] \quad (4)$$

donde,

EP : Espesor de la pastilla(mm)

LI : Posición inicial del puntero(mm)

LF : Posición final del puntero(mm)

Por ejemplo:

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

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

### 3.4.3 Variación de relación de brazos

Para facilidad del trabajo, el rugosímetro admite dos posiciones para el patín del brazo pivotante (Ver Figura N° 3.03):

**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.

### 3.4.4 Cálculo del Rango “D” corregido

El valor D calculado en la sección 2.4.1, deberá modificarse considerando el Factor de Corrección (FC=0.82666) definido en la sección anterior y la Relación de Brazos empleada en los ensayos (RB=1). El valor D corregido será  $36.75\text{mm} \times 0.82666 \times 1 = 30.38 \text{ mm}$ .

Este valor llevado a condiciones estándar es la rugosidad en “unidades MERLIN”.

### 3.4.5 Determinación de la rugosidad en la escala del IRI

Para transformar la rugosidad de unidades MERLIN a la escala del IRI, se usa las expresiones (1) y (2). 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 Justificación del empleo de MERLIN en el Perú

“El Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL) desarrolló el rugosímetro MERLIN (acrónimo de la terminología inglesa Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation), basándose en el principio del perfilómetro estático, con el objetivo de obtener un equipo de bajo costo, fácil manejo y un método de análisis simple con resultados confiables.

A pesar de la gran exactitud de los resultados que proporciona el MERLIN, sólo superada por la exactitud que proporciona el método topográfico, la desventaja del equipo es su bajo rendimiento si se compara con los rugosímetros dinámicos automatizados, tales como: el Bump Integrator, Mays Meter, Perfilómetro Laser, etc. La gran cantidad de tiempo consumido en la toma de datos y cálculo del IRI, utilizando el método gráfico original establecido por el TRRL, se hace más notoria cuando se trata de evaluar la rugosidad de vías de gran longitud (100 km o más) y se dispone de muy poco tiempo para ello.

Debido a que en los países latinoamericanos la oportunidad de empleo de los rugosímetros aún sigue siendo esporádica, lo que no justifica muchas veces la mantención de vehículos ad hoc destinados a la operación de equipos dinámicos y los costos de calibración relativamente altos, o a que las redes a ser evaluadas no son de gran extensión, el MERLIN constituye una buena alternativa, siempre y cuando sea resuelto el problema del bajo rendimiento (uso de métodos adecuados para medición y cálculo), mas aún cuando los resultados que proporciona son más exactos que los de cualquier equipo automatizado.

En dicho contexto las tareas principales, para establecer una metodología que permita una mayor eficiencia, han sido las de estudiar las fuentes que inciden en el bajo rendimiento del equipo y desarrollar métodos que permitan procesos automatizados, complementándose esto con la inclusión de criterios de análisis y especificaciones técnicas para la calificación de los resultados, lo que ha sido posible por la experiencia ganada entre 1993 y 1998, luego de la evaluación de más de 3,000 km de pavimentos, en más de 100 proyectos de carreteras, en el Perú “. (3)

---

## **CAPITULO IV: MONITOREO Y EVALUACION DE RUGOSIDAD**

### **4.1 Antecedentes**

La información es esencial para la toma de decisiones y definir acciones que se toman. La información oportuna y precisa permite: aprender de las experiencias de otros; identificar y capitalizar las oportunidades; y evitar situaciones de peligro o de riesgo.

Mientras que en la mayoría de los aspectos se reconoce la importancia de la información, en el contexto de proyectos del estado, no se le da la debida importancia de la información obtenida en el monitoreo y evaluación.

### **4.2 Monitoreo**

El monitoreo es el proceso de recoger la información rutinariamente sobre todos los aspectos del cambio de estándar de la carretera y usarla en la administración y toma de decisiones de la conservación.

“La teoría de la planificación del desarrollo define al monitoreo como un ejercicio destinado a identificar de manera sistemática la calidad del desempeño de un sistema, subsistema o proceso a efecto de introducir los ajustes o cambios pertinentes y oportunos para el logro de sus resultados y efectos en el entorno. Así, el monitoreo permite analizar el avance y proponer acciones a tomar para lograr los objetivos; Identificar los éxitos o fracasos reales o potenciales lo antes posible y hacer ajustes oportunos a la ejecución.”(14)

### **4.3 Indicadores**

Los indicadores es información utilizada para dar seguimiento y ajustar las acciones que un sistema, subsistema, o proceso, emprende para alcanzar el cumplimiento de su misión, objetivos y metas. Un indicador como unidad de medida permite el monitoreo y evaluación de las variables clave de una vía existente, mediante su comparación, en el tiempo, con referentes externos e internos. Dos funciones básicas son atribuibles a los indicadores: la función descriptiva, que consiste en la aportación de información sobre el estado real de una actuación o proyecto, programa, etc.; y la función valorativa que consiste en añadir a la información descriptiva un juicio de valor, lo más objetivo posible, sobre si el desempeño está siendo o no el adecuado, para orientar la posterior toma de decisiones que hace parte del denominado ciclo de monitoreo.

#### 4.4 Secuencia de monitoreo de rugosidad con equipo MERLIN

a) Disponer del siguiente personal como mínimo para empezar el ensayo

Cuadro N°4.01: Personal mínimo necesario en monitoreo

Personal	Función	Cantidad
Operador de equipo	Desplazar el MERLIN y leer la posición final del puntero	1
Registrador	Indicar el estacionamiento del MERLIN y anotar los datos	1
Seguridad - conos-banderola	Colocación de conos para el desvío del tránsito. Se colocará a 30 m del equipo para señalar con la banderola desvío del tráfico	2
	<b>Personal Total</b>	<b>4</b>

Fuente: Elaboración Propia.

b) Previamente a la prueba MERLIN, asegurar el formato en la división 25, para que cada lectura sea detectada por el patín móvil, 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.

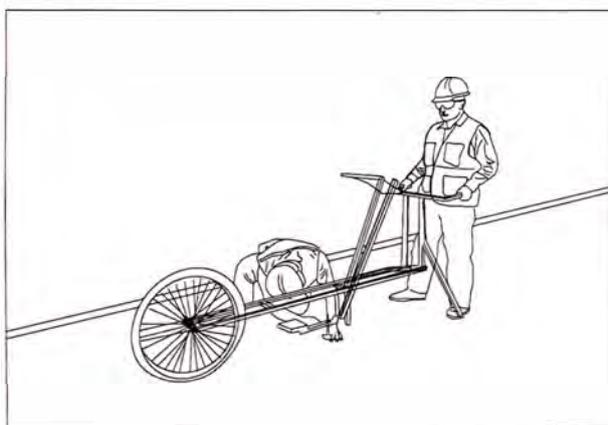


Figura N° 4.01: Se ajusta y desajusta los pernos para llevar el formato coincida con la parte central del tablero.

Fuente: Elaboración Propia.

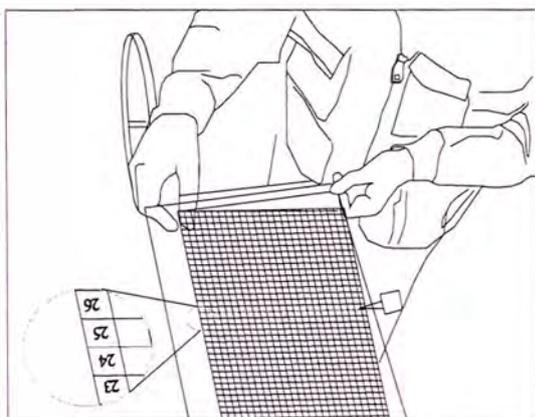


Figura N° 4.02: El formato debe coincidir con el marcador del Merlin.

Fuente: Elaboración Propia.

c) Se determina el espesor de la pastilla, en milímetros. Para evaluar el **factor de corrección**. El espesor será el valor promedio considerando 4 medidas diametralmente opuestas.

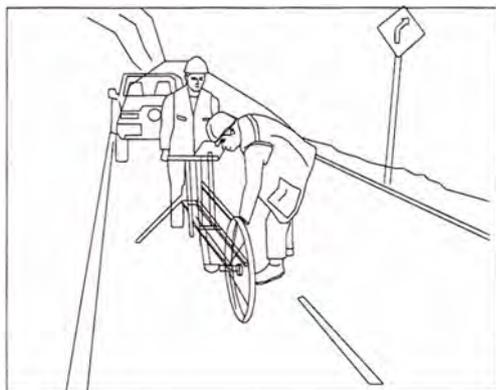


Figura N° 4.03: Se coloca el MERLIN sobre una superficie plana y se efectúa la lectura con la pastilla.

Fuente: Elaboración Propia.

Se coloca el rugosímetro sobre una superficie plana y se efectúa la lectura que corresponde a la posición que adopta el puntero cuando el patín móvil se encuentra sobre el piso. Se levanta el patín y se coloca la pastilla de calibración debajo de él, apoyándola sobre el piso.

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

Donde:

EP : Espesor de la pastilla (mm)

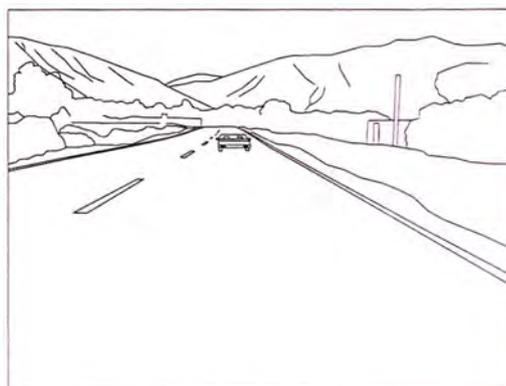
LI : Posición inicial del puntero

LF : Posición final del puntero

Se realiza la medición también si pastilla para encontrar el factor de corrección.

d) Asimismo, debe seleccionarse un tramo de aproximadamente 400 m de longitud, sobre un determinado carril de una vía, de preferencia deberá ser recto.

Figura N° 4.04: Selección de tramo recto en carretera.



Fuente: Elaboración Propia.

e) Se realizan marcas a cada 10 ó 20 metros, con el fin de tener una referencia en el proceso de medición. Las mediciones se efectúan siguiendo la huella exterior del tráfico.

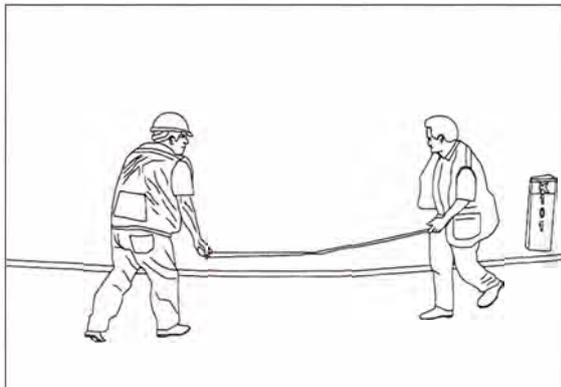


Figura N° 4.05 : Realización de marcas.

Fuente: Elaboración Propia.

f) Los vigías o personal de seguridad con anticipación deberán coordinar el colocar los conos o empleo de banderolas, para realizar el trabajo de monitoreo con las medidas de seguridad.

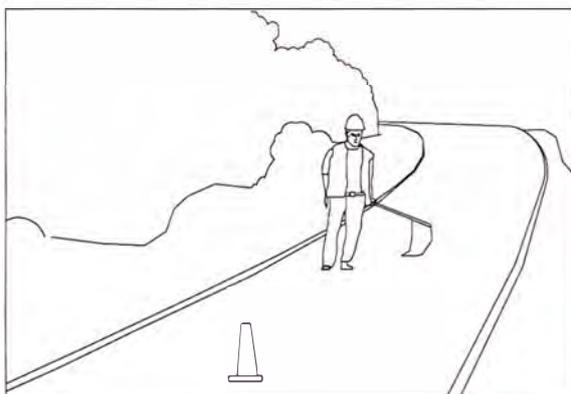


Figura N° 4.06 : Seguridad durante el monitoreo.

Fuente: Elaboración Propia.

g) Ubicar el Merlin sobre el primer punto del tramo a evaluar. Agenciarse de un cartel para indicar progresiva del tramo en estudio.

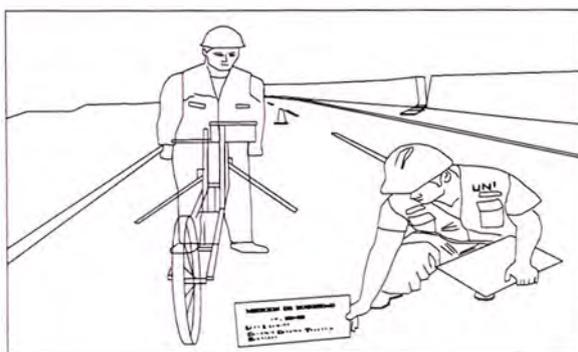


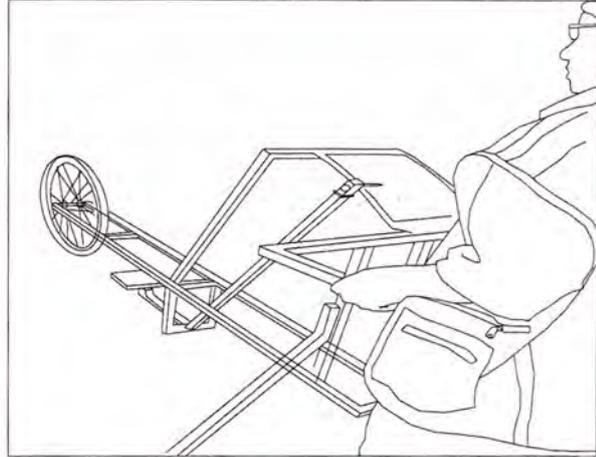
Figura N° 4.07 : Merlin en el punto de inicio de la prueba.

Fuente: Elaboración Propia.

Fijar la mirada al frente y coordinar las medidas con los pasos o ayudarse con una marca pegada como señal en la rueda del equipo Merlin.

Figura N° 4.08

El operador del equipo Merlin.



Fuente: Elaboración Propia.

h) Para la ejecución de los ensayos se requiere de dos personas que trabajan conjuntamente, un operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un auxiliar que las anota. Además el auxiliar puede tomar apuntes referente a los obstáculos o detalles importantes que encuentre en la vía.

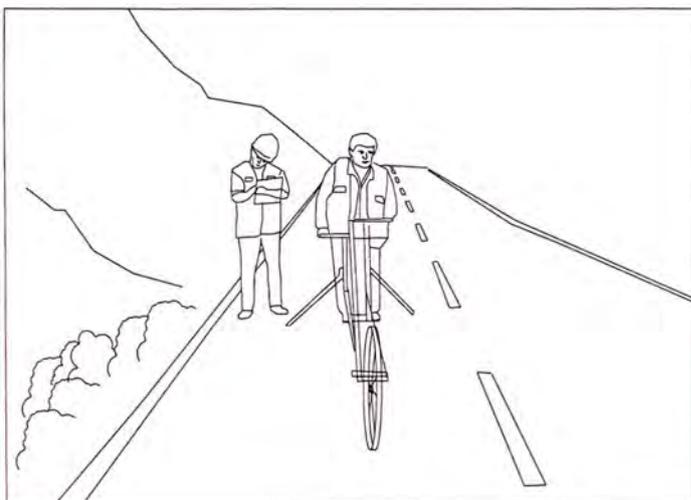


Figura N° 4.09

Ejecución de ensayo.

Fuente: Elaboración Propia.

i) Para realizar una lectura, se estabiliza el equipo, se observa que la marca en la rueda coincida con el inicio de partida que es cuando la rueda del equipo rodo

sobre la superficie una vuelta completa ó 360°. Se lee la desviación que marca el puntero, y se dicta al personal de apoyo.

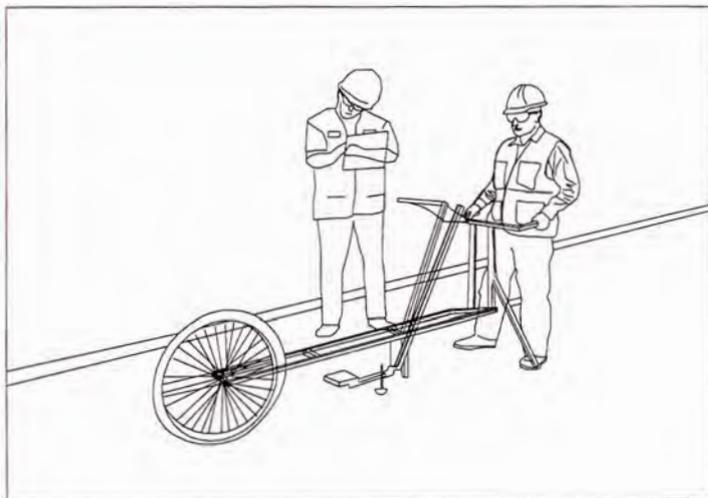


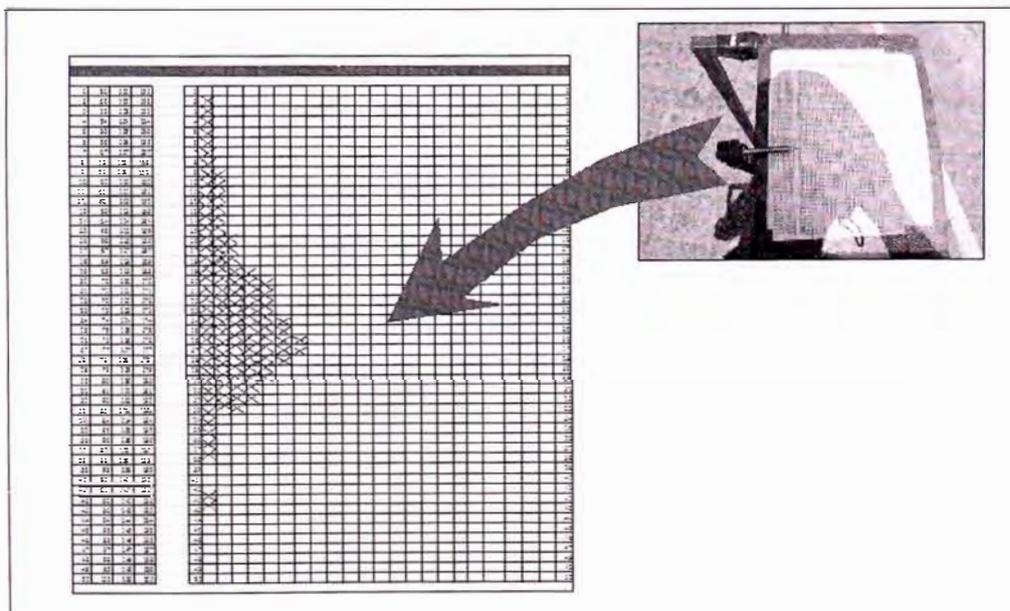
Figura N° 4.10

Lectura y Medida de desviación de rugosidad.

Fuente: Elaboración Propia.

j) Las frecuencias y el valor de las desviaciones pueden calcularse inmediatamente en el campo, llenando en el tablero del equipo, pero por efectos de realizar la recopilación en el menor tiempo, dejamos este cálculo para un trabajo posterior en gabinete.

Figura N° 4.11: Cuadro de medición del equipo Merlin.



Fuente: Elaboración Propia.

k) Se hacen 200 lecturas, 1 lectura cada 2m. (1 vuelta de la llanta).Circular el equipo por la huella derecha ó izquierda(según el carril que se este evaluando)

para obtener 200 lecturas, realizando estas medidas en una muestra representativa de cada 400 m por kilometro de carretera.

#### 4.5 Plan de monitoreo

Un plan de monitoreo es una herramienta de administración básica que provee información esencial para el diseño, implementación, administración, y evaluación de las actividades de Conservación de la vía. Para cumplir la función de monitoreo, el plan debe incluir sistemas para la recolección de datos e información sobre actividades claves, así como sistemas para sintetizar, analizar, y usar la información para tomar decisiones e iniciar acciones. La información del monitoreo puede ayudar a demostrar estrategias innovadoras y eficaces aplicadas a las actividades de Conservación de la vía.

Para evaluar el comportamiento de la superficie de la vía, se considera dos aspectos: el climático y el nivel de servicios.

En el climático, se sugiere realizar el monitoreo de rugosidad, en el inicio o fin cada estación climática, considerando que a lo largo de la carretera tenemos pisos altitudinales, que le corresponde un respectivo microclima, que tendrán un efecto diferente en la superficie asfáltica de cada tramo de la carretera.

En Niveles de Servicios, la consideración para realizar este plan, donde habrá que distinguir entre una carretera de bajo nivel de servicio y otra de mayor nivel de servicio. Teniendo la carretera de bajo nivel de servicio, menos monitoreo que el de mayor nivel. Pues las exigencias en el deterioro de la vía en la carretera de bajo nivel de servicios son menores por tener un menor IMD, justificando el número de monitoreos a realizar.

Para la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo, se sugiere:

- El realizar cuatro ensayos de monitoreo al año, coincidentes con el inicio de cada estación climática.
- El monitoreo se realice con un equipo de buen rendimiento (Bump Integrator o similar) en la toma de datos. Se obtenga datos de los 271.73 Km.de carretera en corto de tiempo. y sirva de manera efectiva al conocimiento de la superficie de rodadura en los trabajos del cambio de estándar.

## 4.6 Procesamiento de datos para obtener el IRI y PSI en los tramos en estudio

### 4.6.1 Datos obtenidos

Se efectuaron mediciones del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) en tres tramos de superficie asfáltica, correspondientes a la carretera Cañete – Yauyos - Huancayo, construidas en noviembre y diciembre del año 2008.

### Formato para recopilación de datos de campo

#### Ensayo N° 01, datos recopilados del Km.102+000 al Km.101+600

Cuadro N°4.02

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

PROYECTO: *Corredor Vial N° 13* OPERADOR : VAPP  
SECTOR : *Cañete - Chupaca* SUPERVISOR :  
TRAMO : *Capicullas - Calachota* FECHA : 15/06/2010  
CARRIL : IZQUIERDO

ENSAYO N° **1** KM **102+000** HORA **10:25 AM**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	16	20	9	22	26	13	26	26	36	18	TIPOS DE PAVIMENTO:
2	12	14	17	5	14	15	14	4	23	24	
3	20	12	20	7	10	15	50	20	19	24	AFIRMADO <input type="checkbox"/>
4	9	24	18	13	34	23	13	13	27	23	
5	21	17	17	17	25	14	21	27	19	22	BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
6	24	21	19	20	18	18	26	28	36	18	
7	20	16	14	10	27	22	13	13	10	21	BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
8	10	18	16	17	25	23	14	15	18	23	
9	10	12	19	20	21	14	15	16	19	26	TRATAMIENTO MONOCAPA <input checked="" type="checkbox"/>
10	13	18	15	22	16	23	21	26	15	12	
11	23	16	19	21	21	23	9	15	22	21	TRATAMIENTO SLURRY SEAL <input type="checkbox"/>
12	13	18	20	17	11	16	24	25	13	20	
13	11	14	17	20	18	15	9	21	7	24	RECAPEO ASFALTICO <input type="checkbox"/>
14	12	18	25	15	12	22	20	9	14	17	
15	3	20	16	23	10	14	16	29	10	16	SELLO <input type="checkbox"/>
16	15	12	10	7	21	9	18	21	18	25	
17	12	10	17	16	28	16	14	26	20	28	..... <input type="checkbox"/>
18	22	16	22	17	9	19	19	24	12	17	
19	12	12	9	25	4	14	26	32	21	14	
20	21	20	17	31	13	23	15	14	19	25	

**. Ensayo N° 02, datos recopilados del Km.101+000 al Km.101+400**

Cuadro N°4.03

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

PROYECTO: *Corredor Vial N° 13*  
SECTOR : *Cañete - Chupaca*  
TRAMO : *Capicullas - Calochota*  
CARRIL : *IZQUIERDO*

OPERADOR : *HPS*  
SUPERVISOR : *VAPP*  
FECHA : *15/05/2010*

ENSAYO N°  KM  HORA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	33	35	34	49	37	41	34	33	39	42	TIPOS DE PAVIMENTO:
2	29	40	27	44	36	38	24	36	31	37	
3	50	27	39	49	42	44	36	33	31	41	AFIRMADO <input type="checkbox"/>
4	30	50	38	50	49	43	31	26	29	34	BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
5	50	44	37	43	41	37	35	42	40	35	BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
6	44	33	37	43	49	44	38	37	26	38	TRATAMIENTO MONOCAPA <input checked="" type="checkbox"/>
7	49	31	45	43	42	43	39	35	31	42	TRATAMIENTO SLURRY SEAL <input type="checkbox"/>
8	30	37	41	40	31	42	40	37	42	37	RECAPEO ASFALTICO <input type="checkbox"/>
9	33	32	32	41	47	43	37	32	34	40	SELLO <input type="checkbox"/>
10	36	37	39	34	50	43	45	42	40	37	..... <input type="checkbox"/>
11	37	40	33	36	33	49	34	41	42	35	
12	37	37	35	37	34	40	41	45	34	30	
13	44	37	32	42	34	45	36	40	40	31	
14	41	36	42	34	37	43	40	41	33	36	
15	40	34	34	43	35	45	46	32	37	42	
16	37	40	46	37	33	45	36	42	33	40	
17	38	32	39	30	42	36	35	30	35	50	
18	36	50	30	37	33	42	42	37	29	32	
19	46	34	47	38	36	41	33	41	30	37	
20	39	49	48	38	50	36	41	50	31	38	

OBSERVACIONES: 1 ,3 giba

**. Ensayo N° 03, datos recopilados del Km.100+800 al Km.100+400**

Cuadro N°4.04

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

PROYECTO: *Corredor Vial N° 13* OPERADOR : *VAPP*  
SECTOR : *Cañete - Chupaca* SUPERVISOR :  
TRAMO : *Capicullas - Calachota* FECHA : *15/05/2010*  
CARRIL : *IZQUIERDO*

ENSAYO N°  KM  HORA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	24	33	23	24	26	21	27	29	25	24	TIPOS DE PAVIMENTO:
2	22	25	22	26	22	26	16	27	26	19	
3	32	22	26	34	27	26	20	22	30	26	AFIRMADO <input type="checkbox"/>
4	23	25	18	22	26	31	1	21	26	26	
5	19	18	22	15	23	27	40	22	23	27	BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
6	13	12	27	24	17	26	20	23	26	16	
7	22	12	30	23	25	19	26	25	20	27	BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
8	9	16	20	6	25	32	31	15	20	28	
9	17	28	18	24	27	24	26	22	19	33	TRATAMIENTO MONOCAPA <input checked="" type="checkbox"/>
10	22	7	25	30	26	27	42	30	23	21	
11	17	22	27	28	21	17	39	22	23	24	TRATAMIENTO SLURRY SEAL <input type="checkbox"/>
12	23	15	32	24	20	21	19	23	21	28	
13	24	21	15	28	23	27	24	25	16	21	RECAPEO ASFALTICO <input type="checkbox"/>
14	16	30	3	25	27	29	57	20	19	24	
15	19	24	20	6	17	16	21	19	17	30	SELLO <input type="checkbox"/>
16	24	20	9	30	27	23	15	21	17	33	
17	17	19	20	30	19	26	22	27	21	16	<input type="checkbox"/>
18	16	32	22	23	22	26	13	22	25	23	
19	20	21	17	33	15	28	27	25	13	35	
20	27	27	25	26	19	30	20	27	31	31	

**4.6.2 Procedimiento de cálculo**

**Correlaciones D versus IRI**

**. Cuando  $2.4 < IRI < 15.9$ , entonces  $IRI = 0.593 + 0.0471 D$**

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.

**. Cuando  $IRI < 2.4$ , entonces  $IRI = 0.0485 D$**

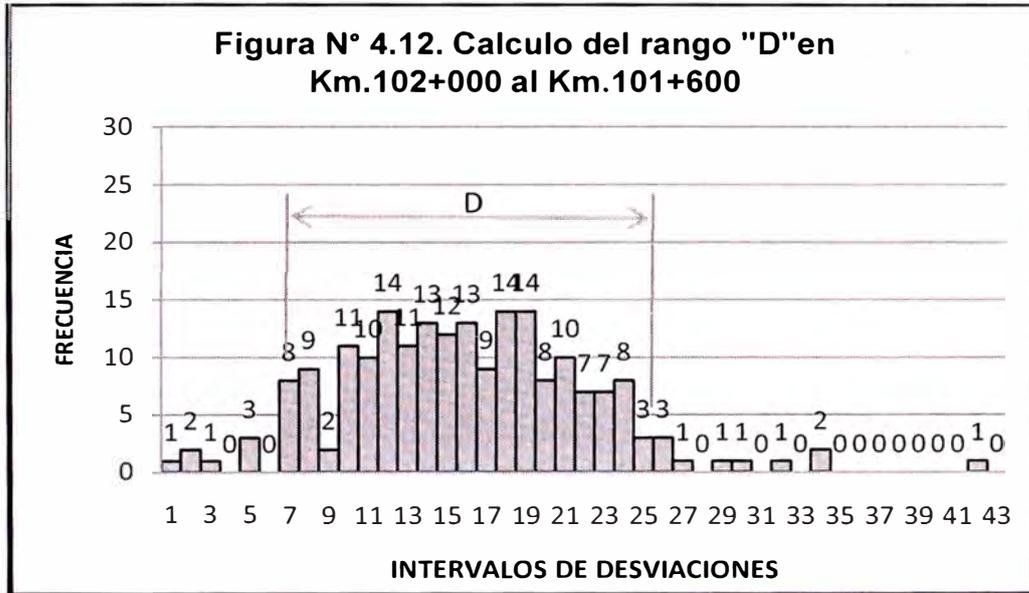
Ecuación de correlación establecida de acuerdo a la experiencia peruana y luego de comprobarse, después de ser evaluados más de 3,000 km de pavimentos

**Ensayo N° 01, datos recopilados del Km.102+000 al Km.101+600**

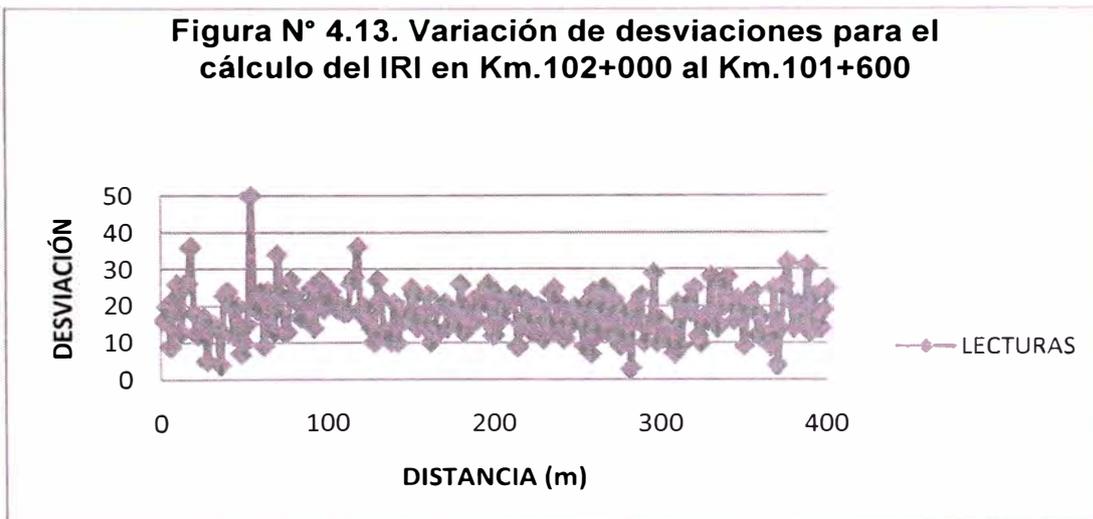
Cuadro N°4.05 Rugosidad Km.102+000 al Km.101+600

D	D(mm)	Fac. Corr	D Corregido	IRI (m/km)
18,63	93,13	0,89200	83,07	4,51

Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Elaboración Propia.



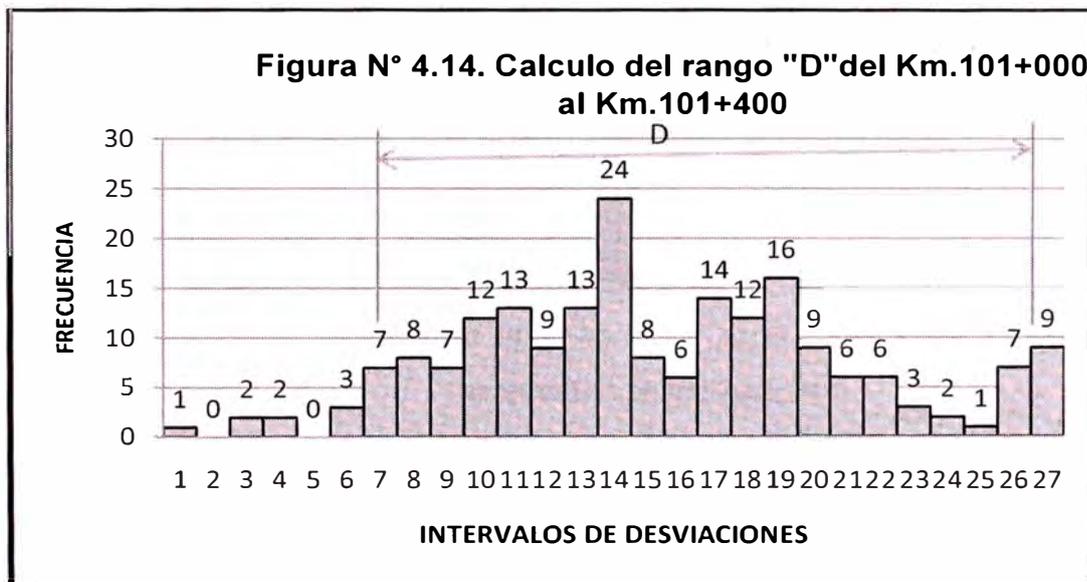
Fuente: Elaboración Propia.

**. Ensayo N° 02, datos recopilados del Km.101+000 al Km.101+400**

Cuadro N°4.06 Rugosidad Km.101+000 al Km.101+400

D	D(mm)	Fac. Corr	D Corregido	IRI (m/km)
20,57	102,86	0,89200	91,75	4,91

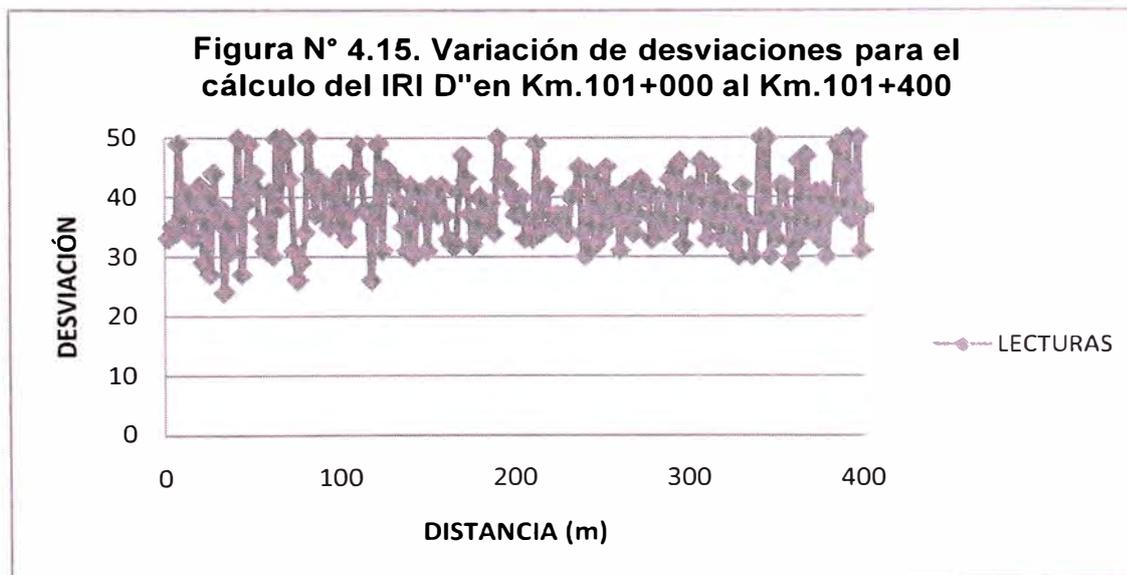
Fuente: Elaboración Propia.



Fuente:

Elaboración Propia.

**. Ensayo N° 03, datos recopilados del Km.100+800 al Km.100+400**

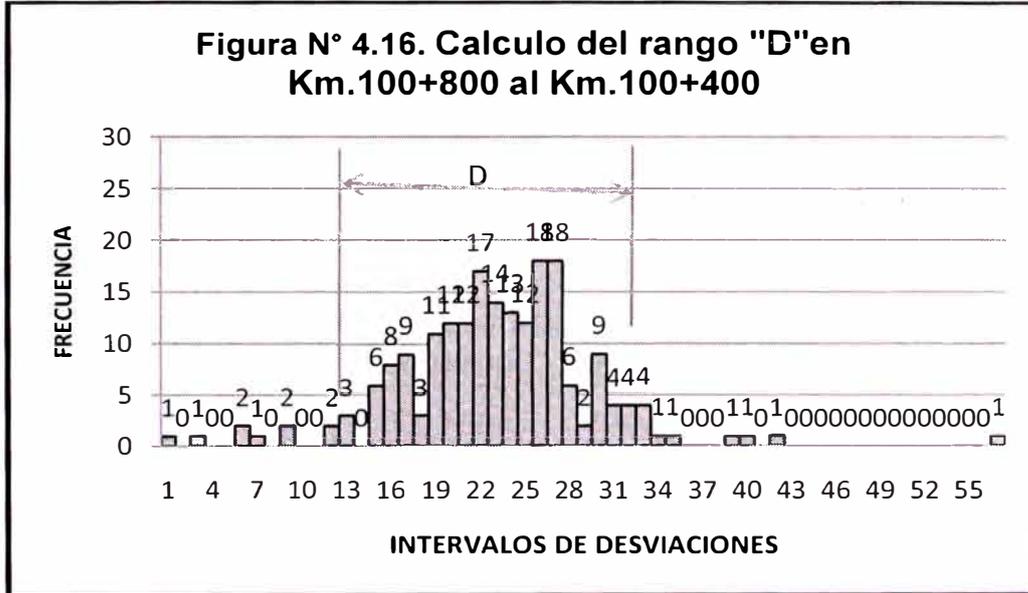


Fuente: Elaboración Propia.

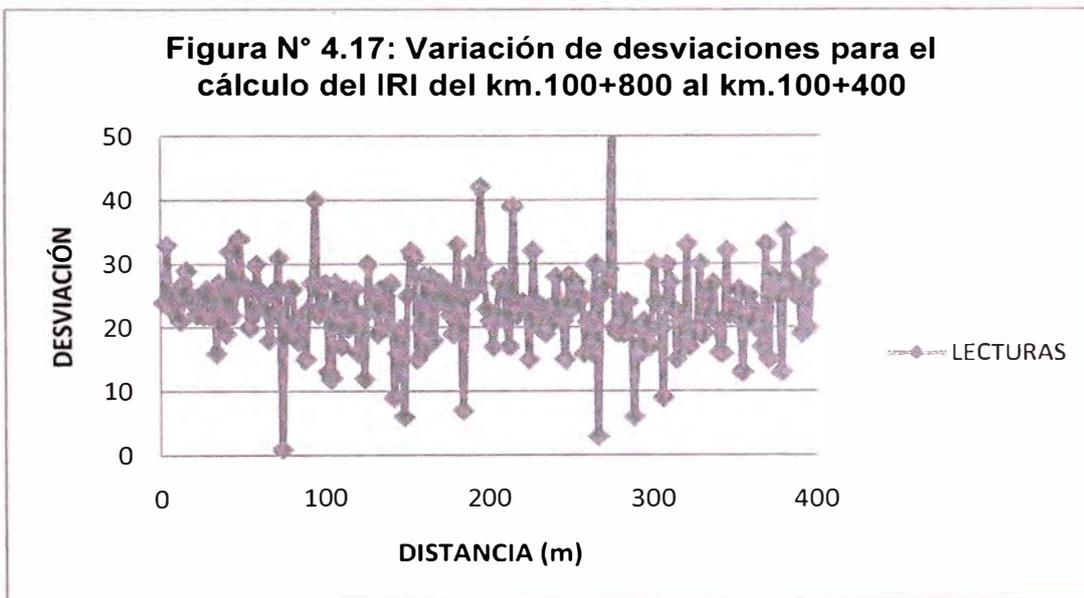
Cuadro N°4.07 Rugosidad Km.100+800 al Km.100+400

D	D(mm)	Fac. Corr	D Corregido	IRI (m/km)
19,67	98,33	0,892	87,71	4,72

Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Elaboración Propia.

De los datos de campo procesados, se resumiran en los cuadros N°4.08, N°4.09 y N°4.10, para luego calificar los IRIs encontrados con los diferentes estándares de rugosidad en carreteras citados en el capítulo 2.

Cuadro N°4.08: Resumen de IRI, Calificación BM

TRAMO			IRI	B.MUNDIAL
100+800	-	100+400	4.72	Malo
101+000	-	101+400	4.91	Maio
102+000	-	101+600	4.51	Malo

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro N°4.09: Resumen de IRI y Calificación de MTC-PROVIAS

TRAMO			IRI	MTC-PROVIAS
100+800	-	100+400	4.72	Regular
101+000	-	101+400	4.91	Regular
102+000	-	101+600	4.51	Regular

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro N°4.10: Resumen de IRI y Calificación MTC-Manual para la Conservación de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

TRAMO			IRI	MTC-Manual para la Conservación de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito
100+800	-	100+400	4.72	Manejo confortable entre 80 - 100 km/h, se perciben ondulaciones suaves u oscilaciones.
101+000	-	101+400	4.91	
102+000	-	101+600	4.51	

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.6.3 Calculo del índice de serviciabilidad presente (psi)

$$R = 5.5 \ln \left( \frac{5.0}{\text{PSI}} \right), \text{ para } R < 12 \quad (1a)$$

De la Ecuación (1a), se despeja el valor de la PSI, y se reemplaza el valor de R(rugosidad) por IRI, se obtiene:

$$\text{PSI} = 5e^{-(\text{IRI}/5.5)} \quad \dots(1)$$

Para el tramo 100+800 al 100+400, para un IRI=4.72 se calcula el PSI, mediante la fórmula (1):

Se encuentra el valor de PSI = 2.12 , que se califica mediante el cuadro N°2.04, **Transitabilidad de la vía**. Indicando una Transitabilidad regular.

Para los demás tramos encontramos los PSI y su transitabilidad, presentándolos en resumen en el cuadro N°4.11:

Cuadro N°4.11: Valores de PSI y Transitabilidad

TRAMO	IRI	PSI	TRANSITABILIDAD
100+800 - 100+400	4.72	2.12	REGULAR
101+000 - 101+401	4.91	2.05	REGULAR
102+000 - 101+600	4.51	2.20	REGULAR

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.7 Análisis de los niveles de calidad alcanzados

Se observa en la visita a la carretera del 15 de mayo 2010, que en el tramo 100+000 al 100+200 la superficie de rodadura presento signos de ahuellamiento y fisuras en el tratamiento superficial monocapa, y en algunos tramos se había adelantado la aplicación del Slurry, según refiere el informe de René Poma Sánchez, sobre el tema de Evaluación de Rugosidad de la Carretera Cañete – Yauyos – Chupaca con equipo Merlin Km. 99+000 – Km.104+000: “Las causas del deterioro prematuro que se evidencian en el tramo asignado para evaluación se deben primeramente al deficiente proceso constructivo, ya que al tratarse de un sector que presenta anchos variables en zonas muy angostas, la motoniveladora no pudo efectuar una adecuada mezcla entre el material de base y la emulsión asfáltica.”(12)

“Durante los trabajos de compactación se observo una pobre adherencia entre la gravilla de 3/8” y el RC-250 que conforma el tratamiento superficial monocapa, que contribuyeron al mal comportamiento del IRI. Según el monitoreo UNI, la gravilla fue obtenida de la chancada de Pd zarandeada mecánica, proceso que produjo gran cantidad de polvillo que cubrió la gravilla y que no permitió una adecuada adherencia con el RC-250.”(12)

Posteriormente al uso del cambio de estándar se presentaron factores que contribuyeron al rápido deterioro de la superficie por las deficientes obras de arte y el tráfico temporal adicional, generado por la construcción de la Central Hidroeléctrica del Platanal.

Según los estándares de rugosidad del Banco Mundial, al tramo 100+000 al 102+000 le corresponde una calificación de “Malo”(Ver cuadros N°2.01 y N°4.08).

Los estándares de rugosidad del MTC- PROVIAS NACIONAL, califican de “regular” al tramo 100+000 al 102+000 (Ver cuadros N°2.02 y N°4.09).

Los estándares de rugosidad del “MTC-Manual para la Conservación de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito(MCBT)”, califica a dicho intervalo de IRI (4-6) como Manejo confortable entre 80 - 100 km/h (velocidad en recta y plano), se perciben ondulaciones suaves u oscilaciones. Pequeñas depresiones (por ejemplo <5 mm / 3 m) y sin baches. (Ver cuadros N°2.03 y N°4.10).

De esta ultima calificación de estandar de estimación de rugosidad en carreteras no pavimentadas, no es aplicable a la carretera del estudio, pues se comprobó en el lugar que un vehículo no puede desplazarse a más de 25 km/h, por el peligro de las muchas curvas horizontales cerradas en la vía, donde no se tiene la visibilidad y el ancho suficiente para esquivar a los vehículos que vienen en sentido contrario.

Los Terminos de Referencia del Contrato (TRC) para el Tramo Zúñiga – Dv. Yauyos (72.6 Km.), menciona: “...la puesta en servicio, consistirá en la colocación de un Slurry Seal en toda la calzada. Al término de los trabajos de conservación periódica, el Tramo debe alcanzar un rugosidad (Iri) igual o menor a 2.5 m/km.” Al respecto de la rugosidad en el tratamiento superficial monocapa los TRC no indica ningún rango de valores de rugosidad (IRI) que deba alcanzar.

Existe estrecha relación de los valores de: rugosidad, serviciabilidad, grado de comodidad, costos de operación de vehículos, tiempo de transporte y mantenimiento, en consecuencia por la importancia de la medición de rugosidad se debe realizar con equipos debidamente calibrados y metodologías que permitan obtener valores que se aproximen lo más posible a la realidad.

Los estándares de Transitabilidad del MTC- PROVIAS NACIONAL, califican de “regular” al tramo 100+000 al 102+000 (Ver cuadros N°2.04 y N°4.11).

En los TRC, solo hace mención en sus objetivos el alcanzar solo una adecuada TRANSITABILIDAD,” este término debería ser aunado al de SEGURIDAD como

si lo relaciona el *MCBT*. Mantener una “circulación segura” debe entenderse como la conservación en términos de calidad operativa y estará referida a la rugosidad superficial de la carretera ( $IRI \leq 10$ ) y a la uniformidad geométrica del trazado, así como a la señalización y seguridad vial.

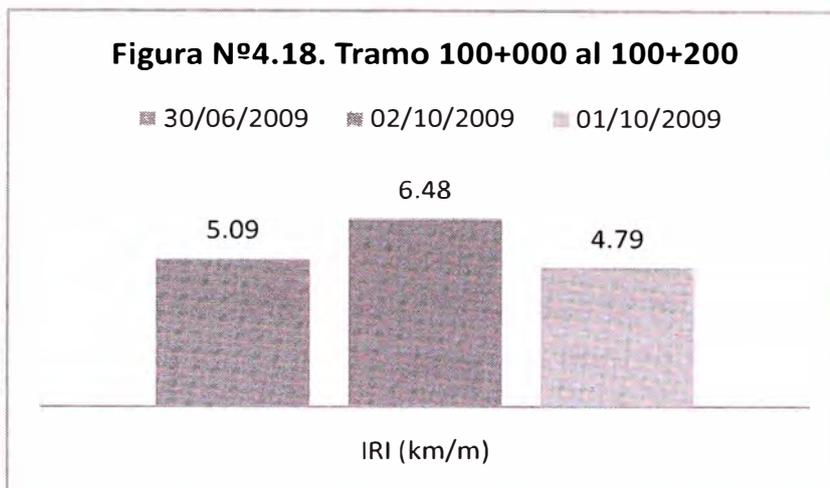
Los TRC, no se consideran “**estándares mínimos**” para rutas nacionales debido a que no se alcanza la velocidad de diseño, porque los vehículos circulan a menos de 25 Km/h. En consecuencia alejaría a los usuarios de la vía por no ser adecuada a un transporte rápido.

En el cuadro N°4.12, se muestra la Información rugosidad, obtenida de diversas fuentes:

Cuadro N°4.12. Valores de rugosidad de la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo en el tramo 100+000 al 102+000.

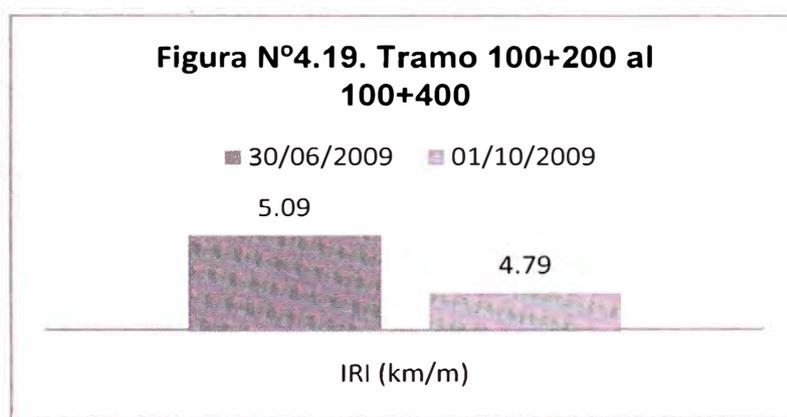
	MTC-PROVIAS	TIT-2009	MTC-PROVIAS	TIT-2010
TRAMO	30/06/2009	02/10/2009	01/10/2010	15/05/2010
100+000	5.09	6.48	4.79	
100+100	5.09	6.48	4.79	
100+200	5.09		4.79	
100+300	5.09		4.79	
100+400	4.52		4.70	4.72
100+500	4.52		4.70	4.72
100+600	4.52		4.70	4.72
100+700	4.52		4.70	4.72
100+800	5.42			4.72
100+900	5.42			
101+000	5.42			4.91
101+100	5.42			4.91
101+200	4.64			4.91
101+300	4.64			4.91
101+400	4.64			4.91
101+500	4.64			
101+600				4.51
101+700				4.51
101+800				4.51
101+900				4.51
102+000				4.51

Fuente: Elaboración Propia.



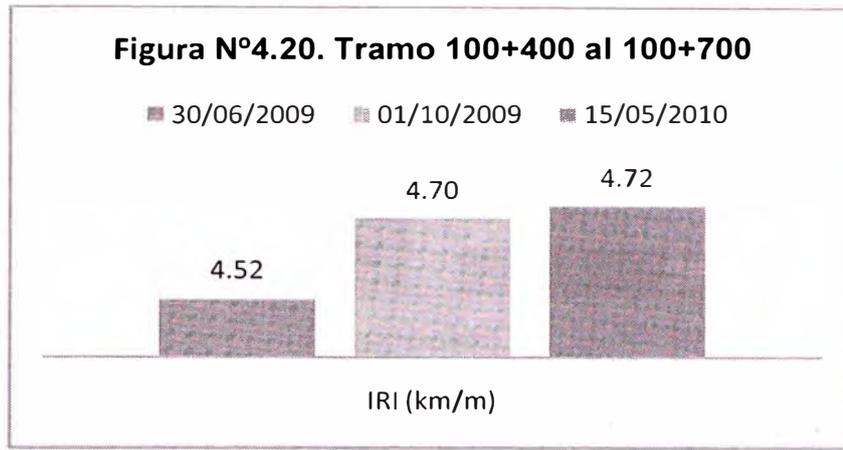
Fuente: Elaboración Propia.

En el Figura N°4.18 se obtiene del cuadro N° 4.12. Tramo 100+000 al 100+200, se observa un incremento en el IRI de 1.39 ( $6.48 - 5.09 = 1.39$ ) entre las fechas de 30/06/2009 al 02/10/2009. Para el mes de octubre del 2009, existen dos valores del IRI: El primero con valor de 6.48, fue tomado por el curso de Titulación el 02/10/2009; El segundo con valor 4.79 realizo el ensayo por el Convenio UNI-PROVIAS en fecha 01/10/2009. El segundo valor no tiene congruencia con el valor IRI 5.09 tomado el 30/06/2009.



Fuente: Elaboración Propia.

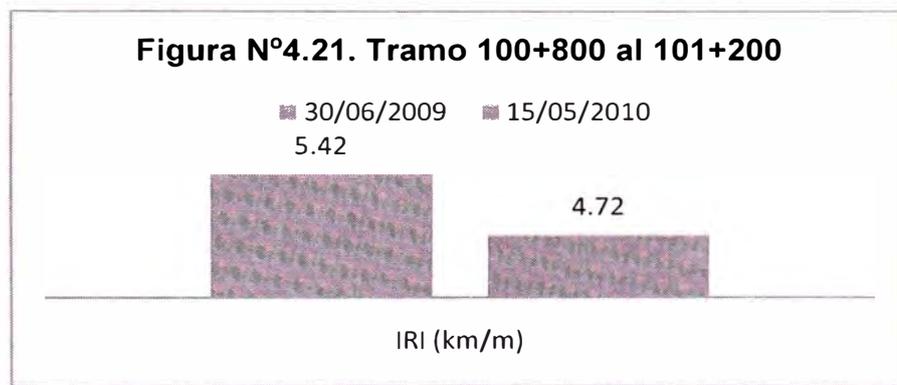
Para el Figura N°4.19. Tramo 100+200 al 100+400 (Se obtiene del cuadro N° 4.12) se observa una disminución en el IRI de 0.30 ( $5.09 - 4.79 = 0.30$ ) entre las fechas de 30/06/2009 al 01/10/2009. Después de tres meses al evaluar el IRI se encontró un valor de 4.79.



Fuente: Elaboración Propia.

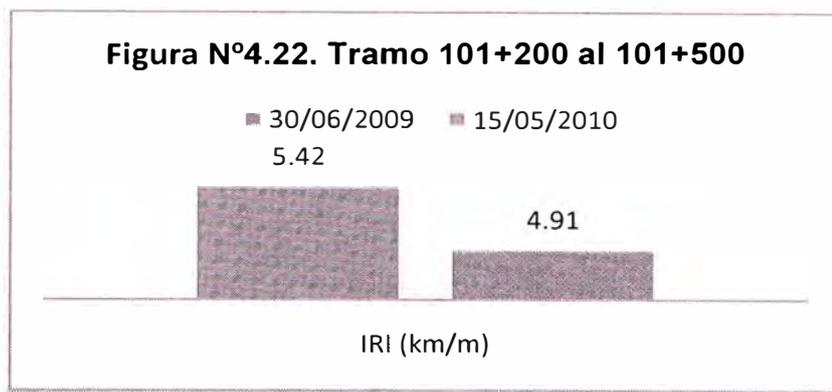
En la Figura N°4.20, tramo 100+400 al 100+700 (Se obtiene del cuadro N° 4.12), se observa un incremento en el IRI de 0.18 ( $4.70 - 4.52 = 0.18$ ) entre las fechas de 30/06/2009 al 01/10/2009. Para la toma de datos el 15/05/2010, se encontró un valor de IRI de 4.72 tomado por el curso de Titulación 2010.

Para el Figura N°4.21, tramo 100+800 al 101+200 (Se obtiene del cuadro N° 4.12.), se observa una disminución en el IRI de 0.70 ( $5.42 - 4.72 = 0.70$ ) entre las fechas de 30/06/2009 al 15/05/2010. El contratista tomo la decisión de colocar un Slurry para corregir el deterioro prematuro en la superficie asfáltica.



Fuente: Elaboración Propia.

En el Figura N°4.22, tramo 101+200 al 101+500 (Se obtiene del cuadro N° 4.12.), se observa una disminución en el IRI de 0.51 ( $5.42 - 4.91 = 0.51$ ) entre las fechas de 30/06/2009 al 15/05/2010. El contratista tomo la decisión de colocar un Slurry para corregir el deterioro prematuro en la superficie asfáltica.



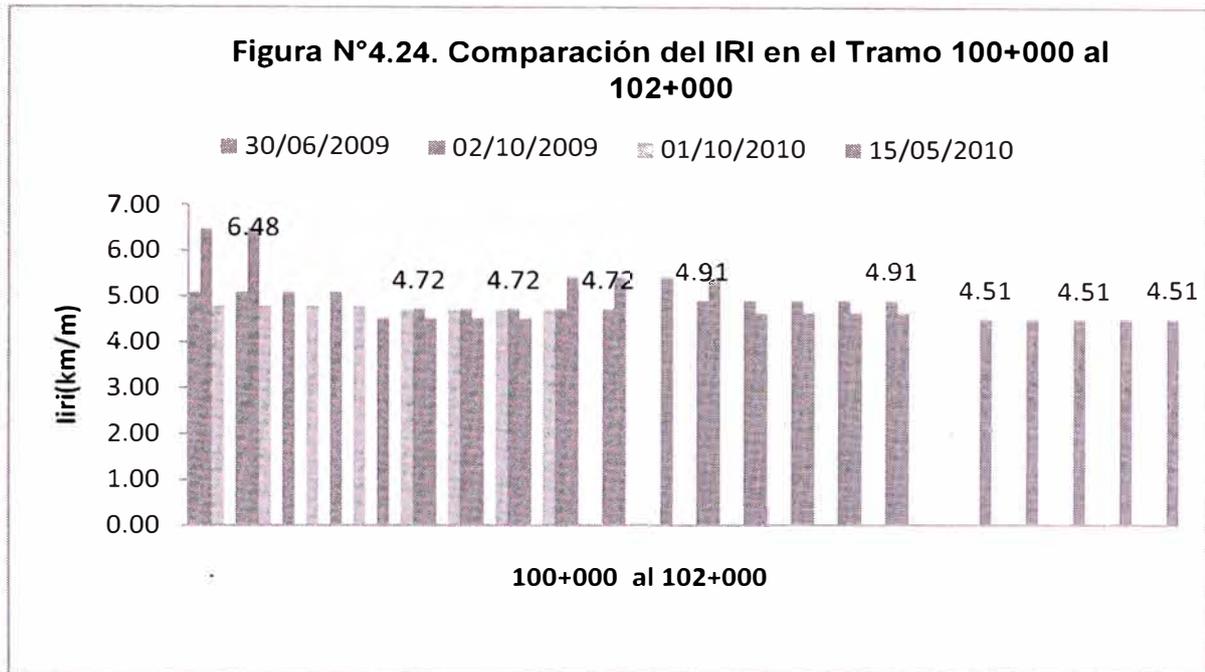
Fuente: Elaboración Propia.

En el Figura N°4.22, tramo 101+600 al 102+000 (Se obtiene del cuadro N° 4.12.), se tomo medida del IRI en la fecha 15/05/2010. No pudiendo comparar dicho valor con algún otro por no existir información anterior.



Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura N°4.24 (Se obtiene del cuadro N° 4.12.) Se observa un resumen de los valores de IRIs hallados en el Tramo 100+000 al 102+000, la información fue proporcionada por la UNI, el MTC y la recopilada por el Curso de Titulación 2010, se observa el mayor valor alcanzado en el tramo de 6.48 m/km y los valores después de la aplicación del Slurry, en el rango de 4 a 5 m/km.



Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.8 La evolución cronológica de los valores de IRI

Para el calcular la evolución cronológica en el Tramo 100+000 al 102+000, se considero:

- El tener datos en los subtramos, donde se haya realizado el ensayo con Equipo Merlín o Bump integrator.
- Conocer la fecha de la intervención de puesta a punto, mediante la colocación del tratamiento superficial monocapa.
- El tener datos consistentes en el tiempo, por ello se busca tramos donde el contratista después de la intervención de puesta a punto, mediante la colocación del tratamiento superficial monocapa, no haya realizado trabajos de colocación del sello con lechada asfáltica "Slurry Seal".
- Se consideró la gráfica del comportamiento de los pavimentos en el tiempo en 25 años, para obtener por interpolación la grafica cuando se trata del tratamiento superficial monocapa en un tiempo de vida útil de 5 años.

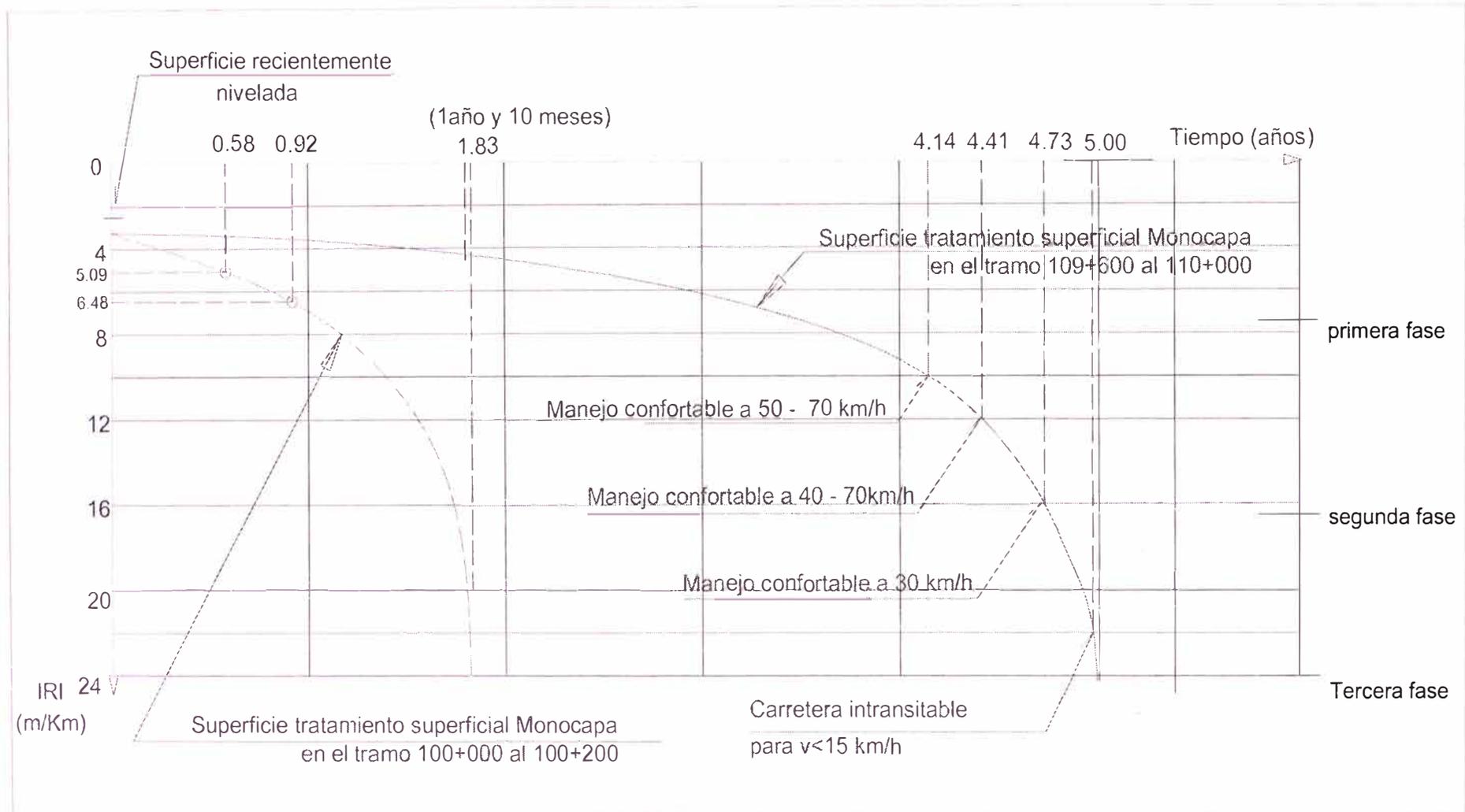
Cuadro N°4.13. Datos de rugosidad del 100+00 al 100+200

	MTC-PROVIAS	TIT-2009
TRAMO	30/06/2009	02/10/2009
100+000-100+200	5.09	6.48

Fuente: Elaboración Propia.

Se obtiene la siguiente Figura N°4.27:

Figura N°4.27. Calidad de Superficie vs. Tiempo



Fuente: Elaboración Propia.

En el Grafico N°4.27: Haciendo la conversión de meses en años, y colocando como punto de partida el año donde se construyo el tratamiento superficial monocapa, se observa que se encuentra en una primera fase de su periodo de vida útil, cuyo comportamiento es lineal en el tiempo, hasta alcanzar un IRI aproximado de 7 en un tiempo de un año. Al pasar a la segunda fase donde la curva tiene un comportamiento parabólico; encontraremos el IRI máximo permisible de 10 m/Km que será en un tiempo de 1 año con 5 meses. Obtenemos también un tiempo de vida cuando el IRI alcance un valor de 22 en un tiempo de un año y diez meses.

En una formulación hipotética de cómo sería el comportamiento del IRI(ver Grafico N°4.27), se muestra la clasificación según el cuadro N°2.03: alcanzaría un IRI igual a 10 a los 4.14 años (4 años y 2 meses) y alcanzaría un valor de IRI igual 22 en los 5 años congruente con el cuadro N° 2.03 ( Escala de estimación de rugosidad en carreteras no pavimentadas).

Para representar la Figura N°4.28. Calidad de Superficie vs. Trafico Acumulado se considero:

- Del Cuadro N°4.12. Rugosidad de la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo, seleccionamos el tramo: 100+000 al 100+200, que se representaran sus valores en el cuadro N°4.13 y en el cuadro N°4.16 los datos de rugosidad del 109+600 al 110+000.

Cuadro N°4.14. Datos de rugosidad del 109+600 al 110+000

	MTC-PROVIAS	TIT-2010
TRAMO	30/06/2009	15/05/2010
109+600-110+000	4.37	4.58

Fuente: Elaboración Propia.

- El Tráfico actual del tramo Dv. Yauyos a Chupaca, que se representa en el cuadro 4.15 y de esta información se obtiene el cuadro N°4.16, que muestra el Tráfico Acumulado del tramo Dv. Yauyos a Chupaca dispuesto en meses.

Cuadro N°4.15: Tráfico actual del tramo Dv. Yauyos a Chupaca

TRÁFICO ACTUAL TRAMO Dv YAUYOS A CHUPACA TIPO DE VEHÍCULO	2008	2009	2010
<b>AUTOS</b>	1	1	1
<b>CAMIONETAS</b>	20	20	21
<b>CAMIONETA RURAL</b>	4	4	4
<b>MICRO</b>	0	0	0
<b>OMNIBUS 2E</b>	8	8	8
<b>OMNIBUS 3E</b>	0	0	0
<b>CAMION 2E</b>	9	9	10
<b>CAMION 3E/4E</b>	11	11	12
<b>ARTICULADOS</b>	0	0	0
<b>IMD</b>	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>56</b>

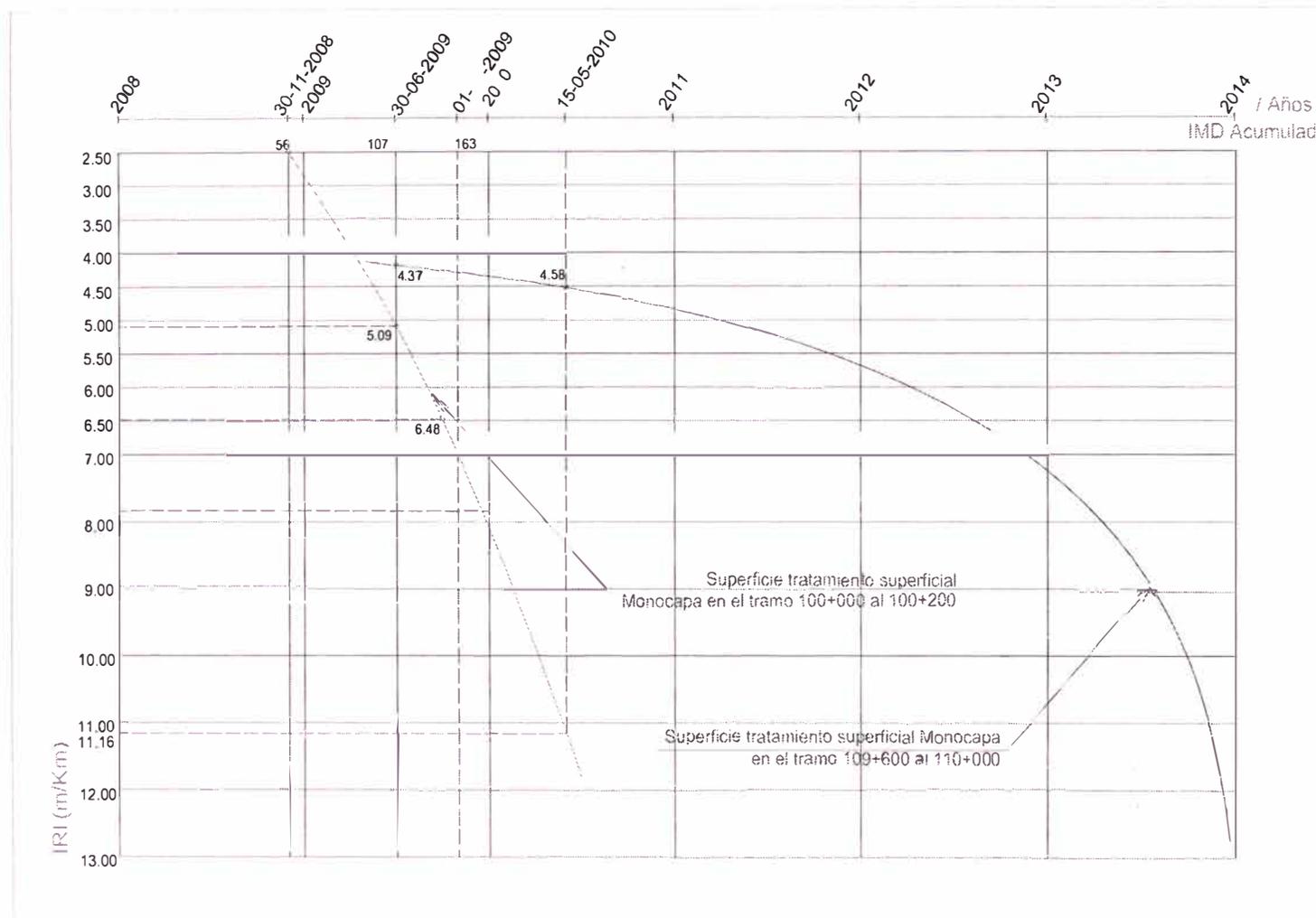
Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro N°4.16: Tráfico actual Acumulado del tramo Dv. Yauyos a Chupaca

Año		IMD acumulado		
		2008	2009	2010
<b>Meses</b>	Enero	53.00	107.00	163.00
	Febrero	57.50	111.67	167.75
	Marzo	62.00	116.33	172.50
	Abril	66.50	121.00	177.25
	Mayo	71.00	125.67	182.00
	Junio	75.50	130.33	186.75
	Julio	80.00	135.00	191.50
	Agosto	84.50	139.67	196.25
	Setiembre	89.00	144.33	201.00
	Octubre	93.50	149.00	205.75
	Noviembre	98.00	153.67	210.50
	Diciembre	102.50	158.33	215.25

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N°4.28. Calidad de Superficie vs. Trafico Acumulado



Fuente: Elaboración Propia.

Se observa en el Figura N°4.28, la curva de tratamiento superficial monocapa en el tramo 100+000 al 100+200, se encuentra en un deterioro acelerado (aumento rápido del IRI), debido a un mal proceso constructivo. En la grafica, al buscar su proyección hasta el año 2010 donde el trafico acumulado (IMD) tendrá un valor de 163, esta superficie alcanzaría hipotéticamente un IRI de 11.16. Lo cual para el ensayo de campo del 15 de mayo del 2010, no se observo en el tramo de estudio un IRI de similar magnitud, por lo cual concluimos que podría ser haber ocurrido que el contratista hubiera adelantado la aplicación del Slurry seal.

Para tener datos consistentes, se busco un tramo que no tenga problemas de construcción, se selecciona el tramo 109+600 al 110+000 del cuadro N°4.14, de donde se obtiene la curva que se representa en el Figura N°4.28, que se podría decir que presenta un desarrollo del avance de rugosidad y el trafico acumulado más aproximado al teórico(cinco años de vida útil de la superficie monocapa).

## CONCLUSIONES

Se han observado los resultados de las rugosidades medidas y calculados por el MTC, curso de titulación pasado y correspondiente a este curso, en algunos tramos son incongruentes en el tiempo. Esta se han originado por: Adelanto de la colocación de capa Slurry seal, mal procesamiento de datos, deficiente calibración del equipo y diferentes operadores.

Calibrar con el equipo Merlin el equipo "Bump Integrator".

La evaluación de rugosidad con equipo Merlin es recomendable en distancias cortas y no es aplicable al monitoreo de toda la longitud de la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo, en un periodo de tiempo que nos garantice datos consistentes.

En comparación de los costos de alquiler por un día de los equipos: MERLIN, Nivel geodésico y Bump integrator, son semejantes. Pero sus rendimientos son diferentes: 6 Km/día, 0.4 Km/día y 100 Km/día respectivamente.(Ver anexo 3).

En la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo, la rugosidad sola no es determinante para alcanzar la velocidad de diseño (40 km/h), pues de manera conjunta con la visibilidad, el diseño geométrico y la señalización pueden lograr alcanzarla. Los términos de referencia del contrato de conservación vial tendrían que considerar que la ruta tenga estándares mínimos de transitabilidad.

Para definir un estándar de control de calidad de rugosidad se tiene poca información de acuerdo a nuestra situación o realidad. Por ello se hace necesario realizar monitoreo de rugosidad cuatro veces al año o en cambio de estación climática, con el fin de recopilar información estadística que ayude a entender el comportamiento de la superficie de rodadura (monocapa ó Slurry seal).

La supervisión de los trabajos de conservación de la carretera deben de manejar indicadores de rugosidad con función valorativa (y no descriptiva), para obtener eficacia en el control de los trabajos. Determinando cuando se trata de un bache o un hueco en unidades cuantificables. Por lo tanto se debería definir y aclarar mejor los términos de referencia del contrato.

El monitoreo y la evaluación con los datos obtenidos en el periodo de vida de la superficie de rodadura, no han permitido una adecuada o sustentada elaboración de la evolución cronológica de los valores de la rugosidad.

---

## RECOMENDACIONES

En el transcurso de cada medición de rugosidad con el Merlín, asegurar bien los pernos del equipo Merlín para garantizar buenos resultados.

Fijar niveles de aceptación en la escala del Índice Internacional de Rugosidad para tramos nuevos, con el objeto de contar con un parámetro para el control de calidad de las obras.

La medición de la rugosidad debe realizarse con equipos debidamente calibrados para obtener buenos resultados de rugosidad y no se tomarán datos en singularidades (gibas, badenes, etc.), debido a que estos no son deterioros en el pavimento.

Utilizar un solo equipo característico para estas pruebas, con el fin de uniformizar y estandarizar la información y el procedimiento de toma de datos que contribuyan al desarrollo y control de los procesos constructivos y mantenimiento de las vías asfaltadas.

Se recomienda el equipo Merlín en la supervisión por niveles de servicio, pues los valores de rugosidad que nos proporciona son confiables cercanos a los encontrados por un equipo de clase 1.

Reconstruir las de cunetas y demás obras de arte, para proteger la estructura de la carpeta y como consecuencia la superficie asfáltica.

Se debe de realizar monitoreos constantes en la vía en mantenimiento con el fin de tener un mejor conocimiento e identificar los problemas que pudieran presentarse durante la vida útil de la superficie de rodadura.

La supervisión y el monitoreo debería de encargarse a una empresa consultora externa, pues ella manejan sus recursos y equipos de manera más conveniente. Las empresas constructoras y consultoras, a través de sus cuadros profesionales y técnicos, deben asumir el reto de actualizarse en cuanto al estado del arte de la medición de la rugosidad, como una manera de cooperar al mejor desarrollo de los proyectos y a la obtención de productos finales de calidad.

## BIBLIOGRAFIA

1. CUNDILL, M.A."MERLIN. A.Low Cost Machine for Measuring Road Roughness in Developing Countries". Transportation Research Record 1291. Crowthorne - Inglaterra, 1990.
2. Del AGUILA, P.M. "Desarrollo de la Correlación para la determinación del IRI en pavimentos asfálticos nuevos, utilizando el rugosímetro MERLIN". Trabajo presentado al X Congreso Ibero-Latinoamericano. Sevilla - España, 1999.
3. DEL AGUILA, P.M. "Experiencias y resultados obtenidos en la evaluación de la rugosidad de más de 3000 km de pavimentos en el Perú y otros países". Trabajo presentado al X Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto. Sevilla, 1999.
4. DEL AGUILA, P.M. "Metodología para la medición de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión". Trabajo presentado al X Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto. Sevilla, 1999.
5. DEL AGUILA, P.M. "La realidad andina de la vialidad peruana" Revista Vial, Buenos Aires, Argentina, 2004.
6. GONZÁLEZ S.; BRÜNING W. "Utilización y calibración de rugosímetros en caminos nacionales" .Departamento de Ingeniería Civil Universidad de Chile, Santiago, 2009
7. Loyaga Torres Daniel Bernabé, Mejoramiento de la carretera Cañete – Yauyos del Km. 57+900 al Km. 58+200 – Drenaje superficial, Lima – Perú, Diciembre 2008
8. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Contrato de servicios de conservación vial por niveles de servicio de la carretera Cañete – Lunahuana – Pacaran – Chupaca y rehabilitación del tramo Zuñiga DV. Yauyos – Ronchas, Lima – Perú, 2007.
9. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito, Lima - Perú, Marzo 2008.
10. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual para la conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima - Perú, Marzo 2008.

11. Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Provias Nacional – Anexo N°03, Términos de referencia: Servicio de conservación vial de la carretera: Cañete - Lunahuana - Pacaran - Chupaca y rehabilitación del tramo Zuñiga - DV Yauyos - Ronchas, Lima - Perú, Setiembre 2007.
12. Poma Sanchez, Rene, Evaluación de rugosidad de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca con equipo Merlin Km. 99+000 al Km. 104+000, Lima – Perú, Diciembre 2009
13. TOWNSEND P; VELIZ , C. “Determinación de umbrales de rugosidad (IRI) obtenido de base de datos de caminos con controles receptivos”.Dirección de Vialidad de Coquimbo, Coquimbo, 2001.
14. World Learning/SHARED Project. ; “Monitoring and Evaluation as Management Tools: A Handbook for NGOs in Malawi” - Washington, D.C., 1997
15. Arriaga, Mario “Índice Internacional de Rugosidad, aplicación a la red carretera de México” Instituto Mexicano del Transporte Secretaría de Comunicaciones y Transportes; Publicación Técnica No. 108; Sanfandila, Qro., 1998

Páginas de Internet:

<http://codigo99.blogspot.com/2008/06/merliner-2000-merlin-equipo-para.html>

<http://www.scribd.com/doc/5368688/29-Utilizacion-y-calibracion-de-rugosímetros-en-caminos-nacionales>

# ANEXOS

## **ANEXO N°01.**

# **MTC-Manual para la Conservación de Carreteras- No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito Normas Conceptuales**

## **NORMAS CONCEPTUALES**

### **1.1 Marco general de la gestión vial**

En la gestión vial, como en los demás temas de infraestructuras bajo la responsabilidad del Estado, se identifican componentes que corresponden a las siguientes etapas de la gestión:

**a) Preinversión:**

Comprende los estudios de los proyectos que, a su vez, incluyen etapas secuenciales de: perfil, prefactibilidad, factibilidad con anteproyecto, que llevan hacia la calificación de viabilidad y finalmente al proyecto constructivo que, incluso, lleva la posibilidad de una alternativa denominada proyecto preconstructivo. Siendo ambas dos alternativas indistintamente útiles para la etapa siguiente del proyecto.

**b) Inversión:**

Comprende la ejecución de obras de rehabilitación, mejoramiento y construcción.

**c) Gastos corrientes:**

Comprende todas las obras de conservación vial. Es la etapa destinada a la preservación del patrimonio vial y que es esencial para el seguimiento o monitoreo permanente del comportamiento operativo de las carreteras, de manera que se pueda programar no sólo la ejecución rutinaria, periódica de las tareas de conservación o los trabajos puntuales de recuperación o complementación necesarios para ello, sino adicionalmente alimentar al centro de consolidación de esa información para su utilización en la evaluación sustentada de los planes de conservación vial.

### **1.2 Patrimonio vial**

Las carreteras constituyen un importante valor patrimonial en todos los países. En el Perú, el Sistema Nacional de Carreteras se encuentra clasificado y jerarquizado por redes viales.

Sí no se conserva adecuadamente, éste patrimonio vial corre un grave peligro de deterioro, con la consiguiente pérdida de transitabilidad y valor.



### **1.3 Naturaleza de la conservación vial**

Desde la etapa de preinversión, se incorpora en las evaluaciones técnico-económicas el aspecto de la conservación vial por estar íntimamente ligado a la ecuación total del costo del transporte para la sociedad en su conjunto (costo social). Así, un buen proyecto será el que minimice el costo social del proyecto, cumpliendo con los parámetros de calidad de servicio fijados en las metas programadas y/o planificadas en un proyecto vial.

El proyecto vial, entonces, considera desde el comienzo los factores que condicionan el comportamiento de los componentes de la infraestructura vial a lo largo de su vida útil de operación.

En lo que concierne a los estudios de preinversión, el objetivo concretamente es determinar las características técnicas que deberá tener la carretera para satisfacer, en términos técnico-económicos, la demanda durante ese periodo, bajo las condiciones prevalecientes y proyectadas previsiblemente, de las características de esa demanda de usuarios. Pero, con mayor razón en el Perú, dadas las características de la agreste morfología del terreno, las condiciones inclementes que impone el medio ambiente natural, y, lamentablemente, la acción humana sobre la carretera y su conservación.

#### **1.3.1 Acción del medio sobre la carretera**

La acción del medio sobre la carretera tiene varias manifestaciones que los ingenieros deberán tomar en consideración permanentemente, ya que contribuye en gran

proporción a ser la causa de los deterioros que sufrirá la carretera. Ellos deben ser identificados, tipificados y estudiados detenidamente, a fin de prever su acción, sea para tratar de evitarlos o mitigarlos, o una vez producidos los hechos, corregirlos y preverlos para el futuro, según se describe a continuación.

**a) Características del territorio**

La fisiografía, la geología, la orografía, etc. y la existencia o no de bancos o canteras de materiales o de recursos acuíferos para los proyectos en el territorio, son factores que imponen condiciones a las características del proyecto, debido a que afectan los costos de inversión, de conservación y de operación, tanto de los usuarios como de la propia gestión vial.

**b) Clima**

El clima tiene una enorme importancia debido a que puede significar altas o muy bajas temperaturas y variaciones estacionales o en cortos periodos. También la magnitud de las precipitaciones de lluvias o la falta de ellas, tienen impactos distintos sobre los requerimientos de los proyectos. Las lluvias en conjunto con las características del territorio, (sea éste llano, ondulado o accidentado) y los suelos, generan la presencia de cursos de aguas, pequeños o grandes, permanentes o esporádicos, tranquilos o torrentosos, etc., que producen una gran variedad de circunstancias que, a su vez, significan impactos sobre las carreteras y la estabilidad, tanto de los terraplenes como de la capa de rodadura.

**c) Accesibilidad otros servicios y facilidades públicas**

La existencia o no de servicios y facilidades en el área de trabajo de las obras de construcción y conservación vial condicionan también el tipo de obras que debe y puede diseñarse, ejecutarse y naturalmente, justificarse en relación con el tipo de demanda a transportarse.

**1.3.2 Características del tránsito**

El tránsito de vehículos sobre la carretera es el otro gran factor que impacta sobre la estructura de la carretera y, en especial, sobre su capa o estructura de rodadura. Aspectos como el número de vehículos que usarán la carretera, sus características físicas y operativas, su peso bruto y sus pesos por ejes, incluso la presión usada en sus neumáticos, tienen enorme significado sobre el tipo de superficie de rodadura y otras estructuras que deberá tener la carretera y sobre las capacidades, única o variable a lo largo de su periodo de vida que será necesaria para la estructura de la superficie de rodadura, según resulte de las investigaciones y del análisis que deberá realizarse en las oportunidades que sea también necesario.

### **1.3.3 Niveles de servicio**

En la Ingeniería Vial de carreteras de alta capacidad, se asocia los conceptos de clase de carretera, capacidad, velocidad operativa, saturación y seguridad, con el nivel de servicio. Pero, en el caso de las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito en las que su nivel de saturación respecto de la capacidad no es un parámetro crítico, los niveles de servicio establecen las condiciones en que deben conservarse las carreteras. Estas deben en todo momento presentar un estado igual o menor que el nivel especificado. En este sentido, los “niveles de servicio” deben referirse a conceptos de: a) transitabilidad garantizada la mayor parte del tiempo; b) seguridad; y c) comodidad operativa medida en términos de rugosidad de la carretera.

#### **a) 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.

#### **b) Seguridad**

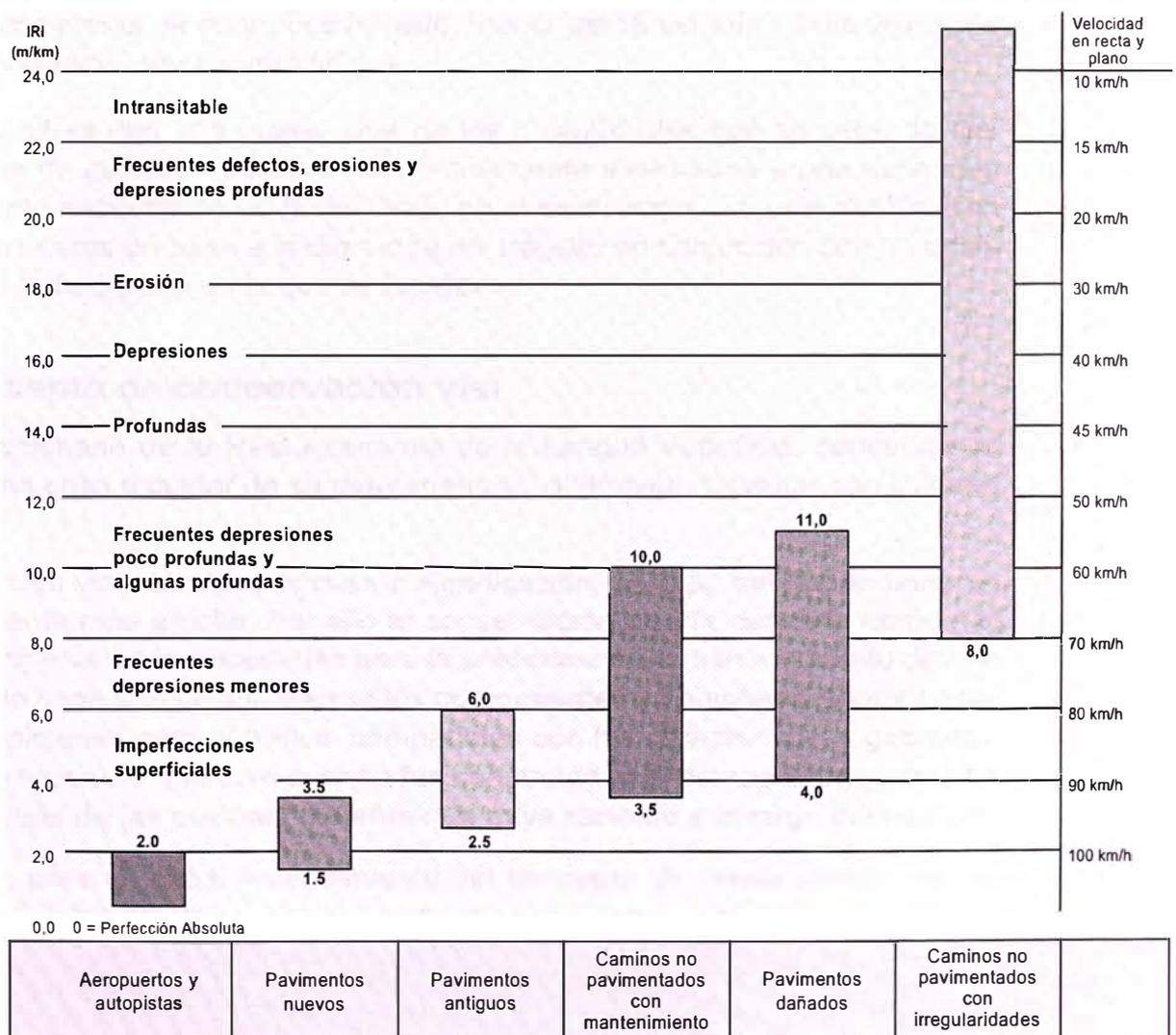
El problema de la falta de seguridad en la conducción de vehículos en las carreteras del país es muy grave. Los parámetros de accidentalidad de carácter internacional establece índices anuales de muertes por 100 millones de veh-km, identificables fácilmente en tres rangos: i) los países desarrollados, en el rango de 1 a 5 muertes; b) países en un proceso intermedio de desarrollo, con un rango de 5 a 10 muertes. Y los países prácticamente en el subdesarrollo, entre los cuales está el Perú, con un rango mayor a 10 muertes por cada 100 millones de veh-km/año. (Estudio de Seguridad Vial en el Perú. MTC – BM)

Aunque en el Perú no se tienen estudios que establezcan por separado los índices de accidentalidad para las carreteras de alta demanda y baja demanda, se tiene la referencia internacional que indica mayor riesgo de ocurrencia de accidentes en carreteras de bajo volumen de tránsito donde el conductor está menos atento respecto de la aparición de otros vehículos.

**c) Comodidad en la conducción**

Si bien este concepto a simple vista podría parecer común, desde el punto de vista de la Ingeniería Vial resulta muy importante porque indica la apreciación de carácter operativo-económico que responde a la tecnología desarrollada por el Banco Mundial, sistematizada por el modelo de evaluación económica HDM de uso universal para el estudio de los proyectos y la gestión vial. Esto se fundamenta en el Modelo de Deterioro de las Carreteras, desarrollado mediante investigaciones de hace más de cuarenta años y que continúan vigente. En este contexto, la comodidad es medida en términos del Índice Internacional de Rugosidad o IRI.

**Diagrama 1: Escala de rugosidad IRI (m/km)**



Escala de rugosidad para pavimentos (IRI)

El mal estado de las carreteras significa altos costos en los transportes y es identificable por las fallas y deterioros en la superficie de las carreteras. En las carreteras no pavimentadas con superficie de rodadura de grava, tierra y sus alternativas estabilizadas, los rangos de los IRI medidos arrojan valores entre 3.5 hasta 10.0 para carreteras calificadas por el Banco Mundial como Carreteras No Pavimentadas con Conservación. En los cuales se pueden conducir vehículos sin mayores problemas de seguridad.

Por encima del valor 10 del IRI, se tiene una serie de valores de rugosidad que corresponden a carreteras sin conservación que presentan deterioros; situación que se buscará superar con el mejoramiento de la conservación vial en el Perú, pero que para ser realistas no significa necesariamente que requieran restauración urgente, porque pudieran no estar en estado crítico.

Para estos casos son aceptables valores del IRI hasta en el rango de 16 a 22 para carreteras de muy poco tránsito, menor de 15 veh/día y baja velocidad de circulación. Ver Cuadro N° 1.1.

Estas cifras dan una buena idea de las posibilidades que se tiene de fijar niveles de servicio operativo económicamente adecuados a una economía bastante estrecha como la del Perú, en concordancia con una clasificación de carreteras en base a la demanda del tránsito en conjunción con un análisis de la fisiografía en la que se localizan.

### **1.4 Concepto de conservación vial**

Según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, conservar es “Mantener una cosa o cuidar de su permanencia”, o también “Guardar con cuidado una cosa”.

La conservación vial mantiene la misma significación, pero su aplicación tiene un sentido bastante más amplio. Por ello la conservación podría definirse como: “El conjunto de operaciones necesarias para la preservación o mantenimiento de una carretera y de cada uno de sus elementos componentes y complementarios en las mejores condiciones para el tráfico, compatibles con las características geométricas, capa de rodadura que tuvo cuando fue construida, o al estado último a que ha llegado después de las posibles mejoras que haya recibido a lo largo del tiempo”.

No obstante, para un cabal entendimiento del concepto de conservación vial, es necesario definir los objetivos y alcances de la conservación vial.

**Cuadro 1.1: Escala de estimación de rugosidad en carreteras no pavimentadas (afirmadas o superficies de tierra)**

Rugosidad IRI (m/Km)	
0	
2	Superficie reciente nivelada de grava fina o superficie de suelo con excelente perfil longitudinal y transversal (usualmente encontrados sólo en longitudes cortas).
4	Manejo confortable entre 80 - 100 km/h (velocidad en recta y plano), se perciben ondulaciones suaves u oscilaciones. Pequeñas depresiones (por ejemplo <5 mm / 3 m) y sin baches.
6	Manejo confortable entre 70 - 80 km/h (velocidad en recta y plano), pero se perciben movimientos repentinos y algunos golpeteos de neumático. Frecuentes depresiones moderadas poco profundas o baches poco profundos (por ejemplo 6 - 20 mm / 3 m con frecuencia de 5 - 10 en 50 m). Ondulaciones moderadas (por ejemplo 6 - 20 mm / 0.7 - 1.5 m).
8	Manejo confortable entre 50 - 70 km/h (velocidad en recta y plano). Frecuentes depresiones moderadas poco profundas o baches poco profundos (por ejemplo 20 - 30 mm / 3 - 5 m con frecuencia de 10 - 20 en 50 m), o depresiones ocasionales profundas o baches (por ejemplo 40 mm / 3 m con frecuencias menores a 5 en 50 m). Ondulaciones moderadas (por ejemplo 6 - 20 mm / 0.7 - 1.5 m).
10	
12	Manejo confortable a 50 km/h (o entre 40 - 70 km/h en secciones específicas - velocidad en recta y plano). Frecuentes depresiones transversales moderadas (por ejemplo 30 - 40 mm / 3 - 5 m con frecuencia de 10 - 20 en 50 m) o depresiones ocasionales profundas o baches (por ejemplo 40 - 80 mm / 3 m con frecuencias menores a 5 en 50 m). Ondulaciones fuertes (> 20 mm / 0.7 - 1.5 m).
14	
16	Manejo confortable aproximadamente a 30 km/h (o entre 30 - 40 km/h en secciones específicas - velocidad en recta y plano). Frecuentes depresiones transversales profundas y/o baches (por ejemplo 40 - 80 mm / 1 - 5 m con frecuencia de 5 - 10 en 50 m), o depresiones ocasionales profundas (por ejemplo 80 mm / 1 - 5 m con frecuencia menor que 5 en 50 m) con otras depresiones no profundas. No es posible evadir todas las depresiones excepto las peores.
18	
20	Velocidades mayores a 20 km/h (velocidad en recta y plano) podrían ocasionar incomodidad extrema y posibles daños al vehículo. El perfil de la carretera presenta frecuentes depresiones profundas y/o baches (por ejemplo 40 - 80 mm / 1 - 5 m en frecuencia de 10 - 15 en 50 m) y depresiones ocasionales profundas (por ejemplo > 80 mm / 0.6 - 2 m).
22	
24	Carretera se vuelve intrasitable, con velocidades menores a 15 km/h. Presenta un perfil muy malo con frecuentes defectos severos, depresiones y ahuellamientos muy profundos > 120 mm.

### **1.4.1 Definición de los objetivos**

En la construcción de una carretera se trata de obtener la calidad deseada por los usuarios dentro de las posibilidades económicas para el tipo de red vial a que corresponda la carretera y /o su volumen de usuarios. Si las características obtenidas no se mantienen a lo largo del tiempo, el esfuerzo realizado con la construcción sería vano.

Entre la construcción original de la carretera y las actividades de conservación de la misma, hay una íntima relación. Una carretera concebida y construida con excesiva capacidad vehicular y soporte de rodadura, evidentemente tendrá pocos gastos de conservación, pero es muy probable que tenga un elevado costo inicial que evidentemente no hace rentable la inversión. Al contrario, en el caso opuesto, una carretera concebida y construida con limitaciones técnicas en la infraestructura tendrá como consecuencia unos gastos de conservación excesivos.

Por esta razón es necesario evaluar una serie de alternativas y estrategias de construcción y su contraparte de conservación, para optimizar la solución desde el punto de vista económico. Estos criterios siempre se deben tener en cuenta cuando se afronta la situación de una carretera frente a las demandas previsibles y en un medio ambiente dado.

El análisis deberá, en el caso de las carreteras de bajo volumen de tránsito, priorizar los siguientes objetivos según la experiencia peruana:

- 1) Mantener la continuidad del servicio ofrecido de tal manera que sea posible la circulación del tránsito frente incluso a eventos de naturaleza que dañen la carretera dentro de límites anuales normales.
- 2) Mantener un nivel de servicio adecuado, referido a la seguridad y a la comodidad de conducir en términos de un rango aceptable de la Rugosidad de la Superficie de Rodadura se refiere al  $IRI \leq 10$ .
- 3) Adaptar las estructuras de las capas de rodadura a los requerimientos del tráfico pesado que es el que más deteriora las carreteras.

### **1.4.2 Alcance de los trabajos**

Una vez definidos los objetivos del programa y del proyecto de la conservación vial, es necesario establecer el alcance de los trabajos involucrados.

PRIMER OBJETIVO: "Mantener la circulación en el tiempo" debe interpretarse en el sentido que las interrupciones son admisibles pero en cortos periodos u horas, incluso planificadamente, cuando se adoptan soluciones frente a problemas como torrenteras, derrumbes o deslizamientos, plataforma erosionada o muy húmeda. Es

decir, estos problemas y otros similares deben ser resueltos mediante actividades de conservación, en muy corto plazo.

No están comprendidos en los programas de conservación hacer frente a eventos mayores, causados anormalmente por la naturaleza, por ejemplo: lluvias o nevadas excepcionales o terremotos, etc. que pudieran determinar graves daños a las carreteras.

SEGUNDO OBJETIVO: “Mantener una circulación segura” debe entenderse como la conservación en términos de calidad operativa y estará referida a la rugosidad superficial de la carretera ( $IRI \leq 10$ ) y a la uniformidad geométrica del trazado, así como a la señalización y seguridad vial.

TERCER OBJETIVO: “Requerimientos debidos al tránsito, especialmente de carga”. Igualmente debe entenderse como la ejecución de acciones de conservación, consecuentes con un volumen previsible de la demanda, que no considera aumentos súbitos de los volúmenes de tránsito y menos del tránsito pesado.

### **1.4.3 Inventario de la condición vial y programación de la conservación**

Para que puedan ser previstas las labores de conservación, resulta indispensable que las actividades se fundamenten en un trabajo permanente de inventario de condición vial o inventario de la carretera a conservar, que sea concordante con la optimización del esfuerzo desde el punto de vista técnico-económico.

El inventario de condición vial determina los tipos y magnitud de deterioro presentes en la carretera, que dan lugar a la relación o listado de actividades de conservación y cantidades, que debidamente medidas, configuran la programación anual mediante estimados de cantidades de las intervenciones requeridas en un año presupuestal, es decir, a la meta anual de actividades previstas.

## **1.5 Marco general de los procesos en la conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito**

El Cuadro 1.2 resume el ordenamiento conceptual de los procesos involucrados en la conservación vial.

Las actividades se clasifican en dos rubros principales:

- 1) Por la frecuencia como se repiten.
- 2) Por la naturaleza de las cantidades de la obra de conservación a ejecutar.

**CUADRO 1.2: Marco general de los procesos en la conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.**

**A OBRA DE CONSERVACIÓN RUTINARIA (Se presupuesta anualmente) (\*)**

- Roce, limpieza y perfilado de bordes
- Limpieza de derrumbes y huaicos pequeños (para conservar una adecuada transitabilidad de la carretera).
- Limpieza general de la carretera.
- Riego de la calzada.
- Bacheo (Reposición de material granular en huecos y relleno de pequeñas depresiones).
- Reperfilado superficial de sectores encalaminados y/o con ahuellamientos.
- Limpieza de obras de drenaje (cunetas, zanjas y alcantarillas).
- Reparaciones puntuales de obras de drenaje (cunetas, zanjas y alcantarillas).
- Limpieza de cauces.
- Limpieza de obras de arte (muros, pontones y puentes).
- Reparaciones puntuales de obras de arte (muros, pontones y puentes).
- Limpieza de obras de señalización y dispositivos de seguridad vial.
- Reparaciones y/o reposiciones de obras de señalización y dispositivos de seguridad vial.
- Recuperación de encauzamiento.

**B. OBRA DE CONSERVACIÓN PERIÓDICA (Se presupuesta para años específicos)**

- Reconformación de la capa de rodadura: incluye escarificado a profundidad total con cuchilla, (espesor mínimo de 0.15m), reposición de material granular en toda la superficie del tramo, homogenización y reconformación de la capa de rodadura, incluido bombeo, perfilado y compactación final.

**C. OBRA COMPLEMENTARIA DE CONSERVACIÓN PUNTUAL (Se presupuesta anualmente) (\*\*)**

- Desquinche de taludes.
- Recuperación de obras de drenaje (cuneta, zanja de drenaje, alcantarilla).
- Recuperación de obra de arte (muro, pontón, puente).
- Sustitución de señalización y elemento de seguridad vial.
- Realineamiento localizado, puntual.
- Obra nueva de drenaje (cuneta, zanja de drenaje, alcantarilla).
- Encauzamiento .
- Obra de arte (muro, badén, pontón).
- Sustitución de señal o colocación de señalización complementaria y elemento de seguridad vial.

**D. TRABAJOS DE EMERGENCIA (Para restablecer la transitabilidad de la carretera)**

Obra imprevista a ejecutarse por declaración de emergencia vial dictada por la autoridad competente, de conformidad a las disposiciones legales, con recursos asignados globalmente en el Presupuesto Anual de la Autoridad Competente.

- Restauración localizada de la carretera.
- Limpieza de derrumbes y huaicos mayores.
- Reparación de taludes mayores erosionados y/o activos.
- Reparación y/o construcción de vados mayores en sustitución provisional de puentes y estructuras.

(\*) Las actividades programadas conforman el presupuesto anual de conservación vial aprobado.

(\*\*) A programar en el presupuesto anual de conservación rutinaria cuando se identifique la necesidad del trabajo.

## **ANEXO N°02.**

**Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Provias  
Nacional**

**Términos de referencia: Servicio de conservación vial de  
la carretera: Cañete - Lunahuana - Pacaran - Chupaca y  
rehabilitación del tramo Zúñiga - DV Yauyos - Ronchas**

## 5.4 TRAMO ZUÑIGA – DV. YAUYOS (72.6 Km.)

El tramo Zúñiga – Dv. Yauyos se encuentra a nivel de afirmado, mediante el presente contrato se procederá a mejorar su nivel de transitabilidad colocando una capa de material granular estabilizado con emulsión y posteriormente protegerla con un recubrimiento bituminoso (Slurry Seal).

El contratista tiene la obligación de conservar la vía en buenas condiciones de transitabilidad desde el inicio del contrato, esto quiere decir que tendrá la obligación de cumplir con los niveles de servicio de transitabilidad exigidos, tanto en vía afirmada como en la vía después de la intervención a que se refiere el párrafo anterior.

### 5.4.1 Conservación Rutinaria en vía afirmada

#### Unidad de Medida: Kilómetro - Año

El contratista, mientras interviene la carretera realizando la colocación del material granular estabilizado, tendrá la obligación de mantener en buen estado de transitabilidad toda la vía, obligándose a realizar las siguientes actividades de conservación rutinaria:

- Roce.
- Poda, corte y retiro de árboles.
- Limpieza de obras de arte (alcantarillas, drenajes, tuberías, pontones, puentes vehiculares y peatonales, viaductos, túneles, etc.).
- Limpieza de la calzada y bermas.
- Limpieza de cunetas, rápidas y zanjas de coronación.
- Remoción de derrumbes localizados a lo largo de las Rutas contratadas, en material común o conglomerados (de hasta 200 m<sup>3</sup> por evento), incluido el acarreo a los botaderos autorizados.
- Bacheo superficial y profundo localizado

Los niveles de servicio se controlarán de acuerdo al siguiente detalle:

Variable	Indicador	Forma de Medición	Tolerancia
Calzada	- Limpieza - Baches - Encalaminado	Inspección Visual Inspección Visual Inspección Visual	- Siempre Limpia libre de escombros - No Baches ò Cero Huecos - 20% Longitud
Bermas	- Limpieza - Baches	Inspección visual	- Siempre Limpia libre de escombros - No Baches ò Cero Huecos
Zonas Laterales	- Roce - Taludes Terraplenes	Inspección visual	- Altura Máxima. 0.30 M. - Deberán presentarse sin deformaciones, asentamiento o erosión alguna.
Drenaje	- Cunetas - Alcantarillas - Bajadas de Agua - Badenes	Inspección visual	Siempre limpias, libre de residuos sólidos, vegetación y cualquier otro elemento que cauce obstáculo
Estructuras Viales	Puentes y Pontones Muros	Inspección visual	-Siempre Limpios y libre de obstáculos - Drenes Abiertos

La forma de medición de los indicadores de servicio será de acuerdo a lo establecido en los presentes Términos de Referencia, para lo cual el Supervisor deberá llevar y mantener una planilla de verificación de los niveles de servicio de acuerdo al siguiente detalle:

**PLANILLA DE RELEVAMIENTO Y CALCULO  
DEL NIVEL DE SERVICIO PRESTADO POR KM**

ASPECTO INSPECCIONADO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	NUMERO SECTORES CON FALLAS	FACTOR DE PESO	PORCENTAJE DE INCUMPLIMIENTO
											(1)	(2)	(3) = (1) * (2) / 10
Calzada												50	
Bermas												10	
Zonas Laterales												5	
Drenaje												25	
Estructuras Viales												10	
PORCENTAJE DE INCUMPLIMIENTO EN EL Km.												Máximo	

En las celdas numeradas del 1 al 10 se colocará una "X" para indicar que al menos existe un incumplimiento en los niveles de servicio.

La Planilla constituye el documento de registro para comprobar el nivel de servicio prestado o el nivel de incumplimiento de los indicadores. Esta Planilla será suscrita por el responsable del tramo por parte del contratista y el Supervisor.

El procedimiento para el cálculo del porcentaje del incumplimiento se detalla a continuación:

- 1.- La evaluación se hará cada 10 Km., tomándose como muestra un kilómetro al azar el cual se subdividirá en segmentos de 100 m cada uno (una Planilla por cada 10 kilómetros).
- 2.- El supervisor evaluará las variables en cada uno de los segmentos de 100 m. de acuerdo a los indicadores y tolerancias preestablecidas, procediendo a colocar un aspa (X) en los lugares donde se incumple los indicadores.
- 3.- El supervisor calculará el porcentaje de incumplimiento de cada una de las evaluaciones, procediendo posteriormente a obtener un promedio de toda la muestra obtenida, con lo cual se calculará el porcentaje de incumplimiento y descuento total.
- 4.- El Pago Mensual = Cuota Mes X (100% – Porcentaje de Incumplimientos)
- 5.- El pago Mensual Total = Pago Mensual - Descuentos del mes por incumplimiento de ordenes de Servicios.

El Valor Referencial para este Tramo ha sido calculado en base a la ejecución de las siguientes actividades y metrados referenciales por año:

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado
1	Limpieza General	GB	1
2	Eliminación de derrumbes	M3	3,500
3	Roce	M2	72,600
4	Perfilado de superficie de rodadura	M2	435,600
5	Encauzamiento de cursos de agua	M3	1000
6	Limpieza de alcantarillas	unid	34
7	Limpieza de cunetas	ml	72,600
8	Limpieza de puentes	unid	7
9	Limpieza de señales	unid	144
10	Limpieza de hitos	unid	73
11	Limpieza de guardavías	ml	4,000

Sin embargo atendiendo a que el presente contrato será controlado por niveles de servicio (no por ejecución ni avance de metrados), el contratista tendrá que ejecutar todas las actividades necesarias con la finalidad de cumplir con el nivel de servicio exigido y al costo ofertado.

El pago se realizará por medio de mensualidades iguales durante el tiempo que se estime dure esta etapa, será reajustado según la fórmula de reajuste correspondiente.

#### **5.4.2 Intervención con capa granular estabilizada con emulsión y recubrimiento bituminoso (Slurry Seal)**

**Unidad de Medida: Kilómetro**

Se refiere a los trabajos que debe realizar el contratista para mejorar la transitabilidad de la vía afirmada, colocando una capa granular estabilizada, protegida con un recubrimiento bituminoso.

La Intervención se realizará sobre la plataforma existente, realizándose algunas mejoras puntuales en la geometría y en el sistema de drenaje, se está considerando el reemplazo de algunos pontones de madera; con relación a las alcantarillas y pontones, el contratista tendrá la obligación de ejecutar estrictamente las cantidades indicadas en los metrados referenciales, de necesitarse mayor cantidad se evaluará la tramitación del adicional correspondiente.

Detalle técnico de la Intervención:

### Sección Típica



La solución indicada en el gráfico anterior es referencial, debiendo el contratista, en la Etapa Pre Operativa proponer su diseño, el cual formará parte de su Programa de Conservación vial.

El Valor Referencial ha sido calculado en base a los siguientes metrados referenciales:

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado
1	Campamento	Global	1
2	Topografía	Global	1
3	Movilización y Desmovilización	Global	1
4	Corte	M3	1,000
5	Eliminación de derrumbes	M3	7,200
6	Reconformación de material existente	M2	432,000
7	Capa Granular e=0.10 m a=6.00 m	M2	432,000
8	Riego de liga	M2	432,000
9	Colocación de mortero Asfáltica	M2	432,000
10	Reconformación de cunetas	ml	72,000
11	Muro seco	M3	60
12	Alcantarillas	unid	36
13	Badén de concreto	unid	5
14	Puentes de madera	unid	3
15	Marcas en el pavimento	M2	17,000
16	Reposición de señal informativa	unid	36
17	Reposición de señal preventiva	unid	36
18	Reposición de señal reglamentaria	unid	36
19	Reposición de hitos kilométricos	unid	72
20	Reposición de guardavías	unid	430
21	Mitigación ambiental	global	1

Sin embargo atendiendo a que el presente contrato será controlado por niveles de servicio (no por ejecución ni avance de metrados), el contratista tendrá que ejecutar todas las actividades necesarias con la finalidad de cumplir con el nivel de servicio exigido y al costo ofertado.

El pago se realizará por medio de mensualidades iguales durante el tiempo que se estime dure esta etapa, será reajustado según la fórmula de reajuste correspondiente.

#### **5.4.3 Conservación Rutinaria después de la Intervención** **Unidad de Medida: Kilómetro - Año**

Terminado el proceso de Intervención con capa granular estabilizada con emulsión y recubrimiento bituminoso (Slurry Seal), el contratista deberá continuar con la conservación rutinaria durante todo el período del contrato, teniendo la obligación de ejecutar las siguientes actividades:

- Roce.
- Poda, corte y retiro de árboles.
- Limpieza de obras de arte (alcantarillas, drenajes, tuberías, pontones, puentes vehiculares y peatonales, viaductos, túneles, etc.).
- Limpieza de la calzada y bermas.
- Limpieza de cunetas, rápidas y zanjas de coronación.
- Limpieza de señales verticales, hitos kilométricos, postes delineadores, defensas metálicas y defensas en concreto.
- Pintura, renovación de los hitos kilométricos.

- Remoción de derrumbes localizados a lo largo de las Rutas contratadas, en material común o conglomerados (de hasta 200 m<sup>3</sup> por evento), incluido el acarreo a los botaderos autorizados.
- Sello de Fisuras
- Bacheo superficial y profundo localizado
- Reposición de señales, hitos y elementos de seguridad vial.

Los niveles de servicio que se controlarán serán de acuerdo al siguiente detalle:

Variable	Indicador	Forma de Medición	Tolerancia
Calzada	- Limpieza - Baches - Fisuras	Inspección Visual Inspección Visual Inspección Visual	- Siempre Limpia libre de escombros - No Baches ò Cero Huecos - 30% de tolerancia - área
Bermas	- Limpieza - Baches	Inspección visual	- Siempre Limpia libre de escombros - No Baches ò Cero Huecos
Zonas Laterales	- Roce - Taludes Terraplenes	Inspección visual	- Altura Máxima. 0.30 M. - Deberán presentarse sin deformaciones, asentamiento o erosión alguna.
Drenaje	- Cunetas - Alcantarillas - Bajadas de Agua - Badenes	Inspección visual	Siempre limpias, libre de residuos sólidos, vegetación y cualquier otro elemento que cauce obstáculo
Estructuras Viales	Puentes y Pontones Muros	Inspección visual	-Siempre Limpios y libre de obstáculos - Drenes Abiertos
Señalización	- Verticales - Horizontales - Hitos kilométricos - Guardavías	- Inspección Visual - Retroreflectómetro - Inspección visual - Inspección Visual	- Completas y Limpias - Mayor a 150 mcd/lux <sup>-1</sup> /m <sup>2</sup> - Completos, Limpios y pintados - Completos, Limpios y sin deformaciones

La forma de medición de los indicadores de servicio será de acuerdo a lo establecido en el presente Términos de Referencia, para lo cual el Supervisor deberá llevar y mantener una planilla de verificación de los niveles de servicio de acuerdo al siguiente detalle:

**PLANILLA DE RELEVAMIENTO Y CÁLCULO  
DEL NIVEL DE SERVICIO PRESTADO POR KM**

ASPECTO INSPECCIONADO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	NUMERO SECTORES CON FALLAS	FACTOR DE PESO	PORCENTAJE DE INCUMPLIMIENTO
											(1)	(2)	(3) = (1) * (2) / 10
Calzada												50	
Bermas												10	
Zonas Laterales												5	
Drenaje												15	
Estructuras Viales												10	
Señalización												10	
PORCENTAJE DE INCUMPLIMIENTO EN EL Km.												Máximo	

En las celdas numeradas del 1 al 10 se colocará una "X" para indicar que al menos existe un incumplimiento en los niveles de servicio.

La Planilla constituye el documento de registro para comprobar el nivel de servicio prestado o el nivel de incumplimiento de los indicadores. Esta Planilla será suscrita por el responsable del tramo por parte del contratista y el Supervisor.

El procedimiento para el cálculo del porcentaje del incumplimiento se detalla a continuación:

- 1.- La evaluación se hará cada 10 Km., tomándose como muestra un kilómetro al azar el cual se subdividirá en segmentos de 100 m cada uno (una Planilla por cada 10 kilómetros).
- 2.- El supervisor evaluará las variables en cada uno de los segmentos de 100 m. de acuerdo a los indicadores y tolerancias preestablecidas, procediendo a colocar un aspa (X) en los lugares donde se incumple los indicadores.
- 3.- El supervisor calculará el porcentaje de incumplimiento de cada una de las evaluaciones, procediendo posteriormente a obtener un promedio de toda la muestra obtenida, con lo cual se calculará el porcentaje de incumplimiento y descuento total.
- 4.- El Pago Mensual = Cuota Mes X (100% – Porcentaje de Incumplimientos)
- 5.- El pago Mensual Total = Pago Mensual - Descuentos del mes por incumplimiento de ordenes de Servicios.

El Valor Referencial para este Tramo ha sido calculado en base a la ejecución de las siguientes actividades y metrados referenciales por año:

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado
1	Limpieza General	GB	1
2	Eliminación de derrumbes	M3	3,500
3	Roce	M2	72,600
4	Reparación y limpieza de bajadas de agua	MI	36
5	Tratamiento de fisuras con sellante elastomérico	MI	21,780
6	Tratamiento de fisuras en bloque	MI	21,780
7	Parchado	M3	73
8	Bacheo de bermas	M3	10
9	Sello	M2	43,500
10	Encauzamiento de cursos de agua	M3	1,000
11	Limpieza de alcantarillas	Unid	34
12	Limpieza de cunetas	MI	72,600
13	Limpieza de puentes	Unid	7
14	Repintado de muros	M2	20
15	Limpieza de señales	Unid	144
16	Limpieza de hitos	Unid	73
17	Limpieza de guardavías	MI	4,000
18	Reposición de señal informativa	Unid	3
19	Reposición de señal preventiva	Unid	3
20	Reposición de señal reglamentaria	Unid	3
21	Reposición de hitos kilométricos	Unid	3
22	Reposición de guardavías	Unid	4
23	Marcas en el pavimento	M2	17,000

Sin embargo atendiendo a que el presente contrato será controlado por niveles de servicio (no por ejecución ni avance de metrados), el contratista tendrá que ejecutar todas las actividades necesarias con la finalidad de cumplir con el nivel de servicio exigido y al costo ofertado.

El pago se realizara por medio de mensualidades iguales durante el tiempo que se estime dure esta etapa, será reajustado según la formula de reajuste correspondiente.

#### **5.4.4 Conservación Periódica del Tramo después de la Intervención con capa granular estabilizada con emulsión y recubrimiento bituminoso (Slurry Seal)** **Unidad de Medida: Kilómetro**

La conservación periódica se ejecutara aproximadamente al tercer año de la puesta en servicio y consistirá en la colocación de un Slurry Seal en toda la calzada. Al término de los trabajos de conservación periódica, el Tramo debe alcanzar un IRIp igual o menor a 2.5 metros/kilómetro.

El Valor Referencial ha sido calculado en base a los siguientes metrados referenciales:

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Metrado</b>
1	Movilización y Desmovilización	GB	1
2	Riego de liga	M2	435,600
3	Tratamiento de fisuras	MI	36,300
4	Parchado	M3	150
5	Colocación de mortero asfáltico	M2	435,600
6	Reposición de señal informativa	unid	10
7	Reposición de señal preventiva	unid	10
8	Reposición de señal reglamentaria	unid	10
9	Reposición de hitos kilométricos	unid	10
10	Reposición de guardavías	unid	10
11	Marcas en el pavimento	M2	17,206

Sin embargo atendiendo a que el presente contrato será controlado por niveles de servicio (no por ejecución ni avance de metrados), el contratista tendrá que ejecutar todas las actividades necesarias con la finalidad de cumplir con el nivel de servicio exigido y al costo ofertado.

El pago se realizara por medio de mensualidades iguales durante el tiempo que se estime dure esta etapa, será reajustado según la formula de reajuste correspondiente.

#### **5.5 TRAMO DV. YAUYOS - RONCHAS (135.13 Km.)**

El tramo Dv. Yauyos - Ronchas se encuentra a nivel de afirmado, mediante el presente contrato se procederá a mejorar su nivel de transitabilidad colocando una capa de material granular estabilizado con emulsión y posteriormente protegerla con un recubrimiento bituminoso (Slurry Seal).

El contratista tiene la obligación de conservar la vía en buenas condiciones de transitabilidad desde el inicio del contrato, esto quiere decir que tendrá la obligación de cumplir con los niveles de servicio de transitabilidad exigidos, tanto en vía afirmada como en la vía después de la intervención a que se refiere el párrafo anterior.

## **ANEXO N°03.**

**Análisis de precios unitarios:  
Estudio de rugosidad con Merlín  
Estudio de rugosidad con nivel geodésico  
Estudio de rugosidad con bump integrator**

### ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

#### ESTUDIO DE RUGOSIDAD CON MERLIN

costo unitario: 787.60

Rend: 6 Km/dia

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>MANO DE OBRA</b>					
peon	hh	2	16	9.61	153.76
Oficial	hh	1	8	12.17	97.36
Tecnico	hh	1	8	17.06	136.48

#### MATERIALES

Pintura	Und	1	1	20	20
---------	-----	---	---	----	----

#### EQUIPO

Chalecos de seguridad	und		4	30	120
Camioneta pick Up 4x2 simple 2000kg	hm		1	200	200
Rugosimetro	hm		1	60	60

#### ESTUDIO DE RUGOSIDAD CON NIVEL GEODESICO

costo unitario: 912.60

Rend: 0.4 Km/dia

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>MANO DE OBRA</b>					
peon	hh	2	16	9.61	153.76
Oficial	hh	1	8	12.17	97.36
Tecnico	hh	1	8	17.06	136.48

#### MATERIALES

Pintura	Und		1	20	20
Cemento	kg		10	2	20
Estacas	Und		5	3	15

#### EQUIPO

Chalecos de seguridad	und		4	30	120
Camioneta pick Up 4x2 simple 2000kg	hm		1	200	200
Nivel geodesico	hm		1	150	150

#### ESTUDIO DE RUGOSIDAD CON BUMP INTEGRATOR

costo unitario: 877.60

Rend: 100 Km/dia

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>MANO DE OBRA</b>					
peon	hh	2	16	9.61	153.76
Oficial	hh	1	8	12.17	97.36
Tecnico	hh	1	8	17.06	136.48

#### MATERIALES

Pintura	Und	1	1	20	20
---------	-----	---	---	----	----

#### EQUIPO

Chalecos de seguridad	und		4	30	120
Camioneta pick Up 4x2 simple 2000kg	hm		1	200	200
Rugosimetro	hm		1	50	150