

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**PROPUESTA DE GESTIÓN PARA MANTENER LA
RUGOSIDAD DENTRO DE LOS NIVELES DE
SERVICIO DEL CONTRATO DE CONCESIÓN**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

**Bach. LLUNCOR GALLO ROBERT ALEXANDER
Bach. SALCEDO BARRIOS RICHARD GERARDO**

ASESOR: Dr. Ing. ARTURO VELASQUEZ JARA

LIMA - PERÚ

AÑO: 2015

DEDICATORIA

Agradecido por todo el apoyo y los valores inculcados por mis padres que son los que me motivan a cumplir con mis metas, a mi querida abuela que desde el cielo vela por mi bienestar y mis logros, a mis hermanos por el apoyo moral que me brindan.

Robert Alexander Lluncor Gallo

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser mi motivo para llegar alcanzar grandes metas, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi padre, por brindarme siempre todo su apoyo, inculcarme valores y ser mi soporte para seguir siempre adelante. A mi hermano, mi novia, amigos, compañeros, profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo y conocimientos hicieron de esta experiencia una de las más especiales.

Richard Gerardo Salcedo Barrios

ÍNDICE

ÍNDICE TABLAS	vi
ÍNDICE FIGURAS	viii
ÍNDICE GRÁFICOS	x
ANEXOS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Descripción de la realidad problemática	3
1.2 Formulación Operacional del Problema	5
1.2.1 Problema General	5
1.2.2 Problema específico 1	5
1.2.3 Problema específico 2	5
1.2.4 Problema específico 3	5
1.3 Objetivos de la investigación	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivo específico 1	5
1.3.3 Objetivo específico 2	5
1.3.4 Objetivo específico 3	5
1.4 Justificación de la investigación	6
1.5 Limitaciones de la investigación	6
1.6 Viabilidad de la Investigación	7

1.7	Metodología	7
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO		10
2.1	Antecedentes de la investigación	10
2.1.1	Contexto de la investigación	10
2.1.2	Investigaciones Previas	12
2.2	Bases Teóricas	21
2.2.1	Aspectos Generales del Pavimento	21
2.2.2	Evaluación superficial del pavimento	43
2.2.3	Aspectos Técnicos- Institucionales en caminos	81
2.2.4	Sistema de gestión de Pavimentos	85
2.2.5	Niveles de Servicio	97
2.2.6	Concesiones Viales	100
2.3	Formulación de la Hipótesis	107
2.3.1	Hipótesis General	107
2.3.2	Hipótesis específica 1	107
2.3.3	Hipótesis específica 2	107
2.3.4	Hipótesis específica 3	107
2.4	Definición de variables	108
2.5	Operacionalización de las variables	109
CAPITULO III: DISEÑO METODOLOGICO		110
3.1	Diseño de la investigación	110
3.2	Población y muestra	110
3.3	Técnicas de recolección de datos	110
3.3.1	Descripción de los instrumentos	110

3.3.2	Validez y confiabilidad de los instrumentos	111
3.3.3	Técnicas para el procesamiento y análisis de los datos	111
	CAPITULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	112
4.1	Estudio de la conservación del pavimento en el periodo 2010 - 2015	112
4.1.1	Medición del IRI en el período de estudio	112
4.1.2	Procesamiento de las Mediciones del IRI	116
4.1.3	Intervenciones de conservación y mantenimiento en calzada	127
4.1.4	Costo para la Conservación y Mantenimiento en calzada	129
4.1.5	Incidencia del volumen vehicular y tipo de intervención	137
4.1.6	Análisis del pavimento y elaboración de la propuesta de gestión	149
4.1.7	Elaboración de la propuesta de gestión	151
4.2	Contrastación de hipótesis	161
	CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	163
5.1	Análisis del IRI global	163
5.2	Análisis del IRI por tipo de mezcla asfáltica	166
5.2.1	Análisis del IRI por mezcla asfáltica en caliente modificada	166
5.2.2	Análisis del IRI por mezcla asfáltica en caliente convencional	168
5.2.3	Análisis del IRI por variaciones puntuales	170
5.3	Análisis de la propuesta gestión de conservación vial	171
5.3.1	Alternativa 01 de Gestión de Conservación vial	171
5.3.2	Alternativa 02 de Gestión de Conservación vial	171
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	172

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Catálogo de fallas para el método PCI	49
Tabla 2.2 Clasificación de Equipos de medición del IRI	60
Tabla 2.3 Consolidado de exigencias de rugosidad en concesiones viales	71
Tabla 2.4 Longitud de la Red Vial por Tipo de Superficie de Rodadura	85
Tabla 2.5 Parámetros de Condición en calzada	100
Tabla 2.6 Parámetros de Condición en calzada	101
Tabla 2.7 Concesiones de Carreteras	106
Tabla 4.1 Relación de sensores equipo RSP	113
Tabla 4.2 Valores Máximos de Rugosidad	115
Tabla 4.3 IRI media deslizante en ambos Sentido Norte - Sur	117
Tabla 4.4 IRI media deslizante en ambos Sentido Sur - Norte	122
Tabla 4.5 Resumen de actividades de Mantenimiento	128
Tabla 4.6 Costo y tipo de intervención de Mantenimiento Rutinario N-S	129
Tabla 4.7 Costo y tipo de intervención de Mantenimiento Rutinario S-N	130
Tabla 4.8 Costo de Mantenimiento Periódico para el año 2011	131
Tabla 4.9 Costo de Adicional con cargo a Mantenimiento Periódico año 2015	133
Tabla 4.10 Resumen de costo por año de Mantenimiento Rutinario N-S	134
Tabla 4.11 Resumen de costo por año de Mantenimiento Rutinario S-N	135
Tabla 4.12 Resumen de costo total de Mantenimiento Rutinario y Periódico	136
Tabla 4.13 Análisis de IRI global Sentido: Norte - Sur	137
Tabla 4.14 Análisis de IRI global Sentido: Sur - Norte	138
Tabla 4.15 Sectores de refuerzo con Mezcla ACMP	139
Tabla 4.16 Sectores de refuerzo con Mezcla ACC	139
Tabla 4.17 Sectores de mezcla asfáltica caliente modificada N-S	140
Tabla 4.18 Análisis de IRI con Mezcla asfáltica caliente modificada N-S	141
Tabla 4.19 Sectores de mezcla asfáltica caliente modificada S-N	142
Tabla 4.20 Análisis de IRI con Mezcla asfáltica caliente modificada S-N	143

Tabla 4.21 Sectores de mezcla asfáltica caliente convencional Sentido N-S	144
Tabla 4.22 Análisis de IRI con Mezcla ACC Sentido Norte - Sur	145
Tabla 4.23 Sectores de Mezcla ACC Sentido Sur - Norte	146
Tabla 4.24 Análisis de IRI con Mezcla ACC Sentido Sur - Norte	147
Tabla 4.25 Sectores y elementos que influyen en el análisis de IRI	148
Tabla 4.26 Catálogo de fallas PCI	150
Tabla 4.27 Incidencia del costo para mantenimiento rutinario	152
Tabla 4.28 Incidencia del costo para mantenimiento rutinario y periódico	152
Tabla 4.29 Volumen de tráfico en el periodo 2016 - 2020	153
Tabla 4.30 Costo global de los tipos de intervenciones de mantenimiento y su relación con el IRI del 2010 al 2015	154
Tabla 4.31 Alternativa 01 de Gestión de Conservación vial en el Subtramo I de la Red Vial 6 – Período 2016 al 2020	155
Tabla 4.32 Sectores para intervención de Micropavimento para el año 2016	157
Tabla 4.33 Sectores para intervención de Ruteo y sello de fisuras año 2016	158
Tabla 4.34 Incidencia del costo para mantenimiento rutinario y periódico con relación al presupuesto de infraestructura vial Período 2016 - 2020	159
Tabla 4.35 Alternativa 02 de Gestión de Conservación vial 2016 al 2020	160

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Capas de Pavimento Flexible	24
Figura 2.2 Fisuras y grietas: piel de cocodrilo	33
Figura 2.3 Fisuras y grietas: fisuras en bloque	34
Figura 2.4 Fisuras y grietas: fisura transversal	35
Figura 2.5 Fisuras y grietas: fisura longitudinal a lo largo de la huella del tránsito	35
Figura 2.6 Deformaciones: Ahuellamiento	36
Figura 2.7 Deformaciones: corrimiento	37
Figura 2.8 Deformaciones: corrugación	38
Figura 2.9 Deformaciones: hinchamiento	38
Figura 2.10 Deformaciones: hundimiento	39
Figura 2.11 Desintegración: bache, con pérdida de material de base	40
Figura 2.12 Desintegración: peladura en pavimento	41
Figura 2.13 Desintegración: desintegración en bordes con acumulación de agua	42
Figura 2.14 Exudación de asfalto	43
Figura 2.15 Catálogo de fallas sugeridos por CONREVIAl	44
Figura 2.16 Diagrama de Flujo del Método del PCI	46
Figura 2.17 Planilla de cálculo del PCI y significado del valor hallado	50
Figura 2.18 Plantilla de evaluación para el Present Serviceability Rating (PSR)	51
Figura 2.19 Clasificación de la condición superficial de pavimento	52
Figura 2.20 Present Serviceability Index (PSI)	53
Figura 2.21 Modelo de Cuarto carro	56
Figura 2.22 Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías	58
Figura 2.23 Equipo de Clase I: Perfilómetro Láser de la marca SSI	62
Figura 2.24 Equipo de clase I: Walking Profiler de la marca SSI	63
Figura 2.25 Equipo de clase II: Merlin (TRRL)	65
Figura 2.26 Equipo de clase II: Perfilógrafo California	66

Figura 2.27 Equipo de clase III: Bump Integrator	67
Figura 2.28 Equipo de clase III: Roughometer II	68
Figura 2.29 Diagrama de flujo del ciclo de vida “fatal” y deseable”	77
Figura 2.30 Diagrama del ciclo de vida “fatal” del camino.	77
Figura 2.31 Diagrama del ciclo de vida “deseable”	78
Figura 2.32 Plan general de Conservación	99
Figura 4.1 Elementos Principales de Perfilógrafo láser RSP – MARK IV.	114
Figura 4.2 Computador Portátil utilizado por Perfilógrafo láser RSP	114
Figura 4.3 Definición de los límites de fajas (carriles y bermas)	116
Figura 4.4 Orientación de evaluación Subtramo I	150

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 Condición de la vía sin mantenimiento	74
Gráfico 2.2 Condición de la vía con y sin mantenimiento	75
Grafico 4.1 Variación de la Rugosidad 2010 - 2015 Carril Interno N-S	120
Grafico 4.2 Variación de la Rugosidad 2010 - 2015 Carril Externo N-S	121
Grafico 4.3 Variación de Rugosidad 2010 - 2015 Carril Interno S-N	125
Grafico 4.4 Variación de Rugosidad 2010 - 2015 Carril Externo S-N	126
Grafico 4.5 Costos de Mantenimiento Rutinario 2010 - 2015 N-S	134
Grafico 4.6 Costos de Mantenimiento Rutinario 2010 - 2015 S-N	135
Grafico 4.7 Costos de Mantenimiento 2010 - 2015	136

ANEXOS

Anexo N° 1 Matriz de Consistencia	176
Anexo N° 2 Metrado de Sello de fisuras – 2010	179
Anexo N° 3 Metrado de Sello de fisuras – 2010	179
Anexo N° 4 Metrado de Parche con carpeta de 0.05m – 2010	180
Anexo N° 5 Metrado de Parche con carpeta de 0.05m – 2010	181
Anexo N° 6 Metrado de Bacheo de 1" – Noviembre 2010	183
Anexo N° 7 Metrado de Sellado de fisuras	188
Anexo N° 8 Metrado de Bacheo de 1" – Diciembre 2010	189
Anexo N° 9 Metrado de Parche con carpeta de 0.05m - 2011	194
Anexo N° 10 Metrado de Parche con carpeta de 0.05m - 2011	195
Anexo N° 11 Metrado de Bacheo de 1"- Enero 2011	197
Anexo N° 12 Metrado de parche con carpeta de 0.05m – 2012	202
Anexo N° 13 Metrado de parche con carpeta de 0.05m – 2012	203
Anexo N° 14 Metrado de Sello de fisuras – 2013	205
Anexo N° 15 Metrado de Sello de fisuras – 2013	206
Anexo N° 16 Metrado de Parche con carpeta de 0.05m – 2013	207
Anexo N° 17 Metrado de Parche con carpeta de 0.05m – 2013	208
Anexo N° 18 Metrado de Parche con carpeta de 0.10m – 2013	209
Anexo N° 19 Metrado de Parche con carpeta de 0.10m – 2013	210
Anexo N° 20 Metrado de Sello de fisuras – 2014	212
Anexo N° 21 Metrado de Sello de fisuras – 2014	213
Anexo N° 22 Metrado de Parche con carpeta de 0.05m – 2014	214
Anexo N° 23 Metrado de Parche con carpeta de 0.05m – 2014	215
Anexo N° 24 Metrado de Parche con carpeta de 0.10m – 2014	216
Anexo N° 25 Metrado de Parche con carpeta de 0.10m – 2014	217
Anexo N° 26 Metrado de Sello de fisuras – 2015	219
Anexo N° 27 Metrado de Sello de fisuras – 2015	220

Anexo N° 28 Metrado de Parche con carpeta de 0.05m – 2015	221
Anexo N° 29 Metrado de Parche con carpeta de 0.05m – 2015	222
Anexo N° 30 Metrado de Parche con carpeta de 0.10m – 2015	222
Anexo N° 31 Metrado de Parche con carpeta de 0.10m – 2015	223

RESUMEN

La presente investigación lleva como título “Propuesta de Gestión para mantener la Rugosidad dentro de los Niveles de Servicio del contrato de concesión”.

La investigación se enfoca en dar una alternativa de gestión que asegure mantener los niveles de servicio en lo referente a la calidad del pavimento cuando la carretera se encuentra en estado de conservación reduciendo el costo que se va a invertir en años futuros teniendo como base datos obtenidos desde el año 2010 al 2015.

El deterioro prematuro del pavimento se ve afectado cuando no se tiene un plan de conservación adecuado que conlleve a programar y ejecutar actividades de mantenimiento rutinario y periódico con la finalidad de mantener los niveles de servicio en carreteras concesionadas. Esto conlleva que la condiciones de las redes viales se encuentren por debajo de lo que resulta deseable y conveniente, presentando un ciclo vicioso de la vía (Construcción – Abandono – Destrucción – Reconstrucción).

La investigación es de tipo cuantitativo no experimental, descriptivo, correlacional y explicativo. Su diseño es longitudinal ya que tiene como referencia datos obtenidos desde el año 2010 al 2015.

Se analizaron dos propuestas de gestión de conservación vial teniendo como base los datos procesados de los años 2010 al 2015 para obtener una alternativa que logre cumplir con el objetivo principal de ésta investigación. Finalmente se concluye que es posible formular una propuesta de gestión vial que permita optimizar el presupuesto de mantenimiento en los años proyectados conservando la calidad del pavimento. Analizando la posibilidad y conveniencia de postergar el mantenimiento periódico considerando que los valores de rugosidad, estén dentro de los niveles admisibles reemplazándolo por intervenciones de menor costo.

Palabras claves: Gestión de conservación vial, niveles de servicio, mantenimiento rutinario y periódico, pavimento, rugosidad, IRI, presupuesto, IMD.

ABSTRACT

This research is entitled "Management Proposal to maintain the roughness within Service Level concession contract."

The research focuses on providing an alternative management to ensure maintain service levels in terms of the quality of the pavement when the road condition in reducing the cost to be reversed in future years on the basis of data from 2010 to 2015.

Premature pavement deterioration is affected when there is no proper conservation plan that may lead to program and implement activities of routine and periodic maintenance in order to maintain service levels in toll roads. This means that the conditions of the road networks are below what is desirable and convenient, featuring a vicious cycle route (Construction - Abandonment - Destruction - Reconstruction).

The research is not experimental, descriptive, correlational and quantitative explanatory. Its design is longitudinal and whose reference data from 2010 to 2015.

Two proposals for road maintenance management on the basis of processed data for the years 2010 to 2015 for an alternative that would meet the main objective of this research is analyzed. Finally we conclude that it is possible to formulate a proposal for road management for optimizing the maintenance budget in projected years preserving the quality of the pavement. Analyzing the possibility and desirability of postponing regular maintenance considering that the roughness values, are within acceptable levels by replacing lower-cost interventions.

Keywords: road maintenance management, service levels, routine and periodic maintenance, pavement roughness, IRI, budget, IMD.

INTRODUCCIÓN

El marco conceptual de conservación en carreteras debe tener un rol principal hoy en día, ya que la infraestructura vial o patrimonio es un bien capital muy importante para el país y requiere una gran inversión para construir las carreteras y mantenerlas en buen estado. Se busca a través de esta investigación dar mayor énfasis a este rubro y sus criterios de gestión de conservación para conservarlos dentro de los parámetros requeridos.

Mantener los niveles de servicio para carreteras concesionadas en estado de conservación resulta beneficioso para los usuarios que transitan por ella. La conservación vial es de naturaleza tipificada con presupuestos y actividades programados, aplicados a la necesidad de proporcionar un nivel de servicio operativo optimizado en el concepto económico, que en cualquier caso debe significar una condición de transitabilidad continua, cómoda y segura.

Conocer la definición, funcionabilidad y variación de la rugosidad en carreteras concesionadas mediante los factores que intervienen en el deterioro del pavimento nos permite elaborar una gestión de conservación vial que ayude a mantener el IRI dentro de los niveles de servicio de los contratos de concesión para intervenciones futuras.

La finalidad de la investigación es proponer una gestión de conservación vial que asegure a mantener la rugosidad del pavimento dentro los niveles de servicio cuando la carretera se encuentra en estado de conservación reduciendo el costo que se va a invertir en años futuros teniendo como base datos obtenidos desde el año 2010 al 2015. Los objetivos específicos fueron elaborados de la siguiente manera:

- Determinar actividades de mantenimiento rutinario y periódico con la finalidad de mantener la rugosidad del pavimento.
- Analizar la influencia del IMD para analizar el impacto del volumen de tráfico en el deterioro del pavimento.

- Determinar la influencia de la inversión del presupuesto para la conservación del IRI.

La variación de la rugosidad del pavimento se debe a éstos tres factores anteriormente mencionados como son el tipo de mantenimiento intervenido (rutinario y periódico), IMD (volumen vehicular) y el presupuesto invertido, ya que si no se realiza el mantenimiento adecuado de la vía el deterioro del pavimento acelera rápidamente, de la misma manera con el volumen vehicular, su crecimiento causa que la calidad del pavimento baje, esto también ocurre con el costo para el mantenimiento del tramo evaluado, si no se gestiona de manera eficiente la rugosidad y con esto la superficie de rodadura logra deteriorarse más rápido.

Se desarrolló varios enfoques teóricos que se tuvieron como base y desarrollo de la investigación. Aspectos generales del pavimento, clasificación, tipo de fallas y las causas que originan esas fallas tanto estructural como funcionalmente, éste enfoque nos permite saber la definición y funcionabilidad del pavimento y tener conocimiento de las distintas fallas que se originan en él. Se citó también las metodologías para evaluar superficialmente el pavimento detallando tres tipos, en donde se utilizó la más adecuada. De igual forma se citó la gestión de pavimentos tanto a nivel nacional como internacional, donde nos proporciona algunos criterios de cómo gestionar de manera eficiente la conservación vial. Se hizo referencia también a la definición de concesiones viales, sistema que se está ejerciendo hoy en día y forma parte del desarrollo para la construcción y mantenimiento de carreteras y autopistas. Con esto, se detalló la definición de la conservación vial por niveles de servicio que forma parte de las modalidades de ejecución de la conservación vial. Todos estos enfoques tienen una relación ya que en la presente investigación se está proponiendo una gestión de conservación vial en una autopista concesionada cuya finalidad es cumplir con los niveles de servicio que se encuentran detallados dentro del contrato de concesión.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Durante varias décadas, en la mayoría de los países latinoamericanos se consideró que la función primordial de los organismos del Estado responsable de los caminos, era construir caminos con los recursos presupuestales asignados. La eficiencia de tales organismos se medía en el número de kilómetros construidos y en el tipo de construcción utilizada; en cambio, la conservación de los caminos ya construidos tuvo un rol secundario. En nuestro país, esta realidad no es la excepción, y las autoridades que administran las redes viales, han creado esquemas de gestión que no han funcionado con el éxito deseado, pues éstos se encuentran más preocupados en la construcción de caminos que en la conservación de los que ya existen.

La expectativa creada al dotar a los usuarios de una vía adecuada, se ve frustrada cuando se deteriora en forma prematura, cuando extensas partes de la red se degradan hasta llegar a un estado pésimo, entorpeciendo la conectividad que deben brindar. Las causas difieren en cada caso particular, pero habitualmente se trata de una combinación de distintos grados de deficiencias de diseño, de construcción, de conservación y de control del tránsito. El resultado es que muchas redes viales se encuentran en una condición muy por debajo de lo que resulta deseable y conveniente. Esta situación, ha llevado a un ciclo vicioso de la vía, donde se construye o rehabilita, no existe mantenimiento, la dejan en

abandono, la vía se destruye y necesariamente se debe reconstruir, esta situación se produce, sin que la vía cumpla con su periodo de diseño, a un costo mucho mayor que, si las autoridades hubiesen realizado actividades de mantenimiento necesarias y oportunas.

En algunos países latinoamericanos se han adoptado políticas nacionales para sostener una conservación vial de carácter preventivo y se han generado niveles de organización adecuados para la gestión vial, con éxito. El mantener los caminos en niveles óptimos de circulación vehicular durante todas las épocas del año, ha permitido crear una conciencia nacional acerca de la importancia de la conservación y del patrimonio nacional¹.

No tener un plan de conservación vial óptimo implica asumir mayores costos de mantenimiento y mayores costos del usuario (operación vehicular). Sin embargo debido a que no se reciben los fondos económicos necesarios las carreteras son mal conservadas. De acuerdo a estudios de la CEPAL, normalmente, se gasta sólo entre el 10% - 50% de lo necesario en conservación vial, que conduce a un círculo vicioso: Construcción – Abandono – Destrucción – Reconstrucción. Es por ello que se busca realizar un Plan de Conservación vial que conlleva a realizar programas anuales que consideran intervenciones de mantenimiento periódico, mantenimiento rutinario y atención de emergencias, que mediante la optimización del uso de recursos se podrán mantener (por encima de los niveles mínimos y debajo de los máximos) los niveles de servicio en las redes viales para poder preservar el Patrimonio Nacional².

¹ Rodríguez R. "Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo", Ambato-Ecuador, 2009

² Vargas O. "Experiencia de conservación de carreteras: Administración directa – contratos por niveles de servicio", Lima-Perú, 2008"

1.2 Formulación Operacional del Problema

1.2.1 Problema General

¿De qué manera una Gestión de Conservación Vial influye en el mantenimiento de los Niveles de servicio exigidos en los contratos de concesión?

1.2.2 Problema específico 1

¿De qué manera la definición y programación de actividades de mantenimiento rutinario y periódico influye en la rugosidad del pavimento?

1.2.3 Problema específico 2

¿Por qué el IMD influye en el deterioro del pavimento?

1.2.4 Problema específico 3

¿De qué manera el presupuesto invertido influye en la conservación del IRI?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General

Elaborar una Gestión de Conservación Vial con la finalidad de mantener los niveles de servicio de acuerdo a los contratos de concesión.

1.3.2 Objetivo específico 1

Determinar actividades de mantenimiento rutinario y periódico con la finalidad de mantener la rugosidad del pavimento.

1.3.3 Objetivo específico 2

Analizar la influencia del IMD para analizar el impacto del volumen de tráfico en el deterioro del pavimento.

1.3.4 Objetivo específico 3

Determinar la influencia de la inversión del presupuesto para la conservación del IRI.

1.4 Justificación de la investigación

En nuestro país se está desarrollando la cultura de Gestión de Conservación vial, ya que los organismos del Estado responsables de los caminos tenían como función primordial la construcción de caminos, midiendo su eficiencia en la longitud de kilómetros construidos y su nivel de intervención, dejando a la conservación de caminos ya construidos en un segundo plano o en los peores casos, sin ningún plan de intervención en lo referente a su mantenimiento.

El deterioro de un camino es un proceso que tiene diferentes etapas, desde una etapa inicial, con un deterioro lento y poco visible, pasando luego por una etapa crítica donde su estado deja de ser bueno, para deteriorarse rápidamente, al punto de la descomposición total.

Por tanto, el mantenimiento no es una acción que puede efectuarse en cualquier momento, sino más bien es una acción sostenida en el tiempo, orientada a prevenir los efectos de los agentes que actúan sobre el camino extendiendo, el mayor tiempo posible, su vida útil y reduciendo las inversiones requeridas a largo plazo.

La investigación se realizará para dar a conocer las causas por las cuales se reflejan las fallas superficiales del pavimento del Sub tramo I de la Red vial 6 y brindar aportes y criterios a la Gestión de Conservación Vial, para optimizar los recursos invertidos, mejorando los niveles de servicio con los consiguientes beneficios económicos a los usuarios.

1.5 Limitaciones de la investigación

La presente investigación evaluará el efecto de la calidad de la Gestión Vial que se refleja en las fallas superficiales más no estructurales del pavimento.

1.6 Viabilidad de la Investigación

En el Perú y en el extranjero existe información de cómo Gestionar la Conservación Vial que permitirá complementar con los datos obtenidos en la investigación y viabilizar mejor el estudio.

1.7 Metodología

La investigación se enfoca en dar una alternativa de gestión de conservación vial que asegure a mantener los niveles de servicio en lo referente a la calidad del pavimento cuando la carretera se encuentra en estado de conservación. Para ello se establece un Plan de conservación vial que incluye una evaluación previa, definición de estrategias, programación, implementación, control y seguimiento, y mejoras, todos éstos orientados a cumplir con los niveles establecidos.

El estudio se concentra en el Sub tramo I de la Red vial 6 que parte del km. 58+000 hasta el km. 130+700 de la Panamericana Sur (Pucusana – Cerro Azul) con una longitud de 72.300 km.

Para el análisis a efectuar se evaluarán los principales agentes que intervienen en el deterioro de un pavimento como son: el tipo de conservación que se realiza, el volumen vehicular y el presupuesto a invertir que serán recopilados desde el año 2010 hasta el 2015.

Como parte del programa de medición de Niveles de Servicio, se efectuó la medición de la rugosidad anualmente para verificar el cumplimiento de los parámetros establecidos en el contrato de concesión. El equipo empleado para la medición de la rugosidad fue un Perfilógrafo RSP-MARK IV, obteniendo el valor de IRI, expresado en unidades de m/km, cada 100 metros. Las medidas de campo se efectuaron en forma continua, a lo largo de la vía en cada carril y en cada rodera (huella), lo que permitió calcular el Índice de Rugosidad Internacional – IRI en cada segmento de 100 metros; para posteriormente proceder al cálculo

de la Media Deslizante en intervalos de 01 kilómetro. Para efectos de la implementación de los trabajos de campo, se tomaron en consideración las progresivas y señales de kilómetro existentes en la Concesión.

En lo que respecta a las actividades de conservación del pavimento, la Concesión efectúa de manera permanente y desde la suscripción del Contrato el mantenimiento de la Red Vial, entre ellas se tiene: sello de fisuras, parche con carpeta de 0.50, parche con carpeta de 0.10m, ruteo y sellos con elastomérico, fresados y recapeos, entre otros, con la finalidad de ejecutarlos en el momento oportuno para evitar realizar otro tipo de actividades que requieran de un mayor presupuesto.

Conforme a los tipos de trabajos que se han realizado en el período estudiado (del 2010 al 2015) se tiene el metrado y presupuesto por kilómetro en donde se ha recopilado para posteriormente analizarlos.

Los datos del volumen de tráfico provienen de la estación del peaje ubicado en el km. 66+000, donde se contabilizó la cantidad de vehículos ligeros y pesados que transitan por el subtramo I de la Red Vial 6, éste dato es muy importante ya que el pavimento flexible cumple la función de flexionarse y volver a su estado actual, éste comienza a fallar prematuramente cuando no se tiene un control de peso de los vehículos, para esto la Concesión implementó la estación de Pesaje ubicado en el km. 126+000 en donde se controla el peso de los vehículos que transitan y si éste peso sobrepasa el admisible se le coloca una amonestación y el vehículo debe de bajar el exceso de carga.

Procesados todos los datos se elaborarán gráficas del IRI admisible por kilómetro y se analizará su variación para relacionarlo con los tipos de mantenimiento realizados, ya que cuando se deja de realizar los trabajos de conservación, el IRI va a aumentar inevitablemente. También se evaluará cuánto presupuesto se ha invertido para mantener los niveles de servicio del pavimento en los años

investigados. Finalmente relacionar también la tasa de crecimiento del IMD ya que es un factor muy importante en la investigación, a mayor volumen de tráfico mayor asentamiento o deterioro del pavimento.

Se busca formular una propuesta de gestión teniendo como base el análisis del presupuesto invertido para la conservación de la rugosidad, a fin de proponer nuevas alternativas que conlleven a seguir manteniendo los niveles de servicio del contrato disminuyendo el presupuesto de mantenimiento en años futuros.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Contexto de la investigación

En la actualidad el modelo tradicional para la gestión de pavimentos no integra el mantenimiento preventivo. En gran parte esto se debe a que los departamentos de transporte se dividen en gerencias que no están totalmente integradas. Por ejemplo, pocas veces se llegan a difundir, en toda su extensión, los datos recopilados acerca del desempeño de las carreteras en los departamentos de mantenimiento. Por lo general estos hacen tratamientos basados en alguna falla funcional o por reaccionar a las quejas de los usuarios; invariablemente esto no conduce al mejor uso del presupuesto. Se ha comprobado que la vida útil de los pavimentos se prolonga a menor costo cuando se implementa un Sistema de Conservación a intervalos estratégicamente planeados e integrados a un programa de Gestión de Pavimentos en el cual se usa un modelo económico para optimizar los fondos públicos destinados a la red vial.

Queda establecido que los tratamientos de pavimentos no deben realizarse al azar, sino que se deben aplicar estratégicamente y de acuerdo a un programa que fomente la administración efectiva de la red vial (Asset Management) en base a las condiciones existentes de la red y las estrategias de expansión y mantenimiento de la misma. La conservación de pavimentos se define como las actividades orientadas a proporcionar y mantener las carreteras usando

tratamientos donde se ha tomado en cuenta su costo/beneficio en base a la vida útil restante (VUR) del pavimento y el presupuesto disponible³.

La infraestructura vial o patrimonio es un bien de capital muy importante y de alto costo de construcción para el país y nunca se tiene suficientes recursos como para construir todas la carreteras que el país necesita. La existencia de las actuales carreteras ha significado un esfuerzo permanente no solo económico en recursos monetarios invertidos, sino también en esfuerzo personal de millones de pobladores desde épocas remotas, que necesitaban integrarse entre ellos.

Lo logrado hasta los tiempos actuales constituye un recurso operativo estratégico que es imprescindible utilizar para integrar promover el desarrollo social y económico de los pueblos del Perú en el aspecto interno; y para integrar esos pueblos con eficacia también con los puertos y aeropuertos nacionales e internaciones, para garantizar un buen nivel de accesibilidad para mejorar la conectividad de la producción nacional para mejorar en lo interno el nivel de vida y en lo externo la competitividad de las exportaciones nacionales. Si como es natural cada día la promoción del desarrollo necesita de más carreteras con buen nivel de servicio para facilitar la circulación cómoda y segura de los usuarios de la vialidad.

No cabe duda que para una adecuada gestión de la Red Vial Nacional es necesario proveer a la agencia de herramientas que ayuden a la toma de decisiones en lo relacionado a la conservación y las necesidades de inversión, que permitan evaluar el avance e impacto de las inversiones realizadas así como ajustar y adaptar los planes trazados de acuerdo a las circunstancias. Las herramientas de apoyo a la toma de decisiones deben asistir en la determinación de acciones concretas tales como: planes de obras y mantenimiento, seguimiento

³ Salomón D. "Conservación de pavimentos: metodologías y estrategias". USA, 2009.

de indicadores de avance y eficiencia y adopción de acciones correctivas en función del cumplimiento de los objetivos.

Gestionar en forma adecuada la infraestructura vial implica conocer su extensión, saber cómo evoluciona su condición, conocer las inversiones y gastos de operación y mantenimiento que se realizan en dicha infraestructura, planificar el desarrollo de la misma mediante programas de inversión y mantenimiento elaborados en función a una política preestablecida y los recursos disponibles y, finalmente, administrar en forma eficiente los recursos obtenidos⁴.

2.1.2 Investigaciones Previas

Según la Tesis “Propuesta de Gestión de Pavimentos para la ciudad de Piura” Castro D., se analiza lo siguiente: Para que un sistema de gestión resulte operativo requiere la actualización permanente de la información contenida en su base de datos. Pero independientemente de una valoración individual de éstos, es necesario un análisis integral de los mismos que permita en su caso corregir los modelos de comportamiento, modificar los criterios generales de elaboración de estrategias de conservación, pudiendo a su vez incidir estos cambios en los criterios de proyecto.

Por tanto, para poder llevar a cabo dicho análisis integral hay que desarrollar programas específicos de evaluación y seguimiento de los firmes, a fin de obtener conclusiones sobre su comportamiento en unas determinadas condiciones de tráfico y de clima. Se puede citar por ejemplo el programa COPES (Portland Cement Concrete Pavement Evaluation Systems), promovido por Estados Unidos para el seguimiento específico de los pavimentos de hormigón. Dentro del programa SHRP se ha desarrollado un programa de evaluación y seguimiento denominado LTPP (Long-Term Pavement Performance.) Los objetivos establecidos en este programa han sido los siguientes:

⁴PROVIAS Nacional “Sistema de Gestión de infraestructura vial”. Lima-Perú, 2006.

Evaluación de los métodos existentes.

- Mejora de las estrategias de conservación y de los procedimientos de proyecto de rehabilitación de firmes.
- Desarrollo de nuevos algoritmos para el cálculo de pavimentos nuevos.
- Determinación de cómo influyen en el comportamiento y en el deterioro de los firmes las cargas, las condiciones ambientales, las propiedades de los materiales, la calidad de la construcción y el nivel de conservación.
- Establecimiento de procedimientos específicos de proyecto para mejorar el comportamiento de los firmes.
- Creación de una base de datos como apoyo a la consecución de los objetivos anteriores y al conocimiento de las necesidades futuras.

En otros países, los trabajos de evaluación y seguimiento de firmes que se están desarrollando por parte de la dirección general de carreteras del ministerio de obras públicas se refieren a los siguientes aspectos:

- Características superficiales: regularidad superficial (determinación del IRI, calculado a partir de las medidas de equipos APL o de perfilómetros láser), perfil transversal (profundidad de roderas determinadas con perfilómetros láser), medida del coeficiente de rozamiento transversal con el SCRIM) y textura (profundidad de arena, determinada por el método de la mancha de arena o mediante texturómetros láser).
- Capacidad estructural: medida de deflexiones (con viga benkelman, deflectógrafos Lacroix, curviómetro y deflectómetros de impacto) y análisis de espesores y características mecánicas de las capas del firme (empleo de equipos de radar).
- Análisis de deterioros: inspección visual y obtención automática de imágenes (GERPHO y sistemas de video).

Según la Tesis “Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos con Herramienta HDM-4 para la Red Vial Nro. 5 Tramo Ancón – Huacho – Pativilca.” Montoya J. analiza lo siguiente: Un sistema de gestión de Pavimentos es simplemente la combinación de procedimientos de análisis, formularios detallados para la adquisición de datos, mediciones, criterios de decisión y herramientas, entre las cuales una básica son los programas computacionales, los que proveen métodos sistemáticos y óptimos para llevar a cabo una buena gestión. El grado de complejidad de un sistema puede ser muy variado e ir desde una base de datos hasta una optimización total, y está generalmente definido por los objetivos que posee el sistema en su conjunto.

Al planificar el desarrollo de un sistema de gestión se deben tener en cuenta varios factores de importancia, tales como: disponibilidad de recursos, requisitos de información, nivel de sofisticación, manejo de datos, informes y gestión. Para ello se requiere contar con una estructura de datos actualizable que permita administrar los datos, junto con proveer de las herramientas necesarias para análisis y modelación del comportamiento de la infraestructura. Por otro lado, dentro de un sistema de gestión de Pavimentos pueden distinguirse tres módulos típicos: Base de datos, Métodos de análisis y Retroalimentación.

La condición principal para establecer un sistema de gestión de infraestructura es la voluntad de las autoridades correspondientes de financiarlo; por ejemplo en el caso estatal, el director de la agencia vial: en el caso de la comuna, el alcalde y en el caso de una concesión, el administrador o gerente del proyecto, y de crear la organización necesaria para su funcionamiento; un país que desee establecer un sistema de gestión de pavimentos debe considerar al menos los siguientes aspectos:

- Estrategia: Disposición de un plan maestro que involucre a todos los elementos del sistema tanto en la implementación como en la operación a lo largo del tiempo.

- Organización: que cubra todas las actividades del sistema incluyendo el personal y estructura organizacional, desde la toma de datos en campo hasta la toma de decisiones de alto nivel, sin omitir las instancias de investigación a aplicar, muy importante para poder actualizar el sistema permanentemente.
- Equipamiento: debe ser el apropiado para llevar a cabo los diferentes procesos que implica la gestión de pavimentos, debe estar dotado de computadores, programas apropiados y los equipos de auscultación de caminos, etc.
- Investigación: es un aspecto fundamental para la fase inicial y el desarrollo global del sistema.

Además, el sistema de gestión debe articularse alrededor de las siguientes actuaciones básicas:

- Elaborar un banco de datos donde queden inventariadas las características de la red o proyecto que se desea gestionar.
- Proceder a una recolección sistematizada y periódica de información cuantitativa del estado del pavimento y de los restantes elementos de la carretera.
- Establecer los índices y parámetros para la cuantificación global del nivel de servicio de las vías, con la posibilidad de fijación de umbrales de intervención.
- Definir un método de elección de prioridades para establecer un orden de aplicación de los recursos disponibles.
- Elegir las técnicas de conservación que deben aplicarse en cada caso en función de la información recogida y proceder a su evaluación.

Según la tesis “Criterios de selección de nuevos sistemas de Gestión y Financiación de la conservación de carreteras” Vassallo Magro J., analiza lo siguiente: El cálculo de las necesidades de conservación de carreteras es una labor compleja. Esta dificultad viene dada por las distintas características de cada carretera, entre las que se encuentran el tipo de firme, su edad y estado de conservación, así como el clima predominante, el tráfico soportado por ella, etc. A pesar de ella, a lo largo de los últimos treinta años han sido varios los estudios que intentaron hacer una valoración de las necesidades de inversión en conservación, basados principalmente en criterios macroeconómicos que relacionan éstas con el valor de reposición de la red.

Este apartado analiza el proceso de deterioro de la red presentan los distintos métodos empleados hasta el momento para estimar las necesidades de conservación en el conjunto de las carreteras. Cualquier red de carreteras se encuentra sometida a un proceso de degradación constante a lo largo de su vida. Esta degradación esta originada por tres fenómenos distintos el clima, el tráfico y otros efectos de la naturaleza.

Los efectos climáticos que tienen una mayor influencia en el firme son las precipitaciones, la oscilación térmica y el ciclo de hielo deshielo. Los dos últimos producen envejecimiento del firme, fisuraciones de la capa de rodadura, además de daños a la señalización vertical y a la pintura en la señalización horizontal. Por su parte, las precipitaciones dan lugar a arrastres de material que puede quedar colmatado en las cunetas, obstruir los sistemas de drenaje superficial y subterráneo, etc. Además, las fuertes lluvias provocan, en muchos casos, considerables erosiones en los terraplenes y desmontes, deslizamientos de laderas y desplazamientos de rocas inestables sobre la calzada.

Existen efectos de origen natural, también importantes de deterioro de las carreteras, entre los que se pueden citar el crecimiento excesivo de vegetación, la

erosión, los efectos geológicos e hidrogeológicos, etc. La Vegetación cercana a la carretera debe ser cuidada, tanto para conseguir una buena visibilidad de un tramo, como para conseguir un adecuado coeficiente de rugosidad en las cunetas con el fin de que éstas conduzcan el caudal que ha sido previsto en su diseño. La erosión y sedimentación son responsables de las colmatizaciones de material en las cunetas, así como de los atascamientos de los sistemas de drenaje, tanto superficial como subterráneo. Por otra parte, los efectos geológicos e hidrogeológicos pueden provocar una importante pérdida de la capacidad portante del suelo, dañando seriamente a las capas de firme.

El clima y demás factores naturales son los responsables de la degradación de la carretera en caso de que tras su construcción, ningún vehículo circule por ella ni se lleve a cabo labor alguna de conservación. Aunque éste es un planteamiento meramente teórico, ya que las carreteras están pensadas para que sobre ellas circulen los vehículos, pueden servir para dar una idea de la influencia de estos fenómenos sobre el estado de la red.

El tráfico es un factor muy importante en el proceso de degradación de una carretera. De hecho el firme se agota por fatiga, y por eso se diseña para aguantar unas determinadas sollicitaciones que son aplicadas por el tráfico que por ella circula. Dentro del tráfico, el efecto sobre la carretera es muy diferente según se trate de vehículos ligeros o pesados (Balague, Izquierdo y Sánchez Blanco). Según estudios llevados a cabo por algunas administraciones de carreteras, estos últimos son los principales responsables de la degradación de los firmes, ya que su deterioro está en relación directa con la cuarta potencia de la carga que se aplica en un eje.

Los deterioros ocasionados por el tráfico afectan de manera principal a las capas del firme, especialmente a aquellas que se encuentran próximas al neumático. Este efecto puede ser responsable de grietas en la superficie-especialmente las que se producen en las rodadas-, desintegraciones superficiales de la capa de

rodadura, roderas, pérdida de regularidad superficial y pérdida de la capacidad portante del firme (Vigueras, Izquierdo, Rubio, Sánchez Blanco y Del Val, 1988). Es importante también considerar que el proceso de degradación de un firme va a depender tanto de su tipología como de su estado de conservación. Obviamente, el deterioro de una carretera será muy diferente según e firme de que disponga. Un firme rígido aguantará muy bien hasta que se empiecen a producir los primeros daños, momento en el que el proceso de deterioro se acelerará progresivamente. Por el contrario, un firme flexible constituido por ejemplo por una capa granular y un tratamiento superficial sufrirá desde el principio deformaciones y falta de regularidad superficial, pero estos deterioros no se aceleran en su proceso de degradación tanto como en el caso de los firmes rígidos. Por su parte, un pavimento de hormigón apenas necesita conservación- principalmente el cuidado e las juntas y la reparación de descalce de las losas-, degradándose de manera muy distinta a un pavimento bituminoso.

El proceso de degradación va a depender también del estado de conservación de la carretera. Si las inversiones en conservación son adecuadas, el firme no llegará en suficiente, el estado de degradación de la carretera provocará que el deterioro se acelere por encima de lo normal en una carretera bien conservada. Se produce por ello un efecto doblemente perverso, ya que si se dejan de invertir 100 unidades en una conservación la carretera en el momento oportuno, la degradación de la red será superior a esas 100 unidades.

Según la tesis “Análisis de la evaluación técnica y económica de proyectos viales con el modelo de estándares de conservación y diseño de carreteras” Hanser J., analiza lo siguiente: La evaluación de la condición de un pavimento empieza con la recolección de datos para determinar el tipo, la cantidad, la severidad de los deterioros superficiales, la integridad estructural, la calidad de circulación y la resistencia al deslizamiento del pavimento.

Los datos sobre la condición de los pavimentos son necesarios para la evaluación y determinación de las necesidades de trabajos de mantenimiento y rehabilitación; también se usan para pronosticar el comportamiento del pavimento, establecer las estrategias de mantenimiento y rehabilitación y para ayudar a optimizar el financiamiento disponible para esos trabajos. Para poder medir la condición del pavimento se utilizan los siguientes parámetros.

Deterioro superficial: se refiere al daño o deterioro en la superficie del pavimento. Normalmente se realizan estudios para determinar el tipo, la severidad y la cantidad de los defectos superficiales. Esta información se usa con frecuencia para determinar un índice o calificación de condición superficial (CCCS), el cual sirve para calcular la tasa de deterioro y pronosticar la condición futura. El deterioro superficial y los valores de (CCCS) actuales o futuros se utilizan para identificar el momento oportuno para realizar los trabajos de mantenimiento y rehabilitación, así como las necesidades monetarias requeridas en el proceso de la gestión de pavimentos. El nivel de defectos superficiales es la medida más común utilizada por el personal de mantenimiento para determinar el tipo y momento oportuno del mantenimiento requerido.

Capacidad estructural: se refiere a la máxima carga y el máximo número de repeticiones que un pavimento puede soportar. Normalmente, se realiza un análisis estructural para determinar la capacidad de carga actual y la capacidad necesaria para soportar el tránsito proyectado. Los ensayos de deflexión no-destructivos como Viga Venkelman, del pavimento son un método simple y confiable para realizar esta evaluación; sin embargo, también pueden utilizarse técnicas de muestreo mediante cilindros y taladros tubulares.

Rugosidad: es una medida de la distorsión de la superficie del pavimento o un estimado de la habilidad de éste para proporcionar un viaje confortable a los usuarios. Se evalúa mediante una calificación que trata de representar la opinión de los usuarios sobre la calidad de circulación actual que el pavimento les proporciona (calificación de servicio actual, CSA) o mediante algún índice

correlacionado con esa opinión, como es el Índice Internacional de Rugosidad (IIR). La rugosidad del pavimento es considerada por el público como la medida más importante, especialmente en aquellos pavimentos con elevados límites de velocidades (por arriba de los 70 kilómetros por hora).

Resistencia al derrapamiento: se refiere a la habilidad del pavimento de proporcionar la fricción suficiente para evitar los problemas de seguridad asociados con los derrapamientos o deslizamientos. La resistencia al deslizamiento es más importante para los pavimentos de las vías rápidas y generalmente se le considera como una medida separada de la condición; a menudo puede utilizarse por sí misma para determinar la necesidad de realizar algún tipo de trabajo correctivo.

Los cuatro factores anteriores de condición pueden ser utilizados para determinar la condición global del pavimento e identificar el tratamiento de mantenimiento y rehabilitación económicamente más efectivo.

Las secciones pavimentadas se seleccionan para mantenimiento y rehabilitación durante un período de análisis, si se cumple con un criterio de decisión establecido, el cual está normalmente basado en la condición, el tipo de superficie, la clasificación funcional y el tránsito, para posteriormente aplicar la evaluación económica.

Los valores mínimos de condición y las categorías de costos asociados con cada uno de ellos deben ser seleccionados basados en un análisis de los niveles de servicio más económicos que la agencia puede proporcionar al público con las restricciones existentes.

Los tratamientos correspondientes a las distintas categorías de costos deben definirse con base en análisis de costos durante la vida útil, para proporcionar la mejor condición por la mínima cantidad de dinero.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Aspectos Generales del Pavimento

El Pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Cada capa que conforma al pavimento cuenta con una con una función determinada, las cuales en conjunto tienen los siguientes propósitos⁵:

- Resistir y distribuir adecuadamente las cargas producidas por el tránsito. El pavimento flexible debe estar constituido de manera tal que las cargas, producidas por el tránsito, no provoquen deformaciones de ningún tipo en su estructura, siendo de mucha importancia el espesor que el mismo tenga.
- Tener la impermeabilidad necesaria. Este pavimento debe ser lo suficientemente impermeable para impedir la infiltración que puede darse por parte del agua, afectando la capacidad soporte del suelo. De esto se concluye que es de mucha importancia la existencia de un drenaje adecuado.
- Resistir la acción destructora de los vehículos. El pavimento debe ser resistente respecto al desgaste y desprendimiento de partículas que se obtiene como consecuencia del paso de los vehículos.
- Resistir los agentes atmosféricos. Como un efecto continuo de su presencia, los agentes atmosféricos provocan la meteorización y alteración de los materiales que componen el pavimento, reflejándose este problema, en la vida económica y útil del mismo.
- Poseer una superficie de rodadura adecuada, que permita fluidez y comodidad hacia el tránsito de vehículos. La superficie del pavimento, debe proporcionar un aspecto agradable, seguro y confortable, de manera que el

⁵ Bonnet G. "Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible". Bogotá, 2014.

deslizamiento de los vehículos sea óptimo. Esta superficie, que debe ser lisa, también debe ser antideslizante en caso de estar húmeda.

- Ser flexible para adaptarse a ciertas fallas de la base o sub-base. La flexibilidad del pavimento es muy importante en caso de presentarse asentamiento en alguna de sus capas; pudiendo así adaptarse a las pequeñas fallas sin necesidad de reparaciones costosas.

El pavimento por lo general está conformada por las siguientes capas: subrasante, subbase, base, y capa de rodadura, tal como se muestra en la Figura 2.1.

a) Subrasante

Es la parte de una carretera que sirve para el soporte de las capas de pavimento, por tanto, debe cumplir características estructurales para que, los materiales seleccionados que se colocan sobre ella se acomoden en espesores uniformes y su resistencia debe ser homogénea en toda la superficie para evitar fallas en los pavimentos. En algunos casos, esta capa está formada solo por la superficie del terreno. En otros casos, cuando en estado natural el material de corte del lugar es de muy baja calidad, se tendrá que hacer un proceso de mejoramiento, estabilización y luego darle el grado de compactación necesario para obtener la subrasante adecuada.

b) Subbase

La función de la sub base, en un pavimento flexible, es puramente económica, buscando así obtener un espesor utilizando el material más barato posible. Podría construirse dicho espesor con materiales de alta calidad como en el caso de la base, pero usualmente se hace aquella más delgada y se sustituye en parte por la sub base que es de menor calidad, trayendo como resultado un aumento en el espesor total del pavimento, pues es un hecho que cuando menor es la calidad del material utilizado, mayor será el espesor necesario para soportar los esfuerzos transmitidos.

Otra función de la sub base es la de servir de transición entre la base y la sub rasante; ya que el material de la base es granular más o menos grueso y el de la sub base es más fino que le anterior, de esta manera sirve como filtro para evitar que el material de la base se incruste en la sub rasante. La sub base sirve también para absorber las deformaciones que provienen de la sub rasante y que pueden ser perjudiciales para el pavimento en general.

c) Base

Su función primordial es la de proporcionar un elemento resistente que transmita los esfuerzos producidos por el tránsito, hacia la sub base y sub rasante, en una intensidad adecuada. Esta también reduce el espesor de la carpeta más costosa. Muchas veces la base también debe trabajar como la sub base, respecto a la doble función de drenaje mencionada anteriormente.

Básicamente el material que constituye a la base, en el pavimento flexible, debe ser friccionante y provisto de vacíos. La primera garantizará la resistencia adecuada y la permanencia de dicha resistencia con la variación de las condiciones que se puedan presentar, como podría ser el contenido de agua. Es lógico que no basta sólo con emplear material friccionante para garantizar la resistencia deseada, es necesaria también una compactación adecuada, necesaria para adquirir la compacidad y trabazón estructural requerida para una buena base. Los materiales utilizados para la base suelen someterse a procesos exigentes para su aprobación como lo es la trituración, produciendo efectos favorables para la resistencia y deformabilidad de la estructura a construir, ya que se obtienen partículas con formas convenientes para un reacomodo adecuado; además de esto, se deben llenar otras especificaciones por lo que es necesario tamizar dicho material.

Los espesores de las bases son muy variables de acuerdo con el proyecto de que se trate, pero suele considerarse que 12 o 15 centímetros, es el espesor mínimo que conviene construir

d) Capa De Rodadura

Con este nombre se denomina a la última capa que se construye, y es sobre ella donde circulan los vehículos durante el período de servicio del pavimento. Por esto, debe ser resistente a la abrasión producida por el tráfico y a los condicionamientos del intemperismo; además, tiene la función de proteger la estructura, impermeabilizando la superficie del pavimento. La textura superficial de la capa de rodadura debe presentar dos características para atender adecuadamente la circulación de los vehículos.

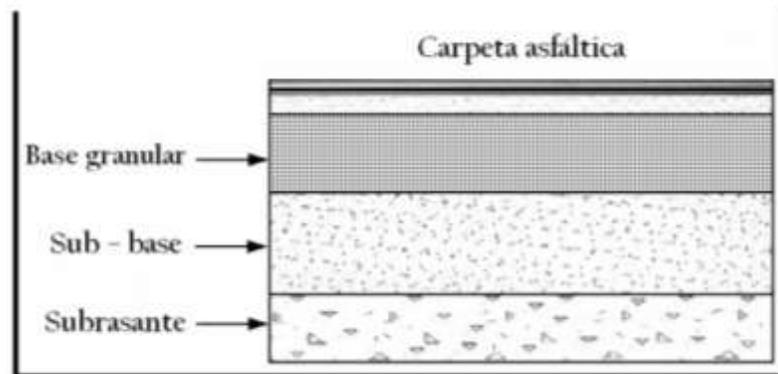


Figura 2.1 Capas de Pavimento Flexible

Fuente: Bonett G. "Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible". Bogotá, 2014.

2.2.1.1 Clasificación de los pavimentos

De acuerdo al Manual carreteras – suelos, geología, geotecnia y pavimentos – sección: suelos y pavimentos – 2da edición – 2013, se define lo siguiente:

- Pavimento flexible: es una estructura compuesta por capas granulares (subbase, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micropavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente.
- Pavimento semirrígido: es una estructura de pavimento compuesta básicamente por capas asfálticas con un espesor total bituminoso (carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con asfalto); también se considera como pavimento semirrígido la estructura compuesta por carpeta asfáltica sobre base tratada con cemento o sobre base tratada con cal. Dentro del tipo de pavimento semirrígido se ha incluido los pavimentos adoquinados.
- Pavimento rígido: es una estructura de pavimento compuesta específicamente por una capa de subbase granular, no obstante esta capa puede ser de base granular, o puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivo. Dentro de los pavimentos rígidos existen tres categorías: Pavimento de concreto simple con juntas, pavimento de concreto con juntas y refuerzo de acero en forma de fibras o mallas y Pavimento de concreto con refuerzo continuo.

2.2.1.2 Fallas en pavimentos

A continuación se definirán las fallas que se presentan en un pavimento, cuando éste pierde las características de servicio a las que fue diseñado:

- a) Falla estructural: es la deficiencia del pavimento que ocasiona de inmediato o posteriormente, una reducción en la capacidad de carga de éste. En su etapa más avanzada, la falla estructural se manifiesta en la obstrucción generalizada del pavimento, a la que se asocia precisamente el índice de servicio que no necesariamente implica una falla estructural inmediata, ya que lo primero es consecuencia de su incapacidad para soportar las cargas de proyecto.

La identificación de una falla que es definir su tipo y la causa que lo ha provocado, a veces es una cosa relativamente sencilla y obvia para personas experimentadas en la rama de construcción de carreteras. En otros casos es necesaria llevar a cabo un reconocimiento completo de la zona fallada, que abarque las distintas partes que forman la estructura de la obra y hacer una serie de estudios y sondeos, recabar antecedentes de la construcción, etc., para así poder definir el origen de los deterioros y corregirlos oportunamente, Es muy importante recalcar que se trate siempre de subsanar completamente la deficiencia que esté ocasionando la falla, corrigiendo el problema de raíz y, que no se vuelva a presentar; pues es muy común que se arregle de manera provisional o superficial en el tramo fallado y se deje sin resolver el problema ya que si no es atacado desde sus orígenes los desperfectos progresan rápidamente y después será mucho más costosa su reparación.

Las fallas las podemos clasificar tomando en cuenta el elemento estructura donde se originan:

- Fallas atribuibles a la carpeta.
- Fallas originadas en la interfase, carpeta-base como consecuencia de una interacción inadecuada, esto es, mal acoplamiento entre el material de base y carpeta.

- Fallas originadas en la base, sub-base o terracerías, como consecuencias de la inestabilidad de una o varias de estas carpetas.
 - Fallas ocasionadas por los agentes climatológicos.
 - Fallas ocasionadas por hormigueros.
 - Fallas ocasionadas por madrigueras de algunos animales, etc.
- b) Falla funcional: los aspectos más importantes del pavimento que intervienen en el valor del índice de servicio actual son:
- Las ondulaciones longitudinales
 - Las deformaciones transversales
 - La textura de la superficie
 - El porcentaje de baches y áreas reparadas

Tomando en cuenta que el índice de servicio se refiere únicamente a las condiciones de la superficie de rodamiento; la estructura funcional en sí, nos proporcionará un tránsito cómodo a los usuarios y una superficie de rodamiento adecuada a las necesidades de este. En su determinación o apreciación no intervendrán factores como diseño geométrico, estado de acotamientos, señalamiento, etc.

La falla funcional en sí, consiste en deficiencias superficiales de pavimento a las que se asocian precisamente el índice de servicio, que afecta en mayor o menor grado la capacidad del camino en proporcionar al usuario un tránsito cómodo y seguro.

Los dos tipos de fallas no están necesariamente relacionados, pero pueden establecerse que cuando se presenta una falla estructural, también ocurrirá en un plazo más o menos corto la falla funcional. En ocasiones una falla funcional que no se atiende a su debido tiempo, puede también conducir a una falla estructural.

2.2.1.3 Causas que originan las fallas

En los años 1960 a 1962, la AMERICAN ASSOCIATION STATE HIGHWAY OFFICIALS realizo algunas pruebas, cuyas finalidades más importantes fueron las de definir en que consiste la falla de un pavimento y de relacionar las variables de diseño como son tránsito, clima, materiales, etc. con el comportamiento del propio pavimento.

Fue así como se estableció el principio de que la función básica del pavimento la constituye el permitir un tránsito adecuado de vehículos sobre la carretera.

Las fallas en los pavimentos las originan, las acciones que ejercen directa o indirectamente sobre ellos, los factores siguientes:

- La repetición de las cargas.
- Los agentes del clima.
- El peso propio de las capas que constituyen la estructura conjunta de la obra.

Las fallas se inician o se producen en los puntos débiles o deficientes de alguna de las partes fundamentales de la estructura general de la carretera, los cuales no pueden soportar eficientemente los efectos destructivos de alguno o varios de los factores señalados anteriormente, convirtiendo zonas potenciales de falla, la consecuencia de diseños inadecuados, mala calidad de los materiales utilizados, procedimiento de construcción defectuosos, falta de una conservación eficaz y oportuna, etc., de tal manera que las fallas en los pavimentos pueden tener su origen en el terreno de cimentación, en las terracerías, en las obras de drenaje o en los elementos constitutivos del propio pavimento.

Se describirá a continuación en forma resumida, las causas que originan fallas en los pavimentos flexibles que son atribuibles a los mismos y de los cuales se ha hecho una descripción analizando cada una de las distintas capas que lo forman.

En la subbase

- Mala calidad del material utilizado.
- Baja compactación.
- Falta de espesor.
- Contaminación con el material de las terracerías.
- Defectos de construcción o de acabados.

En la base

- Mala calidad del material utilizado.
- Baja compactación.
- Falta de espesor.
- Falta de afinidad del material pétreo con el asfalto de impregnación.
- Falta de limpieza o barrido de la superficie de base al momento de impregnar
- Defectos de construcción o de acabado.
- Defecto de la base impregnada por exposición excesiva al tránsito y a los efectos del clima, antes de protegerla con la carpeta.

En las carpeta de Riego

- Mala calidad de los materiales pétreos o granulometría defectuosa de éstos.
- Falta de afinidad de los materiales pétreos con el asfalto.
- Cantidad escasa de materiales pétreos.
- Materiales pétreos con exceso de humedad al momento de la aplicación
- Tránsito sobre el riego de asfalto antes de cubrir con el pétreo
- Tránsito demasiado pronto sobre el material pétreo aplicado, principalmente cuando los vehículos no circulan a velocidades bajas.

- Defectos de construcción de la carpeta (falta de rastreo, planchado o barrido de los materiales pétreos, traslapes incorrectos de los riegos, distribución no uniforme de los materiales, etc.)

En la carpeta de mezcla asfáltica en el lugar

- Mala calidad en los materiales pétreos o defectuosos en su granulometría
- Falta de afinidad del material pétreo con el asfalto
- Exceso de asfalto en la mezcla
- Escasez de asfalto en la mezcla
- Materiales pétreos demasiado húmedos al momento de agregar el asfalto
- Tipo de asfalto inadecuado en la mezcla, o mala calidad del producto utilizado.
- Contenido elevado de agua o de solventes en la mezcla, al momento de tender.
- Falta de uniformidad en la incorporación del asfalto en la mezcla.
- Baja compactación de la mezcla.
- Defectos de construcción en el tendido y de acabados
- Baja resistencia de la mezcla
- Mezcla asfáltica muy permeable, sin proteger con algún tratamiento de sellado
- Rigidez relativamente alta de la carpeta.

En la carpeta de mezcla en caliente (concreto asfáltico)

- Mala calidad de los materiales pétreos utilizados o defectos en su granulometría.
- Falta de afinidad del material pétreo con el asfalto.
- Exceso de asfalto en la mezcla.
- Escasez de asfalto en la mezcla.

- Tipo de asfalto inadecuado en la mezcla, o mala calidad del producto utilizado.
- Temperatura baja del asfalto o del material al elaborar la mezcla.
- Temperatura excesiva de calentamiento del cemento asfáltico y del material pétreo al elaborar la mezcla.
- Defectos de tendido o de acabado de la mezcla.
- Mezcla relativamente fría al tender o al compactar.
- Baja compactación de la mezcla.
- Espesor escaso de la capa.
- Mezcla muy permeable (vacíos elevados), sin proteger con un tratamiento de sellado.
- Rigidez relativamente alta de la carpeta.

En el riego de impregnación

- Tipo inadecuado de asfalto o mala calidad del producto.
- Cantidad excesiva de asfalto.
- Cantidad escasa de asfalto.
- Transido demasiado pronto sobre el riego de asfalto.
- Asfalto frío (viscosidad alta) que impide su penetración en la base.
- Defectos en la aplicación del asfalto (atribuibles a la petrolizadora o al operador).
- Exceso de arena de “poreo”, cuando este se usa.

En los riegos de liga

- Tipo inadecuado de asfalto o mala calidad del producto.
- Cantidad excesiva de asfalto.
- Cantidad escasa de asfalto.

- Asfalto muy frío, o que ha perdido su poder de aglutinación, al momento de extender la carpeta (de mezcla en el lugar), o cubrirse con los materiales pétreos (carpeta de riego).
- Defectos en la aplicación del asfalto (atribuibles a la petrolizadora o al operador).

En el riego de sello

- Mala calidad de los materiales pétreos utilizados o a defectos en su granulometría.
- Falta de afinidad del material pétreo con el asfalto.
- Exceso de asfalto en la mezcla.
- Escasez de asfalto en la mezcla.
- Tipo de asfalto inadecuado en la mezcla, o mala calidad del producto utilizado.
- Materiales pétreos demasiado húmedos al momento de la aplicación.
- Transito sobre el riego de asfalto, antes de cubrir con el pétreo.
- Defectos en la aplicación del asfalto (atribuibles a la petrolizadora o al operador).
- Transito demasiado pronto sobre el material pétreo aplicado, principalmente cuando los vehículos no circulan a velocidades bajas.

2.2.1.4 Fallas más comunes

De acuerdo al Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras, aprobado por Resolución 03-99 por El Consejo Sectorial de Ministros de Transporte de Centroamérica (COMITRAN) en su XXI reunión realizada en la Ciudad de Guatemala, en el mes de noviembre del año 1,999:

Las fallas que presenta un pavimento pueden referirse tanto a la capacidad estructural o funcional de éste y se clasifican en tres tipos: fisuras y grietas, deformaciones y desintegración.

2.2.1.4.1 Fisuras y Grietas

a) Fisura piel de cocodrilo

Serie de fisuras interconectadas formando pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos, generalmente con un diámetro promedio menor a 30 cm. El fisuramiento empieza en la parte inferior de las capas asfálticas, donde las tensiones y deformaciones por tracción alcanzan su valor máximo, cuando el pavimento es solicitado por una carga. Las fisuras se propagan a la superficie, inicialmente, como una serie de fisuras longitudinales paralelas; luego por efecto de la repetición de, evolucionan interconectándose y formando una malla cerrada, que asemeja el cuero de un cocodrilo. Son causadas por la fatiga que sufren las capas asfálticas al ser sometidas a las cargas repetidas del tránsito. La misma sección del pavimento presentara fisuras y grietas de cocodrilo, ahuellamiento y baches, tal como se muestra en la Figura 2.2.



Figura 2.2 Fisuras y grietas: piel de cocodrilo

Fuente: “Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras”. Guatemala, Guatemala 1999.

b) Fisuras en bloque:

Serie de fisuras interconectadas formando piezas aproximadamente rectangulares, de diámetro promedio mayor de 30 cm, con un área variable de 0.10 a 9.0 m². La fisura en bloque se presenta normalmente en una gran área del pavimento y algunas veces ocurren solamente en las áreas no afectadas por el tráfico, tal como se muestra en la figura 2.3. Son causadas principalmente por la contracción de las mezclas asfálticas debido a las variaciones diarias de temperatura.



Figura 2.3 Fisuras y grietas: fisuras en bloque

Fuente: “Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras”. Guatemala, Guatemala 1999.

c) Fisuras transversal

Fracturación de longitud variable que se extiende a través de la superficie del pavimento, formando un ángulo aproximadamente recto con el eje de la carretera. Puede afectar todo el ancho del carril como limitarse a los 0.60 m próximos al borde del pavimento, tal como se muestra en la figura 2.4.



Figura 2.4 Fisuras y grietas: fisura transversal, atraviesa toda la sección de la carretera

Fuente: “Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras”. Guatemala, Guatemala 1999.

d) Fisura longitudinal

Fracturación que se extiende a través de la superficie del pavimento, paralelamente al eje de la carretera, pudiendo localizarse en las huellas de canalización de tránsito, en el eje o en los bordes del pavimento. La ubicación de la fisura es indicativa de la causa más probable, tal como se muestra en la figura 2.5.



Figura 2.5 Fisuras y grietas: fisura longitudinal a lo largo de la huella del tránsito

Fuente: “Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras”. Guatemala, Guatemala 1999.

2.2.1.4.2 Deformaciones

a) Ahuellamiento

Depresión longitudinal continua a lo largo del rodamiento del tránsito, de longitud mínima de 6 m tal como se muestra en la figura 2.6. Las repeticiones de las cargas de tránsito conducen a deformaciones permanentes en cualquiera de las capas del pavimento o en la subrasante. Cuando el radio de influencia de la zona afectada es pequeño, las deformaciones ocurren en las capas superiores del pavimento; cuando el radio de influencia es amplio, las deformaciones ocurren en la subrasante.



Figura 2.6 Deformaciones: Ahuellamiento

Fuente: “Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras”. Guatemala, Guatemala 1999.

b) Corrimiento

Distorsiones de la superficie del pavimento por desplazamiento de la mezcla asfáltica, a veces acompañados por levantamientos de material formando "cordones", principalmente laterales, o bien por desplazamiento de la capa asfáltica sobre la superficie subyacente, generalmente acompañada de un levantamiento hacia el eje de la carretera.

Típicamente puede identificarse a través de la señalización horizontal del pavimento, observando demarcación de los carriles, por efecto de corrimiento, tal como se muestra en la figura 2.7.



Figura 2.7 Deformaciones: corrimiento

Fuente: “Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras”. Guatemala, Guatemala 1999.

c) Corrugación u ondulación

Serie de ondulaciones, constituidas por crestas y depresiones, perpendiculares a la dirección del tránsito, las cuales se suceden muy próximas unas de otras, a intervalos aproximadamente regulares, en general menor de 1 m entre ellas, a lo largo del pavimento, tal como se muestra en la figura 2.8. Este tipo de falla es ocasionado por la acción del tránsito sobre las capas superficiales (carpeta o base del pavimento). La corrugación se mide en metros cuadrados, registrando, de acuerdo a su severidad, el área total afectada en la muestra o sección.



Figura 2.8 Deformaciones: corrugación

Fuente: “Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras”. Guatemala, Guatemala 1999.

d) Hinchamiento

Abultamiento o levantamiento localizado en la superficie del pavimento, generalmente en la forma de una onda que distorsiona el perfil de la carretera, tal como se muestra en la Figura 2.9. Son causadas fundamentalmente por la expansión de los suelos de subrasante del tipo expansivo. En muchos casos pueden estar acompañadas por el fisuramiento de la superficie.



Figura 2.9 Deformaciones: hinchamiento

Fuente: “Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras”. Guatemala, Guatemala 1999.

e) Hundimiento

Depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada del mismo, tal como se muestra en la Figura 2.10. Los hundimientos son causados por asentamientos de la fundación, deficiencias durante la construcción o falta de un continuo mantenimiento a los drenes. La heterogeneidad constructiva puede provocar, desde simples descensos de nivel, hasta insuficiencia de espesor o estabilidad de los materiales.



Figura 2.10 Deformaciones: hundimiento

Fuente: “Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras”. Guatemala, Guatemala 1999.

2.2.1.4.3 Desintegración

a) Baches

Desintegración total de la superficie de rodadura que puede extenderse a otras capas del pavimento, formando una cavidad de bordes y profundidades irregulares, tal como se muestra en la Figura 2.11. Los baches se producen por conjunción de varias causas: fundaciones y capas inferiores inestables; espesores insuficientes; defectos constructivos; retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. La acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento y/o fundación, o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras tipo cuero

de cocodrilo, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento, originando un bache.



Figura 2.11 Desintegración: bache, con pérdida de material de base

Fuente: “Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras”. Guatemala, Guatemala 1999.

b) Peladuras

Desintegración superficial de la carpeta asfáltica como consecuencia de la pérdida de ligante bituminoso y del desprendimiento del agregado pétreo, aumentando la textura del pavimento y exponiendo cada vez más los agregados a la acción del tránsito y clima, tal como se muestra en la Figura 2.12. Esta anomalía es indicativa que el ligante se ha endurecido apreciablemente, perdiendo sus propiedades ligantes, o bien que la mezcla asfáltica existente es de deficiente calidad, ya sea por un contenido de ligante insuficiente, empleo de agregados sucios o muy absorbentes, como también por deficiencias durante la construcción, especialmente en tratamientos superficiales bituminosos; frecuentemente se presenta como un desprendimiento de agregados en forma de estrías longitudinales, paralelas a la dirección del riego.



Figura 2.12 Desintegración: peladura en pavimento

Fuente: “Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras”. Guatemala, Guatemala 1999.

c) Desintegración en bordes

Consiste en la progresiva destrucción de los bordes del pavimento por la acción del tránsito. Se hace particularmente manifiesto en pistas con hombros no pavimentados, en las que existe una significativa porción de vehículos que acceden del hombro al pavimento o en el sentido contrario, tal como se muestra en la Figura 2.13. La causa primaria es la acción localizada del tránsito, tanto por su efecto abrasivo como por el poder destructivo de las cargas, sobre el extremo del pavimento donde la debilidad de la estructura es mayor debido al menor confinamiento lateral, deficiente compactación del borde, etc.

La presencia de arenas angulosas sueltas, muy próximas a la pista, hace que aumente la abrasión de las llantas que ascienden y descienden del pavimento, provocando peladuras severas que pueden conducir a la desintegración.



Figura 2.13 Desintegración: desintegración en bordes con acumulación de agua

Fuente: “Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras”. Guatemala, Guatemala 1999.

2.2.1.4.4 Otros deterioros

a) Exudación de asfalto

Consiste en el afloramiento de un material bituminoso de la mezcla asfáltica a la superficie del pavimento, formando una película continua de ligante, creando una superficie brillante, reflectante, resbaladiza y pegajosa durante el tiempo cálido, tal como se muestra en la Figura 2.14. La exudación es causada por un excesivo contenido de asfalto en las mezclas asfálticas y/o sellos bituminosos. Ocurre en mezclas con un porcentaje de vacíos deficientes, durante épocas calurosas. El ligante dilata, llena los vacíos y aflora a la superficie, dejando una película de bitumen en la superficie. Dado que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumula en la superficie.



Figura 2.14 Exudación de asfalto

Fuente: “Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras”. Guatemala, Guatemala 1999.

2.2.2 Evaluación superficial del pavimento

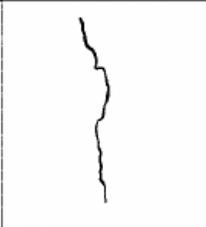
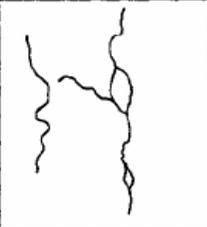
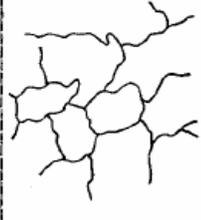
2.2.2.1 Metodología CONREVIAL

El Consorcio de Rehabilitación Vial (CONREVIAL), presenta una metodología que realiza evaluaciones tanto superficiales como estructurales. Para el primer caso, se basa en un catálogo de fallas del tipo fisuras, que se relevan en un área restringida de la superficie de rodadura y en el entorno al lugar de evaluación estructural. Debido a que las medidas de deflexiones se realizan equidistantes, mínimo tres por kilómetro, las fallas a relevar corresponderán a un sector comprendido 30 m, adelante y 30 m, atrás del punto de evaluación estructural, perdiendo precisión.

La figura 2.15, presenta el catálogo de fallas empleado por el método. Las fallas encontradas en la superficie de rodadura, asocia un número con una letra. El número indica el tipo de falla y la letra indicará la magnitud; así una fisura “2E” corresponde a una fisura longitudinal de magnitud escasa, mientras que una “8S” corresponde a una fisura tipo “piel de cocodrilo” de magnitud severa.

CATALOGO DE FALLAS DE PAVIMENTO
FISURACION

ESTUDIO DE REHABILITACION DE CARRETERAS CONREVIAT
Adaptación : Milfredo Gutiérrez Lázares

FIGURA TIPO		
DESCRIPCION	FISURA FORMADA EN UNA SOLA LINEA, GENERALMENTE LONGITUDINAL Y AISLADA CON TENDENCIA A RAMIFICARSE	FISURA RAMIFICADA CON TENDENCIA A FORMAR UNA MALLA GENERALIZADA EN SECTORES DE PAVIMENTO
COEF. ASOCIADO	2	4
		
FISURA EN FORMA DE MALLA QUE ABARCA UNA SUPERFICIE MAS AMPLIA DE PAVIMENTO Y CON TENDENCIA A FORMAR LA PIEL DE COCODRILO	FISURA GENERALIZADA EN FORMA DE MALLA CERRADA DE ARTICULADO MAS CHICO FORMANDO LA LLAMADA "PIEL DE COCODRILO" DESPRENDIMIENTO DE MATERIAL EN CORRESPONDENCIA CON ALGUNAS FISURAS	FISURA TOTALMENTE GENERALIZADA CON DESPRENDIMIENTO DE PANELES DE MATERIAL Y FORMANDO BACHE
6	8	10

NOTA.- LA MAGNITUD DE LAS FISURAS SE DEFINEN COMO : E = ESCASO; N = MODERADO y S = SEVERO (Ejem. 2E, 6N, 8S)

Figura 2.15 Catálogo de fallas sugeridos por CONREVIAT

Fuente: Gutiérrez J. “Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú”. Lima, Perú, 2007.

2.2.2.2 Índice de condición de pavimento (PCI)

El Índice de Condición del Pavimento (PCI), se basa en un catálogo de fallas compuesto por 19 tipos diferentes de fallas, que puede establecer mejores valores de evaluación. Las recomendaciones del PCI indican que luego del reconocimiento de la carretera a evaluar se determine un sector representativo del cual se elegirá 100 m, el mismo que será exhaustivamente evaluado para determinar sus fallas y densidad. En este caso el método registra el tipo de falla y el área afectada.

El método del PCI, fue desarrollado por M.Y. Shahin y S.D. Khon y publicado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos en el Reporte

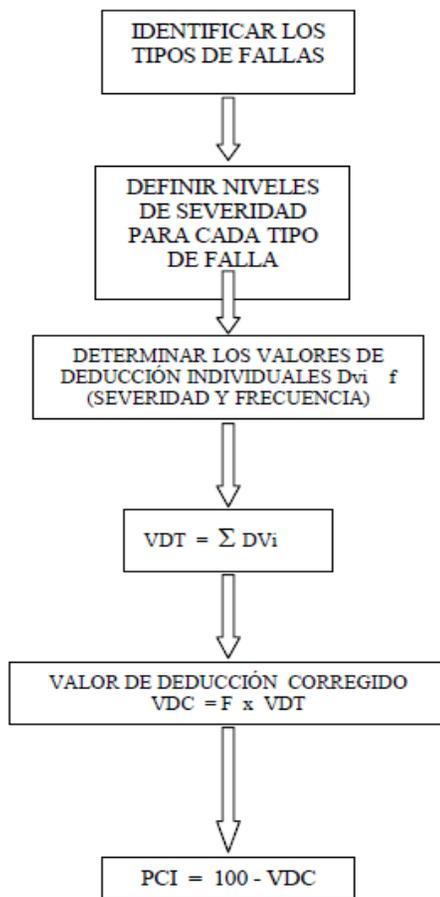
Técnico M-268 (1978) para su primera versión, actualizado en TM5-623. Permite evaluar la condición estructural y de la superficie (operacional) de una sección de pavimento, para definir actividades de mantenimiento y reparación. Además determina el comportamiento de la estructura mediante evaluación continua del PCI, a lo largo del tiempo, mediante la ecuación:

$$PCI = 100 - \left[\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{m_i} VD (T_i, S_j, D_{ij}) \right] * F$$

Donde el grado de deterioro o valor de deducción de un pavimento es función del tipo de falla encontrada (T), la severidad que esta falla presenta (S) y del área que ocupa en la superficie evaluada (D) expresado en porcentaje.

Una evaluación puede presentar “i” tipos de falla de “j” grado de severidad. De estas fallas podrán presentarse un total de “p” número de fallas en el pavimento analizado. Las fallas pueden presentar magnitud leve, moderada o severa y para ello “mi” será el grado de severidad para la falla “i”. Finalmente “F” corresponde a un factor de ajuste, en función a las fallas representativas que aportan a la degradación del pavimento.

El diagrama de flujo que se presenta en la figura 2.16, muestra esquemáticamente los pasos necesarios para determinar el PCI. El gráfico adjunto presenta la escala de valores asociados a un comportamiento del pavimento.



PASOS PARA EL CALCULO DEL PCI

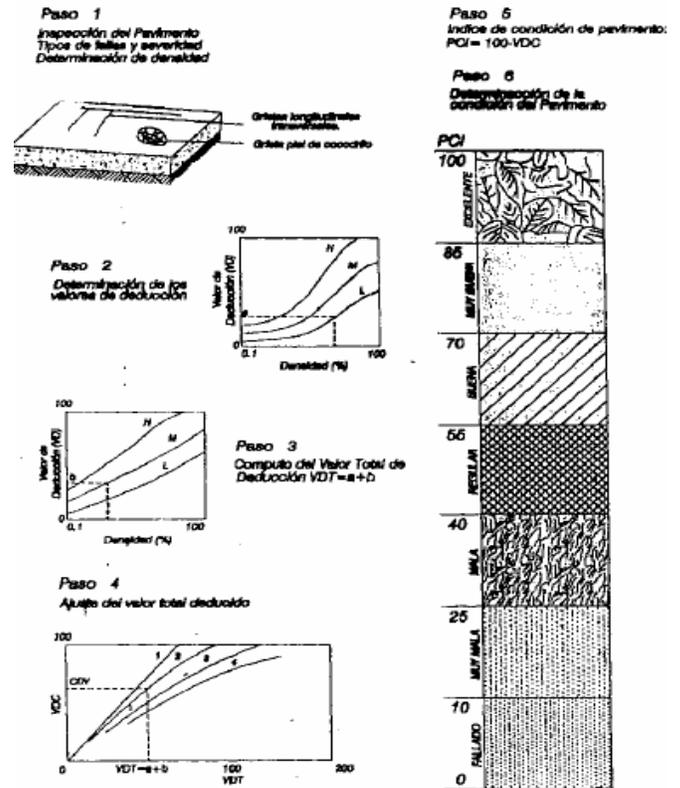


Figura 2.16 Diagrama de Flujo del Método del PCI

Fuente: Gutiérrez J. “Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú”. Lima, Perú, 2007.

Existen dos procedimientos para realizar la inspección del pavimento. En ambos casos debe dividirse la sección del pavimento en unidades de áreas trabajables, pudiendo ser 225 m² cada una si el tamaño de trabajo lo permite.

El primer procedimiento requiere evaluar todas las unidades; el segundo, tan sólo una muestra escogida aleatoriamente.

Cada unidad es cuidadosamente inspeccionada y los datos referentes a cada tipo de falla son anotados en una planilla de evaluación.

La inspección de todas las unidades de una sección, resulta costosa y requiere algún tiempo y recursos. El método puede contemplar un plan de muestreo estadístico para determinar el PCI mediante la inspección de una muestra de la sección sin producir pérdida significativa de precisión.

El número mínimo de unidades a ser evaluadas (n) se determina mediante la ecuación siguiente:

$$n = N \sigma^2 / (e^2 / 4(N - 1) + \sigma^2)$$

Dónde:

n: Número de unidades de muestras a evaluar.

N: Número total de unidades de muestras en la sección (mínimo 5 unidades).

e: Error permisible en determinación del PCI (recomendable 5 puntos del PCI).

σ : Desviación estándar del PCI en las unidades de la sección. (asume 10).

La ecuación provee un 95% de confianza en que el PCI estará dentro de +/- "e" del valor real, cuando se emplea un número n de muestras. El valor mínimo de "N" es 5 unidades. Una vez determinado el número de unidades a ser evaluadas, éstas deben escogerse empleando uno de los dos procedimientos sugeridos por el método. Para el mismo ejemplo antes indicado, esto sería:

- Dividir el total de unidades, (100), en 7 grupos iguales o similares. En este caso 6 secciones de 14 unidades y una de 16, ó 5 de 14 y 2 de 15. Luego se escogen aleatoriamente 2 unidades de cada grupo para un total de 14. Igualmente pudieran formarse 14 grupos y escoger aleatoriamente una sección de cada grupo.
- El segundo procedimiento denominado "Sistemático" consiste en evaluar unidades uniformemente espaciadas, siempre que la primera sea escogida aleatoriamente. Por ejemplo, se escoge la primera unidad entre 1 y 7,

digamos 5, y de esta forma se evalúan la 5, 12, 19, 26, etc., hasta completar las 14 sugeridas.

Existe una variedad de catálogos de fallas, propuestos por instituciones respetables, a lo cual se le asocia un sistema de evaluación. Para la determinación del valor del PCI, se desarrolla el método empleando el catálogo mostrado en la Tabla 2.1, que muestra el número de falla, una breve descripción de la falla y la unidad empleada para el relevamiento. En este caso se deberá respetar la numeración asociada a la falla, que permitirá efectuar un proceso computarizado.

El relevamiento, registra información obtenida del campo y de la inspección visual. Estas características corresponden a:

- Tipos de Falla: Cada falla en el pavimento evaluado debe ser clasificada dentro de los distintos tipos de falla descritos en el método y según se muestra en el catálogo.
- Severidad de Falla: En vista de las variaciones de severidad que presentan los tipos de fallas, se han descrito los diferentes niveles contemplados en el método para cada una de ellas.
- Valor de Deducción: Estos valores (VD) son determinados en función del tipo de falla, su severidad y su densidad en el pavimento.

Tabla 2.1 Catálogo de fallas para el método PCI

FALLA N°	DESCRIPCION	UNID.
1	Grieta piel de cocodrilo	m ²
2	Exudación de asfalto	m ²
3	Grietas de contracción (bloque)	m ²
4	Elevaciones – Hundimiento	m
5	Corrugaciones	m ²
6	Depresiones	m ²
7	Grietas de borde	m
8	Grietas de reflexión de juntas	m
9	Desnivel calzada – berma	m
10	Grietas longitudinal y transversal	m
11	Baches y zanjas reparadas	m ²
12	Agregados pulidos	m ²
13	Huecos	N°
14	Cruce de rieles *	m ²
15	Ahuellamiento	m ²
16	Deformación por empuje	m ²
17	Grietas de deslizamiento	m ²
18	Hinchamiento	m ²
19	Disgregación y desintegración	m ²

* Reemplazar por acceso de puentes, pontones y rejillas de drenaje

Fuente: Gutiérrez J. “Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú”. Lima, Perú, 2007.

El valor del PCI de la sección del pavimento evaluado, se obtiene determinando el promedio de los valores de las unidades evaluadas. Los pasos a seguir para determinar el valor del PCI de cada unidad son:

- Determinar los datos correspondientes a cada tipo de falla (severidad y frecuencia) y su forma de medición.
- Determinar los valores de deducción (VD), para cada falla y severidad mediante las figuras que presenta el método.
- El valor total de deducción (VTD = Sumatoria de VD) es corregido para obtener VDC (Valor de deducción corregido).
- Finalmente el PCI = 100 – VDC

2.2.2.3 Índice de serviciabilidad presente (PSI)

El índice de Serviciabilidad Presente del Pavimento o Present Serviceability Index (PSI) tal como su nombre lo indica, se refiere a la condición actual del pavimento. Se trata de un parámetro que correlaciona, mediante análisis de regresión matemática, lo siguiente: la opinión de un panel de expertos en lo referente a la calidad del rodaje, la cual sirvió para generar el concepto de Pavement Serviceability Rating (PSR) basado en encuestas como la que se muestra en la figura 2.18; la condición superficial del pavimento definida en términos de la rugosidad del pavimento (utilizando rugosímetros y/o perfilómetros) y evaluaciones visuales que reportan sobre la presencia de grietas, baches y ahuellamiento. Es por ello que el PSI representa la condición del Pavimento en el momento en que se realiza su evaluación, por lo que el mismo varía con el paso del tiempo.

5 _____ EVALUADOR _____
4 _____ CARRETERA _____
3 _____ SECCION Nº _____
2 _____ FECHA _____
1 _____
0 _____

MUY BUENO
BUENO
REGULAR
MALO
MUY MALO

¿Cuál el Formato de Calidad Aceptable?
SI -----
NO -----
INDECISO -----

OBSERVACIONES: _____

Figura 2.18 Plantilla de evaluación para el Present Serviceability Rating (PSR)

Fuente: Corros M., Urbáez E. y Corredor G. "Manual de herramientas para la evaluación funcional y estructural de pavimentos flexibles". Lima, Perú, 2009.

El PSI varía en una escala que se desarrolla entre 0 (pavimento con condición superficial muy pobre) y 5 (pavimento con condición superficial “perfecta”) como se aprecia en la Figura 2.19; es un indicador de gran utilidad, ya que dentro de esquemas de gerencia de pavimentos permite la definición de prioridades y programas de mantenimiento a nivel red, razón por la cual el mismo fue incorporado por la AASHTO en los años ochenta en los procedimientos de diseño de nuevos pavimentos y de la rehabilitación de los mismos, mediante la incorporación de la variable Δ PSI con la cual es posible considerar la variación de la serviciabilidad de un pavimento desde el inicio de su vida de servicio hasta el nivel de serviciabilidad que el proyectista considera de falla (o inaceptable) dependiendo de la importancia de la vía.

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

Figura 2.19 Clasificación de la condición superficial de pavimento
Fuente: (Adaptación de The Little Book of Profiling”. Michigan –USA, 1998.)

De la experiencia se determinó que la rugosidad o deformaciones longitudinales, es el parámetro que tiene mayor incidencia en la determinación del PSI, tal como se muestra en la figura 2.20, razón por la cual han surgido varios procedimientos para su determinación, basados en mediciones topográficas y/o en el empleo de equipos que registran dichas deformaciones longitudinales.

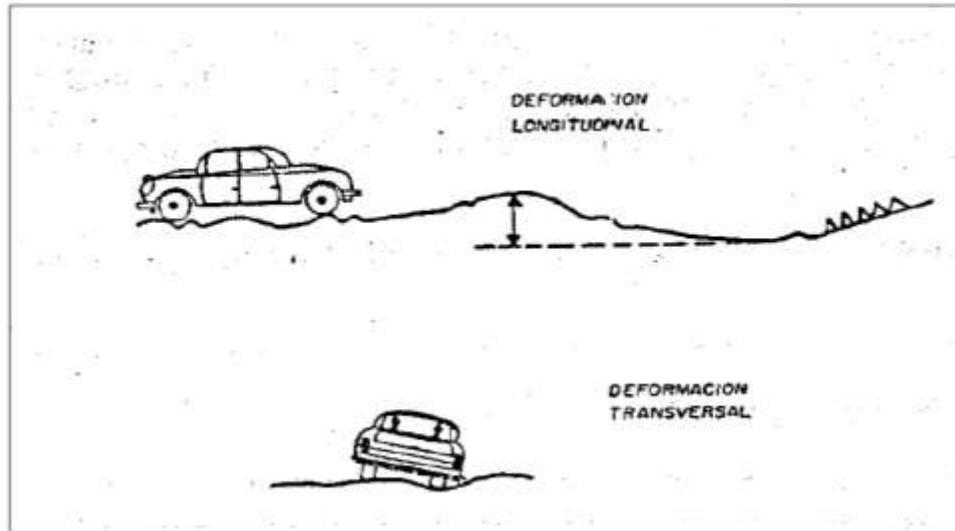


Figura 2.20 Present Serviceability Index (PSI)

Fuente: Corros M., Urbáez E. y Corredor G. “Manual de herramientas para la evaluación funcional y estructural de pavimentos flexibles”. Lima, Perú, 2009.

La Ecuación Original AASHTO para la determinación del Índice de Serviciabilidad de Pavimentos Flexibles es la siguiente:

$$PSI = 5.03 - 1.9 \log(1+SV) - 1.38 RD^2 - 0.01 (C+P)^{0.5}$$

Dónde:

SV = varianza de las deformaciones de la pendiente longitudinal cada 30 cm.

RD = promedio aritmético de las deformaciones transversales o ahuellamiento en ambas huellas, medido con regla de 3 m. (pulgadas).

C = Grietas mayores de 1000 pie²

P = Baches reparados en 1000 pie²

2.2.2.4 Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

El concepto de rugosidad está definido como la desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de manejo, cargas dinámicas y el drenaje, por ejemplo, el perfil longitudinal, perfil transversal. Así queda indicado en la norma de ensayo ASTM E 867-06 “Standard Terminology Relating to Vehicle-Pavement Systems”.

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

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

Este índice fue definido de la siguiente manera: “El IRI resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie de camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la rugosidad del camino en un auto de pasajeros típico, está definido por el valor de referencia de la pendiente promedio rectificadas

(RARS80, “Reference Average Rectified Slope”, razón entre el movimiento acumulado de la suspensión y la distancia recorrida) producto de la simulación del modelo de cuarto de carro, (RQCS, “Reference Quarter Car Simulation”), para una velocidad de desplazamiento de 80 km/h”.

En términos más sencillos, el IRI es un modelo matemático, el cual calcula el movimiento acumulado en la suspensión de un vehículo de pasajeros típico, al recorrer una superficie del camino a una velocidad de 80 km/h.

2.2.2.4.1 Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional

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

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

Al nuevo perfil generado se le aplica un segundo filtro, el cual consiste en la aplicación de un modelo de cuarto de carro (Figura 2.21), que se desplaza a una velocidad de 80 km/h, a través de este se registran las características asociadas al camino basadas en los desplazamientos verticales inducidos a un vehículo

estándar, el cual es modelado de forma simplificada como un conjunto de masas ligadas entre sí y con la superficie de la carretera mediante resortes y amortiguadores. El movimiento sobre el perfil de la carretera produce desplazamientos, velocidades y aceleraciones en las masas que nos lleva a medir los movimientos verticales no deseados atribuibles a la irregularidad del camino.

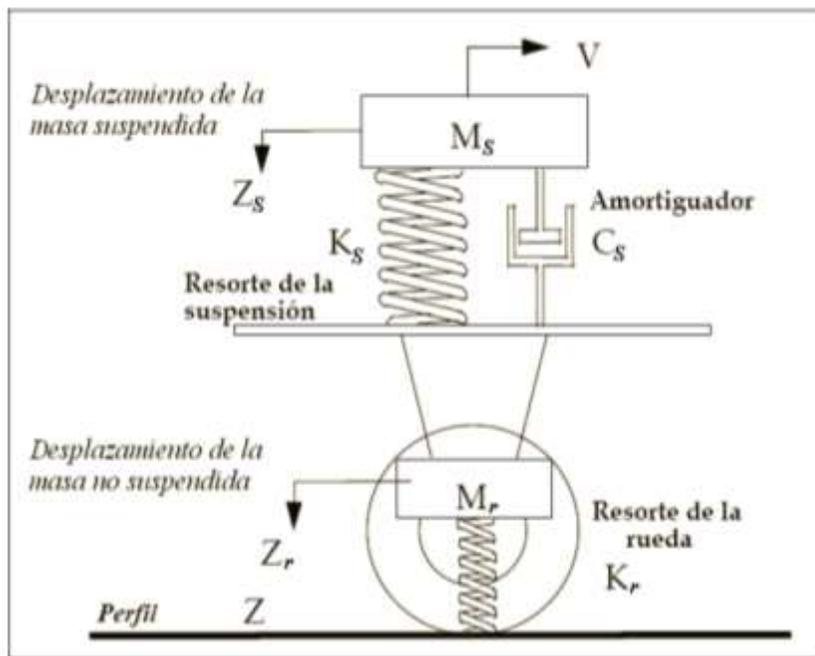


Figura 2.21 Modelo de Cuarto carro

Fuente: Águila P. “Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos con equipo de bajo costo y gran precisión”. Lima, Perú, 2010.

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

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

$$k_2 = \frac{K_s}{M_s} = 63,3 \quad k_1 = \frac{K_r}{M_s} = 653 \quad c = \frac{C_s}{M_s} = 6 \quad \mu = \frac{M_r}{M_s} = 0,15$$

Donde:

Ks: constante del resorte de la suspensión

Kr: constante del resorte de la rueda

Ms: masa suspendida

Mr : masa no suspendida

Cs: amortiguador

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

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

Para caminos pavimentados el rango de la escala del IRI es de 0 a 12 m/km, donde 0 representa una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable; para vías no pavimentadas la escala se extiende hasta el valor de 20.

El perfil real de una carretera recién construida tiene un estado cero, pero se define por su IRI inicial mayor a cero, debido principalmente a que alcanzar valores de IRI = 0 es sumamente difícil desde el punto de vista constructivo.

Una vez puesta en servicio, la regularidad del pavimento se modifica lentamente en función del paso del tránsito. A partir del estudio realizado por el Banco Mundial, se propuso una escala general de los valores de la regularidad superficial para diferentes tipos de vías, tal como se muestra en la Figura 2.22.

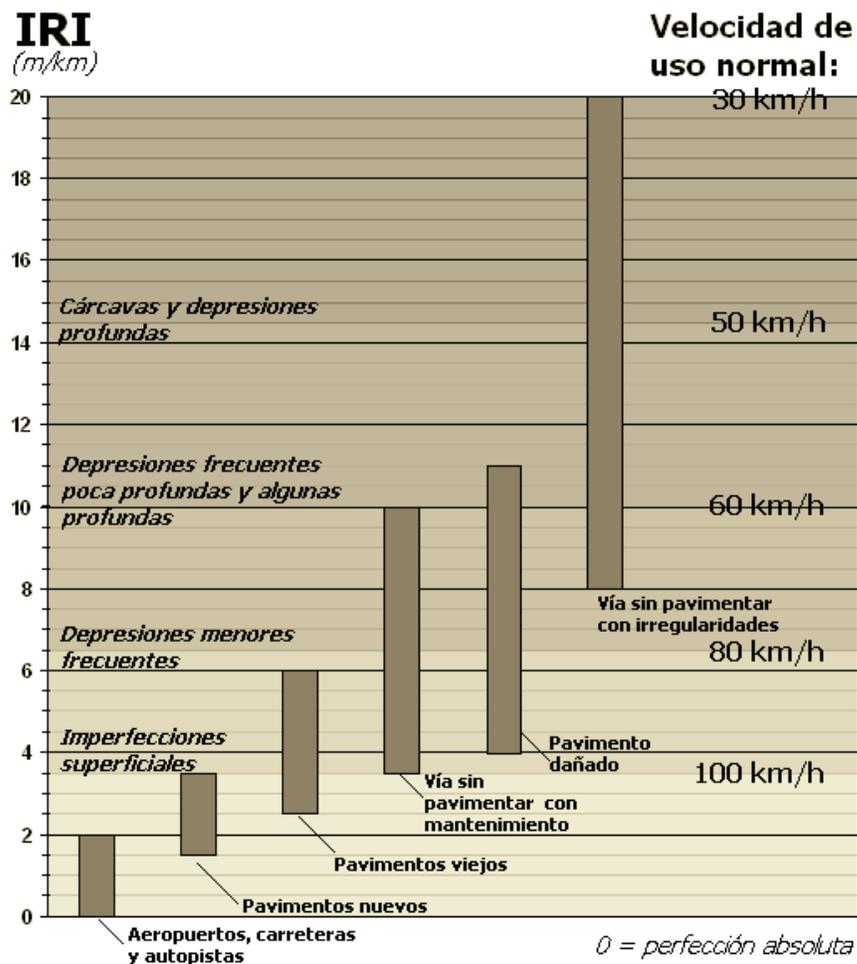


Figura 2.22 Escala estándar empleada por el Banco Mundial para la cuantificación del IRI para diferentes tipos de vías

Fuente: Badilla A. "Determinación de la regularidad superficial de pavimentos mediante el cálculo del índice de regularidad internacional". San Jose, Costa Rica, 2008

La determinación analítica de la rugosidad se ha efectuado utilizando la expresión aproximada establecida por Sayers, que relaciona la Rugosidad con el Índice de Serviciabilidad. Esta correlación se desarrolló usando los datos obtenidos en el Ensayo Internacional sobre Rugosidad de Caminos, realizado en Brasil en el año de 1982.

Se tiene así la expresión:

$$R = 5.5 \text{ Ln } (5.0/\text{PSI})$$

Dónde:

R: Rugosidad en IRI (International Roughness Index en m/km)

PSI: Índice de Serviciabilidad.

La transitabilidad de la vía o la calificación de la calidad del servicio que brinda en un momento determinado, se evalúa en función de los valores de PSI calculados⁶.

2.2.2.4.2 Equipos de medición del IRI

De acuerdo con la clasificación del Banco Mundial los métodos para la medición de la rugosidad se agrupan en 4 clases, siendo los de Clase 1 los más exactos (Mira y Nivel, TRRL Beam, perfilómetros estáticos). La Clase 2 agrupa a los métodos que utilizan los perfilómetros estáticos y dinámicos, pero que no cumplen con los niveles de exactitud que son exigidos para la Clase 1. Los métodos Clase 3 utilizan ecuaciones de correlación para derivar sus resultados a la escala del IRI (Bump integrator, Mays meter). Los métodos Clase 4 permiten obtener resultados meramente referenciales y se emplean cuando se requieren únicamente estimaciones gruesas de la rugosidad⁷, tal como se muestra en la Tabla 2.2.

⁶ Gutiérrez J. "Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú", Lima – Perú 2007.

⁷ Sayers M., Gillespie T. y Paterson W. "Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements", Washington DC - U.S.A.1986.

Tabla 2.2 Clasificación de Equipos de medición del IRI

CLASIFICACIÓN DE EQUIPO	CLASIFICACIÓN SEGÚN BANCO MUNDIAL, BOLETÍN TÉCNICO N° 46	CLASIFICACIÓN SEGÚN ASTM E-950-98	
	REQUERIMIENTOS	INTERVALOS LONGITUDINALES DE ALMACENAMIENTO DE DATOS	RESOLUCIÓN DE MEDICIONES VERTICALES
Clase 1	Perfílometros de precisión. Requiere que el perfil longitudinal de un camino sea medido como una serie de puntos de elevación equidistantes a través de la huella o rodера de la vía para calcular el IRI. Esta distancia no debería superar los 0.25 mm y la precisión en la medición de la elevación debería de ser 0.5 mm para pavimentos que posean valores de IRI entre 1 y 3 m/km para pavimentos con valores de IRI entre 10 y 20 m/km.	Menor o igual a 25 mm.	Menor o igual a 0.1 mm.
Clase 2	Otros métodos perfilométricos. Requieren una frecuencia de puntos de perfil, no superior a 0.5 m y una precisión en la medición de la elevación comprendida entre 1.0 mm para pavimentos que posean valores de IRI entre 1 y 3 m/km y 6.0 mm para pavimentos con valores de IRI entre 10 y 20 m/km.	Mayor que 25 mm. hasta 150 mm.	Mayor que 0.1 mm. hasta 0.2 mm.
Clase 3	IRI estimado mediante ecuaciones de correlación. La obtención del perfil longitudinal se hace mediante equipos tipo respuesta (RTRRM), los cuales han sido calibrados previamente con perfilómetros de precisión mediante ecuaciones de correlación.	Mayor que 150 mm. hasta 300 mm.	Mayor que 0.2 mm. hasta 0.5 mm.
Clase 4	Estimaciones subjetivas y mediciones no calibradas. Incluyen mediciones realizadas con equipos no calibrados, estimaciones subjetivas con base en la experiencia en la calidad de viaje o inspecciones visuales de las carreteras.	Mayor que 300 mm	Mayor que 0.5 mm

Fuente: Washington Department of Transportation, en línea internet. 01 de Mayo 2005

Existen diversos equipos de medición de rugosidad, entre los cuales podemos mencionar los más comunes:

a) Perfilómetro láser

El perfilómetro láser es un equipo basado en la medida de distancias por medio de láser y acelerómetros inerciales, preparado para registrar los perfiles longitudinales y transversales de las carreteras, así como para tomar simultáneamente datos de textura, tal como se muestra en la Figura 2.23.

Las mediciones se realizan con el vehículo circulando totalmente integrado en el tráfico.

En la actualidad existen versiones que pueden realizar mediciones con velocidades de circulación menores a 20 km/h sin que pueda generarse alteración alguna de los resultados.

Estos equipos, dependiendo del modelo y proveedor permiten:

- Obtener distintos índices de rugosidad superficial de los firmes, haciendo posible la auscultación sistemática de la red de carreteras.
- Detectar problemas relacionados con la regularidad transversal de los firmes (ahuellamientos, zonas de posible formación de charcos, etc.).
- Determinar de manera continua la profundidad de textura.
- Obtener el perfil longitudinal del camino.
- Se pueden georeferenciar los resultados, puesto que también dispone de un equipo autónomo de posicionamiento global (GPS).

El perfil y la profundidad de textura se pueden obtener simultáneamente o cada uno por separado.



Figura 2.23 Equipo de Clase I: Perfilómetro Láser de la marca SSI

Fuente: Montoya J. “Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú”. Lima, Perú 2013

b) El walking profiler

Es un equipo basado en la medida de distancias por medio de acelerómetros inerciales, preparado para registrar los perfiles longitudinales de las carreteras, o en todo caso el perfil longitudinal de cualquier superficie que se desee medir. La portabilidad del equipo, permite que las mediciones se realicen a paso de caminata, puesto que el dispositivo solo requiere ser empujado por una persona para que vaya acumulando información en función a su desplazamiento. En la actualidad existen versiones que integran una computadora portátil al dispositivo a fin de realizar los procesamientos en campo, tal como se muestra en la Figura 2.24.

Estos equipos, dependiendo del modelo y proveedor permiten:

- Obtener distintos índices de rugosidad superficial de los firmes, haciendo posible la auscultación sistemática de la red de carreteras.
- Alta precisión en la obtención del perfil longitudinal de evaluación.
- Se pueden georeferenciar los resultados, puesto que también dispone de un equipo autónomo de posicionamiento global (GPS).



Figura 2.24 Equipo de clase I: Walking Profiler de la marca SSI

Fuente: Montoya J. “Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú”. Lima, Perú 2013

c) Merlin

El Merlín o MERLÍN (acrónimo de la terminología inglesa Machine for Evaluating Roughness using Low-cost Instrumentation) es un equipo desarrollado por el Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL), cuyo diseño se basa en el principio del perfilómetro estático, tal como se muestra en la Figura 2.25.

En simples palabras, utiliza 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 lo cual 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.

El Merlín es un equipo que consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal. Uno de los elementos verticales es una rueda donde

una vuelta de la rueda es 2.15 m. En la parte central del elemento horizontal se proyecta una barra vertical cuyo extremo inferior pivota un brazo móvil; en el extremo inferior, se ubica un patín empernado ajustable mientras que en el extremo superior se ubica el puntero, siendo la relación de brazo entre los segmentos pivote-extremo, de 1:10. En cada vuelta de la rueda se realiza una observación de acuerdo a la posición del puntero hasta completar las 200 observaciones.

Durante la recolección de datos, se va llenando un histograma de distribución de frecuencias con los resultados de 200 mediciones, posteriormente se eliminan los datos que corresponden a errores (10 datos de cada cola del histograma).

Para relacionar la rugosidad determinada con el Merlín con el Índice de Rugosidad

Internacional (IRI), que es el parámetro utilizado para uniformizar los resultados provenientes de la gran diversidad de equipos que existen en la actualidad, se utilizan las siguientes expresiones:

- a. Cuando $2.4 < IRI < 15.9$, entonces $IRI = 0.593 + 0.0471 D$
- b. Cuando el $IRI < 2.4$, entonces $IRI = 0.0485 D$



Figura 2.25 Equipo de clase II: Merlin (TRRL)

Fuente: Montoya J. “Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú”. Lima, Perú 2013

d) Perfilógrafo California

El Perfilógrafo California permite obtener el perfilograma o perfil longitudinal de la superficie de rodadura y determinar a partir de él el índice de perfil de pavimento, tal como se muestra en la Figura 2.26. El equipo se encuentra formado por un arco metálico rígido, unos carros de carga ubicados en los extremos del marco, una llanta censora neumática y una consola de registro.

Las pruebas consisten en medir las irregularidades en la superficie mediante el registro de datos de variaciones entre la rueda principal central respecto a las ruedas de apoyo que forman una línea recta referencial, estas variaciones son registradas dentro de un

perfilograma; cabe indicar que los tramos de medición no deben de ser menores a 200 metros. Para calcular el índice de perfil de pavimento, se suman todas protuberancias mayores de 10 mm dividido sobre la longitud de evaluación y multiplicado por 1000; las unidades con las que se presenta el coeficiente obtenido serán en cm / Km.

La desventaja principal de este equipo es que mediante su utilización no se puede obtener valores IRI de superficies.



Figura 2.26 Equipo de clase II: Perfilógrafo California

Fuente: Montoya J. "Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú". Lima, Perú 2013

e) Bump Integrator

El Bump Integrator es uno de los diversos dispositivos disponibles en el mercado los cuales son conocidos también como dispositivos del tipo respuesta o Response-type Road Roughness Measuring System (RTRRMS). Estos, van montados sobre la carrocería de un vehículo con un dispositivo adherido al eje posterior y conectado a través de un cable, tal como se muestra en la Figura 2.27. Las variaciones (movimientos hacia arriba y hacia abajo) entre el eje posterior y la carrocería son cuantificadas para un intervalo de longitud las cuales representan a las variaciones diferenciales de las masas m_1 y m_2 que forman parte de la teoría de la ecuación del cuarto de coche mencionado anteriormente. Para la recolección de datos, el vehículo se desplaza sobre la superficie a evaluar a una velocidad constante de 40 km/h donde las irregularidades que puedan presentarse producirán movimientos perpendiculares, estos movimientos son interpretados y cuantificados mediante un dispositivo contador, cuyo valor es

recolectado para una posterior conversión a unidades de IRI (m/Km) mediante una ecuación de correlación.

Para esta correlación es necesaria la comparación de resultados entre el Bump Integrator y algún equipo de clase I o II en las conocidas pistas de calibración.

Por otro lado, los vehículos dependiendo del modelo y la marca poseen dinámicas particulares, por esta razón el Bump Integrator recolecta la información de las particularidades de cómo se mueve el vehículo y por lo tanto, las lecturas pueden puede contaminarse con otros tipos de movimiento ajenos al desplazamiento en la pista. Es entonces que una desventaja aparece al momento de querer comparar dos sistemas vehículo –dispositivo para una misma pista; puesto que por las características anteriormente descritas, no pueden ser reproducibles (no son iguales). Asimismo y por esta razón, las medidas realizadas con equipos del tipo respuesta no pueden ser comparadas con los realizados años anteriores.



Figura 2.27 Equipo de clase III: Bump Integrator

Fuente: Montoya J. “Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú”. Lima, Perú 2013

f) Roughometer II

El Roughometer II (así como el Bump Integrator) es un dispositivo clasificado dentro de la Clase III por poseer tecnología de funcionamiento calificado dentro de los dispositivos del tipo respuesta o Response-Type Road Roughness Measuring System(RTRRMS).

El equipo está conformado por los siguientes dispositivos: uno portátil denominado controlador, mediante el cual se administra la ejecución de la medición y el almacenamiento digital de la información, tal como se muestra en la Figura 2.28; este dispositivo está conectado con el sensor de rugosidad y el odómetro rotatorio mediante el módulo de interfaz. Tanto el controlador como el módulo de interfaz van instalados en la cabina, mientras que el sensor de rugosidad va instalado en el eje posterior del vehículo, cercano a la rueda izquierda. Conforme el vehículo recorre la vía a una velocidad uniforme entre 50 a 60 km/hr , el sensor de rugosidad percibe las vibraciones inducidas al eje, como consecuencia de la calidad de rodado, las cuales son enviadas mediante codificación al controlador, el que se encarga de almacenar la información.



Figura 2.28 Equipo de clase III: Roughometer II

Fuente: Montoya J. “Análisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Perú”. Lima, Perú 2013

2.2.2.4.3 Antecedentes de medición del IRI en el Perú

Las primeras mediciones de rugosidad en el Perú se realizaron a mediados del año 1992 a partir de evaluaciones con el Merlín, equipo cuya utilización fue promocionada dentro del país por consultores externos con la intención de satisfacer los requerimientos solicitados por el Banco Mundial que en ese entonces trabajaba por implementar el concepto de gestión en la administración de caminos en los países subdesarrollados. Por otro lado, es importante mencionar que fue el Merlín el equipo que se utilizó para realizar el primer estudio de rugosidad en el país.

Algunos años después, el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (llamado así en ese entonces) adquirió un Bump Integrator para implementarse en los controles de calidad y aceptación de obras, así como en la definición de estrategias de mantenimiento y los programas de monitoreo de las redes viales. Sin embargo, era muy complicado mantener las mismas condiciones vehículo – dispositivo que asegure la repetitividad de las mediciones.

En el año 1994, el estado peruano, actuando a través del Ministerio de Transportes y Comunicaciones otorgó el primer proyecto de concesión que comprendía la rehabilitación y mantenimiento del tramo Arequipa – Matarani, así como la explotación y administración general. Para esta concesión se estableció como control de la rugosidad el uso de la metodología denominada IRI promedio, el cual consiste en dar un solo valor que resulta del promedio de todo el tramo.

Poco después, en octubre del año 1995 mediante el Proyecto Especial de Rehabilitación de la Infraestructura de Transportes (PERT), se dio a conocer las nuevas especificaciones técnicas para rugosidad, las cuales fueron incluidas como parte de control para la recepción de la obras; en donde se menciona que la rugosidad de los pavimentos se deberá controlar calculando un parámetro denominado IRI característico (IRI_c) el cual es igual al IRI promedio más el

producto de 1.645 por la desviación estándar. En tal sentido, el control para la recepción de las obras quedaba establecido en: 1) IRIc menor o igual a 2.0 m/km para pavimentos de nueva construcción, 2) IRIc menor o igual a 2.5 m/km para tramos de refuerzo de pavimentos y 3) IRIc menor o igual a 3.0 m/km en tramos de sellado de pavimento existente.

A partir de la implementación de las especificaciones técnicas generales para la construcción de las carreteras EG-2000, se establecieron para el país controles de recepción del IRI en función al tipo de superficie construido: 2.0 m/Km para mezcla asfáltica en caliente y lechadas asfálticas, 2.5 m/Km para tratamientos superficiales y 3,0 m/Km para pavimentos de concreto hidráulico.

En el año 2004, como parte de la implementación de la sistematización de la oficina de gestión de carreteras de PROVÍAS NACIONAL hacia la búsqueda de optimizar la gestión de la administración del mantenimiento, se realizó una medición de rugosidad de casi 9,000 km-calzada de la red vial nacional asfaltada mediante el uso de un perfilómetro laser de la marca Dynatest, el cual fue adquirido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para dicho fin y asegurar la repetitividad de los monitoreos a futuro. Al respecto, esta información fue recolectada y utilizada para alimentar la base de datos del inventario vial calificado y para dar a conocer el valor patrimonial que tenía la red vial nacional asfaltada hasta ese momento. Lo particular de la medición fue que el dispositivo lograba almacenar la información obtenida por huellas por cada 200 metros de recorrido y, se utilizó como metodología de medición de rugosidad el promedio aritmético de las mismas. Cabe mencionar que era la primera vez que en el país se utilizaba tecnología de clase 1 para la medición de rugosidad.

En la actualidad, con la implementación de las políticas de privatización a través de las concesiones de las redes viales, otras metodologías de medición de rugosidad así como umbrales admisibles fueron apareciendo y diversificándose.

Es así que para la gestión del control de la rugosidad en las concesiones viales aparece una principal regla de juego: la metodología de control y el umbral admisible.

Respecto al consolidado de exigencias de rugosidad en concesiones viales en el Perú (Ver Tabla 2.3), puede mencionarse que ha ido cambiando sin tomar en cuenta consideraciones importantes respecto a la exigencia hacia el concesionario y el beneficio que pueda generar a la población⁸.

Tabla 2.3 Consolidado de exigencias de rugosidad en concesiones viales en el Perú

CONCESIÓN	Año	Metodología	IRI				
			Obras Nuevas	Operación	Tolerancia	IMD (veh/día)	Velocidad de diseño (Km/h)
Arequipa - Matarani	1994	IRI promedio	2.0	2.0	No	2,500	60
Red Vial N° 5	2003	IRI promedio	3.5	3.5	No	3,500	75
Red Vial N° 6	2005	IRI promedio	2.0	3.0	20% y 15%	4,500	75
IIRSA norte, IIRSA sur, tramos 2,3 y 4	2006	IRI Media deslizante	2.5 / 3.5	3.5 / 4.0	20% y 15%	400	50
IIRSA sur tramos 1 y 5	2007	IRI Media deslizante	2.0 / 2.5	3.5 / 4.0	No	400	50
Buenos Aires - Canchaque	2007	IRI Media deslizante	2.5 / 3.0	3.5 / 4.0	No	200	50
Autopista del Sol	2009	IRI Media deslizante	2.0	3.5	No	3,000	75
IIRSA centro T-2	2010	IRI Media deslizante	2.0	3.5	No	4,000	50

Fuente: Obando, W., “Adaptación de la Ponencia Gestión de Conservación de Carreteras por Niveles de Servicio”, Perú, 2009.

⁸ Del Aguila, P. “Experiencias y resultados obtenidos en la evaluación de la rugosidad de más de 3,000 km. de pavimentos en el Perú y otros países”, Perú, 1999

2.2.2.5 Ciclo de vida “fatal” de los caminos

Los caminos sufren un proceso de deterioro permanente debido a los diferentes agentes que actúan sobre ellos, tales como: el agua, el tráfico, la inestabilidad de taludes, etc. Estos elementos afectan al camino, en mayor o menor medida, pero su acción es permanente y termina deteriorándolo a tal punto que lo puede convertir en intransitable.

El deterioro de un camino es un proceso que tiene diferentes etapas, desde una etapa inicial, con un deterioro lento y poco visible, pasando luego por una etapa crítica donde su estado deja de ser bueno, para deteriorarse rápidamente, al punto de la descomposición total. Por tanto, el mantenimiento no es una acción que puede efectuarse en cualquier momento, sino más bien es una acción sostenida en el tiempo, orientada a prevenir los efectos de los agentes que actúan sobre el camino, extendiendo el mayor tiempo posible su vida útil y reduciendo las inversiones requeridas a largo plazo.

2.2.2.6 Fases de deterioro de la vía

En algunos países en desarrollo, los caminos están sometidos a un ciclo, por sus características, ha adquirido la condición de fatal. Ese ciclo consta de cuatro fases como se muestra en el Gráfico 2.1, las cuales se describen a continuación:

a) Fase A: Construcción

Un camino puede ser de construcción sólida o con algunos defectos. De todos modos entra en servicio apenas se termina la obra, o incluso está en funcionamiento mientras se realiza la rehabilitación o mejoramiento.

El camino se encuentra, en ese momento, en excelentes condiciones para satisfacer plenamente las necesidades de los usuarios. (Punto A del Gráfico 2.1).

b) Fase B: Deterioro lento y poco visible

Durante un cierto número de años, el camino va experimentando un proceso de desgaste y debilitamiento lento, principalmente en la superficie de rodadura, aunque, en menor grado, también en el resto de su estructura.

El desgaste se produce en proporción al número de vehículos livianos y pesados que circulan por él, aunque también por la influencia del clima, las precipitaciones o aguas superficiales y otros factores. Por otro lado, la velocidad del desgaste depende también de la calidad de la construcción inicial.

Para disminuir el proceso de desgaste y debilitamiento, es necesario aplicar, con cierta frecuencia, diferentes medidas de conservación, principalmente en la superficie de rodadura y en las obras de drenaje, además de efectuar las operaciones rutinarias de mantenimiento.

Durante la fase B (ver Gráfico 2.1), el camino se mantiene en aparente buen estado y el usuario no percibe el desgaste, a pesar del aumento gradual de fallas menores aisladas. El camino sigue sirviendo bien a los usuarios y está en condiciones de ser conservado en el pleno sentido del término.

c) Fase C: Deterioro acelerado

Después de varios años de uso, la superficie de rodadura y otros elementos del camino están cada vez más “agotados”; el camino entra en un período de deterioro acelerado y resiste cada vez menos el tránsito vehicular.

Al inicio de esta fase, la estructura básica del camino aún sigue intacta y la percepción de los usuarios es que el camino se mantiene bastante sólido; sin embargo, no es así. Avanzando más en la fase C, se puede observar cada vez más daños en la superficie y comienza a deteriorarse la estructura básica, lo cual, lamentablemente, no es visible.

Los daños comienzan siendo puntuales y poco a poco se van extendiendo hasta afectar la mayor parte del camino. Esta fase es relativamente corta, ya que una vez que el daño de la superficie se generaliza, la destrucción es acelerada.

d) Fase D: Descomposición total

La descomposición total del camino constituye la última etapa de su existencia y puede durar varios años. Durante este período el paso de los vehículos se dificulta seriamente, la velocidad de circulación baja bruscamente y la capacidad del camino queda reducida a sólo una fracción de la original. En estas condiciones, los costos de operación de los vehículos suben de manera considerable y la cantidad de accidentes graves también aumenta.

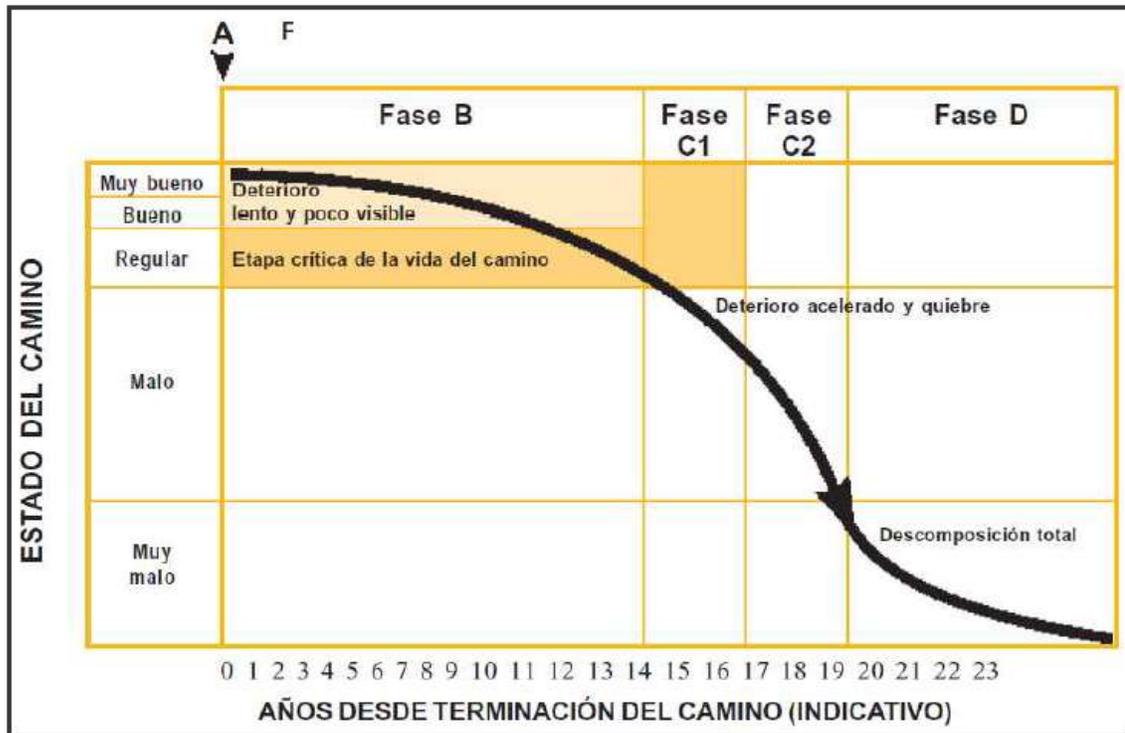


Gráfico 2.1 Condición de la vía sin mantenimiento

Fuente: Rodríguez R. "Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo". Ambato, Ecuador, 2011.

2.2.2.7 Ciclo de vida deseable

El proceso de ciclo de vida sin mantenimiento se le puede denominar “fatal”, porque conduce al deterioro total del camino, pero con la aplicación de un sistema de mantenimiento adecuado se puede llegar a mantener el camino dentro de un rango de deterioro aceptable, tal como se aprecia en el gráfico 2.2.

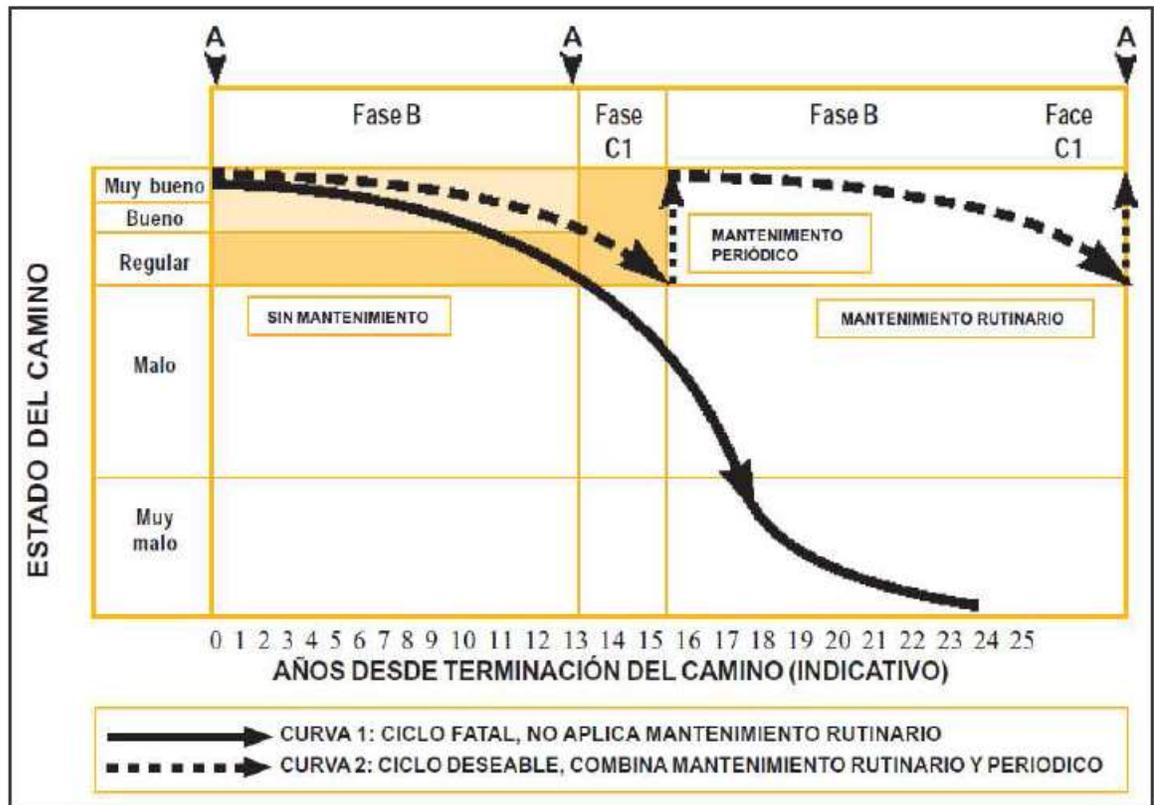


Gráfico 2.2 Condición de la vía con y sin mantenimiento

Fuente: Rodríguez R. “Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo”. Ambato, Ecuador, 2011.

El ciclo se inicia con un camino nuevo o recientemente rehabilitado, éste se encontrará en un estado óptimo de servicio. Pero el uso del camino va generando un desgaste “natural” del mismo, principalmente como consecuencia del flujo vehicular y de los factores climáticos.

Si la autoridad competente desarrolla un sistema de mantenimiento rutinario del camino, este desgaste tenderá a ser más lento y prolongará en el tiempo la necesidad de intervenir con un mantenimiento de tipo periódico.

Puede observarse que el mantenimiento rutinario prolonga el estado de conservación del camino en el nivel muy bueno y bueno por más tiempo, en comparación con el caso del camino al que no se le brinda este tipo de mantenimiento.

Cuando el camino llega a un estado regular, se hace necesario realizar un mantenimiento de tipo periódico, es decir reponer la capa de rodamiento.

De esta manera, se consigue que el camino se mantenga en un estado óptimo de conservación, con los beneficios consiguientes para el transporte.

2.2.2.8 Ciclo de vida fatal y deseable de una carretera

El siguiente diagrama de flujo (Figura 2.29) muestra el proceso que sigue un camino sin mantenimiento y otro con mantenimiento, en el que podemos apreciar que la falta de mantenimiento permanente conduce inevitablemente al deterioro total del camino, mientras que la atención constante del mismo mediante el mantenimiento rutinario, sólo requiere, cada cierto tiempo, trabajos de mantenimiento periódico.

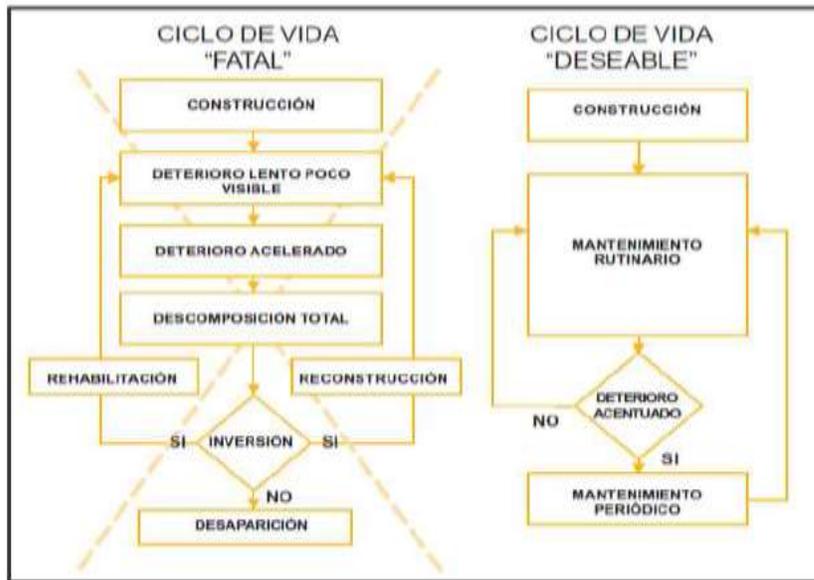


Figura 2.29 Diagrama de flujo del ciclo de vida "fatal" y deseable"

Fuente: Rodríguez R. "Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo". Ambato, Ecuador, 2011.

Se presenta un esquema del ciclo fatal del camino, tal como se aprecia en la Figura 2.30.

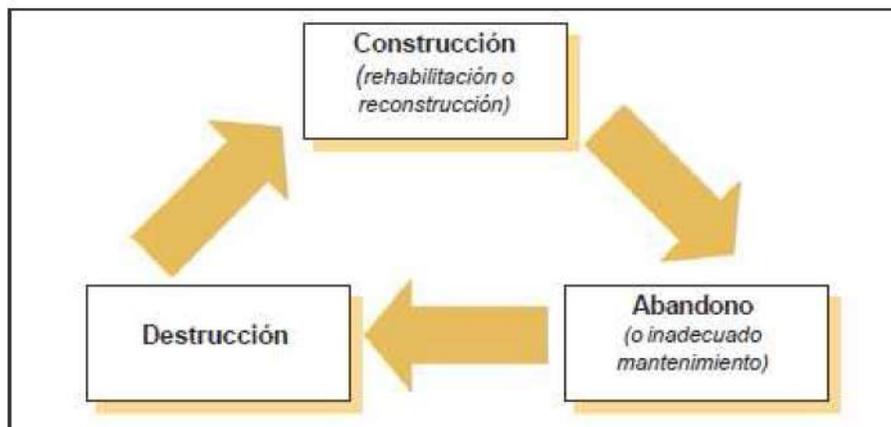


Figura 2.30 Diagrama del ciclo de vida "fatal" del camino.

Fuente: Rodríguez R. "Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo". Ambato, Ecuador, 2011.

Se presenta un esquema ideal de conservación, que consiste en combinar un adecuado mantenimiento rutinario con un mantenimiento periódico oportuno, tal como se aprecia en la figura 2.31.



Figura 2.31 Diagrama del ciclo de vida "deseable"

Fuente: Rodríguez R. "Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo". Ambato, Ecuador, 2011.

2.2.2.9 Aspectos que influyen en el deterioro de la vía

Los aspectos por los que una vía se deteriora, a más de una falta de mantenimiento vial adecuado y oportuno, se detallan a continuación, los cuales deberemos considerar para mantener nuestras vías en condiciones óptimas:

- Acción del medio sobre la carretera.
- Características del tránsito
- Defectos en los diseños.
- Defectos de construcción.

2.2.2.9.1 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.

2.2.2.9.2 Características del territorio

La fisiografía, la geología, la orografía, etc. y la existencia o no de 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.

a) 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.

b) Accesibilidad a 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.

c) Características del tránsito

El tránsito de vehículos sobre la carretera es el otro factor que impacta sobre la estructura de la carretera y, en especial, sobre la estructura del pavimento.

Aspectos como el número de vehículos que usará la carretera, sus características físicas y operativas, su peso bruto y sus pesos por ejes, incluso

la presión usada en sus neumáticos, tienen enorme influencia sobre el tipo de estructura de pavimento y sus características geométricas de la carretera.

2.2.2.9.3 Defectos en los diseños viales

Esta situación, es muy usual en países en vías en desarrollo, los cuales aplican diseños en muchos casos subdimensionados, dejando a la vía expuesta a un deterioro inmediato, pues no cuenta con la capacidad necesaria para soportar las condiciones reales del proyecto, por otro lado están estudios sobredimensionados, los cuales producen un gasto económico exagerado a las entidades administradoras.

Otro de los factores que influyen en los defectos viales, es la escasa información histórica, que se cuenta de las vías, en relación de su tráfico, estado de la sub rasante, condiciones climáticas y materiales empleados, y como resultado tenemos diseños mal elaborados, que producen como consecuencia el deterioro de la vía, pues sus condiciones de diseño, se encuentran muy lejos de las condiciones reales de la vía.

2.2.2.9.4 Defectos de construcción

Este es otro de los factores, que inciden en el deterioro de las condiciones óptimas de las vías, se debe principalmente a una falta de control de calidad, incumplimiento de especificaciones técnicas, y una mala fiscalización o supervisión de las obras. Lo cual da como resultado, obras, por debajo de los estándares de calidad, que obviamente conllevan a una mala calidad de la obra y a un pronto deterioro⁹.

⁹Rodríguez R. "Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo", Ambato-Ecuador, 2009

2.2.3 Aspectos Técnicos- Institucionales en caminos

2.2.3.1 Clasificación de la Red Vial

2.2.3.1.1 En el ámbito Nacional

Según el manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG 2001) aprobado por el MTC, se clasifica la Red Vial Nacional según su función, de acuerdo a la demanda o según sus condiciones orográficas, en la siguiente manera:

Según su función, la Red Vial Nacional se clasifica en tres grandes Rubros:

- a) Red Vial Primaria o Red Vial Nacional, que está conformada por carreteras que unen las principales ciudades de la nación con puertos y fronteras;
- b) Red Vial Secundaria o Red Vial Departamental, que está constituida por la red vial circunscrita principalmente en la zona de un departamento, división política de la nación o en zonas de influencia económica, éstas constituyen redes troncales departamentales;
- c) Red Vial Terciaria o Red Vecinal, que está compuesta por caminos troncales vecinales que unen pequeñas poblaciones.

De acuerdo a la Demanda, tenemos:

- a) Autopistas, carreteras con un IMDA superior a 4000 veh/día, de calzadas separadas, con uno o más carriles, con control total de accesos (ingreso y salida) que proporcional flujo vehicular completamente continuo.
- b) Carreteras Duales o multicarril, carreteras con un IMDA superior a 4000 veh/día, de calzadas separadas, con uno, dos o más carriles; con control parcial de accesos.
- c) Carreteras de 1ra Clase, son aquellas con un IMDA entre 4000 a 2001 veh/día de una calzada de dos carriles (DC)
- d) Carreteras de 2da Clase, son aquellas de una calzada de dos carriles (DC) que soportan un IMDA de 2000 a 401 veh/día.

- e) Carreteras de 3ra Clase, son aquellas de una calzada que soportan un IMDA menor a 400 veh/día
- f) Trochas carrózales, es la categoría más baja de camino transitable para vehículos automotores, construido con un mínimo movimiento de tierras, que permite el paso de un solo vehículo.

Según sus condiciones Orográficas, se subdividen en cuatro:

- a) Tipo 1, permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que los vehículos ligeros. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, es menor o igual a 10%
- b) Tipo 2, es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir velocidades significativamente por debajo de las de los vehículos de pasajeros, sin ocasionar el que aquellos operen a velocidades sostenidas en rampa por un intervalo de tiempo largo. La inclinación transversal del terreno normal al eje de la vía, varía entre 10 y 50%.
- c) Tipo 3, es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir a velocidad sostenida en rampa durante distancias considerables o a intervalos frecuentes. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, varía entre 50 y 100%.
- d) Tipo 4, es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en rampa que aquellas a las que operan en terreno montañoso, para distancias significativas o a intervalos muy frecuentes. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, es mayor de 100%.

2.2.3.1.2 En el ámbito Urbano

Un sistema vial completamente funcional provee para una serie de movimientos de distintas características dentro de un viaje. Hay seis etapas dentro de la mayoría de los viajes: movimiento principal, transición, distribución, colección, acceso y final.

2.2.3.2 Tipos de Vehículos

En nuestro país contamos con un Reglamento Nacional de Vehículos, el mismo que fue aprobado por Decreto Supremo N° 058-2003-MTC del 12 de octubre de 2003, con el objeto de establecer los requisitos y características técnicas que deben cumplir los vehículos, para que ingresen, se registren, transiten, operen y se retiren del Sistema Nacional de Transporte Terrestre.

Los requisitos y características técnicas establecidas en el reglamento están orientados a la protección y seguridad de las personas, los usuarios del transporte y del tránsito terrestre, así como la protección del medio ambiente y el resguardo de la infraestructura vial.

2.2.3.3 Características de la Infraestructura Vial y su efecto en el Flujo Vehicular

Existen varios factores que influyen o afectan el flujo vehicular, entre ellos podemos mencionar: las características geométricas de la vía (ancho, pendiente, curvatura), tipo de superficie (trocha, afirmado, tratamiento superficial, carpeta asfáltica), deterioros en la vía (baches, hundimientos, ahuellamientos, etc) y la señalización o dispositivos de control de tránsito tales como semáforos y señales restrictivas.

2.2.3.3.1 Características Geométricas de la Vía

Las características geométricas de la vía están directamente relacionadas con la capacidad de la vía, con el tipo de vehículos que circularán por ella y con la velocidad de circulación.

El ancho de los carriles, la altura libre existente en las estructuras bajo las que se desarrolla la vía, así como otras características geométricas de la misma, limitan las dimensiones de los vehículos. De la misma manera, estas dimensiones imponen unas características geométricas mínimas a la vía.

La interdependencia entre la vía y el vehículo, tiene también lugar en lo referente a los pesos totales o por eje que afectan esencialmente al tipo y resistencia de los pavimentos y a la resistencia de las estructuras.

El ancho, la separación entre ejes y la longitud total del vehículo determinan un radio mínimo de giro; es así que para diseñar una vía es indispensable conocer el radio de la curva descrita por la rueda interior trasera o radio interior de los vehículos tipo que circularán por dicha vía.

2.2.3.3.2 Tipo de Superficie

La superficie de rodadura es un factor que influye directamente en el tráfico, es así que la velocidad que desarrolla un vehículo que circula por una trocha carrozable, difiere tremendamente de la velocidad que este pueden desarrollar al circular en una vía pavimentada.

Según el MTC, a diciembre del 2004, la Red Vial Nacional tiene una extensión de 78,554.04 Km y está compuesta por 17,094.65 Km de vías nacionales 14,595.75 Km de vías departamentales y 46,863.64 Km de vías departamentales. De los 78,554 Km sólo están asfaltados 11,074 Km, es decir el 14.1% del total de la Red Vial y el 51.8% de la red Vial Nacional, se detallan en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Longitud de la Red Vial por Tipo de Superficie de Rodadura

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA Y SISTEMA DE CARRETERA	LONGITUD DE LA RED VIAL					
	1999	2000	2001	2002	2003	2004
TOTAL	78,127	78,213	78,252	78,319	78,397	78,554
NACIONAL	16,967	17,053	17,091	17,158	16,857	17,095
DEPARTAMENTAL	14,251	14,251	14,251	14,251	14,251	14,596
VECINAL	46,909	46,909	46,909	46,910	47,289	46,864

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA Y SISTEMA DE CARRETERA	LONGITUD DE LA RED VIAL					
	1999	2000	2001	2002	2003	2004
ASFALTADO	10,189	10,574	10,745	11,044	10,038	11,074
NACIONAL	8,141	8,523	8,693	8,989	7,990	8,857
DEPARTAMENTAL	1,106	1,106	1,105	1,105	1,106	1,240
VECINAL	942	945	947	950	942	976
AFIRMADO	18,533	18,719	18,802	18,947	18,616	17,097
NACIONAL	6,640	6,762	6,816	6,911	6,642	7,184
DEPARTAMENTAL	6,015	6,037	6,047	6,064	6,015	5,137
VECINAL	5,878	5,921	5,940	5,973	5,959	4,776
SIN AFIRMAR	13,809	13,373	13,179	12,839	13,945	14,028
NACIONAL	1,860	1,502	1,342	1,063	1,899	912
DEPARTAMENTAL	4,291	4,276	4,269	4,257	4,291	5,060
VECINAL	7,658	7,596	7,568	7,519	7,755	8,055
TROCHA	35,596	35,548	35,526	35,488	35,797	36,356
NACIONAL	326	267	241	195	326	141
DEPARTAMENTAL	2,839	2,833	2,830	2,826	2,839	3,159
VECINAL	32,431	32,448	32,455	32,468	32,632	33,056

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC. Lima Perú 2008

2.2.4 Sistema de gestión de Pavimentos

La gestión de pavimentos y los sistemas de gestión de pavimentos han sido definidos de varias maneras, pero ha sido la “American Association of State Highway and Transportation officials “(AASHTO) quien ha publicado una definición muy adecuada.

La American Association of State Highway and Transportation officials, ha definido un sistema de gestión de pavimentos (SGP), como una serie de herramientas o métodos que asisten a quienes toman decisiones, a encontrar estrategias costo-efectivas para evaluar y mantener los pavimentos en buenas condiciones de serviciabilidad en un período determinado de tiempo.

El uso del término “Conjunto de herramientas” para describir un sistema de gestión, es importante para entender el rol de este sistema.

La gestión de pavimentos en su sentido más amplio, se relaciona con todas las actividades involucradas en el planeamiento, diseño, construcción, mantenimiento, evaluación y rehabilitación de una porción de pavimento de un programa público de trabajo.

Es conveniente describir la gestión de pavimentos en términos de dos niveles generales, el primero es el nivel de gestión de la red general, a veces llamado el nivel del programa para las redes de carreteras; y el segundo es el nivel de gestión de proyecto, donde se toman decisiones técnicas para proyectos específicos. Algunos desarrollos de sistemas formales de gestión de pavimentos se han dado a nivel de proyecto. Más recientemente, un desarrollo extenso en la gestión del mantenimiento y la información de metodologías de gestión, proporcionan la oportunidad para el desarrollo de sistemas de gestión de pavimentos más comprensivos, en los que se puede incluir un mayor número de actividades, correlacionándolas mediante interfaces explícitas con los otros niveles de la red.

2.2.4.1 Conservación y Rehabilitación

2.2.4.1.1 Explotación y Conservación de la carretera

Las características iniciales de una carretera se van degradando con el transcurso del tiempo debido al paso de los vehículos y a las acciones climáticas. Todas las

operaciones tendentes a restituir en lo posible esas características pueden ser consideradas como parte de la conservación de la carretera. Con un criterio más amplio pueden incluirse también las actuaciones dirigidas a tratar de homogeneizar la calidad de la red, las que tienen como objetivo una adecuación a los nuevos criterios de trazado, las de adaptación del firme a las crecientes solicitudes del tráfico, las que se refieren a la corrección de errores de insuficiencias de la construcción, etc.

Algunas situaciones de conservación deben ser ejecutadas ya al poco tiempo de la puesta en servicio de la carretera y a partir de ese momento con una cierta periodicidad; se trata en general de actuaciones de reducida envergadura, menor que las llevadas a cabo en la fase de construcción. Sin embargo, otras actuaciones, llevadas a cabo solo en determinados momentos de la vida de la carretera y en general no antes de que haya transcurrido un cierto número de años, tienen una magnitud comparable a la de la construcción inicial. Estas últimas actividades reciben el nombre de rehabilitaciones.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que la construcción y la conservación están en estrecha relación. Una carretera proyectada y construida con generosidad para el tráfico que va a soportar tendrá probablemente unos gastos de conservación menores, pero que es preciso analizar, si la reducción de gastos de conservación compensa el mayor coste inicial. Al contrario, una carretera proyectada y construida con un coste reducido puede llevar a gastos de conservación excesivos e incluso prohibitivos.

En este sentido, hay que considerar además que los trabajos de conservación originan costes adicionales en los usuarios como consecuencia de las demoras y accidentes que se pueden producir. En cualquier caso, al ir completándose las redes de carreteras planificadas en nuestro país las necesidades de financiamiento se desplazan de la construcción de nuevas vías a la conservación de las ya existentes.

El objetivo fundamental de la infraestructura vial es prestar a los ciudadanos un servicio de calidad que satisfaga sus necesidades de movilidad, siendo un adecuado soporte de las actividades económicas y contribuya a la integración territorial. Para ello, una vez creada la infraestructura, hay que gestionarla, desarrollando una serie de actividades de explotación y conservación. Si se entiende la explotación en un sentido amplio la conservación constituiría una parte de aquella, aunque tenga entidad propia y difiera notablemente de otras actividades de explotación.

Desde un punto de vista general las actividades de conservación y de explotación han de cubrir dos grupos de objetivos generales. El primero de ellos se relaciona con el servicio a prestar a los usuarios. En ese sentido las actuaciones se dirigirán a asegurar una circulación segura, fluida y cómoda por la red existente, de manera que los costes globales del transporte sean lo menores posibles. En el segundo grupo de objetivos hay que incluir fundamentalmente la preservación del valor patrimonial de las carreteras, que forman parte de la riqueza (capital fijo) de una ciudad.

Desde el punto de vista concreto de los pavimentos las actuaciones de conservación se dirigen a tres objetivos particulares:

- Una adecuada resistencia al deslizamiento de la superficie a fin de que el pavimento proporcione una seguridad suficiente a los vehículos.
- Una regularidad superficial acorde con el trazado de la vía y las velocidades normales de recorrido, de manera que la rodadura sea cómoda para el usuario, sin olvidar que la falta de comodidad puede redundar también en inseguridad.
- Una resistencia estructural suficiente para el tráfico que ha de soportar la carretera, considerando que en caso contrario se produce una disminución

del valor patrimonial de la carretera. En definitiva, se debe perseguir la máxima durabilidad al menor coste.

2.2.4.2 Organización de la gestión vial

2.2.4.2.1 Actividades generales de conservación y explotación

Para la consecución de los objetivos generales señalados anteriormente, hay que desarrollar una serie de actividades que se pueden agrupar en cinco bloques:

- Vialidad e información. Son actividades destinadas a hacer posible el mantenimiento del servicio, dentro de determinados límites en circunstancias adversas: situaciones de congestión del tráfico, obras en la calzada, desprendimientos, climatología desfavorable (niebla, nieve o hielo), etc.

-Conservación ordinaria. Incluye actuaciones, con un carácter fundamentalmente preventivo, destinadas a retrasar lo más posible el proceso de degradación, de manera que la infraestructura no baje nunca de un determinado umbral de aceptabilidad.

- Rehabilitación. Se refiere a actuaciones con un cierto carácter extraordinario cuyo objetivo es recuperar los niveles de calidad que se han ido perdiendo con el tiempo a pesar incluso de que se haya realizado una conservación preventiva.

- Aumento de los estándares de calidad. Se pretende tanto la corrección de situaciones anómalas, en especial las relacionadas con la seguridad, como el subsanar carencias o deficiencias existentes desde el principio de la vida útil.

- Actividades de uso y defensa. Comprenden todo lo relacionado con la vigilancia de la carretera y la regulación de sus zonas de influencia, en aplicación de lo establecido en la legislación. Se trata de una labor de policía de carretera, propia

de la correspondiente administración vial, que no hay que confundir con la labor de policía de tráfico encomendada a las fuerzas de seguridad.

Mientras que el primero y el último de los bloques citados se refieren a tareas que son básicamente de explotación, los otros están en relación directa con la conservación.

2.2.4.2.2 Actuaciones de conservación

Dentro de las tareas de conservación se pueden distinguir dos grupos diferentes: las que constituyen la conservación ordinaria y las actuaciones extraordinarias. El primer grupo hace referencia a actuaciones que las entidades responsables llevan a cabo de manera rutinaria y con regularidad: semanal o mensualmente, antes o después de una temporada de lluvias, etc.

Las actuaciones extraordinarias responden a la aparición deterioros importantes o generalizados. Como es lógico, el concepto puede variar en función de las responsabilidades y medios asignados para la conservación.

Por otro lado, considerada la conservación en su sentido más amplio pueden distinguirse diferentes niveles. En primer lugar, se sitúa la conservación propiamente dicha, en la cual las actuaciones no conducen a modificaciones sustanciales. Se realizan actuaciones periódicas que impiden la aparición de deterioros (conservación preventiva) o bien se actúa lo antes posible cuando esos deterioros han aparecido (conservación curativa). A su vez, la conservación curativa puede dirigirse a la corrección de deterioros localizados (operaciones puntuales) o al tratamiento de tramos de una longitud apreciable (operaciones generales).

En un segundo nivel de la conservación se sitúan las rehabilitaciones. En general, se recurre a ellas cuando el paso del tráfico y las acciones climáticas han provocado una disminución apreciable de las características iniciales o se requiere hacer frente a nuevas solicitudes no contempladas con anterioridad.

Un tercer nivel de la conservación, aunque ya no cabe incluirlo en ella con propiedad, es el de la reconstrucción. A esta situación se puede tener que llegar por diversas razones:

- Existencia de graves defectos de construcción.
- Cuando no se ha actuado a tiempo, conservando o rehabilitando, y se ha alcanzado un alto grado de deterioro que no es posible abordar con una rehabilitación.
- Cuando se ha llegado a un punto en el que rehabilitar, aunque sea técnicamente viable, resulta más costoso que demoler y reconstruir.¹⁰

2.2.4.3 Marco conceptual de la Conservación Vial

La conservación vial es un proceso que involucra actividades de obras e instalaciones, que se realizan con carácter permanente o continuo en los tramos conformantes de una red vial. Para la ejecución de la conservación vial, se requiere tener una asignación presupuestal anual de recursos económicos, personal capacitado y utilizar máquinas y herramientas; cuyo costo se asigna en el presupuesto anual de la entidad competente de la gestión vial. El presupuesto y la programación de actividades deberán hacerse previsoramente para ser realizadas en el año siguiente a su aprobación; y así sucesivamente cada año o cuando la norma presupuestal considere aplicables presupuestos multianuales este se desarrollará conforme a la norma presupuestal aplicable.

Las obras que conforman la conservación vial no requieren de estudios de pre-inversión, porque se trata de obras de prevención o de corrección menor de

¹⁰ Castro J. "Propuesta de Gestión de Pavimentos para la ciudad de Piura" Piura- Perú- 2003.

deterioros y en la medida que se identifique su inicio de estos se deberá proceder a su corrección para evitar su progresión. Pero requieren de una programación técnica sistemática que permita sustentar el gasto necesario¹¹.

2.2.4.4 Modalidades de ejecución de la conservación vial

Para su ejecución cada una de las actividades competentes, pueden realizar la conservación vial bajo las siguientes modalidades¹², según se justifique adecuadamente, como lograr mayor eficiencia con los recursos que dispone, en el cumplimiento de su responsabilidad de conservar en un buen nivel de operatividad los caminos bajo su competencia:

- a) Por administración directa
- b) Por convenios con organismos públicos o privados
- c) Por contratos con empresas o entidades privadas.

En el caso de los contratos con empresas o entidades privadas, pueden optarse por aplicar modalidades permitidas por las leyes, como por ejemplo: Concesiones viales, contratos convencionales por programas y ejecución de cantidades de obras o actividades similares, contratos por “niveles de servicio” referidos a la condición operativa del camino en sus diversos componentes, que debe mantener el contratista, Contratos por “asociación Público – Privada”, y otros como los denominados “Contratos CREMA”.

2.2.4.5 Conservación vial por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Para el caso específico de la infraestructura vial, los esfuerzos del Estado a fin de reducir el déficit existente son conducidos por la Dirección General de Caminos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), la que a través del diagnóstico de los requerimientos de la infraestructura vial del país canaliza los proyectos hacia las siguientes entidades públicas:

¹¹ Manual carreteras - Mantenimiento o Conservación vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – 1era edición. Perú, 2015.

¹²Manual carreteras - Mantenimiento o Conservación vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – 1era edición. Lima, Perú - 2015.

- PROVÍAS NACIONAL, un Proyecto Especial del MTC, creado mediante Decreto Supremo N° 033-2002-MTC del 12 de julio de 2002, que asumió todos los derechos y obligaciones del Programa de Rehabilitación de Transportes del Proyecto Especial Rehabilitación Infraestructura de Transportes (PRT-PERT) y del ex Sistema Nacional de Mantenimiento de Carreteras (SINMAC), cuenta con autonomía técnica, administrativa y financiera, y está encargado de la ejecución de proyectos de construcción, mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento de la Red Vial Nacional, con el fin de brindar a los usuarios un medio de transporte eficiente y seguro, que contribuya a la integración económica y social del país.
- La Agencia de Promoción de la Inversión (PROINVERSIÓN), adscrita al Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), y creada mediante Decreto Supremo N° 027-2002-PCM del 24 de abril de 2002, mediante la fusión de la Dirección Ejecutiva FOPRI con la Comisión de Promoción de la Inversión Privada (COPRI), la Comisión Nacional de Inversiones y Tecnologías Extranjeras (CONITE), la Gerencia de Promoción Económica de la Comisión de Promoción del Perú (PROMPERU), con el fin de fomentar el desarrollo del país, mediante la atracción de inversión privada que contribuya a convertir al Perú en un país más competitivo. Para lograr estos fines, PROINVERSIÓN es responsable de la promoción estratégica, la atención y servicio al inversionista y la promoción de la inversión privada en activos, proyectos y empresas del Estado, así como en la infraestructura, servicios públicos y demás actividades estatales, mediante las modalidades de venta, concesión, usufructo, asociación en participación, empresas mixtas, contratos de gestión y cualquier otra modalidad idónea permitida por ley. En tal sentido, define los parámetros de servicialidad de la infraestructura a ser concesionada.

- El Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público, OSITRAN, creado en enero de 1998, organismo público, descentralizado, adscrito a la Presidencia del Consejo de Ministros, con autonomía administrativa, funcional, técnica, económica y financiera, que tiene como objetivo general regular, normar, supervisar y fiscalizar, dentro del ámbito de su competencia, el comportamiento de los mercados en los que actúan las Entidades Prestadoras, así como el cumplimiento de los contratos de concesión, cautelando en forma imparcial y objetiva los intereses del Estado, de los inversionistas y del usuario. En este sentido emite opinión de los contratos de Concesión en los aspectos de tarifas, facilidades esenciales y calidad de los servicios. Luego de entregada la Buena pro de los contratos de concesión, el Regulador se encargará de supervisar el cumplimiento de los contratos de concesión.

Como se desprende de lo anterior, PROVÍAS NACIONAL está encargada del mantenimiento y rehabilitación de carreteras, así como la realización de obras y estudios viales. Por su parte, PROINVERSIÓN es la entidad delegada a entregar en concesión la infraestructura vial de envergadura que requiere del aporte del sector privado para su desarrollo. PROVÍAS NACIONAL, es creado no sólo para ejecutar obras de inversión sino también para mantener en buenas condiciones de servicio la infraestructura vial de carácter nacional (asfaltada y afirmada).

Desde la creación de PROVÍAS NACIONAL hasta la fecha, los trabajos de mantenimiento rutinario los realiza a través de las Jefaturas Zonales (órganos desconcentrados de PROVÍAS NACIONAL), las mismas que se encuentran emplazadas a lo largo del territorio nacional por la modalidad de administración directa con tercerización de la mano de obra a través de las microempresas.

Estos trabajos se realizan, según disponibilidad presupuestal y se financian con recursos procedentes de la recaudación de los peajes.

De acuerdo a la revisión de la literatura disponible, se ha logrado evidenciar que los trabajos que se ejecutan por esta modalidad están centrados en las limpiezas de obras de arte y drenaje así como trabajos de parchados y tratamiento de fisuras, y los parámetros de control son subjetivos (visuales) y no se realiza otro tipo de ensayo de calidad, a pesar que PROVÍAS NACIONAL cuenta con equipos para realizar mediciones de la serviciabilidad de las carreteras tales como el perfilómetro o rugosímetro laser y un equipo para deflectometría (FallingWeightDeflectometer FWD) que fue utilizado en la elaboración del inventario de la Red Vial Nacional en el año 2004.

En relación a los trabajos de mantenimiento periódico estos los realiza por la modalidad de contrata, en base a un estudio de ingeniería previo, donde se plantea las actividades necesarias para mantener las condiciones originales del diseño de la vía, tanto estructurales (que son de carácter puntual) como funcionales (serviciabilidad). En éste último se indica que en el estudio de mantenimiento periódico se utilizan instrumentos como el perfilómetro o rugosímetro láser así como un deflectómetro (FWD) para medir el grado de serviciabilidad en que se encuentra la vía y otros.

Posteriormente se ejecutan los trabajos como obra pública y donde entre otros se exige un nivel de serviciabilidad, comprobándose este nivel con los instrumentos antes indicados. Adicionalmente a los trabajos antes indicados, PROVÍAS NACIONAL desde el año 2007, ha implementado el Proyecto Perú, en base a una estrategia tercerizada donde se plantea la ejecución de los trabajos de mantenimiento por ejes (asfaltado y afirmado) y las ha catalogado como contratos por niveles de servicio y se viene trabajando en grandes corredores económicos (de 200 a 400 kilómetros), mezclando intervenciones de conservación con rehabilitación en algunos casos.

Mediante Decreto Supremo N° 011-2009-MTC de fecha 19 de marzo de 2009, se modifica el Artículo 15 del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial

aprobado por Decreto Supremo N° 034-2008-MTC, estableciéndose los siguientes conceptos relacionados al mantenimiento de carreteras:

“Artículo 15.- Del mantenimiento vial

15.1 Las actividades de mantenimiento vial comprenden las siguientes fases:

- a) Mantenimiento Rutinario.- Es el conjunto de actividades que se realizan en las vías con carácter permanente para conservar sus niveles de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas principalmente a labores de limpieza, bacheo, perfilado, roce, eliminación de derrumbes de pequeña magnitud; así como, limpieza o reparación de juntas de dilatación, elementos de apoyo, pintura y drenaje en la superestructura y subestructura de los puentes.

- b) Mantenimiento Periódico.- Es el conjunto de actividades, programables cada cierto período, que se realizan en las vías para recuperar sus condiciones de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas principalmente a: i) reposición de capas de rodadura, colocación de capas nivelantes y sello, ii) reparación o reconstrucción puntual de capas inferiores del pavimento, iii) reparación o reconstrucción puntual de túneles, muros, obras de drenaje, elementos de seguridad vial, y señalización, iv) reparación o reconstrucción puntual de la plataforma de carretera y v) reparación o reconstrucción puntual de los componentes de los puentes tanto de la superestructura como de la subestructura.”¹³

¹³González W. “Propuesta I+D+I de Instrumentos de medición de niveles de serviciabilidad de carreteras asfaltadas: Un aporte de innovación tecnológica al mantenimiento de obras de infraestructura vial”. Lima, Perú, 2009.

2.2.5 Niveles de Servicio

Los niveles de servicio¹⁴ son indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales puede evolucionar su condición superficial, funcional, estructural y de seguridad. Los indicadores son propios a cada vía y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles.

En la conservación vial por niveles de servicio, las actividades se realizan para cumplir los estándares admisibles y no se miden por las cantidades ejecutadas. Es obligación del ejecutor de la conservación vial tener la carretera en las condiciones establecidas, en tal sentido el criterio de pago es el cumplimiento de los estándares de calidad previstos.

2.2.5.1 Concesiones de Conservación por Niveles de Servicio

El estado de los Bienes de la Concesión y de la infraestructura vial¹⁵ se expresará a través de parámetros de condición, que harán referencia a diversos aspectos: estado de pavimento, condición de los drenajes, estado de las señales, calidad de la circulación, etc. Los límites de los parámetros de condición que deberán cumplirse se denominan “Niveles de servicio”.

Es obligación de la SOCIEDAD CONCESIONARIA programar y ejecutar oportunamente las tareas de Conservación, de manera que en cualquier momento los niveles de servicio sean igual o estén siempre por encima de los umbrales mínimos (o debajo de los máximos) establecidos por los niveles de servicio definidos en los contratos de concesión.

¹⁴Manual de carreteras - mantenimiento o conservación vial del Ministerio de transportes y Comunicaciones – 1era edición. Lima, Perú. 2015

¹⁵Seminario internacional: “conservación vial por resultados y nuevas tecnologías”- Linares H. – Provias nacional. Lima, Perú. 2010

La SOCIEDAD CONCESIONARIA dispondrá durante la vigencia de la Concesión, en todo momento de la estructura, organización y recursos (físicos, técnicos y administrativos), que le permiten programar y ejecutar a lo largo del período de la Concesión, las tareas de Puesta a Punto, Mantenimiento Periódico, Rutinario y de Emergencia, necesarias para que la medida de los parámetros de condición se mantenga dentro de los Niveles de Servicios definidos.

Los niveles de servicio pueden ser referidos a aspectos particulares del estado de la superficie de rodadura del estado de los drenajes del estado de los elementos de seguridad, etc. En este caso se denominan “Niveles de Servicio Individuales”. Por otra parte, tanto para cada tramo como para la Concesión en su conjunto, se establecen niveles de servicio que consideren todos los aspectos; a éstos se les denomina “Niveles de Servicio Globales”.

2.2.5.2 Plan de Conservación Vial

Se debe realizar un plan de conservación (Figura 2.32), para intervenir con las acciones necesarias para contrarrestar los desgastes que sufre la vía, para ello se tiene que definir los siguientes aspectos:

- Las tareas que se deberán ejecutar.
- El periodo oportuno para su intervención.
- Determinar los sitios donde se ejecutaran las actividades.
- Determinar la cantidad de trabajo a realizar.
- La priorización de las actividades.



Figura 2.32 Plan general de Conservación

Fuente: Concesionaria Vial del Perú “Plan general de conservación vial”. Lima, Perú, 2006

- Evaluación

Es la verificación del estado de la infraestructura vial, la primera evaluación permitirá trazar la línea base, la cual permitirá en las siguientes evaluaciones realizar un seguimiento de los trabajos ejecutados y medir el estado de la misma.

- Definición de estrategias

Es el análisis de las diferentes estrategias de intervención y la selección de acuerdo a cada parámetro.

- Programación

Es la definición de las fechas de intervención.

- Implementación

Es la ejecución de las estrategias definidas para asegurar el cumplimiento de los Niveles de Servicio.

- Control y seguimiento

Es la supervisión de la ejecución de los trabajos, informando avances y resultados obtenidos.

- Mejoras

Es la implementación de mejoras con la finalidad de optimizar los procesos y proponer mejoras al Plan General de Conservación.

2.2.6 Concesiones Viales

A inicios de la década de los 90's la conservación vial estaba íntegramente a cargo del Estado, no se medía la gestión por resultados o niveles de servicio, como una forma alternativa de efectuar la conservación se introdujo el sistema de concesiones viales en el Perú, siendo el primer caso la concesión entregada a CONCAR PERU, comprendiendo la carretera Arequipa – Mataraní.

Durante esos años se introdujo un nuevo concepto de Gestión de Conservación vial, que abarcaba la medición de gestión por resultados a través de los niveles de servicio en donde solo se medían 4 parámetros y todos referidos al pavimento que se detallan en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Parámetros de Condición en calzada

Parámetro	Nivel de Servicio	Observaciones
IRI	2.0 inicial	Se incrementaba 0.5 IRI cada 4 años.
Ahuellamiento	< 12 mm	
Baches	0%	
Fisuras tipo IV	<15%	Manual de Conreval.

Fuente: Obando, W. “Experiencia en ejecución de proyectos de concesión por resultados”. Lima, Perú, 2003.

En el año 2003 se entrega la segunda Concesión Vial en el Perú a la empresa NORVIAL S.A. que abarca la carretera de Ancón – Huacho – Pativilca, en donde el número de parámetros de medición ascendió a 27 ya que se buscaba optimizar los niveles de servicio y abarcan nuevos elementos a medir como: calzada, berma, drenajes, puentes y señales. También se introdujeron plazos de respuesta para realizar los parámetros de condición así como parámetros operacionales (tiempo de espera en cola TEC), se detallan en la tabla 2.6.

Tabla 2.6 Parámetros de Condición en calzada

Parámetro	Nivel de Servicio	Observaciones
IRI	<3.5	
Ahuellamiento	< 12 mm	Con regla de 1.20 m
Baches	0%	
Fisuras no tratadas	<15%	Del área
Grietas	<0.1%	Del área
Coef. Fricción	>=0.40	
PSI	>2.8	
Deflexión Caract.	Ver tabla.	
Peladura	<10%	Del área
Obstáculos	0	
Bordes rotos	0	Metros lineales

Fuente: Obando, W. “Experiencia en ejecución de proyectos de concesión por resultados”. Lima, Perú, 2003.

2.2.6.1 Conceptos básicos

Una concesión¹⁶ es el otorgamiento del derecho de explotación, por un período determinado, de bienes y servicios por parte de una Administración pública o empresa a otra, generalmente privada.

La concesión tiene por objeto la administración de los bienes públicos mediante el uso, aprovechamiento, explotación de las instalaciones o la construcción de obras

¹⁶Ministerio de Transportes y comunicaciones (2015). “Concesiones otorgadas en infraestructura de transporte. Recuperado de https://www.mtc.gob.pe/portal/home/concesiones/concesiones_otorgadas.htm

y nuevos terminales de cualquier índole sea marítima, terrestre o aérea de los bienes del dominio público.

El Estado peruano inició el programa de concesiones mediante un sistema de contratos de construcción, operación y transferencia (BOT – build, operate, transfer); por el cual una empresa privada construye y financia un proyecto de infraestructura y luego cobra por el uso del servicio durante un período determinado, finalizado dicho período la infraestructura total se transfiere al Estado.

2.2.6.2 Modalidades de concesiones viales

De acuerdo a Mendiola A., Alvarado F., Chocano Z., Cotrado A. García L., Aguirre C. “Factores críticos de éxito en concesiones viales en el Perú. Lima: Universidad ESAN, 2011. – 176 p. – (Serie Gerencia para el Desarrollo; 25).

2.2.6.2.1 Concesión Autosostenible

Las concesiones tienen esta denominación cuando su explotación es rentable. Ello implica que el peaje cobrado cubre los gastos realizados, sobre la base de periodos largos que pueden fluctuar entre 20 y 30 años. Esta modalidad requiere una inversión nula por parte del Estado, puesto que la inversión en construcción y los costos de operación y mantenimiento los asume el concesionario. Su rentabilidad se debe a que los ingresos son suficientes para cubrir los costos de inversión, operación y mantenimiento.

El Estado peruano inició el programa de concesiones autofinanciadas mediante un sistema de contratos de construcción, operación y transferencia denominado contrato tipo BOT, por sus siglas en inglés Build (construir), Operate (operar) y Transfer (transferir). Bajo esta modalidad, el sector privado construye el proyecto sin ser dueño formal de los activos, los cuales administra y, luego, al final del periodo de concesión, la propiedad se transfiere al sector público. Mediante este sistema, una empresa privada construye y financia un proyecto de infraestructura

y cobra por el uso del servicio durante un lapso de tiempo determinado, finalizado el cual toda la infraestructura se transfiere al Estado.

2.2.6.2.2 Concesiones Cofinanciadas

Son aquellos proyectos socialmente rentables, pero que requieren de un aporte del Estado para ser rentables desde el punto de vista privado. En ellos los ingresos son insuficientes para cubrir los costos de inversión, operación y mantenimiento. El concedente debe cubrir esta diferencia mediante un cofinanciamiento. En esta modalidad el Estado respalda la inversión del concesionario (como aval para su endeudamiento) y cubre la inversión en forma parcial. Además, el Estado puede pagar parcialmente los costos de operación y mantenimiento. Con el fin de mitigar los riesgos de incumplimiento por parte del Estado se introducen garantías a favor del concesionario que incluyen la realización de pagos a éste, usualmente cada seis meses, por dos conceptos: PAO y PAMO. El PAO es el pago anual que el Estado se compromete a brindar al concesionario por concepto de la inversión destinada a la construcción de infraestructura; mientras que el PAMO es el pago anual que realiza como retribución de las actividades de conservación y operación en que incurre el concesionario para la prestación del servicio, de acuerdo con los índices de serviciabilidad previstos en el contrato. Se debe destacar que el concesionario no abona un canon o retribución a favor del Estado.

2.2.6.2.3 Actores que conforman una concesión

Dentro de una concesión, son cuatro las entidades que participan principal y sustancialmente para que exista una adecuada coordinación y supervisión de todas las gestiones que se realicen dentro de ella. Estos actores se describen a continuación:

- PROINVERSION: Agencia de Promoción de la Inversión Privada encargada de elaborar y promover los proyectos de inversión que el Estado ofrece a los inversionistas privados.
- CONCEDENTE: Es el Estado de la República del Perú, quien actúa representado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) que otorga el derecho de explotación, por un período determinado a la SOCIEDAD CONCESIONARIA.
- OSITRAN: Es el Organismo Supervisor de las Inversión en Infraestructura de transporte de Uso Público encargado de la fiscalización y la supervisión de la actividad de los concesionarios, tanto en la fase de construcción como en la de operación.
- CONCESIONARIO: la persona jurídica que celebra el contrato de concesión con el Estado peruano y asume el compromiso de prestar el servicio de operar la obra pública de infraestructura por un plazo determinado a cambio del cobro de una contraprestación que se carga a los usuarios, denominada tarifa.

2.2.6.2.4 Principales beneficios

Entre los principales beneficios de este sistema tenemos¹⁷:

- Independizar la gestión de la conservación y el mantenimiento de las infraestructuras, de las decisiones políticas, evitando en casos de crisis fiscales, la utilización de los recursos para fines diferentes a la conservación.

¹⁷Ministerio de Transportes y comunicaciones (2015). "Concesiones en infraestructura de transporte. Recuperado de https://www.mtc.gob.pe/portal/home/concesiones/concesiones_transporte.htm

- Disminuir la presión sobre la caja fiscal por concepto de inversiones, reduciendo la exposición a nuevo endeudamiento.
- Atraer la participación privada hacia la infraestructura de transportes, llevando modernidad a los servicios que reciben los usuarios a través de las mejoras tecnológicas.
- Integrar zonas de difícil acceso a los principales centros económicos a través del mejoramiento y ampliación de la infraestructura, permitiendo reducir costos de transporte y ampliar los mercados.
- Incentivar la creación de instrumentos financieros que generarán un mayor dinamismo en el mercado de capitales.
- Elevar los niveles de seguridad en las infraestructuras de transporte, reduciendo la probabilidad de accidentes.
- Descentralizar la asignación de los recursos generados por la recaudación.

La Tabla N°. 2.7 detalla las concesiones de carreteras otorgadas hasta la actualidad por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones que describen la modalidad, plazo, fecha de suscripción y km. recorridos de cada entidad prestadora.

Tabla 2.7 Concesiones de Carreteras

Concesión	Entidad Prestadora	Plazo	Modalidad	Suscripción	Km.
IIRSA Norte: Paita - Yurimaguas	Concesionaria IIRSA Norte S.A. (CINSA)	25 años	Cofinanciada	17/06/2015???	955.1
Autopista del Sol: Trujillo-Sullana	Concesionaria Vial del Sol S.A. (COVISOL)	25 años	Autosostenible	25/08/2009	475
Red Vial N° 4: Pativilca-Santa-Trujillo y Salaverry-Empalme R01N	Autopista del Norte S.A.C.	25 años	Autosostenible	18/02/2009	356.2
Red Vial N° 5: Ancón-Huacho-Pativilca	Norvial S.A.	25 años	Autosostenible	15/01/2003	182.9
Empalme 1B-Buenos Aires-Canchaque	Concesión Canchaque S.A.	15 años	Cofinanciada	09/02/2007	78.1
Óvalo Chancay / Dv. Variante Pasamayo-Huaral-Acos	Consortio Chancay - Acos S.A.	15 años	Cofinanciada	20/02/2009	76.5
IIRSA Centro Tramo N°2: Puente Ricardo Palma-La Oroya-Huancayo y La Oroya-Dv. Cerro de Pasco	Desarrollo Vial de los andes S.A.C. (DEVIANDES)	25 años	Autosostenible	27/09/2010	377
Nuevo Mocupe-Cayalti-Oyotún	Obrainsa Concesión Valle del Zaña S.A.	15 años	Cofinanciada	30/04/2009	46.8
IIRSA Sur T1: San Juan de Marcona-Urcos	Survial S.A.	25 años	Cofinanciada	23/10/2007	757.6
IIRSA Sur T2: Urcos-Inambari	Concesionaria IIRSA Sur - Tramo 2 S.A.	25 años	Cofinanciada	04/08/2005	300
IIRSA Sur T3: Inambari-Iñapari	Concesionaria IIRSA Sur - Tramo 3 S.A.	25 años	Cofinanciada	04/08/2005	403.2
IIRSA Sur T4: Azángaro-Inambari	Intersur Concesiones S.A.	25 años	Cofinanciada	04/08/2005	305.9
IIRSA Sur T5: Matarani-Azángaro e Illo-Juliaca	Concesionaria Vial del Sur S.A. (COVISUR)	25 años	Cofinanciada	24/10/2007	827.1
Red Vial 6: Pucusana-Cerro azul-Ica	Concesionaria Vial del Perú S.A. (COVIPERU)	30 años	Autosostenible	20/09/2005	221.7
Dv. Quilca-Dv Arequipa (Repartición)-Dv. Matarani-Dv. Moquegua-Dv. Ilo Tacna-La Concordia	Concesionaria Peruana de Vías - COVINCA S.A.	25 años	Autosostenible	30/01/2013	74
Longitudinal de la Sierra Tramo 2: Ciudad de Dios-Cajamarca-Chiple, Cajamarca-Trujillo y Dv. Chilete-Emp. PE-3N	Concesionaria Vial Sierra Norte S.A.	25 años	Cofinanciada	28/05/2014	872

Fuente: Ministerio de Transportes y comunicaciones “Concesiones en infraestructura de transporte”. Lima, Peru, 2015.

2.3 Formulación de la Hipótesis

2.3.1 Hipótesis General:

Evaluando alternativas se logrará optimizar y proyectar una gestión de conservación vial que logrará mantener los Niveles de Servicio de los Contratos de Concesión.

2.3.2 Hipótesis específica 1

La definición y programación de actividades de mantenimiento rutinario y periódico permite conservar y/o disminuir la rugosidad del pavimento.

2.3.3 Hipótesis específica 2

Realizando una evaluación histórica del crecimiento del IMD podemos observar cuánto se va deteriorando del pavimento.

2.3.4 Hipótesis específica 3

Evaluando el presupuesto invertido en los años de transición investigados se realizará una propuesta de gestión de las intervenciones para la conservación del IRI.

2.4 Definición de variables

HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN
<p>Hipótesis General</p> <p>Evaluando alternativas se logrará optimizar y proyectar una Gestión de mantenimiento vial que logrará mantener los Niveles de Servicio de los Contratos de Concesión.</p>	<p>V.I: Gestión de conservación vial</p>	<p>Es una alternativa que abarca la definición, programación y ejecución de actividades de mantenimiento vial que logra optimizar el presupuesto a invertir en los próximos años.</p>
	<p>V.D.: Niveles de Servicio</p>	<p>Son indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía</p>
<p>Hipótesis específica 1</p> <p>La definición y programación de actividades de mantenimiento rutinario y periódico permite conservar y/o disminuir la rugosidad del pavimento.</p>	<p>V.I: Mantenimiento rutinario y periódico</p>	<p>Actividades de conservación vial que se realizan con el fin de mantener los niveles de servicio de una carretera.</p>
	<p>V.D: Rugosidad del pavimento</p>	<p>Índice que permite evaluar las deformaciones verticales de un camino</p>
<p>Hipótesis específica 2</p> <p>Realizando una evaluación histórica del crecimiento del IMD podemos observar cuánto se va deteriorando del pavimento.</p>	<p>V.I: IMD</p>	<p>Es el Índice medio diario que se necesita para realizar el estudio de tráfico y saber qué porcentaje de vehículos ligeros medianos y pesados circulan por una vía.</p>
	<p>V.D: Deterioro del pavimento</p>	<p>Son las fallas que se generan en la superficie del pavimento que tienen distintos niveles de severidad.</p>
<p>Hipótesis específica 3</p> <p>Evaluando el presupuesto invertido en los años de transición investigados se realizará una propuesta de gestión de las intervenciones para la conservación del IRI.</p>	<p>V.I: Presupuesto</p>	<p>Recursos económicos que se va a invertir en cada mes del año para los trabajos de mantenimiento rutinario y periódico.</p>
	<p>V.D: IRI</p>	<p>Índice de regularidad internacional que se obtiene mediante la medición de los desplazamientos verticales en una carretera.</p>

Fuente: Elaboración propia

2.5 Operacionalización de las variables

HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADOR	MEDICIÓN
Hipótesis General Evaluando alternativas se logrará optimizar y proyectar una Gestión de mantenimiento vial que logrará mantener los Niveles de Servicio de los Contratos de Concesión.	V.I: Gestión de conservación vial	Programación, definición, ejecución,	Inadecuado Regular Optimo
	V.D.: Niveles de Servicio	Calzada, berma	%
Hipótesis específica 1 La definición y programación de actividades de mantenimiento rutinario y periódico permite conservar y/o disminuir la rugosidad del pavimento.	V.I: Mantenimiento rutinario y periódico	Sellados, bacheos, fresados, micro pavimento, slurry seal	Inadecuado Regular Optimo
	V.D: Rugosidad del pavimento	Condición superficial	m/km
Hipótesis específica 2 Realizando una evaluación histórica del crecimiento del IMD podemos observar cuánto se va deteriorando del pavimento.	V.I: IMD	Vehículos ligeros medianos y pesados	%
	V.D: Deterioro del pavimento	Exudación, fisuramiento, ahuellamiento, baches	Bajo Medio Alto
Hipótesis específica 3 Evaluando el presupuesto invertido en los años de transición investigados se realizará una propuesta de gestión de las intervenciones para la conservación del IRI.	V.I: Presupuesto	Análisis de costos unitarios de conservación vial	\$
	V.D: IRI	Serviciabilidad	m/km

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III

DISEÑO METODOLOGICO

3.1 Diseño de la investigación

La investigación es de tipo cuantitativo no experimental, descriptivo, correlacional y explicativo. Su diseño es longitudinal ya que tiene como referencia datos obtenidos desde el año 2010 al 2015.

3.2 Población y muestra

La población está compuesto por la Red Vial 6 que abarca Ingreso a Pucusana – Cerro Azul – Chíncha – Ica.

La Muestra abarca el Subtramo I de la Red Vial 6 que abarca Ingreso a Pucusana hasta el ingreso a Cerro Azul

3.3 Técnicas de recolección de datos

3.3.1 Descripción de los instrumentos

El equipo para la medición del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) fue el Perfilógrafo RSP-MARK IV, obteniendo el valor de IRI, expresado en unidades de m/km, cada 100 metros.

Los datos del volumen de tráfico provienen de la estación del peaje ubicada en el km. 66+000, donde se contabilizó la cantidad de vehículos ligeros y pesados que transitan por el subtramo I de la Red Vial 6.

3.3.2 Validez y confiabilidad de los instrumentos

Para verificar la validez del perfilografo RSP – MARK IV se calibró antes de realizar la medición en campo y adicionalmente se verifico su correcta medida con un nivel topográfico y regla metálica comparando ambos resultados.

Los datos del IMD que fueron obtenidos en la estación del peaje nos asegura un correcto conteo de flujo vehicular.

3.3.3 Técnicas para el procesamiento y análisis de los datos

Para el procesamiento del IRI y del IMD se realizaron gráficas para analizar su variación en los años de transición investigados y relacionar su impacto en el deterioro del pavimento a nivel superficial. Se relacionó también los tipos de intervenciones de mantenimiento con la variación del IRI.

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Estudio de la conservación del pavimento en el subtramo I de la Red Vial 6 en el periodo 2010 - 2015

4.1.1 Medición del IRI en el período de estudio

El estudio se concentra en evaluar el comportamiento del pavimento en relación con los procesos de conservación del Subtramo I de la Red Vial 6 (Pucusana – Cerro azul – Ica) la que está a cargo de la Concesionaria Vial del Perú, desde el 2005 hasta el 2035.

Como parte del programa de medición de Niveles de Servicio, el Concesionario realiza la medición de la rugosidad anualmente para verificar el cumplimiento de los parámetros establecidos en el contrato de concesión. El equipo empleado para la medición de la rugosidad fue un Perfilógrafo Láser Dynatest modelo MARK IV con la metodología de medición compatible con lo establecido en el World Bank Technical Paper N° 46 (1986) o con la norma ASTM E950, obteniendo el valor de IRI, expresado en unidades de m/km, cada 100 metros.

Para efectos de la implementación de los trabajos de campo, se tomaron en consideración las progresivas y señales de kilómetro existentes en la Concesión.

Es importante anotar que en la toma de mediciones se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Antes de iniciar cualquier jornada de trabajo se comprobó el correcto funcionamiento del equipo.
- La medición del IRI se realizó en cada carril de circulación sobre las dos huellas de circulación de los vehículos.

Antes del inicio de las mediciones se calibro el equipo para que permita obtener lecturas que correspondan a las progresivas registradas por el equipo RSP.

Para la medición del IRI se utilizó el perfilógrafo RSP-MARK IV (Road Surface Profiler), es un equipo de alto rendimiento, el cual revela en forma continua el carril de circulación que se desea medir, recorriendo el mismo a una velocidad superior a 20 Km/h, tal como se muestra en la Figura 4.1.

El perfil del pavimento se obtiene por la suma integrada de las mediciones de 2 sensores ubicados en una viga transversal que a su vez va montada en la parte trasera o delantera del vehículo. Estos sensores se detallan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Relación de sensores equipo RSP

Cantidad	Sensores	Utilidad
Dos (2)	Sensores acelerómetros	Miden el desplazamiento vertical del vehículo (aceleraciones verticales).
Dos (2)	Sensores láser	Miden el desplazamiento entre el vehículo y el pavimento

Fuente: Concesionaria vial del Perú

La rugosidad en ambas huellas se mide a partir de los sensores acelerómetros y láser que se encuentran en cada huella respectivamente. La medición de la distancia es llevada a cabo por un dispositivo (odómetro) colocado en la rueda del vehículo, el cual al girar da la lectura de la distancia recorrida tanto por el vehículo como por la viga que sostiene los sensores anteriormente mencionados (acelerómetros y laser).

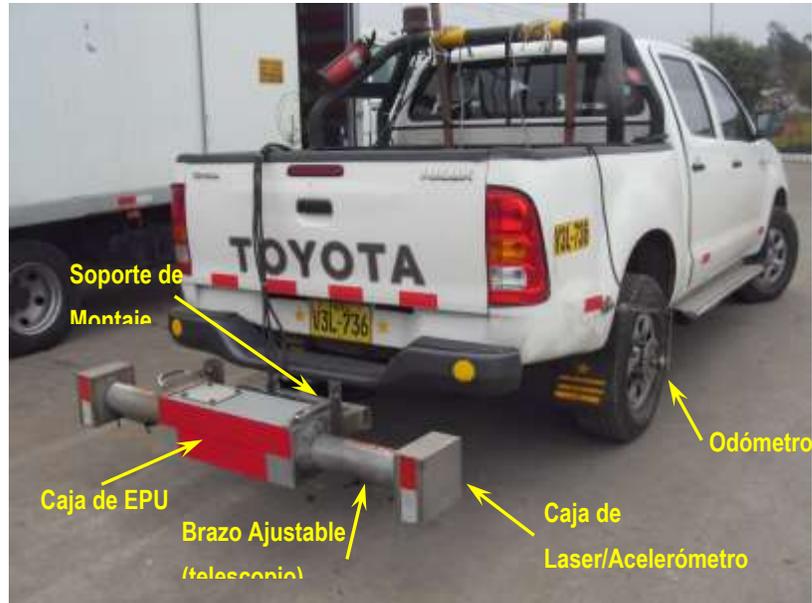


Figura 4.1 Elementos Principales de Perfilógrafo láser RSP – MARK IV.

Fuente: Concesionaria vial del Perú

Los resultados son grabados y archivados en medios magnéticos por un computador presente en el vehículo para posteriores análisis de la información, tal como se muestra en la Figura 4.2.



Figura 4.2 Computador Portátil utilizado por Perfilógrafo láser RSP

Fuente: Concesionaria vial del Perú

Para la evaluación del nivel de servicio se utilizara la Rugosidad Media Deslizante Máxima con un intervalo de 1 km.

Se medirá la rugosidad de cada uno de los tramos de la Concesión en intervalos no mayores de 100 metros.

Para cada intervalo se calcula el valor medio de las rugosidades de los intervalos ubicados en un entorno de 1 km del intervalo considerado y se le asigna a este intervalo el valor resultante. Dicho valor se le denominará rugosidad media deslizante en ese intervalo.

Repitiendo el procedimiento anterior para cada uno de los intervalos que conforman el tramo, se obtiene la rugosidad media deslizante en todos los intervalos del tramo. El contrato de la concesión detalla según la Tabla 4.2 que la medida de la rugosidad no exceda los 3.45 m/km, de lo contrario superaría el nivel de servicio por IRI.

Tabla 4.2 Valores Máximos de Rugosidad

	Concreto Asfáltico	Tratamiento Superficial
Rugosidad para Tramos en los que se ejecutan Obras Nuevas o de Puesta a Punto	2.40 IRI	3.45
Rugosidad para Tramos que se encuentran en mantenimiento	3.45 IRI	4.4

Fuente: Contrato de concesión

Para efecto de análisis la Figura N° 4.3 detalla la definición de los límites de fajas (carriles y bermas) de carreteras pavimentadas, límites que nos ayudarán a identificar el carril y el sentido de la medición de rugosidad.

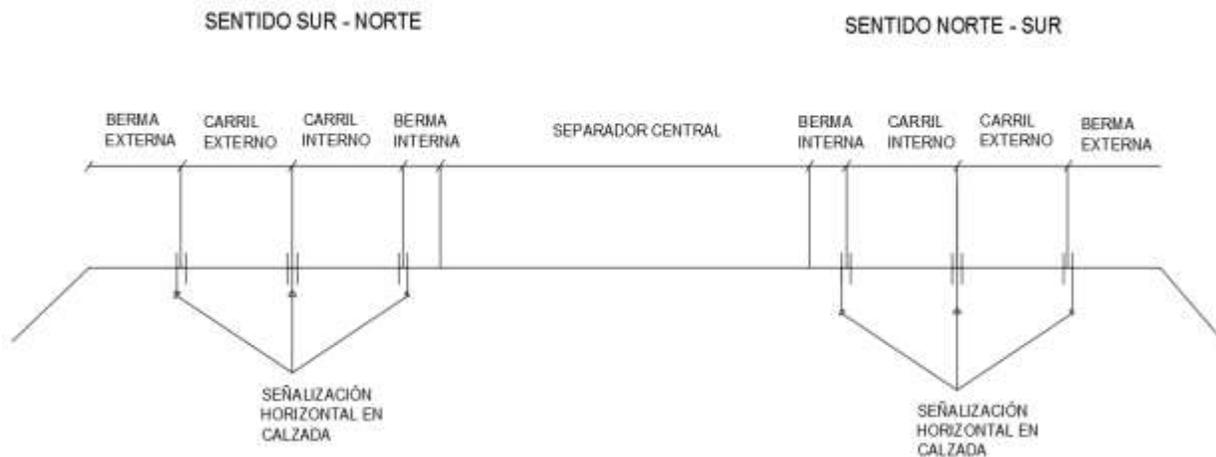


Figura 4.3 Definición de los límites de fajas (carriles y bermas) de carreteras pavimentadas

Fuente: ICG “Manual de carretas Mantenimiento o Conservación vial”. Lima. Perú 2015.

4.1.2 Procesamiento de las Mediciones del IRI

Según los datos de IRI obtenidos en campo de acuerdo a la medición anual realizadas por la Concesionaria, se resumieron de acuerdo a la Tabla 4.3, sentido Norte Sur, mostrando los resultados del IRI a través del tiempo en los Gráficos 4.1 y 4.2; asimismo la Tabla 4.4, sentido Sur Norte, mostrando los resultados del IRI a través del tiempo en los Gráficos 4.3 y 4.4, en donde describe el IRI admisible en cada carril de circulación sobre las dos huellas de circulación de los vehículos (carril interno y externo).

Tabla 4.3 IRI media deslizante en ambos carriles del 2010 al 2015 Sentido Norte – Sur

SUB TRAMO I - SENTIDO NORTE-SUR													
Start	End	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
		IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo
58+000	59+000	1.12	1.24	1.42	1.81	0.97	1.32	1.01	1.40	1.00	1.59	1.03	1.91
59+000	60+000	1.32	1.10	1.70	1.59	1.03	1.01	1.00	1.06	1.02	1.15	1.06	1.12
60+000	61+000	1.45	1.28	1.68	1.98	1.12	1.14	1.11	1.17	1.11	1.22	1.21	1.23
61+000	62+000	1.28	1.22	1.53	1.74	1.07	1.15	1.07	1.18	1.06	1.19	1.11	1.25
62+000	63+000	1.19	1.33	1.48	1.58	1.03	1.24	1.04	1.22	1.03	1.32	1.06	1.31
63+000	64+000	1.27	1.25	1.48	1.57	1.07	1.13	1.05	1.10	1.05	1.23	1.09	1.19
64+000	65+000	1.29	1.29	1.62	1.62	1.10	1.26	1.08	1.30	1.12	1.28	1.11	1.28
65+000	66+000	1.43	1.48	1.39	1.58	1.10	1.30	1.18	1.33	1.09	1.40	1.23	1.36
66+000	67+000	2.13	2.07	1.54	1.71	1.42	1.49	1.46	1.59	2.26	2.13	2.06	2.86
67+000	68+000	1.31	1.38	1.73	1.86	1.34	1.32	1.31	1.34	1.28	1.40	1.36	1.44
68+000	69+000	1.38	1.33	1.66	1.73	1.39	1.29	1.36	1.31	1.29	1.31	1.34	1.35
69+000	70+000	1.11	1.25	1.48	1.66	1.14	1.29	1.17	1.28	1.15	1.34	1.18	1.33
70+000	71+000	1.27	1.18	1.50	1.55	1.29	1.06	1.25	1.08	1.24	1.10	1.27	1.09
71+000	72+000	1.11	1.38	1.45	1.61	1.20	1.13	1.21	1.17	1.23	1.09	1.27	1.22
72+000	73+000	1.08	0.98	1.23	1.28	1.10	1.06	1.06	1.11	1.10	1.11	1.13	1.14
73+000	74+000	1.22	1.18	1.57	1.49	1.20	1.14	1.16	1.18	1.17	1.16	1.19	1.25
74+000	75+000	1.10	1.22	1.41	1.50	1.17	1.27	1.21	1.23	1.20	1.31	1.26	1.35
75+000	76+000	1.08	1.33	1.31	1.65	1.24	1.43	1.23	1.39	1.15	1.40	1.21	1.5
76+000	77+000	1.03	1.48	1.26	2.11	1.29	1.23	1.22	1.22	1.14	1.27	1.29	1.45
77+000	78+000	0.95	1.22	1.14	1.50	1.27	0.98	1.15	1.02	1.14	1.06	1.24	1.11
78+000	79+000	0.99	1.21	1.18	1.52	1.36	1.16	1.25	1.17	1.24	1.16	1.37	1.3
79+000	80+000	1.28	1.32	1.42	1.59	1.26	1.40	1.25	1.40	1.26	1.39	1.3	1.43
80+000	81+000	1.09	1.06	1.38	1.37	1.24	1.23	1.22	1.20	1.26	1.29	1.21	1.28
81+000	82+000	0.83	0.97	1.08	1.19	1.14	1.11	1.08	1.12	1.09	0.98	1.06	1.13

SUB TRAMO I - SENTIDO NORTE-SUR													
Start	End	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
		IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo
82+000	83+000	1.03	1.07	1.17	1.29	1.09	1.08	1.10	1.09	1.05	1.06	1.07	1.07
83+000	84+000	1.01	1.03	1.30	1.30	1.14	0.99	1.12	0.98	1.06	1.08	1.15	1.1
84+000	85+000	0.97	0.98	1.07	1.25	0.91	0.92	1.32	1.33	1.04	1.00	1.3	1.29
85+000	86+000	1.14	1.22	1.34	1.52	1.09	1.07	1.31	1.07	1.55	1.62	1.31	1.43
86+000	87+000	1.06	1.20	1.50	1.50	1.15	1.20	1.11	1.19	1.05	1.14	1.15	1.21
87+000	88+000	1.01	1.05	1.25	1.31	1.10	1.16	1.08	1.19	1.07	1.19	1.06	1.23
88+000	89+000	1.13	1.11	1.37	1.41	1.48	1.38	1.55	1.63	1.56	1.45	1.57	1.66
89+000	90+000	1.09	1.06	1.41	1.41	1.21	1.22	1.20	1.18	1.17	1.26	1.2	1.3
90+000	91+000	1.20	1.24	1.45	1.66	1.44	1.52	1.39	1.40	1.32	1.39	1.41	1.43
91+000	92+000	1.05	1.07	1.34	1.40	1.09	1.17	1.13	1.12	1.14	1.05	1.25	1.21
92+000	93+000	1.08	1.17	1.26	1.48	1.01	1.36	1.00	1.13	1.05	1.40	1.04	1.36
93+000	94+000	1.02	1.19	1.27	1.19	1.04	1.25	0.99	1.23	0.95	1.28	1.01	1.27
94+000	95+000	1.19	1.07	1.41	1.41	1.21	1.18	1.14	1.14	1.19	1.20	1.23	1.22
95+000	96+000	1.09	1.12	1.30	1.43	1.11	1.10	1.13	1.11	1.14	1.14	1.17	1.19
96+000	97+000	1.10	1.21	1.37	1.62	1.19	1.22	1.14	1.23	1.09	1.16	1.15	1.28
97+000	98+000	1.01	1.15	1.34	1.55	1.14	1.03	1.06	1.08	1.16	1.23	1.1	1.15
98+000	99+000	1.13	1.07	1.34	1.38	1.15	1.02	1.11	1.08	1.12	1.01	1.14	1.04
99+000	100+000	1.05	1.08	1.30	1.38	1.10	1.09	1.06	1.06	1.12	1.04	1.13	1.09
100+000	101+000	1.08	1.14	1.32	1.51	1.15	1.21	1.12	1.22	1.15	1.17	1.17	1.23
101+000	102+000	1.15	1.26	1.43	1.59	1.12	1.23	1.13	1.18	1.20	1.18	1.13	1.24
102+000	103+000	1.24	1.20	1.43	1.71	1.32	1.28	1.39	1.36	1.41	1.36	1.38	1.43
103+000	104+000	1.27	1.35	1.38	1.93	1.39	1.39	1.32	1.42	1.33	1.36	1.42	1.53
104+000	105+000	1.17	1.14	1.39	2.28	2.14	1.75	2.12	1.87	1.87	1.80	2.2	1.84
105+000	106+000	1.43	1.40	1.76	2.18	2.46	1.42	2.34	1.48	2.28	1.46	2.44	1.49

SUB TRAMO I - SENTIDO NORTE-SUR													
Start	End	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
		IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo
106+000	107+000	1.45	1.44	1.72	2.36	1.71	2.11	1.63	1.85	1.86	1.84	1.67	2.1
107+000	108+000	1.38	1.36	1.62	1.80	1.11	1.16	1.09	1.19	1.20	1.59	1.13	1.34
108+000	109+000	1.31	1.33	1.63	2.22	1.15	1.33	1.13	1.35	1.09	1.32	1.11	1.36
109+000	110+000	1.61	1.55	2.08	2.50	1.30	1.38	1.26	1.36	1.29	1.50	1.26	1.29
110+000	111+000	1.51	2.00	2.20	2.69	1.31	1.45	1.30	1.46	1.38	1.51	1.5	1.53
111+000	112+000	1.49	1.58	2.12	2.75	1.37	1.45	1.41	1.53	1.45	1.59	1.53	1.72
112+000	113+000	1.55	1.37	1.92	2.43	1.18	1.38	1.16	1.38	1.25	1.60	1.25	1.52
113+000	114+000	1.34	1.28	1.80	2.40	1.27	1.34	1.25	1.36	1.22	1.42	1.31	1.48
114+000	115+000	1.44	1.57	1.74	2.40	1.24	1.26	1.19	1.18	1.24	1.36	1.29	1.48
115+000	116+000	1.50	1.49	1.78	2.11	1.26	1.24	1.20	1.22	1.17	1.30	1.22	1.26
116+000	117+000	1.48	1.43	1.86	2.14	1.20	1.18	1.16	1.16	1.27	1.33	1.21	1.28
117+000	118+000	1.35	1.44	1.40	1.50	1.22	1.34	1.20	1.26	1.28	1.40	1.25	1.56
118+000	119+000	1.18	1.81	1.22	1.35	1.24	1.35	1.22	1.34	1.19	1.47	1.3	1.51
119+000	120+000	1.22	1.81	1.18	1.47	1.25	1.61	1.24	1.58	1.25	1.55	1.24	1.49
120+000	121+000	1.59	1.76	1.41	1.47	1.43	1.50	1.41	1.50	1.36	1.55	1.39	1.6
121+000	122+000	1.48	1.75	1.38	1.37	1.43	1.36	1.38	1.40	1.34	1.66	1.42	1.55
122+000	123+000	1.43	1.53	1.32	1.40	1.33	1.29	1.35	1.31	1.46	1.46	1.39	1.51
123+000	124+000	1.27	1.47	1.23	1.54	1.27	1.62	1.12	1.34	1.28	1.44	1.34	1.76
124+000	125+000	1.34	1.29	1.16	1.61	1.19	1.72	1.19	1.73	1.24	1.84	1.2	1.79
125+000	126+000	1.18	1.37	1.39	1.62	1.42	1.67	1.35	1.65	1.34	1.44	1.38	1.65
126+000	127+000	1.45	1.19	1.58	1.89	1.55	1.86	1.54	1.71	1.55	1.85	1.53	1.87
127+000	128+000	1.31	1.13	1.28	1.50	1.26	1.49	1.25	1.47	1.31	1.67	1.25	1.54
128+000	129+000	1.34	1.19	1.37	1.13	1.40	1.10	1.31	1.07	1.29	1.24	1.36	1.17
129+000	130+000	1.36	1.08	1.28	1.06	1.35	1.06	1.26	1.07	1.25	1.05	1.28	1.11
130+000	130+700	1.56	1.10	1.21	1.04	1.34	1.35	1.24	1.13	1.22	1.05	1.19	1.04

Fuente: Elaboración propia

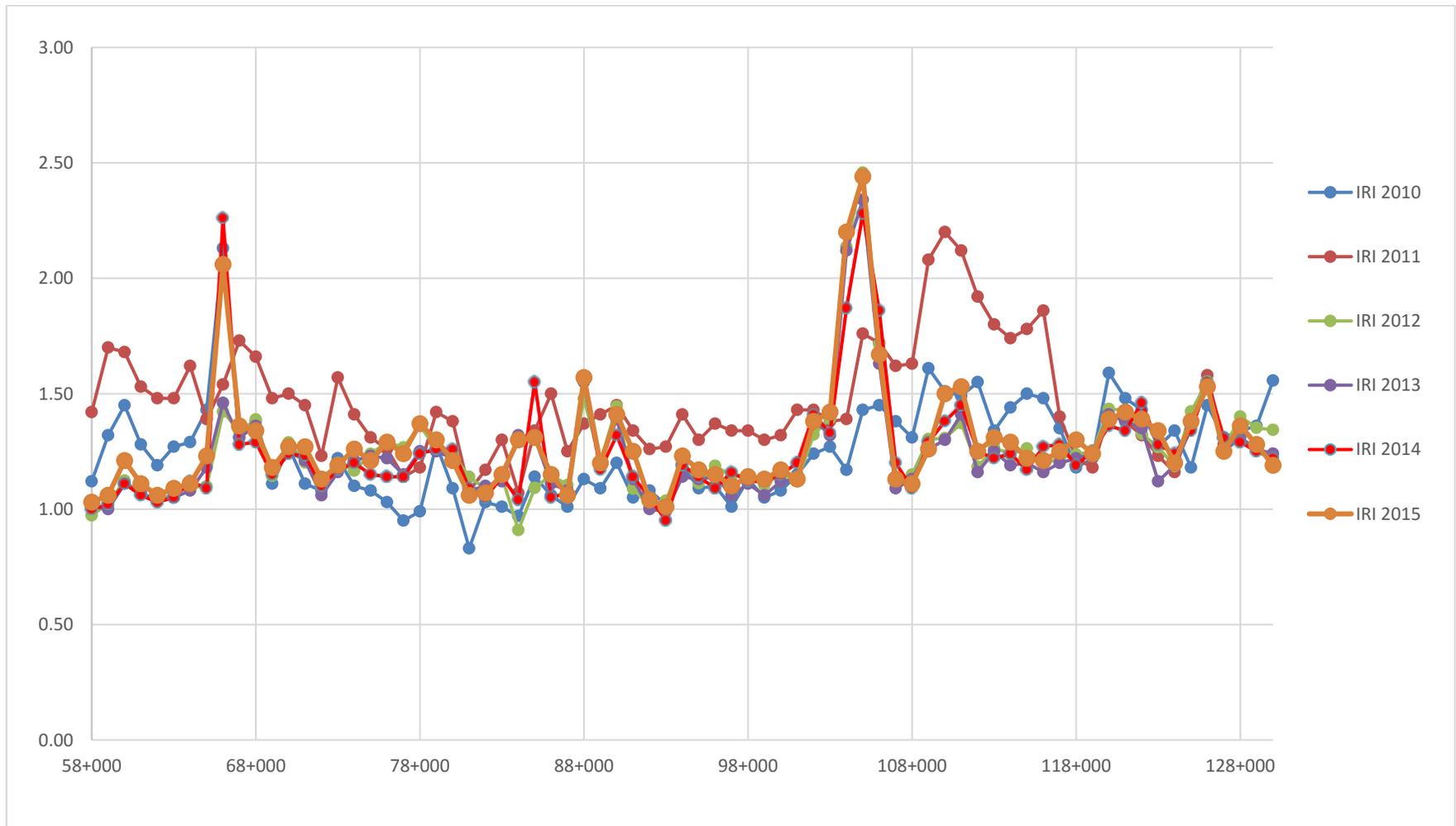


Gráfico 4.1 Variación de la Rugosidad 2010 - 2015 Carril Interno Sentido Norte – Sur

Fuente: Elaboración propia

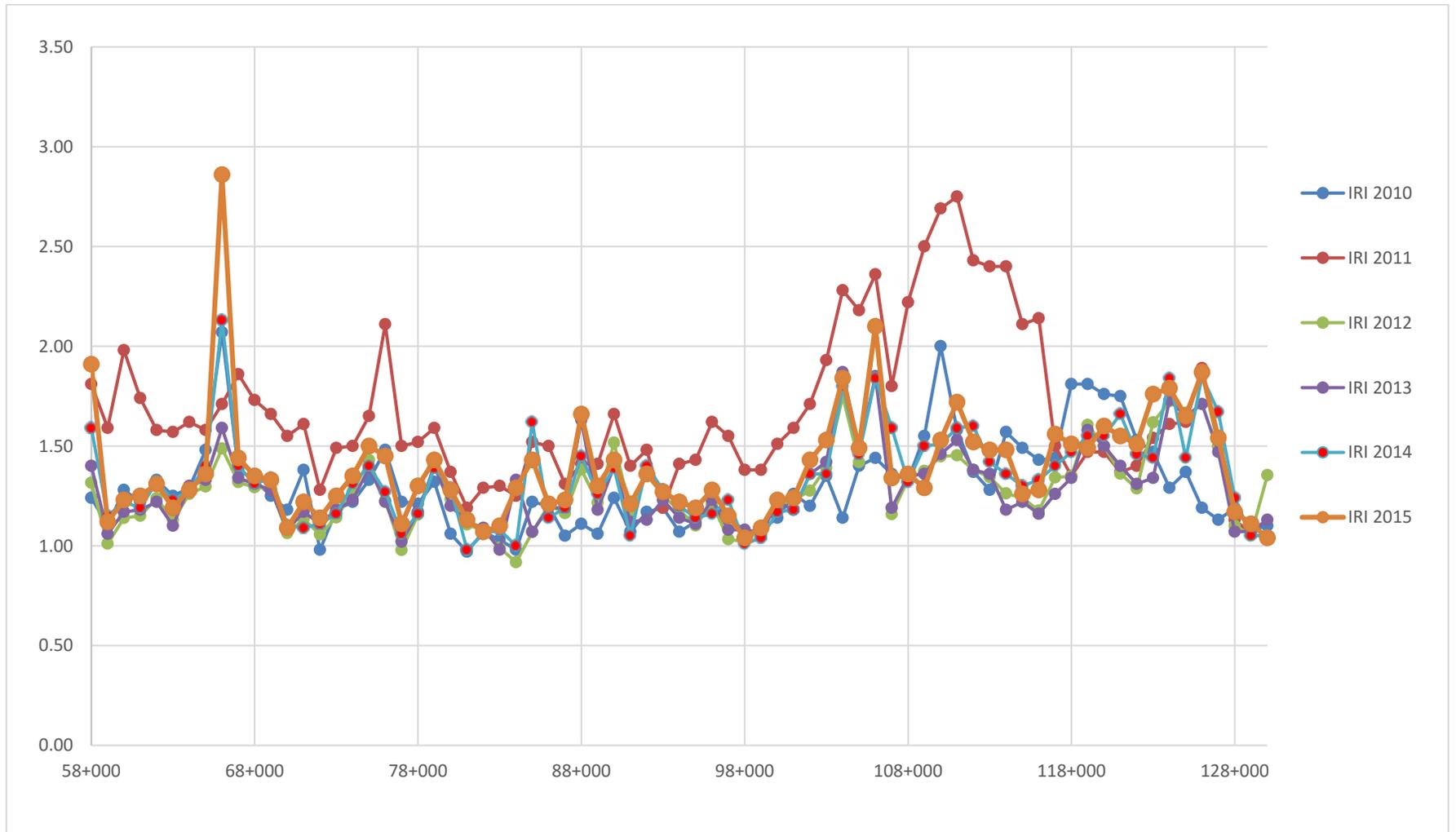


Grafico 4.2 Variación de la Rugosidad 2010 - 2015 Carril Externo Sentido Norte – Sur

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.4 IRI media deslizando en ambos carriles del 2010 al 2015 Sentido Sur - Norte

SUB TRAMO I - SENTIDO SUR - NORTE													
Start	End	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
		IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo
58+000	59+000	1.43	1.22	2.06	1.44	1.14	1.20	1.18	1.15	1.12	1.18	1.13	1.21
59+000	60+000	1.25	1.22	1.70	1.40	1.00	0.99	1.02	1.00	1.07	0.98	1.03	1.02
60+000	61+000	1.30	1.14	1.92	1.41	1.09	1.10	1.06	1.07	1.06	1.14	1.09	1.15
61+000	62+000	1.53	1.23	2.05	1.61	1.17	1.17	1.11	1.15	1.14	1.17	1.17	1.24
62+000	63+000	1.48	1.28	1.95	1.51	1.11	1.15	1.07	1.15	1.05	1.14	1.12	1.10
63+000	64+000	1.59	1.26	2.05	1.65	1.08	1.22	1.06	1.22	1.18	1.21	1.14	1.26
64+000	65+000	1.43	1.34	1.83	1.67	1.19	1.19	1.16	1.17	1.21	1.18	1.21	1.21
65+000	66+000	1.36	1.46	1.85	1.78	1.06	1.09	1.02	1.08	1.15	1.19	1.13	1.08
66+000	67+000	1.56	1.35	1.82	1.63	1.14	1.45	1.14	1.46	1.17	1.36	1.27	1.81
67+000	68+000	1.46	1.52	1.98	1.84	1.32	1.36	1.31	1.31	1.32	1.38	1.33	1.35
68+000	69+000	1.50	1.42	1.95	1.79	1.25	1.34	1.23	1.29	1.27	1.40	1.29	1.41
69+000	70+000	1.47	1.51	1.76	1.71	1.02	1.08	1.03	1.11	0.92	1.09	1.04	1.17
70+000	71+000	1.41	1.27	1.80	1.49	0.90	1.03	0.90	1.01	0.89	1.04	0.90	1.02
71+000	72+000	1.24	0.94	1.47	1.28	0.88	1.01	0.88	1.00	0.85	0.91	0.87	0.97
72+000	73+000	1.25	1.03	1.53	1.22	0.83	0.97	0.89	0.92	0.86	0.95	0.81	0.93
73+000	74+000	1.34	1.03	1.59	1.25	0.80	1.05	0.83	1.01	0.88	1.05	0.95	1.23
74+000	75+000	1.27	1.20	1.60	1.43	1.02	1.21	1.02	1.19	1.08	1.20	1.04	1.23
75+000	76+000	1.37	1.20	1.94	1.48	1.06	1.08	1.05	1.09	1.13	1.14	1.10	1.16
76+000	77+000	1.32	1.28	2.11	1.77	1.25	1.18	1.19	1.10	1.15	1.12	1.19	1.18
77+000	78+000	1.34	1.16	2.11	1.46	0.96	1.17	0.95	1.14	0.92	1.21	0.98	1.24
78+000	79+000	1.36	1.17	2.03	1.57	0.94	1.19	0.93	1.17	1.01	1.19	0.97	1.23
79+000	80+000	1.46	1.39	1.79	1.66	1.09	1.14	1.02	1.15	0.97	1.07	1.05	1.16
80+000	81+000	1.11	1.17	1.43	1.35	0.93	0.99	0.90	0.97	0.94	1.02	0.95	1.08
81+000	82+000	0.99	1.02	1.18	1.23	0.89	0.92	0.89	0.91	0.92	0.99	1.02	1.04

SUB TRAMO I - SENTIDO SUR - NORTE													
Start	End	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
		IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo
82+000	83+000	1.09	0.96	1.30	1.17	0.84	0.92	0.82	0.90	0.83	0.96	0.82	0.92
83+000	84+000	1.44	1.03	1.65	1.17	0.92	1.07	0.90	1.03	0.91	1.06	0.92	1.06
84+000	85+000	1.42	1.24	1.34	1.18	0.93	1.03	1.43	1.42	1.64	1.96	1.59	1.90
85+000	86+000	1.28	1.21	1.27	1.23	1.02	0.96	1.29	1.24	1.14	1.20	1.21	1.26
86+000	87+000	1.24	1.14	1.50	1.45	0.97	1.10	0.94	1.08	0.99	1.11	1.02	1.14
87+000	88+000	1.10	1.01	1.33	1.27	0.95	0.98	0.95	0.99	0.96	1.03	0.96	1.04
88+000	89+000	1.17	1.11	1.44	1.40	1.03	1.08	0.97	1.06	0.97	1.09	1.01	1.10
89+000	90+000	1.21	1.14	1.48	1.41	0.96	1.08	0.94	1.12	0.98	1.13	0.95	1.14
90+000	91+000	1.26	1.25	1.64	1.48	1.26	1.45	1.20	1.24	1.23	1.22	1.31	1.41
91+000	92+000	1.17	1.18	2.15	1.48	1.11	1.11	1.10	1.12	1.10	1.21	1.14	1.18
92+000	93+000	1.18	1.21	1.50	1.51	1.05	1.21	1.01	1.22	1.06	1.26	1.08	1.30
93+000	94+000	1.08	1.13	1.40	1.38	1.10	1.07	1.05	1.10	1.05	1.08	1.04	1.15
94+000	95+000	1.21	1.13	1.49	1.40	1.08	1.35	1.10	1.21	1.13	1.23	1.18	1.24
95+000	96+000	1.09	1.07	1.63	1.33	1.12	1.24	1.14	1.15	1.14	1.13	1.14	1.23
96+000	97+000	1.09	1.13	1.37	1.42	1.32	1.24	1.26	1.07	1.27	1.09	1.26	1.13
97+000	98+000	1.13	1.27	1.44	1.57	1.45	1.12	1.33	1.06	1.28	1.09	1.34	1.09
98+000	99+000	1.04	1.02	1.28	1.32	1.32	1.02	1.23	0.98	1.12	1.11	1.18	0.97
99+000	100+000	1.20	1.09	1.50	1.36	1.01	1.15	1.04	1.10	1.00	1.14	0.96	1.14
100+000	101+000	1.26	1.06	1.54	1.31	1.01	1.20	0.97	1.13	1.04	1.13	1.06	1.14
101+000	102+000	1.13	1.14	1.50	1.37	1.24	1.08	1.14	1.07	1.22	1.22	1.28	1.06
102+000	103+000	1.22	1.22	1.49	1.44	1.29	1.04	1.28	1.09	1.21	1.04	1.23	1.16
103+000	104+000	1.58	1.18	1.73	1.37	1.31	1.36	1.37	1.40	1.38	1.45	1.38	1.53
104+000	105+000	1.25	1.22	1.68	1.49	1.07	1.14	1.06	1.11	1.01	1.09	1.02	1.15
105+000	106+000	1.14	1.21	1.78	1.47	0.97	1.04	0.97	1.03	0.98	1.07	0.97	1.06

SUB TRAMO I - SENTIDO SUR - NORTE													
Start	End	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
		IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo	IRI - Carril Interno	IRI - Carril Externo
106+000	107+000	1.25	1.23	1.78	1.47	1.11	1.15	1.12	1.11	1.12	1.10	1.23	1.22
107+000	108+000	1.24	1.14	1.86	1.31	1.07	1.14	1.07	1.13	1.10	1.15	1.11	1.21
108+000	109+000	1.50	1.35	2.24	1.69	1.18	1.28	1.12	1.27	1.19	1.28	1.15	1.31
109+000	110+000	1.42	1.36	2.05	1.70	1.19	1.26	1.19	1.31	1.20	1.33	1.21	1.33
110+000	111+000	1.37	1.39	2.39	1.67	1.15	1.31	1.14	1.33	1.10	1.37	1.10	1.44
111+000	112+000	1.47	1.48	2.29	1.70	1.10	1.34	1.06	1.32	1.10	1.44	1.07	1.37
112+000	113+000	1.56	1.65	2.08	1.82	1.19	1.25	1.16	1.29	1.14	1.27	1.18	1.30
113+000	114+000	1.45	1.78	1.86	1.99	1.28	1.36	1.25	1.36	1.28	1.43	1.28	1.36
114+000	115+000	1.49	1.59	1.38	1.67	1.34	1.38	1.35	1.43	1.34	1.45	1.37	1.62
115+000	116+000	1.41	1.42	1.28	1.30	1.33	1.33	1.26	1.34	1.27	1.37	1.29	1.42
116+000	117+000	1.48	1.61	1.16	1.31	1.19	1.22	1.16	1.20	1.19	1.37	1.20	1.45
117+000	118+000	1.49	1.59	1.33	1.29	1.29	1.43	1.25	1.40	1.27	1.42	1.28	1.44
118+000	119+000	1.50	1.72	1.34	1.25	1.25	1.41	1.27	1.39	1.25	1.43	1.35	1.46
119+000	120+000	1.50	1.61	1.20	1.26	1.29	1.18	1.26	1.22	1.32	1.30	1.27	1.21
120+000	121+000	1.51	1.41	1.14	1.25	1.23	1.14	1.23	1.14	1.26	1.22	1.37	1.32
121+000	122+000	1.02	1.38	1.24	1.19	1.19	1.24	1.20	1.25	1.17	1.28	1.21	1.29
122+000	123+000	1.10	1.24	1.14	1.09	1.09	1.13	1.04	1.14	1.04	1.17	1.05	1.17
123+000	124+000	1.13	1.21	1.08	1.02	1.05	1.10	1.03	1.07	1.07	1.16	1.08	1.22
124+000	125+000	1.49	1.16	1.59	1.66	1.76	1.67	1.76	1.62	1.76	1.76	1.76	1.77
125+000	126+000	1.19	1.04	1.66	1.55	1.46	1.67	1.51	1.73	1.45	1.62	1.43	1.69
126+000	127+000	1.15	1.25	1.57	1.29	1.35	1.57	1.32	1.74	1.41	1.54	1.35	1.65
127+000	128+000	0.97	1.02	1.62	1.48	1.43	1.66	1.40	1.61	1.54	1.60	1.36	1.61
128+000	129+000	0.90	0.92	1.83	1.31	1.28	1.78	1.25	1.74	1.27	1.73	1.28	1.80
129+000	130+000	1.06	0.90	1.94	1.08	1.10	1.96	1.04	1.88	1.05	1.95	1.31	2.14
130+000	130+700	1.39	1.09	2.22	1.30	1.71	2.31	1.27	2.10	1.37	2.13	1.31	2.15

Fuente: Elaboración propia

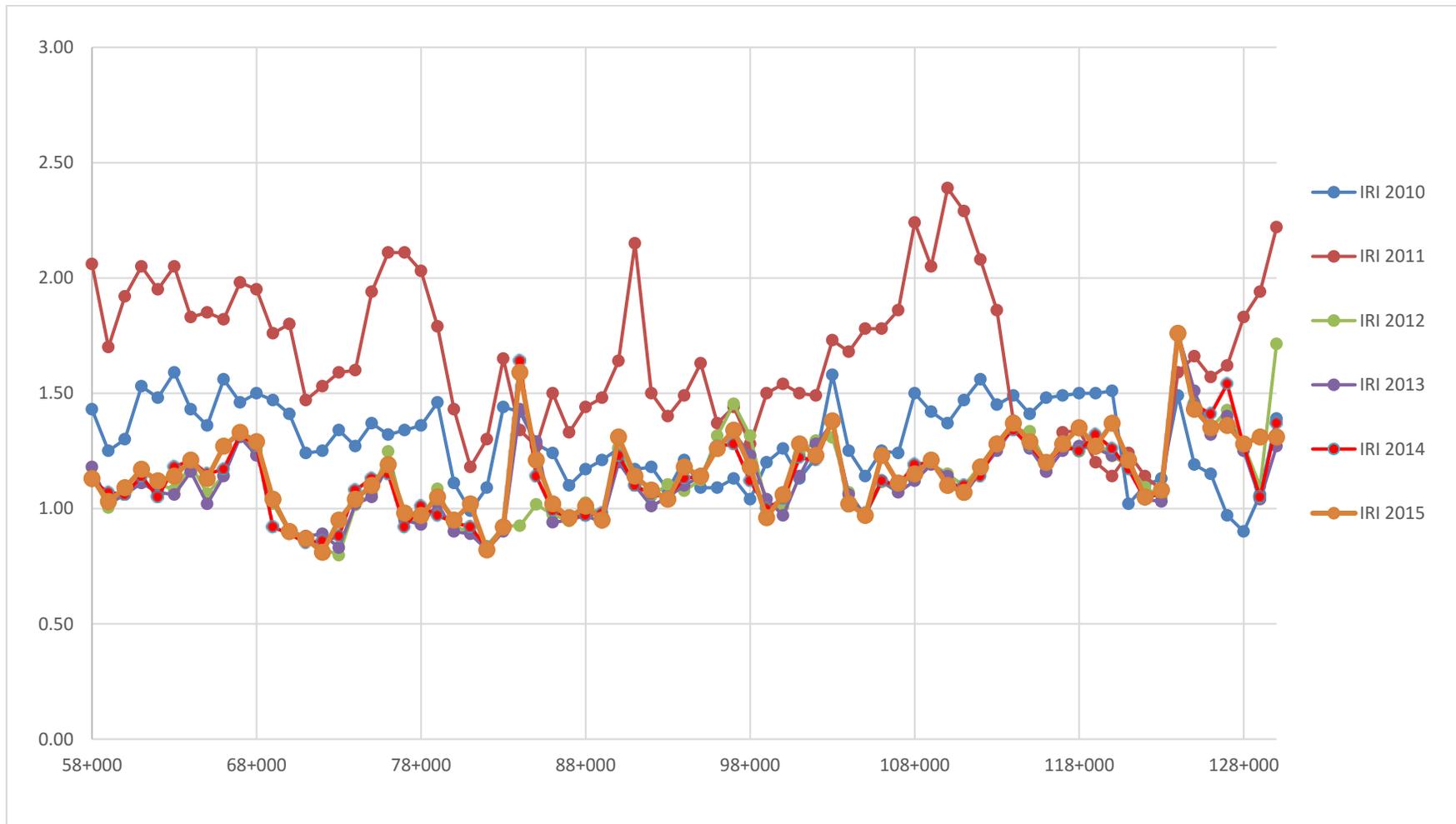


Gráfico 4.3 Variación de Rugosidad 2010 - 2015 Carril Interno Sentido - Sur Norte

Fuente: Elaboración propia

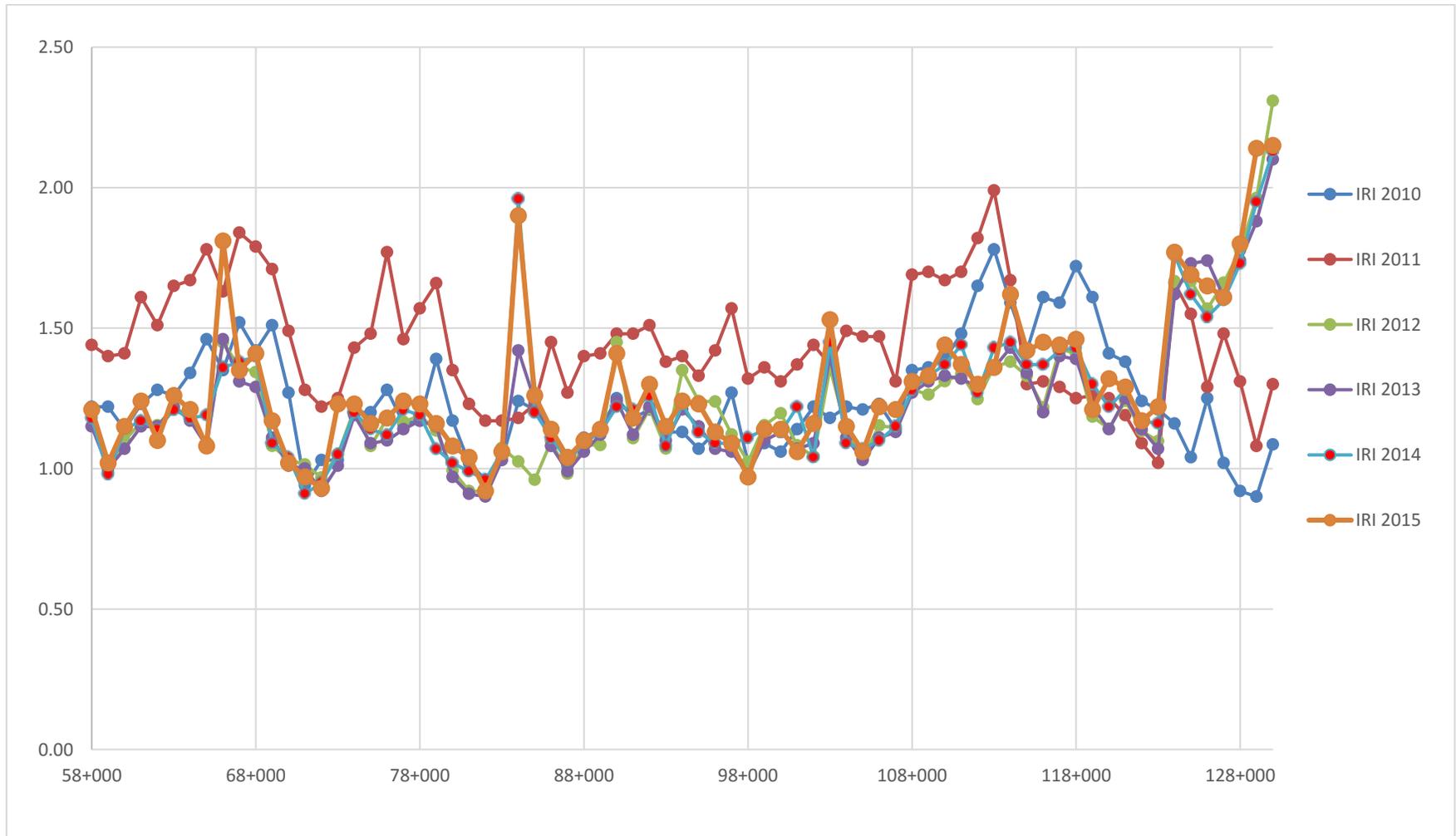


Gráfico 4.4 Variación de Rugosidad 2010 - 2015 Carril Externo Sentido - Sur Norte

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Intervenciones de conservación y mantenimiento en calzada del Subtramo I de la red Vial 6

4.1.3.1 Intervenciones de Mantenimiento Rutinario

Para mantener la calidad del pavimento por encima de los niveles de servicio mínimos y debajo de los máximos la Concesionaria ejecuta de manera permanente las intervenciones de mantenimiento rutinario que se basan en lo siguiente:

a) Sellado de Fisuras

DESCRIPCIÓN: Consiste en el sellado de las grietas que se presenten sobre la carpeta asfáltica.

b) Carpeta Asfáltica de 0.05m

DESCRIPCIÓN: Consiste en la reparación de huecos pequeños originados sobre la superficie de la carpeta asfáltica que no comprometen a las capas subyacentes.

c) Carpeta Asfáltica de 0.10m

DESCRIPCIÓN: Consiste en la reparación de la carpeta asfáltica en el ancho de las bermas ocasionados por el tráfico.

d) Bacheo de 1”

DESCRIPCIÓN: Consiste en la reparación de fisuras, piel de cocodrilo originados sobre la superficie de la carpeta asfáltica que no comprometen a las capas subyacentes.

4.1.3.2 Intervenciones de Mantenimiento Periódico

La Concesionaria efectuará cuando se requiera el mantenimiento periódico a lo largo de toda la vía y que básicamente se han realizado las siguientes intervenciones:

a) Bacheo de 0.1 m

DESCRIPCIÓN: Consiste en la reparación de fisuras, piel de cocodrilo originados sobre la superficie de la carpeta asfáltica que no comprometen a las capas subyacentes.

b) Sellado de Fisuras con elastómero y con ruteo

DESCRIPCIÓN: Consiste en el sellado de las grietas que se presenten sobre la carpeta asfáltica.

c) Colocación de mezcla Asfáltica en Caliente convencional

DESCRIPCIÓN: Consiste en la colocación de una capa de refuerzo de mezcla asfáltica en caliente convencional sobre la carpeta existente.

d) Colocación de Mezcla Asfáltica en Caliente Modificada

DESCRIPCIÓN: Consiste en la colocación de una capa de refuerzo de mezcla asfáltica en caliente modificada sobre la carpeta existente.

e) Sellos asfálticos

DESCRIPCIÓN: Consiste en la ejecución de riegos asfálticos sobre la superficie de rodadura cuyo objetivo es recuperar las condiciones superficiales de calzada desgastadas o pulidas, además para minimizar y/o retardar la formación de dalos más severos en el pavimento.

El resumen de las actividades de Mantenimiento Periódico y Mantenimiento Rutinario se aprecia en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5 Resumen de actividades de Mantenimiento del Subtramo I Red Vial 6

Actividades de Mantenimiento Rutinario (MR) – Año 2010 al 2015	Actividades de Mantenimiento Periódico (MP) – Año 2011 y Año 2105
Sellado de Fisuras con emulsión	Sellado y ruteo de fisuras con elastomérico
Parche con carpeta de 0.05 m	Bacheo de 0.10 m
Parche con carpeta de 0.10 m	Refuerzo de carpeta con mezcla asfáltica en caliente convencional y modificada
Bacheo de 1"	Sello asfáltico - Micropavimento

Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Costo para la Conservación y Mantenimiento en calzada del Subtramo I de la Red Vial

4.1.4.1 Costo de las intervenciones de mantenimiento rutinario

A continuación se detallará en las Tablas 4.6 y 4.7 los gastos incurridos para mantenimiento rutinario en calzada en los años de transición investigados para relacionarlos con los resultados de la evaluación de la rugosidad.

Tabla 4.6 Costo y tipo de intervención de Mantenimiento Rutinario Sentido Norte- Sur

Año	Tipo de Intervención		Costo Directo (US \$)	GG y utilidades (25%)	Subtotal (US \$)
Período 2010	Mantenimiento Rutinario	Sellado de fisuras	57,382.50	14,345.63	71,728.13
		Parche con carpeta de 0.05m	3,867.91	966.98	4,834.88
		Parche con carpeta de 0.10m	0.00	0.00	0.00
	Adicional con cargo a mantenimiento rutinario	Bacheo de 1"	88,100.69	22,025.17	110,125.86
		Sello de fisuras	31,500.00	7,875.00	39,375.00
Período 2011	Mantenimiento Rutinario	Sellado de fisuras	0.00	0.00	0.00
		Parche con carpeta de 0.05m	2,225.77	556.44	2,782.21
		Parche con carpeta de 0.10m	0.00	0.00	0.00
	Adicional con cargo a mantenimiento rutinario	Bacheo de 1"	276,201.81	69,050.45	345,252.26
		Sello de fisuras	0.00	0.00	0.00
Período 2012	Mantenimiento Rutinario	Sellado de fisuras	0.00	0.00	0.00
		Parche con carpeta de 0.05m	398.57	99.64	498.21
		Parche con carpeta de 0.10m	0.00	0.00	0.00
Período 2013	Mantenimiento Rutinario	Sellado de fisuras	56,597.68	14,149.42	70,747.10
		Parche con carpeta de 0.05m	877.28	219.32	1,096.60
		Parche con carpeta de 0.10m	3,847.85	961.96	4,809.81
Período 2014	Mantenimiento Rutinario	Sellado de fisuras	149,593.50	37,398.38	186,991.88
		Parche con carpeta de 0.05m	4,632.12	1,158.03	5,790.15
		Parche con carpeta de 0.10m	5,119.29	1,279.82	6,399.12
Período 2015	Mantenimiento Rutinario	Sellado de fisuras	236,141.50	59,035.38	295,176.88
		Parche con carpeta de 0.05m	53.39	13.35	66.73
		Parche con carpeta de 0.10m	2,222.69	555.67	2,778.37

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.7 Costo y tipo de intervención de Mantenimiento Rutinario Sentido Sur – Norte

Año	Tipo de Intervención		Costo Directo (US \$)	GG y utilidades (25%)	Subtotal (US \$)
Período 2010	Mantenimiento Rutinario	Sellado de fisuras	27,737.50	6,934.38	34,671.88
		Parche con carpeta de 0.05m	312.80	78.20	390.99
		Parche con carpeta de 0.10m	0.00	0.00	0.00
	Adicional con cargo a mantenimiento rutinario	Bacheo de 1"	327,377.86	81,844.47	409,222.33
		Sello de fisuras	0.00	0.00	0.00
Período 2011	Mantenimiento Rutinario	Sellado de fisuras	0.00	0.00	0.00
		Parche con carpeta de 0.05m	312.80	78.20	390.99
		Parche con carpeta de 0.10m	0.00	0.00	0.00
	Adicional con cargo a mantenimiento rutinario	Bacheo de 1"	0.00	0.00	0.00
		Sello de fisuras	0.00	0.00	0.00
Período 2012	Mantenimiento Rutinario	Sellado de fisuras	0.00	0.00	0.00
		Parche con carpeta de 0.05m	37.62	9.41	47.03
		Parche con carpeta de 0.10m	0.00	0.00	0.00
Período 2013	Mantenimiento Rutinario	Sellado de fisuras	29,180.88	7,295.22	36,476.10
		Parche con carpeta de 0.05m	756.58	189.14	945.72
		Parche con carpeta de 0.10m	3,510.98	877.75	4,388.73
Período 2014	Mantenimiento Rutinario	Sellado de fisuras	121,306.50	30,326.63	151,633.13
		Parche con carpeta de 0.05m	6,024.34	1,506.08	7,530.42
		Parche con carpeta de 0.10m	6,041.38	1,510.34	7,551.72
Período 2015	Mantenimiento Rutinario	Sellado de fisuras	121,306.50	30,326.63	151,633.13
		Parche con carpeta de 0.05m	6,024.34	1,506.08	7,530.42
		Parche con carpeta de 0.10m	6,041.38	1,510.34	7,551.72

Fuente: Elaboración propia

4.1.4.2 Costo de las intervenciones de mantenimiento periódico

A continuación se detallará en las Tablas 4.8 y 4.9 los gastos incurridos del mantenimiento periódico en el año 2011 y los adicionales con cargo a mantenimiento periódico en el 2015 en calzada para relacionarlos con los resultados de la evaluación de la rugosidad.

Tabla 4.8 Costo de Mantenimiento Periódico para el año 2011

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio Unitario US \$	Costo total
01.00	OBRAS PRELIMINARES				309,042.12
01.01	CONSTRUCCION E INSTALACION DE CAMPAMENTO PROVISIONAL	GLB	1.00	70,000.00	70,000.00
01.02	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	GLB	1.00	140,000.00	140,000.00
01.03	GEOREFERENCIACION, TRAZO Y REPLANTEO	KM	145.40	681.17	99,042.12
02.00	PAVIMENTOS				11,548,375.22
02.01	PARCHADO SUPERFICIAL TIPO I	M2	72,155.19	23.79	1,716,572.03
02.02	PARCHADO SUPERFICIAL TIPO II	M2	4,305.83	38.21	164,525.76
02.03	SELLADO DE FISURAS CON ELASTOMERICO	M	104,483.13	2.51	262,252.66
02.04	CARPETA ASFALTICA EN CALZADA CON ASFALTO MODIFICADO	M3	16,770.10	223.12	3,741,744.71
02.05	CARPETA ASFALTICA EN CALZADA CON ASFALTO CONVENCIONAL	M3	11,599.20	176.33	2,045,286.94
02.06	CARPETA ASFALTICA EN BERMA EXTERNA CON ASFALTO CONVENCIONAL	M3	11,820.54	143.93	1,701,330.32
02.07	BASE GRANULAR EN BERMA INTERNA	M3	17,448.00	23.25	405,666.00
02.08	RIEGO LIGA EN CALZADA	M2	1,046,880.00	0.68	711,878.40
02.09	RIEGO LIGA EN BERMAS EXTERNAS	M2	436,200.00	0.68	296,616.00
02.10	IMPRIMACION EN BERMA INTERNA	M2	174,480.00	1.07	186,693.60
02.11	TRATAMIENTO SUPERFICIAL MONOCAPA BERMA INTERNA	M2	174,480.00	1.81	315,808.80

Fuente: Elaboración propia

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio Unitario US \$	Costo total
03.00	TRANSPORTES				644,180.25
03.01	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA <= 1 Km	M3-KM	40,189.64	2.19	88,015.31
03.02	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA >1 Km	M3-KM	824,354.32	0.37	305,011.10
03.03	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR <= 1 Km	M3-KM	17,448.00	1.86	32,453.28
03.04	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR >1 Km	M3-KM	364,837.60	0.37	134,989.91
03.05	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE	M3-KM	226,245.00	0.37	83,710.65
04.00	SEÑALIZACION				144,105.57
04.01	MARCAS EN EL PAVIMENTO LINEA CONTINUA	KM	290.80	280.22	81,487.98
04.02	MARCAS EN EL PAVIMENTO LINEA DISCONTINUA	KM	145.40	230.87	33,568.50
04.04	TACHAS DELINEADORAS BIDIRECCIONALES	UND	12,257.00	2.37	29,049.09
05.00	COSTO AMBIENTAL				21,000.00
05.01	RESTAURACION DE CANTERAS	M2	20,000.00	1.05	21,000.00
06.00	SEGURIDAD VIAL				60,000.00
06.01	SEGURIDAD VIAL	GLB	1.00	60,000.00	60,000.00
COSTO DIRECTO				US\$	12,726,703.16
GASTOS GENERALES Y UTILIDAD		25.00%		US\$	3,181,675.79
SUB TOTAL				US\$	15,908,378.95

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.9 Costo de Adicional con cargo a Mantenimiento Periódico para el año 2015

Item	Descripción	Und.	Metrado	P.U. US \$	Costo total
1.00	Movilización y desmovilización de equipos	glb	1.00	10,000.00	10,000.00
2.00	Micropavimento modificado	m2	74,650.00	4.31	321,741.50
3.00	Sellado de fisuras con elastomérico	m2	27,000.00	2.99	80,730.00
5.00	Transporte de material granular micropavimento <= 1 Km	m3-km	895.80	1.56	1,397.45
6.00	Transporte de material granular micropavimento >1 Km	m3-km	105,663.39	0.62	65,511.30
7.00	Señalización y seguridad	glb	1.00	7,500.00	7,500.00
COSTO DIRECTO					486,880.25
GASTOS GENERALES Y UTILIDADES (25%)					121,720.06
SUBTOTAL					608,600.31

Fuente: Elaboración propia

Los trabajos adicionales con cargo a mantenimiento periódico son actividades que se ejecutaron para mejorar la calidad de la superficie de rodadura y con ellos los niveles de servicio.

Es una alternativa de gestión que permite minimizar y/o retardar la formación de daños más severos en el pavimento y ayuda a alargar la vida útil en relación a las fallas superficiales.

4.1.4.3 Costos de Mantenimiento rutinario y periódico en calzada en ambos sentidos del Sub tramo I de la Red Vial 6

A continuación se detalla en las Tablas 4.10, 4.11 y 4.12; asimismo en los Gráficos 4.5, 4.6 y 4.7 el resumen de costos por sentido del sub tramo evaluado en el periodo de transición investigado.

Tabla 4.10 Resumen de costo por año de Mantenimiento Rutinario en calzada Sentido Norte – Sur

Año	Costo (US\$)
Año 2010	226,063.87
Año 2011	348,034.47
Año 2012	498.21
Año 2013	76,653.51
Año 2014	199,181.15
Año 2015	298,021.98

Fuente: Elaboración propia

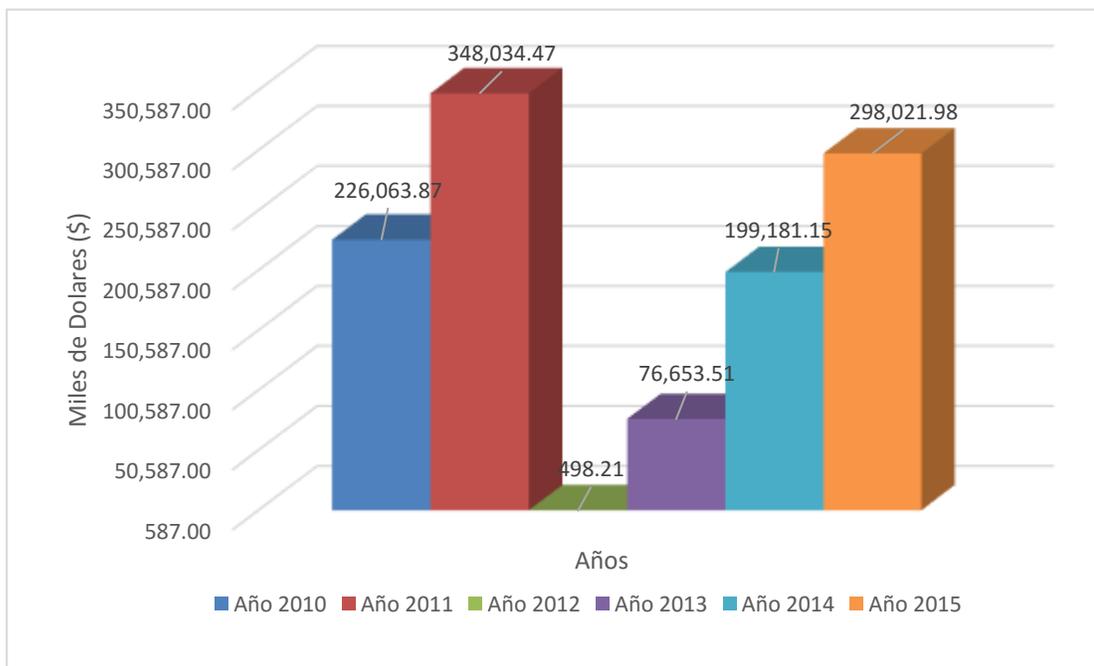


Gráfico 4.5 Costos de Mantenimiento Rutinario 2010 - 2015 Sentido Norte - Sur

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.11 Resumen de costo por año de Mantenimiento Rutinario en calzada Sentido Sur – Norte

Año	Costo
Año 2010	444,285.19
Año 2011	391.00
Año 2012	47.03
Año 2013	41,810.55
Año 2014	166,715.27
Año 2015	342,726.21

Fuente: Elaboración propia

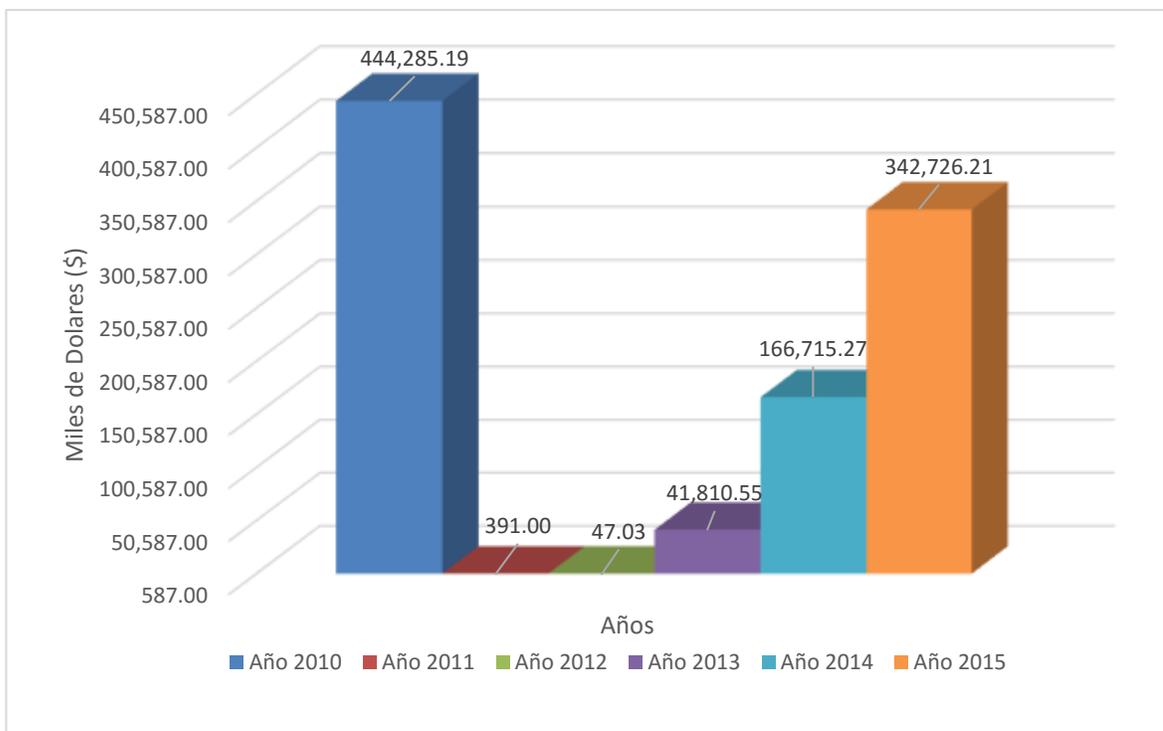


Grafico 4.6 Costos de Mantenimiento Rutinario 2010 - 2015 Sentido Sur - Norte

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.12 Resumen de costo total por año de Mantenimiento Rutinario y Periódico en calzada ambos sentidos

Año	Costo
MR 2010	670,349.07
MR 2011	348,425.47
MR 2012	545.24
MR 2013	118,464.06
MR 2014	365,896.42
MR 2015	640,748.19

Año	Costo
MP 2011	15,908,378.95
ADICIONAL MP 2015	608,600.31

Fuente: Elaboración propia

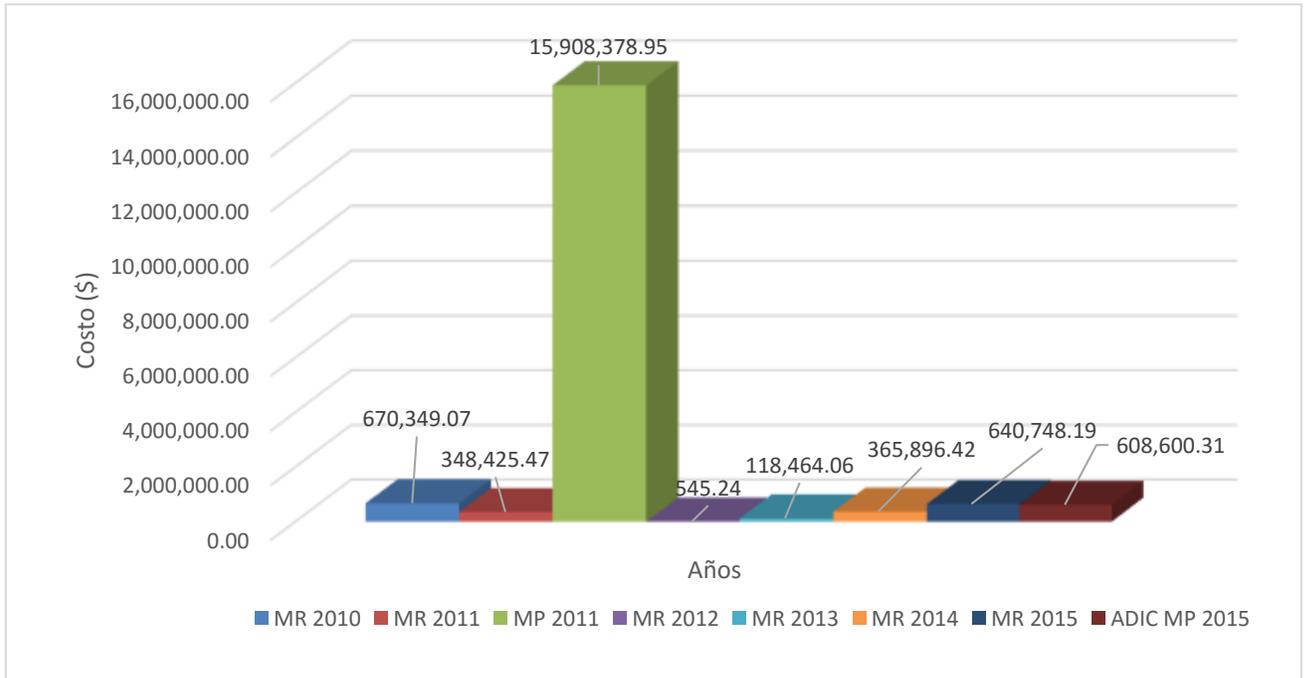


Grafico 4.7 Costos de Mantenimiento 2010 - 2015

Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Incidencia del volumen vehicular y tipo de intervención en los resultados del IRI en el Subtramo I de la Red Vial 6

De acuerdo al procesamiento de la medición del IRI se analizará de la siguiente manera:

- Análisis del IRI global
- Análisis del IRI por tipo de mezcla asfáltica
- Análisis por variaciones puntuales

a) Análisis del IRI global

Para este análisis se tomó un promedio global del IRI admisible por kilómetro a lo largo de los años de transición medidos para analizar su variación con los tipos de intervención y volumen vehicular. Las tablas N° 4.13 y 4.14 detallan el porcentaje de variación del IRI global correlacionando el tipo de intervención realizada y la variación del IMD

Tabla 4.13 Análisis de IRI global Sentido: Norte - Sur

Años de transición	IRI Promedio Anual (m/km)	Tipo de Intervención realizada	Porcentaje de variación (%)	Observación IRI	IMD	Porcentaje de variación (%)	Observación IMD
2010	1.27	Mant. Rutinario	-	-	5,563	-	-
2011	1.56	Mant. Rutinario y Periódico	1.2232	Aumentó 22.32%	6,171	1.1093	Aumentó 10.93%
2012	1.27	Mant. Rutinario	0.8163	Disminuyó 18.37 %	6,905	1.1189	Aumentó 11.89%
2013	1.26	Mant. Rutinario	0.9934	Se mantiene	7,273	1.0533	Aumentó 5.33%
2014	1.30	Mant. Rutinario	1.0286	Aumentó 2.86%	7,611	1.0465	Aumentó 4.65%
2015	1.34	Mant. Rutinario	1.0314	Aumentó 3.14%	8,220	1.0800	Aumentó 8.00%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.14 Análisis de IRI global Sentido: Sur - Norte

Años de transición	IRI Promedio Anual (m/km)	Tipo de Intervención realizada	Porcentaje de variación (%)	Observación IRI	IMD	Porcentaje de variación (%)	Observación IMD
2010	1.27	Mant. Rutinario	-		5,546		
2011	1.55	Mant. Rutinario y Periódico	1.2206	Aumentó 22.06%	6,122	1.1038	Aumentó 10.38%
2012	1.18	Mant. Rutinario	0.7623	Disminuyó 23.77 %	6,801	1.1110	Aumentó 11.10%
2013	1.17	Mant. Rutinario	0.9900	Disminuyó 0.07 %	7,168	1.0539	Aumentó 5.39%
2014	1.19	Mant. Rutinario	1.0207	Aumentó 2.07%	7,505	1.0471	Aumentó 4.71%
2015	1.22	Mant. Rutinario	1.0225	Aumentó 2.25%	8,111	1.0807	Aumentó 8.07%

Fuente: Elaboración propia

b) Análisis del IRI por tipo de mezcla asfáltica

Según los trabajos de mantenimiento periódico que se realizaron en el año 2011 se reforzó la calzada con 02 tipos de mezcla asfáltica en caliente: convencional y modificada con polímeros que se utilizará para este análisis.

Se tomó un promedio del IRI con relación al tipo de mezcla asfáltica de acuerdo a las intervenciones de mantenimiento periódico por kilómetro a lo largo de los años de transición medidos para analizar su variación en donde a continuación se detallan los sectores intervenidos en las Tablas 4.15 y 4.16.

Tabla 4.15 Sectores de refuerzo con Mezcla asfáltica en caliente modificada con polímeros

Inicio	Fin	Sentido	Tipo de mezcla
58+000	80+000	Norte - Sur	Mezcla Modificada con polímeros
107+000	123+000		Mezcla Modificada con polímeros
58+000	87+000	Sur - Norte	Mezcla Modificada con polímeros
104+000	124+000		Mezcla Modificada con polímeros

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.16 Sectores de refuerzo con Mezcla asfáltica en caliente convencional

Inicio	Fin	Sentido	Tipo de mezcla
80+000	107+000	Norte - Sur	Mezcla Convencional
123+000	130+000		Mezcla Convencional
87+000	104+000	Sur - Norte	Mezcla Convencional
124+000	130+000		Mezcla Convencional

Fuente: Elaboración propia

Las tablas 4.17, 4.18, 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23 y 4.24 detallan el porcentaje de variación del IRI por tipo de mezcla asfáltica correlacionando el tipo de intervención realizada y la variación del IMD.

Tabla 4.17 Sectores de mezcla asfáltica caliente modificada Sentido Norte - Sur

Inicio	Fin	2011	2012	2013	2014	2015
		IRI - Promedio				
58+000	59+000	1.62	1.14	1.21	1.30	1.47
59+000	60+000	1.65	1.02	1.03	1.09	1.09
60+000	61+000	1.83	1.13	1.14	1.17	1.22
61+000	62+000	1.64	1.11	1.13	1.13	1.18
62+000	63+000	1.53	1.14	1.13	1.18	1.19
63+000	64+000	1.53	1.10	1.08	1.14	1.14
64+000	65+000	1.62	1.18	1.19	1.20	1.20
65+000	66+000	1.49	1.20	1.26	1.25	1.30
66+000	67+000	1.63	1.45	1.53	2.20	2.46
67+000	68+000	1.80	1.33	1.33	1.34	1.40
68+000	69+000	1.70	1.34	1.34	1.30	1.35
69+000	70+000	1.57	1.22	1.23	1.25	1.26
70+000	71+000	1.53	1.18	1.17	1.17	1.18
71+000	72+000	1.53	1.17	1.19	1.16	1.25
72+000	73+000	1.26	1.08	1.09	1.11	1.14
73+000	74+000	1.53	1.17	1.17	1.17	1.22
74+000	75+000	1.46	1.22	1.22	1.26	1.31
75+000	76+000	1.48	1.34	1.31	1.28	1.36
76+000	77+000	1.69	1.26	1.22	1.21	1.37
77+000	78+000	1.32	1.12	1.09	1.10	1.18
78+000	79+000	1.35	1.26	1.21	1.20	1.34
79+000	80+000	1.51	1.33	1.33	1.33	1.37
107+000	108+000	1.71	1.14	1.14	1.40	1.24
108+000	109+000	1.93	1.24	1.24	1.21	1.24
109+000	110+000	2.29	1.34	1.31	1.40	1.28
110+000	111+000	2.45	1.38	1.38	1.45	1.52
111+000	112+000	2.44	1.41	1.47	1.52	1.63
112+000	113+000	2.18	1.28	1.27	1.43	1.39
113+000	114+000	2.10	1.30	1.31	1.32	1.40
114+000	115+000	2.07	1.25	1.19	1.30	1.39
115+000	116+000	1.95	1.25	1.21	1.24	1.24
116+000	117+000	2.00	1.19	1.16	1.30	1.25
117+000	118+000	1.45	1.28	1.23	1.34	1.41
118+000	119+000	1.29	1.29	1.28	1.33	1.41
119+000	120+000	1.33	1.43	1.41	1.40	1.37
120+000	121+000	1.44	1.47	1.46	1.46	1.50
121+000	122+000	1.38	1.39	1.39	1.50	1.49
122+000	123+000	1.36	1.31	1.33	1.46	1.45

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.18 Análisis de IRI con Mezcla asfáltica caliente modificada Sentido Norte - Sur

Años de transición	IRI Promedio Anual (m/km)	Tipo de Intervención realizada	Porcentaje de variación (%)	Observación IRI	IMD	Porcentaje de variación (%)	Observación IMD
2011	1.67	Mant. Rutinario y Periódico			6,171		
2012	1.25	Mant. Rutinario	0.7463	Disminuyó un 25.36 %	6,905	1.1189	Aumentó 11.89%
2013	1.24	Mant. Rutinario	0.9976	Se mantiene	7,273	1.0533	Aumentó 5.33%
2014	1.30	Mant. Rutinario	1.0462	Aumentó un 4.62%	7,611	1.0465	Aumentó 4.65%
2015	1.34	Mant. Rutinario	1.0316	Aumentó un 3.16%	8,220	1.0800	Aumentó 8.00%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.19 Sectores de mezcla asfáltica caliente modificada Sentido Sur - Norte

Inicio	Fin	2011	2012	2013	2014	2015
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio
58+000	59+000	1.75	1.17	1.17	1.15	1.17
59+000	60+000	1.55	1.00	1.01	1.03	1.03
60+000	61+000	1.67	1.09	1.07	1.10	1.12
61+000	62+000	1.83	1.17	1.13	1.16	1.21
62+000	63+000	1.73	1.13	1.11	1.10	1.11
63+000	64+000	1.85	1.15	1.14	1.20	1.20
64+000	65+000	1.75	1.19	1.17	1.20	1.21
65+000	66+000	1.82	1.08	1.05	1.17	1.11
66+000	67+000	1.73	1.30	1.30	1.27	1.54
67+000	68+000	1.91	1.34	1.31	1.35	1.34
68+000	69+000	1.87	1.30	1.26	1.34	1.35
69+000	70+000	1.74	1.05	1.07	1.01	1.11
70+000	71+000	1.65	0.96	0.96	0.97	0.96
71+000	72+000	1.38	0.95	0.94	0.88	0.92
72+000	73+000	1.38	0.90	0.91	0.91	0.87
73+000	74+000	1.42	0.92	0.92	0.97	1.09
74+000	75+000	1.52	1.11	1.11	1.14	1.14
75+000	76+000	1.71	1.07	1.07	1.14	1.13
76+000	77+000	1.94	1.21	1.15	1.14	1.19
77+000	78+000	1.79	1.06	1.05	1.07	1.11
78+000	79+000	1.80	1.06	1.05	1.10	1.10
79+000	80+000	1.73	1.11	1.09	1.02	1.11
80+000	81+000	1.39	0.96	0.94	0.98	1.02
81+000	82+000	1.21	0.91	0.90	0.96	1.03
82+000	83+000	1.24	0.88	0.86	0.90	0.87
83+000	84+000	1.41	1.00	0.97	0.99	0.99
84+000	85+000	1.26	0.98	1.43	1.80	1.75
85+000	86+000	1.25	0.99	1.27	1.17	1.24
86+000	87+000	1.48	1.04	1.01	1.05	1.08
104+000	105+000	1.59	1.10	1.09	1.05	1.09
105+000	106+000	1.63	1.00	1.00	1.03	1.02
106+000	107+000	1.63	1.13	1.12	1.11	1.23
107+000	108+000	1.59	1.11	1.10	1.13	1.16
108+000	109+000	1.97	1.23	1.20	1.24	1.23
109+000	110+000	1.88	1.23	1.25	1.27	1.27
110+000	111+000	2.03	1.23	1.24	1.24	1.27
111+000	112+000	2.00	1.22	1.19	1.27	1.22
112+000	113+000	1.95	1.22	1.23	1.21	1.24
113+000	114+000	1.93	1.32	1.31	1.36	1.32
114+000	115+000	1.53	1.36	1.39	1.40	1.50
115+000	116+000	1.29	1.33	1.30	1.32	1.36
116+000	117+000	1.24	1.21	1.18	1.28	1.33
117+000	118+000	1.31	1.36	1.33	1.35	1.36
118+000	119+000	1.30	1.33	1.33	1.34	1.41
119+000	120+000	1.23	1.24	1.24	1.31	1.24
120+000	121+000	1.20	1.18	1.19	1.24	1.35
121+000	122+000	1.22	1.21	1.23	1.23	1.25
122+000	123+000	1.12	1.11	1.09	1.11	1.11
123+000	124+000	1.05	1.07	1.05	1.12	1.15

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.20 Análisis de IRI con Mezcla asfáltica caliente modificada Sentido Sur – Norte

Años de transición	IRI Promedio Anual (m/km)	Tipo de Intervención realizada	Porcentaje de variación (%)	Observación IRI	IMD	Porcentaje de variación (%)	Observación IMD
2011	1.58	Mant. Rutinario y Periódico			6,122		
2012	1.127	Mant. Rutinario	0.7148	Disminuyó un 28.52 %	6,801	1.1110	Aumentó 11.10%
2013	1.13	Mant. Rutinario	1.0020	Se Mantiene	7,168	1.0539	Aumentó 5.39%
2014	1.16	Mant. Rutinario	1.0250	Aumentó un 2.50%	7,505	1.0471	Aumentó 4.71%
2015	1.19	Mant. Rutinario	1.0240	Aumentó un 2.40%	8,111	1.0807	Aumentó 8.07%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.21 Sectores de mezcla asfáltica caliente convencional Sentido Norte – Sur

Inicio	Fin	2011	2012	2013	2014	2015
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio
80+000	81+000	1.38	1.24	1.21	1.28	1.25
81+000	82+000	1.14	1.12	1.10	1.04	1.10
82+000	83+000	1.23	1.08	1.10	1.06	1.07
83+000	84+000	1.30	1.07	1.05	1.11	1.13
84+000	85+000	1.16	0.91	1.33	1.02	1.30
85+000	86+000	1.43	1.08	1.19	1.59	1.37
86+000	87+000	1.50	1.18	1.15	1.10	1.18
87+000	88+000	1.28	1.13	1.14	1.13	1.15
88+000	89+000	1.39	1.43	1.59	1.51	1.62
89+000	90+000	1.41	1.21	1.19	1.22	1.25
90+000	91+000	1.56	1.48	1.40	1.36	1.42
91+000	92+000	1.37	1.13	1.13	1.10	1.23
92+000	93+000	1.37	1.19	1.07	1.23	1.20
93+000	94+000	1.23	1.14	1.11	1.12	1.14
94+000	95+000	1.41	1.19	1.14	1.20	1.23
95+000	96+000	1.37	1.11	1.12	1.14	1.18
96+000	97+000	1.50	1.20	1.19	1.13	1.22
97+000	98+000	1.45	1.09	1.07	1.20	1.13
98+000	99+000	1.36	1.09	1.10	1.07	1.09
99+000	100+000	1.34	1.10	1.06	1.08	1.11
100+000	101+000	1.42	1.18	1.17	1.16	1.20
101+000	102+000	1.51	1.17	1.16	1.19	1.19
102+000	103+000	1.57	1.30	1.38	1.39	1.41
103+000	104+000	1.66	1.39	1.37	1.35	1.48
104+000	105+000	1.84	1.94	2.00	1.84	2.02
105+000	106+000	1.97	1.94	1.91	1.87	1.97
106+000	107+000	2.04	1.91	1.74	1.85	1.89
123+000	124+000	1.39	1.44	1.23	1.36	1.55
124+000	125+000	1.39	1.46	1.46	1.54	1.50
125+000	126+000	1.51	1.54	1.50	1.39	1.52
126+000	127+000	1.74	1.71	1.63	1.70	1.70
127+000	128+000	1.39	1.38	1.36	1.49	1.40
128+000	129+000	1.25	1.25	1.19	1.27	1.27
129+000	130+000	1.17	1.20	1.17	1.15	1.20
130+000	130+700	1.13	1.35	1.19	1.14	1.12

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.22 Análisis de IRI con Mezcla asfáltica caliente convencional Sentido Norte – Sur

Años de transición	IRI Promedio Anual (m/km)	Tipo de Intervención realizada	Porcentaje de variación (%)	Observación IRI	IMD	Porcentaje de variación (%)	Observación IMD
2011	1.43	Mant. Rutinario y Periódico	-		6,171		
2012	1.30	Mant. Rutinario	0.9050	Disminuyó un 9.49 %	6,905	1.1189	Aumentó 11.89%
2013	1.28	Mant. Rutinario	0.9889	Disminuyó un 1.10 %	7,273	1.0533	Aumentó 5.33%
2014	1.29	Mant. Rutinario	1.0100	Aumentó un 1.00%	7,611	1.0465	Aumentó 4.65%
2015	1.33	Mant. Rutinario	1.0311	Aumentó un 3.11%	8,220	1.0800	Aumentó 8.00%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.23 Sectores de mezcla asfáltica caliente convencional Sentido Sur - Norte

Inicio	Fin	2011	2012	2013	2014	2015
		Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio
87+000	88+000	1.30	0.96	0.97	1.00	1.00
88+000	89+000	1.42	1.05	1.02	1.03	1.06
89+000	90+000	1.45	1.02	1.03	1.06	1.05
90+000	91+000	1.56	1.36	1.22	1.23	1.36
91+000	92+000	1.82	1.11	1.11	1.16	1.16
92+000	93+000	1.51	1.13	1.12	1.16	1.19
93+000	94+000	1.39	1.09	1.08	1.07	1.10
94+000	95+000	1.45	1.21	1.16	1.18	1.21
95+000	96+000	1.48	1.18	1.15	1.14	1.19
96+000	97+000	1.40	1.28	1.17	1.18	1.20
97+000	98+000	1.51	1.29	1.20	1.19	1.22
98+000	99+000	1.30	1.17	1.11	1.12	1.08
99+000	100+000	1.43	1.08	1.07	1.07	1.05
100+000	101+000	1.43	1.10	1.05	1.09	1.10
101+000	102+000	1.44	1.16	1.11	1.22	1.17
102+000	103+000	1.47	1.17	1.19	1.13	1.20
103+000	104+000	1.55	1.33	1.39	1.42	1.46
124+000	125+000	1.63	1.71	1.69	1.76	1.77
125+000	126+000	1.61	1.56	1.62	1.54	1.56
126+000	127+000	1.43	1.46	1.53	1.48	1.50
127+000	128+000	1.55	1.54	1.51	1.57	1.49
128+000	129+000	1.57	1.53	1.50	1.50	1.54
129+000	130+000	1.51	1.53	1.46	1.50	1.73
130+000	130+700	1.76	2.01	1.69	1.75	1.73

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.24 Análisis de IRI con Mezcla asfáltica caliente convencional Sentido Sur - Norte

Años de transición	IRI Promedio Anual (m/km)	Tipo de Intervención realizada	Porcentaje de variación (%)	Observación IRI	IMD	Porcentaje de variación (%)	Observación IMD
2011	1.49	Mant. Rutinario y Periódico	-		6,122	1.1038	
2012	1.26	Mant. Rutinario	0.8502	Disminuyó un 14.98 %	6,801	1.1110	Aumentó 11.10%
2013	1.23	Mant. Rutinario	0.9779	Disminuyó un 2.21 %	7,168	1.0539	Aumentó 5.39%
2014	1.25	Mant. Rutinario	1.0120	Aumentó un 1.20%	7,505	1.0471	Aumentó 4.71%
2015	1.28	Mant. Rutinario	1.0207	Aumentó un 2.07%	8,111	1.0807	Aumentó 8.07%

Fuente: Elaboración propia

c) Análisis del IRI por variaciones puntuales

Según las gráficas de medición del IRI se puede observar variaciones considerables (picos) en algunos sectores del subtramo evaluado, esto se debe a que en algunas progresivas se encuentran elementos que van a alterar el IRI inevitablemente ya que se tienen gibas, reductores de velocidad, curvas pronunciadas, pendientes entre otros.

La Tabla 4.25 se detalla los sectores y el tipo de elemento encontrado en el subtramo I que genera un mayor valor del IRI.

Tabla 4.25 Sectores y elementos que influyen en el análisis de IRI por variaciones puntuales

Progresiva (km)	Elementos
66+000	Giba - Peaje Chilca
104+000	Reductores de velocidad - SENASA
105+000	Reductores de velocidad - SENASA
109+000	Curva pronunciada
110+000	Curva pronunciada
111+000	Curva pronunciada

Fuente: Elaboración propia

4.1.6 Análisis del pavimento y elaboración de la propuesta de gestión

4.1.6.1 Índice de condición del pavimento del Subtramo I de la Red Vial 6

Como parte del Plan de conservación vial, la Concesionaria realiza una evaluación superficial de la calzada para determinar qué tipos de intervenciones se realizará durante el año y qué porcentaje del costo global se va a utilizar para ejecutar éstas actividades.

Se utilizó el método del Índice de condición del pavimento (PavementConditionIndex – PCI) que se basa en un catálogo de 19 tipos de fallas, que puede establecer mejores valores de análisis, cuya evaluación se realizó in situ, haciendo un recorrido del sub tramo y verificando que tipos de fallas se aprecian, su medida y severidad. El valor del PCI de la sección del sub tramo I, se obtuvo determinando el promedio de los valores de las unidades evaluadas. Los pasos a seguir para determinar el valor del PCI de cada unidad son:

- Determinar los datos correspondientes a cada tipo de falla (severidad y frecuencia) y su forma de medición.
- Determinar los valores de deducción (VD), para cada falla y severidad mediante las figuras que presenta el método.
- El valor total de deducción (VTD = Sumatoria de VD) es corregido para obtener VDC (Valor de deducción corregido).
- Finalmente el $PCI = 100 - VDC$

La tabla N° 4.26 detalla los 19 tipos de fallas según el método del PCI que se evaluaron en el subtramo I de la Red Vial 6.

Tabla 4.26 Catálogo de fallas PCI

Catálogo de fallas - Índice de Condición del Pavimento
1. Piel de cocodrilo (m ²)
2. Exudación (m ²)
3. Fisura en bloque (m ²)
4. Abultamientos y hundimientos (m)
5. Corrugación (m ²)
6. Depresión (m ²)
7. Fisura de borde (m)
8. Fisura de reflexión de junta (m)
9. Desnivel carril/berma (m)
10. Fisura longitudinal y transversal (m)
11. Parcheo (m ²)
12. Pulimento de agregados (m ²)
13. Huecos (unidad)
14. Cruce de Vía Ferrea (m ²)
15. Ahuellamiento (m ²)
16. Desplazamiento (m ²)
17. Fisura parabolica (Slippage) (m ²)
18. Hichamiento (m ²)
19. Desprendimiento de agregados (m ²)

Fuente: Pavement Condition Index

Se realizó el recorrido por el subtramo en evaluación por ambos carriles (Ver Figura 4.4) y en ambas direcciones anotando el tipo de falla, medrado y grado de severidad.



Figura 4.4 Orientación de evaluación Subtramo I Red

Fuente: Elaboración propia

4.1.7 Elaboración de la propuesta de gestión

Teniendo procesados los datos de los tipos de intervenciones de conservación del pavimento, costos de mantenimiento, volumen vehicular y medición de la rugosidad que se investigaron en el periodo del 2010 al 2015, es posible elaborar una propuesta de gestión que permita optimizar los recursos invertidos, conservando los niveles de servicio con los consiguientes beneficios económicos.

La propuesta se basa en evaluar la variación del IRI a lo largo de los años y establecer una alternativa que permita reducir los costos de mantenimiento en calzada conservando la rugosidad para los años 2016 al 2020.

Para la elaboración de la propuesta de gestión se plantearon dos alternativas que se describirán a continuación.

4.1.7.1 Alternativa 1

Ésta alternativa plantea que la ejecución de los trabajos de mantenimiento periódico se realice cada 4 a 5 años dependiendo del estado de la vía. Sabiendo que para el año 2011 se realizó ésta intervención, se proyecta que en el año 2016 se programaría la misma actividad. La alternativa 1 se analizará de la siguiente manera:

- a) Análisis del costo por tipo de mantenimiento (rutinario y periódico) que se realizaron en los años investigados.
- b) Programar actividades de mantenimiento rutinario para los años posteriores a intervenir (2016 al 2020).
- c) Programar la ejecución del mantenimiento periódico para el año 2016 y 2020.
- d) Analizar el costo de las intervenciones de mantenimiento rutinario y periódico.
- e) Analizar la variación del IRI.

La tabla N° 4.27 detalla el presupuesto que se utilizó anualmente para la conservación de la infraestructura vial que abarca actividades como limpieza de calzada, berma, alcantarillas, mantenimiento de señales verticales, mantenimiento de elementos de encarrilamiento y defensa, entre otros, describe también el costo utilizado para mantenimiento rutinario y adicionales para cada

año investigado y su incidencia en porcentaje con relación al presupuesto para la conservación de la infraestructura vial.

Tabla 4.27 Incidencia del costo para mantenimiento rutinario con relación al presupuesto de infraestructura vial

Período	Presupuesto anual en Infraestructura vial (US \$)	Costo/año en calzada (US \$)	Incidencia del costo en calzada y global (%)
2010	3,500,000.00	670,349.07	19.153
2011		348,425.47	9.955
2012		545.24	0.016
2013		118,464.06	3.385
2014		365,896.42	10.454
2015		640,748.19	18.307

Fuente: Elaboración propia

Las incidencias de los costos mantenimiento en calzada y de la infraestructura vial que se realizaron durante el 2010 al 2015 sirvieron como base para proyectar el costo que se invertirá para el mantenimiento del subtramo I de la Red Vial 6. La Tabla 4.28 describe los costos estimados para los años del 2016 al 2020 teniendo en cuenta el crecimiento del volumen de tráfico (lo que causa que el pavimento se deteriore más cada año y genere un mayor costo de mantenimiento).

Tabla 4.28 Incidencia del costo para mantenimiento rutinario y periódico con relación al presupuesto de infraestructura vial Período 2016 - 2020

Período	Incidencia del costo en calzada y global (%)	Costo/año US \$ para M.R.	Costo/año US \$ para M.P.
2016	10.00	350,000.00	18,000,000.00
2017	0.03	1,050.00	-
2018	4.00	140,000.00	-
2019	11.00	385,000.00	-
2020	19.00	665,000.00	20,000,000.00
TOTAL		1,541,050.00	38,000,000.00

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al análisis de la variación del volumen de tráfico del año 2010 al 2015 en el subtramo I de la Red Vial 6, descrito en el capítulo anterior, se puede apreciar que éste aumenta entre 700 a 1000 unidades cada año entre ligeros y pesados . Este análisis sirvió de base para poder proyectar el volumen vehicular en el período del 2016 al 2020. La tabla N° 4.29 detalla el porcentaje de variación para cada año.

Tabla 4.29 Volumen de tráfico en el periodo 2016 - 2020

VOLUMEN VEHICULAR SUBTRAMO I RED VIAL 6 DEL 2016 AL 2020			
Mes	IMD	% de Variación	Observación
Año 2016	17,236		
Año 2017	18,047	1.0471	Aumento 4.71%
Año 2018	18,911	1.0479	Aumento 4.79%
Año 2019	19,823	1.0482	Aumento 4.82%
Año 2020	20,952	1.0570	Aumento 5.7%

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 4.30 resume los tipos de intervenciones de mantenimiento rutinario y periódico del periodo 2010 al 2015 en ambos sentidos y hace mención a la variación del IRI en esos años, en donde se encuentra dentro de los niveles de servicio establecidos en el contrato de concesión.

Tabla 4.30 Costo global de los tipos de intervenciones de mantenimiento y su relación con el IRI del 2010 al 2015

Tipo de intervención	Costos en US\$ realizados para la conservación del Subtramo I Red Vial 6					
	Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015
Mantenimiento Periódico (Refuerzo de carpeta asfáltica)	-	15,908,378.95	-	-	-	-
Adicional con cargo a mantenimiento periódico (Micropavimento + Ruteo y sello de fisuras)	-	-	-	-	-	608,600.31
Mantenimiento Rutinario + Adicional	670,349.07	348,425.47	545.24	118,464.06	365,896.42	640,748.19
IRI promedio (NS y SN)	1.27	1.56	1.23	1.22	1.25	1.28
Variación (%)		Aumentó 22.8%	Disminuyó 21.2%	Se mantiene	Aumentó 2.5%	Aumentó 2.4%

Fuente: Elaboración propia

Para concluir éste primer escenario de gestión, describiremos en la Tabla 4.31 los costos de mantenimiento (rutinario y periódico) que se realizarán durante el 2016 al 2020, teniendo en cuenta la programación de un mantenimiento periódico similar realizado en el 2011 (refuerzo de carpeta con mezcla asfáltica en caliente convencional y modificada) para el 2016 y el 2020.

Tabla 4.31 Alternativa 01 de Gestión de Conservación vial en el Subtramo I de la Red Vial 6 – Período 2016 al 2020

Tipo de intervención	Costos en US\$ realizados para la conservación del Subtramo I Red Vial 6				
	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020
Mantenimiento Periódico (Refuerzo de carpeta asfáltica)	18,000,000.00	-	-	-	20,000,000.00
Adicional con cargo a mantenimiento periódico (Micropavimento + Ruteo y sello de fisuras)	-	-	-	-	-
Mantenimiento Rutinario + Adicional	350,000.00	1,050.00	140,000.00	385,000.00	665,000.00
IRI promedio (NS y SN)	1.330	1.24	1.25	1.278	1.193
Variación (%)	Aumentará 3.9%	Disminuirá 6.8%	Se mantendrá	Aumentará 2.2%	Disminuirá 6.87%

Fuente: Elaboración propia

4.1.7.2 Alternativa 2

Esta alternativa se plantea teniendo en cuenta que el promedio del IRI para el 2015 se encuentra dentro de los niveles de servicio establecidos en el contrato de concesión, para ello se propone programar intervenciones adicionales con cargo al mantenimiento periódico que abarca la ejecución de sellos superficiales con Micropavimento, ruteo y sellado de fisuras con elastomérico para el 2016 en los sectores seleccionados por el análisis del PCI. Con ésta alternativa es posible conservar la calidad del pavimento con los trabajos periódicos adicionales y postergar el mantenimiento periódico para otro año manteniendo la rugosidad dentro de los parámetros admisibles. La alternativa 2 se analiza de la siguiente manera:

- a) Análisis del costo del tipo de mantenimiento (rutinario y periódico) que se realizaron en los años investigados.
- b) Evaluación del PCI para intervenir en los sectores afectados para el año 2016.
- c) Proponer intervenciones de adicionales con cargo a mantenimiento periódico que abarca el Micropavimento y ruteo con sellado de fisuras para el 2016 y 2018, con la finalidad de postergar el mantenimiento periódico (refuerzo con mezcla asfáltica en calzada), sin dejar de lado las actividades de mantenimiento rutinario y adicionales.
- d) Proponer intervenciones de Mantenimiento Periódico con refuerzo de carpeta de mezcla asfáltica en caliente y convencional para el año 2020
- e) Analizar el costo de las intervenciones de mantenimiento rutinario, mantenimiento periódico y adicional proyectado.
- f) Analizar la variación del IRI.

De la misma manera que en la alternativa 1, se utiliza como referencia la tabla 4.28 para saber la incidencia del costo para mantenimiento rutinario con relación al presupuesto de infraestructura vial.

Para éste escenario se evaluó la superficie de rodadura de acuerdo a la metodología del PCI (Pavement conditionIndex) en donde se analizaron los resultados y se obtuvieron los sectores para ser intervenidos tanto con

micropavimento para el año 2016 en la tabla 4.32, como ruteo y sello de fisuras para el año 2016 en la Tabla 4.33.

Tabla 4.32 Sectores para intervención de Micropavimento para el año 2016

Sectores de intervención de Micropavimento			
Inicio	Fin	Longitud	Sentido
58+000	59+000	1,000	Norte - Sur
59+000	60+000	1,000	Norte - Sur
65+000	66+000	1,000	Norte - Sur
66+000	67+000	1,000	Norte - Sur
110+000	110+500	500	Norte - Sur
65+000	66+000	1,000	Sur - Norte
129+000	130+000	1,000	Sur - Norte
123+000	124+000	1,000	Sur - Norte
120+000	121+000	1,000	Sur - Norte
118+500	119+000	500	Sur - Norte
110+000	110+500	500	Sur - Norte
94+000	94+500	500	Sur - Norte
95+000	96+000	1,000	Sur - Norte
130+000	130+700	700	Sur - Norte
Total		11,700	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.33 Sectores para intervención de Ruteo y sello de fisuras para el año 2016

Sectores de intervención Ruteo y sello			
Inicio	Fin	Longitud	Sentido
66+000	67+000	1,000	Norte - Sur
69+000	70+000	1000	Norte - Sur
73+000	73+500	500	Norte - Sur
75+000	75+500	500	Norte - Sur
76+000	76+500	500	Norte - Sur
64+000	65+000	1,000	Sur - Norte
65+000	66+000	1,000	Sur - Norte
95+000	96+000	1,000	Sur - Norte
111+000	111+500	500	Sur - Norte
120+000	120+500	500	Sur - Norte
123+000	124+000	1,000	Sur - Norte
Total		8,500	

Fuente: Elaboración propia

Las incidencias de los costos mantenimiento en calzada y de la infraestructura vial durante el 2010 al 2015 sirvieron como base para proyectar el costo para el mantenimiento del subtramo I de la Red Vial 6. La Tabla 4.34 describe los costos para los años del 2016 al 2020 en donde se propone realizar intervenciones de adicionales de mantenimiento periódico que abarca al Micropavimento y al ruteo y sello de fisuras con elastomérico, sin dejar de lado las actividades permanentes de mantenimiento rutinario.

Tabla 4.34 Incidencia del costo para mantenimiento rutinario y periódico con relación al presupuesto de infraestructura vial Período 2016 - 2020

Período	Incidencia del costo en calzada y global (%)	Costo/año US \$	Costo/año US \$ para MP
2016	18.88	661,105.26	628,691.06
2017	15.00	525,000.00	
2018	21.00	735,000.00	700,000.00
2019	16.00	560,000.00	
2020	10.00	350,000.00	24,000,000.00
TOTAL		2,831,105.26	25,328,691.06

Fuente: Elaboración propia

Para concluir éste segundo escenario de gestión, describiremos en la tabla 4.35 los costos de mantenimiento (rutinario y periódico) que se estiman entre el 2016 y el 2020. Para ésta alternativa se programa un adicional con cargo a mantenimiento periódico que abarca las intervenciones de Micropavimento y ruteo y sellado de fisuras con elastomérico en el año 2016 y 2018. Para las intervenciones del micropavimento se estima un presupuesto de acuerdo a los kilómetros seleccionados por la evaluación del PCI. Se puede observar entonces que el Mantenimiento Periódico se programa para el año 2020 ya que debido al crecimiento vehicular no se puede seguir postergando ésta intervención porque el deterioro del pavimento se aceleraría más. Se aprecia que para estos años el costo del Mantenimiento periódico aumentó ya que los índices de precios de los materiales y mano de obra suben cada año. Se observa también que su precio es mayor que el de la alternativa 1 ya que en éste escenario solo se ha aplicado un MP que traería consigo una intervención más elevada. Para obtener las proyecciones del porcentaje de variación del IRI se tuvo como base el análisis del IRI del período 2010 al 2015 ya que ése período es similar a éste escenario.

Tabla 4.35 Alternativa 02 de Gestión de Conservación vial en el Subtramo I de la Red Vial 6 – Período 2016 al 2020

Tipo de intervención	Costos en US\$ realizados para la conservación del Subtramo I Red Vial 6				
	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020
Mantenimiento Periódico (Refuerzo de carpeta asfáltica)	-	-	-	-	24,000,000.00
Adicional con cargo a mantenimiento periódico (Micropavimento + Ruteo y sello de fisuras)	628,691.06	-	700,000.00	-	-
Mantenimiento Rutinario + Adicional	661,105.26	525,000.00	735,000.00	560,000.00	350,000.00
IRI promedio (NS y SN)	1.3338	1.3631	1.4010	1.4317	1.4560
Variación (%)	Aumentará 4.2%	Aumentará 2.2%	Aumentará 2.78%	Aumentará 2.19%	Aumentará 1.17%

Fuente: Elaboración propia

- Por lo tanto se concluye que la alternativa 2 de la propuesta de gestión es la más adecuada ya que se está invirtiendo menos presupuesto para mantenimiento del subtramo I de la Red vial 6 y se logra mantener la rugosidad dentro de los niveles de servicio.

4.2 Contratación de hipótesis

4.2.1 Hipótesis General

Evaluando alternativas se logrará optimizar y proyectar una gestión de conservación vial que logrará mantener los Niveles de Servicio de los Contratos de Concesión.

La hipótesis general es aceptada ya que se evaluaron dos escenarios de gestión de conservación vial en donde se eligió el más óptimo y se aprecia que el IRI se encuentra dentro de los niveles de servicios del contrato de concesión.

4.2.2 Hipótesis específica 1

La definición y programación de actividades de mantenimiento rutinario y periódico permite conservar y/o disminuir la rugosidad del pavimento.

La hipótesis específica 1 es aceptada ya que se definió y se programó actividades de mantenimiento rutinario y periódico en los siguientes años de intervención donde conserva la rugosidad del pavimento.

4.2.3 Hipótesis específica 2

Realizando una evaluación histórica del crecimiento del IMD podemos observar cuánto se va deteriorando del pavimento.

La hipótesis específica 2 es aceptada ya que se hizo una evaluación de la variación o crecimiento del volumen vehicular y se aprecia que el IMD es un factor determinante que influye en el deterioro del pavimento.

4.2.4 Hipótesis específica 3

Evaluando el presupuesto invertido en los años de transición investigados se realizará una propuesta de gestión de las intervenciones para la conservación del IRI.

La hipótesis específica 3 es aceptada ya que se hizo una evaluación del presupuesto invertido para la ejecución de las actividades de mantenimiento vial en los años investigados y sirvió de base para elaborar una gestión de conservación vial adecuada para futuras intervenciones para conservación del IRI.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Análisis del IRI global

Como parte del análisis de IRI global de la Tabla 4.13 detallada en el capítulo anterior podemos observar lo siguiente:

1. SENTIDO NORTE – SUR:

IRI 2010 - 2011: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario y cargos adicionales al mantenimiento rutinario en donde el IRI Promedio Anual para el año 2010 fue 1.27 m/km y para el siguiente año fue 1.56 m/km en donde aumentó 22.32% y el volumen vehicular aumentó 10.93%. Podemos apreciar que el aumento para estos años ha sido considerable teniendo en cuenta las intervenciones de mantenimiento y la variación de volumen vehicular, sin embargo la variación del IRI pudo ser superior en caso no se hayan realizado las intervenciones respectivas.

IRI 2011 - 2012: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario, cargos adicionales al mantenimiento rutinario y mantenimiento periódico en donde el IRI Promedio Anual para el año 2011 fue 1.56 m/km y para el siguiente año fue 1.27 m/km en donde disminuyó 18.37% y el volumen vehicular aumentó 11.89%. Podemos apreciar que debido a los trabajos de mantenimiento periódico que se realizaron el IRI disminuyó considerablemente pese al aumento del volumen vehicular.

IRI 2012 - 2013: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario en donde el IRI Promedio Anual para el año 2012 fue 1.27 m/km y para el siguiente año fue 1.26 m/km en donde disminuyo un 0.07% y el volumen vehicular aumento 5.33%. Podemos apreciar que la variación del IRI fue mínima siguiendo con los trabajos de mantenimiento rutinario de acuerdo al contrato de concesión.

IRI 2013 - 2014: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario en donde el IRI Promedio Anual para el año 2013 fue 1.26 m/km y para el siguiente año fue 1.30 m/km en donde aumentó 2.86% y el volumen vehicular aumento 4.65%. Podemos apreciar que la variación del IRI incremento levemente debido al ciclo de vida del pavimento y al aumento del volumen vehicular, el cual pudo seguir aumentando, sin embargo con las intervenciones de mantenimiento rutinario hace que su aumento no sea considerable.

IRI 2014 - 2015: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario en donde el IRI Promedio Anual para el año 2014 fue 1.30 m/km y para el siguiente año fue 1.34 m/km en donde aumentó 3.14% y el volumen vehicular aumento 8.00%. Podemos apreciar que la variación del IRI va incrementando debido al ciclo de vida del pavimento y al aumento del volumen vehicular, el cual seguirá aumentando, sin embargo con las intervenciones de mantenimiento rutinario hace que su aumento no sea considerable.

Como parte del Análisis de IRI Global de la Tabla 4.14 detallada en el capítulo anterior podemos observar lo siguiente:

2. SENTIDO SUR – NORTE:

IRI 2010 - 2011: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario y cargos adicionales al mantenimiento rutinario en donde el IRI Promedio Anual para el año 2010 fue 1.27 m/km y para el siguiente año fue 1.56 m/km en donde aumentó 22.06% y el volumen vehicular aumentó 10.38%. Podemos apreciar que el aumento para estos años ha sido considerable teniendo en cuenta las

intervenciones de mantenimiento y la variación de volumen vehicular, sin embargo la variación del IRI pudo ser superior en caso no se hayan realizado las intervenciones respectivas.

IRI 2011 - 2012: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario, cargos adicionales al mantenimiento rutinario y mantenimiento periódico en donde el IRI Promedio Anual para el año 2011 fue 1.55 m/km y para el siguiente año fue 1.18 m/km en donde disminuyó 23.77% y el volumen vehicular aumentó 11.10%. Podemos apreciar que debido a los trabajos de mantenimiento periódico que se realizaron el IRI disminuyó considerablemente pese al aumento del volumen vehicular.

IRI 2012 - 2013: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario en donde el IRI Promedio Anual para el año 2012 fue 1.18 m/km y para el siguiente año fue 1.17 m/km en donde disminuyo un 0.01% y el volumen vehicular aumento 5.39%. Podemos apreciar que la variación del IRI fue mínima siguiendo con los trabajos de mantenimiento rutinario de acuerdo al contrato de concesión.

IRI 2013 - 2014: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario en donde el IRI Promedio Anual para el año 2013 fue 1.17 m/km y para el siguiente año fue 1.19 m/km en donde aumentó 2.07% y el volumen vehicular aumento 4.71%. Podemos apreciar que la variación del IRI incremento levemente debido al ciclo de vida del pavimento y al aumento del volumen vehicular, el cual pudo seguir aumentando, sin embargo con las intervenciones de mantenimiento rutinario hace que su aumento no sea considerable.

IRI 2014 - 2015: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario en donde el IRI Promedio Anual para el año 2014 fue 1.19 m/km y para el siguiente año fue 1.22 m/km en donde aumentó 2.25% y el volumen vehicular aumento 8.07%. Podemos apreciar que la variación del IRI va incrementando debido al ciclo de vida del pavimento y al aumento del volumen vehicular, el cual seguirá aumentando, sin

embargo con las intervenciones de mantenimiento rutinario hace que su aumento no sea considerable.

5.2 Análisis del IRI por tipo de mezcla asfáltica

5.2.1 Análisis del IRI por mezcla asfáltica en caliente modificada

Como parte del Análisis de IRI por tipo de mezcla de la Tabla 4.18 detallada en el capítulo anterior podemos observar lo siguiente:

3. SENTIDO NORTE – SUR:

IRI 2011 - 2012: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario y mantenimiento periódico con mezcla asfáltica modificada, en donde el IRI Promedio Anual para el año 2011 fue 1.67 m/km y para el siguiente año fue 1.25 m/km en donde disminuyó 25.36% y el volumen vehicular aumentó 11.89%. Podemos apreciar que el descenso de IRI para estos años ha sido considerable teniendo en cuenta el tipo de refuerzo utilizado (mezcla modificada con polímeros) y la variación de volumen vehicular.

IRI 2012 - 2013: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario en donde el IRI Promedio Anual para el año 2012 fue 1.25m/km y para el siguiente año fue 1.24 m/km en donde la variación del IRI es nula. Podemos apreciar que a pesar de que el volumen vehicular aumentó 5.33% la variación del IRI se mantiene, ya que la calzada viene siendo intervenida por un mantenimiento periódico.

IRI 2013 - 2014: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario en donde el IRI Promedio Anual para el año 2013 fue 1.24 m/km y para el siguiente año fue 1.30 m/km en donde aumentó 4.62% y el volumen vehicular aumento 4.65%. Podemos apreciar que la variación del IRI incrementó debido al ciclo de vida del pavimento y al aumento del volumen vehicular, el cual pudo seguir aumentando, sin embargo

con las intervenciones de mantenimiento rutinario hace que su aumento no sea considerable.

IRI 2014 - 2015: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario en donde el IRI Promedio Anual para el año 2014 fue 1.30 m/km y para el siguiente año fue 1.34 m/km en donde aumentó 3.16% y el volumen vehicular aumento 4.65%. Podemos apreciar que la variación del IRI incrementó debido al ciclo de vida del pavimento y al aumento del volumen vehicular, el cual pudo seguir aumentando, sin embargo con las intervenciones de mantenimiento rutinario hace que su aumento no sea considerable.

Como parte del Análisis de IRI por tipo de mezcla de la Tabla 4.20 detallada en el capítulo anterior podemos observar lo siguiente:

4. SENTIDO SUR – NORTE:

IRI 2011 - 2012: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario y mantenimiento periódico con mezcla asfáltica modificada, en donde el IRI Promedio Anual para el año 2011 fue 1.58 m/km y para el siguiente año fue 1.13 m/km en donde disminuyó 28.52% y el volumen vehicular aumentó 11.10%. Podemos apreciar que el descenso de IRI para estos años ha sido considerable teniendo en cuenta el tipo de refuerzo utilizado (mezcla modificada con polímeros) y la variación de volumen vehicular, comparado con el otro sentido (norte – sur), en éste año el IRI disminuyó más ya que el volumen vehicular es menor.

IRI 2012 - 2013: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario en donde el IRI Promedio Anual para el año 2012 fue 1.127 m/km y para el siguiente año fue 1.13 m/km en donde la variación del IRI es nula. Podemos apreciar que a pesar de que el volumen vehicular aumentó 5.39% la variación del IRI se mantiene, ya que la calzada viene siendo intervenida por un mantenimiento periódico.

IRI 2013 - 2014: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario en donde el IRI Promedio Anual para el año 2013 fue 1.13 m/km y para el siguiente año fue 1.16 m/km en donde aumentó 2.5% y el volumen vehicular aumento 4.71%. Podemos apreciar que la variación del IRI incrementó debido al ciclo de vida del pavimento y al aumento del volumen vehicular, el cual pudo seguir aumentando, sin embargo con las intervenciones de mantenimiento rutinario hace que su aumento no sea considerable y comparado con el otro sentido (norte – sur), en éste año el IRI disminuyó más ya que el volumen vehicular es menor.

IRI 2014 - 2015: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario en donde el IRI Promedio Anual para el año 2014 fue 1.16 m/km y para el siguiente año fue 1.19 m/km en donde aumentó 2.40% y el volumen vehicular aumento 8.07%. Podemos apreciar que la variación del IRI incrementó debido al ciclo de vida del pavimento y al aumento del volumen vehicular, el cual pudo seguir aumentando, sin embargo con las intervenciones de mantenimiento rutinario hace que su aumento no sea considerable.

5.2.2 Análisis del IRI por mezcla asfáltica en caliente convencional

Como parte del Análisis de IRI por tipo de mezcla de la Tabla 4.22 detallada en el capítulo anterior podemos observar lo siguiente:

5.2.2.1 SENTIDO NORTE – SUR:

IRI 2011 - 2012: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario y mantenimiento periódico con mezcla asfáltica convencional, en donde el IRI Promedio Anual para el año 2011 fue 1.43 m/km y para el siguiente año fue 1.30 m/km en donde disminuyó 9.49% y el volumen vehicular aumentó 11.89%. Podemos apreciar que el descenso de IRI para estos años ha sido considerable teniendo en cuenta el tipo de refuerzo utilizado (mezcla asfáltica convencional) y la variación de volumen vehicular.

IRI 2012 - 2013: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario en donde el IRI Promedio Anual para el año 2012 fue 1.30 m/km y para el siguiente año fue 1.28 m/km en donde la variación del IRI disminuyó 1.1%. Podemos apreciar que a pesar de que el volumen vehicular aumentó 5.33% la variación del IRI disminuyó levemente, ya que la calzada viene siendo intervenida por un mantenimiento periódico.

IRI 2013 - 2014: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario en donde el IRI Promedio Anual para el año 2013 fue 1.28 m/km y para el siguiente año fue 1.29 m/km en donde aumentó 1.0% y el volumen vehicular aumento 4.65%. Podemos apreciar que la variación del IRI incrementó debido al ciclo de vida del pavimento y al aumento del volumen vehicular, el cual pudo seguir aumentando, sin embargo con las intervenciones de mantenimiento rutinario hace que su aumento no sea considerable.

IRI 2014 - 2015: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario en donde el IRI Promedio Anual para el año 2014 fue 1.29 m/km y para el siguiente año fue 1.33 m/km en donde aumentó 3.11% y el volumen vehicular aumento 8.00%. Podemos apreciar que la variación del IRI incrementó debido al ciclo de vida del pavimento y al aumento del volumen vehicular, el cual pudo seguir aumentando, sin embargo con las intervenciones de mantenimiento rutinario hace que su aumento no sea considerable.

Como parte del Análisis de IRI por tipo de mezcla de la Tabla 4.24 detallada en el capítulo anterior podemos observar lo siguiente:

5.2.2.2 SENTIDO SUR – NORTE:

IRI 2011 - 2012: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario y mantenimiento periódico con mezcla asfáltica convencional, en donde el IRI Promedio Anual para el año 2011 fue 1.49 m/km y para el siguiente año fue 1.26 m/km en donde disminuyó 14.98% y el volumen vehicular aumentó 11.10%. Podemos apreciar que el descenso de IRI para estos años ha sido considerable

teniendo en cuenta el tipo de refuerzo utilizado (mezcla asfáltica convencional) y la variación de volumen vehicular.

IRI 2012 - 2013: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario en donde el IRI Promedio Anual para el año 2012 fue 1.26 m/km y para el siguiente año fue 1.23 m/km en donde la variación del IRI disminuyó 2.1%. Podemos apreciar que a pesar de que el volumen vehicular aumentó 5.39% la variación del IRI disminuyó levemente, ya que la calzada viene siendo intervenida por un mantenimiento periódico.

IRI 2013 - 2014: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario en donde el IRI Promedio Anual para el año 2013 fue 1.23 m/km y para el siguiente año fue 1.25 m/km en donde aumentó 1.2% y el volumen vehicular aumento 4.71%. Podemos apreciar que la variación del IRI incrementó debido al ciclo de vida del pavimento y al aumento del volumen vehicular, el cual pudo seguir aumentando, sin embargo con las intervenciones de mantenimiento rutinario hace que su aumento no sea considerable.

IRI 2014 - 2015: Se realizaron trabajos de mantenimiento rutinario en donde el IRI Promedio Anual para el año 2014 fue 1.25 m/km y para el siguiente año fue 1.28 m/km en donde aumentó 2.07% y el volumen vehicular aumento 8.07%. Podemos apreciar que la variación del IRI incrementó debido al ciclo de vida del pavimento y al aumento del volumen vehicular, el cual pudo seguir aumentando, sin embargo con las intervenciones de mantenimiento rutinario hace que su aumento no sea considerable.

5.2.3 Análisis del IRI por variaciones puntuales

La ecuación matemática del cálculo del IRI fue planteada considerando las desviaciones con respecto a una superficie plana teórica (llana y no sinuosa), en la cual un vehículo podría transitar a 80 km/h; es decir un horizonte perfecto sin subidas ni bajadas que asegure que en la cuerda que se forma no hayan desviaciones desde el inicio hasta el final de la misma. Es por eso que el resultado de la medición del IRI en estos picos va a tener un valor mayor que en los otros sectores.

5.3 Análisis de la propuesta gestión de conservación vial

5.3.1 Alternativa 01 de Gestión de Conservación vial en el Subtramo I de la Red Vial 6 – Período 2016 al 2020

Para concluir éste primer escenario de gestión, según la tabla 4.31 descrita en el capítulo anterior detalla los costos de mantenimiento (rutinario y periódico) que se realizarán durante el 2016 al 2020, teniendo en cuenta la programación de un mantenimiento periódico similar realizado en el 2011 (refuerzo de carpeta con mezcla asfáltica en caliente convencional y modificada) para el 2016 y el 2020. Se aprecia que para esos años el costo del Mantenimiento periódico aumentó ya que los índices de precios de los materiales y mano de obra suben cada año. Para obtener las proyecciones del porcentaje de variación del IRI se tuvo como base el análisis del IRI del período 2010 al 2015 ya que éste período es similar a éste escenario.

5.3.2 Alternativa 02 de Gestión de Conservación vial en el Subtramo I de la Red Vial 6 – Período 2016 al 2020

Para concluir éste segundo escenario de gestión, según la tabla 4.32 descrita en el capítulo anterior detalla los costos de mantenimiento (rutinario y periódico) que se realizarán durante el 2016 al 2020. La diferencia con la alternativo 01 es que ésta alternativa propone programar un mantenimiento periódico para el 2020 reemplazando el mantenimiento periódico del 2011 por adicionales con cargo a mantenimiento periódico que abarca actividades de Micropavimento con ruteo y sello de fisuras.

Se aprecia que la variación del IRI promedio para este escenario es mayor que la alternativa 01, sin embargo se encuentra dentro de los niveles de servicio de los contratos de concesión para carreteras en estado de conservación (3.45 m/km) y además se ésta ahorrando el presupuesto a invertir en los próximos años.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Es posible formular una propuesta de gestión vial que permita optimizar el presupuesto de mantenimiento en los años proyectados conservando los niveles de servicio que corresponden a la calidad del pavimento. Analizando la posibilidad y conveniencia de postergar el mantenimiento periódico considerando que los valores de rugosidad, estén dentro de los niveles admisibles reemplazándolo por intervenciones de micropavimento con ruteo y sellado de fisuras de menor costo.
2. Se concluye que las actividades de mantenimiento rutinario y periódico ayudan a mantener y/o disminuir la rugosidad del pavimento. En el procesamiento de resultados se aprecia que el mantenimiento rutinario mantiene o ayuda a que la rugosidad no aumente considerablemente, mientras que el mantenimiento periódico permite que la rugosidad disminuya.
3. Se concluye que la variación o aumento del IMD (volumen vehicular) afecta directamente cada año a la calidad del pavimento. Con respecto a las cargas extraordinarias que transitan por el subtramo evaluado, se controla el peso de los vehículos mediante una balanza o pesaje que se encuentra dentro de la concesionaria y si éste peso sobrepasa el admisible se le coloca una amonestación y el vehículo debe de bajar el exceso de carga. Ésta medida se hace con la finalidad de no sobrepasar la carga de diseño del pavimento.
4. Se concluye que el análisis del presupuesto invertido para los trabajos de conservación del pavimento sirvieron de base para lograr elaborar una propuesta de gestión de conservación vial que conlleva la programación y definición de actividades que logren mantener el IRI y reducir el costo en los próximos años a intervenir.

Recomendaciones

1. Gestionar de manera eficiente los recursos y actividades para el mantenimiento de las redes viales para obtener resultados favorables en cuanto al ahorro en costos y en necesidad de intervenciones menos complicadas.
2. Realizar el seguimiento diario de la vía aplicando la intervención en el momento en que los deterioros del pavimento se logren apreciar a simple vista y no postergarlos, lo que demandará mayores costos.
3. La promoción de desarrollo necesita de más carreteras con un buen nivel de servicio para facilitar la circulación cómoda y segura de los usuarios de la vialidad, por ello la prioridad debe estar en la necesidad de cuidar el patrimonio vial existente y se debe ser eficiente para evitar su deterioro y eventualmente la pérdida de las carreteras o autopistas.
4. Cumplir permanentemente lo que describe el contrato de concesión de acuerdo al Plan general de Conservación vial que comprende las actividades de evaluación, definición de estrategias, programación, implementación y control – seguimiento, lo que permitirá resultados de conservación favorables, tanto para la vía como para el usuario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias Bibliográficas:

Bonnet G. (2014). “Guía de procesos constructivos de una vía en pavimento flexible”. Bogotá.

Castro J. (2003). “Propuesta de Gestión de Pavimentos para la ciudad de Piura” Piura- Perú.

Corros M., Urbáez E. & Corredor G. (2009). “Manual de herramientas para la evaluación funcional y estructural de pavimentos flexibles”. Lima, Perú.

Gonzáles W. (2009). “Propuesta I+D+I de Instrumentos de medición de niveles de serviciabilidad de carreteras asfaltadas: Un aporte de innovación tecnológica al mantenimiento de obras de infraestructura vial”. Lima, Perú.

Gutiérrez J. (2007). “Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú”. Lima, Perú.

Manual carreteras (2015). Mantenimiento o Conservación vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – 1era edición. Perú, 2015.

Obando, W. (2003). “Experiencia en ejecución de proyectos de concesión por resultados”. Lima, Perú.

PROVIAS Nacional “Sistema de Gestión de infraestructura vial”. Lima-Perú, 2006

Rodríguez R. (2011) “Modelo de Gestión de Conservación Vial para reducir los costos de Mantenimiento Vial y Operación Vehicular en los Caminos Rurales de las Poblaciones de Riobamba, San Luis, Punín, Flores, Cebadas de la Provincia de Chimborazo”. Ambato, Ecuador.

Salomón D. (2009). “Conservación de pavimentos: metodologías y estrategias”. USA.

Sayers M., Gillespie T. & Paterson W. (1986). “Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements”, Washington DC - U.S.A.

Seminario internacional (2010). “conservación vial por resultados y nuevas tecnologías”- Linares H. – Provias nacional. Lima, Perú.

Vargas O. (2008). “Experiencia de conservación de carreteras: Administración directa – contratos por niveles de servicio”, Lima-Perú.

Referencias Electrónicas

Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG 2001) aprobado por el MTC Ministerio de Transportes y comunicaciones (2015). “Concesiones en infraestructura de transporte. Recuperado de https://www.mtc.gob.pe/portal/home/concesiones/concesiones_transporte.htm.

Anexo N° 1 Matriz de Consistencia

Tema: Propuesta de gestión de conservación vial para mantener la rugosidad dentro de los niveles de servicio del contrato de concesión

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Metodología	Tipo y Diseño
<p>Problema general De qué manera una Gestión de Conservación Vial influye en el mantenimiento de los Niveles de servicio exigidos en los contratos de concesión</p>	<p>Objetivo general Elaborar una Gestión de Conservación Vial con la finalidad de mantener los Niveles de servicio de acuerdo a los contratos de concesión.</p>	<p>Evaluando alternativas se logrará optimizar y proyectar una Gestión de Conservación Vial que logrará mantener Niveles de servicio de los Contratos de Concesión.</p>	<p>VI. Gestión de Conservación Vial VD. Niveles de Servicio</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Recopilar información de otras investigaciones similares a nivel nacional e internacional, analizarlas • Recopilar datos de Rugosidad, Índice Medio Diario, actividades de Conservación vial y costos, analizarlas. • Elaborar graficas de Rugosidad en el periodo de transición de los años 2010 al 2015. • Evaluar la tasa de crecimiento del IMD en el periodo de transición de los años 2010 al 2015. • Evaluar los tipos de mantenimiento (rutinario y periódico) que se han realizado en el periodo de transición. • Analizar el IRI y ver su influencia con el IMD • Evaluar los trabajos de conservación vial y 	<p>La investigación es de enfoque cuantitativo, de diseño longitudinal</p> <p>El tipo de investigación de alcance, descriptivo, correlacional y explicativo</p>
<p>Problema sec. 1 De qué manera la ejecución de actividades de mantenimiento rutinario y periódico influye en la rugosidad del pavimento</p>	<p>Objetivo específico 1 Programar actividades de mantenimiento rutinario y periódico con la finalidad de mantener la rugosidad del pavimento</p>	<p>La definición y programación de actividades de mantenimiento rutinario y periódico permite conservar y/o disminuir la rugosidad del pavimento</p>	<p>VI. Mantenimiento rutinario y periódico VD. Rugosidad del pavimento</p>		
<p>Problema sec. 2 Por qué el IMD influye en el deterioro del pavimento</p>	<p>Objetivo específico 2 Analizar la influencia del IMD para analizar el impacto del volumen de tráfico en el deterioro del pavimento.</p>	<p>Realizando una evaluación histórica del crecimiento del IMD podemos observar cuánto se va deterioro del pavimento.</p>	<p>VI. IMD VD. Deterioro del pavimento</p>		

<p>Problema sec. 3 De qué manera el presupuesto invertido influye en la conservación del IRI</p>	<p>Objetivo específico 3 Determinar la influencia de la inversión del presupuesto para la conservación del IRI</p>	<p>Evaluando el presupuesto invertido en los años de transición investigados se realizará una propuesta de gestión de las intervenciones para la conservación del IRI.</p>	<p>VI. Presupuesto VD. IRI</p>	<p>analizar su impacto en el IRI</p> <ul style="list-style-type: none"> • Discusión de resultados obtenidos • Analizar resultados de las fallas que se reflejan en la superficie de rodadura. • Realizar una propuesta de gestión a futuro para poder mantener la rugosidad del pavimento. • Evaluar y definir los tipos de intervenciones en donde nos permita ahorrar el presupuesto que se invertirá en los próximos años. 	
---	---	--	---	---	--

Fuente: Elaboración propia

**METRADOS DE MANTENIMIENTO
RUTINARIO EN CALZADA 2010
SUBTRAMO I RED VIAL 6**

Anexo N° 2 Metrado de Sello de fisuras – 2010 – Subtramo I Red Vial 6

Sentido Norte - Sur

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		LONGITUD	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N		MTS
Enero	Sello de fisuras	58+000	58+900	X		80.00	80.00
Febrero	Sello de fisuras	58+000	58+300	X		1,450.00	1,450.00
	Sello de fisuras	58+300	58+900	X		2,350.00	2,350.00
	Sello de fisuras	58+900	60+000	X		1,325.00	1,325.00
	Sello de fisuras	61+000	62+000	X		1,980.00	1,980.00
Marzo	Sello de fisuras	110+000	110+500	X		1,600.00	1,600.00
	Sello de fisuras	116+500	117+000	X		800.00	800.00
	Sello de fisuras	121+000	121+500	X		800.00	800.00
Abril	Sello de fisuras	92+000	93+000	X		1,120.00	1,120.00
	Sello de fisuras	104+000	104+200	X		230.00	230.00
	Sello de fisuras	127+000	128+000	X		1,480.00	1,480.00
	Sello de fisuras	104+200	105+000	X		1,650.00	1,650.00
Mayo	Sello de fisuras	94+300	94+400	X		160.00	160.00
	Sello de fisuras	112+000	112+600	X		1,050.00	1,050.00
	Sello de fisuras	127+000	127+100	X		320.00	320.00
						TOTAL	16,395.00

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

Anexo N° 3 Metrado de Sello de fisuras – 2010 – Subtramo I Red Vial 6

Sentido Sur - Norte

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTID O		LONGITUD	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N		MTS
Mayo	Sello de fisuras	88+000	89+000		X	1,200.00	1,200.00
	Sello de fisuras	82+400	82+500		X	150.00	150.00
	Sello de fisuras	74+600	74+700		X	145.00	145.00
	Sello de fisuras	115+200	115+300		X	350.00	350.00
	Sello de fisuras	126+800	127+000		X	680.00	680.00
Octubre	Sello de fisuras	69+000	70+000		X	2,550.00	2,550.00
	Sello de fisuras	113+000	114+000		X	2,850.00	2,850.00
						TOTAL	7,925.00

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

Anexo N° 4 Metrado de Parche con carpeta de 0.05m – 2010 - Subtramo I Red Vial 6

Sentido Norte - Sur

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTID O		Largo	Ancho	SUBTOTAL
		KM	KM	N- S	S-N			M2
Enero	Parchado con carpeta 0.05m	66+000	66+003	X		2.60	2.10	5.46
	Parchado con carpeta 0.05m	74+600	74+602	X		2.20	1.50	3.30
	Parchado con carpeta 0.05m	75+050	75+053	X		2.50	1.90	4.75
	Parchado con carpeta 0.05m	76+050	75+057	X		6.90	5.50	37.95
	Parchado con carpeta 0.05m	65+700	65+715	X		5.50	6.50	35.75
	Parchado con carpeta 0.05m	58+000	58+003	X		3.00	1.20	3.60
	Parchado con carpeta 0.05m	58+000	58+001	X		1.00	0.50	0.50
	Parchado con carpeta 0.05m	58+000	58+001	X		0.50	0.20	0.10
Febrero	Parchado con carpeta 0.05m	58+000	58+550	X		0.90	0.50	0.45
	Parchado con carpeta 0.05m	58+550	58+900	X		1.80	0.12	0.22
	Parchado con carpeta 0.05m	58+900	59+000	X		0.80	0.70	0.56
	Parchado con carpeta 0.05m	59+000	60+000	X		1.20	0.70	0.84
	Parchado con carpeta 0.05m	61+000	62+000	X		3.00	1.00	3.00
Marzo	Parchado con carpeta 0.05m	110+000	110+500	X		1.50	0.80	1.20
	Parchado con carpeta 0.05m	116+500	117+000	X		2.00	0.82	1.64
	Parchado con carpeta 0.05m	121+000	121+500	X		1.00	0.50	0.50
	Parchado con carpeta 0.05m	83+250	83+254	X		3.90	3.75	14.63
	Parchado con carpeta 0.05m	93+600	93+600	X		3.90	3.75	14.63
Junio	Parchado con carpeta 0.05m	58+000	58+003	X		2.40	1.08	2.59
	Parchado con carpeta 0.05m	58+005	58+010	X		3.80	0.95	3.61
	Parchado con carpeta 0.05m	58+015	58+017	X		1.38	1.05	1.45
	Parchado con carpeta 0.05m	58+017	58+020	X		0.50	0.40	0.20
Agosto	Parchado con carpeta 0.05m	120+400		X		1.00	0.60	0.60
	Parchado con carpeta 0.05m	120+410		X		2.30	0.60	1.38
	Parchado con carpeta 0.05m	90+450		X		70.00	0.50	35.00
Setiembre	Parchado con carpeta 0.05m	62+980		X		0.50	0.30	0.15
Octubre	Parchado con carpeta 0.05m	118+000	120+100	X		22.50	5.80	130.50
Diciembre	Parchado con carpeta 0.05m	126+000	127+000	X		9.30	8.20	76.26
	Parchado con carpeta 0.05m	126+000	127+000	X		7.20	6.80	48.96

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

TOTAL	429.77
--------------	---------------

Anexo N° 5 Metrado de Parche con carpeta de 0.05m – 2010- Subtramo I Red Vial 6

Sentido Sur - Norte

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		Largo	Ancho	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N			M2
Enero	Parchado con carpeta 0.05m	120+150	120+151		X	0.40	0.50	0.20
	Parchado con carpeta 0.05m	90+200	90+204		X	3.60	1.70	6.12
	Parchado con carpeta 0.05m	79+200	79+206		X	6.00	2.60	15.60
Febrero	Parchado con carpeta 0.05m	88+900	88+902		X	2.00	1.00	2.00
Marzo	Parchado con carpeta 0.05m	113+000	113+110		X	9.80	1.10	10.78
	Parchado con carpeta 0.05m	83+250	83+255		X	5.10	4.16	21.22
	Parchado con carpeta 0.05m	79+950	79+951		X	0.60	0.40	0.24
	Parchado con carpeta 0.05m	90+400	90+401		X	0.90	0.60	0.54
	Parchado con carpeta 0.05m	93+600	93+600		X	4.90	4.13	20.24
Junio	Parchado con carpeta 0.05m	58+200	58+201		X	0.40	0.25	0.10
	Parchado con carpeta 0.05m	58+201	58+203		X	0.80	0.70	0.56
	Parchado con carpeta 0.05m	58+000	58+004		X	3.40	2.70	9.18
	Parchado con carpeta 0.05m	58+004	58+006		X	1.15	1.03	1.18
	Parchado con carpeta 0.05m	58+006	58+008		X	1.60	0.50	0.80
	Parchado con carpeta 0.05m	58+008	58+009		X	0.93	0.96	0.89
Agosto	Parchado con carpeta 0.05m	120+410			X	0.60	0.30	0.18
	Parchado con carpeta 0.05m	84+821			X	9.20	0.50	4.60
Octubre	Parchado con carpeta 0.05m	124+000	125+000		X	3.10	0.50	1.55
	Parchado con carpeta 0.05m	121+000	122+000		X	12.50	0.80	10.00
Diciembre	Parchado con carpeta 0.05m	74+000	75+000		X	3.80	3.10	11.78
	Parchado con carpeta 0.05m	102+158	103+000		X	7.75	6.15	47.66
	Parchado con carpeta 0.05m	108+700	109+000		X	6.30	5.45	34.34
							TOTAL	199.76

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

**METRADOS ADICIONALES
CON CARGO A
MANTENIMIENTO RUTINARIO
EN CALZADA - 2010**

SUBTRAMO I RED VIAL 6

Anexo N° 6 Metrado de Bacheo de 1" – Noviembre 2010 – Subtramo I Red Vial 6

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
129+902	129+803	SN	99.30	3.40	337.62	1.00	8.57
129+803	129+751	SN	52.00	2.00	104.00	1.00	2.64
129+751	129+717	SN	33.60	3.20	107.52	1.00	2.73
129+715	129+691	SN	23.60	1.00	23.60	1.00	0.60
129+519	129+480	SN	38.90	3.20	124.48	1.00	3.16
129+435	129+387	SN	48.00	2.00	96.00	1.00	2.43
129+353	129+310	SN	43.30	1.00	43.30	1.00	1.01
129+310	129+247	SN	63.00	3.20	201.60	1.00	5.12
129+187	129+158	SN	29.30	1.00	29.30	1.00	0.74
129+147	129+132	SN	14.90	1.00	14.90	1.00	0.38
129+132	129+054	SN	78.70	3.20	251.84	1.00	6.40
					1334.16		33.78

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
125+107	125+068	SN	39.30	2.00	78.60	1.00	2.00
125+068	125+000	SN	67.80	3.40	230.52	1.00	5.85
					309.12		7.85

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
125+000	124+690	SN	310.00	3.40	1054.00	1.00	26.77
124+690	124+140	SN	550.00	3.50	1925.00	1.00	48.90
124+690	124+140	SN	550.00	3.50	1925.00	2.00	97.80
124+140	124+104	SN	36.00	3.00	108.00	1.00	2.74
					5012.00		176.21

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
123+931	123+882	SN	49.00	3.00	147.00	2.00	7.46
123+853	123+786	SN	67.00	3.00	201.00	2.00	10.21
123+767	123+513	SN	254.60	3.00	763.80	2.00	38.80
123+493	123+415	SN	78.00	3.00	234.00	2.00	11.89
123+194	123+149	SN	45.50	3.00	136.50	2.00	6.93
123+079	123+000	SN	78.90	2.00	157.80	2.00	8.02
					1640.10		83.31

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
123+000	122+756	SN	244.20	3.00	732.60	2.00	37.22
122+255	122+205	SN	50.40	3.00	151.20	2.00	7.68
122+180	122+157	SN	22.40	3.00	67.20	2.00	3.41
122+157	122+111	SN	46.00	1.00	46.00	2.00	2.33
122+111	122+077	SN	34.00	3.00	102.00	2.00	5.18
122+051	122	SN	51.30	3.00	153.90	2.00	7.82
					1252.90		63.64

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
122+000	121+885	SN	115.00	3.00	345.00	2.00	17.53
121+885	121+865	SN	20.10	1.00	20.10	2.00	1.02
121+865	121+821	SN	44.20	3.00	132.60	2.00	6.74
121+821	121+785	SN	35.60	1.00	35.60	2.00	1.81
121+785	121+764	SN	21.40	3.00	64.20	2.00	3.26
121+741	121+717	SN	23.80	1.00	23.80	2.00	1.21
121+671	121+651	SN	19.80	3.00	59.40	2.00	3.02
121+651	121+639	SN	12.40	1.00	12.40	2.00	0.63
121+605	121+553	SN	52.20	1.00	52.20	2.00	2.65
121+468	121+426	SN	42.00	2.00	84.00	2.00	4.26
121+227	121+199	SN	27.10	1.00	27.10	2.00	1.38
121+134	121+121	SN	13.30	2.00	26.60	2.00	1.35
121+061	121+000	SN	61.00	2.00	122.00	2.00	6.19
					1005.00		68.58

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
121+000	120+970	SN	30.00	2.00	60.00	2.00	3.05
120+970	120+853	SN	117.30	2.00	234.60	2.00	11.92
120+853	120+840	SN	12.70	6.00	76.20	2.00	3.87
120+840	120+795	SN	44.70	3.00	134.10	2.00	6.81
120+795	120+722	SN	73.80	3.00	221.40	2.00	11.25
120+613	120+602	SN	11.10	3.00	33.30	2.00	1.69
120+591	120+538	SN	53.70	2.00	107.40	2.00	5.45
120+538	120+526	SN	11.10	5.00	55.50	2.00	2.82
120+526	120+520	SN	6.70	6.00	40.20	2.00	2.04
120+520	120+484	SN	36.00	4.00	144.00	2.00	7.32
120+477	120+177	SN	300.00	4.00	1200.00	2.00	60.96
120+164	120+071	SN	93.10	4.00	372.40	2.00	18.92
120+071	120+035	SN	35.80	1.00	35.80	2.00	1.82
120+026	120+016	SN	9.80	4.00	39.20	2.00	1.99
					2754.10		139.91

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
119+965	119+950	SN	14.60	2.00	29.20	2.00	1.48
119+950	119+882	SN	68.50	3.00	205.50	2.00	10.43
119+864	119+851	SN	13.00	1.00	13.00	2.00	0.66
119+839	119+806	SN	32.10	3.00	96.30	2.00	4.89
119+806	119+790	SN	16.50	2.00	33.00	2.00	1.68
119+769	119+756	SN	13.60	3.00	40.80	2.00	2.07
119+744	119+718	SN	26.30	1.00	26.30	2.00	1.34
119+718	119+667	SN	51.20	3.00	153.60	2.00	7.80
119+639	119+629	SN	10.10	2.00	20.20	2.00	1.03
119+575	119+550	SN	25.60	3.00	76.80	2.00	3.90
119+524	119+509	SN	15.00	2.00	30.00	2.00	1.52
119+401	119+365	SN	36.20	2.00	72.40	2.00	3.68
119+351	119+333	SN	18.00	2.00	36.00	2.00	1.83
119+282	119+271	SN	11.30	2.00	22.60	2.00	1.15
119+226	119+209	SN	16.50	2.00	33.00	2.00	1.68
119+166	119+152	SN	13.40	2.00	26.80	2.00	1.35
119+106	119+064	SN	42.00	2.00	84.00	2.00	4.27
119+050	119+021	SN	28.80	2.00	57.60	2.00	2.93
					1057.10		53.69

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
95+988	95+961	SN	27.00	2.00	54.00	1.00	1.37
95+961	95+926	SN	35.00	3.00	105.00	1.00	2.67
95+889	95+847	SN	41.70	3.00	125.10	1.00	3.18
95+827	95+810	SN	16.90	1.00	16.90	1.00	0.43
95+641	95+524	SN	117.00	1.00	117.00	1.00	2.97
95+511	95+493	SN	18.40	3.00	55.20	1.00	1.40
95+454	95+418	SN	35.40	1.00	35.40	1.00	0.90
95+418	95+393	SN	25.50	3.00	76.50	1.00	1.94
95+393	95+331	SN	61.80	1.00	61.80	1.00	1.57
95+318	95+301	SN	16.70	3.00	50.10	1.00	1.27
95+211	95+194	SN	17.80	3.00	53.40	1.00	1.36
95+096	95+081	SN	15.20	2.00	30.40	1.00	0.77
95+007	95+000	SN	7.00	2.00	14.00	1.00	0.35
					794.80		20.18

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
95+000	94+988	SN	12.00	2.00	24.00	1.00	0.61
					24.00		0.61

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
92+000	91+994	SN	6.00	1.00	6.00	1.00	0.15
91+994	91+979	SN	15.00	3.00	45.00	1.00	1.14
91+979	91+968	SN	11.00	1.00	11.00	1.00	0.28
91+968	91+946	SN	22.00	3.00	66.00	1.00	1.68
91+946	91+913	SN	33.00	1.00	33.00	1.00	0.84
91+913	91+896	SN	17.00	2.00	34.00	1.00	0.86
91+896	91+879	SN	17.00	3.00	51.00	1.00	1.30
91+879	91+865	SN	14.00	1.00	14.00	1.00	0.36
91+865	91+833	SN	32.00	3.00	96.00	1.00	2.44
91+833	91+817	SN	16.00	1.00	16.00	1.00	0.41
91+817	91+744	SN	73.00	3.00	219.00	1.00	5.56
91+744	91+712	SN	32.00	1.00	32.00	1.00	0.81
91+712	91+686	SN	26.00	2.00	52.00	1.00	1.32
91+686	91+606	SN	80.00	1.00	80.00	1.00	2.03
91+606	91+566	SN	40.00	3.00	120.00	1.00	3.05
91+566	91+548	SN	18.00	6.00	108.00	1.00	2.74
91+548	91+509	SN	39.00	1.00	39.00	1.00	0.99
91+509	91+496	SN	13.00	1.00	13.00	1.00	0.33
91+496	91+470	SN	26.00	3.00	78.00	1.00	1.98
91+470	91+431	SN	39.00	1.00	39.00	1.00	0.99
91+431	91+405	SN	26.00	3.00	78.00	1.00	1.98
91+405	91+389	SN	16.00	1.00	16.00	1.00	0.41
91+389	91+093	SN	296.00	3.00	888.00	1.00	22.56
91+093	91+000	SN	93.00	1.00	93.00	1.00	2.36
					2227.00		56.57

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
80+566	80+511	SN	55.00	3.00	165.00	1.00	4.19
80+385	80+326	SN	59.00	3.00	177.00	1.00	4.50
80+268	80+241	SN	27.00	2.00	54.00	1.00	1.37
80+201	80+056	SN	145.00	3.00	435.00	1.00	11.05
					831.00		21.11

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
80+000	79+774	SN	229.00	3.00	687.00	1.00	17.45
79+713	79+691	SN	229.71	3.00	66.00	1.00	1.68
79+429	79+410	SN	19.00	2.00	38.00	1.00	0.97
79+410	79+404	SN	6.00	3.00	18.00	1.00	0.46
79+376	79+322	SN	54.00	1.00	54.00	1.00	1.37
79+319	79+309	SN	10.00	2.00	20.00	1.00	0.51
79+309	79+167	SN	142.00	3.00	426.00	1.00	10.82
79+167	79+119	SN	48.00	1.00	48.00	1.00	1.22
					1357.00		34.48

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
79+000	78+521	SN	479.00	3.00	1437.00	1.00	36.50
78+508	78+495	SN	13.00	2.00	26.00	1.00	0.66
78+495	78+461	SN	34.00	3.00	102.00	1.00	2.59
78+444	78+424	SN	20.00	2.00	40.00	1.00	1.02
78+424	78+338	SN	86.00	3.00	258.00	1.00	6.55
78+338	78+322	SN	16.00	1.00	16.00	1.00	0.40
78+322	78+143	SN	179.00	3.00	537.00	1.00	13.64
78+122	78+081	SN	41.00	3.00	123.00	1.00	3.12
78+081	78+002	SN	79.00	1.00	79.00	1.00	2.01
78+002	78+000	SN	2.00	3.00	6.00	1.00	0.15
					2624.00		66.64

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
78+000	77+976	SN	24.00	3.00	72.00	1.00	1.83
77+959	77+928	SN	31.00	2.00	62.00	1.00	1.57
77+928	77+888	SN	40.00	3.00	120.00	1.00	3.05
77+888	77+860	SN	28.00	1.00	28.00	1.00	0.71
77+860	77+758	SN	102.00	3.00	306.00	1.00	7.77
77+741	77+701	SN	40.00	2.00	80.00	1.00	2.03
77+701	77+655	SN	46.00	3.00	138.00	1.00	3.51
77+637	77+570	SN	67.00	1.00	67.00	1.00	1.70
77+570	77+557	SN	13.00	3.00	39.00	1.00	1.00
77+557	77+531	SN	26.00	1.00	26.00	1.00	0.60
77+831	77+514	SN	17.00	3.00	51.00	1.00	1.30
77+514	77+445	SN	69.00	1.00	69.00	1.00	1.75
77+445	77+433	SN	12.00	3.00	36.00	1.00	0.91
77+433	77+404	SN	29.00	1.00	29.00	1.00	0.73
77+404	77+381	SN	23.00	3.00	69.00	1.00	1.75
77+381	77+342	SN	39.00	1.00	39.00	1.00	1.00
77+342	77+290	SN	52.00	3.00	156.00	1.00	3.96
77+275	77+232	SN	43.00	1.00	43.00	1.00	1.09
77+219	77+201	SN	18.00	3.00	54.00	1.00	1.37
77+077	77+065	SN	12.00	7.00	84.00	1.00	2.13
77+033	77+023	SN	10.00	7.00	70.00	1.00	1.78
					1638.00		41.60

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
77+000	76+969	SN	31.00	3.00	93.00	1.00	2.36
76+948	76+929	SN	19.00	1.00	19.00	1.00	0.48
76+929	76+904	SN	25.00	3.00	75.00	1.00	1.91
76+885	76+851	SN	34.00	1.00	34.00	1.00	0.86
76+851	76+803	SN	48.00	3.00	144.00	1.00	3.66
76+794	76+787	SN	7.00	2.00	14.00	1.00	0.36
76+787	76+752	SN	35.00	3.00	105.00	1.00	2.67
76+730	76+725	SN	5.00	1.00	5.00	1.00	0.13
76+725	76+684	SN	41.00	3.00	123.00	1.00	3.12
76+669	76+652	SN	17.00	2.00	34.00	1.00	0.86
76+618	76+607	SN	11.00	1.00	11.00	1.00	0.28
76+607	76+578	SN	29.00	3.00	87.00	1.00	2.21
76+578	76+567	SN	11.00	1.00	11.00	1.00	0.28
76+559	76+546	SN	13.00	2.00	26.00	1.00	0.66
76+546	76+511	SN	35.00	3.00	105.00	1.00	2.68
76+486	76+455	SN	31.00	3.00	93.00	1.00	2.36
76+455	76+444	SN	11.00	1.00	11.00	1.00	0.28
76+424	76+404	SN	20.00	3.00	60.00	1.00	1.52
76+378	76+362	SN	16.00	3.00	48.00	1.00	1.22
76+349	76+330	SN	19.00	4.00	76.00	1.00	1.93
76+330	76+305	SN	25.00	7.00	175.00	1.00	4.45
76+305	76+291	SN	14.00	4.00	56.00	1.00	1.42
76+291	76+282	SN	9.00	5.00	45.00	1.00	1.14
76+282	76+269	SN	13.00	1.00	13.00	1.00	0.33
76+269	76+209	SN	60.00	5.00	300.00	1.00	7.62
76+209	76+123	SN	86.00	3.00	258.00	1.00	6.55
76+123	76+067	SN	56.00	7.00	392.00	1.00	9.96
76+067	76+000	SN	83.00	3.00	249.00	1.00	6.32
					2662.00		67.62

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
76+000	75+000	SN	1000.00	3.00	3000.00	1.00	76.20
					3000.00		76.20

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
75+000	74+903	SN	97.00	3.00	291.00	1.00	7.39
					291.00		7.39

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
63+035	63+000	SN	35.00	2.00	70.00	1.00	1.78
					70.00		1.78

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

Anexo N° 7 Metrado de Sellado de fisuras

Sectorización de tramos Sentido Norte - Sur

N°	Ubicación		Longitud	Subtotal
	Inicio	Fin		
1	64+000	65+000	1000	1000
2	67+000	68+000	1000	1000
3	74+000	75+000	1000	1000
4	75+000	76+000	1000	1000
5	80+000	81+000	1000	1000
6	91+000	92+000	1000	1000
7	100+000	101+000	1000	1000
8	102+000	103+000	1000	1000
9	129+000	130+000	1000	1000
				9000

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

Anexo N° 8 Metrado de Bacheo de 1" – Diciembre 2010 – Subtramo I Red Vial 6

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
63+000	62+965	SN	35.00	3.00	105.00	1.00	2.67
62+965	62+875	SN	90.00	1.00	90.00	1.00	2.29
62+875	62+835	SN	40.00	2.00	80.00	1.00	2.03
62+811	62+777	SN	34.00	2.00	68.00	1.00	1.73
62+758	62+710	SN	48.00	3.00	144.00	1.00	3.66
62+557	62+527	SN	30.00	3.00	90.00	1.00	2.29
62+527	62+468	SN	59.00	2.00	118.00	1.00	3.00
62+449	62+239	SN	210.00	3.00	630.00	1.00	16.00
62+197	62+180	SN	17.00	2.00	34.00	1.00	0.86
62+128	62+100	SN	28.00	3.00	84.00	1.00	2.13
62+087	62+073	SN	14.00	2.00	28.00	1.00	0.71
62+063	62+057	SN	6.00	2.00	12.00	1.00	0.30
62+057	62+030	SN	27.00	3.00	81.00	1.00	2.06
62+030	62+000	SN	30.00	2.00	60.00	1.00	1.52
					1624.00		41.25

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
62+000	61+965	SN	35.00	3.00	105.00	1.00	2.67
61+965	61+900	SN	62.00	1.00	62.00	1.00	1.57
61+900	61+972	SN	28.00	3.00	84.00	1.00	2.13
61+872	61+822	SN	50.00	1.00	50.00	1.00	1.27
61+822	61+808	SN	14.00	3.00	42.00	1.00	1.07
61+808	61+784	SN	24.00	1.00	24.00	1.00	0.61
61+784	61+750	SN	34.00	5.00	170.00	1.00	4.32
61+750	91+737	SN	13.00	2.00	26.00	1.00	0.66
61+737	61+503	SN	234.00	3.00	702.00	1.00	17.83
61+503	61+482	SN	21.00	1.00	21.00	1.00	0.53
61+482	61+390	SN	92.00	3.00	276.00	1.00	7.01
61+365	61+230	SN	45.00	2.00	90.00	1.00	2.29
61+261	61+127	SN	134.00	2.00	268.00	1.00	6.81
61+127	61+112	SN	15.00	3.00	45.00	1.00	1.14
61+112	61+010	SN	102.00	7.00	714.00	1.00	18.13
61+010	61+000	SN	10.00	2.00	20.00	1.00	0.51
					2699.00		68.55

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
61+000	60+970	SN	30.00	2.00	60.00	1.00	1.52
60+970	60+752	SN	218.00	3.00	654.00	1.00	16.61
60+752	60+707	SN	45.00	1.00	45.00	1.00	1.14
60+707	60+764	SN	246.00	3.00	738.00	1.00	18.74
60+461	60+387	SN	74.00	1.00	74.00	1.00	1.88
60+387	60+310	SN	77.00	3.00	231.00	1.00	5.87
60+310	60+267	SN	43.00	1.00	43.00	1.00	1.09
60+287	60+156	SN	111.00	3.00	333.00	1.00	8.46
60+156	60+000	SN	156.00	2.00	312.00	1.00	7.92
					2490.00		63.25

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
60+000	59+728	SN	272.00	2.00	544.00	1.00	13.82
59+626	59+489	SN	137.00	2.00	274.00	1.00	6.96
59+464	59+350	SN	114.00	2.00	228.00	1.00	5.79
59+350	59+288	SN	62.00	3.00	186.00	1.00	4.72
59+288	59+000	SN	288.00	1.00	288.00	1.00	7.32
					1520.00		38.61

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
59+000	58+925	SN	75.00	1.00	75.00	1.00	1.91
58+925	58+887	SN	38.00	3.00	114.00	1.00	2.90
58+887	58+814	SN	73.00	2.00	146.00	1.00	3.71
58+814	58+769	SN	25.00	1.00	25.00	1.00	0.64
58+769	58+760	SN	29.00	3.00	87.00	1.00	2.21
58+760	58+729	SN	31.00	1.00	31.00	1.00	0.79
58+729	58+699	SN	30.00	3.00	90.00	1.00	2.29
58+699	58+673	SN	26.00	1.00	26.00	1.00	0.66
58+673	58+471	SN	202.00	3.00	606.00	1.00	15.39
58+471	58+411	SN	60.00	1.00	60.00	1.00	1.52
58+411	58+188	SN	223.00	3.00	669.00	1.00	16.99
58+188	58+139	SN	49.00	1.00	49.00	1.00	1.24
58+139	58+089	SN	50.00	3.00	150.00	1.00	3.81
58+089	58+057	SN	32.00	1.00	32.00	1.00	0.81
58+057	58+000	SN	57.00	3.00	171.00	1.00	4.34
					2331.00		59.21

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
58+000	58+470	NS	470.00	3.00	1410.00	1.00	35.81
58+470	58+576	NS	106.00	1.00	106.00	1.00	2.69
58+576	58+598	NS	22.00	6.00	132.00	1.00	3.35
58+598	59+000	NS	402.00	3.00	1206.00	1.00	30.63
					2854.00		72.49

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
59+000	59+794	NS	794.00	3.00	2382.00	1.00	60.50
59+794	59+944	NS	150.00	2.00	300.00	1.00	7.62
					2682.00		68.12

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
60+062	60+087	NS	25.00	3.00	75.00	1.00	1.91
60+087	60+114	NS	27.00	2.00	34.00	1.00	1.37
60+114	60+164	NS	50.00	3.00	150.00	1.00	3.81
60+164	60+199	NS	35.00	1.00	35.00	1.00	0.89
60+199	60+217	NS	18.00	3.00	54.00	1.00	1.37
60+217	60+341	NS	124.00	1.00	124.00	1.00	3.15
60+341	60+382	NS	41.00	3.00	123.00	1.00	3.12
60+421	60+464	NS	43.00	2.00	86.00	1.00	2.18
60+486	60+799	NS	313.00	1.00	313.00	1.00	7.95
60+799	60+814	NS	15.00	3.00	45.00	1.00	1.14
60+814	60+851	NS	37.00	1.00	37.00	1.00	0.94
60+851	60+870	NS	19.00	6.00	114.00	1.00	2.90
60+870	60+993	NS	123.00	3.00	369.00	1.00	9.37
					1579.00		40.11

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
65+000	65+168	NS	168.00	2.00	336.00	1.00	8.53
65+193	65+206	NS	13.00	1.00	13.00	1.00	0.33
65+252	65+357	NS	105.00	2.00	210.00	1.00	5.33
65+378	65+478	NS	100.00	2.00	200.00	1.00	5.08
65+526	65+573	NS	47.00	2.00	94.00	1.00	2.39
65+597	65+604	NS	7.00	2.00	14.00	1.00	0.36
65+634	65+657	NS	23.00	2.00	46.00	1.00	1.17
65+597	65+745	NS	88.00	3.00	264.00	1.00	6.71
65+745	65+771	NS	26.00	2.00	52.00	1.00	1.32
65+771	65+790	NS	19.00	3.00	57.00	1.00	1.45
65+790	65+858	NS	68.00	5.00	340.00	1.00	8.64
					1626.00		41.30

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
66+144	66+292	NS	148.00	5.00	740.00	1.00	18.80
66+292	66+346	NS	54.00	3.00	162.00	1.00	4.11
66+345	66+401	NS	55.00	2.00	110.00	1.00	2.79
66+423	66+576	NS	153.00	3.00	459.00	1.00	11.66
66+576	66+624	NS	48.00	1.00	48.00	1.00	1.22
66+674	66+800	NS	126.00	1.00	126.00	1.00	3.20
66+800	66+833	NS	33.00	3.00	99.00	1.00	2.51
66+833	66+883	NS	50.00	1.00	50.00	1.00	1.27
66+883	66+897	NS	14.00	3.00	42.00	1.00	1.07
66+897	66+959	NS	62.00	1.00	62.00	1.00	1.57
66+959	66+984	NS	25.00	3.00	75.00	1.00	1.91
66+984	67+000	NS	16.00	1.00	16.00	1.00	0.41
					1989.00		50.52

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
67+000	67+152	NS	152.00	1.00	152.00	1.00	3.86
					152.00		3.86

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
69+182	69+213	NS	31.00	2.00	62.00	1.00	1.57
69+269	69+285	NS	16.00	2.00	32.00	1.00	0.81
69+343	69+355	NS	12.00	3.00	36.00	1.00	0.91
69+542	69+557	NS	15.00	1.00	15.00	1.00	0.38
69+613	69+631	NS	18.00	2.00	36.00	1.00	0.91
69+680	69+704	NS	24.00	2.00	48.00	1.00	1.22
69+757	69+784	NS	27.00	1.00	27.00	1.00	0.68
69+826	69+843	NS	17.00	1.00	17.00	1.00	0.43
69+897	69+914	NS	20.00	2.00	40.00	1.00	1.01
69+967	70+000	NS	33.00	3.00	99.00	1.00	2.51
					412.00		10.46

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
76+000	76+028	NS	28.00	2.00	56.00	1.00	0.71
76+132	76+153	NS	21.00	2.00	42.00	1.00	1.07
76+153	76+178	NS	25.00	3.00	75.00	1.00	1.91
76+193	76+210	NS	17.00	2.00	34.00	1.00	0.86
76+210	76+377	NS	164.00	3.00	492.00	1.00	12.50
76+388	76+610	NS	222.00	3.00	666.00	1.00	16.92
76+657	76+895	NS	38.00	3.00	114.00	1.00	2.90
76+729	76+747	NS	18.00	3.00	54.00	1.00	1.37
					1533.00		38.94

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

**METRADOS DE
MANTENIMIENTO RUTINARIO
EN CALZADA 2011
SUBTRAMO I RED VIAL 6**

Anexo N° 9 Metrado de Parche con carpeta de 0.05m - 2011 - Subtramo I Red Vial 6

Sentido Norte - Sur

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		Largo	Ancho	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N			M2
Enero	Parchado con carpeta 0.05m	101+820	101+828	X		7.30	6.00	43.80
	Parchado con carpeta 0.05m	66+150	66+153	X		2.50	0.60	1.50
Febrero	Parchado con carpeta 0.05m	66+005		X		4.80	2.20	10.56
	Parchado con carpeta 0.05m	90+450		X		17.50	7.20	126.00
Marzo	Parchado con carpeta 0.05m	66+100		X		10.80	2.10	22.68
Abril	Parchado con carpeta 0.05m	58+000	66+000	X		3.20	3.20	10.24
	Parchado con carpeta 0.05m	75+000	78+000	X		1.60	1.60	2.56
	Parchado con carpeta 0.05m	86+000	87+000	X		1.20	1.20	1.44
Mayo	Parchado con carpeta 0.05m	84+864	84+871	X		3.75	1.95	7.31
	Parchado con carpeta 0.05m	84+871	84+879	X		8.55	0.70	5.99
	Parchado con carpeta 0.05m	84+881	84+883	X		1.50	1.10	1.65
	Parchado con carpeta 0.05m	84+933	84+942	X		8.90	0.45	4.01
	Parchado con carpeta 0.05m	84+942	84+945	X		2.70	1.75	4.73
Junio	Parchado con carpeta 0.05m	76+200	76+202	X		1.80	0.40	0.72
	Parchado con carpeta 0.05m	76+550	76+552	X		2.20	0.40	0.88
	Parchado con carpeta 0.05m	118+050	118+057	X		6.50	0.50	3.25
							TOTAL	247.31

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

Anexo N° 10 Metrado de Parche con carpeta de 0.05m - 2011 - Subtramo I Red Vial 6

Sentido Sur - Norte

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		Largo	Ancho	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N			M2
Enero	Parchado con carpeta 0.05m	84+850	84+858		X	7.20	0.40	2.88
	Parchado con carpeta 0.05m	101+820	101+828		X	3.70	2.10	7.77
Mayo	Parchado con carpeta 0.05m	84+864	84+868		X	3.60	2.80	10.08
	Parchado con carpeta 0.05m	84+869	84+876		X	7.80	0.50	3.90
	Parchado con carpeta 0.05m	84+933	84+937		X	3.70	0.85	3.15
	Parchado con carpeta 0.05m	84+937	84+946		X	9.80	0.50	4.90
	Parchado con carpeta 0.05m	84+948	84+950		X	1.50	0.80	1.20
Junio	Parchado con carpeta 0.05m	74+450	74+401		X	1.10	0.80	0.88
							TOTAL	34.76

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

**METRADOS ADICIONALES
CON CARGO A
MANTENIMIENTO RUTINARIO
EN CALZADA - 2011**

SUBTRAMO I RED VIAL 6

Anexo N° 11 Metrado de Bacheo de 1"- Enero 2011- Subtramo I Red Vial 6

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
109+000	109+096	NS	96.00	3.00	288.00	1.00	7.31
109+132	109+259	NS	121.00	3.00	363.00	1.00	9.22
109+259	109+656	NS	397.00	3.00	1191.00	1.00	30.25
109+678	109+855	NS	177.00	3.00	531.00	1.00	13.49
109+872	109+923	NS	51.00	3.00	153.00	1.00	3.89
109+923	110+000	NS	77.00	6.00	462.00	1.00	11.73
					2988.00		75.89

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
110+000	110+012	NS	12.00	6.00	72.00	1.00	1.83
110+012	110+059	NS	47.00	3.00	141.00	1.00	3.58
110+059	110+190	NS	131.00	6.00	786.00	1.00	19.96
110+190	110+235	NS	45.00	3.00	135.00	1.00	3.43
110+235	110+335	NS	100.00	5.00	500.00	1.00	12.70
110+335	110+426	NS	91.00	6.00	546.00	1.00	13.87
110+426	110+583	NS	157.00	3.00	471.00	1.00	11.96
110+684	110+731	NS	47.00	3.00	141.00	1.00	3.58
110+757	110+781	NS	24.00	2.00	48.00	1.00	1.22
110+805	110+870	NS	65.00	3.00	195.00	1.00	4.95
					3035.00		77.09

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
113+431	113+523	NS	92.00	3.00	276.00	1.00	7.01
113+568	113+607	NS	39.00	3.00	117.00	1.00	2.97
113+606	113+618	NS	12.00	6.00	72.00	1.00	1.83
113+618	113+644	NS	26.00	3.00	78.00	1.00	1.98
113+644	113+705	NS	61.00	6.00	366.00	1.00	9.30
113+705	113+727	NS	22.00	3.00	66.00	1.00	1.68
113+727	113+749	NS	22.00	6.00	132.00	1.00	3.35
113+749	113+762	NS	13.00	3.00	39.00	1.00	1.00
113+762	113+847	NS	85.00	6.00	510.00	1.00	12.95
113+847	113+853	NS	6.00	3.00	18.00	1.00	0.46
113+878	113+913	NS	35.00	3.00	105.00	1.00	2.67
113+995	114+000	NS	5.00	3.00	15.00	1.00	0.38
					1794.00		50.92

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
114+109	114+210	NS	103.00	3.00	309.00	2.00	15.70
114+260	114+302	NS	42.00	2.00	84.00	2.00	4.27
114+323	114+410	NS	87.00	3.00	261.00	2.00	13.26
114+445	114+474	NS	29.00	3.00	87.00	2.00	4.42
114+488	114+805	NS	20.00	3.00	60.00	2.00	3.05
114+598	114+632	NS	34.00	2.00	68.00	2.00	3.45
114+648	114+771	NS	123.00	3.00	369.00	2.00	18.75
114+855	114+886	NS	31.00	2.00	62.00	2.00	3.15
114+900	114+961	NS	61.00	3.00	183.00	2.00	9.30
114+976	115+000	NS	24.00	3.00	72.00	2.00	3.66
					1555.00		79.00

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
115+000	115+058	NS	58.00	3.00	174.00	2.00	8.84
115+211	115+255	NS	44.00	3.00	132.00	2.00	6.70
115+361	115+373	NS	12.00	2.00	24.00	2.00	1.22
115+526	115+583	NS	57.00	3.00	171.00	2.00	8.68
115+669	115+699	NS	30.00	3.00	90.00	2.00	4.58
115+740	115+850	NS	111.00	3.00	333.00	2.00	16.92
115+892	115+960	NS	68.00	3.00	204.00	2.00	10.36
115+975	115+993	NS	18.00	3.00	54.00	2.00	2.74
					1182.00		60.04

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
116+041	116+289	NS	248.00	3.00	744.00	2.00	37.80
116+342	116+456	NS	114.00	3.00	342.00	2.00	17.37
116+585	116+630	NS	45.00	3.00	135.00	2.00	6.86
116+664	116+918	NS	254.00	3.00	762.00	2.00	38.71
116+967	117+000	NS	33.00	3.00	99.00	2.00	5.03
					2082.00		105.76

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
117+000	117+062	NS	62.00	3.00	186.00	2.00	9.45
117+131	117+148	NS	17.00	3.00	51.00	2.00	2.59
117+169	117+272	NS	103.00	3.00	309.00	2.00	15.70
117+314	117+380	NS	66.00	3.00	198.00	2.00	10.06
117+425	117+447	NS	22.00	3.00	66.00	2.00	3.35
117+480	117+545	NS	65.00	3.00	195.00	2.00	9.91
117+589	117+737	NS	148.00	3.00	444.00	2.00	22.56
117+769	117+850	NS	81.00	3.00	249.00	2.00	12.34
117+967	118+000	NS	33.00	3.00	99.00	2.00	503.00
					1791.00		90.98

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
118+000	118+304	NS	304.00	3.00	912.00	2.00	46.33
118+332	118+343	NS	11.00	3.00	33.00	2.00	1.68
118+379	118+621	NS	242.00	3.00	726.00	2.00	36.88
118+633	118+733	NS	100.00	3.00	300.00	2.00	15.24
118+771	118+815	NS	44.00	3.00	132.00	2.00	6.71
118+853	119+000	NS	147.00	3.00	441.00	2.00	22.40
					2544.00		129.24

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
119+000	119+218	NS	218.00	3.00	654.00	2.00	33.22
119+239	119+281	NS	42.00	3.00	126.00	2.00	6.40
119+314	119+325	NS	11.00	3.00	33.00	2.00	1.68
119+347	119+378	NS	31.00	3.00	93.00	2.00	4.72
119+403	119+456	NS	53.00	3.00	159.00	2.00	8.08
119+509	119+545	NS	36.00	3.00	108.00	2.00	5.49
119+564	119+586	NS	22.00	3.00	66.00	2.00	3.35
119+601	119+653	NS	52.00	3.00	156.00	2.00	7.92
119+668	119+684	NS	16.00	3.00	48.00	2.00	2.44
119+695	119+720	NS	25.00	3.00	75.00	2.00	3.81
119+829	119+967	NS	138.00	3.00	414.00	2.00	21.03
119+987	120+000	NS	13.00	4.00	52.00	2.00	2.64
					1984.00		100.79

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
120+000	120+661	NS	661.00	3.00	1983.00	2.00	100.74
120+833	120+925	NS	92.00	3.00	276.00	2.00	14.02
120+945	121+000	NS	55.00	3.00	165.00	2.00	8.38
					2424.00		123.14

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
121+266	121+250	NS	250.00	3.00	750.00	2.00	38.10
121+266	121+309	NS	43.00	3.00	129.00	2.00	6.55
121+339	121+509	NS	170.00	3.00	510.00	2.00	25.91
121+838	121+923	NS	85.00	3.00	255.00	1.00	6.48
					1644.00		77.04

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
122+015	122+189	NS	174.00	3.00	522.00	1.00	13.26
122+321	122+334	NS	13.00	3.00	39.00	1.00	0.99
122+364	122+408	NS	44.00	3.00	132.00	1.00	3.35
122+425	122+437	NS	12.00	3.00	36.00	1.00	0.91
122+459	122+521	NS	62.00	3.00	186.00	1.00	4.72
122+605	122+613	NS	8.00	3.00	24.00	1.00	0.61
122+658	122+979	NS	11.00	3.00	33.00	1.00	0.84
122+696	122+712	NS	16.00	3.00	48.00	1.00	1.22
					1020.00		25.91

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
123+104	123+230	NS	126.00	3.00	378.00	1.00	9.60
123+315	123+662	NS	350.00	3.00	1050.00	1.00	26.67
123+672	123+687	NS	15.00	3.00	45.00	1.00	1.14
123+716	123+776	NS	60.00	3.00	180.00	1.00	4.57
123+803	123+984	NS	181.00	3.00	543.00	1.00	13.79
					2196.00		55.78

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
124+036	124+131	NS	95.00	3.00	285.00	1.00	7.24
124+173	124+191	NS	18.00	3.00	54.00	1.00	1.37
124+485	124+506	NS	21.00	3.00	63.00	1.00	1.60
					402.00		10.21

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
126+614	126+811	NS	197.00	3.00	591.00	1.00	5.00
126+893	126+923	NS	30.00	3.00	90.00	1.00	2.29
					681.00		17.30

Inicio	Fin	Sentido	Longitud (m)	Ancho (m)	Area (m2)	Prof. (pulg)	Vol (m3)
127+000	127+350	NS	350.00	3.00	1050.00	1.00	26.67
					1050.00		26.67

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

**METRADOS DE
MANTENIMIENTO RUTINARIO
EN CALZADA 2012
SUBTRAMO I RED VIAL 6**

Anexo N° 12 Metrado de parche con carpeta de 0.05m – 2012 - Subtramo I Red Vial 6

Sentido Norte Sur

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		Largo	Ancho	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N			M2
Febrero	Parchado con carpeta 0.05m	60+900		X		7.00	1.40	9.80
	Parchado con carpeta 0.05m	119+300		X		5.00	0.70	3.50
	Parchado con carpeta 0.05m	92+200		X		4.50	1.40	6.30
Marzo	Parchado con carpeta 0.05m	102+600		X		3.30	0.40	1.32
	Parchado con carpeta 0.05m	104+390		X		6.20	0.40	2.48
	Parchado con carpeta 0.05m	104+400		X		2.45	0.40	0.98
	Parchado con carpeta 0.05m	121+120		X		1.00	0.30	0.30
	Parchado con carpeta 0.05m	122+820		X		1.15	0.40	0.46
	Parchado con carpeta 0.05m	122+000		X		1.55	0.30	0.47
	Parchado con carpeta 0.05m	123+000		X		0.90	0.40	0.36
	Parchado con carpeta 0.05m	123+050		X		1.40	0.23	0.32
	Parchado con carpeta 0.05m	123+120		X		1.25	0.18	0.23
	Parchado con carpeta 0.05m	123+420		X		1.20	0.24	0.28
	Parchado con carpeta 0.05m	123+480		X		1.50	0.32	0.48
Abril	Parchado con carpeta 0.05m	123+500		X		1.00	0.40	0.40
	Parchado con carpeta 0.05m	96+150		X		1.05	1.10	1.16
	Parchado con carpeta 0.05m	97+000		X		0.40	0.40	0.16
	Parchado con carpeta 0.05m	97+400		X		0.80	0.80	0.64
Setiembre	Parchado con carpeta 0.05m	66+720		X		1.60	0.88	1.41
Octubre	Parchado con carpeta 0.05m	66+800		X		8.50	1.37	11.65
Noviembre	Parchado con carpeta 0.05m	93+900		X		1.00	0.40	0.40
Diciembre	Parchado con carpeta 0.05m	66+080		X		4.00	0.30	1.20
							TOTAL	44.29

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

Anexo N° 13 Metrado de parche con carpeta de 0.05m – 2012 - Subtramo I Red Vial 6

Sentido Sur Norte

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		Largo	Ancho	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N			M2
Marzo	Parchado con carpeta 0.05m	101+050			X	15.00	0.10	1.50
	Parchado con carpeta 0.05m	101+300			X	0.50	0.15	0.08
	Parchado con carpeta 0.05m	101+370			X	0.25	0.80	0.20
	Parchado con carpeta 0.05m	101+700			X	0.50	0.30	0.15
	Parchado con carpeta 0.05m	101+950			X	0.30	0.25	0.08
Abril	Parchado con carpeta 0.05m	79+600			X	2.00	0.50	1.00
	Parchado con carpeta 0.05m	92+950			X	1.20	0.30	0.36
Noviembre	Parchado con carpeta 0.05m	84+880			X	1.00	0.30	0.30
	Parchado con carpeta 0.05m	84+950			X	1.20	0.30	0.36
	Parchado con carpeta 0.05m	85+565			X	0.80	0.20	0.16
							TOTAL	4.18

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

**METRADOS DE
MANTENIMIENTO RUTINARIO
EN CALZADA 2013
SUBTRAMO I RED VIAL 6**

Anexo N° 14 Metrado de Sello de fisuras – 2013 – Subtramo I Red Vial 6

Sentido Norte Sur

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		LONGITUD	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N		MTS
Marzo	Sello de fisuras	66+050		X		45.00	45.00
Mayo	Sello de fisuras	103+300		X		330.0	330.00
	Sello de fisuras	103+150		X		100.0	100.00
	Sello de fisuras	85+050		X		75.0	75.00
	Sello de fisuras	105+200		X		450.0	450.00
	Sello de fisuras	108+580		X		485.3	485.27
Junio	Sello de fisuras	96+000	97+000	X		875.0	875.00
	Sello de fisuras	97+000	97+800	X		620.00	620.00
	Sello de fisuras	126+000	127+000	X		1,550.00	1,550.00
Julio	Sello de fisuras	66+050		X		75.0	75.00
	Sello de fisuras	90+300	91+000	X		560.00	560.00
Setiembre	Sello de fisuras	81+000	82+000	X		435.00	435.00
	Sello de fisuras	64+000	65+000	X		750.00	750.00
	Sello de fisuras	108+400	109+000	X		1,680.00	1,680.00
	Sello de fisuras	117+000	117+200	X		790.00	790.00
	Sello de fisuras	117+200	117+600	X		1,980.00	1,980.00
Octubre	Sello de fisuras	90+000	91+000	X		1,200.00	1,200.00
	Sello de fisuras	117+600	118+000	X		2,180.0	2,180.00
Diciembre	Sello de fisuras	118+000	118+750	X		1,990.50	1,990.50
TOTAL							16,170.77

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

Anexo N° 15 Metrado de Sello de fisuras – 2013 – Subtramo I Red Vial 6

Sentido Sur Norte

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		LONGITUD	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N		MTS
Mayo	Sello de fisuras	102+015			X	220.0	220.00
	Sello de fisuras	102+000			X	54.00	54.00
	Sello de fisuras	103+120			X	60.00	60.00
Junio	Sello de fisuras	96+900	97+000		X	60.0	60.00
Julio	Sello de fisuras	90+300	91+000		X	560.00	560.00
Setiembre	Sello de fisuras	81+000	82+000		X	435.00	435.00
	Sello de fisuras	65+000	64+000		X	1,645.00	1,645.00
	Sello de fisuras	108+000	108+400		X	750.00	750.00
	Sello de fisuras	108+400	109+000		X	1,238.39	1,238.39
Diciembre	Sello de fisuras	122+300			X	340.0	340.00
	Sello de fisuras	103+000	104+000		X	2,125.0	2,125.00
	Sello de fisuras	102+150	103+000		X	850.00	850.00
						TOTAL	8,337.39

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

Anexo N° 16 Metrado de Parche con carpeta de 0.05m – 2013 – Subtramo I Red Vial 6

Sentido Norte Sur

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		Largo	Ancho	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N			M2
Julio	Parchado con carpeta 0.05m	66+050				3.50	1.85	6.48
	Parchado con carpeta 0.05m	66+080				3.00	2.35	7.05
	Parchado con carpeta 0.05m	68+850				1.00	0.30	0.30
	Parchado con carpeta 0.05m	70+000				1.00	0.20	0.20
Agosto	Parchado con carpeta 0.05m	93+400				33.00	1.20	39.60
	Parchado con carpeta 0.05m	95+350				9.00	0.60	5.40
Setiembre	Parchado con carpeta 0.05m	58+000	59+000			2.50	1.70	4.25
Noviembre	Parchado con carpeta 0.05m	101+500				17.00	1.20	20.40
	Parchado con carpeta 0.05m	101+550				11.50	1.20	13.80
TOTAL								97.48

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

Anexo N° 17 Metrado de Parche con carpeta de 0.05m – 2013 – Subtramo I Red Vial 6

Sentido Sur Norte

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		Largo	Ancho	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N			M2
Junio	Parchado con carpeta 0.05m	97+000				3.00	2.00	6.00
Setiembre	Parchado con carpeta 0.05m	108+000	109+000			2.30	1.20	2.76
	Parchado con carpeta 0.05m	70+000	71+000			2.80	1.00	2.80
	Parchado con carpeta 0.05m	81+000	82+000			2.20	1.20	2.64
Noviembre	Parchado con carpeta 0.05m	116+250				3.20	0.90	2.88
	Parchado con carpeta 0.05m	116+250				5.00	1.40	7.00
	Parchado con carpeta 0.05m	116+235				15.00	1.20	18.00
	Parchado con carpeta 0.05m	101+500				8.00	0.80	6.40
	Parchado con carpeta 0.05m	101+550				11.00	1.20	13.20
Diciembre	Parchado con carpeta 0.05m	103+000	104+000			4.20	1.77	7.43
	Parchado con carpeta 0.05m	102+150	103+000			1.00	0.45	0.45
	Parchado con carpeta 0.05m	103+700				5.00	2.90	14.50
							TOTAL	84.06

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

Anexo N° 18 Metrado de Parche con carpeta de 0.10m – 2013 – Subtramo I Red Vial 6

Sentido Norte Sur

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		Largo	Ancho	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N			M2
Octubre	Parchado con carpeta 0.10m	64+000	65+000			13.50	1.97	26.60
	Parchado con carpeta 0.10m	90+678				6.00	1.50	9.00
	Parchado con carpeta 0.10m	58+925				25.00	1.20	30.00
	Parchado con carpeta 0.10m	58+416				30.00	0.90	27.00
	Parchado con carpeta 0.10m	96+000	96+160			16.00	0.80	12.80
	Parchado con carpeta 0.10m	65+050				2.00	0.80	1.60
	Parchado con carpeta 0.10m	115+157				7.00	0.50	3.50
	Parchado con carpeta 0.10m	120+680				14.00	0.80	11.20
	Parchado con carpeta 0.10m	64+876				40.00	1.20	48.00
	Parchado con carpeta 0.10m	70+400	70+500			8.50	1.56	13.26
	Parchado con carpeta 0.10m	90+000	91+000			1.30	1.00	1.30
	Parchado con carpeta 0.10m	81+800	82+850			7.80	1.97	15.37
	Parchado con carpeta 0.10m	129+000	130+000			15.00	1.84	27.53
							TOTAL	227.15

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

Anexo N° 19 Metrado de Parche con carpeta de 0.10m – 2013 – Subtramo I Red Vial 6

Sentido Sur Norte

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		Largo	Ancho	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N			M2
Octubre	Parchado con carpeta 0.10m	65+050				3.50	0.80	2.80
	Parchado con carpeta 0.10m	120+680				3.80	0.90	3.42
	Parchado con carpeta 0.10m	115+157				2.20	0.60	1.32
	Parchado con carpeta 0.10m	90+968				20.00	0.40	8.00
	Parchado con carpeta 0.10m	118+000	117+000			15.00	0.50	7.50
	Parchado con carpeta 0.10m	90+000	91+000			8.00	0.20	1.60
	Parchado con carpeta 0.10m	96+000				22.00	0.90	19.80
	Parchado con carpeta 0.10m	58+945				4.00	0.60	2.40
	Parchado con carpeta 0.10m	58+416				28.00	0.90	25.20
	Parchado con carpeta 0.10m	70+650	71+000			4.50	2.05	9.23
	Parchado con carpeta 0.10m	115+157				15.00	0.80	12.00
	Parchado con carpeta 0.10m	120+680				18.00	0.60	10.80
	Parchado con carpeta 0.10m	64+876				10.00	1.20	12.00
	Parchado con carpeta 0.10m	70+400	70+500			7.50	1.98	14.85
	Parchado con carpeta 0.10m	129+000	130+000			15.00	1.56	23.40
	Parchado con carpeta 0.10m	70+450	70+500			1.00	0.50	0.50
Noviembre	Parchado con carpeta 0.10m	116+250				12.00	2.70	32.40
	Parchado con carpeta 0.10m	116+235				9.50	2.11	20.05
							TOTAL	207.26

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

**METRADOS DE
MANTENIMIENTO RUTINARIO
EN CALZADA 2014
SUBTRAMO I RED VIAL 6**

Anexo N° 20 Metrado de Sello de fisuras – 2014 – Subtramo I Red Vial 6

Sentido Norte Sur

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		LONGITUD	SUBTOTAL MTS
		KM	KM	N-S	S-N		
Enero	Sello de fisuras	64+000		X		800.0	800.00
Febrero	Sello de fisuras	101+323	102+000	X		900.0	900.00
	Sello de fisuras	111+500	112+000	X		900.0	900.00
Marzo	Sello de fisuras	89+000	89+600	X		780.0	780.00
Abril	Sello de fisuras	89+600	90+000	X		980.00	980.00
	Sello de fisuras	91+000	92+300	X		1,422.00	1,422.00
Mayo	Sello de fisuras	119+600	120+100	X		550.00	550.00
	Sello de fisuras	117+000	118+000	X		1,500.00	1,500.00
	Sello de fisuras	117+000	119+100	X		2,600.00	2,600.00
Junio	Sello de fisuras	59+000	60+000	X		770.00	770.00
	Sello de fisuras	106+000	107+000	X		1,100.00	1,100.00
	Sello de fisuras	129+000	130+000	X		800.00	800.00
	Sello de fisuras	130+000	131+000	X		800.00	800.00
	Sello de fisuras	110+000	110+390	X		450.00	450.00
	Sello de fisuras	110+000	111+000	X		2,640.00	2,640.00
Julio	Sello de fisuras	97+620	98+000	X		450.0	450.00
	Sello de fisuras	110+460	110+710	X		450.0	450.00
Agosto	Sello de fisuras	110+600	111+000	X		1,850.00	1,850.00
	Sello de fisuras	95+000	96+000	X		5,800.00	5,800.00
Setiembre	Sello de fisuras	58+000	60+200	X		5,700.00	5,700.00
	Sello de fisuras	67+000	67+300	X		2,450.0	2,450.00
	Sello de fisuras	97+000	97+350	X		2,000.00	2,000.00
	Sello de fisuras	106+000	106+500	X		1,200.00	1,200.00
	Sello de fisuras	58+000	58+050	X		220.0	220.00
Octubre	Sello de fisuras	117+000	117+400	X		1,620.0	1,620.00
	Sello de fisuras	117+400	117+600	X		1,385.0	1,385.00
	Sello de fisuras	66+000	66+200	X		812.0	812.00
Diciembre	Sello de fisuras	103+000	103+500	X		1,812.0	1,812.00
TOTAL						42,741.00	

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

Anexo N° 21 Metrado de Sello de fisuras – 2014 – Subtramo I Red Vial 6

Sentido Sur Norte

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		LONGITUD	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N		MTS
Febrero	Sello de fisuras	101+000	101+500		X	850.0	850.00
	Sello de fisuras	111+000	111+800		X	750.0	750.00
	Sello de fisuras	121+000	121+500		X	700.0	700.00
Marzo	Sello de fisuras	90+960			X	90+960	10.0
	Sello de fisuras	113+500	114+200		X	1,534.0	1,534.00
Abril	Sello de fisuras	122+000	123+000		X	975.0	975.00
Mayo	Sello de fisuras	120+550	121+000		X	1,850.0	1,850.00
	Sello de fisuras	120+500	121+050		X	1,150.00	1,150.00
	Sello de fisuras	120+050	120+500		X	2,150.00	2,150.00
	Sello de fisuras	119+400	120+300		X	1,800.00	1,800.00
	Sello de fisuras	117+850	119+500		X	2,150.00	2,150.00
	Sello de fisuras	116+900	119+400		X	2,300.00	2,300.00
	Sello de fisuras	117+000	117+850		X	550.00	550.00
Junio	Sello de fisuras	97+000	98+000		X	1,830.00	1,830.00
	Sello de fisuras	59+000	60+000		X	1,300.00	1,300.00
	Sello de fisuras	106+000	107+000		X	500.00	500.00
	Sello de fisuras	110+000	111+000		X	950.00	950.00
	Sello de fisuras	130+000	131+000		X	750.00	750.00
Agosto	Sello de fisuras	95+000	96+000		X	1,100.00	1,100.00
Setiembre	Sello de fisuras	60+000	60+200		X	4,100.00	4,100.00
	Sello de fisuras	120+700	121+000		X	4,000.00	4,000.00
Octubre	Sello de fisuras	102+000	102+150		X	110.00	110.00
Diciembre	Sello de fisuras	81+400	82+000		X	1,650.00	1,650.00
	Sello de fisuras	81+000	81+400		X	960.00	960.00
	Sello de fisuras	81+000	82+000		X	640.00	640.00
						TOTAL	34,659.00

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

Anexo N° 22 Metrado de Parche con carpeta de 0.05m – 2014 – Subtramo I Red Vial 6

Sentido Norte Sur

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		Largo	Ancho	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N			M2
Febrero	Parchado con carpeta 0.05m	73+300		X		3.75	1.00	3.75
	Parchado con carpeta 0.05m	101+540		X		18.90	0.45	8.51
Marzo	Parchado con carpeta 0.05m	92+300		X		142.00	3.40	482.80
	Parchado con carpeta 0.05m	89+000		X		5.50	2.15	11.83
Abril	Parchado con carpeta 0.05m	92+000		X		6.00	1.30	7.80
							TOTAL	514.68

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

Anexo N° 23 Metrado de Parche con carpeta de 0.05m – 2014 – Subtramo I Red Vial 6

Sentido Sur Norte

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		Largo	Ancho	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N			M2
Febrero	Parchado con carpeta 0.05m	121+793	121+000		X	4.50	2.15	9.68
	Parchado con carpeta 0.05m	111+477	111+085		X	1.00	0.33	0.33
	Parchado con carpeta 0.05m	101+880	101+084		X	2.60	2.02	5.25
	Parchado con carpeta 0.05m	121+811	121+795		X	15.00	1.55	23.25
	Parchado con carpeta 0.05m	83+070	83+120		X	250.00	1.71	427.50
	Parchado con carpeta 0.05m	70+595			X	1.00	0.23	0.23
	Parchado con carpeta 0.05m	73+300			X	2.02	1.00	2.02
	Parchado con carpeta 0.05m	70+043			X	1.00	0.54	0.54
	Parchado con carpeta 0.05m	67+954	67+259		X	3.18	1.00	3.18
Marzo	Parchado con carpeta 0.05m	97+050			X	4.60	0.30	1.38
	Parchado con carpeta 0.05m	90+980	90+950		X	90.50	1.45	131.23
Abril	Parchado con carpeta 0.05m	114+000			X	20.50	2.76	56.54
	Parchado con carpeta 0.05m	92+000			X	7.50	1.10	8.25
							TOTAL	669.37

Fuente: Concesionaria Vial d

**Anexo N° 24 Metrado de Parche con carpeta de 0.10m – 2014 – Subtramo I
Red Vial 6**

Sentido Norte Sur

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		Largo	Ancho	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N			M2
Febrero	Parchado con carpeta 0.10m	117+741		X		1.60	0.10	0.16
	Parchado con carpeta 0.10m	98+200		X		5.00	1.85	9.25
	Parchado con carpeta 0.10m	70+685		X		20.00	0.35	7.00
	Parchado con carpeta 0.10m	106+485		X		11.50	1.00	11.50
Marzo	Parchado con carpeta 0.10m	129+970		X		8.00	2.12	16.96
	Parchado con carpeta 0.10m	97+000		X		1.00	0.25	0.25
	Parchado con carpeta 0.10m	90+861		X		0.80	0.25	0.20
	Parchado con carpeta 0.10m	118+850		X		3.20	2.13	6.82
Mayo	Parchado con carpeta 0.10m	92+300		X		74.00	1.81	134.16
	Parchado con carpeta 0.10m	70+400		X		10.50	2.08	21.84
	Parchado con carpeta 0.10m	71+400		X		1.84	1.00	1.84
	Parchado con carpeta 0.10m	71+500		X		1.48	1.00	1.48
Junio	Parchado con carpeta 0.10m	73+300		X		1.28	1.00	1.28
	Parchado con carpeta 0.10m	98+549		X		12.70	0.06	0.76
	Parchado con carpeta 0.10m	93+549		X		2.50	0.18	0.44
	Parchado con carpeta 0.10m	93+500		X		1.20	0.11	0.13
	Parchado con carpeta 0.10m	66+000		X		7.20	0.05	0.36
	Parchado con carpeta 0.10m	59+945		X		8.50	0.21	1.76
	Parchado con carpeta 0.10m	72+101	72+200	X		1.00	0.03	0.03
	Parchado con carpeta 0.10m	93+500	93+549	X		3.50	0.18	0.62
Julio	Parchado con carpeta 0.10m	106+284	106+300	X		2.50	0.10	0.25
	Parchado con carpeta 0.10m	110+072	110+756	X		2.19	1.00	2.19
	Parchado con carpeta 0.10m	74+300	74+306	X		1.00	0.66	0.66
	Parchado con carpeta 0.10m	76+600	76+612	X		1.64	1.00	1.64
	Parchado con carpeta 0.10m	78+500	78+525	X		1.99	1.00	1.99
	Parchado con carpeta 0.10m	84+120	84+126	X		1.00	0.32	0.32
	Parchado con carpeta 0.10m	84+126	84+132	X		1.00	0.18	0.18
	Parchado con carpeta 0.10m	87+460	87+050	X		3.00	1.95	5.85
	Parchado con carpeta 0.10m	87+400	87+406	X		1.00	0.33	0.33
	Parchado con carpeta 0.10m	89+000	89+006	X		1.00	0.78	0.78
	Parchado con carpeta 0.10m	91+750	91+763	X		1.07	1.00	1.07
	Parchado con carpeta 0.10m	66+860	66+867	X		0.23	1.00	0.23
	Parchado con carpeta 0.10m	58+150	58+520	X		17.80	2.13	37.91
Agosto	Parchado con carpeta 0.10m	59+770	59+772	X		2.20	0.12	0.26
	Parchado con carpeta 0.10m	60+300	60+400	X		1.91	1.00	1.91
	Parchado con carpeta 0.10m	66+050		X		11.60	0.04	0.46
Setiembre	Parchado con carpeta 0.10m	102+000	102+021	X		2.31	1.00	2.31
	Parchado con carpeta 0.10m	78+696	78+703	X		7.20	0.08	0.58
	Parchado con carpeta 0.10m	66+120	66+180	X		5.60	2.02	11.31
Diciembre	Parchado con carpeta 0.10m	123+600		X		6.00	0.30	1.80
	Parchado con carpeta 0.10m	96+300		X		51.00	0.25	12.75
							TOTAL	302.20

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

**Anexo N° 25 Metrado de Parche con carpeta de 0.10m – 2014 – Subtramo I
Red Vial 6**

Sentido Sur Norte

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		Largo	Ancho	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N			M2
Febrero	Parchado con carpeta 0.10m	83+750	83+029		X	3.50	1.45	5.08
	Parchado con carpeta 0.10m	79+209	79+096		X	1.00	0.56	0.56
	Parchado con carpeta 0.10m	124+100	124+070		X	3.50	1.72	6.02
	Parchado con carpeta 0.10m	93+434			X	14.50	0.80	11.60
	Parchado con carpeta 0.10m	73+300			X	10.50	1.00	10.50
	Parchado con carpeta 0.10m	73+500			X	1.74	1.00	1.74
	Parchado con carpeta 0.10m	70+685	70+400		X	11.50	1.85	21.28
Marzo	Parchado con carpeta 0.10m	117+950	117+850		X	30.00	2.00	60.00
	Parchado con carpeta 0.10m	118+850			X	5.50	2.20	12.10
	Parchado con carpeta 0.10m	129+970			X	4.80	2.14	10.27
	Parchado con carpeta 0.10m	120+700			X	1.52	1.00	1.52
	Parchado con carpeta 0.10m	90+900			X	6.50	1.94	12.61
	Parchado con carpeta 0.10m	118+850			X	8.40	0.50	4.20
	Parchado con carpeta 0.10m	92+350			X	1.90	0.50	0.95
	Parchado con carpeta 0.10m	89+000			X	6.48	1.00	6.48
	Parchado con carpeta 0.10m	114+000			X	5.20	1.00	5.20
Mayo	Parchado con carpeta 0.10m	64+900			X	10.00	1.50	15.00
	Parchado con carpeta 0.10m	70+400			X	3.00	1.95	5.85
	Parchado con carpeta 0.10m	71+400			X	4.51	1.00	4.51
	Parchado con carpeta 0.10m	71+500			X	1.12	1.00	1.12
	Parchado con carpeta 0.10m	72+700			X	1.00	0.77	0.77
Junio	Parchado con carpeta 0.10m	60+504			X	2.20	0.20	0.44
	Parchado con carpeta 0.10m	59+130			X	2.35	0.10	0.24
	Parchado con carpeta 0.10m	97+054			X	25.00	0.22	5.50
	Parchado con carpeta 0.10m	106+167	106+595		X	1.00	0.04	0.04
	Parchado con carpeta 0.10m	110+209			X	1.00	0.06	0.06
	Parchado con carpeta 0.10m	81+000			X	2.56	1.00	2.56
Julio	Parchado con carpeta 0.10m	80+950	80+980		X	55.00	2.54	139.87
	Parchado con carpeta 0.10m	76+600	76+608		X	1.05	1.00	1.05
	Parchado con carpeta 0.10m	78+500	78+506		X	1.00	0.72	0.72
	Parchado con carpeta 0.10m	84+120	84+132		X	1.42	1.00	1.42
	Parchado con carpeta 0.10m	87+050	87+070		X	1.48	1.00	1.48
	Parchado con carpeta 0.10m	87+460	87+520		X	3.84	1.00	3.84
	Parchado con carpeta 0.10m	89+000	89+013		X	1.60	1.00	1.60
Agosto	Parchado con carpeta 0.10m	102+000	102+006		X	6.80	0.07	0.48
							TOTAL	356.63

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

**METRADOS DE
MANTENIMIENTO RUTINARIO
EN CALZADA 2015
SUBTRAMO I RED VIAL 6**

Anexo N° 26 Metrado de Sello de fisuras – 2015 – Subtramo I Red Vial 6

Sentido Norte Sur

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		LONGITUD	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N		MTS
Enero	Sello de fisuras	118+000	119+000			2,500.00	2,500.00
	Sello de fisuras	118+000	118+800			2,875.00	2,875.00
	Sello de fisuras	121+600	121+630			56.0	56.00
	Sello de fisuras	110+800	111+200			1,780.00	1,780.00
	Sello de fisuras	110+400	110+800			2,856.00	2,856.00
	Sello de fisuras	126+650	126+850			960.00	960.00
	Sello de fisuras	110+000	110+400			2,140.00	2,140.00
	Sello de fisuras	66+950	67+150			910.00	910.00
	Sello de fisuras	114+000	114+050			300.00	300.00
	Sello de fisuras	66+700	66+950			1,732.00	1,732.00
Febrero	Sello de fisuras	66+860	66+960			990.00	990.00
Abril	Sello de fisuras	64+000	64+400			1,200.00	1,200.00
	Sello de fisuras	64+000	64+700			1,320.00	1,320.00
Junio	Sello de fisuras	88+900	89+000			1,000.00	1,000.00
	Sello de fisuras	88+800	88+900			1,200.00	1,200.00
	Sello de fisuras	122+000	122+300			1,500.00	1,500.00
	Sello de fisuras	122+000	123+400			1,500.00	1,500.00
	Sello de fisuras	123+400	123+600			2,000.00	2,000.00
	Sello de fisuras	123+400	123+850			2,400.00	2,400.00
	Sello de fisuras	123+600	124+000			1,000.00	1,000.00
	Sello de fisuras	123+850	124+000			400.00	400.00
	Sello de fisuras	88+800	89+000			2,000.00	2,000.00
	Sello de fisuras	68+542	68+750			2,400.00	2,400.00
Julio	Sello de fisuras	66+050	66+080			300.00	300.00
	Sello de fisuras	105+000	105+200			3,000.00	3,000.00
	Sello de fisuras	105+200	105+900			3,000.0	3,000.00
	Sello de fisuras	58+650	59+000			2,700.00	2,700.00
	Sello de fisuras	58+500				2,200.00	2,200.00
Agosto	Sello de fisuras	102+200	103+000			4,700.0	4,700.00
	Sello de fisuras	102+000				1,500.0	1,500.00
	Sello de fisuras	102+000				500.0	500.00
	Sello de fisuras	110+100				1,000.0	1,000.00
	Sello de fisuras	66+050				2,500.0	2,500.00
	Sello de fisuras	126+600				160.0	160.00
	Sello de fisuras	66+120				80.0	80.00
	Sello de fisuras	66+80				160.0	160.00
Setiembre	Sello de fisuras	66+400				1,700.0	1,700.00
	Sello de fisuras	60+000	60+500			3,500.00	3,500.00
	Sello de fisuras	60+500	60+750			2,400.00	2,400.00
	Sello de fisuras	60+800	61+000			3,050.00	3,050.00
						TOTAL	67,469.00

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

Anexo N° 27 Metrado de Sello de fisuras – 2015 – Subtramo I Red Vial 6

Sentido Sur Norte

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		LONGITUD	SUBTOTAL MTS
		KM	KM	N-S	S-N		
Enero	Sello de fisuras	107+000	107+800		X	2,812.0	2,812.00
	Sello de fisuras	85+050			X	386.00	386.00
	Sello de fisuras	106+500	107+000		X	1,128.00	1,128.00
	Sello de fisuras	109+050	109+100		X	206.00	206.00
	Sello de fisuras	118+500	119+000		X	1,788.00	1,788.00
	Sello de fisuras	106+800	107+000			616.00	616.00
	Sello de fisuras	106+800	106+500			1,018.00	1,018.00
	Sello de fisuras	106+000	106+800			2,215.00	2,215.00
	Sello de fisuras	126+060	1260+400			2,760.00	2,760.00
	Sello de fisuras	127+000	127+300			783.00	783.00
Febrero	Sello de fisuras	66+860	66+960			1,320.00	1,320.00
Junio	Sello de fisuras	93+300	94+000			2,800.00	2,800.00
	Sello de fisuras	92+700	93+300			3,200.00	3,200.00
	Sello de fisuras	92+450	92+700			3,200.0	3,200.00
	Sello de fisuras	92+000	92+400			2,400.0	2,400.00
	Sello de fisuras	91+400	92+000			4,000.00	4,000.00
	Sello de fisuras	91+000	91+450			3,600.00	3,600.00
	Sello de fisuras	97+000	97+100			800.00	800.00
	Sello de fisuras	66+700	67+050			2,400.00	2,400.00
Julio	Sello de fisuras	97+100	98+000			3,400.00	3,400.00
	Sello de fisuras	96+100	96+900			4,500.0	4,500.00
	Sello de fisuras	123+600	123+800			2,000.0	2,000.00
	Sello de fisuras	123+800	123+900			1,000.0	1,000.00
	Sello de fisuras	96+000	96+150			2,300.0	2,300.00
	Sello de fisuras	123+650	124+000			4,500.0	4,500.00
	Sello de fisuras	96+900	97+000			2,300.0	2,300.00
	Sello de fisuras	96+000	97+000			1,800.0	1,800.00
	Sello de fisuras	123+300	123+450			1,500.0	1,500.00
	Sello de fisuras	89+200	90+000			4,500.0	4,500.00
	Sello de fisuras	74+650	74+744			2,400.0	2,400.00
	Sello de fisuras	74+200	74+600			4,000.0	4,000.00
Sello de fisuras	75+270	75+350			2,000.0	2,000.00	
Agosto	Sello de fisuras	126+500				160.0	160.00
Setiembre	Sello de fisuras	66+050	66+160			1,200.0	1,200.00
	Sello de fisuras	60+800	61+000			3,050.00	3,050.00
						TOTAL	78,042.00

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

Anexo N° 28 Metrado de Parche con carpeta de 0.05m – 2015 – Subtramo I Red Vial 6

Sentido Norte Sur

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		Largo	Ancho	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N			M2
Enero	Parchado con carpeta 0.05m	85+080	85+101	X		1.00	0.12	0.42
	Parchado con carpeta 0.05m	85+200	85+208	X		2.40	1.00	2.40
Febrero	Parchado con carpeta 0.05m	66+900	66+950			1.00	0.53	0.53
Marzo	Parchado con carpeta 0.05m	63+965		X		1.00	0.30	0.30
	Parchado con carpeta 0.05m	63+980		X		1.00	0.30	0.33
	Parchado con carpeta 0.05m	65+250		X		1.00	0.32	0.32
	Parchado con carpeta 0.05m	66+920		X		1.00	0.36	0.36
Abril	Parchado con carpeta 0.05m	118+100	118+106	X		1.00	0.28	0.28
	Parchado con carpeta 0.05m	118+200	118+202	X		1.00	0.92	0.92
Julio	Parchado con carpeta 0.05m	104+950		X		1.00	0.06	0.06
	Parchado con carpeta 0.05m	104+940		X		1.00	0.02	0.02
							TOTAL	5.93

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

Anexo N° 29 Metrado de Parche con carpeta de 0.05m – 2015 – Subtramo I Red Vial 6

Sentido Sur Norte

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		Largo	Ancho	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N			M2
Febrero	Parchado con carpeta 0.05m	66+900	66+950			1.00	0.30	0.30
Marzo	Parchado con carpeta 0.05m	68+500				1.00	0.08	0.08
Julio	Parchado con carpeta 0.05m	97+900				7.20	1.40	10.08
	Parchado con carpeta 0.05m	96+400						51.06
	Parchado con carpeta 0.05m	96+650						42.07
							TOTAL	103.59

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

Anexo N° 30 Metrado de Parche con carpeta de 0.10m – 2015 – Subtramo I Red Vial 6

Sentido Norte Sur

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		Largo	Ancho	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N			M2
Mayo	Parchado con carpeta 0.10m	118+000				14.00	0.90	12.60
	Parchado con carpeta 0.10m	118+050				3.80	0.80	3.04
	Parchado con carpeta 0.10m	118+100				2.80	0.80	2.24
	Parchado con carpeta 0.10m	118+200				6.40	1.20	7.68
	Parchado con carpeta 0.10m	118+200				13.60	2.40	32.64
	Parchado con carpeta 0.10m	118+500				7.30	1.20	8.76
	Parchado con carpeta 0.10m	62+700				8.50	0.50	4.25
	Parchado con carpeta 0.10m	62+800				15.00	4.00	60.00
							TOTAL	131.21

Fuente: Concesionaria Vial del Perú

Anexo N° 31 Metrado de Parche con carpeta de 0.10m – 2015 – Subtramo I Red Vial 6

Sentido Sur Norte

FECHA	Tipo de intervención	PROGRESIVA		SENTIDO		Largo	Ancho	SUBTOTAL
		KM	KM	N-S	S-N			M2
Mayo	Parchado con carpeta 0.10m	62+700				7.50	0.80	6.00
							TOTAL	6.00

Fuente: Concesionaria Vial del Perú