



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**OPTIMIZACIÓN DE POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN DE  
PAVIMENTOS FLEXIBLES MAYORES A 3500 M.S.N.M,  
APLICANDO EL MODELO DE DESARROLLO Y GESTIÓN DE  
VÍAS**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**RONALD VARGAS RODRIGO**  
**MILER YAMIL PURACA MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO CIVIL**

**PUNO – PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

Para mi madre extrañada, Julia Cristina Rodrigo Aliaga con inmensa alegría y gratitud, que desde el cielo ilumina mi camino y orienta mis metas.

Para mi padre apreciado, José Adán Vargas Ticona por enseñarme los valores humanos; y por su apoyo incondicional.

Para mi compañera de vida, Magda Isabel con profundo amor, quien incondicionalmente me inspira a seguir superándome.

Para mis queridos hermanos, Oscar e Iván con profunda emoción, por ser ejemplos a seguir y apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida.

***Ronald Vargas Rodrigo***



## DEDICATORIA

Para mis padres apreciados y abnegados, Ernán y Gladis con honda emoción y satisfacción, quienes en todo momento velaron por mi formación profesional.

Para mis hermanos distinguidos, Analí y José con humildad y gratitud inmensa, quienes de manera desinteresada contribuyeron a la cristalización de mi sueño profesional.

*Miler Yamil Puraca Mamani*



## AGRADECIMIENTO

A los docentes distinguidos de la prestigiosa institución, Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano Puno por compartir sus conocimientos, consejos y recomendaciones en bien de nuestra formación profesional.

A nuestro asesor de la tesis, Ing. Emilio Castillo Aroni con profunda emoción y satisfacción por sus sabias enseñanzas y su contribución a la redacción de la tesis.

A nuestros jurados de la tesis con profundo reconocimiento y gratitud por todos sus consejos y recomendaciones para la edición final del trabajo de investigación.

A todos mis compañeros y amistades con intensa gratitud, con quienes tuvimos la oportunidad de compartir conocimientos y momentos gratos e inolvidables en nuestra etapa universitaria.

***Ronald Vargas y Miler Yamil Puraca***



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN .....	15
ABSTRACT.....	16

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema .....	19
1.1.1. Problema general.....	20
1.1.2. Problemas específicos .....	20
1.2. Objetivos de la Investigación .....	21
1.2.1. Objetivo general .....	21
1.2.2. Objetivos específicos .....	21
1.3. Hipótesis .....	21
1.3.1. Hipótesis General .....	21
1.3.2. Hipótesis Específicas .....	21
1.4. Variables .....	22
1.4.1. Variable dependiente.....	22
1.4.2. Variable independiente.....	22
1.5. Tipo de diseño .....	22
1.6. Estrategia de trabajo .....	23
1.6.1. Método de estudio .....	23
1.6.2. Población muestral .....	23
1.7. Justificación .....	24

### CAPÍTULO II

#### REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Plan de investigación .....	28
----------------------------------	----



2.1.1. Antecedentes a nivel internacional.....	28
2.1.2. Antecedentes a nivel nacional.....	29
2.1.3. Antecedentes a nivel regional y/o local .....	33
2.2. Marco Teórico .....	34
2.2.1. Sistema de gestión de pavimentos.....	34
2.3. Definiciones básicas de la gestión vial .....	36
2.3.1. Estructura típica de un sistema de gestión pavimentos.....	37
2.3.2. Concepción modular de un sistema de gestión de pavimentos .....	39
2.3.3. Niveles de aplicación de la gestión vial .....	39
2.3.4. Productos de un sistema de gestión de pavimentos .....	41
2.3.5. Beneficios de un sistema de gestión de pavimentos .....	42
2.3.6. Proceso de implementación de un SGP .....	43
2.3.7. Componentes de un sistema de gestión de pavimentos .....	43
2.3.8. Los pavimentos como elementos para la gestión .....	45
2.3.9. Los pavimentos y su necesidad de conservación .....	46
2.3.10. Conservación de carreteras .....	48
2.3.11. Elementos para mejorar condiciones de pavimentos. ....	49
2.3.12. Actividades de conservación rutinaria .....	58
2.4. Sistema HDM – 4 .....	64
2.5. Marco analítico del HDM - 4 .....	67
2.6. Funcionamiento del HDM - 4.....	69
2.7. Módulos del HDM - 4 .....	70
2.8. Técnicas de conservación y mantenimiento de carreteras.....	71
2.9. Indicadores del comportamiento estructural de pavimentos. ....	72
2.10. Deterioro de los pavimentos asfálticos en el HDM-4.....	73
2.11. Índice internacional de regularidad (IRI) .....	79
2.11.1. Concepto .....	79
2.11.2. Antecedentes .....	80
2.11.3. Escala y características del IRI.....	81
2.11.4. Métodos de medición del IRI.....	83
2.11.5. Roadroid en la medición del IRI .....	86
2.11.6. Importancia del IRI en metodología del análisis HDM 4 .....	94



2.12. Metodología del PCI (Índice de condición del pavimento).....	96
2.12.1. Introducción .....	96
2.12.2. Índice de condición del pavimento (PCI).....	96
2.13. Manual de daños en vías con superficies de concreto asfáltico .....	98
2.13.1. Piel de cocodrilo.....	98
2.13.2. Exudación.....	99
2.13.3. Agrietamiento en bloque .....	100
2.13.4. Abultamientos (BUMPS) y hundimientos (SAGS) .....	102
2.13.5. Corrugación.....	103
2.13.6. Depresión .....	104
2.13.7. Fisura de borde .....	105
2.13.8. Desnivel carril / berma .....	106
2.13.9. Fisuras longitudinales y transversales .....	107
2.13.10. Parches .....	109
2.13.11. Pulimentos de agregados .....	110
2.13.12. Huecos .....	111
2.13.13. Ahuellamiento .....	113
2.13.14. Desplazamiento .....	114
2.13.15. Grietas parabólicas (Slippage). .....	115
2.13.16. Hinchamiento .....	117
2.13.17. Peladura / desprendimiento de agregados.....	118

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1. Tipo de investigación.....	121
3.2. Variables .....	121
3.3. Recolección de la información .....	121
3.3.1. Instrumentos de recolección de la información. ....	121
3.3.2. Metodología del PCI .....	131
3.3.3. Índice de la regularidad IRI: Roadroid – v1.7.5.....	142

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

4.1. Resultados.....	148
----------------------	-----



4.1.1. Índice medio diario anual.....	148
4.1.2. Características de los vehículos tipo .....	149
4.1.3. Costos de operación vehicular .....	151
4.1.4. Características técnicas actuales de la carretera en estudio.....	157
4.1.5. Costos de mantenimiento .....	164
4.1.6. Planteamiento de estrategias para mantenimiento rutinario y periódico.....	164
4.1.7. Evaluación económica.....	168
4.1.8. Parámetros considerados para la evaluación.....	168
4.2. Resultados de la evaluación económica y técnica: Tramo I.....	169
4.2.1. Indicadores económicos del proyecto .....	169
4.3. Resultados de la evaluación económica y técnica: Tramo II.....	176
4.3.1. Indicadores económicos del proyecto .....	176
4.4. Resultados de la evaluación económica y técnica: Tramo III .....	181
4.4.1. Indicadores económicos del proyecto .....	181
4.5. Discusión .....	185
4.5.1. Del Tramo I: 00+000 km – 02+040 km .....	186
4.5.2. Del Tramo II: 02+040 km – 03+960 km.....	188
4.5.3. Del Tramo III: km 03+960– km 05+040.....	189
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>191</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>193</b>
<b>VII. REFERENCIAS.....</b>	<b>194</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>198</b>

Línea de investigación: Transportes y Gestión Vial

Tema: Gestión y Conservación Vial

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 11 DE FEBRERO DEL 2022**



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Carretera Juliaca – Lampa (tramo: av. Andrés Avelino Cáceres – Puente Unocolla).....	24
Figura 2: Estructura de un sistema de gestión de pavimentos.....	39
Figura 3: Interrelaciones entre niveles de decisión y retroalimentación en un SGP...	40
Figura 4: Gráfica simplificada de la gestión de pavimentos .....	45
Figura 5: Esquema del deterioro de un pavimento en el tiempo .....	48
Figura 6: Estructura del sistema HDM - 4.....	65
Figura 7: Concepto de análisis del ciclo de vida en HDM - 4.....	68
Figura 8: Efectos del estado de la carretera sobre los costos .....	68
Figura 9: Modelo de cuarto de carro .....	81
Figura 10: Regularidad IRI en diferentes tipos de pavimentos .....	82
Figura 11: Velocidad máxima según regularidad de las vías.....	83
Figura 12: Equipo de alta precisión mira, nivel y TRRL BEAM.....	84
Figura 13: Perfilómetros de alta velocidad son el apl tráiler y gmr type inertial profilometer.....	85
Figura 14: Icono Roadroid y premios obtenidos .....	90
Figura 15: Pantalla de configuración del Roadroid.....	91
Figura 16: Rangos del PCI .....	97
Figura 17: Piel de cocodrilo de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c). .....	99
Figura 18: Exudación de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c) .....	100
Figura 19: Agrietamiento en bloque de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c) .....	101



Figura 20: Abultamientos y hundimientos de nivel de severidad bajo (a), medio (b). y alto (c). .....	103
Figura 21: Corrugación de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c). .....	104
Figura 22: Depresión de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c). .....	105
Figura 23: Fisura de borde nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c). .....	106
Figura 24: Desnivel carril/berma nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c). ....	107
Figura 25: Fisuras nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c). .....	109
Figura 26: Parches de cortes utilitarios de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c).....	110
Figura 27: Pulimento de agregados .....	111
Figura 28: Huecos de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c). .....	113
Figura 29: Ahuellamiento de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c). .....	114
Figura 30: Desplazamiento de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c). .....	115
Figura 31: Fisuras parabólicas de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c) ...	117
Figura 32: Hinchamientos .....	118
Figura 33: Peladura/desprendimiento de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c). .....	120
Figura 34: Ingreso del nombre del proyecto.....	122
Figura 35: Ingreso del modelo de tráfico .....	122
Figura 36: Ingreso de datos característicos del tramo I.....	123
Figura 37: Ingreso de datos geométricos del tramo I .....	124
Figura 38: Ingreso de datos del firme del tramo I .....	124
Figura 39: Ingreso de datos del estado actual del tramo I .....	125
Figura 40: Ingreso de las características básicas de los vehículos .....	125
Figura 41: Ingreso de costos económicos unitarios de los vehículos e insumos.....	126
Figura 42: Pantalla principal de ingreso de datos de análisis de proyectos.....	126



Figura 43. Selección de tramos .....	127
Figura 44. Ingreso de datos del tráfico en porcentaje para cada tramo .....	128
Figura 45: Creación de alternativa base .....	128
Figura 46: Selección de estándares de conservación y mejora.....	129
Figura 47: Ingreso de la tasa de descuento .....	129
Figura 48. Finalmente se ejecuta y se puede pasar a generar los informes .....	130
Figura 49: Gráfica de regularidad promedio por alternativa del proyecto .....	131
Figura 50: Automóvil Nissan usado en la toma de datos .....	143
Figura 51: Instalación del móvil en el vehículo. ....	144
Figura 52: Pantalla inicio del Roadroid.....	144
Figura 53: Calibración de móvil.....	145
Figura 54: Pantalla calibrada para toma de datos.....	145
Figura 55: Vista de vibraciones de las muestras. ....	146
Figura 56: Vista de gráficos generados en excel.....	147
Figura 57: Regularidad media por tramos .....	174
Figura 58: Regularidad media por alternativa de proyecto .....	179



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación por humedad.....	74
Tabla 2: Clasificación por temperatura .....	75
Tabla 3: Condición de la vía según Roadroid. ....	89
Tabla 4: Control para mediciones de cIRI.....	92
Tabla 5: Valores de IRI según condición de la vía.....	96
Tabla 6: Niveles de severidad para huecos.....	112
Tabla 7: Longitud de las unidades de muestreo .....	132
Tabla 8: Cálculo del PCI .....	141
Tabla 9: IMD tráfico/tipo de vehículo.....	148
Tabla 10: Tasa de crecimiento del tráfico/tipo de vehículo .....	148
Tabla 11: Tipos de vehículos.....	149
Tabla 12: Características de los vehículos.....	150
Tabla 13: Características técnicas de las llantas, según tipo de vehículo.....	151
Tabla 14: Costos financieros y económicos de vehículos (en US\$) .....	152
Tabla 15: Costos financieros y económicos de llantas (en US\$) .....	153
Tabla 16: Costos financieros y económicos de combustibles .....	153
Tabla 17: Costos financieros y económicos de lubricantes (en US\$/GLN).....	154
Tabla 18: Costo de mantenimiento de vehículos.....	154
Tabla 19: Costo de mano de obra de tripulación .....	155
Tabla 20: Costos tiempo pasajeros y tiempo carga. ....	156
Tabla 21: Resultados de los ensayos del PCI.....	158
Tabla 22: Promedio por tramos del proyecto. ....	159
Tabla 23: Resultados del IRI Tramo I.....	160
Tabla 24: Resultados del IRI Tramo II.....	161



Tabla 25: Resultados del IRI Tramo III .....	161
Tabla 26: IRI promedio por tramos. ....	162
Tabla 27: Características técnicas de la carretera.....	163
Tabla 28: Costos de trabajos de mantenimiento.....	164
Tabla 29: Beneficio – costo Tramo I.....	170
Tabla 30: Costos económicos de mantenimiento (US\$) Tramo I. ....	175
Tabla 31: Relación beneficio - coste .....	177
Tabla 32: Relaciones beneficio costo Tramo III .....	182



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

HDM: Highway Development And Management Model

IRI: Índice de Regularidad Internacional

PCI: Índice de Condición del Pavimento

SGP: Sistemas de Gestión de Pavimentos

TDPA: Tránsito Diario Promedio Anual

VAN: Valor Actual Neto

TIR: Tasa Interna de Retorno

COV: Costos de Operación Vehicular

CDV: Máximo Valor Deducido Corregido

IDM: Índice Medio Diario

MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials

TSS: Tratamiento Superficial Simple

GPS: Sistema de Posicionamiento Global



## RESUMEN

Esta investigación tuvo como finalidad realizar una optimización de las políticas de conservación de pavimento flexible aplicado en la av. Lampa de la ciudad de Juliaca, provincia de San Román – Puno. Para la ejecución del estudio se utilizó el programa HDM, el cual se viene utilizando hace más de dos décadas para combinar la evaluación técnica y económica de proyectos. La investigación es de enfoque cuantitativo de tipo básico y con diseño descriptivo exploratorio. Se hizo uso del método de observación, que permitió analizar la av. Lampa de la ciudad de Juliaca; considerando una longitud de 5.04 km con superficie de rodadura de pavimento asfáltico. La ejecución de la investigación consideró 2 fases: la primera, referida a la investigación de campo como fueron, el estudio de tráfico, la evaluación estructural y la evaluación funcional de la vía, los que fueron analizados y procesados en gabinete; la segunda fase consistió en la aplicación del programa HDM en una alternativa base y tres alternativas diferentes; la alternativa base considera a la vía sin proyecto, es decir que sólo recibe mantenimiento rutinario, en la primera alternativa se consideró refuerzo asfáltico de 25 mm, en la segunda alternativa se consideró la mezcla asfáltica en caliente y en la tercera alternativa se consideró el tratamiento superficial bicapa. Se concluye que, en el tramo I necesita una reconstrucción del pavimento con un refuerzo de 50 mm CAC, el tramo II necesita un refuerzo de 25 mm de CAC; y el tramo III necesita un tratamiento superficial bicapa de 25 mm en el año 2021; asimismo, el programa HDM es una herramienta de gran ayuda en la toma de decisiones de la gestión vial bajo parámetros económicos del VAN y el TIR.

Palabras Clave: Optimización, políticas de conservación, pavimentos flexibles, HDM.



## ABSTRACT

The purpose of the research was to optimize the flexible pavement conservation policies applied on Av. Lampa in the city of Juliaca, province of San Román - Puno. For the execution of the study, the HDM program was used, which has been used for more than two decades to combine the technical and economic evaluation of projects. The research is of a basic quantitative approach and with an exploratory descriptive design. The observation method was used, which allowed us to analyze the av. Lamp from the city of Juliaca; considering a length of 5.04 km with an asphalt pavement surface. The execution of the investigation considered 2 phases: the first, referred to the field investigation as they were, the traffic study, the structural evaluation and the functional evaluation of the road, which were analyzed and processed in the office; the second phase consisted of the application of the HDM program in a base alternative and three different alternatives; The base alternative considers the road without a project, that is, it only receives routine maintenance, in the first alternative 25 mm asphalt reinforcement was considered, in the second alternative the hot mix asphalt was considered and in the third alternative the treatment was considered superficial bilayer. It is concluded that, in section I, a reconstruction of the pavement with a reinforcement of 50 mm CAC is required, section II needs a reinforcement of 25 mm of CAC; and section III needs a 25 mm two-layer surface treatment in the year 2021; Likewise, the HDM program is a tool of great help in making decisions about road management under the economic parameters of the NPV and the TIR.

Keywords: Optimization, conservation policies, flexible pavements and HDM.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

En el contexto del desarrollo infraestructural del Perú, las carreteras vienen a ser estructuras viales, que en el aspecto físico enlazan las diferentes ciudades y pueblos del país, permitiendo su desarrollo y facilitando el transporte de bienes y servicios.

A fin de mejorar los procesos internos relacionados con la conservación y mejoramiento de las redes a su cargo, las organizaciones operadoras de las carreteras se ha venido mostrando en los últimos años un creciente interés por la implantación de sistemas de gestión de pavimentos.

La investigación tiene como finalidad, optimizar las políticas de conservación de pavimento flexible, bajo parámetros técnicos del IRI y el PCI de la vía y parámetros económicos para su viabilidad como el VAN y el TIR en la av. Lampa de la ciudad de Juliaca, para lo cual se evaluó el estado actual del pavimento de la av. Lampa de la ciudad de Juliaca con el método PCI (Índice de condición del pavimento).

Se determinó el índice de regularidad IRI de la av. Lampa de la ciudad de Juliaca, también se adaptó y modeló la información en el programa computacional de desarrollo y gestión de carreteras HDM.

El HDM-4 representa una opción para implementar la parte de los sistemas de gestión de pavimentos relativos a las herramientas de análisis, por tratarse de un método basado en estudios de campo exhaustivos desarrollados en países con condiciones razonablemente parecidas a las de México, y está respaldado por organismos internacionales ampliamente reconocidos.

La investigación consta de VII capítulos y se distribuye de la siguiente manera:



En el capítulo I “Introducción” se detalla la importancia de las carreteras para el desarrollo del país y también se describe la finalidad de la investigación, que es la optimización de políticas de conservación de pavimentos flexibles.

En capítulo II “Revisión de literatura” se presenta la información referente al tema del estudio, antecedentes internacionales, nacionales y regionales. Como también los aspectos teóricos concernientes a la gestión vial, costos de mantenimiento vial y de operación de vehículos y programas computacionales que coadyuven a la finalidad de la investigación.

En el capítulo III “Materiales y métodos” se expone la metodología aplicada, el tipo de la investigación, la población muestral, los métodos y los instrumentos de recolección de los datos; y la secuencialidad del procedimiento a seguir para el uso del programa HDM.

En el capítulo IV “Resultados y discusión” se presenta los resultados obtenidos a partir de los datos procesados en gabinete referente a la optimización de políticas de conservación vial, donde se pueden observar gráficos y tablas que permiten evaluar la mejor alternativa de conservación vial en la av. Lampa de la ciudad de Juliaca, utilizando indicadores económicos como el VAN y el TIR. También se realizó las discusiones con los antecedentes presentados.

En el capítulo V “Conclusiones” se presentan las conclusiones respondiendo a cada uno de los objetivos planteados en la investigación.

En el capítulo VI “Recomendaciones” se propone implementar el HDM como herramienta de gestión y también señalar el futuro de la investigación

En el capítulo VII “Referencias Bibliográficas”, se mencionan las referencias bibliográficas.



## 1.1. Planteamiento del problema

La problemática del transporte terrestre en el Perú es tema de interés general para todos los Ciudadanos; debido a ello, el gobierno peruano inició la implementación de un sistema de gestión de infraestructura vial, que comprende el establecimiento de un conjunto de actividades relacionadas con la planificación, diseño, construcción, y conservación de todos los elementos que constituyen la infraestructura vial.

La realidad nacional, regional y local nos evidencia diversos problemas sociales y vial, relacionados con el pésimo estado de las carreteras que provocan molestias a los usuarios de esas vías, debido a la falta de políticas de conservación vial de los organismos regionales y nacionales. Esta situación ha llevado a un ciclo vicioso donde una carretera que se construye o rehabilita no tiene mantenimiento, la dejan abandonada y la carretera termina totalmente deteriorada debiendo ser reconstruida a un costo mucho mayor, situación que se produce sin que la carretera cumpla con su periodo de diseño, problema que podría evitarse si las autoridades realizaran actividades de mantenimiento necesarias y oportunas.

La av. Lampa, tramo av. Andrés Avelino Cáceres – puente Unocolla del distrito de Juliaca, no es ajeno a estas problemáticas, a lo largo de sus caseríos se han visto las vías en mal estado, por la falta de políticas de conservación vial, para el mantenimiento adecuado y oportuno de la carretera, para que de esta manera contribuya disminuir los costos de operación vehicular, reducir los tiempos de viaje, facilitar la circulación vehicular, garantizar el servicio de la vía y reducir los accidentes de tránsito en la zona materia de estudio.

La investigación utilizó el programa o software denominado HDM, a fin de hacer una comparación de alternativas de construcción y mantenimiento para la av. Lampa de la ciudad de Juliaca; para lo cual, se efectuarán las estimaciones de los costos de inversión



y mantenimiento a fin de compararlos con los beneficios que se derivan de su utilización; dicho análisis se efectuará para un periodo de 20 años, respectivamente.

Se han identificado las dificultades que tiene la av. Lampa de la ciudad de Juliaca, respecto de la investigación. Se analizó 3 tramos: el primer tramo que comprende de 2.04 Km está en un pésimo estado debido a que presenta baches y fisuras en bloques de alta severidad, por lo que requiere una intervención inmediata. El segundo tramo comprende de 1.92 Km, se encuentra en un estado regular ya que presenta fallas como son; piel de cocodrilo, fisuras longitudinales, fisuras transversales, desprendimiento de áridos, baches y fisuras de borde, todas estas fallas citadas son de mediana a baja severidad. El tercer tramo comprende de 1.08 Km, se encuentra en un estado regular, debido a que presenta fallas como son baches, fisuras longitudinales y desprendimiento de áridos por ende requiere mantenimiento de parchado superficial, tratamiento de fisuras y grietas

Con este análisis se contempla establecer alternativas de construcción y mantenimiento más viable desde el punto técnico y económico, en función a determinadas políticas de conservación vial, teniendo en consideración el comportamiento del tráfico sobre la vía.

### **1.1.1. Problema general**

¿Cómo optimizar las políticas de conservación de pavimento flexible, bajo parámetros técnicos del IRI y del PCI de la vía y parámetros económicos para su viabilidad como el VAN y el TIR, utilizando el programa HDM en el pavimento de la av. Lampa de la ciudad de Juliaca?

### **1.1.2. Problemas específicos**

- ¿Cómo es la condición funcional y estructural del estado actual del pavimento de la av. Lampa de la ciudad de Juliaca, según el método IRI y PCI?



- ¿En qué medida se reduce los costos de operación vehicular y mantenimiento vial al aplicar el programa HDM?
- ¿Cómo calcular el Índice de Regularidad en pavimentos flexibles con la aplicación para teléfonos inteligentes Roadroid?

## **1.2. Objetivos de la Investigación**

### **1.2.1. Objetivo general**

- Optimizar las políticas de conservación de pavimento flexible, bajo parámetros técnicos del IRI y el PCI de la vía y parámetros económicos para su viabilidad como el VAN y el TIR, utilizando el programa HDM en el pavimento de la av. Lampa de la ciudad de Juliaca.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la condición funcional y estructural del estado actual del pavimento de la av. Lampa de la ciudad de Juliaca con el método IRI y PCI.
- Identificar la medida de reducción de costos de operación vehicular y mantenimiento vial mediante la aplicación del programa HDM.
- Determinar el Índice de Regularidad en pavimentos flexibles utilizando la aplicación para teléfonos inteligentes Roadroid.

## **1.3. Hipótesis**

### **1.3.1. Hipótesis General**

- Se logra una optimización de las políticas de conservación de pavimento flexible, bajo parámetros técnicos y económicos utilizando el programa HDM.

### 1.3.2. Hipótesis Específicas

- La condición funcional y estructural del estado actual del pavimento de la av. Lampa de la ciudad de Juliaca, está deteriorado según el método IRI y PCI.
- La aplicación del programa HDM tiene un efecto positivo en los costos de operación vehicular y mantenimiento vial de la av. Lampa de la ciudad de Juliaca.

### 1.4. Variables

#### 1.4.1. Variable dependiente

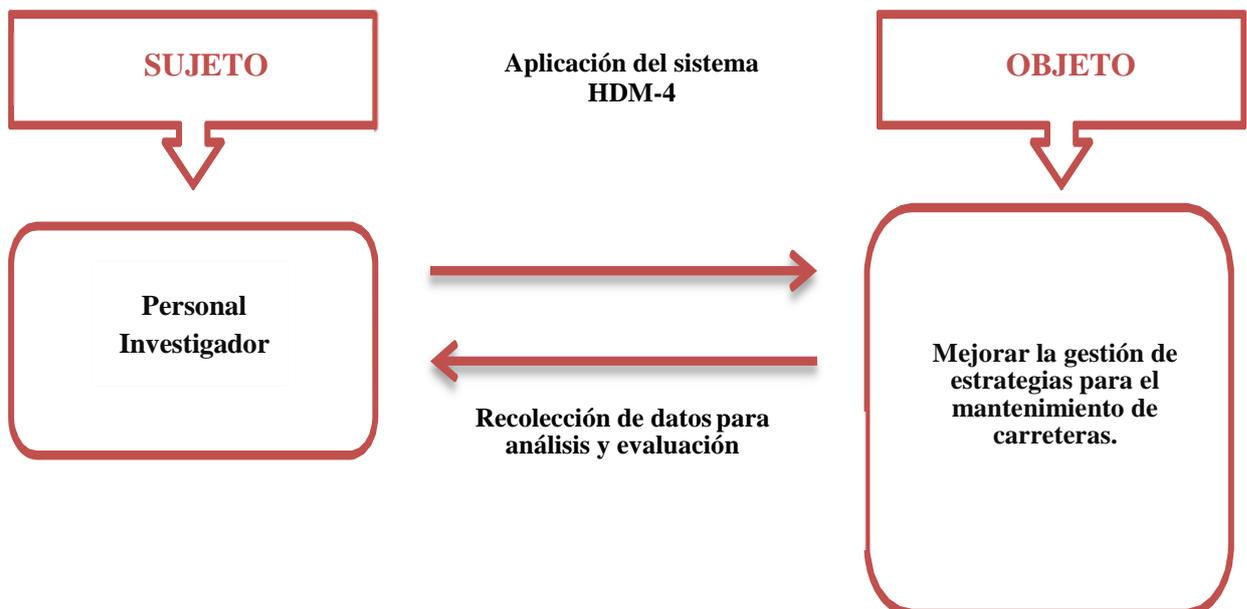
- Gestión de vías

#### 1.4.2. Variable independiente

- Políticas de conservación de pavimento flexible Programa HDM – 4

### 1.5. Tipo de diseño

El tipo es básico y con diseño descriptivo – diagnóstico, el cual se ilustra así:





## **1.6. Estrategia de trabajo**

### **1.6.1. Método de estudio**

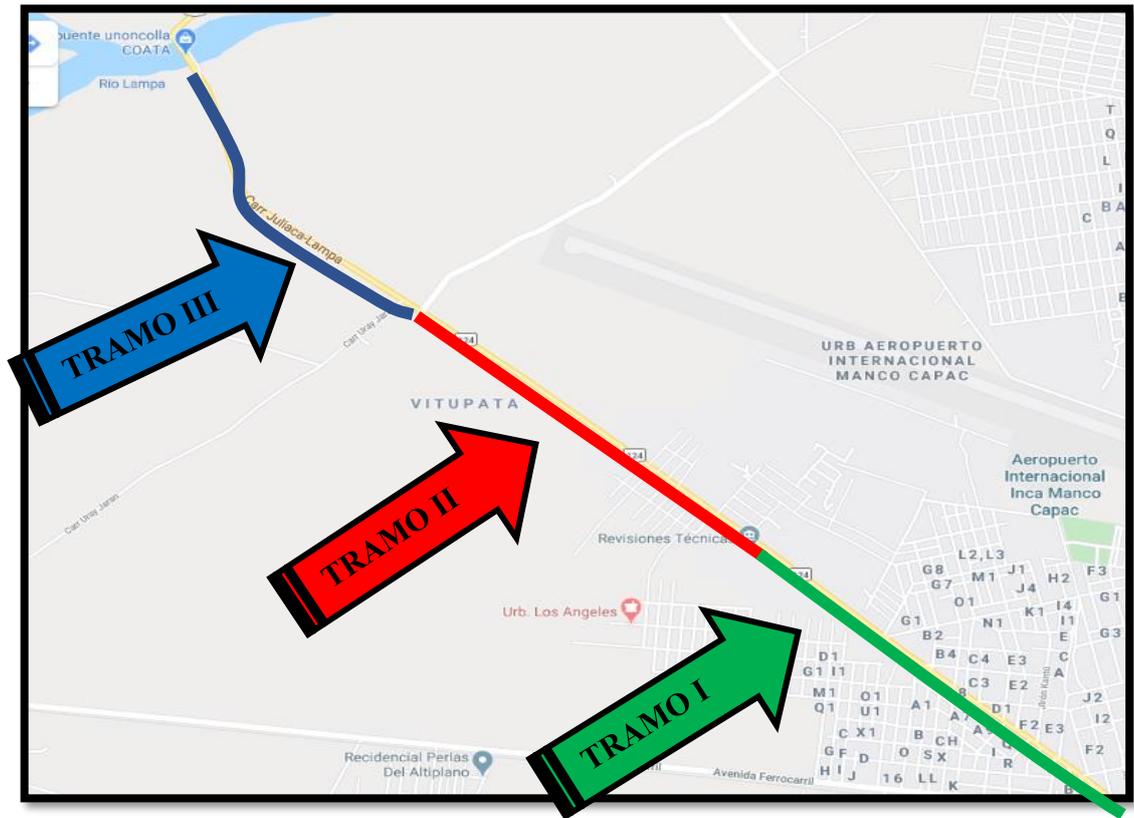
Para la elaboración del presente trabajo se tomó como referencia la información bibliográfica sobre el sistema de gestión de carreteras HDM-4, catálogos, normas técnicas, tesis, revistas, etc. Consecuentemente, el método es el de análisis documental y de observación.

### **1.6.2. Población muestral**

La av. Lampa del distrito de Juliaca, del distrito del mismo nombre, provincia de San Román-Puno.

- Tramo 01: av. Lampa (00+000 – 02+040)
- Tramo 02: av. Lampa (02+040 – 03+960)
- Tramo 01: av. Lampa (03+960 – 05+040)

Figura 1: Carretera Juliaca – Lampa (tramo: av. Andrés Avelino Cáceres – Puente Unocolla)



*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo*

### 1.7. Justificación

Las carreteras son una pieza clave en el desarrollo social y económico de una sociedad. Por ende, es necesario que las carreteras que componen las redes viales, presenten un nivel de serviciabilidad, seguridad y confort óptimo para los usuarios. Para ello es necesario, implementar políticas de conservación vial que permitan retardar el deterioro de las vías y aumentar su vida útil.

Como se sabe la ciudad de Juliaca es una zona comercial, que interactúa con diferentes ciudades, permitiendo el desarrollo económico de la población, motivo por el cual es importante que cuente con carreteras en óptimas condiciones, para así de esa



manera disminuir los costos de operación vehicular, tiempos de viaje y también garantizar la seguridad de los usuarios.

En tal sentido, la av. Lampa de la ciudad de Juliaca es una vía importante para el intercambio comercial, cómo también para la transitabilidad de múltiples familias que viven en las diferentes urbanizaciones del margen de dicha avenida. Esta vía fue construida en el año 2002, hasta la fecha no ha tenido ningún tipo de intervención. En la mencionada avenida se analizó 3 tramos, de los cuales 2 de los tramos que corresponde desde la av. Andrés Avelino Cáceres – desvío Isla, están en un estado crítico a regular, debido a que presentan diversas fallas como son: baches, piel de cocodrilo, grietas en bloque, desprendimiento de áridos y fisuras de borde en un nivel alto. Debido al estado en que se encuentra la infraestructura vial, se generan mayores costos de operación vehicular, mayor tiempo de viaje y bajos niveles de servicios para los usuarios.

Por ello, esta investigación se enfocó para contribuir con aportes significativos con respecto a las políticas de conservación vial, para pavimentos flexibles mayores a 3500 m.s.n.m., es por ello que se utilizó el modelo de gestión de vías, implementado en la av. Lampa de la ciudad de Juliaca, con lo cual se buscó optimizar las políticas de conservación vial para mejorar los niveles de servicio y disminuir los costos de operación vehicular.

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES
Problema General	Objetivo General	Hipótesis	Independiente	
¿Cómo optimizar las políticas de conservación de pavimento flexible, bajo parámetros técnicos del IRI y del PCI de la vía y parámetros económicos para su viabilidad como el VAN y el TIR, utilizando el programa HDM en el pavimento de la av. Lampa de la ciudad de Juliaca?	Optimizar las políticas de conservación de pavimento flexible, bajo parámetros técnicos del IRI y el PCI de la vía y parámetros económicos para su viabilidad como el VAN y el TIR, utilizando el programa HDM en el pavimento de la av. Lampa de la ciudad de Juliaca.	Se logra una optimización de las políticas de conservación de pavimento flexible, bajo parámetros técnicos y económicos utilizando el programa HDM.	Políticas de conservación de pavimento flexible Programa HDM – 4	Gestión de Pavimentos   Modelo HDM
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Dependiente	
¿Cómo es la condición funcional y estructural del	Evaluar la condición funcional y estructural del	La condición funcional y estructural del estado actual	Gestión de vías	Diseño de gestión vial

estado actual del pavimento de la av. Lampa de la ciudad de Juliaca, según el método IRI y PCI?	estado actual del pavimento de la av. Lampa de la ciudad de Juliaca con el método IRI y PCI.	del pavimento de la av. Lampa de la ciudad de Juliaca, es deteriorado según el método IRI y PCI.	
¿Cuál es el efecto de aplicar el programa HDM en los costos de operación vehicular y mantenimiento vial de la av. Lampa de la ciudad de Juliaca?	Identificar la medida de reducción de costos de operación vehicular y mantenimiento vial mediante la aplicación del programa HDM.	La aplicación del programa HDM tiene un efecto positivo en los costos de operación vehicular y mantenimiento vial de la av. Lampa de la ciudad de Juliaca.	Efectos de una mala conservación
¿Cómo calcular el Índice de Regularidad en pavimentos flexibles con la aplicación para teléfonos inteligentes Roadroid?	Determinar el Índice de Regularidad en pavimentos flexibles utilizando la aplicación para teléfonos inteligentes Roadroid.		Presupuesto del Estado Peruano



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Plan de investigación

##### 2.1.1. Antecedentes a nivel internacional

(Hánser López, 2008) en su tesis “Análisis de la evaluación técnica y económica de proyectos viales con el modelo de estándares de conservación y diseño de carreteras” refiere:

Que, el sistema de gestión de pavimentos se relaciona de manera directa con el HDM, de forma que este actúa como una herramienta para la integración y organización de los datos provenientes del estudio de campo, para luego definir el tipo de intervención económica, a fin de mejorar los niveles de servicio del pavimento partiendo de estrategias definidas por la agencia de carreteras.

La aplicación del HDM a un proyecto de carreteras se basa en el análisis de estrategia, programa y proyecto que en su conjunto predicen las necesidades de la red, definen la asignación de trabajos prioritarios para crear un programa de obras de uno o más años, los cuales estiman la viabilidad económica de las alternativas de inversión.

Para la evaluación técnica de un proyecto de carreteras el HDM involucra los costos del sistema de transporte y los costos asociados con el camino, necesita datos técnicos que se extraen de inventarios viales, conteos de tránsito, evaluaciones del estado del pavimento y factores climáticos.

La evaluación económica se determina por indicadores de rentabilidad como la TIR, VAN y B/C. Los cuales definen la viabilidad de un proyecto si estos cumplen con los parámetros de calificación impuestos por la agencia de carreteras.

El HDM proporciona una herramienta poderosa para la toma de decisiones, sobre las alternativas de inversión de un proyecto de carreteras. El personal de una agencia de



carreteras es el encargado de definir cuál será la inversión o estrategia más favorable de acuerdo a la realidad de la agencia y a las necesidades de la red considerada.

(Calles, 2016) en su investigación realizada en la red vial rural del Cantón – Pastaza – Ecuador, concluye que el mantenimiento vial es una medida adoptada para evitar el deterioro prematuro de una vía, pero este no debe efectuarse en cualquier momento sino debe ser una acción sostenida en el tiempo, garantizando un mayor tiempo de vida útil y reduciendo la inversión. Generalmente las instituciones encargadas de la conservación vial, cuentan con una hoja de asignación presupuestaria para realizar estos trabajos, por lo que únicamente se encargan de arreglar fallas de emergencia o graves, lo que ocasiona atraso en las obras de mantenimiento, incurriendo en la necesidad de rehabilitar totalmente las vías con mayores costos de inversión.

(Perez, 2013) tuvo como objetivo principal dar a conocer el HDM-4, debido a que en Guatemala se conoce muy poco sobre gestión de pavimentos. Concluye indicando que, debido al complejo sistema del HDM-4 es necesario definir un procedimiento de calibración antes de utilizar completamente el sistema para obtener un modelo de predicción ajustado que ofrezca estimaciones realistas y confiables para establecer planes de conservación vial que tiendan a optimizar los recursos disponibles y minimizar los costos de operación de la carretera; además, la evaluación económica se determina por indicadores de rentabilidad como la TIR, VAN y B/C.

### **2.1.2. Antecedentes a nivel nacional**

(Lluncor, 2012) en su proyecto “Aplicación del modelo HDM en la evaluación de proyectos de carreteras en Perú: carretera Bagua Chica – Flor de la Esperanza” refiere:

El objetivo general de este trabajo fue utilizar el sistema computacional HDM III para analizar estrategias de mantención y conservación de la carretera Bagua Chica – Flor



de la Esperanza, así como, generar programas de construcción que fueran óptimos del punto de vista económico para variados escenarios presupuestarios.

Para este autor una de las características positivas del uso del HDM III, es la gran versatilidad de los reportes de resultados, junto con la ventaja de ser fácilmente exportables. Entre muchos otros más, el HDM III entrega tablas y gráficos referentes a programas de construcción, costos de los tratamientos, retornos de inversión, comportamiento de variables de deterioro, distribución de la condición de los pavimentos, evolución de variables medias de la red, distribución de kilómetros tratados, distribución de tráfico, lista de estrategias técnicamente viables, etc. Esto permite que se puedan estudiar variados aspectos que involucra la gestión vial, logrando así una completa visión del problema.

La regularidad de un camino se ha convertido en uno de los factores que influyen de manera directa en los costos de operación de los vehículos, por ello fue necesario contar con una escala que permitiera correlacionar los valores dados por los diversos equipos existentes en el mundo para medición de regularidad, por lo que se estableció el índice internacional de regularidad.

Los sistemas de gestión de pavimentos se relacionan de manera directa con el HDM III, de tal forma que éste actúa como una herramienta para la integración y organización de los datos provenientes del estudio de campo, para luego definir el tipo de intervención económica, a fin de mejorar los niveles de servicio del pavimento partiendo de estrategias planteadas por los tesisistas.

(Alejos & Cribillero, 2016) en su estudio se propusieron principalmente aplicar el software HDM-4 en la gestión de estrategias para el mantenimiento de carreteras; con la finalidad de lograr una adecuada planificación y programación de las actividades



relacionadas con la conservación de los pavimentos, el mantenimiento adecuado y oportuno que garantice la preservación de las características técnicas originales. En la presente investigación se han considerado 03 tramos de la carretera Santa – Tambo Real, de los cuales el tramo I y II están a nivel tratamiento bicapa; en un estado regular por lo cual requieren un mantenimiento correctivo y el tramo III conformada por una carpeta asfáltica en frío la cual requiere una reconstrucción total de su estructura.

Se han obtenido resultados que demuestran que una buena planificación de las estrategias con intervenciones de políticas de mantenimiento oportunas va a mantener los niveles de serviciabilidad de la vía y optimizar la utilización de recursos.

(Montoya, 2007), en su investigación “Implementación del sistema de gestión de pavimentos con herramienta HDM-4 para la red vial N° 5 tramo Ancón – Huacho - Pativilca” refiere.

Con la implementación del sistema de gestión de pavimentos se ha conseguido obtener los tramos homogéneos de la red vial Nro.5, los que se deberán respetar durante todo el horizonte de concesión. Deberán respetarse también las metodologías de recolección de datos, de esta forma podemos acceder a data estadísticamente comparable.

Queda definido que un sistema de gestión de pavimentos en nuestro caso es un conjunto de actividades sistematizadas y estandarizadas, cuyo objetivo es la optimización de resultados contractuales y económicos en la planificación de planes de mantenimiento y la evaluación continua del pavimento para su seguimiento y mejora continua.

Para la implementación de un sistema de gestión de pavimentos no hace falta un software desarrollado para preparar y gestionar los datos a evaluar; en la presente tesis se elaboró hojas excel para la recolección, preparación y procesamiento de datos para la



alimentación de la base de datos del HDM-4, la cual colaboró con el análisis de la evolución del deterioro.

Se debe dejar claro que el programa HDM-4 no es un sistema de gestión de pavimentos; sino tan solo una herramienta de apoyo para calcular la evolución del deterioro del pavimento.

(Canales, 2014) registra una investigación donde tuvo como objetivo principal mostrar las diferencias en la estimación de costos (de operación vehicular y de tiempo de viaje) y su repercusión en la evaluación para la toma de decisión de inversiones en proyectos de vialidad interurbana que surgen por la aplicación indistinta de estas herramientas. La muestra en el que se investigó fue el proyecto: Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Huara – Sayán – Churín, en el departamento de Lima. Efectuando el análisis se llegó a la conclusión de que la diferencia entre los modelos HDM -III y HDM – 4 puede enfocarse desde dos perspectivas, para la agencia que elabora los proyectos, le conviene que sus proyectos sean lo más rentables posibles por los menos que así se vean; por lo tanto, si tuviera la opción de elegir un modelo se inclinaría por el HDM – III, en cambio para la agencia evaluadora de proyectos, quien debe velar por la correcta evaluación y estimación real de beneficios para la sociedad se inclinaría por utilizar HDM-4, concedores además de las ventajas de esta última versión. Sin embargo, las diferencias no se tienen claras ni se han demostrado en la práctica por estos factores, por lo tanto, a la fecha se tiene indiferencia en usar uno u otro modelo. Otro factor que predomina en seguir con la versión HDM-III es que el acceso al software es más abierto que el HDM-4, como también son más los usuarios que se han familiarizado con su uso durante los años que tiene vigencia la normatividad de evaluación de proyectos en el país.



(Chávez, 2008) en su proyecto “Propuesta de planificación de un sistema de gestión de pavimentos” refiere:

El principal indicador para realizar una planificación en un sistema de gestión de pavimentos incluye datos de la carretera como: la geometría, IRI/huellas, tipos de daño en el pavimento flexible, deflexiones y textura del pavimento en estudio; información de estudio de demanda de tráfico, así como datos del parque automotor representativo de la zona en estudio que hacen uso de la vía en cuestión. Esta información es alimentada al modelo de gestión de carreteras desarrollado por el Banco Mundial denominado HDM en su versión 4.

La adaptación y modelación de la información se hizo con el software HDM-4, el cual es exigido por los proyectos financiados por el Banco Mundial y actualmente es usado por el ministerio de transporte y comunicaciones. Esta versión del HDM-4 aún no cuenta con una amplia difusión porque no existen muchos especialistas, sin embargo, se viene utilizando supletoriamente el HDM III. En esta tesis el software HDM-4 se utilizó como herramienta complementaria al análisis.

De los resultados obtenidos se concluye que se puede emplear más alternativas, o ajustar las que tenemos de modo que cumplan las necesidades de condición y serviciabilidad ya establecidas, y a su vez generen un efecto positivo en la sociedad en términos económicos. Con esto no se busca más que equilibrar la factibilidad técnica con la económica, teniendo presente, además, que las intervenciones a programarse en una vía usualmente son de cuantías importantes, lo cual hace indispensable el uso de la planificación en la gestión vial.

### **2.1.3. Antecedentes a nivel regional y/o local**

(Tapara, 2015) en su tesis de licenciatura, tuvo como objetivo evaluar económicamente mediante el modelo HDM-III el estudio de factibilidad de la carretera



Ocuviri-Laguna Calera. El tipo de investigación empleada fue de carácter exploratorio y descriptivo y el método aplicativo fue lógico-inductivo. Concluye que la aplicación del modelo HDM-III, es de excelencia para la práctica cuantificada de selección de la mejor alternativa económica y técnica de un proyecto de factibilidad. Se realizó el estudio mediante el modelo HDM-III, comparando índices para elegir adecuadamente la alternativa correcta.

## **2.2. Marco Teórico**

### **2.2.1. Sistema de gestión de pavimentos**

Durante las últimas décadas, buena parte de los países tanto desarrollados como en vías de desarrollo alcanzó un estándar mínimamente suficiente de extensión de su red vial. De ahí que los esfuerzos destinados a la construcción de nuevos caminos se redujeron un poco, y las entidades viales debieron dedicar mayor énfasis en el diseño y perfeccionamiento de sistemas de administración de los pavimentos ya construidos. (AASHTO, 1993).

Los referidos sistemas realizan el análisis de costos durante el ciclo de vida del camino, que permite al analista seleccionar la alternativa que proveerá el mejor comportamiento necesario y al menor costo. Pero para lograr esto se debe considerar todos los costos de la alternativa, es decir, el de construcción, de mantenimiento y de los usuarios.

Todo SGP requiere asignar acciones de conservación y ser aplicado a distintos caminos de la red, según el tipo de deterioro que presenten. Las acciones de conservación son todos aquellos trabajos que permiten restablecer o mejorar la condición estructural y/o funcional del pavimento. Su aplicación permite además disminuir los costos de operación de los usuarios.

La Federal Highway Administration ha definido a los SGP como “un conjunto de herramientas o métodos para asistir a los responsables de tomar decisiones a encontrar estrategias económicamente efectivas de proveer, evaluar y mantener pavimentos en condiciones de servicio”. Según la (AASHTO, 1993) estos procedimientos ayudan a tomar decisiones sobre:

- ¿Qué tratamiento es el más efectivo?
- ¿Dónde se necesita este tratamiento?
- ¿Cuándo debería aplicarse?

Y proveen una metodología sistemática para mejorar la eficiencia, incrementar el alcance y asegurar la coherencia de las decisiones tomadas por la repartición vial. Pero estos sistemas no solo pueden ser usados para evaluación social sino también para evaluación privada del negocio asociado a una concesión vial, dependiendo de las características del sistema. (Haas, 1993)

De un buen sistema de gestión de pavimento se espera lo siguiente:

- Uso sencillo, permitiendo un ingreso de datos y actualización de información sin complicaciones.
- Capacidad de considerar diversas alternativas al realizar una evaluación.
- Capacidad de identificar la alternativa óptima.
- Empleo de procedimientos para basar las decisiones.
- Evaluación permanente de eficiencia de actividades realizadas, mediante retroalimentación del sistema.

¿Cuál es el sistema de gestión de pavimentos del MTC?

Es la acción de administrar la infraestructura vial, a través de funciones de planeamiento, ejecución, mantenimiento y operación, incluyendo aquellas relacionadas con la preservación de la integridad física del derecho de la vía.



El HDM es una herramienta diseñada para apoyar la toma de decisiones relacionadas con el sistema de gestión de pavimentos, sistema que actualmente tiene el Ministerio de Transportes y Comunicaciones según el reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, D.S Nro 034-2008-MTC. Artículo 6.

### **2.3. Definiciones básicas de la gestión vial**

La gestión vial como concepto incluye una terminología que es necesaria definir previamente. Para los alcances de este trabajo se consideran las siguientes definiciones básicas.

*Conservación vial*, conjunto de actividades técnicas destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de la infraestructura vial, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario, puede ser de naturaleza rutinaria o periódica (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

*Acción de conservación*, trabajos tendientes a solucionar o prevenir un problema de deterioro de un pavimento.

*Estrategia de conservación*, conjunto de operaciones técnicamente posibles y recomendables. Luego de un completo análisis económico, con costos reales, la estrategia puede ser optimizada reduciéndose a un pequeño conjunto de opciones que son las que finalmente se aplican (Banco Mundial, 1988). Si a una estrategia se le agregan valores de umbrales para cada deterioro, se tiene lo que se llama un “estándar de conservación”.

*Política de conservación*, una política de conservación corresponde a aquellos criterios bajo los cuales se aplicarán las acciones de conservación, es decir, en que instante de la vida del pavimento se deberá aplicar conservación, ya sea fijando periodos fijos o la condición que debe alcanzar el pavimento antes de ser conservado.



### 2.3.1. Estructura típica de un sistema de gestión pavimentos

Los SGP se diseñan para responder a las necesidades de la administración vial que los utiliza; en muchos casos estas agencias tienen requerimientos muy específicos, ya sea por la política usual de trabajo, por influencias ambientales o por otras causas, y dichos requerimientos deben quedar reflejados en la conformación del SGP correspondiente. (AASHTO, 1993)

La estructura general es muy similar para todos los SGP, dado que la base conceptual es la misma; en cada SGP hay que recolectar datos confiables, procesarlos y evaluar los resultados para cumplir los fines propuestos. Para (AASHTO, 1993), la estructura general conforma:

- Conformación del inventario de la red vial.
- Conocimiento actualizado de la condición o estado de los pavimentos.
- Definición de las estrategias de mantenimiento y rehabilitación a utilizar, y costos de la misma.
- Evaluación de las necesidades de la red mediante procesos de análisis.
- Determinación de prioridades para los distintos proyectos a realizar.
- Formulación de programas que definan que tratamientos se realizaran y cuando.
- Obtención de presupuestos que determinen las necesidades de financiamiento.
- Una vez realizadas las obras, se debe analizar los efectos de lo realizado con datos de campo durante un periodo prefijado.

Estas etapas están incluidas en los módulos del SGP, que a grandes rasgos pueden ser diferenciados en tres:

- Base de datos: debe contener por lo menos los datos requeridos por el SGP a efectos del análisis (inventario, condición y estrategias).



- Método de análisis: Generan los productos útiles para la toma de decisiones (necesidades, prioridades, programas y presupuestos).
- Proceso de retroalimentación: Permite analizar los efectos de lo que se ejecutó para realimentar la base de datos y mejorar progresivamente la confiabilidad del sistema.

La estructura del esquema global de un SGP genérico se muestra en la figura 2.

En ella se pueden apreciar los posibles componentes de una base de datos y las variantes típicas en lo que se refiere a métodos de análisis.

Otra manera de esquematizar el funcionamiento de un sistema de gestión de pavimentos se presenta en la figura 2 en base a diferentes etapas que se describen brevemente a continuación:

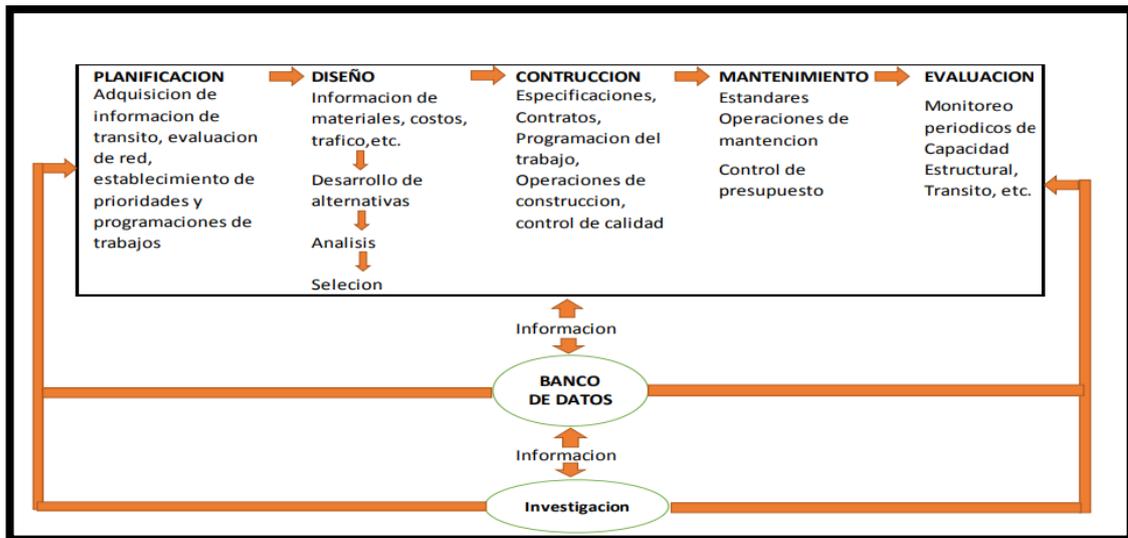
- Planificación: comprende las etapas de adquisición de información de tránsito, evaluación de deficiencias de la red, asignación de prioridades y programación para realizar los trabajos necesarios. En esta fase se toman las decisiones de inversión, reconociendo las restricciones presupuestarias.
- Diseño: adquisición de información sobre materiales, tránsito, costo, etc, y posterior desarrollo de alternativas de diseño; análisis y comparación de las mismas para seleccionar la que aparezca como más conveniente. (De Solminihac, 2001)

Construcción: incluye actividades tales como la programación del trabajo, el desarrollo de operaciones de construcción y el control de calidad de las obras.

Mantenimiento: se establece un programa de trabajo de mantenimiento en base al presupuesto y los niveles de deterioro.

Evaluación: se establece una medición periódica de factores funcionales y estructurales ya mencionados anteriormente.

Figura 2: Estructura de un sistema de gestión de pavimentos.



*Fuente: Estructura de un sistema de gestión de pavimentos según Haas et al, 1993*

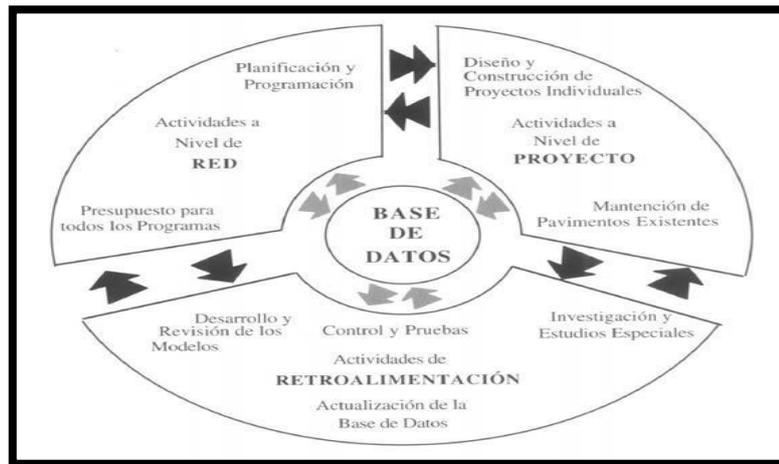
### 2.3.2. Concepción modular de un sistema de gestión de pavimentos

Un SGP, tal como se presentó en la sección anterior, está compuesto básicamente por tres módulos principales: Base de datos, Métodos de análisis y Retroalimentación.

### 2.3.3. Niveles de aplicación de la gestión vial

El sistema de gestión puede aplicarse a nivel de red de caminos (comunal, provincial y regional) o para un proyecto específico (un punto tramo de una ruta o una calle vecinal determinada). Ambas son las instancias más importantes en la toma de decisiones, ya que las decisiones globales afectan de red caminera como un todo y las decisiones puntuales afectan a los proyectos individuales. La figura 3, presenta la interrelación que existe entre ambos niveles de decisión dentro de un SGP, junto con el módulo de retroalimentación (De Solminihac, 2001).

Figura 3: Interrelaciones entre niveles de decisión y retroalimentación en un SGP.



*Fuente: Haas et al, 1993.*

En general un sistema de gestión debe ser completo y eficiente, generando la información necesaria para apoyar la toma de decisiones en todos los niveles.

Dado que sus niveles son interactivos, no es sencillo delimitar con precisión lo que corresponde a cada uno; pero cada nivel tiene sus necesidades particulares de en cuanto a tipo y cantidad de información, usan diferentes criterios y poseen distintas limitaciones (De Solminihac, 2001).

### 2.3.3.1. Nivel de proyecto

Este nivel se aplica a un proyecto o camino determinado, requiriendo información detalla para generar decisiones específicas e individuales para cada proyecto. Los datos requeridos a este nivel suelen ser los siguientes (Haas, 1993).

- Volumen y cargas de tránsito que soporta el pavimento.
- Factores ambientales que lo afectan.
- Características de los materiales que lo forman (espesores, resistencias, drenaje, etc.)
- Variables de construcción e historial de conservación aplicada.
- Costos



Según (Haas, 1993) en este nivel se consideran las siguientes actividades:

- Definición de parámetros propios del análisis (periodo, tasa de descuento, umbrales de deterioro tolerable, etc.).
- Análisis técnico de diversas opciones de conservación considerando el comportamiento del pavimento.
- Análisis económico de las alternativas en función de costos y beneficios asociados al ciclo de vida.
- Selección del momento oportuno y de la actividad adecuada de conservación.

#### **2.3.4. Productos de un sistema de gestión de pavimentos**

La información generada por un SGP en sus reportes, dependiendo de su nivel de sofisticación y capacidad, puede incluir lo siguiente:

- Un inventario de pavimentos en la red con ubicación, tipo, clasificación funcional, kilometraje, superficie pavimentada, etc.
- Una amplia base de datos que posea información referida a la condición de los pavimentos, accidentes, tránsito, historial de construcción, etc.
- La condición actual de la red vial, en base a la obtención sistematizada de datos en terreno.
- La condición proyectada a través del tiempo, en función de los fondos disponibles.
- El presupuesto requerido para llevar a la red desde su estado actual hasta los estándares de condición deseados.
- Los requerimientos presupuestarios para mantener la red dentro de los niveles de servicio predefinidos de condición durante varios años.
- Programas específicos para planificaciones anuales o plurianuales.
- Métodos de priorización de gastos cuando los fondos no alcanzan para cumplir los objetivos deseables prefijados.



- Un procedimiento sistemático para las comunicaciones dentro de los grupos de la administración vial estatal, y hacia fuera de la misma (entidades de gobierno, medios de comunicación, grupos influyentes, etc.).
- Una base de comparación entre estrategias alternativas que pueden aplicarse a los pavimentos de la red.

### **2.3.5. Beneficios de un sistema de gestión de pavimentos**

Los beneficios que pueden esperarse de una SGP son múltiples, tanto para la organización a cargo de la gestión vial como para el gobierno y la sociedad, la que resulta evidentemente favorecida cuando los programa consiguen proveer un buen nivel de servicio para la red en su conjunto con los fondos disponibles, usualmente insuficientes.

Entre los principales beneficios pueden consignarse los siguientes:

- Buscar, organizar y guardar información referente a los pavimentos, evitando que los datos dependan de la memoria de pocas personas.
- Comprender mejor el comportamiento de los pavimentos de la red vial nacional, a partir de los datos de historial y modelos de predicción del deterioro.
- Lograr una mejor comunicación de la condición de los pavimentos, mostrando el impacto de la inversión en conservación sobre la condición global de la red.
- Determinación y cuantificación de los beneficios reales de los usuarios.
- Fundamentar mejor las decisiones de la agencia vial.
- Reducir críticas.
- Preparación de programas y proyectos más racionales, de mediano y largo plazo.

- Priorizar proyectos, para lograr la optimización del uso de los recursos disponibles.

### **2.3.6. Proceso de implementación de un SGP**

Esta desempeña un papel central en dicho proceso, ya que es quien debe identificar los aspectos político administrativos que puedan influir sobre la implementación, como ser estándares de comportamientos, políticas de planificación y distribución presupuestaria, impacto social y ambiental de sus decisiones, etc.

### **2.3.7. Componentes de un sistema de gestión de pavimentos**

Un SGP está en general configurado por los elementos básicos siguientes (Gaete, de Solminihac, & Echeverría, 1988).

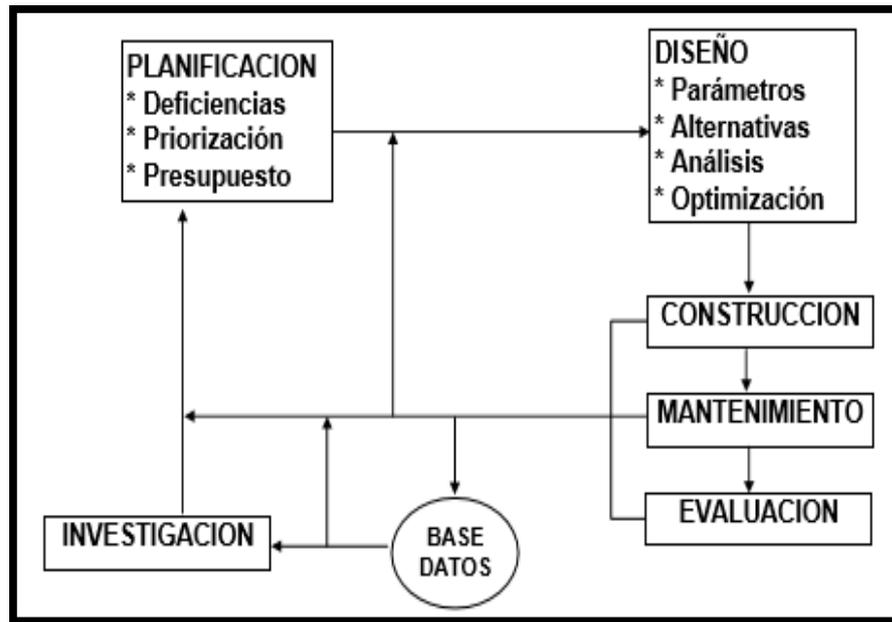
- *Información de inventario de la red*, el inventario de la red se refiere al catastro de aquellas características de los pavimentos relativamente constantes en el corto y mediano plazo, como son: individualización de los caminos, características del tránsito (volumen y carga), tipo de pavimento, capas constitutivas, suelo de fundación, número de pistas, ancho de pistas, pendientes, curvaturas, etc.
- *Información del estado funcional y estructural de los caminos*, la información del estado de los caminos consigna la evaluación periódica de los pavimentos, registrando antecedentes de deterioro superficial, calidad de rodadura y capacidad estructural.
- *Modelos de predicción del comportamiento durante su vida útil*: Los modelos de predicción de la evolución del comportamiento de los pavimentos son relaciones matemáticas, que a partir de los antecedentes de inventario y estado actual del pavimento, permiten predecir su deterioro



futuro, año a año, en función de las solicitudes de tránsito y clima a que estarán sometidos y de las políticas de conservación que se consideren.

- *Estándares de conservación para el deterioro anual y previsto*, el conocimiento del estado actual de los pavimentos y la predicción de la evolución de su deterioro en el tiempo, permiten definir el tipo de falla actual o esperada a futuro y especificar la conservación técnicamente adecuada y lo que es más importante, con la anticipación suficiente para que su programación física y financiera asegure su ejecución en el momento oportuno.
- *Evaluación económica de las alternativas de conservación*, la evaluación económica considera como beneficio el ahorro de costos de operación de los vehículos, originado por el mejoramiento de la serviciabilidad de los pavimentos resultante de la aplicación de acciones de conservación, entregando indicadores de rentabilidad que permiten optimizar la inversión en conservación, tanto desde el punto de vista técnico como económico.
- *Configuración de un programa de actuaciones*, con diversas alternativas evaluadas es posible configurar un programa de conservación a nivel regional y/o nacional, que considere las restricciones presupuestarias propias del país en que se apliquen.

Figura 4: Gráfica simplificada de la gestión de pavimentos



*Fuente: Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos con Herramienta HDM4, Montoya – 2007.*

### 2.3.8. Los pavimentos como elementos para la gestión

Con el pasar del tiempo, los países desarrollados se han dado cuenta de que una buena gestión de infraestructura es indispensable para el desarrollo tanto económico como social de las regiones, debido a esto su preocupación por dicha operación ha tomado gran importancia, se han desarrollado un sinnúmero de sistemas que tienen como objetivo optimizar los recursos para lograr que los caminos cumplan su función al 100%. Los sistemas mencionados anteriormente requieren del desarrollo continuo de tecnología para estudiar, analizar y comprender el comportamiento de todos los elementos de la infraestructura. Sin perjuicio de lo anterior, el elemento básico dentro de la infraestructura vial son los pavimentos, en torno a ellos se generan todos los elementos mencionados anteriormente. Esta importancia se debe a la funcionalidad que cumple el pavimento dentro de la operación de un camino, es este el que entrega la superficie requerida para el desplazamiento de los diferente medios



de transporte; del pavimento dependen la mayoría de los costos de usuario, asimismo es el pavimento el que requiere la mayor cantidad de recursos económicos y financieros tanto para su construcción como para su mantenimiento y por esto el desarrollo de tecnologías en la infraestructura vial tiene como un objetivo primordial el comportamiento del pavimento. (Montoya, 2007).

### **2.3.9. Los pavimentos y su necesidad de conservación**

Los pavimentos tienen por propósito servir al tránsito en forma segura, confortable y eficiente, por tal motivo es importante realizar labores de conservación adecuadas y oportunas sobre ellos.

El concepto de conservación de pavimentos significa la acción de cuidar que su aptitud de servicio se prolongue durante el tiempo requerido, lo cual implica un esfuerzo de preocupación de los encargados y un desembolso de recursos importante por parte de la agencia responsable.

Los caminos son vitales para la comunidad y afectan el bienestar económico y el desarrollo de la misma, por este motivo los administradores tienen la responsabilidad de dar al público el mejor servicio posible con los fondos disponibles. Los caminos son uno de los subsistemas del sistema global de transporte, a él se agrega el subsistema de vehículos que transitan por la vía, formando ambos lo que se conoce como el costo global del sistema de transporte. Dentro de dicha premisa se inserta la necesidad de construir caminos de buena calidad e intervenir en ellos cada vez que sea necesario, a fin de mantener las condiciones apropiadas para los usuarios. Mientras exista demanda de parte de ellos, es conveniente crear y seguir un esquema de conservación de la red que garantice lo siguiente:



- Adecuada conservación de los caminos de la red a un costo apropiado.
- Que la red vial sea mantenida siguiendo un programa de largo plazo.
- Que se optimice los costos y beneficios del sistema, racionalizando el uso de recursos.
- Que exista un permanente control de los efectos sobre el medio ambiente.
- Que se implemente un control de la efectividad de la conservación.

En una sociedad intensamente motorizada como la nuestra, la trascendencia que se debe otorgar a la conservación de carreteras es fundamental. El patrimonio vial del país se ha enriquecido considerablemente y sigue creciendo en una progresión importante, con ello se pone de manifiesto la necesidad de disponer de una completa información del estado de vías y estructuras, así como de un plan de acción de conservación que permita la prevención y corrección de deterioros oportunamente.

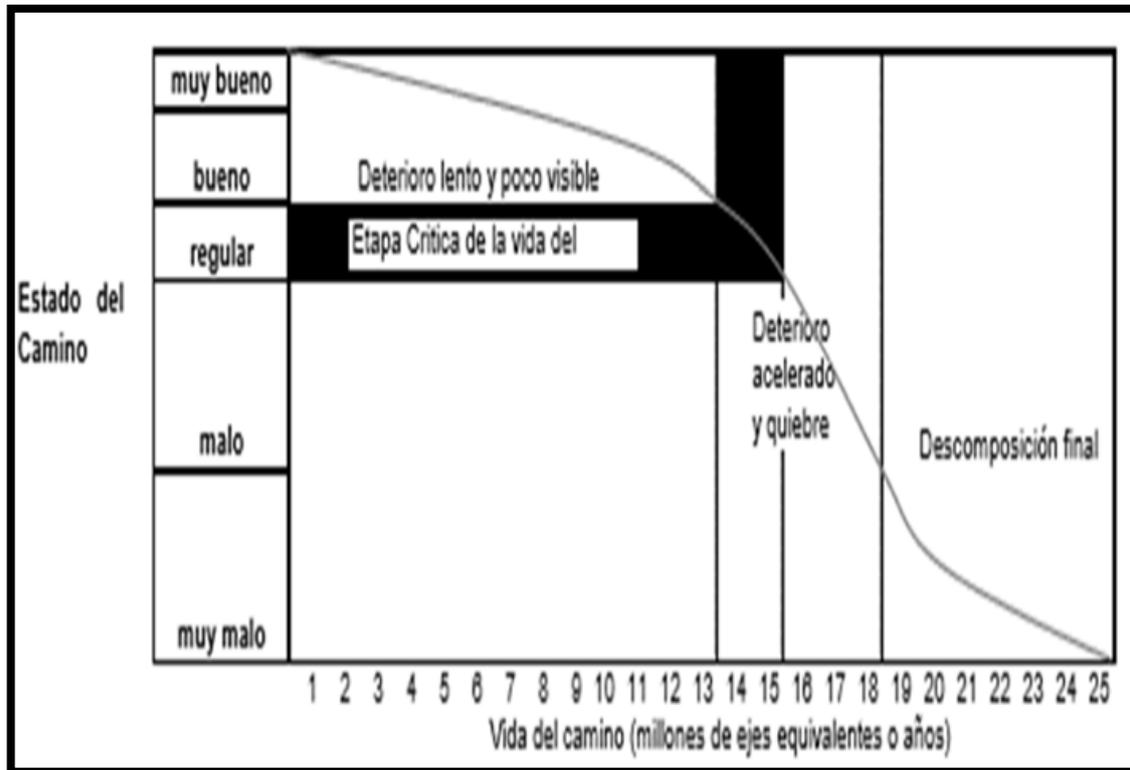
Con este objetivo se utilizan los sistemas de gestión, que sirven de herramienta para ayudar tomar la decisión, seleccionando las acciones más adecuadas, determinando su costo y fijando sus prioridades, dentro de las disponibilidades económicas de la entidad administradora, sea ésta pública o privada.

Puesto que los pavimentos son diseñados para tener una duración determinada, la no realización de un mantenimiento adecuado significará que en el corto plazo el pavimento entregará un servicio menor al esperado. Esta situación incentiva la creación de la gestión de pavimentos.

Se entienden por gestión de pavimentos todas aquellas acciones de conservación que aplicadas en el tiempo mantienen un nivel de servicio adecuado, tanto en el aspecto funcional como estructural. En la figura 5 se presenta un gráfico que representa la forma general en que se deterioran los pavimentos, en él se puede observar que los primeros

años el deterioro es lento; sin embargo, existe un umbral en el cual el deterioro es acelerado, llegando rápidamente al término de la vida útil del camino. (Montoya, 2007).

Figura 5: Esquema del deterioro de un pavimento en el tiempo



*Fuente: Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos con Herramienta HDM4, Montoya – 2007.*

### 2.3.10. Conservación de carreteras

#### Generalidades

Las técnicas de conservación, son elementos que han ido implementándose a medida de querer recuperar la infraestructura del pavimento tomando en cuenta las restricciones presupuestarias. A su vez estas dependen de condiciones tanto funcionales como estructurales, ya que ambas afectan al usuario; a modo de ejemplo, un pavimento flexible puede estar muy agrietado, lo que significa una pérdida considerable de capacidad estructural, sin embargo, el conductor podría no sentir



mayores molestias. Al contrario, un pavimento puede tener una excelente capacidad estructural, pero aspectos como una deficiente regularidad o escalonamiento en el caso de pavimentos rígidos pueden afectar la conducción, con lo que la capacidad funcional se reduce. Dado que las políticas de conservación dependerán directamente de las condiciones ya descritas, se han definido tres grandes grupos de conservación: Restauración, Rehabilitación y Reconstrucción.

### **2.3.11. Elementos para mejorar condiciones de pavimentos.**

#### **2.3.11.1. Pautas de diseño**

El diseño de la solución básica a emplearse en un determinado proyecto debe seguir las siguientes pautas principales:

a. Identificación y muestreo en campo de los suelos disponibles en las zonas adyacentes al proyecto, que sean factibles de utilización en la solución básica.

b. Ejecución de ensayos a nivel de laboratorio de las muestras obtenidas, a fin de determinar sus características físico-mecánicas y químicas; asimismo, sus condiciones de uso, tales como mezcla de diferentes suelos, zarandeo y otros.

c. Ejecución de ensayos a nivel de laboratorio, evaluando como mínimo tres (03) tipos de estabilizadores de suelos, aplicables de acuerdo a las especificaciones técnicas de las presentes pautas, a fin de seleccionar la solución básica aplicable, teniendo en consideración lo siguiente:

- El procedimiento de mezclado de los suelos y el estabilizador a nivel de laboratorio debe ser coherente o representar las condiciones reales de trabajo en obra.
- Para la obtención de la dosificación óptima que debe aplicarse, se emplearán como mínimo 04 dosificaciones diferentes, con cuyos valores se trazará la curva: dosificación vs CBR y/o resistencia a compresión simple; de cada uno de los



estabilizadores utilizados. Para suelos que presentan índice de plasticidad, debe medirse resistencia y expansión.

- Los parámetros de resistencia y/o expansión de la muestra del suelo estabilizado compactado, se obtendrán después de un periodo de curado húmedo de siete (07) días.
- Solamente para la ejecución del ensayo de CBR a nivel de laboratorio, se sumergirá en agua durante 96 horas (04 días) la muestra de suelo estabilizado compactado, inmediatamente después de cumplir su periodo de curado. Se exceptuarán de este paso los suelos estabilizados con sales.

d. El procedimiento de selección del estabilizador de suelos, puede dar como resultado, más de una alternativa técnica de solución aplicable, en cuyo caso debe optarse por la de menor costo.

e. Seleccionado el estabilizador a emplearse (sólido y/o líquido), debe indicarse la fórmula de trabajo de la capa estabilizada, que comprenderá:

- Dosificación del estabilizador y modo de aplicación (líquido en el agua del camión cisterna y sólido sobre el suelo a estabilizarse).
- Suelo o dosificación de suelos a utilizarse.
- Procedimiento de mezclado (en planta o sobre plataforma).
- Óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca de la mezcla (estabilizador más suelo).
- Grado de compactación del suelo estabilizado colocado y compactado.

f. El espesor de la capa de rodadura será calculado para un periodo de diseño de 10 años, considerando frecuencias de mantenimiento periódico cada 04 años.

g. Las presentes pautas abarcan las soluciones básicas de la capa de rodadura; sin embargo, para que su comportamiento estructural sea adecuado, es necesario que la



subrasante cumpla con las características mínimas establecidas en los manuales Pautas metodológicas para alternativas técnicas de pavimentos en PIP de carreteras de carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG - 2013) y Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección Suelos y Pavimentos.

h. Por seguridad vial, la capa de rodadura de la solución básica debe tener un ancho mínimo de 5.00 m. en carreteras de tercera clase, y de 4.00 m. en trochas carrozables; si no es posible cumplir dichos anchos mínimos en determinados sectores localizados, la entidad ejecutora podrá adoptar anchos menores con la justificación técnica correspondiente. Asimismo, debe contemplarse la señalización vertical necesaria.

i. Con la finalidad que la capa de rodadura tenga un adecuado drenaje superficial, debe diseñarse con el bombeo y cunetas, establecidas en las normas vigentes.

j. En esta etapa se definirá si la superficie de rodadura de la solución básica seleccionada, estará constituida por la capa de suelo estabilizado o requerirá la adición de un recubrimiento bituminoso.

k. En esta etapa se especificará el equipo mínimo requerido, tanto para los ensayos de laboratorio como para la ejecución de la obra.

#### **2.3.11.2. Construcción**

En la etapa de ejecución del proyecto, debe cumplirse la fórmula de trabajo de la solución básica seleccionada, considerando las siguientes pautas:

a. Provisión del equipo de laboratorio y equipo mecánico requerido para la ejecución de la obra.

b. Explotación y procesamiento del suelo o suelos a utilizarse en la capa estabilizada.



c. Provisión en obra del estabilizador de suelo seleccionado y almacenamiento en condiciones adecuadas para preservar sus propiedades.

d. Ejecución de un tramo de prueba no menor a 300 m. de longitud, con la finalidad de lograr la fórmula de trabajo, y establecer las condiciones de ejecución (dosificación, procedimiento de mezclado, esparcido, espesor esponjado, compactación, frecuencia de riegos para el curado y otros).

e. Sobre la subrasante debidamente preparada, demarcar los alineamientos, anchos y espesores de la capa estabilizada.

f. Según corresponda, transporte, colocación, mezclado y homogenización, riego, perfilado, compactación y curado de la capa de suelo estabilizado.

g. Para lograr un adecuado curado, por lo general es necesario mantener húmeda la superficie durante 07 días, aplicando riegos periódicos. (SNIP, 2015)

h. En caso que la solución básica contenga un recubrimiento bituminoso, este se colocará después que la capa estabilizada, haya sido concluida y aprobada por la supervisión.

i. El grado de compactación mínimo será el 95% de la máxima densidad seca, con excepción de los suelos estabilizados con sales, que será del 100%. Estos valores deben alcanzarse en todo el ancho de la capa estabilizada.

j. Por lo general, luego de concluir el proceso de compactación de la capa estabilizada, puede ponerse al tránsito vehicular; sin embargo, este debe suspenderse en caso se observe deformaciones o desprendimiento. (SNIP, 2015)

k. En caso de presentarse sectores con fallas, tales como deformaciones o desprendimientos, o no se cumplieran los controles de calidad, deberá reemplazarse la capa colocada, o mediante escarificación y adición de estabilizador para recuperar la fórmula de trabajo.



1. En el cuadro se establecen los parámetros de aceptación de los trabajos:

**Parámetros para aceptación de los trabajos**

<b>Ensayo</b>	<b>Tolerancia</b>	<b>Frecuencia</b>
Grado de compactación	95% mínimo, excepto en suelos estabilizados con sales, que debe ser 100% mínimo	Cada 250 m <sup>2</sup>
Óptimo contenido de humedad	±1.5%	Cada 250 m <sup>2</sup>
Espesor	Espesor medio > Espesor de diseño Espesor individual > 95% Espesor de diseño	Cada 250 m <sup>2</sup>
Uniformidad de la superficie	Medición paralela y transversal al eje de la vía, efectuada con regla de 3 m.; no deben existir variaciones mayores a 10 mm.	Cada 250 m <sup>2</sup>
Resistencia	Resistencia media > Resistencia de diseño Resistencia individual > 95% Resistencia de diseño	03 muestras por día o jornada de trabajo
Granulometría		



Índice plástico	Estos ensayos se deben ejecutar antes del mezclado con el estabilizador	1 muestra por día o jornada de trabajo
Proctor modificado		
Regularidad (IRI)	5.0 m/Km máximo	En toda la sección después de 08 días
Penetrómetro dinámico de cono	Resistencia media > Resistencia de diseño Resistencia individual > 95% Resistencia de diseño	diseño 03 mediciones por jornada de trabajo después de 08 días

*Fuente: MTC - Dirección de Estudios Especiales.*

### 2.3.11.3. Mantenimiento y monitoreo

En esta etapa se tendrá en consideración las siguientes pautas:

a) Los trabajos de mantenimiento rutinario deben efectuarse de acuerdo a lo establecido en el Manual de Mantenimiento o Conservación Vial, vigente, precisándose que no debe colocarse material suelto en los baches u otras deficiencias que pudieran presentarse. El tratamiento de baches debe realizarse con material similar a la capa estabilizada.

b) Las actividades de mantenimiento periódico, se ejecutarán en periodos de 4 años, que por lo general consiste en la escarificación parcial de la capa de la solución básica, y recuperar su espesor original, mediante un tratamiento con material similar a la capa estabilizada.

c) Teniendo en consideración que las soluciones básicas, son tecnologías que requieren monitoreo, a fin de evaluar sus resultados y de ser el caso, efectuar ajustes en



la normativa, es necesario se lleve a cabo labores de evaluación ex post en forma periódica, por parte de los responsables de la gestión del mantenimiento de la vía.

d) La Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF), a través de la Dirección de Estudios Especiales (DEE), en el marco de sus funciones de promover la investigación y desarrollo de tecnologías aplicables a la construcción, rehabilitación, mejoramiento y mantenimiento de la infraestructura vial, brindará el apoyo tecnológico para el desarrollo de las soluciones básicas.

e) Considerando la existencia de diversos estabilizadores químicos en el mercado, es necesario comprobar su aplicabilidad acorde a las especificaciones técnicas de la presente directiva. Dicha comprobación, será realizada por la Dirección de Estudios Especiales de la DGCF, para lo cual los proveedores interesados, podrán alcanzar muestras del producto que representan, para los análisis de laboratorio correspondientes, luego de lo cual, la indicada DEE publicará periódicamente en la página web del MTC, la relación de los estabilizadores que pueden ser elegidos, para el procedimiento de diseño establecido en la presente directiva.

#### **2.3.11.4. Grupos de conservación de carreteras**

Los grupos de conservación vienen a ser los conjuntos de técnicas, las que se agrupan en función al requerimiento, tiempo de vida útil de condición presupuestaria.

#### **Restauración**

La restauración se refiere a aquellas técnicas que mantienen la infraestructura dentro de un nivel aceptable o bajo los estándares inicialmente establecidos. Este tipo de conservación afecta tanto al pavimento como a sus elementos complementarios. Su aplicación es permanente en el tiempo, requiere de una constante revisión de la infraestructura y sus soluciones den de bajo costo en comparación con las otras políticas



de mantenimiento. Una aplicación eficiente de esta política protege a la infraestructura de un deterioro acelerado y permite que las acciones de conservación futuras no sean tan costosas.

En este punto se han dividido la restauración en dos grupos:

### **Mantenimiento Rutinario**

La conservación de caminos no solo se aplica al pavimento, sino que a todo el conjunto que compone la infraestructura. De este modo elementos tales como sistemas de drenaje, estructuras y elementos de seguridad vial, deben ser mantenidos para poder brindar un nivel de servicio adecuado. El mantenimiento rutinario consta de las siguientes actividades:

- Despeje de escombros, basuras y vegetación que se encuentren dentro de la calzada y/o en algunos casos, del derecho de vía.
- Limpieza de cunetas, para asegurar el escurrimiento libre de las aguas hacia los puntos de desagüe.
- Limpieza de alcantarillas, eliminando sedimentos y vegetación en toda su extensión.
- Conservación de demarcaciones horizontales.
- Limpieza y reposición de señales de tránsito, ya sean, reglamentarias, preventivas o informativas.
- Reposición de tachas reflectivas desprendidas o que se encuentren en mal estado.

### **Restauración de pavimentos asfálticos**

Esta actividad tiene como objetivo restaurar la carpeta de rodadura cuando ésta presente los primeros indicios de deterioro o cuando ya no cumplan con los niveles de servicio requeridos. La aplicación de estas técnicas permite proteger al pavimento de



deterioros acelerados y mantiene los niveles de servicio por debajo de los límites preestablecidos.

Dentro de los pavimentos flexibles, puede considerarse las siguientes actividades como mantenimiento periódico:

- Reposición de carpeta en todo su espesor; el full depth consiste en reemplazar sectores en todo el espesor de las capas asfálticas por una sola capa de concreto asfáltico. Se utiliza cuando el deterioro es severo pero localizado, con ello se trata de recuperar la capacidad estructural y funcional del sector manteniendo los índices de performance dentro de los límites establecidos.
- Reposición de carpeta en parte de su espesor; consiste en reemplazar parte de la carpeta de rodadura por una mezcla asfáltica. A diferencia de la anterior, esta técnica renueva solo el deterioro localizado sin renovar la totalidad del espesor del pavimento.
- Bacheo; es generalmente asociado a la formación de pérdida de material en el pavimento asfáltico producto del efecto combinado del clima y de las cargas del tránsito. Las mezclas asfálticas utilizadas en el bacheo son aquellas mezcladas y compactadas en frío.
- Tratamientos de superficie; el tratamiento de superficie es un término amplio que abarca la aplicación, sobre cualquier tipo de calzada de materiales asfálticos, cubiertos o no con materiales pétreos, pero cuyo espesor final es por lo común inferior a 25 mm. Entre ellos se puede mencionar los tratamientos superficiales simples, dobles y triples, los morteros asfálticos y los riegos de sellado.

### **Rehabilitación**

Esta alternativa aporta las siguientes características a la superficie de rodadura: entrega una nueva superficie de rodadura, aumenta la comodidad al conducir, aumenta la



seguridad y la resistencia al deslizamiento. La nueva carpeta corrige los defectos de la sección transversal y de la superficie. Además, el espesor del recapeo aporta una capacidad estructural extra al pavimento con lo que la vida útil se ve acrecentada. Los materiales utilizados y las características constructivas de un recapeo tienen una gran influencia sobre el diseño ya que la composición de esta afecta el espesor necesario para llegar a la capacidad estructural requerida y por ende la extensión de la vida útil del pavimento.

Uno de los aspectos más importantes para definir que técnica se va a utilizar es determinar la condición de la estructura que será recapado ya que de ésta dependerá el comportamiento del recapado.

Por lo general, previo a todo recapeo se deben realizar obras sobre la carpeta existente de modo que ésta sea uniforme y homogénea a lo largo de todo el proyecto. La cantidad de obra requerida para estabilizar la carpeta de rodadura.

### **Reconstrucción**

La reconstrucción consiste en reemplazar el pavimento existente incluyendo las bases por uno nuevo ya sea en asfalto u hormigón. La estructura puede ser reemplazada por capas o reciclando.

#### **2.3.12. Actividades de conservación rutinaria**

- **Sellado de fisuras y grietas en calzada**

El sello de fisuras (aberturas iguales y menores 3mm) y de grietas (aberturas mayores a 3mm) consiste en la colocación de materiales especiales dentro de las grietas o en realizar relleno con materiales especiales dentro de las grietas del pavimento de la vía.



El objetivo del sello de fisuras y de grietas es impedir la entrada de agua y la de materiales incompresibles como piedras o materiales duros dentro de ellas y, de esta manera, minimizar y/o retardar la formación de agrietamientos más severos como los de piel de cocodrilo y la posterior aparición de baches.

- **Parchado superficial en calzada**

Este trabajo consiste en la reparación de baches en la capa de rodadura del pavimento de la vía.

El parchado superficial comprende la reparado de baches y el reemplazo de áreas del pavimento que se encuentran deterioradas, siempre que afecten exclusivamente a la superficie de rodadura, encontrándose en buenas condiciones la base granular y demás capas del suelo.

El objetivo del parchado superficial es recuperar las condiciones para una adecuada circulación vehicular. Además, para minimizar y/o retardar la formación de daños más severos en el pavimento.

- **Parchado profundo de calzada**

El parchado profundo consiste en la reparación, bacheo o reemplazo de una parte severamente deteriorada de la estructura del pavimento flexible, cuando el daño afecte tanto a la o las capas asfálticas, como parte de la base y/o subbase de la vía.

- **Bache de bermas con material granular**

La actividad se refiere a la reparación de bermas granulares no pavimentadas, que se encuentren desniveladas respecto al borde del pavimento, que estén deformadas o cuya geometría no se ajusta a un plano liso con una pendiente uniforme y adecuada.

- **Nivelación de bermas con material granular**

Esta actividad consiste en la nivelación de bermas granulares no pavimentadas, que se encuentren desniveladas respecto al borde del pavimento, que estén deformadas o



cuya geometría no se ajusta a un plano liso con una pendiente uniforme y adecuada, con o sin aporte de material.

El objetivo es recuperar las condiciones de seguridad para los usuarios, pues un desnivel entre la calzada y berma es peligroso para la estabilidad de algún vehículo que ocasionalmente puede salir de la pista de circulación, en especial si debe hacerlo a cierta velocidad.

- **Parchado superficial de bermas con tratamiento asfáltico**

Este trabajo consiste en la reparación de baches y el reemplazo de áreas del pavimento que se encuentra deteriorados, siempre que afecten exclusivamente a la capa de rodadura asfáltica, encontrándose en buenas condiciones la base granular y las demás capas del suelo.

Los tipos de fallas más comunes, que no se deben a causas estructurales, a las que va dirigida esta operación, son:

- Áreas donde se presente una serie de grietas y fisuras interconectadas entre sí.
- Baches poco profundos.
- Desplazamiento de áreas localizadas de la capa de rodadura.

- **Parchado profundo de bermas con tratamiento asfáltico**

Este trabajo consiste en la reparación de baches y el reemplazo de áreas del pavimento que se encuentra deteriorados o cuando el daño afecte tanto a la capa asfáltica como a la base y sub base granular.

Los tipos de fallas más comunes a las que va dirigida esta operación:

- Áreas agrietadas por fatigamiento de la estructura del pavimento.
- Baches poco profundos, cuya profundidad alcanza menos de 50mm.



- Sectores que presentan emanación de agua y/o finos.
- Grietas de borde de alta severidad.

### **2.3.12.1. Actividades de conservación periódica**

#### **Sellos asfálticos**

Este trabajo consiste en la ejecución de riegos asfálticos, sobre la superficie de rodadura de la vía, los cuales consisten en riegos con emulsión, lechada asfáltica, sellos arena-asfalto y tratamiento superficial simple o monocapa.

#### **Cape Seal**

El Cape Seal es una técnica de pavimentación en base a emulsiones asfálticas, el cual está constituido por la aplicación, en primer lugar, de un tratamiento superficial simple (TSS) y posteriormente de una lechada asfáltica sobre el TSS terminado. La aplicación conjunta de estos dos tratamientos combina las principales características de ambos métodos; el TSS aporta principalmente con la impermeabilización y la resistencia al deslizamiento, mientras que la lechada aporta lisura, reduce ruidos y evita desprendimientos

#### **Slurry Seal**

Este tipo de tratamiento se emplea como capa de desgaste o de sello tapón por lo que no debe considerarse como parte estructural del pavimento.

El uso adecuado de los “Slurry seal” permite brindar soluciones para sellar los pavimentos que presentan un estado de oxidación muy avanzado, además permite restaurar la textura superficial y proveerla de mayor resistencia al deslizamiento, otro uso que se le da tiene que ver con la impermeabilización de las capas de rodadura, y también se puede utilizar para corregir el desprendimiento de partículas.



## **Tratamientos superficiales**

Se define un tratamiento superficial como una superficie asfáltica que resulta de una o más aplicaciones sucesivas y alternadas de ligante asfáltico y áridos sobre una base granular o sobre un pavimento existente de asfalto o de hormigón, teniendo por finalidad el mejorar o conservar las características físicas y mecánicas de las superficies así tratadas. De acuerdo al número de aplicaciones de asfalto y áridos, estos reciben el nombre de tratamiento superficial simple, doble, triple o múltiple.

Un tratamiento superficial doble, adecuadamente diseñado y construido, proporciona un considerable incremento en durabilidad y resistencia en comparación con un tratamiento simple, obteniéndose, además, una mayor impermeabilidad.

La mayor resistencia y durabilidad que proporcionan los tratamientos dobles los hacen especialmente adecuados para condiciones de mayor sollicitación de tránsito, pendientes más pronunciadas y climas más severos.

El objetivo es recuperar las condiciones superficiales de calzadas desgastadas o pulidas y de esta manera contribuir a una adecuada circulación vehicular.

Además, para minimizar y/o retardar la formación de daños más severos en el pavimento. En este sentido, las técnicas de sellado asfáltico tienen por finalidad aplicar medidas que pueden ser preventivas, correctivas o ambas.

Por lo general, los sellos asfálticos son eficaces para tratar los siguientes tipos de daños en el pavimento:

- Falta de adherencia superficial de la carpeta, la cual ocurre cuando en las mezclas asfálticas se utilizan agregados que no tienen afinidad con el asfalto y el tránsito produce un desgaste del ligante, dejando las partículas gruesas expuestas.



- Desgaste de la superficie de una mezcla asfáltica, la cual ocurre cuando se utilizan agregados poco resistentes que se fracturan con el paso vehicular y provocan pérdida de asfalto.
- Corrección de la carencia de una cantidad adecuada de asfalto en la mezcla, originada por deficiencias durante la construcción.

### **Recapeo asfálticos**

Este trabajo consiste en la colocación de una o más capas de mezcla asfáltica sobre la superficie de rodadura de un pavimento de la vía.

El objetivo es recuperar las condiciones estructurales y superficiales del pavimento, para alcanzar una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez y economía.

Por lo general, la colocación de recapeo asfálticos se realiza como parte de la conservación periódica del pavimento flexible, cuando este se encuentre en estado regular, el cual debe ser determinado técnicamente a través de pruebas de auscultación. El estado regular de un pavimento flexible se ha alcanzado cuando el índice de regularidad internacional IRI, tiene un valor entre 2.8 m/km y 4.0 m/km.

### **Fresado de carpeta asfáltica**

Este trabajo consiste en cortar total o parcialmente la capa de rodadura del pavimento de la vía. El objetivo del fresado es la recuperación de las condiciones estructurales y superficiales del pavimento, para alcanzar una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad.

### **Microfresado de carpeta asfáltica**

Este trabajo consiste en cortar superficialmente la capa de rodadura del pavimento de la vía. El objetivo es corregir las irregularidades que presente la superficie de rodadura, con la finalidad de recuperar las condiciones estructurales y superficiales del pavimento

para alcanzar una adecuada circulación vehicular con seguridad y comodidad. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

#### **2.4. Sistema HDM – 4**

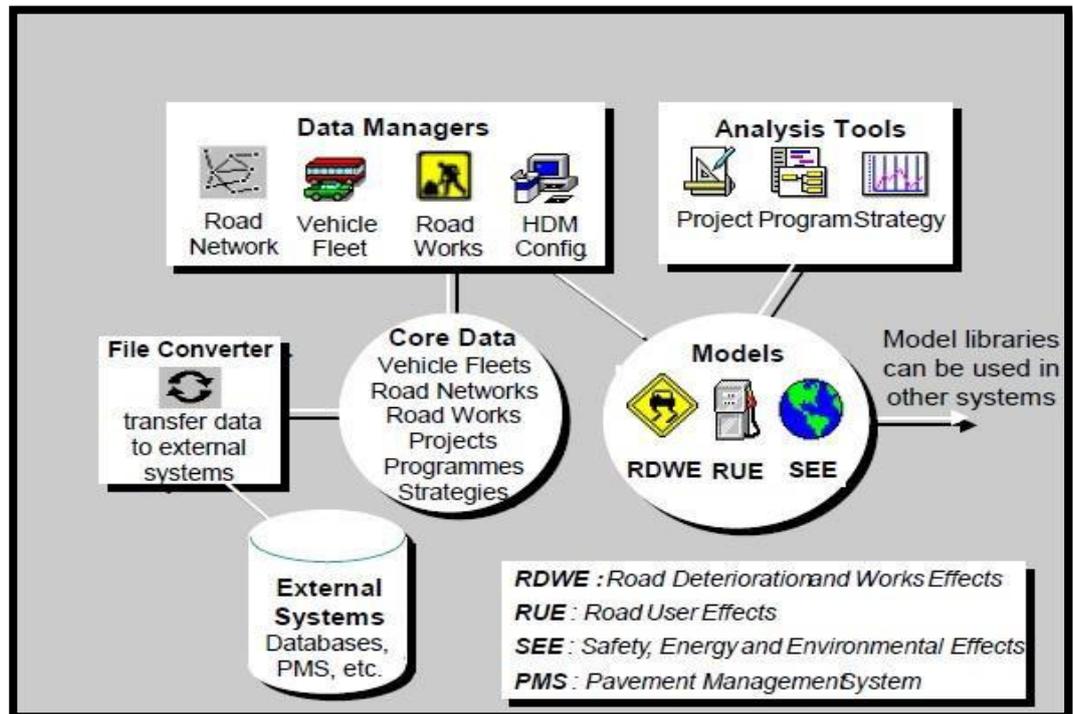
Es una herramienta diseñada para apoyar la toma de decisiones relacionadas con la gestión de la conservación y rehabilitación de pavimentos de redes viales, en aplicaciones principalmente dirigidas a la planeación estratégica, la programación de actividades de intervención y la evaluación técnico-económica de planes y políticas de conservación. (Salgado, 2013)

El HDM-4 es una aplicación computacional desarrollada por el Banco Mundial para ayudar a los países en vías de desarrollo a planear y mejorar las condiciones de la infraestructura carretera.

En la figura 6, se aprecia la estructura del modelo HDM, el cual simula el comportamiento del ciclo de vida de las carreteras considerando todas las relaciones entre esta, el ambiente, y el tráfico dentro de una economía nacional o regional que determina la composición y la estructura de costos de las variables. (Nava, 2016)

El usuario debe definir una alternativa base, contra la cual se compararán las otras posibles alternativas de inversión.

Figura 6: Estructura del sistema HDM - 4



*Fuente: Henry G. R. Kerali, Visión General del HDM – 4, Birmingham, 2000.*

El modelo tiene por objetivo incorporar el conocimiento de todos los estudios hechos acerca de conservación de carreteras con nuevos conocimientos derivados de investigaciones alrededor del mundo y nuevas tecnologías computacionales.

Básicamente se pueden definir tres áreas de alcance del programa:

- Presupuestación de proyectos: obtención de presupuestos para la conservación, rehabilitación y nueva construcción, a través del análisis del ciclo de vida de una propuesta de inversión en carreteras.
- Programación de trabajos: preparación de programas de conservación y desarrollo de red de carreteras para varios años, que faciliten la preparación de presupuestos a mediano plazo.
- Planeación estratégica: desarrollo de políticas, planes de distribución de recursos a largo plazo y planificación de redes carreteras.

El presente trabajo se orienta particularmente a la obtención de costos de diferentes alternativas de conservación diferentes a las propuestas actualmente por la dirección general de conservación de carreteras. (Nava, 2016)

#### **2.4.1.1. Deterioro de la carretera (RD – Road Deterioration)**

Estos modelos permiten predecir, para un periodo de análisis definido por el usuario, la evolución del estado físico de las carreteras en función de las solicitaciones impuestas por el tránsito, de las condiciones climatológicas, y del tipo de pavimento; asimismo, los modelos estiman los efectos de las obras de conservación y mejoramiento más usuales.

#### **2.4.1.2. Efectos de las obras (WE – Work Effects)**

Este modelo simula los efectos de las obras en el estado del firme y determina los costes correspondientes.

#### **2.4.1.3. Efectos para los usuarios (RUE – Road User Effects)**

Son utilizados para calcular los efectos del estado físico y las condiciones de operación de las carreteras sobre los usuarios de las mismas, en términos de indicadores como los costos de operación vehicular y los tiempos de recorrido. A su vez, se emplean para obtener los beneficios derivados de las inversiones en proyectos carreteros.

#### **2.4.1.4. Efectos sociales y medioambientales (SSE – Social and Environment Effects)**

Una vez construidas, las vías se deterioran como consecuencia de diversos factores, entre los principales están:

- Las cargas de tráfico.
- Los efectos medioambientales.
- Los efectos de sistemas de drenaje inadecuados.



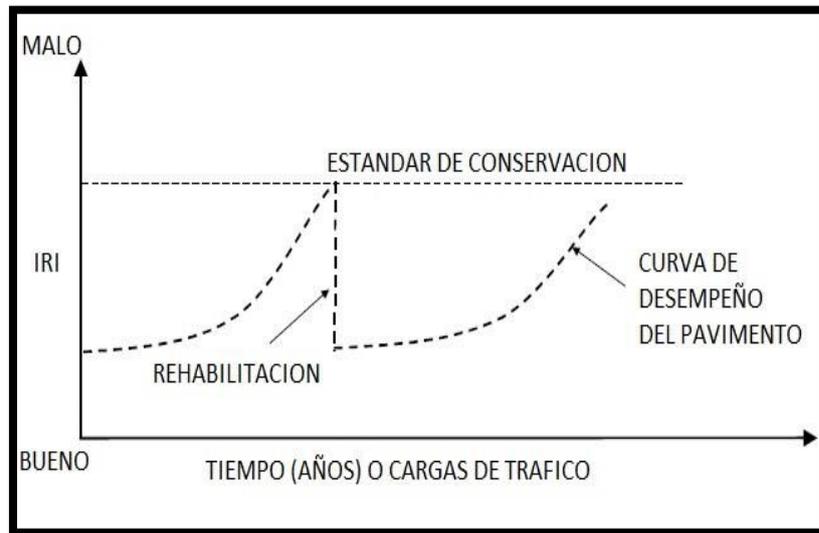
La tasa de deterioro de una vía está directamente afectada por las políticas de conservación aplicadas a reparar defectos en la superficie del pavimento, como fisuras, desprendimiento de áridos, baches, etc., o a conservar la integridad estructural del pavimento (por ejemplo, tratamientos superficiales, refuerzos, etc.), lo que permite que la carretera soporte el tráfico para el que ha sido diseñada. Las condiciones generales del pavimento a largo plazo dependen de las políticas de mantenimiento o mejora aplicados a la carretera.

## **2.5. Marco analítico del HDM - 4**

El marco analítico del HDM-4 se basa en el ciclo de vida de la capa de rodadura y se aplica para predecir deterioro del pavimento, efectos de las obras de reparación, efectos para los usuarios de las carreteras, efectos socioeconómicos y medioambientales. (Nava, 2016)

Una vez construidos los pavimentos, estos se deterioran debido a las cargas del tránsito, factores medioambientales, drenajes inadecuados, etc., la tasa de deterioro del pavimento está directamente afectada por los estándares de conservación aplicados para reparar defectos en la superficie de rodamiento o para conservar la integridad estructural del pavimento, las condiciones generales del pavimento a largo plazo dependen de los estándares de conservación aplicados a la carretera (Nava, 2016)

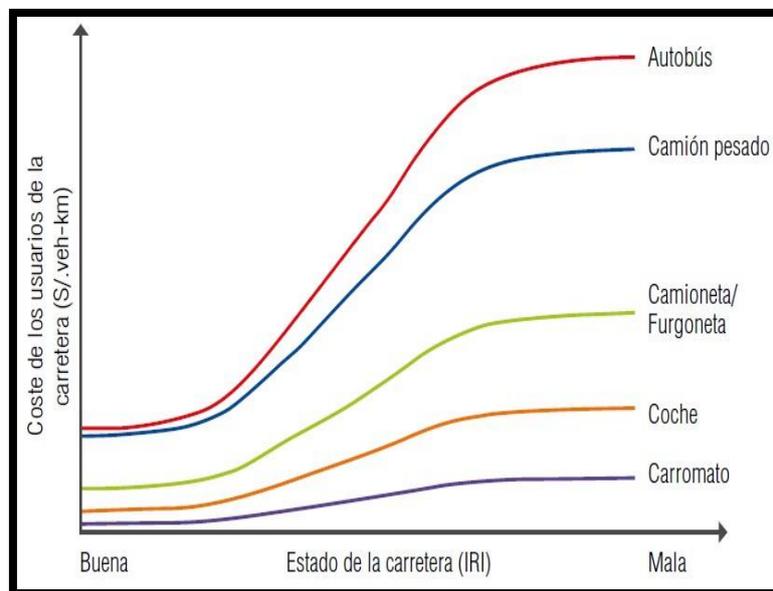
Figura 7: Concepto de análisis del ciclo de vida en HDM - 4



**Fuente: HDM 4**

Así mismo los costos de operación del vehículo se ven directamente afectados por el estado físico de las vías de comunicación.

Figura 8: Efectos del estado de la carretera sobre los costos



**Fuente: Visión General del HDM 4, Kerali.**



## 2.6. Funcionamiento del HDM - 4

Para iniciar a trabajar con el HDM-4 es necesario dividir la red carretera (o carretera como en este caso de estudio) en tramos y subtramos que reúnan ciertas características en común. Ya definidos los tramos se pasa a vaciar la información de acuerdo a las siguientes fases:

- Características de la carpeta: tales como IRI, condiciones climáticas, características geométricas, especificaciones estructurales, tipo de carpeta, etc.
- Condiciones de tránsito: TDPA, tipos de vehículos, factores de daño, tasa de crecimiento, etc.
- Estándares de conservación: cada estándar de conservación está definido por diferentes tareas de conservación (riego de sello, sobrecarpetas, etc.).

Posteriormente, se procede a elegir el módulo de HDM-4 a utilizar, análisis de estrategias, análisis de programas o análisis de proyectos.

Los resultados del análisis generan una serie de gráficas de tres tipos principalmente:

- Indicadores de eficiencia económica: para el análisis de proyectos de conservación individuales. Programas de trabajo para varios años: producidos después de la selección de varios posibles proyectos de carreteras.
- Conservación estratégica y planes de desarrollo carretero: producidos a partir de datos a largo plazo para el mantenimiento de redes carreteras.

Con base en esos resultados, el analista selecciona la alternativa deseada. El HDM-4 no selecciona la alternativa por sí solo, es necesario el criterio del analista y la consulta a diferentes niveles de operación (técnico, gerencial o administrativo). (Nava, 2016)



## 2.7. Módulos del HDM - 4

Básicamente se pueden identificar tres módulos dentro del HDM-4:

- **Análisis de proyecto:** el HDM-4 analiza un tramo de carretera con ciertas condiciones definidas por el usuario, con costos y beneficios asociados proyectados anualmente a través del periodo de análisis. Los indicadores económicos se determinan para cada diferente opción de inversión. La evaluación de las alternativas planteadas en este documento se realizó usando este módulo.
- **Análisis de programación:** el HDM-4 analiza redes de carreteras tramo a tramo y prepara una programación para varios años en base a opciones de inversión bien definidas, las estimaciones se producen a partir de los trabajos y los requisitos de gastos para cada tramo por año de duración del programa.
- **Análisis de estrategia:** el HDM-4 analiza una red elegida como un total para preparar estimaciones a largo plazo de gastos necesarios para el desarrollo y la conservación de la carretera bajo diferentes tipos de presupuesto, las estimaciones se producen por requisitos de gastos de mediano a largo plazo en periodos de 5 a 40 años.

La diferencia principal entre los diferentes módulos es la forma en que se trata la división de la carretera. En el análisis de programa, se definen los tramos como unidades físicas identificables de la red de carreteras a través del análisis. En el análisis de estrategias se consideran como grupos los tramos representativos de la red de carreteras que serán analizados. El sistema carretero pierde las características individuales de cada tramo. En el análisis de estrategia, se tiene una visión general más que específica y es trabajada por grupos. (Nava, 2016)



## 2.8. Técnicas de conservación y mantenimiento de carreteras.

En el programa nacional de conservación de carreteras se citan los siguientes rubros:

- Reconstrucción de tramos: se trata de reconstruir la estructura en forma parcial o total. Comprende la recuperación de parte del pavimento existente, tratamiento de la zona descubierta, tendido de la parte recuperada; restitución o reparación de obras menores, instalación de sistemas de drenaje, etc. Generalmente se considera una vida útil de 15 años a estos trabajos.
- Reconstrucción de puentes: comprende el refuerzo de las estructuras principales y/o ampliación de calzada, así como mantenimiento de juntas.
- Conservación periódica: incluye todas las obras de rehabilitación necesarias para que un camino ofrezca las condiciones adecuadas de servicio, como pueden ser, renivelación, riegos de sello, restitución de señalamiento vertical y horizontal, etc.
- Conservación rutinaria: incluye aquellas acciones que corrigen las fallas producidas por la repetición continua de cargas y por agentes climáticos que disminuyen el nivel óptimo de operación de la carretera, estas acciones se clasifican de acuerdo a la parte de la carretera donde se efectúan (superficie de rodamiento y acotamiento, obras de drenaje, taludes, estructuras, etc.).

Dentro de la conservación rutinaria el HDM-4 contempla las siguientes actividades:

- Nivelación de superficies sin pavimentar.
- Bacheo.
- Sellado de grietas y fisuras.
- Reparación y sellado de juntas.
- Control del polvo.



- Mantenimiento de zonas de descanso.
- Mantenimiento de aditamentos de seguridad.

Dentro de la conservación periódica el HDM-4 contempla las siguientes actividades:

- Riegos de sello.
- Sobrecarpetas.
- Reconstrucción.

## **2.9. Indicadores del comportamiento estructural de pavimentos.**

Para la correcta aplicación del HDM-4 es necesario el estudio del comportamiento del pavimento, necesitándose algunos datos de entrada como son:

- Número estructural, deformación bajo carga: el número estructural es un factor que determina la condición estructural de un pavimento asfáltico, considerando las diferentes capas que contenga y los espesores de estas. El HDM-4 permite calcular este número estructural, o ingresarlo de bases de datos disponibles. Este factor es introducido al analizar cada tramo en particular y los resultados que arroja el programa muestran sus comportamientos en los diferentes años del periodo de análisis.
- IRI: es uno de los índices más importantes que se consideran para evaluar el estado de los pavimentos y muestra en forma general la condición de la carretera. Este índice engloba la condición actual de un pavimento y tiene ciertos niveles que se consideran permisibles y que ya están incluidos en la base de datos del HDM-4. El modelo pide un índice actual de la carretera y se le proporciona para los diferentes tramos. Al final del análisis el programa arroja gráficas de la evolución del IRI para cada tramo y para cada año. Una correcta evaluación del IRI a lo largo de la vida del proyecto, ayuda a elegir entre alternativas y al mismo tiempo es

indispensable para que el programa elija cuando aplicar las tareas de conservación definidas en la alternativa. (Nava, 2016)

## **2.10. Deterioro de los pavimentos asfálticos en el HDM-4**

Se presenta una descripción de los modelos empleados por el HDM-4 para estimar el deterioro de pavimentos asfálticos, la cual se basa enteramente en las partes de la documentación del sistema en las que se trata este tema. (Odoki & Kerali, 2000)

Causas del deterioro de pavimentos

Entre los principales factores que determinan el deterioro de los pavimentos, pueden mencionarse:

- Aspectos climatológicos
- Solicitaciones del tránsito
- Historial de reparaciones del pavimento
- Diseño geométrico
- Diseño estructural

### **Aspectos climatológicos:**

El HDM-4 incorpora al análisis los aspectos climatológicos mediante parámetros relacionados con la humedad y la temperatura, los cuales se establecen a partir de las tablas 1 y 2. Para caracterizar las condiciones de humedad se utilizan variables que describen la precipitación y la humedad libre en la zona de estudio, mientras que las condiciones de temperatura se especifican con base en promedios anuales, rangos de variación mensual y número de días con temperaturas por arriba de un cierto límite.

Específicamente, el sistema considera los siguientes parámetros relacionados con la humedad, además de la precipitación media mensual.

- **Índice de humedad.** Este parámetro está basado en el índice de Thornthwaite e indica que tan seco o húmedo es una zona climática determinada.
- **Duración de la estación seca.** Este indicador divide al año en dos estaciones y se indica como fracción del mismo.

En lo que se refiere a la temperatura, incluyendo a la temperatura media mensual, el HDM-4 utiliza las siguientes variables:

- **Rango promedio de temperaturas.** Es el rango que comprende todas las temperaturas medias mensuales del año, o la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura media mensual, de cada uno de los meses del año.
- **Días con temperaturas mayores a 32° C.** Número de días en el año, en los cuales la temperatura ambiente excede los 32° C.

Tabla 1: Clasificación por humedad

Categoría	Precipitación
	Media Anual (mm)
Árido	<300
Semiárido	300-800
Subhúmedo	800-1600
Húmedo	1500-3000
Muy Húmedo	>2400

*Fuente: Guía de calibración y adaptación, HDM - 4*

Tabla 2: Clasificación por temperatura

Categoría	Promedio Anual De
Rangos De Temperatura (°C)	
Tropical	20 a 35
Subtropical Cálido	-5 a 45
Subtropical Frío	-10 a 30
Templado Frío	-20 a 25
Templado	Con -40 a 20

*Fuente: Guía de calibración y adaptación, HDM - 4*

### Solicitaciones del tránsito

El HDM-4 utiliza los siguientes parámetros para representar el tránsito:

Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA). En el caso de caminos con un carril por sentido, se calcula como el total del tránsito aforado en los dos sentidos del tramo en estudio, dividido entre los 365 días del año. En carreteras con más de un carril por sentido, suele calcularse el TDPA que corresponde a cada sentido.

Composición vehicular. Se expresa en términos de los porcentajes de participación de los diferentes tipos de vehículos que utilizan el camino, con respecto al TDPA.

Tasa de crecimiento. Normalmente, corresponde a un porcentaje de incremento anual del TDPA.

Número total de ejes. Es el número total de ejes que cruzan determinada sección del tramo en estudio durante un año. Se calcula con la expresión:

$$YAX = \sum_{K=1}^K \frac{T_K * NUM. AXLES_K}{ELANES * 10^6}$$

Donde:



YAX: Número total anual de ejes.

K: Número de tipos de vehículos considerados.

T<sub>k</sub>: Volumen anual del tránsito del vehículo tipo.

NUM.AXLES<sub>K</sub>: Número de vehículos por vehículo tipo k.

ELANES: Número efectivo de carriles en carretera.

Ejes equivalentes. En el HDM-4 se definen como el número total de aplicaciones de un eje sencillo dual estándar de 80 kN, que provocarían el mismo daño al camino, durante un año, que los ejes del vehículo considerado. Para su cálculo se utilizan factores de carga de eje equivalente estándar (ESALF, por las siglas Equivalent Standard Axle Load Factor), los cuales se calculan con la expresión:

$$ESALF_K = \sum_{i=1}^{I_K} \frac{P_{ki}}{100} \sum_{j=1}^{J_k} \left( \frac{AXL_{kij}}{SAXL_j} \right)^{LE}$$

Donde:

ESALF<sub>K</sub>: Factor de eje de carga equivalente estándar para el vehículo tipo *k*, en ejes equivalentes.

I<sub>K</sub>: Número de subgrupos *i* (definidos por rango de carga) para el vehículo tipo *k*. Nótese que *i* puede representar a cada vehículo individual.

P<sub>ki</sub>: Porcentaje de unidades en el subgrupo *i* del vehículo tipo *k*. Si representa cada vehículo individual, entonces P<sub>ki</sub>=100%

LE: Exponente de equivalencia de carga. El valor por omisión utilizado es de 4.0

J<sub>k</sub>: Número de ejes sencillos para el vehículo tipo *k*.

AXL<sub>kij</sub>: Carga promedio en el eje *j* del rango de carga *i* en el vehículo tipo *k*.

SAXL<sub>j</sub>: Carga estándar del eje tipo *j*, por ejemplo 6.6t para eje sencillo con una rueda sencilla, 8.16 tn para eje sencillo con rueda doble, 15tn para tándem rueda doble y 23tn para trídem rueda doble.



### **Historial de reparaciones**

Se refiere a las acciones de mantenimiento, rehabilitación y construcción que se han efectuado en el camino a lo largo del tiempo.

El HDM-4 toma en cuenta este factor mediante los siguientes parámetros relacionados con la antigüedad de los trabajos:

*AGE1*: Tiempo transcurrido en años desde el último tratamiento preventivo, sello, sobrecarpeta, reconstrucción o construcción nueva.

*AGE2*: Tiempo transcurrido en años desde el último sello, sobrecarpeta, reconstrucción o construcción nueva.

*AGE3*: Tiempo transcurrido en años desde la última sobrecarpeta, reconstrucción o construcción nueva.

*AGE4*: Tiempo transcurrido en años desde la última reconstrucción, o construcción nueva.

### **Diseño geométrico**

En este rubro se incluyen parámetros como los anchos de carril y acotamientos, el alineamiento horizontal (expresado en términos de la curvatura media del tramo, y el promedio de la sobrelevación en curvas), y el alineamiento vertical (caracterizado por el número de ascensos y descensos en el tramo, y el desnivel medio del mismo).

#### **Características estructurales del pavimento**

La capacidad estructural del pavimento se define mediante variables como número estructural, deflexiones, espesores de las capas, tipos de material y rigidez de la subrasante.



## **Tipos de deterioro**

El HDM-4 modela el deterioro de pavimentos mediante los siguientes tipos:

### **Deterioros superficiales:**

- Agrietamiento
- Desprendimientos
- Baches
- Rotura de borde

De los deterioros anteriores, los tres primeros se caracterizan por dos fases, denominadas de inicio y de progreso. La fase de inicio se refiere al lapso de tiempo previo al desarrollo de un determinado tipo de deterioro. La fase de progreso comprende el periodo durante el cual se incrementa el área afectada y la magnitud del deterioro. La rotura de borde se modela considerando únicamente la fase de progreso.

### **Deterioros relacionados con la deformación del pavimento:**

- Rodera
- Irregularidad

Se considera que este tipo de deterioros varían en forma continua, por lo que sólo se modelan mediante ecuaciones de progreso.

### **Deterioros relacionados con la textura superficial**

Están relacionados con la capacidad del pavimento para evitar el deslizamiento de vehículos, particularmente en presencia de agua sobre la superficie. Para evaluar el estado del pavimento en este rubro, el HDM-4 utiliza los siguientes indicadores:

- Profundidad de la textura
- Resistencia al deslizamiento



Los parámetros anteriores también varían en forma continua, por lo que, como las roderas o la irregularidad, sólo se modelan mediante ecuaciones de progreso.

El HDM-4 modela cada uno de los deterioros anteriores en forma separada, sin embargo, en última instancia, combina los resultados para obtener un pronóstico de la irregularidad del pavimento.

La aplicación de los modelos de deterioro incluye, también, una estimación de la pérdida de capacidad estructural del pavimento en el tiempo y del deterioro del drenaje. (Solorio & Hernández, 2004).

## **2.11. Índice internacional de regularidad (IRI)**

### **2.11.1. Concepto**

El índice internacional de regularidad, comúnmente llamado IRI por sus siglas en inglés (International Roughness Index), es la unidad estandarizada utilizada por excelencia para la medición de la regularidad.

El cálculo matemático del índice internacional de regularidad se define como la acumulación de desplazamientos verticales en valor absoluto, de la masa del vehículo con respecto a la masa asociada a la suspensión de un modelo de vehículo, entre la distancia recorrida sobre un camino que se produce por los movimientos al vehículo. Así, las unidades del IRI serán de longitud entre longitud, que debido a las magnitudes de estas se expresan mm/m, m/km, etc (Arriaga, 1998).

La norma que habla de pavimentos urbanos en el Perú es la **CE.010** del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) que establece algunos parámetros:

- La regularidad debe ser medida siempre en vías expresas o donde el personal responsable de la obra lo solicite en unidades IRI. Solo nos da una tolerancia máxima en vías expresas de 2.5 m/km.



- Se podrá utilizar cualquier método técnicamente aceptable para medir la regularidad, siempre previamente aprobado por la supervisión.
- Se deberá medir la regularidad en toda la longitud de la superficie de rodadura y en ambas huellas vehiculares.
- La medición de la regularidad en pavimentos urbanos se realizará finalizada la obra como control final de calidad y aceptación de la misma.

### **2.11.2. Antecedentes**

En los años sesenta el Banco Mundial invirtió en la investigación de diversas vías en países subdesarrollados, llegando a concluir que la poca inversión en infraestructura vial solo llevaba a gastos mayores de los usuarios al circular por estas. Se identificó así, que la regularidad en la capa de rodadura era una de las variables principales en cuanto al gasto por circular.

Una gran dificultad encontrada en la investigación fue que los datos de diversas carreteras eran muy difíciles de comparar, dado que cada país contaba con diferentes métodos y unidades para medir la regularidad. Es por ello que se pensó en buscar una escala única que pudiera servir de parámetro de comparación y estandarización.

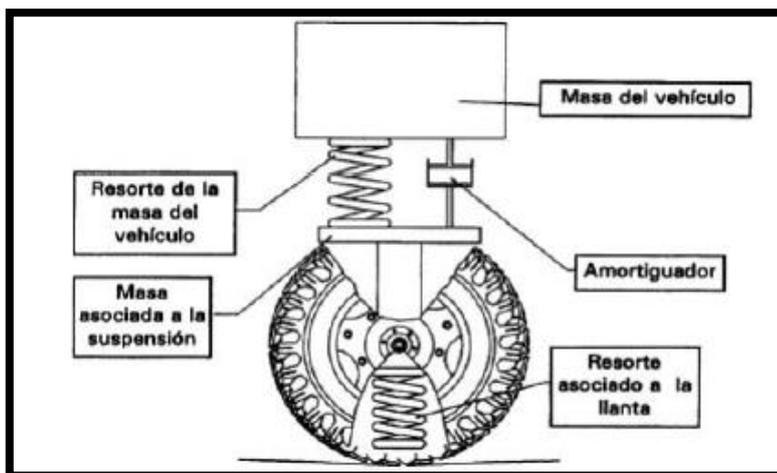
Fue así que, en 1982, el Banco Mundial comenzó a experimentar con diferentes métodos para lograr establecer correlaciones y un estándar único de calibración para la regularidad en Brasil. Debido a que todos se basaban en deformaciones se logró llegar a correlacionar los diferentes métodos y una vez establecido este punto, se planteó como objetivo principal encontrar un índice de referencia conocido hoy en día como el Índice de Regularidad Internacional (IRI). Modelo de cuarto de carro

Para el cálculo del IRI emplearon ecuaciones que se basaron simplemente en las deflexiones y que no dependieran de parámetros como el tiempo de muestreo. Se buscó

un modelo que representase las vibraciones que podría tener un pasajero en un vehículo cualquiera, por lo que se eligió un modelo de cuarto de carro.

El modelo de cuarto de carro (quarter car) se basa en una rueda representada por un resorte vertical, la masa del eje soportada por la llanta, un resorte de la suspensión, un amortiguador y la masa del vehículo soportada por la suspensión de la rueda (Figura 9). Las deflexiones a lo largo del camino son acumuladas y divididas entre la distancia horizontal para calcular la regularidad en IRI como dice su propia definición (Sayers & Karamihas, 1998)

Figura 9: Modelo de cuarto de carro

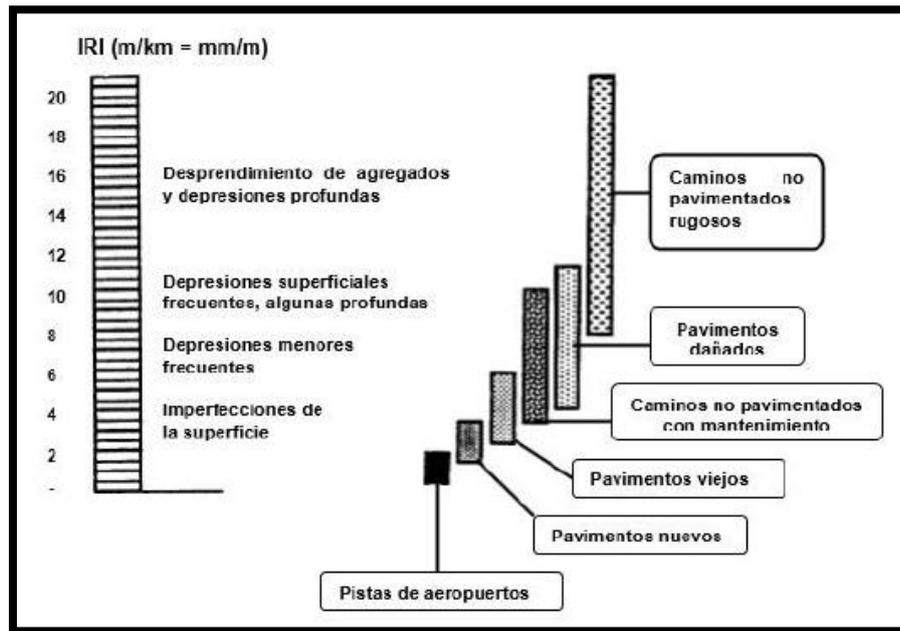


*Fuente: IMT, 2002*

### 2.11.3. Escala y características del IRI

El IRI tiene unidades de mm/m, m/km. Varía de 0 a 20 m/km (regularidad 0 m/km es un camino uniforme perfecto y 20 m/km ya casi imposible de transitar). En la Figura 10 se muestran la regularidad para diferentes tipos de pavimentos.

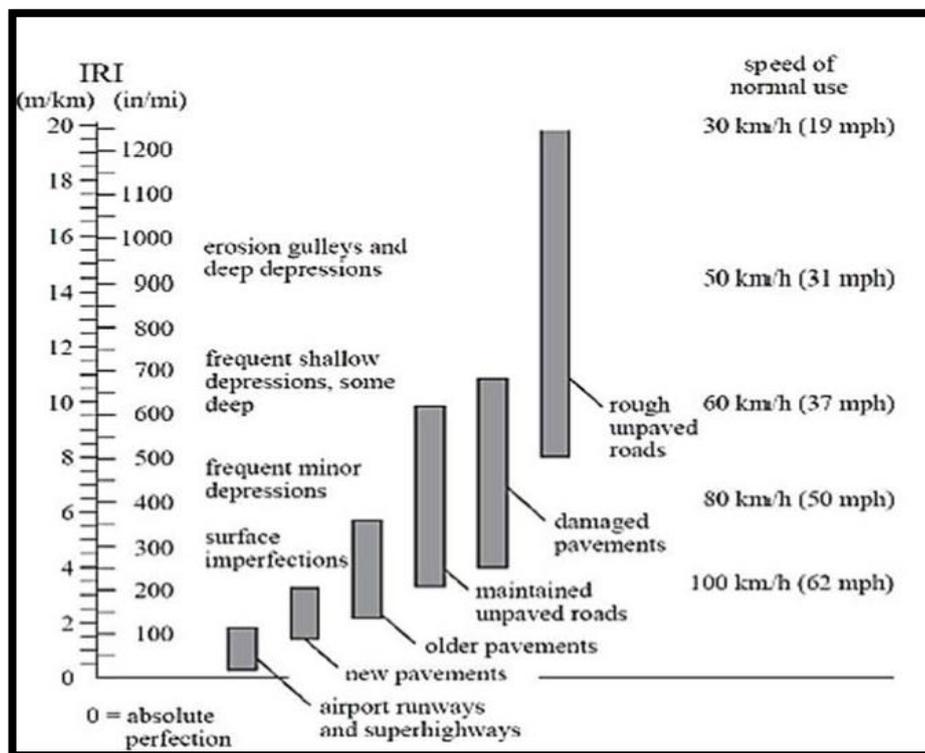
Figura 10: Regularidad IRI en diferentes tipos de pavimentos



*Fuente: IMT, 2002*

Luego de diversos muestreos en diferentes tipos de pavimentos con diferentes regularidades, el departamento de transporte de la Universidad de Michigan concluyó en 1998 la tabla expuesta a continuación, donde estipula la velocidad máxima que se puede desarrollar según la regularidad de la vía. Es una tabla muy importante pues es con esta que se basan los márgenes de regularidad para diferentes proyectos según la velocidad que se permitirá como límite superior, por ejemplo, el caso de la norma peruana que exige máximo 2.5 m/km de IRI para vías expresas, tiene que ver con el límite de velocidad máxima con la que se diseñan estas vías de entre 80 y 100 km/h. (Almenara, 2015)

Figura 11: Velocidad máxima según regularidad de las vías.



*Fuente: Interpretation of Road Roughness Profile Data, Sayers & Karamihas, 1998.*

#### 2.11.4. Métodos de medición del IRI

Como mencionamos con anterioridad, la clasificación IRI fue propuesta por el Banco Mundial para estandarizar la medición de la regularidad y poder estipular la calidad y confort de los pavimentos a nivel mundial. Según el uso de la vía la regularidad puede llegar a ser un factor determinante para la seguridad y funcionalidad de esta.

Con el tiempo el Banco Mundial estipuló que los métodos para medir la regularidad podían ser desde muy precisos hasta mera subjetividad por lo que decidió clasificarlos según la precisión (Sayers & Karamihas, 1998). Según este, los métodos usados para la determinación del IRI pueden clasificarse en 4 clases de precisión:

- **Clase 1: Perfiles de alta precisión**

Son los métodos más exactos pero considerados de bajo rendimiento, ya que la recolección de datos es lenta y requiere de mayor cantidad de horas en campo (hombre, máquina y herramienta), se basa en perfiles topográficos levantados cada 0.25 m con precisión de 0.5 mm (Referencia). Los métodos para esta clase son la Mira y Nivel y TRRL Beam.

Figura 12: Equipo de alta precisión mira, nivel y TRRL BEAM.



*Fuente: Diseño e Integración de un sistema de Adquisición de datos para la medición de perfiles en pavimentos, Nava – 2007.*

- **Clase 2: Obtención de IRI directo por ecuaciones**

Agrupar a los demás métodos que no cumplen con los niveles de precisión para la clase 1 pero también se basan en medir el perfil longitudinal directamente por medios digitalizados. Se usa generalmente en vías extensas y de importante confiabilidad, como vías expresas o alimentadoras dada la alta velocidad de medición.

Los perfilómetros buscan correlacionar la variación de los niveles respecto a una horizontal que se mueve con ellos, por lo que hace que el proceso de medición sea mucho

más rápido. Un ejemplo de perfilómetros de alta velocidad son el *APL Tráiler* y *GMR Type Inertial Profilometer* (Del Águila, 1999(b)), pero en esta clase se ubican muchos otros métodos tanto dinámicos como estáticos.

Figura 13: Perfilómetros de alta velocidad son el apl tráiler y gmr type inertial profilometer



*Fuente: Diseño e Integración de un sistema de Adquisición de datos para la medición de perfiles en pavimentos, Nava – 2007.*

- **Clase 3: Estimación del IRI con ecuaciones de correlación**

También llamados de tipo respuesta, se ubican todos los métodos basados en ecuaciones de correlación para estimar el IRI, sin mayores factores que afecten y corrijan los datos obtenidos en campo. Los métodos de esta clasificación más conocidos son *Bump integrator*, *Mays meter* y *NAASRA*

**Clase 4: Métodos subjetivos y no calibrados**

Permiten obtener resultados meramente referenciales y se emplean cuando se requieren únicamente estimaciones gruesas de la regularidad.



## 2.11.5. Roadroid en la medición del IRI

### 2.11.5.1. Antecedentes

El equipo de Roadroid, comandado por los suecos Hans Jones y Lars Forslöf, comenzó este proyecto a mediados de los noventa trabajando en un lenguaje de programación para móviles *Mobile ITS*, particularmente con un recolector de datos móviles, información del tiempo en vías y una base de datos de vías.

En el *Transportation Research Board* (TRB) de Washington en 2001, se presentó un proyecto sobre el rastreo de camiones, donde según la velocidad de estos se podía interpretar las condiciones de los pavimentos, es así que se decidió agregar a este una lectura de vibraciones a lo largo del rastreo.

Junto al *Royal Institute of Technology* se construyó un primer piloto entre el 2002 y 2003. Este primer piloto consistió en un acelerómetro de alta precisión, colocado al eje trasero de un vehículo de tracción delantera, conectado a una computadora que analizaba las señales.

Con estos primeros y prometedores resultados la administración nacional de caminos de Suecia (SNRA) se interesó en la investigación decidiendo financiar la validación de este prototipo y otras investigaciones enfocadas en caminos no pavimentados de grava.

Así, se desarrolló un vehículo especial de medición que consistía en una computadora de sistema windows que medía con un acelerómetro, conexión externa para GPS y datos móviles. Se programó además una opción para poder visualizar en la web los tramos en diferentes colores según la intensidad de las vibraciones.

Se presentó un primer estudio en el foro de transporte en Linköping en el año 2005, el cual se basaba en el estudio de 35 segmentos de 100 metros de diversas vías donde se mostraba un análisis físico de cada uno según cuatro aspectos:



- Amplitudes medidas por el acelerómetro
- Algoritmos basados en media cuadrática
- Medición de velocidades en vehículos
- Cantidad de datos en la muestra

Se comparó con la descripción hecha por expertos respecto a las vías y más de un 70% concordaron. Sin embargo, luego se comprobó que los resultados repetidas veces eran satisfactorios objetivamente pues la comparación con opiniones de expertos era muy subjetiva.

En 2006 se clasificó esta herramienta como relativamente económica y fácil de operar, logrando costos de venta muy altos. Sin embargo, poseía algunas limitaciones que venían por la infraestructura de vehículo, las conexiones entre los cables y la computadora, y la humedad en el ambiente.

Fue en 2010 que todas las ideas entre el 2002 y el 2006 fueron reevaluadas con una nueva y muy poderosa herramienta en mano, los *Smartphone* o teléfonos inteligentes, los cuales cuentan por si solos con acelerómetros, GPS, un procesador interno, memoria de almacenamiento y comunicación de datos.

Sin embargo, surgieron nuevas interrogantes como si es posible usar y correlacionar las medidas obtenidas en el chasis del vehículo, o como hacer frente a diferentes tipos de vehículos pues cada uno cuenta con diferentes propiedades de amortiguamiento y rigidez, o si será suficiente con la frecuencia de recolección de datos con la que cuenta un teléfono inteligente o la sensibilidad del acelerómetro, o si los resultados dependerán del modelo del teléfono inteligente se podrán obtener diferentes resultados. Se usó como base una aplicación para Android basada en logaritmos para



construir señales de acelerómetro. La elección del sistema operativo Android fue elegido sobre iOS por la relación de precio y performance.

El 2011 se comenzó a realizar muestras en diferentes vías, con diferentes vehículos y obstáculos contruidos. Se eligió el mejor hardware de la temporada que era una Galaxy Tab GT P1000, con diferentes vehículos desde autos pequeños hasta una 4WD Jeep a 6 diferentes velocidades 20, 40, 60, 80,100 y 120 km/h.

Luego de las muestras tomadas con diferentes dispositivos, con los algoritmos del Roadroid y las señales obtenidas por los acelerómetros se obtuvieron las siguientes tres conclusiones:

En primer lugar, que las diferencias entre vehículos tienen mayor variación a velocidades bajas, a velocidades entre 40 y 80 km/h si bien existen son mucho menores estas diferencias. Así, los estudios nos dieron un modelo de como calcular la influencia de la velocidad en tres tipos de chasis de vehículos. Segundo, que las discrepancias entre los dispositivos usados para las pruebas nos generan grandes diferencias incluso para frecuencias y sensibilidades de acelerómetros similares. Es por ello que la calibración será muy importante y nos servirá para escalar los resultados obtenidos a una muestra compatible.

Por último, es necesario un buen elemento de montaje que asegure un montaje lo más monolítico posible y que el lente de la cámara del dispositivo pueda dar al pavimento. Lamentablemente solo existen buenos elementos de montaje para pocos dispositivos en el mercado.

Para la visualización de la data obtenida en campo se desarrolló una herramienta que muestra en mapas la condición de los pavimentos. Los datos obtenidos son comprimidos y enviados a la nube, servicio de almacenamiento provisto por Amazon. Estos datos subidos y almacenados pueden ser visualizados en mapas como Open Street

Maps (OSM) o Google Maps por las coordenadas GPS de los Smartphone, el equipo Roadroid desarrollo una herramienta para mostrar la calidad de los pavimentos en colores según cuatro condiciones (pobres, no satisfactorios, satisfactorios o buenos) en las que cada tramo se pueda clasificar una vez calculados los valores de regularidad estimada en IRI.

Tabla 3: Condición de la vía según Roadroid.

Condición vía	eIRI
Buena	<2.5
satisfactorio	2.2-3.6
no satisfactorio	3.6 - 5.4
Pobre	>5.4

*Fuente: Roadroid, 2014(b).*

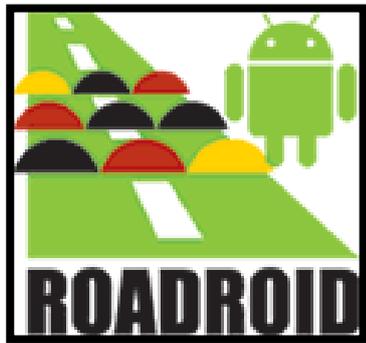
Según lo expuesto en el IV congreso regional IRF Latinoamericano de carreteras – Perú 2014, con esta aplicación se puede basar una gestión de mantenimiento de vías buscando optimizar economía versus nivel de servicio. El deterioro de una vía con el tiempo es inminente, sin embargo, existirá una gran diferencia en cuanto a costos y niveles de servicio de una superficie de rodadura desgastada comparada con una superficie ya colapsada.

En un futuro Roadroid buscará hacer esta aplicación pública, y una posible asociación a programas de navegación GPS. Esta podrá traer beneficios tanto para el usuario, pudiéndoles mostrar el estado del camino en las posibles rutas, como para los administradores de las vías, generándoles mediciones de regularidad hechas por los usuarios al pasar por estas actualizando así su base de datos automáticamente. (Almenara, 2015)

### 2.11.5.2. Definición

La aplicación para Smartphone o teléfonos inteligentes Roadroid debe su nombre a las palabras en inglés “road”, camino o vías traducido al español, y “droid” por Android, el sistema operativo en el cual esta aplicación esta codificada. Comenzó a desarrollarse en el 2010 buscando utilizar las herramientas preinstaladas en los dispositivos móviles con el objetivo de lograr una aplicación capaz de medir la regularidad de manera precisa y que a comparación de los instrumentos para medir regularidad existente en el mercado sea: portable, eficaz y sencilla de aplicar.

Figura 14: Icono Roadroid y premios obtenidos



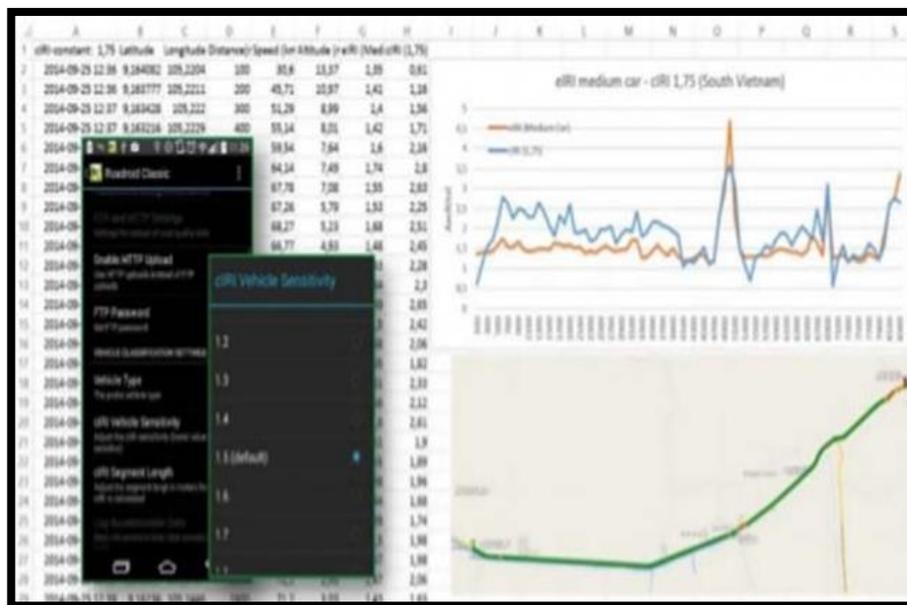
*Fuente: Roadroid, 2014(c)*

La aplicación permite medir la regularidad tomando como dato las vibraciones medidas por los acelerómetros con los que cuentan los teléfonos inteligentes y convirtiéndolas en unidades IRI a través de ecuaciones de correlación lineal, para un estimado, o mediante el modelo de cuarto de carro, para datos más precisos, esto quiere decir que realiza dos ensayos a la par para determinar la regularidad de manera estimada y calculada.

El IRI estimado se considera de precisión clase 3 según la clasificación del Banco Mundial dado que usa una ecuación lineal para la aproximación de resultados, mientras que el IRI calculado puede considerarse un método más preciso de clase 2 (Sayers M. , 1986(a)).

Actualmente, viene siendo implementado en diversos proyectos a nivel mundial y siendo presentado en diferentes congresos relacionados a transporte como en el IV Congreso Regional IRF Latinoamericano de Carreteras. Se ha hecho acreedor a diferentes reconocimientos como el *European Satellite Navigation Competition*, *World Summit Award* y el *International Road Federation Award* en el 2012, 2013 y 2014 respectivamente. (Vidal, 2016)

Figura 15: Pantalla de configuración del Roadroid



Fuente: Roadroid,2014.

### 2.11.5.3. IRI calculado, IRI estimado

Como se comentó desde la introducción, la aplicación Roadroid mide la regularidad en dos formas, que se explicarán a detalle: el IRI estimado (eIRI) y el IRI calculado (cIRI).

#### IRI calculado (cIRI)

El IRI calculado usa el modelo de cuarto de carro y usa un filtro de saturación, siendo el recomendado por el equipo Roadroid para obtener valores más precisos, ya que es considerado como un método de precisión clase 2 (Sayers & Karamihias, 1998). Necesita de una velocidad constante consistente para el muestreo.

Para medir en cIRI se tomará en cuenta todas las variables configuradas en el programa Roadroid, siendo importante especificarlas previamente en el programa. Estas son el tipo de vehículo, la sensibilidad para la medición y determinar la longitud de los segmentos entre 20 y 200m, longitud en la cual la simulación de los pesos oscilantes es calculada para determinar un valor de regularidad promedio por tramo. También se debe tener en cuenta mantener constante la velocidad de muestreo entre 60 y 80 km/h.

Los tipos de vehículos estipulados en la configuración son:

- Station Wagon
- Vehículo normal (Sedan)
- Camioneta de doble tracción o 4x4
- Bicicleta

Según lo analizado por el equipo Roadroid en distintos muestreos a lo largo de diversos países se llegó a la siguiente tabla de recomendaciones para la configuración del programa previo al muestreo.

Tabla 4: Control para mediciones de cIRI.

<b>Tipo de Vía</b>	<b>Asfalto</b>	<b>Grava</b>	<b>Tierra</b>
Velocidad	80 km/h	60	40
Sensibilidad Ciri	1,6	2,2	2,8
Longitud Tramo	40m	100m	200m

***Fuente: Roadroid,2014.***

Si el dispositivo de medición es correctamente calibrado, se podrá cubrir la demanda de calidad de una clase 2 para cualquier tipo de vía pavimentada o camino de trocha a velocidades constantes.



### **IRI estimado (eIRI)**

El IRI estimado usa una fórmula de conversión lineal siendo clasificado por el Banco Mundial como un método de medición de clase 3 de precisión. Cabe resaltar que las vibraciones dadas por la textura, sobre todo en macrotexturas, pueden afectar a esta estimación aumentando la regularidad.

Se sugiere el eIRI como una buena referencia, con valores confiables y muy aproximados a la realidad si se cumple el rango de velocidades entre 20 y 80 km/h. Los cambios en el rango de velocidades deben ser mínimos, dado que la aceleración puede afectar notablemente los resultados, se analizará un caso más adelante.

Para determinar esta ecuación de correlación se realizaron estudios en segmentos de 20 metros a lo largo de las vías de la base de datos nacional de caminos de Suecia (NVDB), que luego de ser comparados se decidió por una ecuación lineal de correlación con una dispersión  $R^2$  de 0.5 (75%). (Almenara, 2015, pág. 25)

#### **2.11.5.4. Variables de corrección**

Muchas dudas surgen sobre la confiabilidad de los resultados, más aún al hablar de resultados de IRI calculado de precisión clase2, sabiendo que entre el perfil real del camino (Y) y el perfil registrado para el análisis de regularidad con la aplicación Roadroid (X) existen diversos factores que pueden alterar los resultados. Estas condiciones externas son tratadas con las diferentes configuraciones solicitadas por el programa, a continuación, se detalla en un esquema las condiciones a las que se ve expuesta el programa y se explica cómo corrige el programa cada una de ellas:

- La trayectoria (d) seguida por el vehículo no afectará los resultados gracias a la calibración de la posición del equipo que solicita la aplicación, la cual nos permite solo leer las variaciones en el eje Z o eje vertical.



- El amortiguamiento (D) será corregido según el tipo de vehículo a utilizar, una configuración previa que también exige el programa.
- Si bien la adherencia, neumático – superficie (S) se da por la textura del pavimento, las pequeñas vibraciones podrán desviar el cálculo certero, es por ello que el programa solicita mantener altas velocidades constantes además de existir una configuración de sensibilidad capaz de contrarrestarlas.
- Las aceleraciones (a) generan una fuerza de arranque en el punto de contacto neumático – superficie, estas fuerzas por acción y reacción afectarán al vehículo respecto a su centro de gravedad (CG), este vector fuerza trasladado al CG del vehículo contendrá una componente vertical y una horizontal. Es la componente Vertical la que genera alteraciones en la medición pues genera vibraciones en el eje Z percibidas por el programa, es por ello el programa exige mantener velocidades constantes. Más adelante se presentan estudios realizados en Lima que muestran cómo influyen estos cambios en la velocidad.
- El tráfico (T), más allá de los cambios de velocidad que representa, genera vibraciones en el vehículo donde se realiza la medición debido a factores externos como ruidos, motores de otros vehículos y más que serán registradas por el programa alterando las mediciones. (Almenara, 2015, pág. 28)

#### **2.11.6. Importancia del IRI en metodología del análisis HDM 4**

La irregularidad del pavimento, expresada en términos del índice de regularidad internacional IRI constituye un elemento central en el uso del HDM-4 para evaluar inversiones en proyectos carreteros.

El concepto de irregularidad se refiere a las imperfecciones de la superficie de la carpeta que inciden en la velocidad, costos de operación vehicular, seguridad vial, y la



comodidad de los usuarios al circular por las carreteras, así como en su percepción con respecto al nivel de servicio ofrecido por las mismas.

La irregularidad afecta directamente la dinámica vehicular, incrementando el desgaste de las llantas y los componentes mecánicos de los vehículos, además de un impacto considerable en el consumo de combustible.

En efecto, el índice de regularidad internacional IRI, además de ser una medida objetiva de la irregularidad del pavimento, constituye un indicador de su condición global, ya que en él inciden otros deterioros del pavimento. De hecho, el procedimiento para la predicción del IRI en el HDM-4 consiste básicamente en estimar en cada año del periodo de análisis considerado, los efectos de otros deterioros en el IRI.

Esta correlación plasmada en el conjunto de modelos RUE simplifica considerablemente el análisis de los efectos de la condición del pavimento sobre los vehículos de los usuarios al expresar está en términos de un solo indicador, y explica por qué el fin último de los modelos RD consiste en evaluar el impacto de los distintos modos de deterioro en el IRI.

La metodología de análisis empleada por el HDM-4 para evaluar alternativas de inversión en proyectos vehiculares, se basa en la comparación de los costos de las acciones para mejorar la condición de los pavimentos, con los beneficios producidos por esas acciones, los cuales, en una proporción significativa, corresponden a ahorros en los gastos de operación vehicular. Tomando en cuenta la correlación que existe entre estas erogaciones y el IRI, se concluye que este parámetro es de una importancia primordial en el funcionamiento del sistema, lo que constituye otro elemento de justificación para su elección como principal resultado de los modelos de deterioro en la evaluación de la sensibilidad de los mismos. (Solorio & Hernández, 2004)

Tabla 5: Valores de IRI según condición de la vía.

ESTADO DE LA VIA	IRI(m/km)
Bueno	<2.8
Regular	2.8 - 4
Malo	4 - 5
Muy Malo	>5

*Fuente: MTC – Provias.*

## 2.12. Metodología del PCI (Índice de condición del pavimento)

### 2.12.1. Introducción

El índice de condición del pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de gestión vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales se presentan a continuación.

Se presentan la totalidad de los daños incluidos en la formulación original del PCI, pero eventualmente se harán las observaciones de rigor sobre las patologías que no deben ser consideradas debido a su génesis o esencia ajenas a las condiciones locales

### 2.12.2. Índice de condición del pavimento (PCI)

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación

que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En la figura 16 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Figura 16: Rangos del PCI

Rango PCI %	Color	Estado
0-10	Gray	Falla
11-25	Red	Muy Malo
26-40	Red	Malo
41-55	Pink	Regular
56-70	Yellow	Bueno
71-85	Green	Muy Bueno
86-100	Dark Green	Excelente

*Fuente: PCI, Rodríguez – 2009.*

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima. (Vásquez, 2002)

## 2.13. Manual de daños en vías con superficies de concreto asfáltico

### 2.13.1. Piel de cocodrilo.

*Descripción*, las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60 m.

#### *Niveles de severidad*

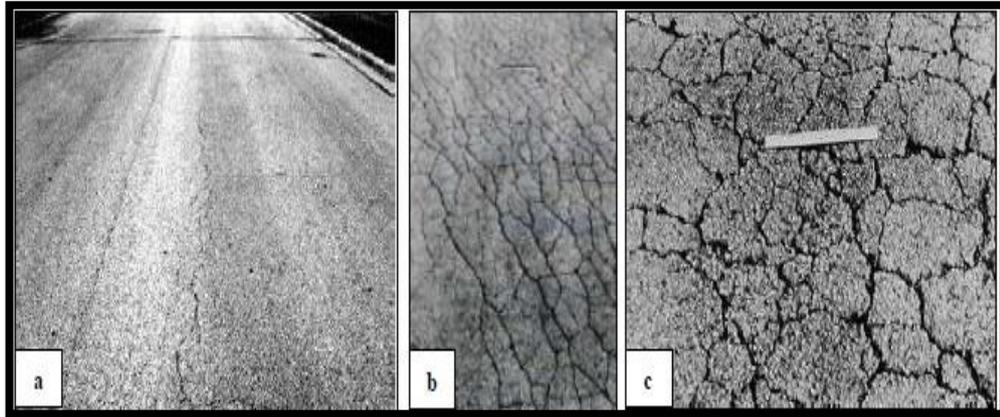
- L (Low: Bajo): Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas.
- M (Medium: Medio): Desarrollo posterior de las grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.
- H (High: Alto): Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que los pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito.

#### *Medida: m<sup>2</sup>*

#### *Opciones de reparación*

- L: No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta.
- M: Parcheo parcial o en toda la profundidad (Full Depth). Sobrecarpeta.  
Reconstrucción
- H: Parcheo parcial o Full Depth. Sobrecarpeta. Reconstrucción

Figura 17: Piel de cocodrilo de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c).



*Fuente: Pavement Management For Airports, Roads And Parking Lots, M. Shahin - 1994.*

### 2.13.2. Exudación

**Descripción,** la exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, ese asfalto se acumulara en la superficie.

#### *Niveles de severidad.*

- L: La exudación ha ocurrido solamente en un grado muy ligero y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos.
- M: La exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas al año:

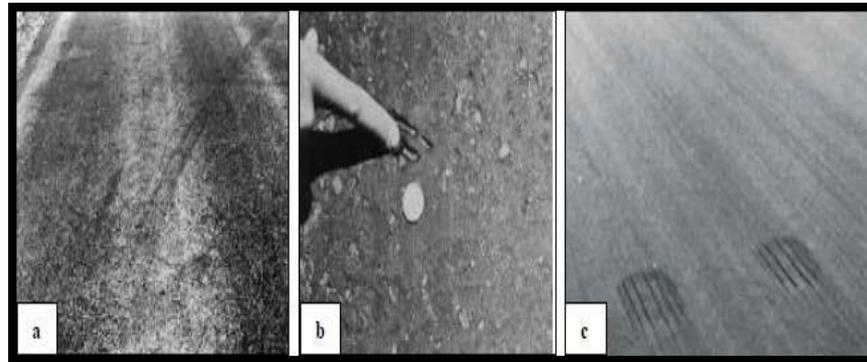
- H: La exudación ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año:

**Medida:**  $m^2$

#### Opciones de reparación

- L: No se hace nada.
- M: Se aplica arena / agregados y cilindrado.
- H: Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentado si fuera necesario).

Figura 18: Exudación de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c)



**Fuente:** *Pavement Management For Airports, Roads And Parking Lots, M.*

*Shahin - 1994.*

#### 2.13.3. Agrietamiento en bloque

**Descripción,** las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30m x 0.30m a 3.0m x 3.0m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño difiere de la

piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos. También a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa).

#### *Niveles de severidad*

- L: Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para grietas longitudinales y transversales.
- M: Bloques definidos por grietas de severidad media.
- H: Bloques definidos por grietas de alta severidad.

#### *Medida: m<sup>2</sup>*

#### *Opciones de reparación*

- L: Sellado de grietas con ancho mayor a 3.0m. Riego de sello.
- M: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.
- H: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.

Figura 19: Agrietamiento en bloque de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c)



***Fuente: Pavement Management For Airports, Roads And Parking Lots, M. Shahin - 1994.***



#### **2.13.4. Abultamientos (BUMPS) y hundimientos (SAGS)**

**Descripción**, los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Los abultamientos, por otra parte, pueden ser causados por varios factores.

Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento. Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman "ondulaciones" (hinchamiento: swelling).

##### ***Niveles de severidad***

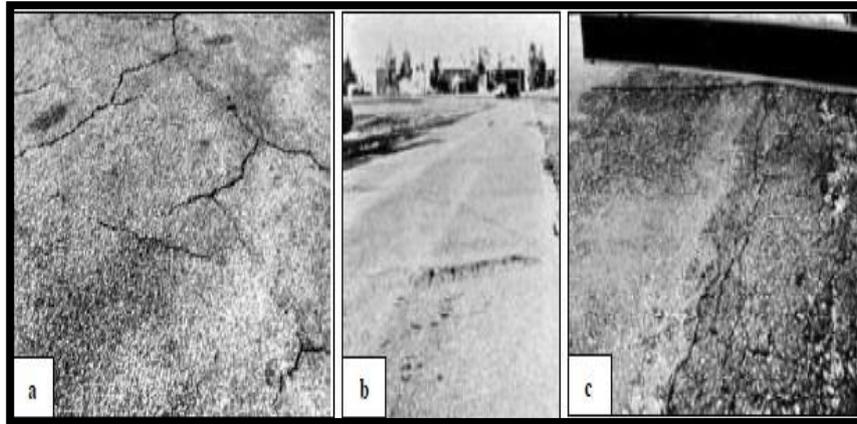
- L: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de baja severidad.
- M: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad media
- H: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad alta.

##### ***Medida: m***

##### ***Opciones de reparación***

- L: No se hace nada.
- M: Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial.
- H: Reciclado (fresado) en frío. Parcheo profundo o parcial sobrecarpeta.

Figura 20: Abultamientos y hundimientos de nivel de severidad bajo (a), medio (b). y alto (c).



*Fuente: Pavement Management For Airports, Roads And Parking Lots, M. Shahin - 1994.*

#### 2.13.5. Corrugación.

**Descripción**, la corrugación (También llamada “lavadero”) es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito.

Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestable. Si los abultamientos ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina corrugación.

##### *Niveles de severidad*

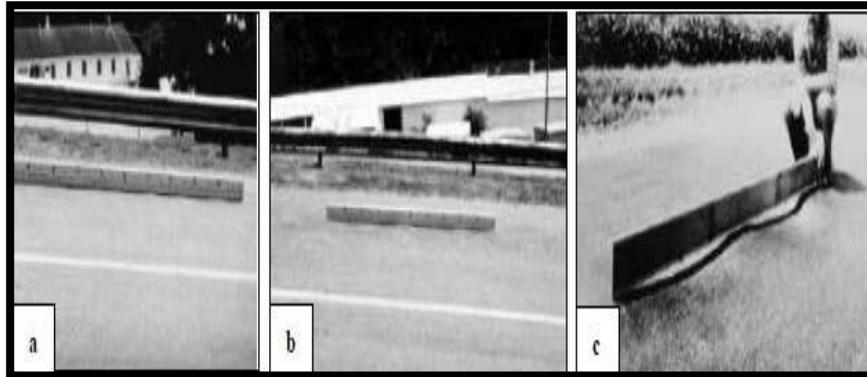
- L: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad.
- M: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad.
- H: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad.

##### *Medida: m<sup>2</sup>*

##### *Opciones de reparación*

- L: No se hace nada M: Reconstrucción H: Reconstrucción

Figura 21: Corrugación de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c).



*Fuente: Pavement Management For Airports, Roads And Parking Lots, M.*

*Shahin - 1994.*

#### 2.13.6. Depresión

**Descripción,** son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves solo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un “baño de pájaros” (bird bath). En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna regularidad y cuando están suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidroplaneo.

Los hundimientos a diferencia de las depresiones, son las brucas del nivel.

##### *Niveles de severidad*

Máxima profundidad de la depresión:

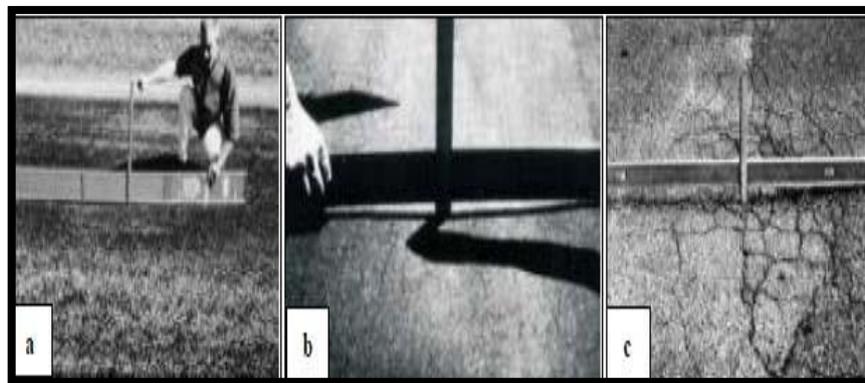
- L: 13.0 a 25.0 mm.
- M: 25.0 a 51.0 mm.
- H: Mas de 51.0 mm.

**Medida:**  $m^2$

**Opciones de reparación**

- L: No se hace nada.
- M: Parcheo superficial, parcial o profundo.
- H: Parcheo superficial, parcial o profundo.

Figura 22: Depresión de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c).



**Fuente:** *Pavement Management For Airports, Roads And Parking Lots, M. Shahin - 1994.*

### 2.13.7. Fisura de borde

**Descripción,** las grietas de borde son paralelas y generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse).

**Niveles de severidad**

- L: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.
- M: Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.

H: Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.

**Medida:** *m*

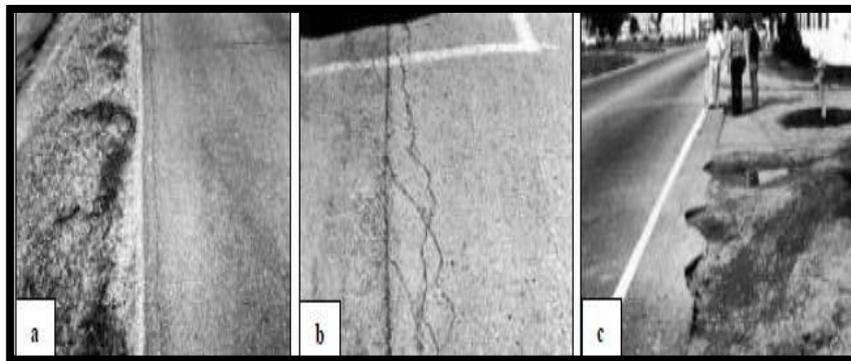
**Opciones de reparación**

L: No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3mm.

M: Sellado de grietas. Parcheo parcial – profundo.

H: Parcheo parcial – profundo.

Figura 23: Fisura de borde nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c).



**Fuente:** *Pavement Management For Airports, Roads And Parking Lots, M.*

*Shahin - 1994.*

#### 2.13.8. Desnivel carril / berma

**Descripción,** el desnivel carril / berma es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma o la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma.

**Niveles de severidad**

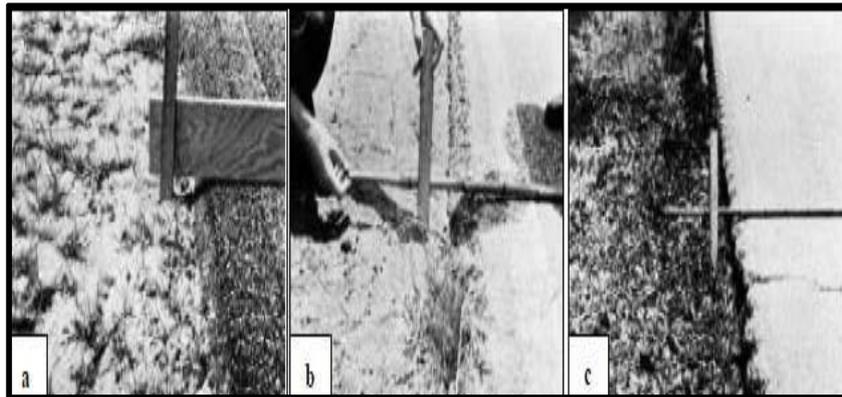
- L: La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma esta entre 25.0 y 51.0 mm.
- M: La diferencia está entre 51.0 y 102.0 mm.
- H: La diferencia en elevación es mayor que 102.0 mm.

***Medida: m***

***Opciones de reparación***

- L, M y H: Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril

Figura 24: Desnivel carril/berma nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c).



***Fuente: Pavement Management For Airports, Roads And Parking Lots, M.***

***Shahin - 1994.***

### **2.13.9. Fisuras longitudinales y transversales**

***Descripción***, las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o la dirección de construcción y pueden ser causadas por:

Una junta de carril del pavimento pobremente construida.

Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura.

Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de cemento Portland, pero no las juntas de pavimento de concreto.

Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o la dirección de construcción. Usualmente, este tipo de grietas no está asociado con carga.



### *Niveles de severidad*

L: Existe una de las siguientes condiciones:

- Grieta sin relleno de ancho menor de 10.0 mm.
- Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante)

M: Existe una de las siguientes condiciones:

- Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
- Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas.
- Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

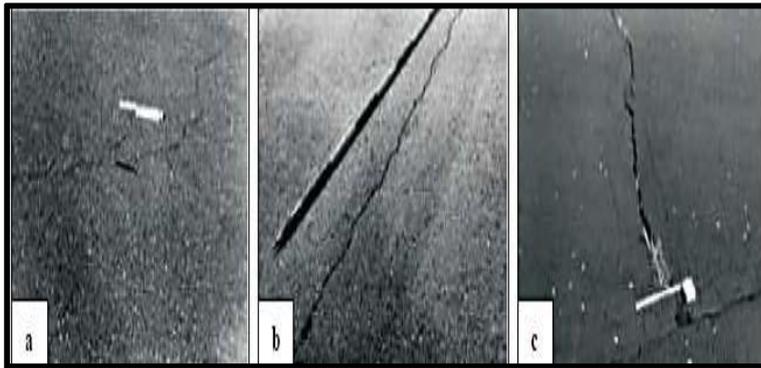
- Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta.
- Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho
- Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.

### *Medida: m*

### *Opciones de reparación*

- L: No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm.
- M: Sellado de grietas.
- H: Sellado de grietas. Parcheo parcial.

Figura 25: Fisuras nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c).



*Fuente: Pavement Management For Airports, Roads And Parking Lots, M. Shahin - 1994.*

#### 2.13.10. Parches

**Descripción**, un parche es un área de pavimento la cual ha sido reemplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche se considera un defecto no importa que tan bien se comporte (usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento). Por lo general se encuentra alguna regularidad está asociada con este daño.

##### *Niveles de severidad*

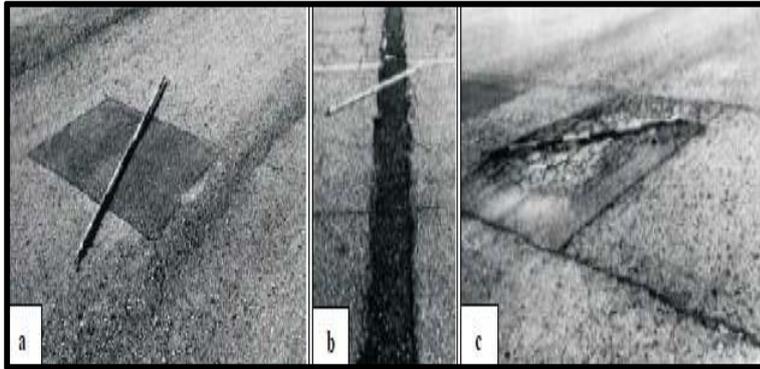
- L: El parche está en una condición buena y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.
- M: El parche esta moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media.
- H: El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.

##### *Medida: m<sup>2</sup>*

##### *Opciones de reparación*

- L: No se hace nada.
- M: Nos e hace nada. Sustitución del parche.
- H: Sustitución del parche.

Figura 26: Parches de cortes utilitarios de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c)



*Fuente: Pavement Management For Airports, Roads And Parking Lots, M. Shahin - 1994.*

#### 2.13.11. Pulimentos de agregados

**Descripción**, este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Cuando la porción de agregado que esta sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados debe contarse cuando un examen revela que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que la superficie del mismo es suave al tacto. Este tipo de daño se indica cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa.

### *Niveles de severidad.*

No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.

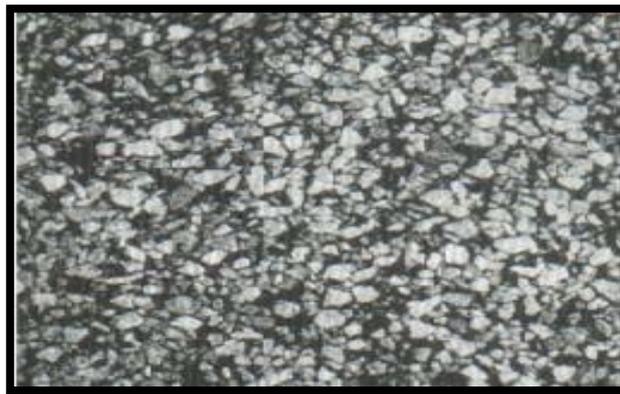
### *Medida: m<sup>2</sup>*

Si se contabiliza exudación, no se tendrá en cuenta el pulimento de agregados.

### *Opciones de reparación*

- L, M y H: No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Fresado y sobrecarpeta

Figura 27: Pulimento de agregados



*Fuente: Pavement Management For Airports, Roads And Parking Lots, M.*

*Shahin - 1994.*

### **2.13.12. Huecos**

*Descripción*, los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90m y con forma de tazón.

Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas

pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento o meteorización. Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos, no como meteorización.

### ***Niveles de severidad.***

Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con la tabla 6.

Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en pies cuadrados (o metros cuadrados) y dividirla entre 5 pies<sup>2</sup> (0.47m<sup>2</sup>) para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta.

Tabla 6: Niveles de severidad para huecos.

Profundidad Máximo del hueco	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H
> 50.8 mm	M	M	H

***Fuente: Pavement Condition Index, Vásquez -2002.***

### ***Medida:***

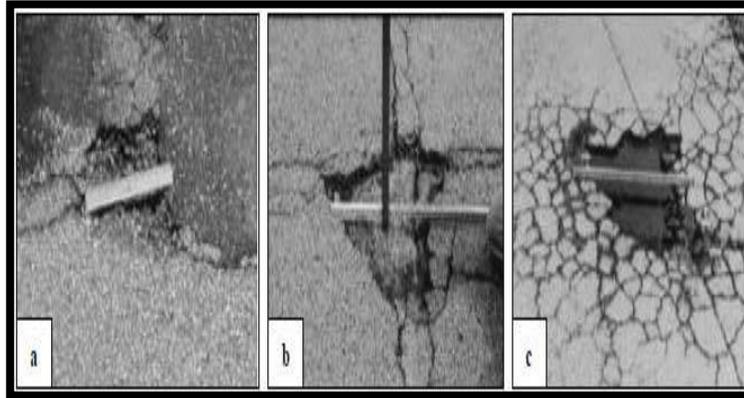
Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta y registrándolos separadamente.

### ***Opciones de reparación***

- L: No se hace nada. Parcheo parcial o profundo

- M: Parcheo parcial o profundo
- H: Parcheo profundo.

Figura 28: Huecos de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c).



*Fuente: Pavement Management For Airports, Roads And Parking Lots, M. Shahin - 1994.*

### 2.13.13. Ahuellamiento

**Descripción**, el ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero en muchos casos, este solo es visible después de la lluvia, cuando las huellas están llenas de agua.

El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.

**Niveles de severidad.**

**Profundidad media del ahuellamiento:**

- L: 6.0 a 13.0 mm.
- M: > 13.0 mm a 25.0 mm.

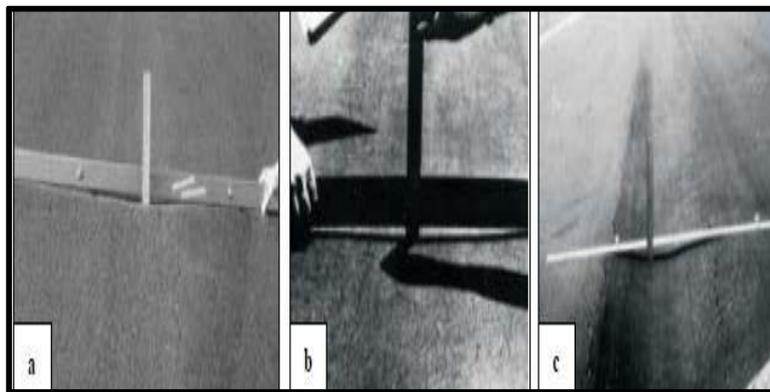
- H: > 25.0 mm.

*Medida: m<sup>2</sup>*

*Opciones de reparación*

- L: No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta.
- M: Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta
- H: Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.

Figura 29: Ahuellamiento de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c).



*Fuente: Pavement Management For Airports, Roads And Parking Lots, M. Shahin – 1994,*

#### 2.13.14. Desplazamiento

*Descripción*, el desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño solo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión).

Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento portland. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento portland se incrementa causando el desplazamiento

### *Niveles de severidad.*

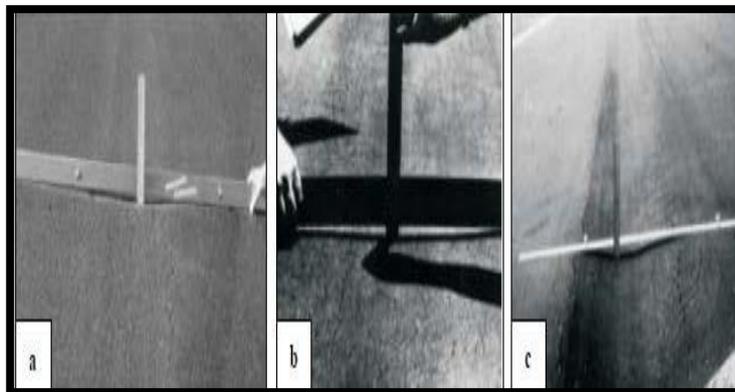
- L: El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad
- M: El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media
- H: El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

*Medida: m<sup>2</sup>*

### *Opciones de reparación*

- L: No se hace nada. Fresado.
- M: Fresado. Parcheo parcial o profundo.
- H: Fresado. Parcheo parcial o profundo.

Figura 30: Desplazamiento de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c).



*Fuente: Pavement Management For Airports, Roads And Parking Lots, M.*

*Shahin - 1994.*

#### **2.13.15. Grietas parabólicas (Slippage).**

*Descripción*, las grietas parabólicas por deslizamiento (slippage) son grietas en forma de media luna creciente. Son producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento.



Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura del pavimento. Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada.

***Niveles de severidad.***

L: Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm..

M: Existe una de las siguientes condiciones:

- Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm.
- El área alrededor de la grieta esta fracturada en pequeños pedazos ajustados.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

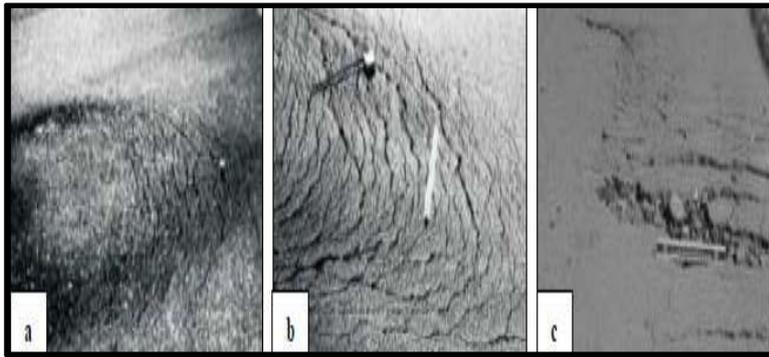
- Ancho promedio de la grieta mayor que 38.0 mm.
- El área alrededor de la grieta esta fracturada en pedazos fácilmente removibles.

***Medida: m<sup>2</sup>***

***Opciones de reparación***

- L: No se hace nada. Parcheo parcial.
- M: Parcheo parcial.
- H: Parcheo parcial.

Figura 31: Fisuras parabólicas de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto (c)



*Fuente: Pavement Management For Airports, Roads And Parking Lots, M.*

*Shahin - 1994.*

#### 2.13.16. Hinchamiento

**Descripción**, el hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento – una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0 m. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos.

##### *Niveles de severidad.*

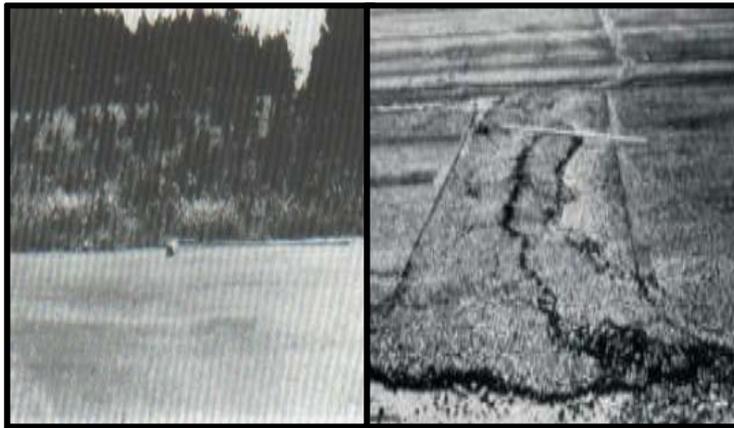
- L: El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad. El hinchamiento de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.
- M: El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media
- H: El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

**Medida:**  $m^2$

### *Opciones de reparación*

- L: No se hace nada.
  - M: No se hace nada. Reconstrucción
- H: Reconstrucción.

Figura 32: Hinchamientos



*Fuente: Pavement Management For Airports, Roads And Parking Lots, M. Shahin - 1994.*

#### **2.13.17. Peladura / desprendimiento de agregados.**

*Descripción*, la meteorización y el desprendimiento son la pérdida de la superficie del pavimento debido a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento.

#### *Niveles de severidad.*

L: Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede



verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.

M: Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.

H: Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran huecos. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado este suelto.

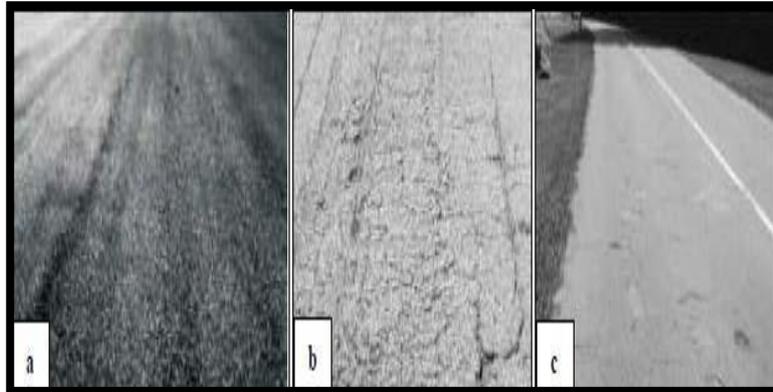
***Medida: m<sup>2</sup>***

***Opciones de reparación***

- L: No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.
- M: Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.
- H: Tratamiento superficial. Sobre carpeta. Reciclaje. Reconstrucción.

Para los niveles M y H, si el daño es localizado, por ejemplo, por derramamiento de aceite, se hace parcheo parcial.

Figura 33: Peladura/desprendimiento de nivel de severidad bajo (a), medio (b) y alto(c).



*Fuente: Pavement Management For Airports, Roads And Parking Lots, M.*

*Shahin - 1994.*

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Tipo de investigación

Descriptivo - Exploratorio

#### 3.2. Variables

- **Dependiente**

Gestión de vías

- **Independiente**

Programa HDM

#### 3.3. Recolección de la información

Para la recolección de datos se tuvo que hacer el análisis técnico y económico de 03 tramos de la av. Lampa de la ciudad de Juliaca ante diferentes políticas de mantenimiento.

##### 3.3.1. Instrumentos de recolección de la información.

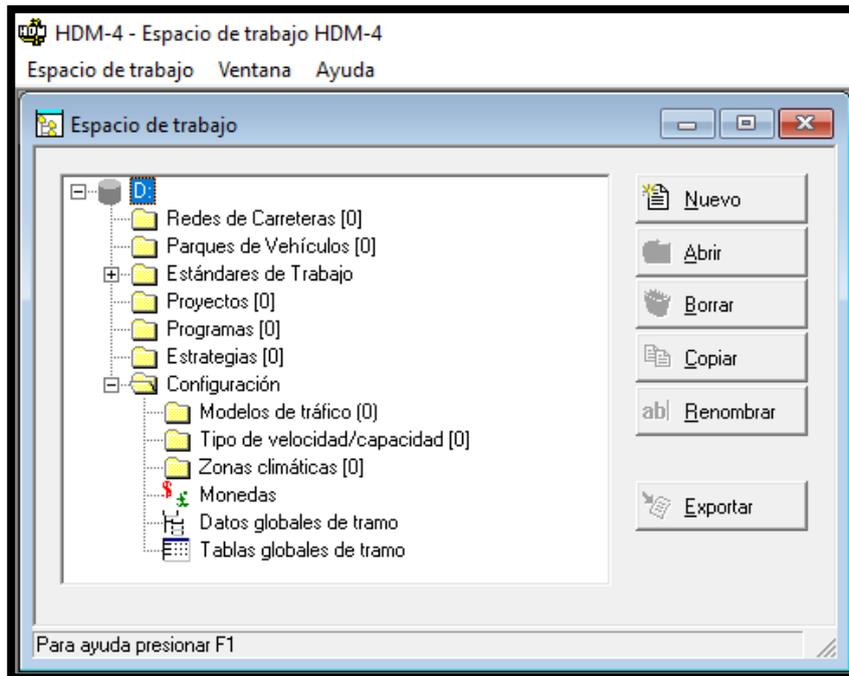
###### 3.3.1.1. HDM 4 v 1.3

Pantalla de carga del HDM – 4.



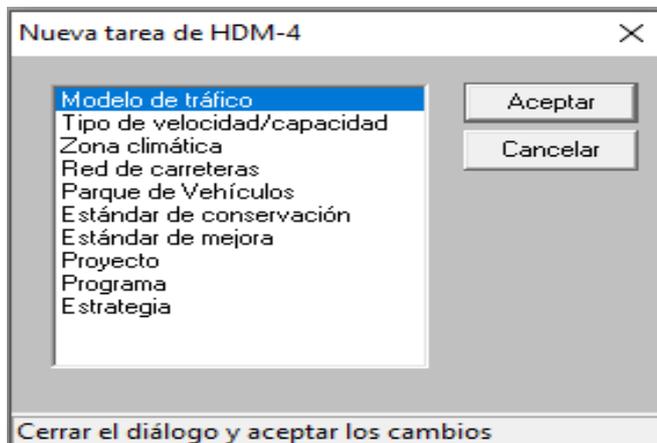
Dentro de la red de carreteras crear un nuevo estudio, al que denominaremos:

Figura 34: Ingreso del nombre del proyecto



*Fuente: HDM 4*

Figura 35: Ingreso del modelo de tráfico



*Fuente: HDM 4*

Dentro de la ventana seleccionamos el tramo I, para ingresar datos de las características del tramo, geometría, detalles constructivos del firme y datos del estado de la carretera.

A continuación, aparece un cuadro de diálogo en donde ingresaremos los datos que pide.

Figura 36: Ingreso de datos característicos del tramo I

Definición	
Nombre del tramo:	Tramo 1
ID del tramo:	T1
Nombre ruta:	Tramo 1
ID de ruta:	T1
Tipo de vel/cap:	Carretera Dos Camiles - Juliaca
Modelo de tráfico:	Vía Interurbana - Juliaca
Zona climática:	JULIACA - templado frio
Clase carretera:	Secundaria o principal
Tipo c.rodadura:	Bituminosa
Tipo fime:	Mezcla bituminosa sobre base granular
Longitud:	2,04 km
Ancho de calzada:	7,6 m
Ancho de arcén:	0,5 m
Número de camiles:	2
Tráfico	
Motorizado:	2977 IMD
No motorizado:	0 IMD
Año:	2019
Sentido:	Ambos sentidos

**Fuente:** HDM 4

Luego ingresamos a la pestaña de geometría, en donde ingresaremos los datos correspondientes de la tabla 27, se toman los valores promedios para cada tramo, rampas + pendientes (m/km) y curvatura horizontal media (°/km). La velocidad límite es de 70 km/h.

Figura 37: Ingreso de datos geométricos del tramo I

Tramo: Tramo 1

Definición Geometría Firme Estado

Rampas + pendientes: 1 m/km  
Curvatura horizontal media: 3 %/km  
Velocidad límite: 60 km/h  
Altitud: 3825 m  
Tipo dren: No hay efectos del drenaje

Detalles... Aceptar Cancelar

Altitud sobre el nivel del mar del tramo (en metros)

*Fuente: HDM 4*

Figura 38: Ingreso de datos del firme del tramo I

Tramo: Tramo 1

Definición Geometría Firme Estado

Nombre del tramo: Tramo 1 Longitud: 2.04 km  
ID del tramo: T1 Ancho de calzada: 7.2 m  
Nombre ruta: Tramo 1 Ancho de arcén: 0.6 m  
ID de ruta: T1 Número de carriles: 2  
Tipo de vel/cap: Carretera 2 carriles ( Av. Lampa - Ju  
Modelo de tráfico: Via interurbana (Av. Lampa - Juliaca  
Zona climática: Juliaca - Zona húmedo templado  
Clase carretera: Secundaria o principal  
Tipo c.rodadura: Bituminosa  
Tipo firme: Mezcla bituminosa sobre base granular

Trafico  
Motorizado: 2977 IMD  
No motorizado: 0 IMD  
Año: 2019  
Sentido: Ambos sentidos

Detalles... Aceptar Cancelar

Año en el que se registraron los valores de IMD anteriores

*Fuente: HDM 4*

Figura 39: Ingreso de datos del estado actual del tramo I

Tramo: Tramo 1

Definición | Geometría | Fime | Estado

Estado a final de año	2019
Regularidad (IRI - m/km)	8.17
Área total fisurada (%)	11.00
Área con desp. de áridos (%)	1.74
Número de baches (Nº/km)	41.00
Área con rotura de borde (m²/km)	0.00
Profundidad media de roderas	0.00
Textura (mm)	0.30
Rozamiento (SCRIM 50 km/h)	0.30
Drenaje	Muy malo ▼

Nuevo año  
Borrar año  
Ordenar años

Detalles... Aceptar Cancelar

Datos de estado anuales

Fuente: HDM 4

Figura 40: Ingreso de las características básicas de los vehículos

Características del vehículo: 01 Liviano (Automovil)

Definición | Características básicas | Costes económicos unitarios

Físicas

Espacio equiv. en vehículo de pasajeros: 1.4

Nº de ruedas: 4

Nº de ejes: 2

Neumáticos

Tipo neumático: Radial ▼

Nº de recauchutados: 1.3

Coste recauchutado: 15 %

Utilización

Km anuales: 25000 km

Horas trabajo: 480 h

Vida media: 10 años

Uso privado: 100 %

Pasajeros: 3 persona

Viajes de trabajo: 75 %

Carga

ESALF: 0

Peso en marcha: 1.5 toneladas ▼

Calibración...  
Valores por Defecto

Aceptar  
Cancelar

Factor de equivalencia del espacio de coche pasajeros (PCSE)

Fuente: HDM 4

Figura 41: Ingreso de costos económicos unitarios de los vehículos e insumos

Recursos del vehículo	
Vehículo nuevo:	26902
Mantenimiento:	2,89 por hora
Neumático repuesto:	79
Tripulación:	1,34 por hora
Combustible:	0,83 por litro
Gastos Generales:	500
Aceite lubricante:	3,24 por litro
Interés anual:	12,67 %

Valor del tiempo	
Pasajero: tiempo de trabajo:	2,64 por hora
Retraso carga:	0,14 por hora
Pasajero: tiempo de ocio:	0,5 por hora

*Fuente: HDM 4*

Figura 42: Pantalla principal de ingreso de datos de análisis de proyectos

Descripción: Juliaca ( Av. Lampa)

Analizar por:  Tramo  Proyecto

Año comienzo: 2021      Periodo análisis: 15 años

Red carreteras: Av. Lampa - Juliaca

Parque vehículos: Parque automotor

Moneda

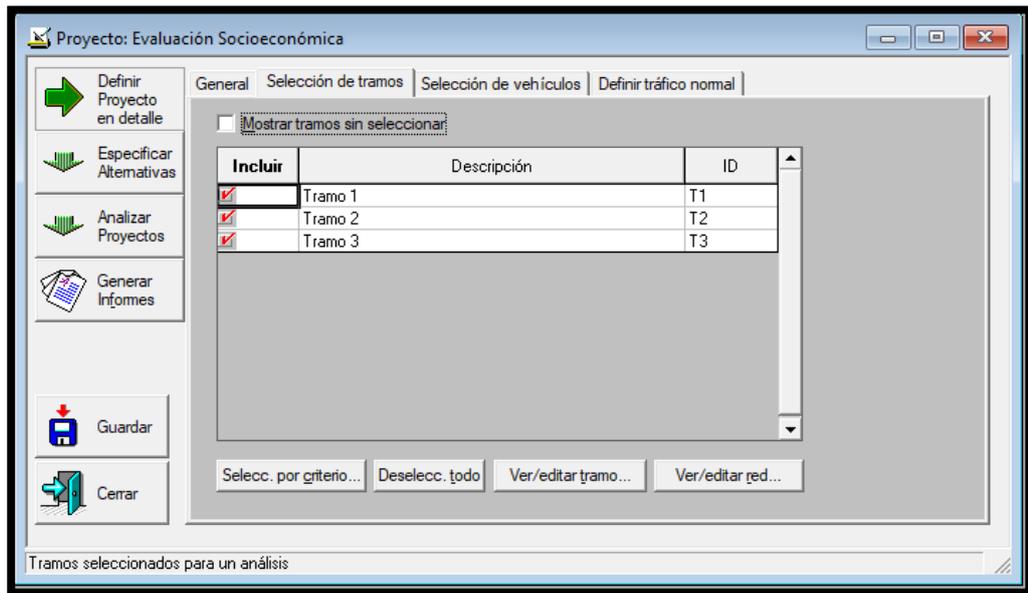
Parque: US Dollar x 1 = moneda salida

Trabajos: US Dollar x 1 = moneda salida

Salida: US Dollar

*Fuente: HDM 4*

Figura 43. Selección de tramos

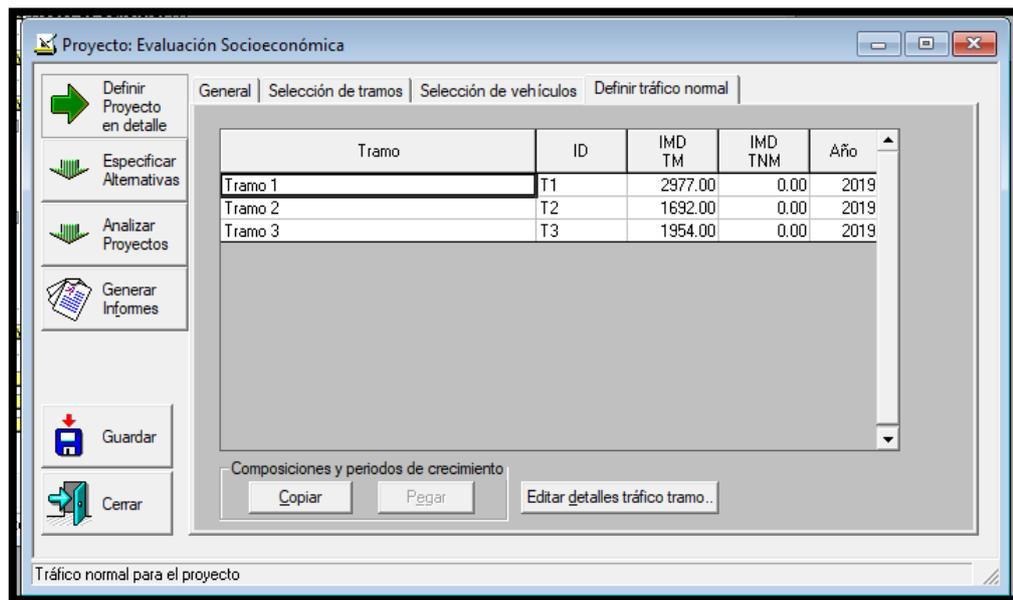


**Fuente:** HDM 4

Una vez ingresados todos los datos básicos que permiten definir una sección de carretera, la flota que circulará sobre la misma y las actividades de mejoramiento que pueden aplicarse, para determinar la estrategia más conveniente a aplicar en un proyecto debe utilizarse el módulo de análisis de proyectos.

Este módulo permite definir parámetros generales de la evaluación, como el período de análisis, las monedas de entrada y de salida, seleccionar cuál sección y flota se analizarán, y establecer la distribución porcentual de los distintos tipos de vehículos integrantes de la flota. (Chávez, 2008)

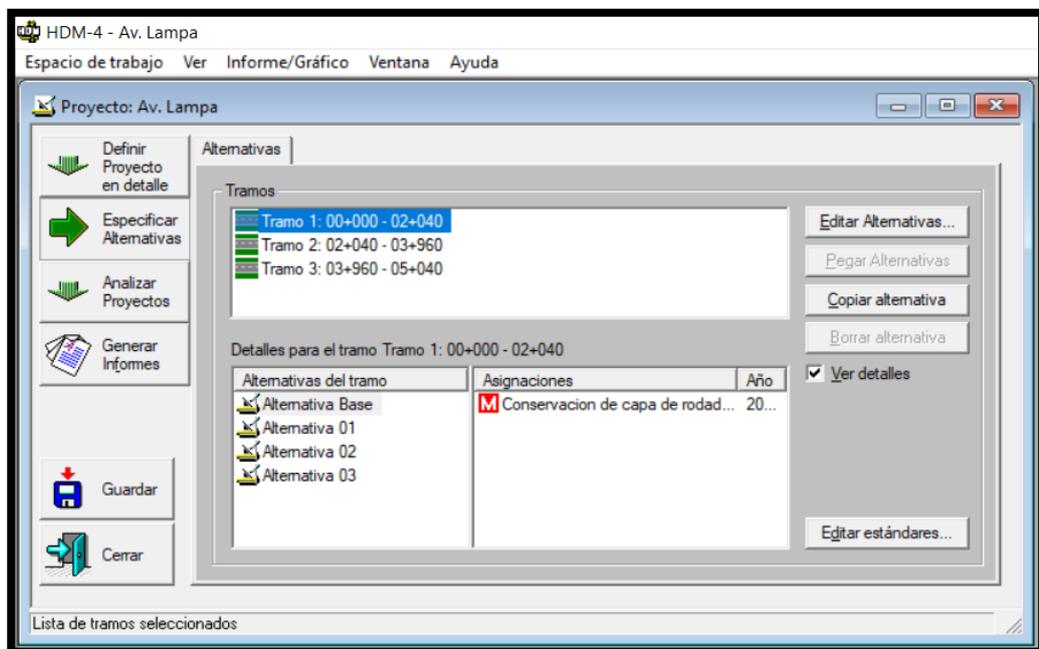
Figura 44. Ingreso de datos del tráfico en porcentaje para cada tramo



Fuente: HDM 4

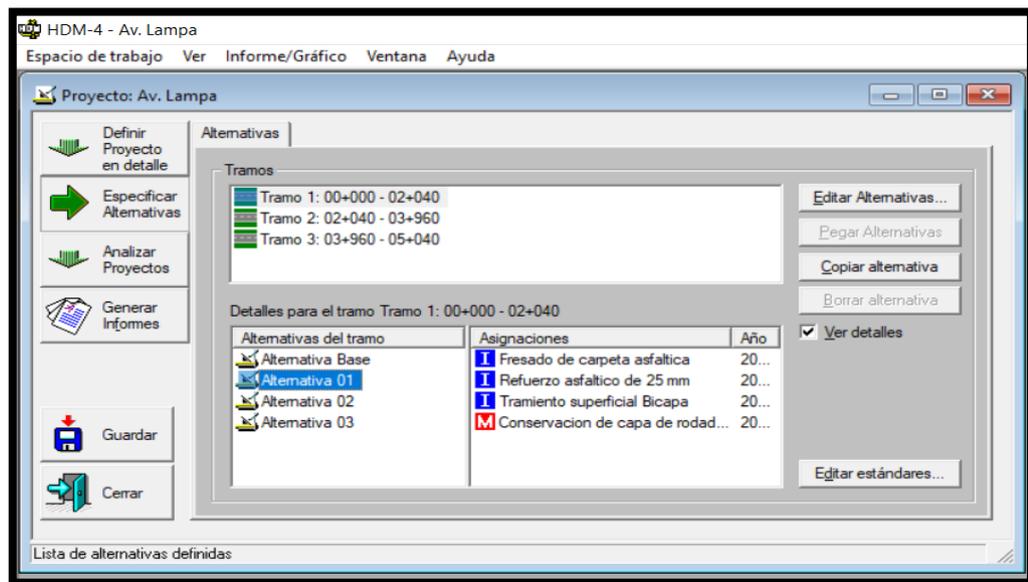
Ingreso de datos para crear estándares de conservación.

Figura 45: Creación de alternativa base



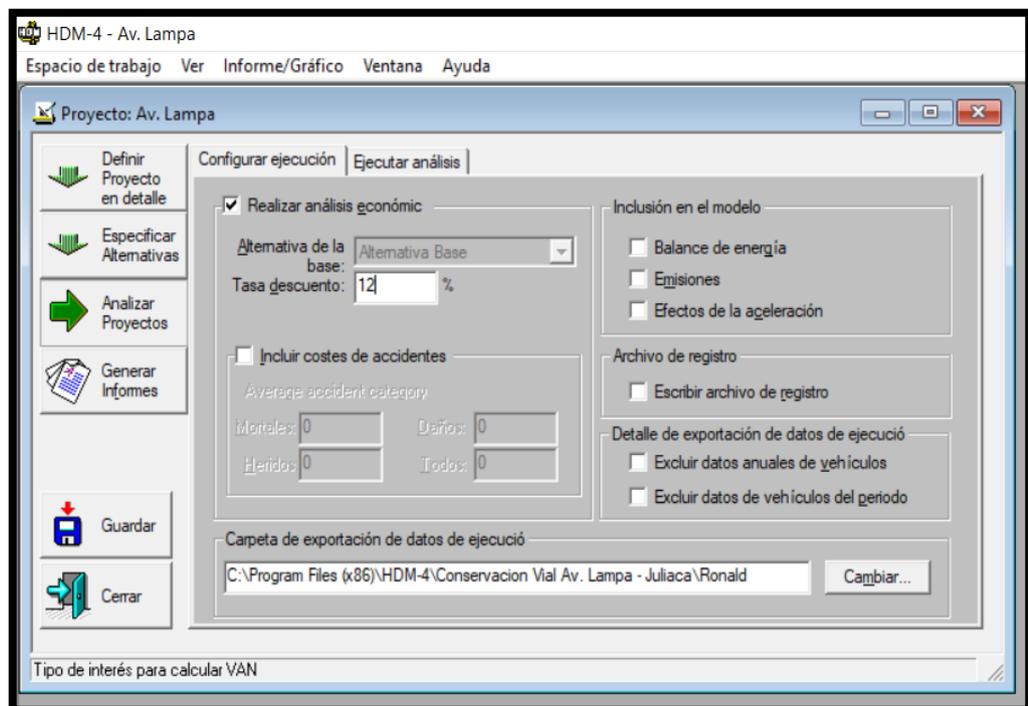
Fuente: HDM 4

Figura 46: Selección de estándares de conservación y mejora



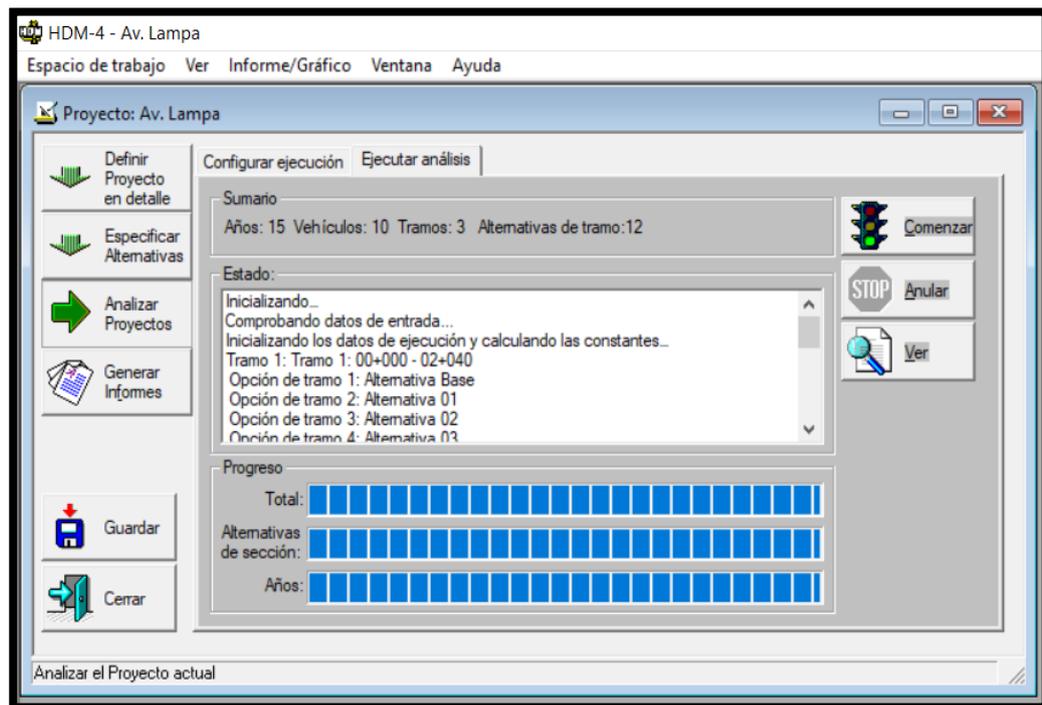
Fuente: HDM 4

Figura 47: Ingreso de la tasa de descuento



Fuente: HDM 4

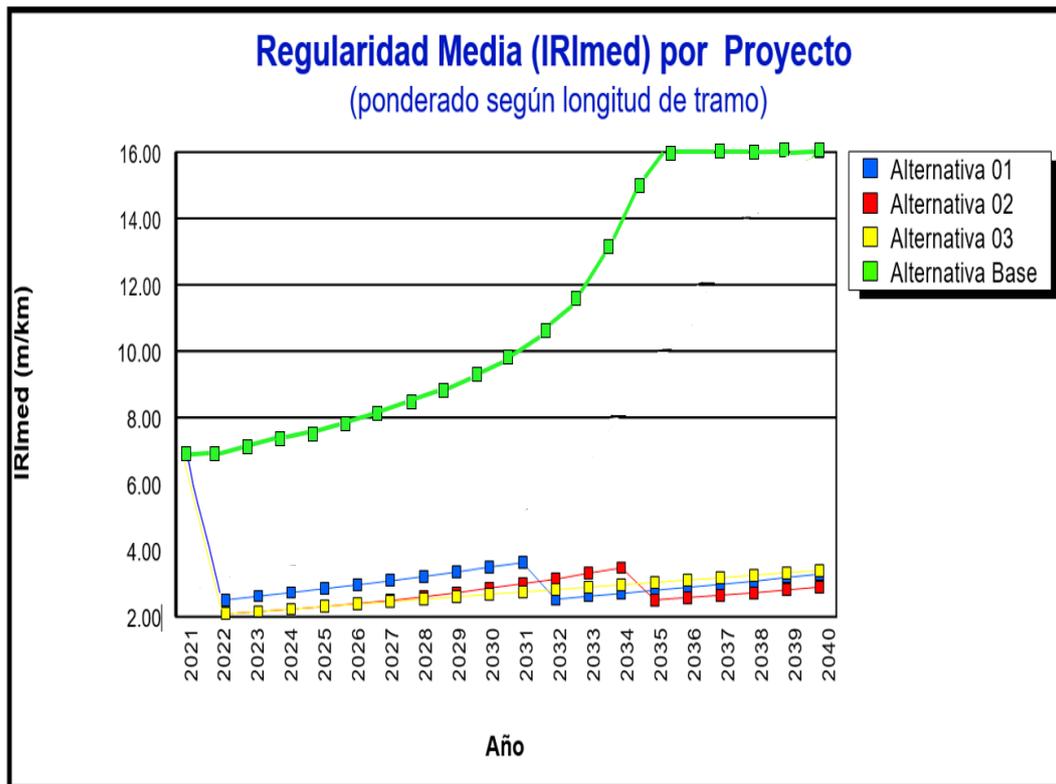
Figura 48. Finalmente se ejecuta y se puede pasar a generar los informes



*Fuente: HDM 4*

A través de los reportes presentados, es posible analizar tanto la evolución prevista del deterioro para las alternativas evaluadas y los consumos físicos en operación de vehículos, como los costos globales de construcción, conservación y operación, actualizados según la tasa de descuento prefijada. Los indicadores económicos entregados por el programa (VAN, TIR, etc.), permiten comparar entre las alternativas y determinar aquella que sea más rentable, o lo que es equivalente, de mínimo costo actualizado. De acuerdo al presupuesto disponible, el analista podrá decidir qué alternativa seleccionar para cumplir con las necesidades de la red en estudio.

Figura 49: Gráfica de regularidad promedio por alternativa del proyecto



Fuente: HDM 4

### 3.3.2. Metodología del PCI

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados. Las tablas son ilustrativas y en la práctica debe proveerse el espacio necesario para consignar toda la información pertinente.

#### 3.3.2.1. Determinación de las unidades de muestreo

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura:

Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango  $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$ . En la tabla 7 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Tabla 7: Longitud de las unidades de muestreo

Ancho de la calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 Máximo	31.5

*Fuente: PCI, Rodríguez - 2009.*

### 3.3.2.2. Determinación de las unidades de muestreo para evaluación

En la “Evaluación de una red” vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo. En la “Evaluación de un proyecto” se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación 1, la cual produce un estimado del PCI  $\pm 5$  del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

$$n = \frac{Nx\sigma^2}{\frac{e^2}{4}x(N-1) + \sigma^2} \dots \dots \dots (Ecuacion 1)$$

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e = 5%)

$\sigma$ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.



Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar ( $s$ ) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35) En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse.

Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco ( $n < 5$ ), todas las unidades deberán evaluarse.

### **Cálculo del número mínimo de unidades de muestreo del tramo I**

Primero calculamos el número total de unidades de muestreo, dividiendo la longitud del tramo entre la longitud de la muestra.

$$N = \frac{\text{Longitud del tramo I (m)}}{\text{Longitud de la muestra (m)}}$$

Longitud del tramo I = 2040 m

Longitud de la muestra = 40 m

$$N = \frac{2040 \text{ m}}{40 \text{ m}}$$

$$N = 51$$

$E = 5$

$\sigma = 10$ .

Una vez obtenido los datos reemplazamos en la siguiente ecuación.

$$n = \frac{N\sigma^2}{\frac{e^2}{4}x(N-1) + \sigma^2}$$

$$n = \frac{51 \times 100^2}{\frac{5^2}{4}x(51-1) + 10^2}$$



$$n = 12.36$$

### Cálculo del número mínimo de unidades de muestreo del tramo II

Primero calculamos el número total de unidades de muestreo, dividiendo la longitud del tramo entre la longitud de la muestra.

$$N = \frac{\text{Longitud del tramo II (m)}}{\text{Longitud de la muestra (m)}}$$

$$\text{Longitud del tramo II} = 1920 \text{ m}$$

$$\text{Longitud de la muestra} = 40 \text{ m}$$

$$N = \frac{1920 \text{ m}}{40 \text{ m}}$$

$$N = 48$$

$$E = 5$$

$$\sigma = 10.$$

Una vez obtenido los datos reemplazamos en la siguiente ecuación.

$$n = \frac{Nx\sigma^2}{\frac{e^2}{4}x(N-1) + \sigma^2}$$

$$n = \frac{48x100^2}{\frac{5^2}{4}x(48-1) + 10^2}$$

$$n = 12.19$$



### Cálculo del número mínimo de unidades de muestreo del tramo III

Primero calculamos el número total de unidades de muestreo, dividiendo la longitud del tramo entre la longitud de la muestra.

$$N = \frac{\text{Longitud del tramo III (m)}}{\text{Longitud de la muestra (m)}}$$

Longitud del tramo III = 1080 m

Longitud de la muestra = 40 m

$$N = \frac{1080 \text{ m}}{40 \text{ m}}$$

$$N = 27$$

E = 5

$\sigma = 10$ .

Una vez obtenido los datos reemplazamos en la siguiente ecuación.

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2}$$

$$n = \frac{27 \times 100^2}{\frac{5^2}{4} \times (27 - 1) + 10^2}$$

$$n = 10.29$$

#### 3.3.2.3. Selección de las unidades de muestreo para la inspección

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera.



El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la Ecuación 2:

$$i = \frac{N}{n} \dots \dots \dots \text{Ecuación 2}$$

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestreo, se redondea número entero inferior (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3).

El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i.

Así, si  $i = 3$ , la unidad de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para la evaluación se identifican como: s, s+i, s+2i, etc

Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 3 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 6, 9, 12, 15, etc.

**Cálculo del intervalo de muestreo del tramo I**

$N = 51$

$n = 12.36$

$$i = \frac{N}{n}$$

$$i = \frac{51}{12.36}$$

$$i = 4.12 \cong 4$$

Se tomó una muestra aleatoria para el tramo I, la unidad de muestreo inicial fue la muestra 3, y el intervalo de muestreo (i) es igual 4, entonces las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 7, 11, 15, 19 y así sucesivamente.



#### 3.3.2.4. Selección de unidades de muestreo adicionales

Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por ejemplo, “cruce de línea férrea”) queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio.

Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “*unidad adicional*” en lugar de una “*unidad representativa*” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección

#### 3.3.2.5. Evaluación de la condición

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición de los daños de este manual para obtener un valor del PCI confiable.

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

- a. Equipo
  - GPS manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
  - Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
  - Manual de daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.
  - Implementos de seguridad vial
- b. Procedimiento. Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el manual de daños, y se registra



la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida de los daños. Se usa un formulario u "hoja de información de exploración de la condición" para cada unidad de muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

- c. El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía

### **3.3.2.6. Cálculo del PCI de las unidades de muestreo**

#### ***Etapa 1. Cálculo de los valores deducidos:***

- 1.a Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna TOTAL del formato PCI- 01. El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.
- 1.b Divida la CANTIDAD de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el AREA TOTAL de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la densidad del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio
- 1.c Determine el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas "Valor deducido del daño" que se adjuntan al final de este documento, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

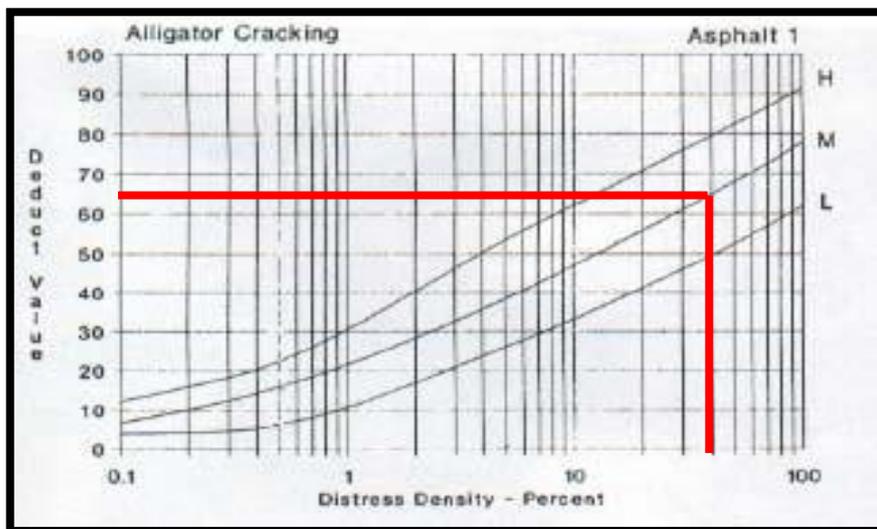
#### ***Etapa 2. Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m)***



*Etapa 4. Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3.*

### 3.3.2.7. Ejemplo de Cálculo del PCI

Cálculo del valor deducido para falla: Piel de cocodrilo en estado medio con una densidad 39.47% obteniendo un valor deducido de VD:64



Cálculo del valor deducido corregido para un valor deducido total de 135 y un  $q = 2$  obteniendo un valor deducido corregido de VDC:89

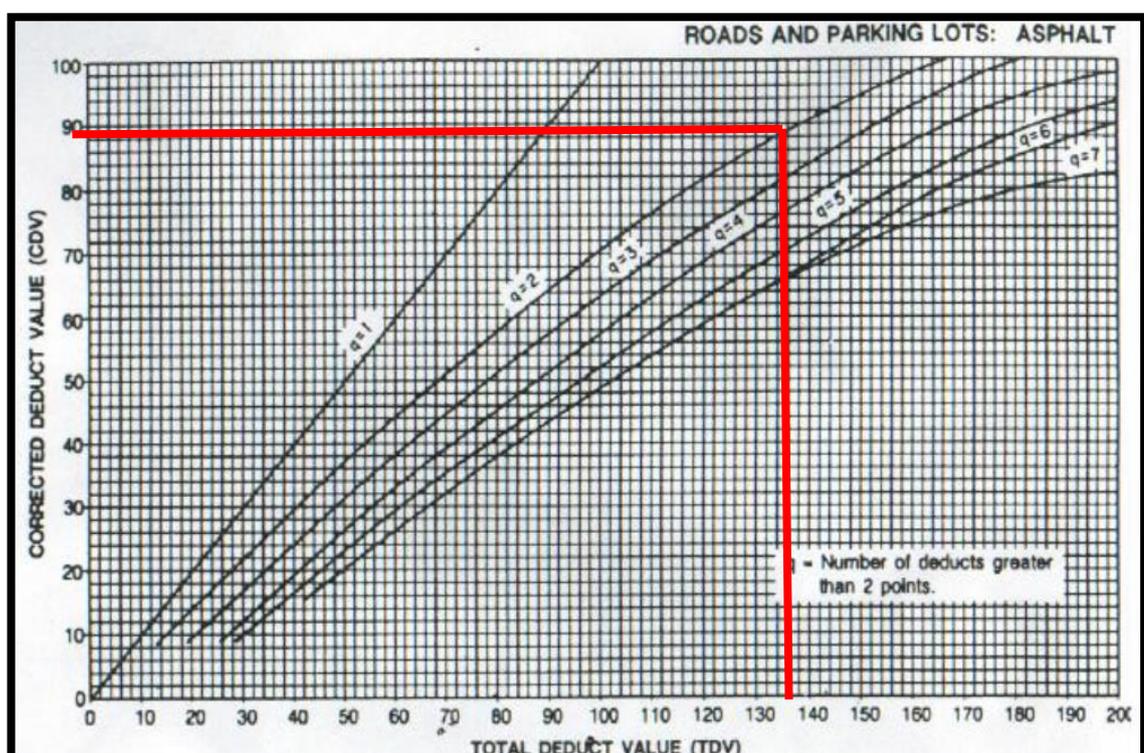


Tabla 8: Cálculo del PCI

MUESTRA U – 03							
N°	VALORES DEDUCIDOS				TOTAL	q	CVD
1	67	64	44	9	184	4	95
2	67	64	44	2	177	3	98
	67	64	2	2	135	2	89
3	67	2	2	2	73	1	73
4							
5							
6							
MÁXIMO CVD							98
PCI=100-maxCVD							2
RATING=FALLA							

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.2.8. Cálculo del PCI de una sección de pavimento

Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo.

Si se utilizó la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento:

- Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección, el

PCI será promedio ponderado de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas.

$$PCI_S = PCI_R = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{ri} \times A_{ri})}{\sum_{i=1}^n A_{ri}} \quad \dots \dots \dots \text{Ecuación 4}$$

Donde:

***PCI<sub>R</sub>*** = PCI ponderado del área de las unidades de muestra inspeccionadas en forma aleatoria.

***PCI<sub>ri</sub>*** = PCI de la unidad de muestra aleatoria "i".



$A_{ri}$  = Área de la unidad de muestra aleatoria "i".

$n$  = Número de unidades de muestra aleatoria inspeccionadas

- Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma:

$PCI_S$  = PCI de la sección del pavimento.

$PCI_R$  = PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias

o representativas

$PCI_A$  = PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

$N$  = Número total de unidades de muestreo en la sección.

$A$  = Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

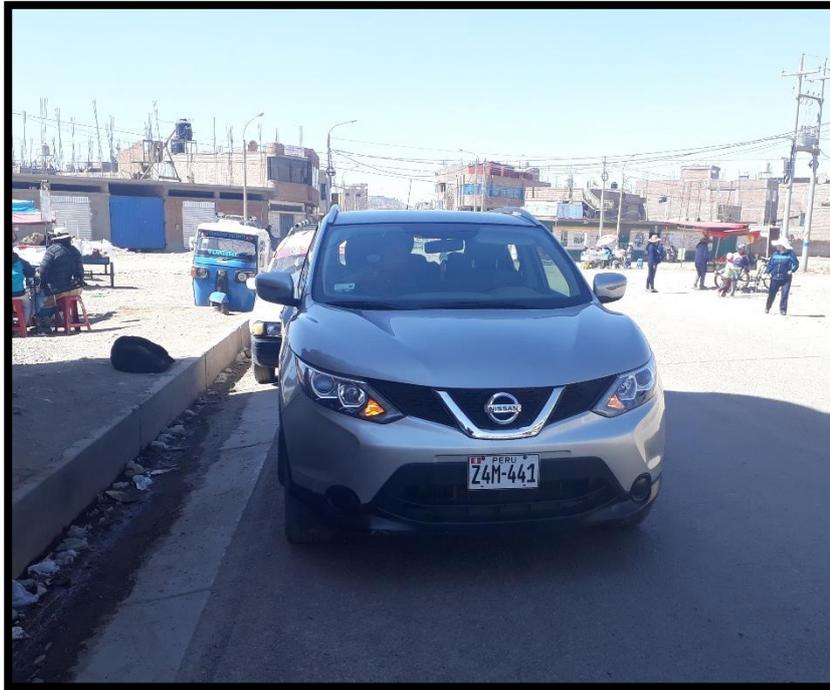
### 3.3.3. Índice de la regularidad IRI: Roadroid – v1.7.5

#### 3.3.3.1. Organización

Lo primero que se realizó fue organizar la ruta y definir un horario en la cual no existía mucho tráfico, de tal manera que la recolección de datos se efectuó en un rango de velocidad entre 20 a 80 Km/h (este rango de velocidades es la que se recomienda para obtener buenos resultados de RI estimado y calculado).

El recorrido de la ruta se inició en la av. Andrés Avelino Cáceres y culminó en el puente Unocolla, así de esa manera se recorrió los tres tramos de dicha avenida en estudio. Para lograr tal objetivo, se recolectaron los datos en 2 viajes, en el primero se recorrió la parte derecha de los carriles y la izquierda en el segundo viaje. Para obtener mejores resultados el recorrido se realizó en horas de la mañana (6:00 am) y con una velocidad constante de 40 Km/h.

Figura 50: Automóvil Nissan usado en la toma de datos



*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo*

### 3.3.3.2. Recolección de datos

En primer lugar, asegúrese de haber registrado su número IMEI en el sitio web, diligenciar el correo electrónico en la appa UseEqID y haber configurado correctamente el modelo del teléfono y tipo del vehículo.

Para la recolección de datos se debe seguir los siguientes pasos:

- Instalar la base o soporte del teléfono en la ventana delantera del vehículo a utilizar.
- Debemos asegurarnos de que la base este bien estable.
- Póngalo de modo que sea fácil llegar y tocar la pantalla del equipo móvil.
- Ponga el teléfono lo más recto posible, horizontal es a menudo la posición más adecuada para el uso de la función foto – GPS.

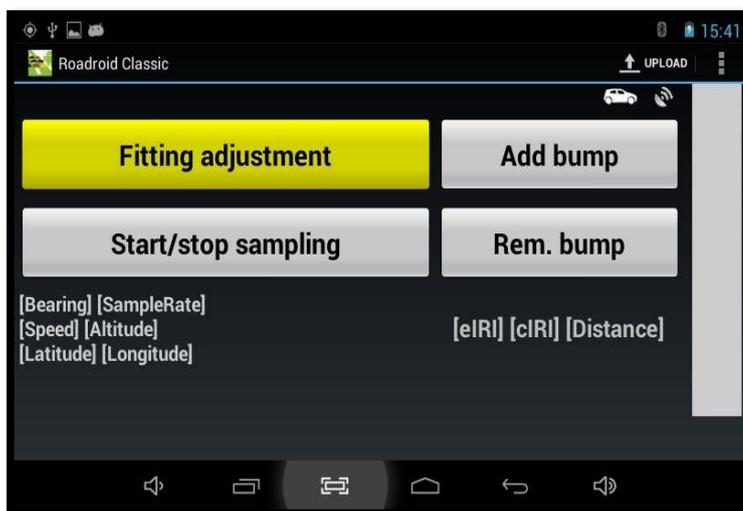
Figura 51: Instalación del móvil en el vehículo.



*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo*

Inicie la aplicación Roadroid pulsando el icono (1), pulse "Ok" para aceptar los ajustes (2). Pulse el botón amarillo "calibrar" (3).

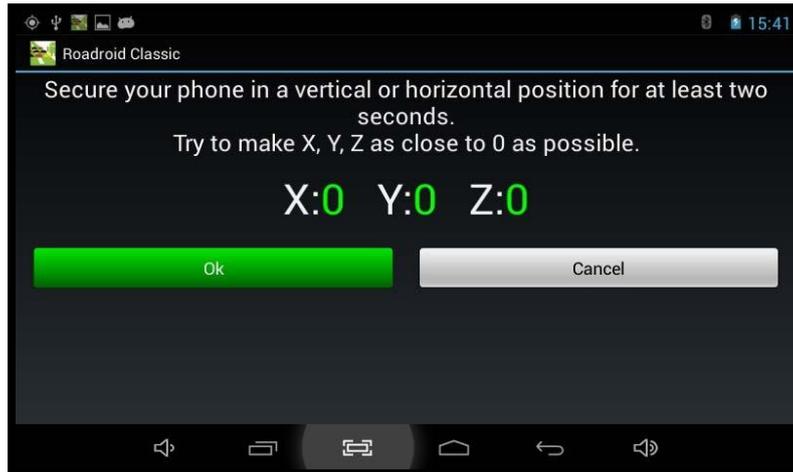
Figura 52: Pantalla inicio del Roadroid



*Fuente: Roadroid*

Es apropiado ajustar el teléfono para que X, Y, Z estén tan cerca de = 0 sea posible. El botón OK se volverá verde cuando se encuentre dentro de las tolerancias. Pulse el botón verde de OK.

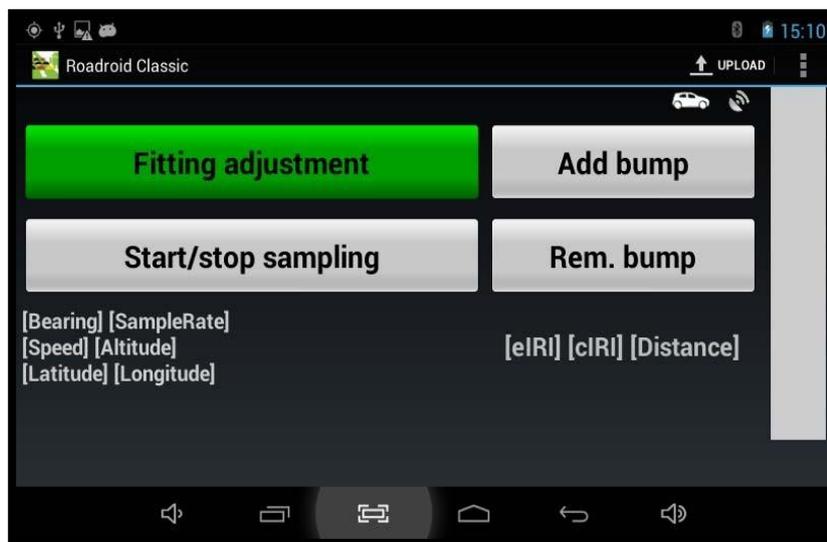
Figura 53: Calibración de móvil.



*Fuente: Roadroid*

Presione " Start/stop ampling" para recolectar los datos (El botón cambia de gris a rojo).

Figura 54: Pantalla calibrada para toma de datos.



*Fuente: Roadroid*

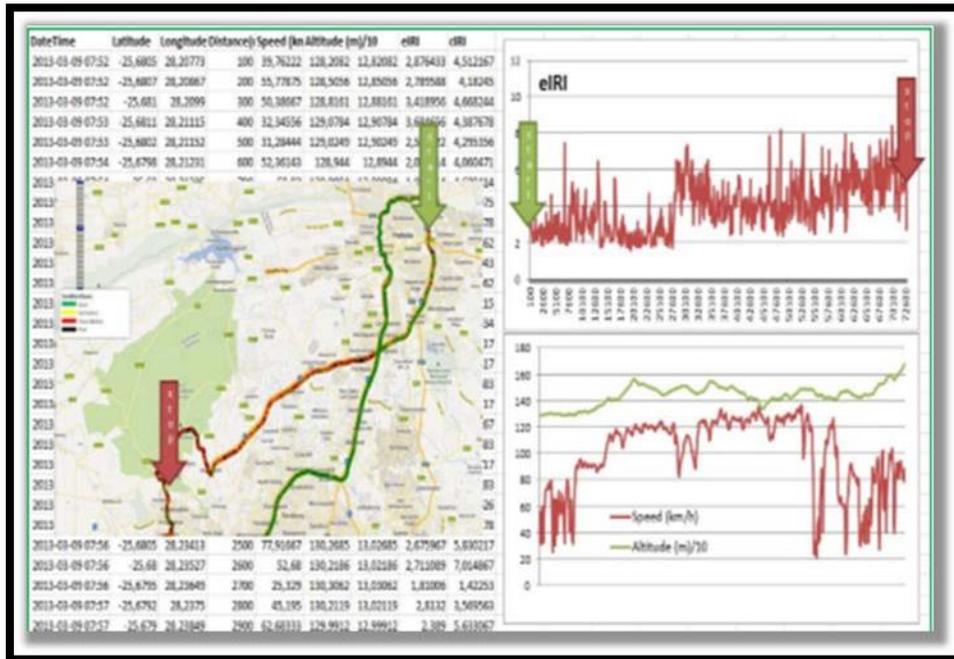
Figura 55: Vista de vibraciones de las muestras.



*Fuente: Roadroid.*

- El estimado del IRI se toma en velocidades de entre 20 a 100 Km/h trate de mantener la misma velocidad.
- Para calcular el IRI se puede configurar y debe recolectar en las velocidades de 60 a 90 Km/h.
- Con "Start/stop sampling" detiene la medición llame con fecha y hora para hacer seguimientos a los archivos.
- Haga un buen plan de como recoger los datos, pulse START / STOP en intersecciones lógicas de la vía. Sale de la aplicación Roadroid con el botón menú (abajo a la izquierda) y salir de la aplicación. O por el botón "atrás" (abajo a la derecha) 2 veces
- En el archivo creado por la app encontraras estas columnas:
- Fecha y hora, latitud, longitud, distancia (m), velocidad (Km/h), altura (m), el IRI y cIRI

Figura 56: Vista de gráficos generados en excel.



*Fuente: Roadroid.*

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Índice medio diario anual

El tráfico considerado para la evaluación corresponde a los resultados del estudio de tráfico, realizado para fines del presente estudio.

Tabla 9: IMD tráfico/tipo de vehículo

CARRETERA JULIACA – LAMPA (Av. LAMPA)						
TIPO DE VEHÍCULO	TRAMO I	%	TRAMO II	%	TRAMO III	%
Auto	660	22,2%	207	12,2%	285	14,6%
Station Wagon	272	9,1%	130	7,7%	141	7,2%
Pick Up	407	13,7%	156	9,2%	254	13,0%
Rural Combi	471	15,8%	205	12,1%	227	11,6%
Micro	712	23,9%	588	34,8%	592	30,3%
Bus 2E	21	0,7%	1	0,1%	2	0,1%
Bus 3E	4	0,1%	5	0,3%	5	0,3%
Camión 2E	243	8,2%	209	12,4%	239	12,2%
Camión 3E	183	6,1%	188	11,1%	206	10,5%
Semi Tráiler 3S3	4	0,1%	3	0,2%	3	0,2%
<b>IMD Anual</b>	<b>2977</b>	<b>100,0%</b>	<b>1692</b>	<b>100,0%</b>	<b>1954</b>	<b>100,0%</b>

*Nota: Elaborado por el equipo de trabajo*

Tabla 10: Tasa de crecimiento del tráfico/tipo de vehículo

TIPO DE VEHÍCULO	TASA ANUAL %
Auto	5.3
Camioneta + Rural + Micro	5.6
Ómnibus	4.0
Camiones	4.0
Acoplados	4.0

*Fuente: OGPP – MTC*

#### 4.1.2. Características de los vehículos tipo

- **Vehículos tipo**

Los vehículos identificados en la carretera: Juliaca – Lampa (av. Lampa) km 0+000 – km 05+040, sobre la base de las encuestas origen destino, han sido agrupados en seis tipos, de acuerdo al requerimiento del modelo HDM 4.

Tabla 11: Tipos de vehículos

<b>TIPO DE VEHÍCULO</b>	<b>MARCA Y MODELO</b>	<b>VEHÍCULO HDM EQUIVALENTE</b>
Automóvil	Toyota Corolla	Auto
Station Wagon	Toyota Corolla	Auto
Camioneta Pick up	Toyota HILUX GX- Gasolina (4x4)	Utilitario
	Toyota HILUX GX- Diésel (4x4)	Utilitario
Camioneta Rurales (Panel-Combi)	Toyota Hiace	Utilitario
Micro	Toyota Coaster 27	Utilitario
Ómnibus Mediano	Volvo B7F 6000	Bus
Ómnibus grande	Volvo B12R	Bus
Camión ligero	Mercedes Benz	Camión
Camión Mediano	Volvo NL 10-	Camión medio
Camión Grande	Volvo NL 10-	Camión
Semi Tráiler	Volvo NL 12-	Camión

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo*

- **Características de los vehículos**

La información y datos referidos a las características de los vehículos son los requeridos para determinar los costos de operación vehicular. Estos parámetros técnicos de los vehículos típicos identificados se incorporan al HDM 4, ajustado a las condiciones de uso en la carretera en estudio.

Tabla 12: Características de los vehículos

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	TIPOS DE VEHÍCULOS										
		Auto	Station Wagon	Camioneta Pick Up	Camioneta rural	Micro	Bus		CAMIONES			SEMI TRAYLER
							Ligero	Medio	Ligero	Medio	Grande	
<b>Características Básicas</b>												
Peso Bruto Vehicular(t)	Ton	1.37	1.80	2.70	3.50	5.00	17.72	23.12	14.38	23.54	31.46	38.67
Ejes Equivalentes(EE)		0.000	0.0005	0.0005	0.000	0.0005	3.4771	2.6313	3.4771	2.5807	2.5259	3.7650
N° de Ejes	U	2	2	2	2	2	2	3	2	3	4	5
N° de Neumáticos	U	4	4	4	4	4	6	8	6	10	12	18
N° de Pasajeros	Pers./Veh.	3	3	3	15	30	40	48	1	1	1	1
<b>Utilización Del Vehículo</b>												
Vida útil (años)	Años	10	10	8	8	8	8	10	8	10	10	10
Hrs. Conducidas/año	Horas/año	480	480	960	960	1440	1440	2496	1440	2400	2400	2400
KM Conducidos	Km/año	2500	25000	40000	40000	60000	60000	120000	60000	90000	100000	100000
Código de depreciación		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Código de utilización		1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Tasa de interés Anual	%	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo*

Tabla 13: Características técnicas de las llantas, según tipo de vehículo

VEHÍCULOS		TIPO DE LLANTA	Nº DE LLANTAS	TOTAL
AUTO UTILITARIO		600 - 14" 650 - 14"	4	4
BUS		14" y 15"	4	4
CAMIÓN 2 EJES LIV.	Delantera	900x20 - 14"	4	4
	posterior	900x20 - 14"	4	4
CAMIÓN 2 EJES MED.	Delantera	901x20 - 14"	2	6
	posterior	1100x20 - 14"	4	6
CAMIÓN 2 EJES PES.	Delantera	902x20 - 14"	2	10
	posterior	1100x20 - 14"	8	10
CAMIÓN ARTICULADO	Delantera	1100x20	2	18
	posterior	1100x20	16	18

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo*

#### 4.1.3. Costos de operación vehicular

Los costos de operación vehicular constituyen el componente fundamental para determinar los beneficios que los usuarios obtendrán con un adecuado mantenimiento periódico de la superficie de rodadura de la carretera en estudio.

El cálculo de los costos de operación vehicular consiste en cuantificar los diversos componentes que intervienen en la formación de dichos costos. Este cálculo se realiza mediante el uso del HDM 4, cuyo procedimiento simplificado consiste en determinar los requerimientos de los diversos insumos que utiliza un vehículo, simulando las condiciones de operación de este, en función de las características de la carretera. Estos requerimientos son calculados sobre la base de los precios económicos de los insumos que se incorporan al modelo.

Tabla 14: Costos financieros y económicos de vehículos (en US\$)

Especificaciones	Auto	Station Wagon	Cmta. Pick Up	Cmta. Rural	Micro	Bus Mediano	Bus Grande	Camión Ligero	Camión Mediano	Camión Grande	Articulado ó Acoplado
VALOR CIF	8882	7140	13731	14445	26492	66358	765670	51041	63801	76561	89322
DAI 12%	1066	857	1648	1733	3179	7963	91880	6125	7656	9187	10719
Verificación en Origen 2%	178	143	275	289	530	1327	15313	1021	1276	1531	1786
Comisión en Agencia 1%	89	71	137	144	265	664	7657	510	638	766	893
Derechos Consulares 2%	178	143	275	289	530	1327	15313	1021	1276	1531	1786
ISC 30%	2665	2142	4119	4334	7948	19907	229701	15312	19140	22968	26797
TOTAL	13058	10496	20185	21234	38944	97546	1125534	75030	93787	112544	131303
MARGEN DE UTILIDAD 12%	1567	1260	2422	2548	4673	11706	135064	9004	11254	13505	15756
PRECIO PUBLICO	14625	11756	22607	23782	43617	109252	1260598	84034	105041	126049	147059
IGV 19%	2779	2234	4295	4519	8287	20758	239514	15966	19958	23949	27941
PRECIO MERCADO (US \$)	17404	13990	26902	28301	51904	130010	1500112	100000	124999	149998	175000
PRECIO ECONÓMICO (US \$)	12009	9653	18562	19528	35814	89707	1035077	69000	86249	103499	120750
FACTOR	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69

Fuente: OGPP - MTC

Tabla 15: Costos financieros y económicos de llantas (en US\$)

Especificaciones	Auto	Cmtas	Micro	Bus	Camió n Livian o	Camión Mediano	Camión Grande	Camión Articul ado
COSTO EX FÁBRICA	27	46	87	216	87	216	272	272
ISC 30%	8	14	26	65	26	65	82	82
MARGEN UTILIDAD 12%	3	6	10	26	10	26	33	33
PRECIO PUBLICO	38	66	123	307	123	307	387	387
IGV 19%	7	13	23	58	23	58	74	74
PRECIO MERCADO (US\$)	45	79	146	365	146	365	461	461
PRECIO ECONÓMICO (US\$)	38	67	124	310	124	310	392	392
FACTOR	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85

*Fuente: OGPP – MTC*

Tabla 16: Costos financieros y económicos de combustibles

COSTOS FINANCIEROS	GASOLINA	DIESEL
	US\$/Gal	US\$/Gal
PRECIO MERCADO	3.15	2.96
COSTO ECONÓMICO	2.08	1.95
FACTOR	0.66	0.66
CONCEPTO	Participación	
GASOLINA		
Costo Financiero (US\$/lt)		0.92
Costo Económico (US\$/lt)		<b>0.61</b>
DIESEL		
Costo Financiero (US\$/lt)		0.83
Costo Económico (US\$/lt)		<b>0.55</b>

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo*

Tabla 17: Costos financieros y económicos de lubricantes (en US\$/GLN)

CONCEPTOS	Shell Aceite Rimula R2 25W-50	Shell Aceite Hélix HX5 20W-50	Shell Aceite Rimula R2 25W-50	Shell Aceite Hélix HX5 20W-50
	US\$/Galón	US\$/Galón	US\$/Litro	US\$/Litro
<b>Costo Financiero</b>	30.17	31.20	7.97	8.24
<b>Costo Económico</b>	26.25	27.14	6.93	7.17
<b>Promedio Costo Económico</b>			7.05	

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo*

Tabla 18: Costo de mantenimiento de vehículos

TIPO DE VEHÍCULO	MANO DE OBRA		
	(\$HORA)	(US\$/HORA) Financiero	(US\$/HORA) Económico
LIGEROS	9.248	2.89	2.63
PESADOS	10.592	3.31	3.01

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.*



Tabla 19: Costo de mano de obra de tripulación

TIPO DE VEHÍCULO	Concepto	Personal	Costo Total \$	Horas de Trabajo	Costo hora US\$	Costo hora US\$ Financiero	Costo hora US\$ Económico
AUTO							
CAMIONETA	Piloto	1	235.000	176	1.34	1.34	1.22
MICRO	Piloto	1	235.000	176	1.34	1.34	1.22
BUS	Piloto	1	542.330	176	3.08	3.08	2.80
	Ayudante	1	220.670	176	1.25	1.25	1.14
CAMIÓN LIVIANO	Piloto	1	233.000	176	1.32	1.32	1.20
	Ayudante	1	220.670	176	1.25	1.25	1.14
CAMIÓN MEDIANO	Piloto	1	378.000	176	2.15	2.15	1.95
	Ayudante	1	220.670	176	1.25	1.25	1.14
CAMIÓN GRANDE	Piloto	1	470.330	176	2.67	2.67	2.43
	Ayudante	1	220.670	176	1.25	1.25	1.14
ARTICULADO O ACOPLADO	Piloto	2	470.330	176	2.67	2.67	2.43
	Ayudante	1	220.670	176	1.25	1.25	1.14

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.*

Tabla 20: Costos tiempo pasajeros y tiempo carga.

TIPO DE VEHÍCULO	TIEMPO PASAJERO (HORA)					TIEMPO CARGA (HORA)				
	Costo Total US\$	Horas de Trabajo	Costo hora US\$	Costo hora US\$ Financiero	Costo hora US\$ Económico	Costo Total US\$	Horas de Carga	Costo hora US\$	Costo hora US\$ Financiero	Costo US\$ Económico
<b>AUTO</b>	464.0	176	2.64	2.64	2.40					
<b>CAMIONETA</b>	464.0	176	2.64	2.64	2.40	24	176	0.14	0.14	0.12
<b>MICRO</b>	464.0	176	2.64	2.64	2.40	24	176	0.14	0.14	0.12
<b>BUS</b>	375.0	176	2.13	2.13	1.94	24	176	0.14	0.14	0.12
<b>CAMIÓN LIVIANO</b>	375.0	176	2.13	2.13	1.94	18	176	0.10	0.10	0.09
<b>CAMIÓN MEDIANO</b>	375.0	176	2.13	2.13	1.94	18	176	0.10	0.10	0.09
<b>CAMIÓN GRANDE</b>	375.0	176	2.13	2.13	1.94	18	176	0.10	0.10	0.09
<b>ARTICULADO</b>	375.0	176	2.13	2.13	1.94	18	176	0.10	0.10	0.09

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



#### 4.1.4. Características técnicas actuales de la carretera en estudio

La carretera Juliaca – Lampa (av. Lampa): **tramo 01** (00+000 km – 02+040 km) se encuentra en estado muy malo debido a que nunca recibió un mantenimiento adecuado durante todo el tiempo que lleva construido.

El **tramo 02** (02+040 km – 03+960 km), ha venido teniendo actividades mínimas de mantenimiento, lo que ha determinado que, a la fecha de ejecución del presente estudio, su estado de conservación presente varios procesos de deterioro de la superficie en algunos sectores, mientras que el **tramo 03** (03+960 km – 05+040 km), se encuentra en un estado regular. En este sentido fue necesario sectorizar en los tramos mencionados para un mejor análisis, con la finalidad de proponer soluciones técnicas de mantenimiento, tomando en cuenta, los siguientes criterios:

##### 4.1.4.1. Índice de condición superficial del pavimento (PCI):

Una vez registrados todos los datos de campo, y obtenidos los índices de condición respectivos para cada unidad de muestra, se puede calcular el PCI promedio de cada uno de los tres (03) tramos, para tener una idea global de cuál es el estado del pavimento de la carretera Juliaca – Lampa (av. Lampa). En la tabla 21 se muestra un resumen de estos resultados.

Tabla 21: Resultados de los ensayos del PCI

<b>AV. LAMPA (Juliaca)</b>					
<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL PCI</b>					
<b>ENSAYO N°</b>	<b>LOTE DE MUESTREO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>CDV MÁXIMO</b>	<b>PCI</b>	<b>RATING</b>
1	3	00+080 - 00+120	38	62	BUENO
2	7	00+240 - 00+280	41	59	BUENO
3	11	00+400 + 00+440	98	2	FALLA
4	15	00+560 - 00+600	96	4	FALLA
5	19	00+720 - 00+760	89	11	MUY MALO
6	23	00+880 - 00+920	93	7	FALLA
7	27	01+040 - 01+080	50	50	REGULAR
8	31	01+200 - 01+240	93	7	FALLA
9	35	01+360 - 01+400	98	2	FALLA
10	39	01+520 01+560	75	25	MUY MALO
11	43	01+680 - 01+720	85	15	MUY MALO
12	47	01+840 - 01+880	89	11	MUY MALO
13	51	02+000 - 02+040	87	13	MUY MALO
14	55	02+160 - 02+200	79	21	MUY MALO
15	59	02+320 - 02+360	84	16	MUY MALO
16	63	02+480 - 02+520	82	18	MUY MALO
17	67	02+640 - 02+680	80	20	MUY MALO
18	71	02+800 - 02+840	55	45	REGULAR
19	75	02+960 - 03+000	57	43	REGULAR
20	79	03+120 - 03+160	63	37	MALO
21	83	03+280 - 03+320	64	36	MALO
22	87	03+440 - 03+480	59	41	REGULAR
23	91	03+600 - 03+640	61	39	MALO
24	95	03+760 - 03+800	56	44	REGULAR
25	99	03+920 - 03+960	62	38	MALO
26	102	04+040 - 04+080	58	42	REGULAR
27	105	04+160 - 04+200	64	36	MALO
28	108	04+280 - 04+320	46	54	REGULAR
29	111	04+400 - 04+440	48	52	REGULAR
30	114	04+520 - 04+560	49	51	REGULAR
31	117	04+640 - 04+680	49	51	REGULAR
32	120	04+760 - 04+800	51	49	REGULAR
33	123	04+880 - 04+920	61	39	MALO
34	126	05+000 - 05+040	68	32	BUENO

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.*

Tabla 22: Promedio por tramos del proyecto.

Tramos	PCI Promedio	RATING
Tramo I	21	MUY MALO
Tramo II	32	MALO
Tramo III	45	REGULAR

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.*

El **tramo I**, que corresponde desde el ensayo N° 1 hasta el ensayo N° 13, presenta un PCI promedio de 21, lo que corresponde a un pavimento muy malo.

En este tramo las fallas más representativas fueron los baches, piel de cocodrilo y las fisuras, el pavimento ha perdido su nivel de serviciabilidad.

Por lo tanto, el tipo de intervención que se va a realizar en este tramo es una reconstrucción (reemplazo de base granular y carpeta asfáltica).

El **tramo II**, que corresponde desde el ensayo N° 14 hasta el ensayo N° 25, presenta un PCI promedio de 32, lo que corresponde a un pavimento malo.

Encontrándose las fallas tipo piel de cocodrilo, fisuras en bloque, fisuras longitudinales y transversales.

El **tramo III**, que comprende desde el ensayo N° 26 hasta el ensayo N° 34, presenta un PCI promedio de 45, lo que corresponde a un pavimento regular.

El nivel de severidad de las fallas que se encontró en los tramos I y II, son de nivel alto y medio

Por ende, el tipo de intervención que requiere es una reconstrucción y mantenimiento en el Tramo I y II



#### 4.1.4.2. Índice de regularidad (IRI)

Representa la calidad de los desplazamientos de los vehículos y/o confort de los usuarios al momento de la conducción.

Los datos obtenidos con la aplicación **Roadroid** se muestran las Tablas 23, 24 y 25 para los tres tramos de la carretera.

Tabla 23: Resultados del IRI Tramo I

Longitud (Km)	IRI (m/Km) Carril Derecho	IRI (m/Km) Carril Izquierdo	IRI (m/Km) Promedio
0.1	5,5	11,1	8,30
0.2	5,84	11,23	8,54
0.3	4,97	10,60	7,79
0.4	5,25	10,08	7,67
0.5	7,8	10,45	9,13
0.6	7,83	10,39	9,11
0.7	6,76	11,03	8,90
0.8	6,91	11,18	9,05
0.9	7,7	10,84	9,27
1.0	7,45	10,69	9,07
1.1	6,83	10,35	8,59
1.2	7,49	11,27	9,38
1.3	7,22	11,18	9,20
1.4	6,48	10,34	8,41
1.5	8,15	5,90	7,03
1.6	6,94	6,07	6,51
1.7	7,86	5,21	6,54
1.8	7,72	5,87	6,80
1.9	8,9	5,65	7,28
2.0	8,21	5,52	6,87

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.*

Tabla 24: Resultados del IRI Tramo II

Longitud (Km)	IRI (m/Km) Carril Derecho	IRI (m/Km) Carril Izquierdo	IRI (m/Km) Promedio
2.1	8,65	7,10	7,88
2.2	7,92	7,02	7,47
2.3	8,55	6,81	7,68
2.4	8,96	6,92	7,94
2.5	8,03	7,09	7,56
2.6	8,9	7,14	8,02
2.7	8,14	7,23	7,69
2.8	7,98	6,79	7,39
2.9	12,7	6,23	9,47
3.0	11,85	7,13	9,49
3.1	11,91	5,4	8,66
3.2	11,45	4,85	8,15
3.3	12,72	4,94	8,83
3.4	12,12	4,79	8,46
3.5	12,36	5,02	8,69
3.6	11,42	5,28	8,35
3.7	7,7	5,13	6,42
3.8	6,5	5,41	5,96
3.9	6,65	4,98	5,82
4.0	7,21	5,13	6,17

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.*

Tabla 25: Resultados del IRI Tramo III

Longitud (Km)	IRI (m/Km) Carril Derecho	IRI (m/Km) Carril Izquierdo	IRI (m/Km) Promedio
4.1	5,11	4,83	4,97
4.2	5,68	4,05	4,87
4.3	5,52	3,23	4,38
4.4	4,28	4,1	4,19
4.5	5,14	3,83	4,49
4.6	4,36	3,25	3,81
4.7	4,03	3,04	3,54
4.8	4,17	3,37	3,77
4.9	5,17	3,08	4,13
5.0	4,68	4,03	4,36
5.1	4,12	4,16	4,14

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.*



Tabla 26: IRI promedio por tramos.

TRAMOS	RUGULARIDAD PROMEDIO
TRAMO I	8,17
TRAMO II	7,80
TRAMO III	4,24

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.*

En la tabla 26 se muestran los valores promedios del IRI por tramos del proyecto.

El tramo I y tramo II se encuentran dentro del rango de una vía en un estado muy malo ( $IRI > 5$ ); mientras en el tramo III se encuentra en una condición mala (4 – 5 IRI).

Según la tabla 5, donde se muestran los rangos de valores del IRI según condición de la vía

Tabla 27: Características técnicas de la carretera

<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA CARRETERA SITUACIÓN ACTUAL (AÑO 2019)</b>			
<b>Definición</b>	<b>Tramo 01</b>	<b>Tramo 02</b>	<b>Tramo 03</b>
<b>Progresiva inicial</b>	00+000	02+040	03+960
<b>Progresiva final</b>	02 + 040	03 + 960	05 + 040
Zona Climática	Sierra	Sierra	Sierra
Clase de carretera	Secundaria	Secundaria	Secundaria
Tipo de Firme	Asfalto caliente	Asfalto caliente	Asfalto caliente
Longitud(Km)	2.04	1.92	1,080
Ancho de la calzada (m)	6.8	6.8	6.8
Ancho de arcén (m)	0.4	0.4	0.4
Número de carriles	2.00	2.00	2.00
<b>Tráfico</b>			
Motorizado( IMD)	2977	1692	1954
Año	2019	2019	2019
Sentidos	Ambos	Ambos	Ambos
<b>Geometría</b>			
Rampas Pendientes (m/Km)	1	1	3
Curvatura horizontal media (°/Km)	3	3	50
Velocidad Límite (Km/h)	50	50	60
Altitud (m.s.n.m.)	3825	3825	3825
<b>Firme</b>			
Tipo material	CAC	CAC	CAC
Espesor reciente (mm)	50	50	50
Espesor anterior/antiguo (mm)	0	0	0
<b>Trabajos previos</b>			
Ult- Reconstrucción o Nueva construcción	2002	2002	2002
Ult. Rehabilitación (capa de rodadura)	2002	2002	2002
Ult. Repavimentación (resellado)	2002	2002	2002
Ult. Tratamiento preventivo	2002	2002	2002
<b>Estado</b>			
Estado a final de año	2019	2019	2019
Regularidad (IRI - m/Km)	8.17	7.80	4.24
Área total fisurada (%)	11%	7.94%	7.84%
Área con desprendimientos de áridos %	1.74%	2.11%	3.95%
Número de baches (N°/Km)	41	13	4
Área rotura de borde (m2/Km)	0	0.00	83.9
Profundidad media de roderas (mm)	0.00	0.00	0.00
Drenaje	Malo	Malo	Regular

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.*

#### 4.1.5. Costos de mantenimiento

Para introducir la información al modelo de evaluación HDM4, los costos de mantenimiento se calculan aplicando los costos unitarios de las actividades involucradas en cada política a las cantidades de obra que son proyectadas endógenamente con las ecuaciones del sub-modelo de deterioro.

Factores para costos económicos; para inversión 0.79 y mantenimiento 0.75

Los costos unitarios considerados para la carretera del proyecto, se resumen en lo siguiente:

Tabla 28: Costos de trabajos de mantenimiento.

<b>POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO</b>	<b>PRECIO FINANCIERO US\$</b>	<b>PRECIO ECONÓMICO US\$</b>
Mant. Rutinario (Km/Año)	505.16	378.87
Bacheo (M2)	22.42	16.82
Sellado Asfáltico (M2)	1.74	1.31
Tratamiento de Fisuras (M2)	27.65	20.74
Slurry Seal Con Emulsión Asfáltica E = 10 mm (M2)	2.27	1.70
Doble Tratamiento Superficial (M2)	2.96	2.22
Sellado Capa: TSS + Lechada Asfáltica	2.92	2.19
Refuerzo CAC E= 50 MM (M2)	14.88	11.16
Refuerzo CAC E= 25 MM (M2)	7.62	5.72
Reconstrucción TSB E= 1'' TRAMO I (Km)	136, 871.44	108,128.43
Reconstrucción CAC: E: 2'' TRAMO I (Km)	203,819.92	161,017.73

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo – Anexo G*

#### 4.1.6. Planteamiento de estrategias para mantenimiento rutinario y periódico

*TRAMO I (00+000 km – 02+040 km)*

- **Alternativa base**

Constituye la alternativa base de comparación, define las características de la “alternativa sin proyecto” y permite la comparación para la determinación de los



beneficios del proyecto. Se aplica anualmente un mantenimiento rutinario y un parchado de los baches.

- **Alternativa 01**

Efectuar una reconstrucción del pavimento: Tratamiento superficial bicapa: (TSB de 2.5 cm, una base de 30 cm y subbase de 25 cm (Anexo F)).

En los siguientes años un mantenimiento rutinario anual (consistente en limpieza de calzada y bermas y pintura de tránsito y mantenimiento de señales), parchado anual del 100% de baches, un Slurry Seal cada 4 años y un refuerzo cuando la regularidad llegue a 3.5 IRI, consistente en una carpeta de asfalto en caliente de 25 mm.

- **Alternativa 02**

Efectuar una reconstrucción del pavimento para el año 2021:

Refuerzo de 50 mm para el año 2021.

En los siguientes años un mantenimiento rutinario anual (consistente en limpieza de calzada, bermas y mantenimiento de señales, pintura de tránsito), parchado del 100% de baches, un Slurry Seal cuando el área dañada llegue a 20% y un refuerzo programado cada 10 años, consistente en una carpeta de asfalto en caliente de 25 mm.

- **Alternativa 03**

Efectuar una reconstrucción del pavimento para el año 2021:

Carpeta asfáltica en caliente: (CAC de 5cm y una base de 30cm y sub base de 50 cm (Anexo F)).



En los siguientes años un mantenimiento rutinario anual (consistente en limpieza de calzada y bermas y pintura de tránsito y mantenimiento de señales), parchado anual del 100% de baches, y un Slurry Seal cada 4 años.

**TRAMO II (02+040 km –03+960 km)**

- **Alternativa base**

Se aplica anualmente un mantenimiento rutinario (consistente en limpieza de calzada, bermas y mantenimiento de señales, pintura de tránsito), un parchado del 100% de baches y un Sello Capa.

- **Alternativa 01**

Refuerzo de 25 mm para el año 2021.

En los siguientes años un mantenimiento rutinario anual (consistente en limpieza de calzada, bermas y mantenimiento de señales, pintura de tránsito), parchado del 100% de baches, un Slurry Seal cada 4 años y un refuerzo cuando la regularidad llegue a 3.5

IRI, consistente en una carpeta de asfalto en caliente de 25mm.

- **Alternativa 02**

Efectuar una reconstrucción del pavimento: Tratamiento superficial bicapa:( TSB de 2.5 cm, una base de 30 cm y subbase de 25 cm (Anexo F)).

En los siguientes años un mantenimiento rutinario anual (consistente en limpieza de calzada y bermas y pintura de tránsito y mantenimiento de señales), parchado anual del 100% de baches, un Slurry Seal cada 4 años y un refuerzo cuando la regularidad llegue a 3.5 IRI, consistente en una carpeta de asfalto en caliente de 25 mm.



- **Alternativa 03**

Refuerzo de 50 mm para el año 2021.

En los siguientes años un mantenimiento rutinario anual (consistente en limpieza de calzada, bermas y mantenimiento de señales, pintura de tránsito), parchado del 100% de baches, un Slurry Seal cuando el área dañada llegue a 20% y un refuerzo programado cada 10 años, consistente en una carpeta de asfalto en caliente de 25 mm.

**TRAMO III (03+960 km – 05+040 km)**

- **Alternativa base**

Se aplica anualmente un mantenimiento rutinario (consistente en limpieza de calzada, bermas y mantenimiento de señales, pintura de tránsito), un parchado del 100% de baches y un sello capa.

- **Alternativa 01**

Refuerzo de 25 mm para el año 2021.

En los siguientes años un mantenimiento rutinario anual (consistente en limpieza de calzada, bermas y mantenimiento de señales, pintura de tránsito), parchado del 100% de baches, un Slurry Seal cada 4 años y un refuerzo cada 10 años consistente en una carpeta de asfalto en caliente de 25mm.

- **Alternativa 02**

Refuerzo de 50 mm para el año 2021.

En los siguientes años un mantenimiento rutinario anual (consistente en limpieza de calzada, bermas y mantenimiento de señales, pintura de tránsito), parchado del 100%



de baches, un Slurry Seal cuando el área dañada llegue a 20% y un refuerzo cuando la regularidad llegue a 3.5 IRI, consistente en una carpeta de asfalto en caliente de 25 mm.

- **Alternativa 03**

Efectuar una reconstrucción del pavimento: Tratamiento superficial bicapa:( TSB de 2.5 cm, una base de 30 cm y subbase de 25 cm (Anexo F)).

En los siguientes años un mantenimiento rutinario anual (consistente en limpieza de calzada y bermas y pintura de tránsito y mantenimiento de señales), parchado anual del 100% de baches, un Slurry Seal cada 4 años y un refuerzo cuando la regularidad llegue a 3.5 IRI, consistente en una carpeta de asfalto en caliente de 25 mm.

#### **4.1.7. Evaluación económica**

La evaluación económica, se desarrolló tomando en cuenta los objetivos y alcances de este estudio para los 03 tramos evaluados de la carretera Juliaca – Lampa (av. Lampa):00+000 km - 05+040km, los cuales están orientados a analizar las alternativas de mantenimiento y determinar la alternativa óptima, haciendo uso del modelo HDM 4 del Banco Mundial. En este contexto, la evaluación contempla establecer la alternativa óptima de mantenimiento periódico, mediante los indicadores de rentabilidad, desde el punto de vista técnico y económico.

#### **4.1.8. Parámetros considerados para la evaluación**

El programa HDM4 del Banco Mundial, ha sido concebido para analizar el costo total de mantenimiento periódico con distintas políticas y estrategias de mantenimiento y conservación de la carretera durante el periodo de proyección. Este modelo facilitó medir los beneficios del proyecto, a través de los indicadores de rentabilidad de la inversión:

Valor actual neto (VAN), Tasa interna de retorno (TIR), los criterios utilizados en la evaluación son:

Período de análisis de 20 años.

- ❖ Tasa de descuento 12 %.
- ❖ Indicadores de rentabilidad: VAN, TIR.
- ❖ Indicadores de deterioro de la superficie IRI.

## 4.2. Resultados de la evaluación económica y técnica: Tramo I

### 4.2.1. Indicadores económicos del proyecto

Los resúmenes de los resultados obtenidos de la evaluación económica para cada una de las alternativas se muestran en las siguientes tablas.

## HDM - 4 Economic Analysis Summary (By Alternative)

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Nombre del estudio: Proyecto Av. Lampa

Fecha ejecución: 22-12-2021

Este informe muestra los beneficios económicos totales usando:

Moneda: US Dollar (millones).

Tasa de descuento: 12,00%.

Modo de Analisis: Por Tramo

Tramo: Tramo I: 00+000 Km - 02+040 Km  
Alternativa: Alternativa 01 vs Alternativa Base

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exogenos neto	Beneficio Económico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	0,33	0,00	0,00	7.72	2.98	0,00	0,00	0,00	10.37
Descontados	0,33	0,00	0,00	3,62	1,34	0,00	0,00	0,00	4,63

Tasa Interna de Retorno Económica (TIRe) = 149,7% (No. de soluciones = 1)

Tramo: Tramo I: 00+000 Km - 02+040 Km  
Alternativa: Alternativa 02 vs Alternativa Base

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exogenos neto	Beneficio Económico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	0,22	0,00	0,00	7.57	2.48	0,00	0,00	0,00	9.83
Descontados	0,22	0,00	0,00	3,55	1,09	0,00	0,00	0,00	4,42

Tasa Interna de Retorno Económica (TIRe) = 193,7% (No. de soluciones = 1)

**HDM-4 Economic Analysis Summary (By Alternative)**

Tramo: Tramo I: 00+000 Km - 02+040 Km  
Alternativa: Alternativa 03 vs Alternativa Base

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exogenos neto	Beneficio Economico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	0,33	0,00	0,00	7.72	2.98	0,00	0,00	0,00	10.37
Descontados	0,33	0,00	0,00	3,62	1,34	0,00	0,00	0,00	4,63

Tasa Interna de Retorno Economica (TIRe) = 149,7% (No. de soluciones = 1)

Tabla 29: Beneficio – costo Tramo I

## HDM - 4 Relaciones Beneficio Coste

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Nombre del estudio: **Proyecto Av. Lampa**

Fecha de ejecución: **22-12-2021**

Moneda: **US Dollar (millones)**

Tasa de descuento: **12,00%**.

Tramo: Tramo I: 00+000 Km - 02+040 Km

Alternativa	Valor actual de los costes totales de la administración (RAC)	Valor actual de los costes de capital de la administración (CAP)	Incremento en Costes de la Administración (C)	Disminución en Costes de los Usuarios (B)	Beneficios Exógenos Netos (E)	Valor Actual Neto (VAN = B + E - C)	Ratio VAN/Coste (VAN/RAC)	Ratio VAN/Coste (VAN/CAP)	Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)
Alternativa Base	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0,000
Alternativa 01	0.332	0.328	0.328	4.955	0.000	4.627	13,918	14,087	149,7 (1)
Alternativa 02	0.225	0.221	0.220	4.637	0.000	4.417	19,670	20,026	193,7 (1)
Alternativa 03	0.332	0.328	0.328	4.955	0.000	4.627	13,918	14,087	149,7 (1)

El numero entre parentesis es el numero de soluciones de la TIR en el rango -90 a +900

Fuente: HDM 4

### 4.2.1.1. Beneficios económicos de los usuarios

Los Beneficios Económicos del Usuario por concepto de Ahorros en Costos de Operación Vehicular y Tiempo de Viaje, en el caso de las Alternativas de Mantenimiento, se presentan en las siguientes tablas.



# HDM - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

## Comparación de costes

Nombre del estudio: **Proyecto Av. Lampa**

Fecha ejecución: **22-12-2021**

Este informe muestra una comparación de coste económico sin descuento usando el Coste de la Alternativa Base frente a Coste de cada una de las demás alternativas.

La alternativa base se ha definido como: Alternativa Base

Todos los costes expresados en: US Dollar (millones)

Comparación de la alternativa: **Alternativa 01**

Año	Incremento Costes Administración			Disminución Costes Usuario				Beneficios exógenos netos	Beneficio neto
	Capital	Recurrente	Especial	TM VOC	Tiempo TM	TNM	Accidentes		
2021	0.328	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.328
2022	0.000	0.000	0.000	0.310	0.108	0.000	0.000	0.000	0.418
2023	0.000	0.000	0.000	0.383	0.126	0.000	0.000	0.000	0.509
2024	0.000	0.000	0.000	0.484	0.161	0.000	0.000	0.000	0.645
2025	0.000	0.000	0.000	0.616	0.215	0.000	0.000	0.000	0.832
2026	0.000	-0.001	0.000	0.701	0.253	0.000	0.000	0.000	0.954
2027	0.000	-0.001	0.000	0.720	0.261	0.000	0.000	0.000	0.982
2028	0.000	-0.001	0.000	0.732	0.268	0.000	0.000	0.000	1.001
2029	0.000	-0.001	0.000	0.742	0.275	0.000	0.000	0.000	1.018
2030	0.000	0.000	0.000	0.740	0.281	0.000	0.000	0.000	1.021
2031	0.000	0.000	0.000	0.715	0.285	0.000	0.000	0.000	1.000
2032	0.000	0.000	0.000	0.650	0.279	0.000	0.000	0.000	0.929
2033	0.000	0.000	0.000	0.518	0.238	0.000	0.000	0.000	0.756
2034	0.000	0.001	0.000	0.286	0.137	0.000	0.000	0.000	0.423
2035	0.000	0.001	0.000	0.083	0.045	0.000	0.000	0.000	0.127
2036	0.000	0.001	0.000	0.006	0.010	0.000	0.000	0.000	0.015
2037	0.000	0.001	0.000	0.007	0.010	0.000	0.000	0.000	0.016
2038	0.000	0.001	0.000	0.007	0.011	0.000	0.000	0.000	0.016
2039	0.000	0.002	0.000	0.007	0.011	0.000	0.000	0.000	0.016
2040	0.000	0.002	0.000	0.007	0.011	0.000	0.000	0.000	0.017
<b>Total:</b>	<b>0.328</b>	<b>0.005</b>	<b>0.000</b>	<b>7.715</b>	<b>2.985</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>10.366</b>



**HDM-4 Comparación de costes**

Comparación de la alternativa: **Alternativa 02**

Año	Incremento Costes Administración			Disminución Costes Usuario				Beneficios exógenos netos	Beneficio neto
	Capital	Recurrente	Especial	TM VOC	Tiempo TM	TNM	Accidentes		
2021	0.221	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.220
2022	0.000	0.000	0.000	0.302	0.070	0.000	0.000	0.000	0.371
2023	0.000	0.000	0.000	0.374	0.088	0.000	0.000	0.000	0.462
2024	0.000	0.000	0.000	0.475	0.121	0.000	0.000	0.000	0.596
2025	0.000	0.000	0.000	0.606	0.175	0.000	0.000	0.000	0.782
2026	0.000	-0.001	0.000	0.691	0.211	0.000	0.000	0.000	0.903
2027	0.000	-0.001	0.000	0.710	0.219	0.000	0.000	0.000	0.929
2028	0.000	-0.001	0.000	0.721	0.225	0.000	0.000	0.000	0.947
2029	0.000	-0.001	0.000	0.731	0.230	0.000	0.000	0.000	0.962
2030	0.000	0.000	0.000	0.728	0.236	0.000	0.000	0.000	0.965
2031	0.000	0.000	0.000	0.702	0.241	0.000	0.000	0.000	0.943
2032	0.000	0.000	0.000	0.636	0.240	0.000	0.000	0.000	0.877
2033	0.000	0.000	0.000	0.507	0.216	0.000	0.000	0.000	0.723
2034	0.000	0.001	0.000	0.282	0.130	0.000	0.000	0.000	0.411
2035	0.000	0.001	0.000	0.081	0.042	0.000	0.000	0.000	0.122
2036	0.000	0.001	0.000	0.005	0.008	0.000	0.000	0.000	0.011
2037	0.000	0.001	0.000	0.005	0.008	0.000	0.000	0.000	0.011
2038	0.000	0.001	0.000	0.005	0.008	0.000	0.000	0.000	0.012
2039	0.000	0.002	0.000	0.005	0.008	0.000	0.000	0.000	0.012
2040	0.000	0.002	0.000	0.005	0.008	0.000	0.000	0.000	0.012
Total:	0.221	0.005	0.000	7.572	2.484	0.000	0.000	0.000	9.830

**HDM-4 Comparación de costes**

Comparación de la alternativa: **Alternativa 03**

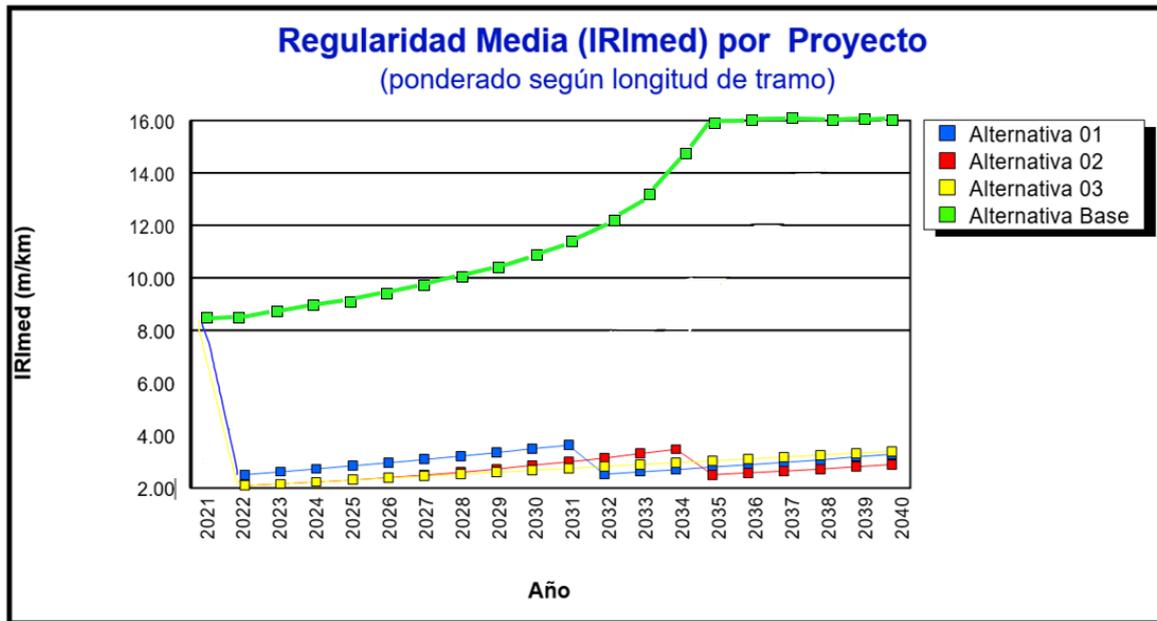
Año	Incremento Costes Administración			Disminución Costes Usuario				Beneficios exógenos netos	Beneficio neto
	Capital	Recurrente	Especial	TM VOC	Tiempo TM	TNM	Accidentes		
2021	0.328	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.328
2022	0.000	0.000	0.000	0.310	0.108	0.000	0.000	0.000	0.418
2023	0.000	0.000	0.000	0.383	0.126	0.000	0.000	0.000	0.509
2024	0.000	0.000	0.000	0.484	0.161	0.000	0.000	0.000	0.645
2025	0.000	0.000	0.000	0.616	0.215	0.000	0.000	0.000	0.832
2026	0.000	-0.001	0.000	0.701	0.253	0.000	0.000	0.000	0.954
2027	0.000	-0.001	0.000	0.720	0.261	0.000	0.000	0.000	0.982
2028	0.000	-0.001	0.000	0.732	0.268	0.000	0.000	0.000	1.001
2029	0.000	-0.001	0.000	0.742	0.275	0.000	0.000	0.000	1.018
2030	0.000	0.000	0.000	0.740	0.281	0.000	0.000	0.000	1.021
2031	0.000	0.000	0.000	0.715	0.285	0.000	0.000	0.000	1.000
2032	0.000	0.000	0.000	0.650	0.279	0.000	0.000	0.000	0.929
2033	0.000	0.000	0.000	0.518	0.238	0.000	0.000	0.000	0.756
2034	0.000	0.001	0.000	0.286	0.137	0.000	0.000	0.000	0.423
2035	0.000	0.001	0.000	0.083	0.045	0.000	0.000	0.000	0.127
2036	0.000	0.001	0.000	0.006	0.010	0.000	0.000	0.000	0.015
2037	0.000	0.001	0.000	0.007	0.010	0.000	0.000	0.000	0.016
2038	0.000	0.001	0.000	0.007	0.011	0.000	0.000	0.000	0.016
2039	0.000	0.002	0.000	0.007	0.011	0.000	0.000	0.000	0.016
2040	0.000	0.002	0.000	0.007	0.011	0.000	0.000	0.000	0.017
Total:	0.328	0.005	0.000	7.715	2.985	0.000	0.000	0.000	10.366

Los Beneficios Económicos del Usuario que presenta están en millones de US\$ a la tasa de descuento del 12%, a lo largo de los 20 años de horizonte del proyecto.

**4.2.1.2. Evolución de la regularidad**

En los siguientes gráficos se presenta la evolución de la regularidad en el tramo I, para cada una de las alternativas que comprende el proyecto:

Figura 57: Regularidad media por tramos



*Fuente. HDM 4*

#### 4.2.1.3. Costos económicos del mantenimiento periódico y rutinario

Los costos económicos por alternativa de Mantenimiento Periódico, en el horizonte de los 20 años de evaluación, se presentan a continuación.

Tabla 30: Costos económicos de mantenimiento (US\$) Tramo I.

**Resumen de Costes Económicos Totales Anuales**

	Alternativa 01	Alternativa 02	Alternativa 03	Alternativa Base
2021	<b>503,473.47</b>	<b>602,085.22</b>	<b>811,525.68</b>	<b>150.10</b>
2022	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>0.00</b>
2023	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>370.51</b>
2024	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>699.25</b>
2025	<b>13,391.46</b>	<b>4,864.49</b>	<b>634.15</b>	<b>968.68</b>
2026	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>1,164.52</b>
2027	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>1,294.76</b>
2028	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>1,456.56</b>
2029	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>1,586.87</b>
2030	<b>850.62</b>	<b>850.62</b>	<b>850.62</b>	<b>1,694.75</b>
2031	<b>1,398.16</b>	<b>1,398.16</b>	<b>1,398.16</b>	<b>1,791.48</b>
2032	<b>2,084.51</b>	<b>2,084.51</b>	<b>2,084.51</b>	<b>1,881.61</b>
2033	<b>2,837.21</b>	<b>2,837.21</b>	<b>2,837.21</b>	<b>1,967.10</b>
2034	<b>3,523.08</b>	<b>3,523.08</b>	<b>3,523.08</b>	<b>2,049.72</b>
2035	<b>4,128.32</b>	<b>4,128.32</b>	<b>4,128.32</b>	<b>2,131.11</b>
2036	<b>4,639.89</b>	<b>4,639.89</b>	<b>4,639.89</b>	<b>2,212.70</b>
2037	<b>5,042.84</b>	<b>5,042.84</b>	<b>5,042.84</b>	<b>2,295.73</b>
2038	<b>5,297.24</b>	<b>5,297.24</b>	<b>5,297.24</b>	<b>2,381.13</b>
2039	<b>5,514.55</b>	<b>5,514.55</b>	<b>5,514.55</b>	<b>2,469.60</b>
2040	<b>5,723.66</b>	<b>5,723.66</b>	<b>5,723.66</b>	<b>2,561.62</b>
<b>Total</b>	<b>562,344.06</b>	<b>652,428.84</b>	<b>857,638.96</b>	<b>31,127.80</b>

*Fuente: HDM 4*

### 4.3. Resultados de la evaluación económica y técnica: Tramo II

#### 4.3.1. Indicadores económicos del proyecto

Los resúmenes de los resultados obtenidos de la evaluación económica para cada una de las alternativas se muestran en las siguientes tablas.

Tramo: Tramo II: 02+040 Km - 03+960 Km  
Alternativa: Alternativa 01 vs Alternativa Base

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exógenos neto	Beneficio Económico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	0,06	0,00	0,00	5.31	1.16	0,00	0,00	0,00	6.41
Descontados	0,06	0,00	0,00	2,21	0,43	0,00	0,00	0,00	2,57

Tasa Interna de Retorno Económica (TIRe) = 311,4% (No. de soluciones = 2)

Tramo: Tramo II: 02+040 Km - 03+960 Km  
Alternativa: Alternativa 02 vs Alternativa Base

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exógenos neto	Beneficio Económico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	0,21	0,00	0,00	5.31	1.16	0,00	0,00	0,00	6.26
Descontados	0,21	0,00	0,00	2,21	0,43	0,00	0,00	0,00	2,42

Tasa Interna de Retorno Económica (TIRe) = 104,4% (No. de soluciones = 2)

Tramo: Tramo II: 02+040 Km - 03+960 Km  
Alternativa: Alternativa 03 vs Alternativa Base

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exógenos neto	Beneficio Económico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	0,31	0,00	0,00	5.39	1.41	0,00	0,00	0,00	6.49
Descontados	0,31	0,00	0,00	2,24	0,54	0,00	0,00	0,00	2,47

Tasa Interna de Retorno Económica (TIRe) = 81,9% (No. de soluciones = 1)

Tabla 31: Relación beneficio - coste

**HDM-4 Relaciones Beneficio Coste**

Tramo: Tramo II: 02+040 Km - 03+960 Km

Alternativa	Valor actual de los costos totales de la administración (RAC)	Valor actual de los costos de capital de la administración (CAP)	Incremento en Costes de la Administración (C)	Disminución en Costes de los Usuarios (B)	Beneficios Exógenos Netos (E)	Valor Actual Neto (VAN = B + E - C)	Ratio VAN/Coste (VAN/RAC)	Ratio VAN/Coste (VAN/CAP)	Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)
Alternativa Base	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0,000
Alternativa 01	0.060	0.058	0.058	2.631	0.000	2.573	42,623	44,201	311,4 (2)
Alternativa 02	0.210	0.208	0.207	2.631	0.000	2.424	11,556	11,676	104,4 (2)
Alternativa 03	0.311	0.309	0.309	2.783	0.000	2.474	7,947	8,002	81,9 (1)

El numero entre parentesis es el numero de soluciones de la TIR en el rango -90 a +900

*Fuente. HDM 4*

#### 4.3.1.1. Beneficios económicos de los usuarios

Los beneficios económicos del usuario por concepto de ahorros en costos de operación vehicular y tiempo de viaje, en el caso de las alternativas de mantenimiento, se presentan en las siguientes tablas.

**HDM-4 Comparación de costes**

Comparación de la alternativa: **Alternativa 01**

Año	Incremento Costes Administración			Disminución Costes Usuario				Beneficios exógenos netos	Beneficio neto
	Capital	Recurrente	Especial	TM VOC	Tiempo TM	TNM	Accidentes		
2021	0.058	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.058
2022	0.000	0.000	0.000	0.157	0.010	0.000	0.000	0.000	0.167
2023	0.000	0.000	0.000	0.189	0.016	0.000	0.000	0.000	0.205
2024	0.000	0.000	0.000	0.234	0.027	0.000	0.000	0.000	0.261
2025	0.000	0.000	0.000	0.294	0.044	0.000	0.000	0.000	0.339
2026	0.000	0.000	0.000	0.369	0.068	0.000	0.000	0.000	0.438
2027	0.000	0.000	0.000	0.430	0.089	0.000	0.000	0.000	0.520
2028	0.000	0.000	0.000	0.456	0.098	0.000	0.000	0.000	0.555
2029	0.000	0.000	0.000	0.461	0.101	0.000	0.000	0.000	0.562
2030	0.000	0.000	0.000	0.461	0.103	0.000	0.000	0.000	0.565
2031	0.000	0.000	0.000	0.456	0.105	0.000	0.000	0.000	0.562
2032	0.000	0.000	0.000	0.441	0.107	0.000	0.000	0.000	0.549
2033	0.000	0.000	0.000	0.413	0.108	0.000	0.000	0.000	0.521
2034	0.000	0.000	0.000	0.368	0.104	0.000	0.000	0.000	0.471
2035	0.000	0.001	0.000	0.300	0.090	0.000	0.000	0.000	0.389
2036	0.000	0.001	0.000	0.202	0.063	0.000	0.000	0.000	0.265
2037	0.000	0.001	0.000	0.078	0.025	0.000	0.000	0.000	0.102
2038	0.000	0.001	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002
2039	0.000	0.001	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002
2040	0.000	0.001	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002
Total:	0.058	0.003	0.000	5.308	1.160	0.000	0.000	0.000	6.406



**HDM-4 Comparación de costes**

Comparación de la alternativa: **Alternativa 02**

Año	Incremento Costes Administración			Disminución Costes Usuario				Beneficios exógenos netos	Beneficio neto
	Capital	Recurrente	Especial	TM VOC	Tiempo TM	TNM	Accidentes		
2021	0.208	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.208
2022	0.000	0.000	0.000	0.157	0.010	0.000	0.000	0.000	0.167
2023	0.000	0.000	0.000	0.189	0.016	0.000	0.000	0.000	0.205
2024	0.000	0.000	0.000	0.234	0.027	0.000	0.000	0.000	0.261
2025	0.000	0.000	0.000	0.294	0.044	0.000	0.000	0.000	0.339
2026	0.000	0.000	0.000	0.369	0.068	0.000	0.000	0.000	0.438
2027	0.000	0.000	0.000	0.430	0.089	0.000	0.000	0.000	0.520
2028	0.000	0.000	0.000	0.456	0.098	0.000	0.000	0.000	0.555
2029	0.000	0.000	0.000	0.461	0.101	0.000	0.000	0.000	0.562
2030	0.000	0.000	0.000	0.461	0.103	0.000	0.000	0.000	0.565
2031	0.000	0.000	0.000	0.456	0.105	0.000	0.000	0.000	0.562
2032	0.000	0.000	0.000	0.441	0.107	0.000	0.000	0.000	0.549
2033	0.000	0.000	0.000	0.413	0.108	0.000	0.000	0.000	0.521
2034	0.000	0.000	0.000	0.368	0.104	0.000	0.000	0.000	0.471
2035	0.000	0.001	0.000	0.300	0.090	0.000	0.000	0.000	0.389
2036	0.000	0.001	0.000	0.202	0.063	0.000	0.000	0.000	0.265
2037	0.000	0.001	0.000	0.078	0.025	0.000	0.000	0.000	0.102
2038	0.000	0.001	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002
2039	0.000	0.001	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002
2040	0.000	0.001	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.002
Total:	0.208	0.003	0.000	5.308	1.160	0.000	0.000	0.000	6.257

**HDM-4 Comparación de costes**

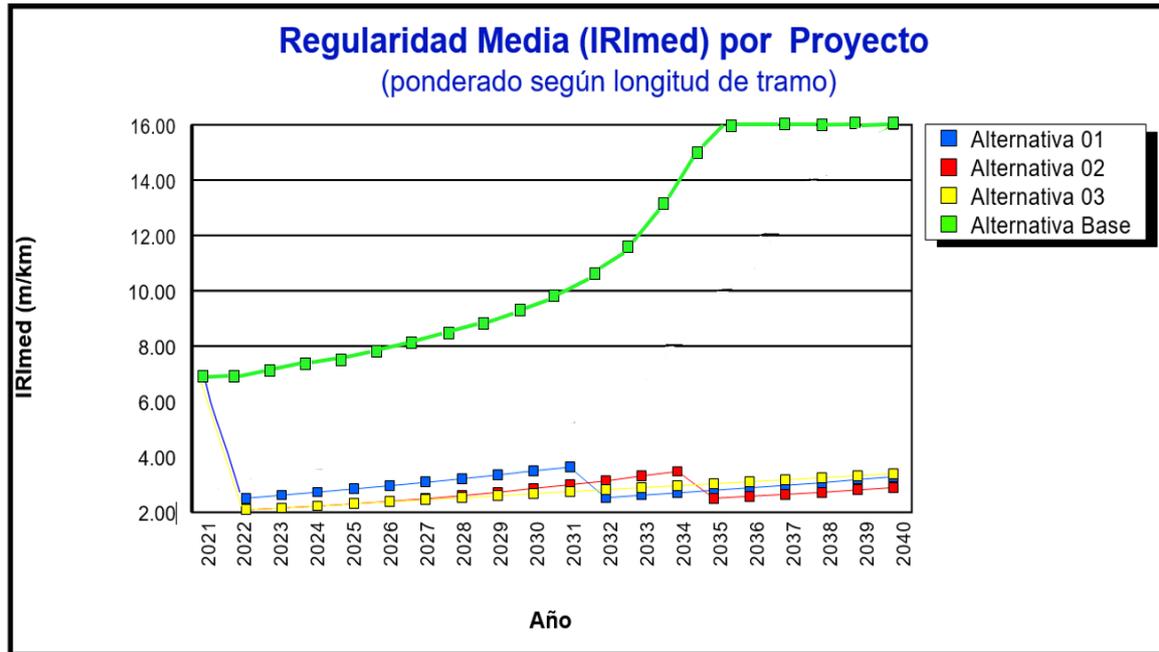
Comparación de la alternativa: **Alternativa 03**

Año	Incremento Costes Administración			Disminución Costes Usuario				Beneficios exógenos netos	Beneficio neto
	Capital	Recurrente	Especial	TM VOC	Tiempo TM	TNM	Accidentes		
2021	0.309	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.309
2022	0.000	0.000	0.000	0.161	0.027	0.000	0.000	0.000	0.188
2023	0.000	0.000	0.000	0.193	0.033	0.000	0.000	0.000	0.227
2024	0.000	0.000	0.000	0.238	0.045	0.000	0.000	0.000	0.283
2025	0.000	0.000	0.000	0.298	0.062	0.000	0.000	0.000	0.361
2026	0.000	0.000	0.000	0.374	0.087	0.000	0.000	0.000	0.461
2027	0.000	0.000	0.000	0.435	0.108	0.000	0.000	0.000	0.544
2028	0.000	0.000	0.000	0.461	0.118	0.000	0.000	0.000	0.579
2029	0.000	0.000	0.000	0.466	0.120	0.000	0.000	0.000	0.586
2030	0.000	0.000	0.000	0.466	0.123	0.000	0.000	0.000	0.590
2031	0.000	0.000	0.000	0.462	0.126	0.000	0.000	0.000	0.587
2032	0.000	0.000	0.000	0.447	0.127	0.000	0.000	0.000	0.574
2033	0.000	0.000	0.000	0.420	0.126	0.000	0.000	0.000	0.545
2034	0.000	0.000	0.000	0.375	0.117	0.000	0.000	0.000	0.492
2035	0.000	0.001	0.000	0.305	0.098	0.000	0.000	0.000	0.402
2036	0.000	0.001	0.000	0.205	0.066	0.000	0.000	0.000	0.271
2037	0.000	0.001	0.000	0.079	0.026	0.000	0.000	0.000	0.105
2038	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
2039	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
2040	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Total:	0.309	0.003	0.000	5.386	1.412	0.000	0.000	0.000	6.485

#### 4.3.1.2. Evolución de la regularidad

En los siguientes gráficos se presenta la evolución de la regularidad en el tramo II, para cada una de las alternativas que comprende el proyecto:

Figura 58: Regularidad media por alternativa de proyecto



Fuente: HDM 4



#### 4.3.1.3. Costos económicos del mantenimiento periódico y rutinario

Los costos económicos por alternativa de mantenimiento periódico, en el horizonte de los 20 años de evaluación, se presentan a continuación.

##### Resumen de Costes Económicos Totales Anuales

	Alternativa 01	Alternativa 02	Alternativa 03	Alternativa Base
2021	<b>503,473.47</b>	<b>602,085.22</b>	<b>811,525.68</b>	<b>150.10</b>
2022	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>0.00</b>
2023	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>370.51</b>
2024	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>699.25</b>
2025	<b>13,391.46</b>	<b>4,864.49</b>	<b>634.15</b>	<b>968.68</b>
2026	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>1,164.52</b>
2027	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>1,294.76</b>
2028	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>1,456.56</b>
2029	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>634.15</b>	<b>1,586.87</b>
2030	<b>850.62</b>	<b>850.62</b>	<b>850.62</b>	<b>1,694.75</b>
2031	<b>1,398.16</b>	<b>1,398.16</b>	<b>1,398.16</b>	<b>1,791.48</b>
2032	<b>2,084.51</b>	<b>2,084.51</b>	<b>2,084.51</b>	<b>1,881.61</b>
2033	<b>2,837.21</b>	<b>2,837.21</b>	<b>2,837.21</b>	<b>1,967.10</b>
2034	<b>3,523.08</b>	<b>3,523.08</b>	<b>3,523.08</b>	<b>2,049.72</b>
2035	<b>4,128.32</b>	<b>4,128.32</b>	<b>4,128.32</b>	<b>2,131.11</b>
2036	<b>4,639.89</b>	<b>4,639.89</b>	<b>4,639.89</b>	<b>2,212.70</b>
2037	<b>5,042.84</b>	<b>5,042.84</b>	<b>5,042.84</b>	<b>2,295.73</b>
2038	<b>5,297.24</b>	<b>5,297.24</b>	<b>5,297.24</b>	<b>2,381.13</b>
2039	<b>5,514.55</b>	<b>5,514.55</b>	<b>5,514.55</b>	<b>2,469.60</b>
2040	<b>5,723.66</b>	<b>5,723.66</b>	<b>5,723.66</b>	<b>2,561.62</b>
<b>Total</b>	<b>562,344.06</b>	<b>652,428.84</b>	<b>857,638.96</b>	<b>31,127.80</b>

#### 4.4. Resultados de la evaluación económica y técnica: Tramo III

##### 4.4.1. Indicadores económicos del proyecto

Los resúmenes de los resultados obtenidos de la evaluación económica para cada una de las alternativas se muestran en las siguientes tablas.

###### HDM-4 Economic Analysis Summary (By Alternative)

Tramo: Tramo III: 03+960 Km - 05+040 Km  
Alternativa: Alternativa 01 vs Alternativa Base

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exógenos neto	Beneficio Económico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	0,12	0,00	0,00	2,62	0,52	0,00	0,00	0,00	3,02
Descontados	0,12	0,00	0,00	1,00	0,15	0,00	0,00	0,00	1,03

Tasa Interna de Retorno Económica (TIRe) = 58,2% (No. de soluciones = 2)

Tramo: Tramo III: 03+960 Km - 05+040 Km  
Alternativa: Alternativa 02 vs Alternativa Base

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exógenos neto	Beneficio Económico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	0,17	0,00	0,00	2,67	0,68	0,00	0,00	0,00	3,17
Descontados	0,17	0,00	0,00	1,02	0,23	0,00	0,00	0,00	1,08

Tasa Interna de Retorno Económica (TIRe) = 51,6% (No. de soluciones = 2)

###### HDM-4 Economic Analysis Summary (By Alternative)

Tramo: Tramo III: 03+960 Km - 05+040 Km  
Alternativa: Alternativa 03 vs Alternativa Base

	Incremento en costes de la Administración			Ahorros en VOC de TM	Ahorros en costes de tiempo de viaje de TM	Ahorros en costes de viaje y de operación de TNM	Reducción en costes de accidentes	Beneficios exógenos neto	Beneficio Económico Neto (VAN)
	Capital	Recurrente	Especial						
Sin descontar	0,17	0,00	0,00	2,67	0,68	0,00	0,00	0,00	3,17
Descontados	0,17	0,00	0,00	1,02	0,23	0,00	0,00	0,00	1,08

Tasa Interna de Retorno Económica (TIRe) = 51,6% (No. de soluciones = 2)

Tabla 32: Relaciones beneficio costo Tramo III

**HDM-4 Relaciones Beneficio Coste**

Tramo: Tramo III: 03+960 Km - 05+040 Km

Alternativa	Valor actual de los costos totales de la administración (RAC)	Valor actual de los costos de capital de la administración (CAP)	Incremento en Costes de la Administración (C)	Disminución en Costes de los Usuarios (B)	Beneficios Exógenos Netos (E)	Valor Actual Neto (VAN = B + E - C)	Ratio VAN/Coste (VAN/RAC)	Ratio VAN/Coste (VAN/CAP)	Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)
Alternativa Base	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0,000	0,000	0,000
Alternativa 01	0.118	0.117	0.117	1.151	0.000	1.035	8,752	8,859	58,2 (2)
Alternativa 02	0.175	0.174	0.174	1.249	0.000	1.075	6,134	6,184	51,6 (2)
Alternativa 03	0.175	0.174	0.174	1.249	0.000	1.075	6,134	6,184	51,6 (2)

El número entre paréntesis es el número de soluciones de la TIR en el rango -90 a +900

*Fuente: HDM 4*

#### 4.4.1.1. Beneficios económicos de los usuarios

Los beneficios económicos del usuario por concepto de ahorros en costos de operación vehicular y tiempo de viaje, en el caso de las alternativas de mantenimiento, se presentan en las siguientes tablas.

**HDM-4 Comparación de costes**

Comparación de la alternativa: **Alternativa 01**

Año	Incremento Costes Administración			Disminución Costes Usuario				Beneficios exógenos netos	Beneficio neto
	Capital	Recurrente	Especial	TM VOC	Tiempo TM	TNM	Accidentes		
2021	0.117	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.117
2022	0.000	0.000	0.000	0.029	-0.010	0.000	0.000	0.000	0.019
2023	0.000	0.000	0.000	0.043	-0.010	0.000	0.000	0.000	0.033
2024	0.000	0.000	0.000	0.063	-0.008	0.000	0.000	0.000	0.055
2025	0.000	0.000	0.000	0.093	-0.003	0.000	0.000	0.000	0.090
2026	0.000	0.000	0.000	0.134	0.009	0.000	0.000	0.000	0.143
2027	0.000	0.000	0.000	0.185	0.026	0.000	0.000	0.000	0.212
2028	0.000	0.000	0.000	0.250	0.049	0.000	0.000	0.000	0.299
2029	0.000	0.000	0.000	0.290	0.064	0.000	0.000	0.000	0.354
2030	0.000	0.000	0.000	0.294	0.067	0.000	0.000	0.000	0.362
2031	0.000	0.000	0.000	0.289	0.069	0.000	0.000	0.000	0.358
2032	0.000	0.000	0.000	0.276	0.070	0.000	0.000	0.000	0.346
2033	0.000	0.000	0.000	0.252	0.069	0.000	0.000	0.000	0.321
2034	0.000	0.000	0.000	0.212	0.063	0.000	0.000	0.000	0.274
2035	0.000	0.000	0.000	0.149	0.047	0.000	0.000	0.000	0.196
2036	0.000	0.000	0.000	0.061	0.019	0.000	0.000	0.000	0.080
2037	0.000	0.001	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.004
2038	0.000	0.001	0.000	-0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	-0.002
2039	0.000	0.001	0.000	-0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	-0.002
2040	0.000	0.001	0.000	-0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	-0.002
<b>Total:</b>	<b>0.117</b>	<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	<b>2.622</b>	<b>0.519</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>3.022</b>

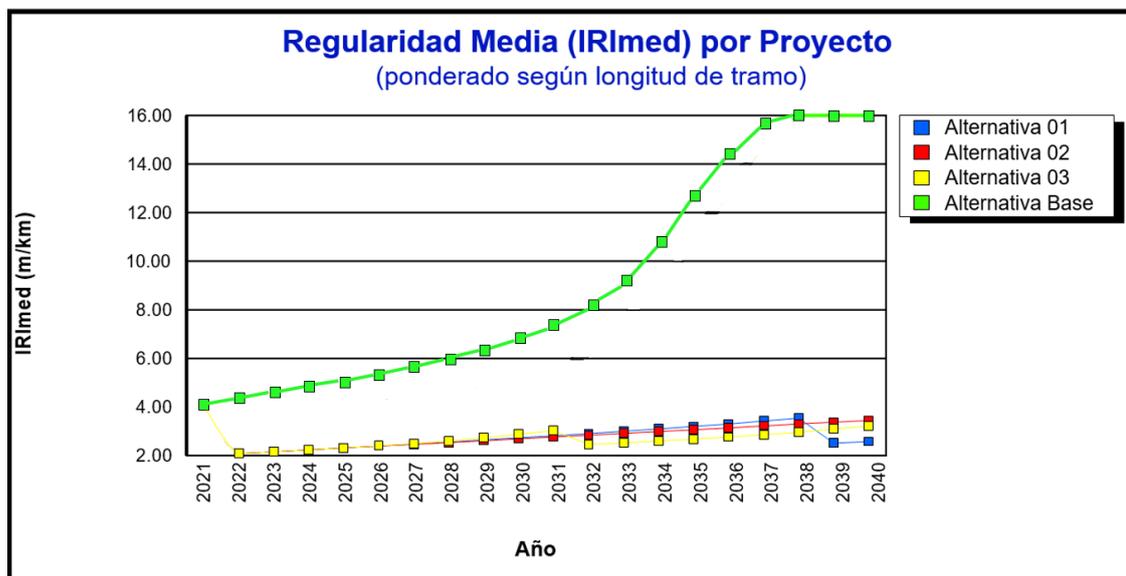
Comparación de la alternativa: **Alternativa 03**

Año	Incremento Costes Administración			Disminución Costes Usuario				Beneficios exógenos netos	Beneficio neto
	Capital	Recurrente	Especial	TM VOC	Tiempo TM	TNM	Accidentes		
2021	0.174	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.174
2022	0.000	0.000	0.000	0.032	0.001	0.000	0.000	0.000	0.033
2023	0.000	0.000	0.000	0.046	0.001	0.000	0.000	0.000	0.047
2024	0.000	0.000	0.000	0.066	0.003	0.000	0.000	0.000	0.069
2025	0.000	0.000	0.000	0.096	0.009	0.000	0.000	0.000	0.105
2026	0.000	0.000	0.000	0.137	0.021	0.000	0.000	0.000	0.158
2027	0.000	0.000	0.000	0.189	0.039	0.000	0.000	0.000	0.228
2028	0.000	0.000	0.000	0.253	0.062	0.000	0.000	0.000	0.315
2029	0.000	0.000	0.000	0.293	0.077	0.000	0.000	0.000	0.370
2030	0.000	0.000	0.000	0.298	0.080	0.000	0.000	0.000	0.378
2031	0.000	0.000	0.000	0.293	0.082	0.000	0.000	0.000	0.375
2032	0.000	0.000	0.000	0.280	0.082	0.000	0.000	0.000	0.363
2033	0.000	0.000	0.000	0.256	0.080	0.000	0.000	0.000	0.336
2034	0.000	0.000	0.000	0.216	0.070	0.000	0.000	0.000	0.285
2035	0.000	0.000	0.000	0.152	0.050	0.000	0.000	0.000	0.201
2036	0.000	0.000	0.000	0.062	0.021	0.000	0.000	0.000	0.082
2037	0.000	0.001	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.005
2038	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001
2039	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001
2040	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001
Total:	0.174	0.002	0.000	2.673	0.677	0.000	0.000	0.000	3.174

#### 4.4.1.2. Evolución de la Regularidad

En los siguientes gráficos se presenta la evolución de la regularidad en el Tramo III, para cada una de las alternativas que comprende el proyecto:

Figura 59: Regularidad media por alternativa de proyecto



Fuente: HDM 4



#### 4.4.1.3. Costos económicos del mantenimiento periódico y rutinario

Los costos económicos por alternativa de mantenimiento periódico, en el horizonte de los 20 años de evaluación, se presentan a continuación.

##### Resumen de Costes Económicos Totales Anuales

	Alternativa 01	Alternativa 02	Alternativa 03	Alternativa Base
2021	503,473.47	602,085.22	811,525.68	150.10
2022	634.15	634.15	634.15	0.00
2023	634.15	634.15	634.15	370.51
2024	634.15	634.15	634.15	699.25
2025	13,391.46	4,864.49	634.15	968.68
2026	634.15	634.15	634.15	1,164.52
2027	634.15	634.15	634.15	1,294.76
2028	634.15	634.15	634.15	1,456.56
2029	634.15	634.15	634.15	1,586.87
2030	850.62	850.62	850.62	1,694.75
2031	1,398.16	1,398.16	1,398.16	1,791.48
2032	2,084.51	2,084.51	2,084.51	1,881.61
2033	2,837.21	2,837.21	2,837.21	1,967.10
2034	3,523.08	3,523.08	3,523.08	2,049.72
2035	4,128.32	4,128.32	4,128.32	2,131.11
2036	4,639.89	4,639.89	4,639.89	2,212.70
2037	5,042.84	5,042.84	5,042.84	2,295.73
2038	5,297.24	5,297.24	5,297.24	2,381.13
2039	5,514.55	5,514.55	5,514.55	2,469.60
2040	5,723.66	5,723.66	5,723.66	2,561.62
<b>Total</b>	<b>562,344.06</b>	<b>652,428.84</b>	<b>857,638.96</b>	<b>31,127.80</b>

#### 4.5. Discusión

De los resultados obtenidos se puede afirmar que el uso del software HDM es una herramienta de gestión en la conservación vial que permite comparar cuantitativamente los costos de mantenimiento vial y operación vehicular, por ende, ayuda a los ingenieros a realizar una acertada toma de decisiones en las políticas de conservación vial.

Los resultados tienen similitud con lo que refiere López (2008), quien indica que el HDM proporciona una herramienta poderosa para la toma de decisiones, sobre las alternativas de inversión de un proyecto de carreteras. El personal de una agencia de carreteras es el encargado de definir cuál será la inversión o estrategia más favorable de acuerdo a la realidad de la agencia y a las necesidades de la red considerada; asimismo en la investigación de Lluncor (2012) nos refiere que los sistemas de gestión de pavimentos se relacionan de manera directa con el HDM III, de tal forma que éste actúa como una herramienta para la integración y organización de los datos provenientes del estudio de campo, para luego definir el tipo de intervención económica, a fin de mejorar los niveles de servicio del pavimento partiendo de estrategias planteadas por los proyectistas. También en la investigación de Alejos & Cribillero (2016), a partir de los resultados nos demuestran que una buena planificación de las estrategias con intervenciones de políticas de mantenimiento oportunas va a mantener los niveles de serviciabilidad de la vía y optimizar la utilización de recursos.

Montoya (2007), manifiesta que el programa HDM-4 no es un sistema de gestión de pavimentos; sino tan solo una herramienta de apoyo para calcular la evolución del deterioro del pavimento.

Sin embargo, Chávez (2008), de sus resultados obtenidos nos indica que se puede emplear más alternativas, o ajustar las que tenemos de modo que cumplan las necesidades



de condición y serviciabilidad ya establecidas, y a su vez generen un efecto positivo en la sociedad en términos económicos.

Calles (2016), a propósito, indica que las instituciones encargadas de la conservación vial, cuentan con una hoja de asignación presupuestaria para realizar estos trabajos, por lo que únicamente se encargan de arreglar fallas de emergencia o graves, lo que ocasiona atraso en las obras de mantenimiento, incurriendo en la necesidad de rehabilitar totalmente las vías con mayores costos de inversión.

Los indicadores económicos utilizados en la presente investigación fueron el VAN y el TIR, los cuales se asemejan con los utilizados por Canales (2014), Pérez (2013) y Tapara (2015).

#### **4.5.1. Del Tramo I: 00+000 km – 02+040 km**

##### **4.5.1.1. Evaluación económica**

Como se puede observar Tabla 29, tres alternativas de mantenimiento del proyecto son económicamente rentables, con tasas internas de retorno mayores a la tasa de descuento del 12% que se le asignó al proyecto, siendo la alternativa 03 la de mayor rentabilidad, al mostrar el mayor VAN en comparación con las otras alternativas.

Los indicadores económicos que presenta esta alternativa son: VAN de 4.627 millones de US\$ y TIR de 149.7% en comparación con la alternativa base.

El monto de inversión para implementar esta alternativa durante los 20 años asciende a un monto de US\$ 857,638.96. (tabla 30).

#### 4.5.1.2. Evaluación técnica

Al desarrollarse las actividades de mantenimiento periódico en el año 2021, las alternativas presentan las siguientes regularidades máximas antes de la aplicación de refuerzos:

La Alternativa 01 luego del refuerzo de 50mm en el año 2021 presenta un IRI= 2.12m/km; se mantiene la carretera con un MR+Bacheo+ Slurry Seal cada 4 años, cuando la regularidad llega a IRI= 3.59m/km en el año 2040 se coloca un refuerzo CAC 25mm, luego de este refuerzo su regularidad baja a IRI= 2.21 m/km; terminando el periodo de análisis de 20 años con una regularidad IRI= 1.8m/km en el año 2040. (Figura 62).

Presenta una regularidad IRI promedio durante los 20 años de análisis de 2.52 m/km.

La Alternativa 02 se coloca un refuerzo de 50 mm en el año 2021 su valor de regularidad baja a 2.08 IRI, se mantiene la carretera con un MR+Bacheo + sellado de capa cada 4 años, esto hace que la evolución de la regularidad sea más lenta durante los siguientes años, presentando una regularidad máxima de 2.46 IRI en el año 2040.

Presenta una regularidad IRI promedio durante los 20 años de análisis de 2.829 m/km

La Alternativa 03 se coloca un refuerzo de 50 mm en el año 2021 presentando un IRI= 2.12 m/km, se mantiene la vía con un MR+Bacheo y Slurry Seal cuando el área dañada llegue a 20%, lo cual no es suficiente para mantener una regularidad adecuada por lo tanto se coloca un refuerzo de 25 mm en el año 2030 bajando su regularidad de IRI=2.88 a 2.04 m/km, terminando el periodo de análisis de 20 años con una regularidad 3.12 IRI en el año 2040.

Presenta una regularidad IRI promedio durante los 20 años de análisis de 2.72 m/km

#### **4.5.2. Del Tramo II: 02+040 km – 03+960 km**

##### **4.5.2.1. Evaluación económica**

Como se puede observar la Tabla 31, tres alternativas de mantenimiento del proyecto son económicamente rentables, con tasas internas de retorno mayores a la tasa de descuento del 12 % que se le asignó al proyecto, siendo la alternativa 01 la de mayor rentabilidad, al mostrar el mayor VAN en comparación con las otras dos alternativas.

Los indicadores económicos que presenta esta alternativa son: VAN de 2.474 millones de US\$ y TIR de 81.9%.

Los costos de mantenimiento durante los 20 años de implementado la alternativa 01 asciende a un monto de US\$ 562,344.06.

##### **4.5.2.2. Evaluación técnica**

Al desarrollarse las actividades de mantenimiento periódico en el año 2021, las alternativas presentan las siguientes regularidades máximas antes de la aplicación de refuerzos:

La alternativa 01 presenta regularidad de IRI= 2.21 m/km después del refuerzo de 25 mm colocado en el año 2021; se mantiene la vía con un MR+Bacheo y Slurry Seal cada 4 años; lo cual no es suficiente por lo cual se coloca un refuerzo de 25 mm en el año 2030 disminuyendo su regularidad de IRI=3.68 a 2.57 m/km, terminando el periodo de análisis de 20 años con una regularidad 3.14 IRI en el año 2040.

Presenta una regularidad IRI promedio durante los 20 años de análisis de 2.32 m/km. La alternativa 02 se realiza un refuerzo de 50 mm en el año 2021 presentando un IRI = 2.03m/km después del refuerzo, luego en los años siguientes se mantienen con un MR+Bacheo y un Slurry Seal cuando el área dañada llegue a 20%; lo cual no mejora la regularidad de la vía solo hace que esta evolucione más lento; por lo cual cuando su



regularidad llegue a 2.88 IRI en el año 2030, se realiza un refuerzo con CAC 25mm, bajando su IRI= 2.24 m/km y terminando el periodo de análisis de 20 años con una regularidad 2.47 IRI en el año 2040.

Presenta una regularidad IRI promedio durante los 20 años de análisis de 2.15 m/km. La alternativa 03 luego del refuerzo de 50 mm en el año 2021 presenta un IRI=2.11m/km, la vía se mantiene con un MR+Bacheo y Sello de capa cada 4 años; presentando su regularidad máxima de 3.18 IRI en el año 2040.

Presenta una regularidad IRI promedio durante los 20 años de análisis de 2.37 m/km.

#### **4.5.3. Del Tramo III: km 03+960– km 05+040**

##### **4.5.3.1. Evaluación económica**

Como se puede observar la tabla 32, las tres alternativas de mantenimiento del proyecto son económicamente rentables, con tasas internas de retorno mayores a la tasa de descuento del 12 % que se le asignó al proyecto, siendo la alternativa 02 la de mayor rentabilidad, al mostrar el mayor VAN en comparación con las otras tres alternativas.

Los indicadores económicos que presenta esta alternativa son: VAN de 1.075 millones de US\$ y TIR de 51.6%.

Los costos de mantenimiento durante los 20 años de implementado la alternativa 02 asciende a un monto de US\$ 652,428.84.

##### **4.5.3.2. Evaluación técnica**

Al desarrollarse las actividades de mantenimiento periódico en el año 2021, las alternativas presentan las siguientes regularidades máximas antes de la aplicación de refuerzos:



La alternativa 01 luego de reconstruida la carretera a nivel carpeta asfáltica en caliente su regularidad baja a 2.28 IRI, se mantiene la vía con un MR+Bache y Slurry Seal cada 4 años; presentando su regularidad máxima de 2.92 IRI en el año 2040.

Presenta una regularidad IRI promedio durante los 20 años de análisis de 2.06 m/km.

La Alternativa 02 luego de reconstruir la carretera CAC presenta un 2.21 IRI; se mantiene la vía con un MR+Bacheo y Slurry Seal cuando el área dañada llegue al 20%, esto no es suficiente para mantener una regularidad adecuada por lo cual cuando su regularidad llega a 3.12 IRI en el año 2030 se realiza un refuerzo con CAC 25mm bajando su regularidad a IRI= 2.34 m/km, terminando el periodo de análisis de 20 años con una regularidad 2.65 IRI en el año 2040.

Presenta una regularidad IRI promedio durante los 20 años de análisis de 2.76 m/km.

La Alternativa 03 se reconstruye la vía a nivel TS Bicapa en el año 2021 presenta una regularidad de 2.57 IRI; se mantiene la vía con un MR+Bacheo y Slurry Seal cada 4 años; cuando su regularidad llega a 3.19 IRI en el año 2030 se realiza un refuerzo con CAC 25mm bajando su IRI= 2.37 m/km, terminando el periodo de análisis de 20 años con una regularidad 2.69 IRI en el año 2040.

Presenta una regularidad IRI promedio durante los 20 años de análisis de 3.16 m/km.



## V. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos demuestran que la aplicación del software HDM4, en la gestión de estrategias para el mantenimiento de la av. Lampa; llega a ser una herramienta valiosa en la toma de decisiones al momento de seleccionar la alternativa óptima de mantenimiento a implementar; con un VAN, TIR rentable y un IRI adecuado durante su periodo de análisis el cual se detalla en lo siguiente:
  - Tramo I 00+000 km –02+040 km, la alternativa 03 es la alternativa recomendada presentando indicadores de mayor rentabilidad (VAN= 4.627 millones de U\$\$, una tasa interna de retorno (TIR) de 149.7 %. (Tabla 29). Consiste en una reconstrucción de la vía con un refuerzo de 50mm de CAC en el año 2021 en los siguientes años un mantenimiento rutinario, parchado del 100% de los baches, Slurry Seal cuando el área dañada llegue al 20% y un refuerzo programado de 25 mm de CAC cada 10 años.
  - Tramo II 02+040 km – 03+960 km, la alternativa 01 es la alternativa recomendada presentando indicadores de mayor rentabilidad (VAN= 2.474 millones de U\$\$, una tasa interna de retorno (TIR) de 81.9 %. (Tabla 31). Consiste en un refuerzo de 25mm de CAC en el año 2021 en los siguientes años un mantenimiento rutinario, parchado del 100% de los baches, Slurry Seal cada 4 años y un refuerzo programado de 25 mm de CAC cada 10 años.
  - Tramo III Km 03+960km – 05+040 km, la alternativa 02 es la alternativa recomendada presentando indicadores de mayor rentabilidad VAN= 2.474 millones de U\$\$, una tasa interna de retorno



(TIR) de 51.6 %. (Tabla 32). Consiste en una reconstrucción de la vía a nivel tratamiento bicapa de 25 mm en el año 2021; en los siguientes años un mantenimiento rutinario, parchado del 100% de los baches, Slurry Seal cuando el área dañada llegue al 20% y un refuerzo programado de 25 mm de CAC cada 10 años.

- De la evaluación técnica se obtuvo un IMDA de 2191 en la av. Lampa y en la evaluación funcional se determinó lo siguiente:
  - Tramo I 00+000 km – 02+040 km, tiene un PCI = 21
  - Tramo II 02+040 – 03+960 km, tiene un PCI = 32
  - Tramo III 03+960 km – 5+040 km, tiene un PCI = 45

De los resultados obtenidos, se concluye que se debe intervenir de inmediato la estructura del pavimento, debido a que se encuentra en un mal estado de conservación.

- Mediante el uso del software HDM-4 se determinó ahorro en los costos de operación vehicular (COV) que se cuantifican en 3.62 millones de dólares respecto a las condiciones actuales en que se encuentra dicha avenida en estudio, en un periodo de evaluación de 20 años; del cual se obtiene un ahorro de \$ 500,505.02 en los costos de mantenimiento vial al comparar con las tres alternativas de mantenimiento vial planteado en la investigación.
- Se logró determinar el Índice Internacional de Regularidad con la aplicación Roadroid y se determinó lo siguiente:
  - Tramo I 00+000 km – 02+040 km, tiene un IRI = 8.17 m/km.
  - Tramo II 02+040 – 03+960 km, tiene un IRI = 7.80 m/km.
  - Tramo III 03+960 km – 5+040 km, tiene un IRI = 4.24 m/km.



## VI. RECOMENDACIONES

- A nivel nacional el software HDM-4 puede ser utilizada como una herramienta poderosa para la evaluación de alternativas de inversión a nivel de proyecto, lo cual ayudaría a la priorización de necesidades o de carencias que afectan a una red de carretera.
- Con esta investigación se busca que, en un mediano plazo, las entidades encargadas del mantenimiento de la infraestructura vial se familiaricen con software HDM y puedan utilizarlo como herramienta en la toma de decisiones para la gestión vial por ende optimizar las políticas de conservación.
- Se deben implementar estrategias de mantenimiento acordes a las características actuales de los pavimentos debido a que soluciones de bajos costos iniciales pueden implicar altos costos de conservación y menores beneficios a los usuarios.
- Se recomienda que a la hora de seleccionar la alternativa optima a implementar no solo guiarse por la alternativa de mayor VAN; sino también tener en cuenta el índice de regularidad (IRI) que se va a presentar durante todo el horizonte de análisis.
- Para la recolección de datos de la regularidad IRI con la aplicación Roadroid, es necesario realizar la toma de datos en horas de poco tráfico y en lo posible mantener una velocidad constante, para datos más exactos.



## VII. REFERENCIAS

- AASHTO. (1993). *Guidelines for pavement management system AASHTO*.
- Alejos, Y. & Cribillero, E., (2016). *Aplicación del software HDM - 4 en la gestión de estrategias para el mantenimiento de la carretera Santa - Tamborreal*.
- Almenara, C. I. (2015). *Aplicación de teléfonos inteligentes para determinar la rugosidad de pavimentos urbanos en Lima*[Tesis de pregrado: Pontificia Universidad Católica del Perú]. Lima. Obtenido de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6087/ALMENARA\\_CARLOS\\_APLICACION\\_TELEFONOS\\_INTELIGENTES.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6087/ALMENARA_CARLOS_APLICACION_TELEFONOS_INTELIGENTES.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Arriaga, G. &. (1998). *Indice Internacional de Rugosidad en la red de carreteras de México. Instituto Mexicano del Transporte, 57*. Obtenido de <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt108.pdf>
- Calles, A. M. (2016). *Modelo de gestión de conservación vial para la red vial rural del Cantón Pastaza (Tesis de Maestría), Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Facultad de Ingeniería, Quito - Ecuador. Quito*.
- Canales, J. (2014). *Comparación de modelos de gestión para la evaluación de inversiones en proyectos viales. [Tesis de Licenciatura: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Lima Perú]*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Chávez, C. (2008). *Propuesta de planificación de un sistema de gestión de pavimentos*[Tesis de posgrado: Universidad de Piura]. Universidad de Piura, Lima. Obtenido de [https://pirhua.udpe.edu.pe/bitstream/handle/11042/1987/MAS\\_ICIV-L\\_001.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://pirhua.udpe.edu.pe/bitstream/handle/11042/1987/MAS_ICIV-L_001.pdf?sequence=3&isAllowed=y)



- Cruz, A. C. (2012). *Implementación de un modelo de gestión vial en algunos tramos de vía para el mantenimiento y recuperación de la malla vial en casco urbano del municipio de la estrella*[Tesis de Posgrado. Universidad de Medellín]. Repositorio Institucional, Medellín. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/51194618.pdf>
- De Solminihac, H. (2001). *Gestión de Infraestructura Vial*. Santiago de Chile.
- Gaete, R., & Solminihac, d. (s.f.).
- Gaete, R., de Solminihac, H., & Echeverría, G. (1988). Estudio de la resitencia al deslizamiento en pavimentos asfálticos en Chile. *Revista de Ingeniería de Construcción N° 4*.
- Haas, e. a. (1993). *Estructura de un sistema de pavimentos*.
- Hánser López, J. Á. (2008). *Análisis de la Evaluación Técnica y Económica de Proyectos Viales con el Modelo de Estándares de Conservación y Diseño de Carreteras* [Tesis de Graduación. Universidad de San Carlos]. Repositorio Institucional, Guatemala. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2882\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2882_C.pdf)
- Huang, Y. (2004). *Pavement analysis and desing* . New Jersey: Pearson Prentice.
- Lluncor, G. (2012). *Aplicación del modelo HDM en la evaluación de proyectos de carreteras en Perú: ``Carretera Bagua Chica - Flor de la Esperanza``*[Tesis de Pregrado: Universidad Ricardo Palma]. Universidad Ricardo Palma, Lima. Obtenido de <https://pdfslide.tips/documents/aplicacion-del-modelo-hdm-en-la-evaluacion-de-carreteras-en-peru-carretera.html>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, M. (2014). *Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial*. Lima.
- Montoya, G. J. (2007). *Implementación del Sistema de Gestión de Pavimentos con la herramienta HDM – 4 para la*. Lima.



- MTC, M. d. (2013). *Manual de Carreteras*. Lima: Macro. Obtenido de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_3580.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3580.pdf)
- Nava, A. (2016). *Aplicación de un modelo de administración de pavimentos en el estado de Hidalgo [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Chihuahua]*. Repositorio digital. Obtenido de <http://repositorio.uach.mx/137/>
- Odoki, & Kerali, H. (2000). *HDM - 4: Highway Development and Management Volume Four Analytical Framework and Model*. Francia.
- Perez, M. (2013). *Análisis de evaluación técnica y económica del Proyecto vial Comitancillo - San Lorenzo - Santa Irene, San Antonio Sacatepequez, San Marcos utilizando el modelo de estándares de conservación y diseño de carreteras (HDM) ( Tesis de Licenciatura)*. . Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala.
- Rico, A. Y. (1999). *La ingeniería de suelos en las vías terrestres (Vol. 2)*. México: Limusa.
- Salgado, M. (25 de Noviembre de 2013). *Posibilidades del HDM-4 en el ámbito de la Gestión de Infraestructura Vial* . Obtenido de Archivo de video: Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=fsGY8t89D4s>
- Sayers, M. (1986(a)). *Guidelines for the Conduct and Calibration of Road Roughness Measurements* . United States of America: World Bank Technical.
- Sayers, M., & Karamihas, S. (1998). *Interpretation of Road Roughness Profile Data. Federal Highway Administration* .
- Solorio, & Hernández. (2004). *Análisis de sensibilidad de los modelos de deterioro del HDM - 4 para pavimentos asfálticos*. México. Obtenido de <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt266.pdf>



- Tapara, D. (2015). *Evalauación del estudio de factibilidad de la carretera Ocuviri - Laguna Calera con el modelo HDM*. [ Tesis de licenciatura: Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Puno-Perú. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- Vásquez, V. L. (2002). *Indice de Condición Pavimento( PCI) para pavimentos asfálticos y concreto en carreteras[UNC; Manizales]*. Colombia.
- Vidal, A. D. (2016). *Medición y comparación de la rugosidad en pavimentos de la ciudad de Huánuco[Tesis de Pregrado: Pontificia Universidad Católica del Perú]*. Lima.  
Obtenido de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6623/ASENCIOS\\_DAVID\\_MEDICION\\_COMPARACION\\_RUGOSIDAD\\_PAVIMENTOS.pdf.txt;jsessionid=C6E5D65613D225D4EE4355151A05CA12?sequence=8](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6623/ASENCIOS_DAVID_MEDICION_COMPARACION_RUGOSIDAD_PAVIMENTOS.pdf.txt;jsessionid=C6E5D65613D225D4EE4355151A05CA12?sequence=8)
- Wright, P. H., & Paquette, R. J. (1993). *Ingeniería de carreteras* (Quinta Edición ed.). Noriega: Limusa. Obtenido de <http://catalogo.fi.uba.ar/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=5175>



## **ANEXOS**

### **Anexo A**

#### **Informes de procesamiento en el HDM 4**



## BENEFICIOS NETOS ANUALES

### HDM - 4 Beneficios netos anuales descontados

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Nombre del estudio: Proyecto A  
Fecha de ejecución: 22-12-2021 12-10-2021  
Moneda: US Dollar (millones)  
Tasa de descuento: 12,00 %

Tramo: Tramo I: 00+000 Km - 02+040 Km  
Alternativa: Alternativa 01

ID: T1 Clase de carretera: Secundaria o principal  
Longitud: 2,04 km Ancho: 7,60 m Rampa + Pendiente: 1,00 m/km Curvatura: 3,00 °/km

Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Netos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2021	0.328	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.328
2022	0.000	0.000	0.000	0.277	0.096	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.373
2023	0.000	0.000	0.000	0.305	0.101	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.406
2024	0.000	0.000	0.000	0.344	0.114	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.459
2025	0.000	0.000	0.000	0.391	0.137	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.528
2026	0.000	0.000	0.000	0.398	0.143	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.541
2027	0.000	0.000	0.000	0.365	0.132	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.498
2028	0.000	0.000	0.000	0.331	0.121	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.453
2029	0.000	0.000	0.000	0.300	0.111	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.411
2030	0.000	0.000	0.000	0.267	0.101	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.368
2031	0.000	0.000	0.000	0.230	0.092	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.322

HDM-4 Version 1,3

Página 1 de 18

#### HDM-4 Beneficios netos anuales descontados

2032	0.000	0.000	0.000	0.187	0.080	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.267
2033	0.000	0.000	0.000	0.133	0.061	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.194
2034	0.000	0.000	0.000	0.066	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.097
2035	0.000	0.000	0.000	0.017	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026
2036	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
2037	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
2038	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
2039	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
2040	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
<b>Total:</b>	0.328	-0.001	0.000	3.616	1.339	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.627



**Tramo:** Tramo I: 00+000 Km - 02+040 Km  
**Alternativa:** Alternativa 02

ID: T1 Clase de carretera: Secundaria o principal  
Longitud: 2,04 km Ancho: 7,60 m Rampa + Pendiente: 1,00 m/km Curvatura: 3,00 %/km

Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Netos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2021	0.221	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.220
2022	0.000	0.000	0.000	0.269	0.062	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.332
2023	0.000	0.000	0.000	0.298	0.070	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.368
2024	0.000	0.000	0.000	0.338	0.086	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.424
2025	0.000	0.000	0.000	0.385	0.111	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.497
2026	0.000	0.000	0.000	0.392	0.120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.512
2027	0.000	0.000	0.000	0.359	0.111	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.471
2028	0.000	0.000	0.000	0.326	0.102	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.428
2029	0.000	0.000	0.000	0.295	0.093	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.389
2030	0.000	0.000	0.000	0.263	0.085	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.348
2031	0.000	0.000	0.000	0.226	0.077	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.304
2032	0.000	0.000	0.000	0.183	0.069	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.252
2033	0.000	0.000	0.000	0.130	0.055	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.185
2034	0.000	0.000	0.000	0.065	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.094

HDM-4 Version 1,3

Página 3 de 18

**HDM-4 Beneficios netos anuales descontados**

2035	0.000	0.000	0.000	0.017	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025
2036	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
2037	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
2038	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
2039	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
2040	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
<b>Total:</b>	0.221	-0.001	0.000	3.551	1.087	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.417



**Tramo:** Tramo I: 00+000 Km - 02+040 Km  
**Alternativa:** Alternativa 03

ID: T1 Clase de carretera: Secundaria o principal  
Longitud: 2,04 km Ancho: 7,60 m Rampa + Pendiente: 1,00 m/km Curvatura: 3,00 %/km

Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nestos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2021	0.328	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.328
2022	0.000	0.000	0.000	0.277	0.096	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.373
2023	0.000	0.000	0.000	0.305	0.101	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.406
2024	0.000	0.000	0.000	0.344	0.114	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.459
2025	0.000	0.000	0.000	0.391	0.137	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.528
2026	0.000	0.000	0.000	0.398	0.143	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.541
2027	0.000	0.000	0.000	0.365	0.132	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.498
2028	0.000	0.000	0.000	0.331	0.121	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.453
2029	0.000	0.000	0.000	0.300	0.111	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.411
2030	0.000	0.000	0.000	0.267	0.101	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.368
2031	0.000	0.000	0.000	0.230	0.092	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.322
2032	0.000	0.000	0.000	0.187	0.080	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.267
2033	0.000	0.000	0.000	0.133	0.061	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.194
2034	0.000	0.000	0.000	0.066	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.097

HDM-4 Version 1,3

Página 5 de 18

**HDM-4 Beneficios netos anuales descontados**

2035	0.000	0.000	0.000	0.017	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026
2036	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
2037	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
2038	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
2039	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
2040	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
<b>Total:</b>	0.328	-0.001	0.000	3.616	1.339	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.627





**Tramo:** Tramo II: 02+040 Km - 03+960 Km  
**Alternativa:** Alternativa 02

ID: T2 Clase de carretera: Secundaria o principal  
Longitud: 1,92 km Ancho: 7,60 m Rampa + Pendiente: 1,00 m/km Curvatura: 3,00 %/km

Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nastos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2021	0.208	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.208
2022	0.000	0.000	0.000	0.141	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.149
2023	0.000	0.000	0.000	0.151	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.164
2024	0.000	0.000	0.000	0.166	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.186
2025	0.000	0.000	0.000	0.187	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.215
2026	0.000	0.000	0.000	0.209	0.039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.248
2027	0.000	0.000	0.000	0.218	0.045	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.263
2028	0.000	0.000	0.000	0.206	0.045	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.251
2029	0.000	0.000	0.000	0.186	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.227
2030	0.000	0.000	0.000	0.166	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.204
2031	0.000	0.000	0.000	0.147	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.181
2032	0.000	0.000	0.000	0.127	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.158
2033	0.000	0.000	0.000	0.106	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.134
2034	0.000	0.000	0.000	0.084	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.108

HDM-4 Version 1,3

Página 9 de 18

**HDM-4 Beneficios netos anuales descontados**

2035	0.000	0.000	0.000	0.061	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.080
2036	0.000	0.000	0.000	0.037	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.048
2037	0.000	0.000	0.000	0.013	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017
2038	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Total:</b>	0.208	0.000	0.000	2.205	0.426	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.424





**Tramo:** Tramo III: 03+960 Km - 05+040 Km  
**Alternativa:** Alternativa 01

ID: T3 Clase de carretera: Secundaria o principal  
Longitud: 1,08 km Ancho: 7,60 m Rampa + Pendiente: 3,00 m/km Curvatura: 50,00 %/km

Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nostos	Total Beneficios Nostos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2021	0.117	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.117
2022	0.000	0.000	0.000	0.026	-0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017
2023	0.000	0.000	0.000	0.034	-0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026
2024	0.000	0.000	0.000	0.045	-0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.039
2025	0.000	0.000	0.000	0.059	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.058
2026	0.000	0.000	0.000	0.076	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.081
2027	0.000	0.000	0.000	0.094	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.107
2028	0.000	0.000	0.000	0.113	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.135
2029	0.000	0.000	0.000	0.117	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.143
2030	0.000	0.000	0.000	0.106	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.130
2031	0.000	0.000	0.000	0.093	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.115
2032	0.000	0.000	0.000	0.079	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.099
2033	0.000	0.000	0.000	0.065	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.082
2034	0.000	0.000	0.000	0.048	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.063

**HDM-4 Beneficios netos anuales descontados**

2035	0.000	0.000	0.000	0.031	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.040
2036	0.000	0.000	0.000	0.011	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015
2037	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
2038	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Total:</b>	0.117	0.000	0.000	0.998	0.153	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.035



**Tramo:** Tramo III: 03+960 Km - 05+040 Km  
**Alternativa:** Alternativa 02

ID: T3 Clase de carretera: Secundaria o principal  
Longitud: 1,08 km Ancho: 7,60 m Rampa + Pendiente: 3,00 m/km Curvatura: 50,00 %/km

Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nostos	Total Beneficios Nostos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2021	0.174	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.174
2022	0.000	0.000	0.000	0.029	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029
2023	0.000	0.000	0.000	0.036	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037
2024	0.000	0.000	0.000	0.047	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049
2025	0.000	0.000	0.000	0.061	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.067
2026	0.000	0.000	0.000	0.078	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090
2027	0.000	0.000	0.000	0.096	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.115
2028	0.000	0.000	0.000	0.114	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.142
2029	0.000	0.000	0.000	0.118	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.149
2030	0.000	0.000	0.000	0.107	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.136
2031	0.000	0.000	0.000	0.094	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.121
2032	0.000	0.000	0.000	0.081	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.104
2033	0.000	0.000	0.000	0.066	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.086
2034	0.000	0.000	0.000	0.049	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065

HDM-4 Version 1,3

Página 15 de 18

**HDM-4 Beneficios netos anuales descontados**

2035	0.000	0.000	0.000	0.031	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.041
2036	0.000	0.000	0.000	0.011	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015
2037	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
2038	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Total:</b>	0.174	0.000	0.000	1.020	0.229	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.075



**Tramo:** Tramo III: 03+960 Km - 05+040 Km  
**Alternativa:** Alternativa 03

ID: T3 Clase de carretera: Secundaria o principal  
Longitud: 1,08 km Ancho: 7,60 m Rampa + Pendiente: 3,00 m/km Curvatura: 50,00 °/km

Año	Incremento de Costes de la Administración			Ahorro de Costes de los Usuarios							Beneficios Exógenos Nostos	Total Beneficios Netos
	Trabajos Capital	Trabajos Recurrentes	Trabajos Especiales	Tráfico Normal (+ Inducido)			Tráfico Generado			Reducción Costes Accidentes		
				TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación	TM VOC	TM Tiempo	TNM Tiempo & Operación			
2021	0.174	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.174
2022	0.000	0.000	0.000	0.029	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029
2023	0.000	0.000	0.000	0.036	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037
2024	0.000	0.000	0.000	0.047	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049
2025	0.000	0.000	0.000	0.061	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.067
2026	0.000	0.000	0.000	0.078	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090
2027	0.000	0.000	0.000	0.096	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.115
2028	0.000	0.000	0.000	0.114	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.142
2029	0.000	0.000	0.000	0.118	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.149
2030	0.000	0.000	0.000	0.107	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.136
2031	0.000	0.000	0.000	0.094	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.121
2032	0.000	0.000	0.000	0.081	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.104
2033	0.000	0.000	0.000	0.066	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.086
2034	0.000	0.000	0.000	0.049	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065

HDM-4 Version 1,3

Página 17 de 18

**HDM-4 Beneficios netos anuales descontados**

2035	0.000	0.000	0.000	0.031	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.041
2036	0.000	0.000	0.000	0.011	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015
2037	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
2038	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Total:</b>	0.174	0.000	0.000	1.020	0.229	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.075



## COSTOS ANUALES DE ADMINISTRACIÓN Y USUARIOS

# HDM - 4 Flujo de Costes Anuales de la Administración y del Usuario (Sin Descontar)

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

Nombre del estudio: **Proyecto Av. Lampa**

Fecha ejecución: **22-12-2021**

Moneda: **US Dollar (millones)**

**Tramo:** Tramo I: 00+000 Km - 02+040 Km

**Alternativa:** Alternativa 01

ID: T1

Clase de carretera: Secundaria o principal

Longitud: 2,04 km Ancho: 7,60 m

Rampa + Pendiente: 1,00 m/km Curvatura: 3,00 %/km

Año	Costes de la Administración de Carreteras (RAC)				Costes de Usuario (RUC)					Costes Exógenos Netos	Coste Total del Transporte
	Capital	Recurrente	Especial	Total RAC	TM Operación de Vehículo	TM Tiempo de Viaje	TNM Viaje & Operación	Accidentes	Total RUC		
2021	0.328	0.000	0.000	0.328	1.038	0.326	0.000	0.000	1.363	0.000	1.692
2022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.809	0.234	0.000	0.000	1.043	0.000	1.043
2023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.838	0.239	0.000	0.000	1.078	0.000	1.078
2024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.869	0.245	0.000	0.000	1.114	0.000	1.114
2025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.901	0.251	0.000	0.000	1.153	0.000	1.153
2026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.939	0.257	0.000	0.000	1.197	0.000	1.197
2027	0.000	0.000	0.000	0.000	0.984	0.264	0.000	0.000	1.248	0.000	1.248
2028	0.000	0.000	0.000	0.000	1.033	0.271	0.000	0.000	1.304	0.000	1.304
2029	0.000	0.000	0.000	0.000	1.087	0.278	0.000	0.000	1.365	0.000	1.365
2030	0.000	0.000	0.000	0.000	1.156	0.286	0.000	0.000	1.442	0.000	1.443
2031	0.000	0.001	0.000	0.001	1.251	0.297	0.000	0.000	1.548	0.000	1.549
2032	0.000	0.001	0.000	0.001	1.389	0.318	0.000	0.000	1.707	0.000	1.708
2033	0.000	0.001	0.000	0.001	1.596	0.376	0.000	0.000	1.972	0.000	1.974
2034	0.000	0.002	0.000	0.002	1.907	0.494	0.000	0.000	2.401	0.000	2.403
2035	0.000	0.002	0.000	0.002	2.194	0.604	0.000	0.000	2.797	0.000	2.800
2036	0.000	0.002	0.000	0.002	2.357	0.657	0.000	0.000	3.014	0.000	3.016
2037	0.000	0.003	0.000	0.003	2.447	0.676	0.000	0.000	3.123	0.000	3.126
2038	0.000	0.003	0.000	0.003	2.542	0.695	0.000	0.000	3.238	0.000	3.240

HDM-4 Version 1,3

Página 1 de 13

### HDM-4 Flujo de Costes Anuales de la Administración y del Usuario (Sin Descontar)

2039	0.000	0.003	0.000	0.003	2.642	0.717	0.000	0.000	3.359	0.000	3.362
2040	0.000	0.003	0.000	0.003	2.746	0.739	0.000	0.000	3.485	0.000	3.488
<b>Total:</b>	<b>0.328</b>	<b>0.022</b>	<b>0.000</b>	<b>0.350</b>	<b>30.726</b>	<b>8.225</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>38.951</b>	<b>0.000</b>	<b>39.301</b>



**HDM-4 Flujo de Costes Anuales de la Administración y del Usuario (Sin Descontar)**

**Tramo:** Tramo I: 00+000 Km - 02+040 Km  
**Alternativa:** Alternativa 02

ID: T1 Clase de carretera: Secundaria o principal  
Longitud: 2,04 km Ancho: 7,60 m Rampa + Pendiente: 1,00 m/km Curvatura: 3,00 %/km

Año	Costes de la Administración de Carreteras (RAC)				Costes de Usuario (RUC)					Costes Exógenos Netos	Coste Total del Transporte
	Capital	Recurrente	Especial	Total RAC	TM Operación de Vehículo	TM Tiempo de Viaje	TNM Viaje & Operación	Accidentes	Total RUC		
2021	0.221	0.000	0.000	0.221	1.038	0.326	0.000	0.000	1.363	0.000	1.584
2022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.818	0.271	0.000	0.000	1.089	0.000	1.089
2023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.847	0.278	0.000	0.000	1.125	0.000	1.125
2024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.878	0.285	0.000	0.000	1.163	0.000	1.163
2025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.911	0.292	0.000	0.000	1.203	0.000	1.203
2026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.949	0.299	0.000	0.000	1.248	0.000	1.248
2027	0.000	0.000	0.000	0.000	0.994	0.306	0.000	0.000	1.301	0.000	1.301
2028	0.000	0.000	0.000	0.000	1.044	0.314	0.000	0.000	1.358	0.000	1.358
2029	0.000	0.000	0.000	0.000	1.098	0.323	0.000	0.000	1.421	0.000	1.421
2030	0.000	0.000	0.000	0.000	1.167	0.331	0.000	0.000	1.499	0.000	1.499
2031	0.000	0.001	0.000	0.001	1.263	0.342	0.000	0.000	1.605	0.000	1.606
2032	0.000	0.001	0.000	0.001	1.402	0.357	0.000	0.000	1.759	0.000	1.761
2033	0.000	0.001	0.000	0.001	1.607	0.399	0.000	0.000	2.006	0.000	2.007
2034	0.000	0.002	0.000	0.002	1.912	0.501	0.000	0.000	2.413	0.000	2.415
2035	0.000	0.002	0.000	0.002	2.196	0.607	0.000	0.000	2.803	0.000	2.805
2036	0.000	0.002	0.000	0.002	2.359	0.659	0.000	0.000	3.018	0.000	3.021
2037	0.000	0.003	0.000	0.003	2.449	0.678	0.000	0.000	3.127	0.000	3.130
2038	0.000	0.003	0.000	0.003	2.544	0.698	0.000	0.000	3.242	0.000	3.245
2039	0.000	0.003	0.000	0.003	2.644	0.719	0.000	0.000	3.363	0.000	3.366
2040	0.000	0.003	0.000	0.003	2.748	0.742	0.000	0.000	3.490	0.000	3.493
<b>Total:</b>	0.221	0.022	0.000	0.242	30.869	8.727	0.000	0.000	39.596	0.000	39.838



**HDM-4 Flujo de Costes Anuales de la Administración y del Usuario (Sin Descontar)**

**Tramo:** Tramo I: 00+000 Km - 02+040 Km  
**Alternativa:** Alternativa 02

ID: T1 Clase de carretera: Secundaria o principal  
Longitud: 2,04 km Ancho: 7,60 m Rampa + Pendiente: 1,00 m/km Curvatura: 3,00 %/km

Año	Costes de la Administración de Carreteras (RAC)				Costes de Usuario (RUC)					Costes Exógenos Netos	Coste Total del Transporte
	Capital	Recurrente	Especial	Total RAC	TM Operación de Vehículo	TM Tiempo de Viaje	TNM Viaje & Operación	Accidentes	Total RUC		
2021	0.221	0.000	0.000	0.221	1.038	0.326	0.000	0.000	1.363	0.000	1.584
2022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.818	0.271	0.000	0.000	1.089	0.000	1.089
2023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.847	0.278	0.000	0.000	1.125	0.000	1.125
2024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.878	0.285	0.000	0.000	1.163	0.000	1.163
2025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.911	0.292	0.000	0.000	1.203	0.000	1.203
2026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.949	0.299	0.000	0.000	1.248	0.000	1.248
2027	0.000	0.000	0.000	0.000	0.994	0.306	0.000	0.000	1.301	0.000	1.301
2028	0.000	0.000	0.000	0.000	1.044	0.314	0.000	0.000	1.358	0.000	1.358
2029	0.000	0.000	0.000	0.000	1.098	0.323	0.000	0.000	1.421	0.000	1.421
2030	0.000	0.000	0.000	0.000	1.167	0.331	0.000	0.000	1.499	0.000	1.499
2031	0.000	0.001	0.000	0.001	1.263	0.342	0.000	0.000	1.605	0.000	1.606
2032	0.000	0.001	0.000	0.001	1.402	0.357	0.000	0.000	1.759	0.000	1.761
2033	0.000	0.001	0.000	0.001	1.607	0.399	0.000	0.000	2.006	0.000	2.007
2034	0.000	0.002	0.000	0.002	1.912	0.501	0.000	0.000	2.413	0.000	2.415
2035	0.000	0.002	0.000	0.002	2.196	0.607	0.000	0.000	2.803	0.000	2.805
2036	0.000	0.002	0.000	0.002	2.359	0.659	0.000	0.000	3.018	0.000	3.021
2037	0.000	0.003	0.000	0.003	2.449	0.678	0.000	0.000	3.127	0.000	3.130
2038	0.000	0.003	0.000	0.003	2.544	0.698	0.000	0.000	3.242	0.000	3.245
2039	0.000	0.003	0.000	0.003	2.644	0.719	0.000	0.000	3.363	0.000	3.366
2040	0.000	0.003	0.000	0.003	2.748	0.742	0.000	0.000	3.490	0.000	3.493
<b>Total:</b>	0.221	0.022	0.000	0.242	30.869	8.727	0.000	0.000	39.596	0.000	39.838



**HDM-4 Flujo de Costes Anuales de la Administración y del Usuario (Sin Descontar)**

Tramo: Tramo I: 00+000 Km - 02+040 Km  
Alternativa: Alternativa 03

ID: T1 Clase de carretera: Secundaria o principal  
Longitud: 2,04 km Ancho: 7,60 m Rampa + Pendiente: 1,00 m/km Curvatura: 3,00 %/km

Año	Costes de la Administración de Carreteras (RAC)				Costes de Usuario (RUC)					Costes Exógenos Netos	Coste Total del Transporte
	Capital	Recurrente	Especial	Total RAC	TM Operación de Vehículo	TM Tiempo de Viaje	TNM Viaje & Operación	Accidentes	Total RUC		
2021	0.328	0.000	0.000	0.328	1.038	0.326	0.000	0.000	1.363	0.000	1.692
2022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.809	0.234	0.000	0.000	1.043	0.000	1.043
2023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.838	0.239	0.000	0.000	1.078	0.000	1.078
2024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.869	0.245	0.000	0.000	1.114	0.000	1.114
2025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.901	0.251	0.000	0.000	1.153	0.000	1.153
2026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.939	0.257	0.000	0.000	1.197	0.000	1.197
2027	0.000	0.000	0.000	0.000	0.984	0.264	0.000	0.000	1.248	0.000	1.248
2028	0.000	0.000	0.000	0.000	1.033	0.271	0.000	0.000	1.304	0.000	1.304
2029	0.000	0.000	0.000	0.000	1.087	0.278	0.000	0.000	1.365	0.000	1.365
2030	0.000	0.000	0.000	0.000	1.156	0.286	0.000	0.000	1.442	0.000	1.443
2031	0.000	0.001	0.000	0.001	1.251	0.297	0.000	0.000	1.548	0.000	1.549
2032	0.000	0.001	0.000	0.001	1.389	0.318	0.000	0.000	1.707	0.000	1.708
2033	0.000	0.001	0.000	0.001	1.596	0.376	0.000	0.000	1.972	0.000	1.974
2034	0.000	0.002	0.000	0.002	1.907	0.494	0.000	0.000	2.401	0.000	2.403
2035	0.000	0.002	0.000	0.002	2.194	0.604	0.000	0.000	2.797	0.000	2.800
2036	0.000	0.002	0.000	0.002	2.357	0.657	0.000	0.000	3.014	0.000	3.016
2037	0.000	0.003	0.000	0.003	2.447	0.676	0.000	0.000	3.123	0.000	3.126
2038	0.000	0.003	0.000	0.003	2.542	0.695	0.000	0.000	3.238	0.000	3.240
2039	0.000	0.003	0.000	0.003	2.642	0.717	0.000	0.000	3.359	0.000	3.362
2040	0.000	0.003	0.000	0.003	2.746	0.739	0.000	0.000	3.485	0.000	3.488
<b>Total:</b>	0.328	0.022	0.000	0.350	30.726	8.225	0.000	0.000	38.951	0.000	39.301



**HDM-4** Flujo de Costes Anuales de la Administración y del Usuario (Sin Descontar)

**Tramo:** Tramo I: 00+000 Km - 02+040 Km  
**Alternativa:** Alternativa Base

ID: T1                                      Clase de carretera: Secundaria o principal  
Longitud: 2,04 km    Ancho: 7,60 m    Rampa + Pendiente: 1,00 m/km    Curvatura: 3,00 %/km

Año	Costes de la Administración de Carreteras (RAC)				Costes de Usuario (RUC)					Costes Exógenos Netos	Coste Total del Transporte
	Capital	Recurrente	Especial	Total RAC	TM Operación de Vehículo	TM Tiempo de Viaje	TNM Viaje & Operación	Accidentes	Total RUC		
2021	0.000	0.000	0.000	0.000	1.038	0.326	0.000	0.000	1.363	0.000	1.364
2022	0.000	0.000	0.000	0.000	1.120	0.341	0.000	0.000	1.461	0.000	1.461
2023	0.000	0.000	0.000	0.000	1.222	0.366	0.000	0.000	1.587	0.000	1.587
2024	0.000	0.000	0.000	0.000	1.353	0.406	0.000	0.000	1.759	0.000	1.759
2025	0.000	0.000	0.000	0.000	1.517	0.467	0.000	0.000	1.984	0.000	1.984
2026	0.000	0.001	0.000	0.001	1.640	0.510	0.000	0.000	2.150	0.000	2.151
2027	0.000	0.001	0.000	0.001	1.704	0.526	0.000	0.000	2.229	0.000	2.230
2028	0.000	0.001	0.000	0.001	1.765	0.539	0.000	0.000	2.304	0.000	2.305
2029	0.000	0.001	0.000	0.001	1.829	0.553	0.000	0.000	2.382	0.000	2.383
2030	0.000	0.001	0.000	0.001	1.896	0.567	0.000	0.000	2.463	0.000	2.464
2031	0.000	0.001	0.000	0.001	1.966	0.582	0.000	0.000	2.548	0.000	2.549
2032	0.000	0.001	0.000	0.001	2.038	0.598	0.000	0.000	2.636	0.000	2.637
2033	0.000	0.001	0.000	0.001	2.114	0.614	0.000	0.000	2.729	0.000	2.730
2034	0.000	0.001	0.000	0.001	2.194	0.631	0.000	0.000	2.825	0.000	2.826
2035	0.000	0.001	0.000	0.001	2.277	0.648	0.000	0.000	2.925	0.000	2.927
2036	0.000	0.001	0.000	0.001	2.364	0.667	0.000	0.000	3.030	0.000	3.032
2037	0.000	0.001	0.000	0.001	2.454	0.686	0.000	0.000	3.140	0.000	3.141
2038	0.000	0.001	0.000	0.001	2.549	0.706	0.000	0.000	3.255	0.000	3.256
2039	0.000	0.001	0.000	0.001	2.649	0.728	0.000	0.000	3.377	0.000	3.378
2040	0.000	0.001	0.000	0.001	2.753	0.750	0.000	0.000	3.504	0.000	3.505
<b>Total:</b>	0.000	0.017	0.000	0.017	38.441	11.210	0.000	0.000	49.651	0.000	49.668



**Tramo:** Tramo II: 02+040 Km - 03+960 Km  
**Alternativa:** Alternativa 01

ID: T2                                      Clase de carretera: Secundaria o principal  
Longitud: 1,92 km    Ancho: 7,60 m            Rampa + Pendiente: 1,00 m/km    Curvatura: 3,00 %/km

Año	Costes de la Administración de Carreteras (RAC)				Costes de Usuario (RUC)					Costes Exógenos Netos	Coste Total del Transporte
	Capital	Recurrente	Especial	Total RAC	TM Operación de Vehículo	TM Tiempo de Viaje	TNM Viaje & Operación	Accidentes	Total RUC		
2021	0.058	0.000	0.000	0.058	0.636	0.124	0.000	0.000	0.760	0.000	0.818
2022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.519	0.121	0.000	0.000	0.640	0.000	0.640
2023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.536	0.124	0.000	0.000	0.660	0.000	0.660
2024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.554	0.126	0.000	0.000	0.681	0.000	0.681
2025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.574	0.129	0.000	0.000	0.703	0.000	0.703
2026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.597	0.132	0.000	0.000	0.729	0.000	0.729
2027	0.000	0.000	0.000	0.000	0.624	0.136	0.000	0.000	0.759	0.000	0.759
2028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.654	0.139	0.000	0.000	0.793	0.000	0.793
2029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.687	0.142	0.000	0.000	0.829	0.000	0.829
2030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.726	0.146	0.000	0.000	0.872	0.000	0.872
2031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.772	0.150	0.000	0.000	0.922	0.000	0.922
2032	0.000	0.001	0.000	0.001	0.829	0.154	0.000	0.000	0.984	0.000	0.984
2033	0.000	0.001	0.000	0.001	0.902	0.161	0.000	0.000	1.062	0.000	1.063
2034	0.000	0.001	0.000	0.001	0.993	0.172	0.000	0.000	1.165	0.000	1.166
2035	0.000	0.001	0.000	0.001	1.109	0.193	0.000	0.000	1.302	0.000	1.303
2036	0.000	0.001	0.000	0.001	1.257	0.227	0.000	0.000	1.484	0.000	1.486
2037	0.000	0.001	0.000	0.001	1.433	0.274	0.000	0.000	1.707	0.000	1.708
2038	0.000	0.002	0.000	0.002	1.566	0.306	0.000	0.000	1.873	0.000	1.874
2039	0.000	0.002	0.000	0.002	1.623	0.315	0.000	0.000	1.938	0.000	1.940
2040	0.000	0.002	0.000	0.002	1.682	0.324	0.000	0.000	2.006	0.000	2.008
<b>Total:</b>	0.058	0.012	0.000	0.070	18.274	3.594	0.000	0.000	21.868	0.000	21.938



**HDM-4 Flujo de Costes Anuales de la Administración y del Usuario (Sin Descontar)**

**Tramo:** Tramo II: 02+040 Km - 03+960 Km  
**Alternativa:** Alternativa 02

ID: T2                                      Clase de carretera: Secundaria o principal  
Longitud: 1,92 km    Ancho: 7,60 m            Rampa + Pendiente: 1,00 m/km    Curvatura: 3,00 %/km

Año	Costes de la Administración de Carreteras (RAC)				Costes de Usuario (RUC)					Costes Exógenos Netos	Coste Total del Transporte
	Capital	Recurrente	Especial	Total RAC	TM Operación de Vehículo	TM Tiempo de Viaje	TNM Viaje & Operación	Accidentes	Total RUC		
2021	0.208	0.000	0.000	0.208	0.636	0.124	0.000	0.000	0.760	0.000	0.968
2022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.519	0.121	0.000	0.000	0.640	0.000	0.640
2023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.536	0.124	0.000	0.000	0.660	0.000	0.660
2024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.554	0.126	0.000	0.000	0.681	0.000	0.681
2025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.574	0.129	0.000	0.000	0.703	0.000	0.703
2026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.597	0.132	0.000	0.000	0.729	0.000	0.729
2027	0.000	0.000	0.000	0.000	0.624	0.136	0.000	0.000	0.759	0.000	0.759
2028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.654	0.139	0.000	0.000	0.793	0.000	0.793
2029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.687	0.142	0.000	0.000	0.829	0.000	0.829
2030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.726	0.146	0.000	0.000	0.872	0.000	0.872
2031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.772	0.150	0.000	0.000	0.922	0.000	0.922
2032	0.000	0.001	0.000	0.001	0.829	0.154	0.000	0.000	0.984	0.000	0.984
2033	0.000	0.001	0.000	0.001	0.902	0.161	0.000	0.000	1.062	0.000	1.063
2034	0.000	0.001	0.000	0.001	0.993	0.172	0.000	0.000	1.165	0.000	1.166
2035	0.000	0.001	0.000	0.001	1.109	0.193	0.000	0.000	1.302	0.000	1.303
2036	0.000	0.001	0.000	0.001	1.257	0.227	0.000	0.000	1.484	0.000	1.486
2037	0.000	0.001	0.000	0.001	1.433	0.274	0.000	0.000	1.707	0.000	1.708
2038	0.000	0.002	0.000	0.002	1.566	0.306	0.000	0.000	1.873	0.000	1.874
2039	0.000	0.002	0.000	0.002	1.623	0.315	0.000	0.000	1.938	0.000	1.940
2040	0.000	0.002	0.000	0.002	1.682	0.324	0.000	0.000	2.006	0.000	2.008
<b>Total:</b>	0.208	0.012	0.000	0.219	18.274	3.594	0.000	0.000	21.868	0.000	22.087



**HDM-4 Flujo de Costes Anuales de la Administración y del Usuario (Sin Descontar)**

**Tramo:** Tramo II: 02+040 Km - 03+960 Km  
**Alternativa:** Alternativa 03

ID: T2 Clase de carretera: Secundaria o principal  
Longitud: 1,92 km Ancho: 7,60 m Rampa + Pendiente: 1,00 m/km Curvatura: 3,00 %/km

Año	Costes de la Administración de Carreteras (RAC)				Costes de Usuario (RUC)					Costes Exógenos Netos	Costo Total del Transporte
	Capital	Recurrente	Especial	Total RAC	TM Operación de Vehículo	TM Tiempo de Viaje	TNM Viaje & Operación	Accidentes	Total RUC		
2021	0.309	0.000	0.000	0.309	0.636	0.124	0.000	0.000	0.760	0.000	1.069
2022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.515	0.104	0.000	0.000	0.619	0.000	0.619
2023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.532	0.106	0.000	0.000	0.639	0.000	0.639
2024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.550	0.109	0.000	0.000	0.659	0.000	0.659
2025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.570	0.111	0.000	0.000	0.681	0.000	0.681
2026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.592	0.114	0.000	0.000	0.706	0.000	0.706
2027	0.000	0.000	0.000	0.000	0.619	0.117	0.000	0.000	0.736	0.000	0.736
2028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.649	0.120	0.000	0.000	0.769	0.000	0.769
2029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.682	0.123	0.000	0.000	0.805	0.000	0.805
2030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.721	0.126	0.000	0.000	0.846	0.000	0.847
2031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.766	0.130	0.000	0.000	0.896	0.000	0.896
2032	0.000	0.001	0.000	0.001	0.823	0.135	0.000	0.000	0.958	0.000	0.958
2033	0.000	0.001	0.000	0.001	0.895	0.143	0.000	0.000	1.038	0.000	1.038
2034	0.000	0.001	0.000	0.001	0.986	0.158	0.000	0.000	1.144	0.000	1.145
2035	0.000	0.001	0.000	0.001	1.104	0.185	0.000	0.000	1.289	0.000	1.291
2036	0.000	0.001	0.000	0.001	1.254	0.224	0.000	0.000	1.478	0.000	1.479
2037	0.000	0.001	0.000	0.001	1.432	0.272	0.000	0.000	1.704	0.000	1.706
2038	0.000	0.002	0.000	0.002	1.565	0.305	0.000	0.000	1.871	0.000	1.872
2039	0.000	0.002	0.000	0.002	1.622	0.314	0.000	0.000	1.936	0.000	1.938
2040	0.000	0.002	0.000	0.002	1.681	0.323	0.000	0.000	2.004	0.000	2.005
<b>Total:</b>	0.309	0.012	0.000	0.321	18.196	3.342	0.000	0.000	21.538	0.000	21.859





**HDM-4 Flujo de Costes Anuales de la Administración y del Usuario (Sin Descontar)**

**Tramo:** Tramo III: 03+960 Km - 05+040 Km  
**Alternativa:** Alternativa 01

ID: T3                                      Clase de carretera: Secundaria o principal  
Longitud: 1,08 km    Ancho: 7,60 m    Rampa + Pendiente: 3,00 m/km    Curvatura: 50,00 %/km

Año	Costes de la Administración de Carreteras (RAC)				Costes de Usuario (RUC)					Costes Exógenos Netos	Coste Total del Transporte
	Capital	Recurrente	Especial	Total RAC	TM Operación de Vehículo	TM Tiempo de Viaje	TNM Viaje & Operación	Accidentes	Total RUC		
2021	0.117	0.000	0.000	0.117	0.340	0.066	0.000	0.000	0.406	0.000	0.523
2022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.330	0.078	0.000	0.000	0.409	0.000	0.409
2023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.342	0.080	0.000	0.000	0.422	0.000	0.422
2024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.354	0.082	0.000	0.000	0.436	0.000	0.436
2025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.367	0.084	0.000	0.000	0.451	0.000	0.451
2026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.383	0.086	0.000	0.000	0.469	0.000	0.469
2027	0.000	0.000	0.000	0.000	0.401	0.088	0.000	0.000	0.489	0.000	0.489
2028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.421	0.091	0.000	0.000	0.512	0.000	0.512
2029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.443	0.093	0.000	0.000	0.537	0.000	0.537
2030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.470	0.096	0.000	0.000	0.566	0.000	0.566
2031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.502	0.099	0.000	0.000	0.601	0.000	0.601
2032	0.000	0.000	0.000	0.000	0.544	0.102	0.000	0.000	0.646	0.000	0.646
2033	0.000	0.001	0.000	0.001	0.598	0.107	0.000	0.000	0.705	0.000	0.706
2034	0.000	0.001	0.000	0.001	0.669	0.118	0.000	0.000	0.787	0.000	0.788
2035	0.000	0.001	0.000	0.001	0.763	0.140	0.000	0.000	0.903	0.000	0.904
2036	0.000	0.001	0.000	0.001	0.885	0.173	0.000	0.000	1.058	0.000	1.059
2037	0.000	0.001	0.000	0.001	0.978	0.197	0.000	0.000	1.175	0.000	1.176
2038	0.000	0.001	0.000	0.001	1.019	0.204	0.000	0.000	1.223	0.000	1.224
2039	0.000	0.001	0.000	0.001	1.057	0.210	0.000	0.000	1.268	0.000	1.269
2040	0.000	0.001	0.000	0.001	1.097	0.216	0.000	0.000	1.314	0.000	1.315
<b>Total:</b>	0.117	0.008	0.000	0.124	11.965	2.411	0.000	0.000	14.376	0.000	14.501



**HDM-4 Flujo de Costes Anuales de la Administración y del Usuario (Sin Descontar)**

**Tramo:** Tramo III: 03+960 Km - 05+040 Km  
**Alternativa:** Alternativa 02

ID: T3 Clase de carretera: Secundaria o principal  
Longitud: 1,08 km Ancho: 7,60 m Rampa + Pendiente: 3,00 m/km Curvatura: 50,00 %/km

Año	Costes de la Administración de Carreteras (RAC)				Costes de Usuario (RUC)					Costes Exógenos Netos	Coste Total del Transporte
	Capital	Recurrente	Especial	Total RAC	TM Operación de Vehículo	TM Tiempo de Viaje	TNM Viaje & Operación	Accidentes	Total RUC		
2021	0.174	0.000	0.000	0.174	0.340	0.066	0.000	0.000	0.406	0.000	0.580
2022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.328	0.067	0.000	0.000	0.395	0.000	0.395
2023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.339	0.069	0.000	0.000	0.408	0.000	0.408
2024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.351	0.071	0.000	0.000	0.422	0.000	0.422
2025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.364	0.072	0.000	0.000	0.437	0.000	0.437
2026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.379	0.074	0.000	0.000	0.454	0.000	0.454
2027	0.000	0.000	0.000	0.000	0.398	0.076	0.000	0.000	0.474	0.000	0.474
2028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.418	0.078	0.000	0.000	0.496	0.000	0.496
2029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.440	0.080	0.000	0.000	0.520	0.000	0.520
2030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.466	0.083	0.000	0.000	0.549	0.000	0.549
2031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.498	0.085	0.000	0.000	0.584	0.000	0.584
2032	0.000	0.000	0.000	0.000	0.540	0.089	0.000	0.000	0.629	0.000	0.629
2033	0.000	0.001	0.000	0.001	0.593	0.097	0.000	0.000	0.690	0.000	0.691
2034	0.000	0.001	0.000	0.001	0.665	0.112	0.000	0.000	0.777	0.000	0.778
2035	0.000	0.001	0.000	0.001	0.761	0.137	0.000	0.000	0.898	0.000	0.899
2036	0.000	0.001	0.000	0.001	0.884	0.171	0.000	0.000	1.056	0.000	1.057
2037	0.000	0.001	0.000	0.001	0.978	0.196	0.000	0.000	1.174	0.000	1.175
2038	0.000	0.001	0.000	0.001	1.019	0.203	0.000	0.000	1.222	0.000	1.223
2039	0.000	0.001	0.000	0.001	1.057	0.209	0.000	0.000	1.266	0.000	1.267
2040	0.000	0.001	0.000	0.001	1.097	0.216	0.000	0.000	1.312	0.000	1.313
<b>Total:</b>	0.174	0.008	0.000	0.182	11.914	2.254	0.000	0.000	14.167	0.000	14.349



**HDM-4 Flujo de Costes Anuales de la Administración y del Usuario (Sin Descontar)**

**Tramo:** Tramo III: 03+960 Km - 05+040 Km  
**Alternativa:** Alternativa 03

ID: T3

Clase de carretera: Secundaria o principal

Longitud: 1,08 km Ancho: 7,60 m

Rampa + Pendiente: 3,00 m/km

Curvatura: 50,00 %/km

Año	Costes de la Administración de Carreteras (RAC)				Costes de Usuario (RUC)					Costes Exógenos Netos	Coste Total del Transporte
	Capital	Recurrente	Especial	Total RAC	TM Operación de Vehículo	TM Tiempo de Viaje	TNM Viaje & Operación	Accidentes	Total RUC		
2021	0.174	0.000	0.000	0.174	0.340	0.066	0.000	0.000	0.406	0.000	0.580
2022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.328	0.067	0.000	0.000	0.395	0.000	0.395
2023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.339	0.069	0.000	0.000	0.408	0.000	0.408
2024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.351	0.071	0.000	0.000	0.422	0.000	0.422
2025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.364	0.072	0.000	0.000	0.437	0.000	0.437
2026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.379	0.074	0.000	0.000	0.454	0.000	0.454
2027	0.000	0.000	0.000	0.000	0.398	0.076	0.000	0.000	0.474	0.000	0.474
2028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.418	0.078	0.000	0.000	0.496	0.000	0.496
2029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.440	0.080	0.000	0.000	0.520	0.000	0.520
2030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.466	0.083	0.000	0.000	0.549	0.000	0.549
2031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.498	0.085	0.000	0.000	0.584	0.000	0.584
2032	0.000	0.000	0.000	0.000	0.540	0.089	0.000	0.000	0.629	0.000	0.629
2033	0.000	0.001	0.000	0.001	0.593	0.097	0.000	0.000	0.690	0.000	0.691
2034	0.000	0.001	0.000	0.001	0.665	0.112	0.000	0.000	0.777	0.000	0.778
2035	0.000	0.001	0.000	0.001	0.761	0.137	0.000	0.000	0.898	0.000	0.899
2036	0.000	0.001	0.000	0.001	0.884	0.171	0.000	0.000	1.056	0.000	1.057
2037	0.000	0.001	0.000	0.001	0.978	0.196	0.000	0.000	1.174	0.000	1.175
2038	0.000	0.001	0.000	0.001	1.019	0.203	0.000	0.000	1.222	0.000	1.223
2039	0.000	0.001	0.000	0.001	1.057	0.209	0.000	0.000	1.266	0.000	1.267
2040	0.000	0.001	0.000	0.001	1.097	0.216	0.000	0.000	1.312	0.000	1.313
<b>Total:</b>	0.174	0.008	0.000	0.182	11.914	2.254	0.000	0.000	14.167	0.000	14.349



**HDM-4 Flujo de Costes Anuales de la Administración y del Usuario (Sin Descontar)**

**Tramo:** Tramo III: 03+960 Km - 05+040 Km

**Alternativa:** Alternativa Base

ID: T3

Clase de carretera: Secundaria o principal

Longitud: 1,08 km Ancho: 7,60 m

Rampa + Pendiente: 3,00 m/km Curvatura: 50,00 %/km

Año	Costes de la Administración de Carreteras (RAC)				Costes de Usuario (RUC)					Costes Exógenos Netos	Coste Total del Transporte
	Capital	Recurrente	Especial	Total RAC	TM Operación de Vehículo	TM Tiempo de Viaje	TNM Viaje & Operación	Accidentes	Total RUC		
2021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.340	0.066	0.000	0.000	0.406	0.000	0.406
2022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.360	0.068	0.000	0.000	0.428	0.000	0.428
2023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.385	0.070	0.000	0.000	0.455	0.000	0.455
2024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.417	0.074	0.000	0.000	0.491	0.000	0.491
2025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.460	0.081	0.000	0.000	0.542	0.000	0.542
2026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.516	0.095	0.000	0.000	0.611	0.000	0.611
2027	0.000	0.000	0.000	0.000	0.586	0.115	0.000	0.000	0.701	0.000	0.701
2028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.671	0.140	0.000	0.000	0.811	0.000	0.811
2029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.733	0.157	0.000	0.000	0.890	0.000	0.890
2030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.764	0.163	0.000	0.000	0.927	0.000	0.927
2031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.791	0.167	0.000	0.000	0.959	0.000	0.959
2032	0.000	0.000	0.000	0.000	0.820	0.172	0.000	0.000	0.992	0.000	0.992
2033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.850	0.177	0.000	0.000	1.026	0.000	1.027
2034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.881	0.181	0.000	0.000	1.062	0.000	1.062
2035	0.000	0.000	0.000	0.000	0.913	0.187	0.000	0.000	1.100	0.000	1.100
2036	0.000	0.000	0.000	0.000	0.947	0.192	0.000	0.000	1.139	0.000	1.139
2037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.982	0.198	0.000	0.000	1.179	0.000	1.180
2038	0.000	0.000	0.000	0.000	1.018	0.203	0.000	0.000	1.222	0.000	1.222
2039	0.000	0.000	0.000	0.000	1.057	0.209	0.000	0.000	1.266	0.000	1.266
2040	0.000	0.000	0.000	0.000	1.096	0.216	0.000	0.000	1.312	0.000	1.313
<b>Total:</b>	0.000	0.006	0.000	0.006	14.587	2.930	0.000	0.000	17.517	0.000	17.523



## CALENDARIO DE ACTUACIONES POR AÑO

# HDM - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

## Calendario de actuaciones (por año)

Nombre del estudio: **Proyecto Av. Lampa**

Fecha ejecución: **22-12-2021**

Todos los costes se expresan en: **US Dollar.**

### Alternativa 01

Año	Tramo	Descripción de trabajos	Código	Coste Económico	Coste Financiero	Cantidad de trabajo
2021	Tramo I: 00+000 Km - C	Carpeta asfáltica en caliente CAEC		328,474.7	415,790.8	2,04 km
	Tramo II: 02+040 Km - C	Refuerzo asfáltico de 25 mm RA 25		58,220.5	79,148.2	1,92 km
	Tramo III: 03+960 Km - C	Tratamiento superficial Bica  TSB		116,778.2	147,820.7	1,08 km
<b>Coste total anual:</b>				<b>503,473.5</b>	<b>642,759.6</b>	
2022	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2023	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2024	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2025	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2026	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m



**HDM-4 Calendario de actuaciones (por año)**

2026	Tramo I: 00+000 Km - (	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - (	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2027	Tramo I: 00+000 Km - (	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - (	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2028	Tramo I: 00+000 Km - (	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - (	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2029	Tramo I: 00+000 Km - (	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - (	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2030	Tramo I: 00+000 Km - (	Conservacion de capa de ro	CDCDR	445.5	600.3	40,43 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - (	Conservacion de capa de ro	CDCDR	245.2	330.4	22,25 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	159.9	215.5	14,51 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>850.6</b>	<b>1,146.3</b>	
2031	Tramo I: 00+000 Km - (	Conservacion de capa de ro	CDCDR	732.6	987.3	66,48 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - (	Conservacion de capa de ro	CDCDR	402.6	542.5	36,53 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	263.0	354.3	23,86 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>1,398.2</b>	<b>1,884.1</b>	
2032	Tramo I: 00+000 Km - (	Conservacion de capa de ro	CDCDR	1,092.9	1,472.8	99,18 sq. m



**HDM-4 Calendario de actuaciones (por año)**

2032	Tramo I: 00+000 Km - C	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	599.4	807.8	54,40 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	392.1	528.4	35,58 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>2,084.5</b>	<b>2,809.0</b>	
2033	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	1,489.1	2,006.6	135,12 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	814.4	1,097.5	73,91 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	533.7	719.2	48,43 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>2,837.2</b>	<b>3,823.3</b>	
2034	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	1,050.9	2,494.2	167,96 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	1,009.5	1,360.4	91,61 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	662.6	893.0	60,13 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>3,523.1</b>	<b>4,747.5</b>	
2035	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	2,171.3	2,925.9	197,03 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	1,180.7	1,591.1	107,14 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	776.4	1,046.2	70,45 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>4,128.3</b>	<b>5,563.1</b>	
2036	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	2,443.7	3,293.0	221,75 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	1,324.0	1,784.1	120,14 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	872.2	1,175.4	79,15 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>4,639.9</b>	<b>6,252.5</b>	
2037	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	2,661.9	3,587.0	241,55 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	1,433.7	1,932.0	130,10 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	947.3	1,276.5	85,96 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>5,042.8</b>	<b>6,795.5</b>	
2038	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	2,802.6	3,776.6	254,32 sq. m



**HDM-4 Calendario de actuaciones (por año)**

2038	Tramo I: 00+000 Km - C	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - I	Conservacion de capa de ro CDCDR		1,500.3	2,021.7	136,14 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		994.4	1,339.9	90,23 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>5,297.2</b>	<b>7,138.3</b>	
2039	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		2,924.9	3,941.5	265,42 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - I	Conservacion de capa de ro CDCDR		1,556.4	2,097.3	141,23 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		1,033.2	1,392.3	93,76 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>5,514.6</b>	<b>7,431.1</b>	
2040	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		3,042.5	4,100.0	276,09 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - I	Conservacion de capa de ro CDCDR		1,610.1	2,169.6	146,10 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		1,071.1	1,443.3	97,19 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>5,723.7</b>	<b>7,712.9</b>	
<b>Costes totales para la Alternativa:</b>				<b>544,513.6</b>	<b>698,063.2</b>	
<b>Alternativa 02</b>						
<b>Año</b>	<b>Tramo</b>	<b>Descripción de trabajos</b>	<b>Código</b>	<b>Coste Económico</b>	<b>Coste Financien</b>	<b>Cantidad d trabajo</b>
2021	Tramo I: 00+000 Km - C	Tratamiento superficial Bica  TSB	TSB	220,581.1	279,216.8	2,04 km
	Tramo II: 02+040 Km - I	Tratamiento superficial Bica  TSB	TSB	207,605.8	262,792.3	1,92 km
	Tramo III: 03+960 Km -	Carpeta asfáltica en caliente CAEC	CAEC	173,898.4	220,124.5	1,08 km
<b>Coste total anual:</b>				<b>602,085.2</b>	<b>762,133.7</b>	
2022	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - I	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2023	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - I	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	R	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	



**HDM-4 Calendario de actuaciones (por año)**

2024	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2025	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2026	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2027	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2028	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2029	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	



**HDM-4 Calendario de actuaciones (por año)**

2030	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	445.5	600.3	40,43 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR	245.2	330.4	22,25 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR	159.9	215.5	14,51 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>850.6</b>	<b>1,146.3</b>	
2031	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	732.6	987.3	66,48 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR	402.6	542.5	36,53 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR	263.0	354.3	23,86 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>1,398.2</b>	<b>1,884.1</b>	
2032	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	1,092.9	1,472.8	99,18 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR	599.4	807.8	54,40 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR	392.1	528.4	35,58 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>2,084.5</b>	<b>2,809.0</b>	
2033	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	1,489.1	2,006.6	135,12 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR	814.4	1,097.5	73,91 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR	533.7	719.2	48,43 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>2,837.2</b>	<b>3,823.3</b>	
2034	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	1,850.9	2,494.2	167,96 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR	1,009.5	1,360.4	91,61 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR	662.6	893.0	60,13 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>3,523.1</b>	<b>4,747.5</b>	
2035	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	2,171.3	2,925.9	197,03 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR	1,180.7	1,591.1	107,14 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR	776.4	1,046.2	70,45 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>4,128.3</b>	<b>5,563.1</b>	



**HDM-4 Calendario de actuaciones (por año)**

2036	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	2,443.7	3,293.0	221,75 sq. m	
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m	
	Tramo II: 02+040 Km - I	Conservacion de capa de ro CDCDR	1,324.0	1,784.1	120,14 sq. m	
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m	
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR	872.2	1,175.4	79,15 sq. m	
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m	
<b>Coste total anual:</b>			<b>4,639.9</b>	<b>6,252.5</b>		
2037	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	2,661.9	3,587.0	241,55 sq. m	
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m	
	Tramo II: 02+040 Km - I	Conservacion de capa de ro CDCDR	1,433.7	1,932.0	130,10 sq. m	
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m	
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR	947.3	1,276.5	85,96 sq. m	
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m	
<b>Coste total anual:</b>			<b>5,042.8</b>	<b>6,795.5</b>		
2038	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	2,802.6	3,776.6	254,32 sq. m	
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m	
	Tramo II: 02+040 Km - I	Conservacion de capa de ro CDCDR	1,500.3	2,021.7	136,14 sq. m	
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m	
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR	994.4	1,339.9	90,23 sq. m	
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m	
<b>Coste total anual:</b>			<b>5,297.2</b>	<b>7,138.3</b>		
2039	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	2,924.9	3,941.5	265,42 sq. m	
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m	
	Tramo II: 02+040 Km - I	Conservacion de capa de ro CDCDR	1,556.4	2,097.3	141,23 sq. m	
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m	
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR	1,033.2	1,392.3	93,76 sq. m	
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m	
<b>Coste total anual:</b>			<b>5,514.6</b>	<b>7,431.1</b>		
2040	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	3,042.5	4,100.0	276,09 sq. m	
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m	
	Tramo II: 02+040 Km - I	Conservacion de capa de ro CDCDR	1,610.1	2,169.6	146,10 sq. m	
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m	
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR	1,071.1	1,443.3	97,19 sq. m	
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m	
<b>Coste total anual:</b>			<b>5,723.7</b>	<b>7,712.9</b>		
<b>Costes totales para la Alternativa:</b>			<b>643,125.3</b>	<b>817,437.2</b>		
<b>Alternativa 03</b>						
<b>Año</b>	<b>Tramo</b>	<b>Descripción de trabajos</b>	<b>Código</b>	<b>Coste Económico</b>	<b>Coste Financien</b>	<b>Cantidad d trabaj</b>
2021	Tramo I: 00+000 Km - C	Carpeta asfaltica en caliente CAEC		328,474.7	415,790.8	2,04 km
	Tramo II: 02+040 Km - I	Carpeta asfaltica en caliente CAEC		309,152.6	391,332.5	1,92 km
	Tramo III: 03+960 Km -	Carpeta asfaltica en caliente CAEC		173,898.4	220,124.5	1,08 km
<b>Coste total anual:</b>			<b>811,525.7</b>	<b>1,027,247.8</b>		



**HDM-4 Calendario de actuaciones (por año)**

2022	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2023	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2024	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2025	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2026	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2027	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	



**HDM-4 Calendario de actuaciones (por año)**

2028	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2029	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2030	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	445.5	600.3	40,43 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	245.2	330.4	22,25 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	159.9	215.5	14,51 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>850.6</b>	<b>1,146.3</b>	
2031	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	732.6	987.3	66,48 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	402.6	542.5	36,53 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	263.0	354.3	23,86 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>1,398.2</b>	<b>1,884.1</b>	
2032	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	1,092.9	1,472.8	99,18 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	599.4	807.8	54,40 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	392.1	528.4	35,58 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>2,084.5</b>	<b>2,809.0</b>	
2033	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	1,489.1	2,006.6	135,12 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	814.4	1,097.5	73,91 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro	CDCDR	533.7	719.2	48,43 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>2,837.2</b>	<b>3,823.3</b>	



**HDM-4 Calendario de actuaciones (por año)**

2034	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	1,850.9	2,494.2	167,96 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	1,009.5	1,360.4	91,61 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	662.6	893.0	60,13 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>3,523.1</b>	<b>4,747.5</b>	
2035	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	2,171.3	2,925.9	197,03 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	1,180.7	1,591.1	107,14 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	776.4	1,046.2	70,45 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>4,128.3</b>	<b>5,563.1</b>	
2036	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	2,443.7	3,293.0	221,75 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	1,324.0	1,784.1	120,14 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	872.2	1,175.4	79,15 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>4,639.9</b>	<b>6,252.5</b>	
2037	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	2,661.9	3,587.0	241,55 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	1,433.7	1,932.0	130,10 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	947.3	1,276.5	85,96 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>5,042.8</b>	<b>6,795.5</b>	
2038	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	2,802.6	3,776.6	254,32 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	1,500.3	2,021.7	136,14 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	994.4	1,339.9	90,23 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>5,297.2</b>	<b>7,138.3</b>	
2039	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	2,924.9	3,941.5	265,42 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	1,556.4	2,097.3	141,23 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR	1,033.2	1,392.3	93,76 sq. m
		Bacheo B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>5,514.6</b>	<b>7,431.1</b>	



**HDM-4 Calendario de actuaciones (por año)**

2040	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		3,042.5	4,100.0	276,09 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - I	Conservacion de capa de ro CDCDR		1,610.1	2,169.6	146,10 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		1,071.1	1,443.3	97,19 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>5,723.7</b>	<b>7,712.9</b>	
<b>Costes totales para la Alternativa:</b>				<b>852,565.8</b>	<b>1,082,551.3</b>	
<b>Alternativa Base</b>						
<b>Año</b>	<b>Tramo</b>	<b>Descripción de trabajos</b>	<b>Código</b>	<b>Coste Económico</b>	<b>Coste Financier</b>	<b>Cantidad d trabajk</b>
2021	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		113.7	153.2	10,32 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - I	Conservacion de capa de ro CDCDR		31.0	41.7	2,81 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		5.4	7.3	0,49 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>150.1</b>	<b>202.3</b>	
2022	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - I	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		0.0	0.0	0,00 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	
2023	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		182.0	245.3	16,52 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - I	Conservacion de capa de ro CDCDR		152.0	204.8	13,79 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		36.5	49.2	3,31 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>370.5</b>	<b>499.3</b>	
2024	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		343.5	462.9	31,17 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - I	Conservacion de capa de ro CDCDR		234.9	316.5	21,31 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		120.8	162.8	10,97 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>699.3</b>	<b>942.3</b>	
2025	Tramo I: 00+000 Km - C	Conservacion de capa de ro CDCDR		466.4	628.5	42,32 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - I	Conservacion de capa de ro CDCDR		315.2	424.7	28,60 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		187.1	252.1	16,98 sq. m



**HDM-4 Calendario de actuaciones (por año)**

2025	Tramo III: 03+960 Km -	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>968.7</b>	<b>1,305.3</b>	
2026	Tramo I: 00+000 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		571.1	769.6	51,82 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		360.7	486.1	32,73 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		232.7	313.6	21,12 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>1,164.5</b>	<b>1,569.2</b>	
2027	Tramo I: 00+000 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		616.5	830.8	55,95 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		411.8	554.9	37,37 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		266.4	359.0	24,18 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>1,294.8</b>	<b>1,744.8</b>	
2028	Tramo I: 00+000 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		719.9	970.1	65,33 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		446.8	602.1	40,55 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		289.8	390.6	26,30 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>1,456.6</b>	<b>1,962.8</b>	
2029	Tramo I: 00+000 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		811.1	1,093.0	73,60 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		470.8	634.4	42,72 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		305.0	411.0	27,68 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>1,586.9</b>	<b>2,138.4</b>	
2030	Tramo I: 00+000 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		891.4	1,201.2	80,89 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		488.4	658.1	44,32 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		315.0	424.5	28,58 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>				<b>1,694.8</b>	<b>2,283.8</b>	
2031	Tramo I: 00+000 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		962.4	1,296.9	87,33 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		503.7	678.7	45,70 sq. m
		Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km -	Conservacion de capa de ro CDCDR		325.4	430.5	29,53 sq. m



**HDM-4 Calendario de actuaciones (por año)**

2031	Tramo III: 03+960 Km - Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>1,791.5</b>	<b>2,414.1</b>	
2032	Tramo I: 00+000 Km - Conservacion de capa de ro CDCDR		1,025.9	1,382.5	93,09 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - Conservacion de capa de ro CDCDR		519.4	699.9	47,13 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - Conservacion de capa de ro CDCDR		336.3	453.2	30,52 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>1,881.6</b>	<b>2,535.6</b>	
2033	Tramo I: 00+000 Km - Conservacion de capa de ro CDCDR		1,083.6	1,460.2	98,33 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - Conservacion de capa de ro CDCDR		535.8	722.0	48,62 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - Conservacion de capa de ro CDCDR		347.7	468.6	31,55 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>1,967.1</b>	<b>2,650.8</b>	
2034	Tramo I: 00+000 Km - Conservacion de capa de ro CDCDR		1,137.2	1,532.5	103,20 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - Conservacion de capa de ro CDCDR		552.9	745.1	50,17 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - Conservacion de capa de ro CDCDR		359.6	484.6	32,63 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>2,049.7</b>	<b>2,762.1</b>	
2035	Tramo I: 00+000 Km - Conservacion de capa de ro CDCDR		1,188.3	1,601.3	107,83 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - Conservacion de capa de ro CDCDR		570.8	769.2	51,80 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - Conservacion de capa de ro CDCDR		372.0	501.3	33,76 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>2,131.1</b>	<b>2,871.8</b>	
2036	Tramo I: 00+000 Km - Conservacion de capa de ro CDCDR		1,238.2	1,668.6	112,36 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - Conservacion de capa de ro CDCDR		589.5	794.3	53,49 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - Conservacion de capa de ro CDCDR		385.0	518.9	34,94 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>2,212.7</b>	<b>2,981.7</b>	
2037	Tramo I: 00+000 Km - Conservacion de capa de ro CDCDR		1,288.2	1,735.9	116,89 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - Conservacion de capa de ro CDCDR		608.9	820.6	55,26 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - Conservacion de capa de ro CDCDR		398.6	537.2	36,17 sq. m



**HDM-4 Calendario de actuaciones (por año)**

2037	Tramo III: 03+960 Km - Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>2,295.7</b>	<b>3,093.6</b>	
2038	Tramo I: 00+000 Km - ( Conservacion de capa de ro CDCDR		1,339.0	1,804.4	121,51 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - ( Conservacion de capa de ro CDCDR		629.3	848.0	57,10 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - Conservacion de capa de ro CDCDR		412.8	556.3	37,46 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>2,381.1</b>	<b>3,208.7</b>	
2039	Tramo I: 00+000 Km - ( Conservacion de capa de ro CDCDR		1,391.4	1,875.0	126,26 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - ( Conservacion de capa de ro CDCDR		650.5	876.6	59,03 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - Conservacion de capa de ro CDCDR		427.7	576.3	38,81 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>2,469.6</b>	<b>3,327.9</b>	
2040	Tramo I: 00+000 Km - ( Conservacion de capa de ro CDCDR		1,445.7	1,948.2	131,19 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo II: 02+040 Km - ( Conservacion de capa de ro CDCDR		672.7	906.6	61,05 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
	Tramo III: 03+960 Km - Conservacion de capa de ro CDCDR		443.2	597.2	40,22 sq. m
	Bacheo	B	0.0	0.0	0,00 sq. m
<b>Coste total anual:</b>			<b>2,561.6</b>	<b>3,451.9</b>	
<b>Costes totales para la Alternativa:</b>			<b>31,127.8</b>	<b>41,946.2</b>	



## RESUMEN DE COSTES ECONOMICOS TOTALES ANUALES

	Alternativa 01	Alternativa 02	Alternativa 03	Alternativa Base
2021	503,473.47	602,085.22	811,525.68	150.10
2022	634.15	634.15	634.15	0.00
2023	634.15	634.15	634.15	370.51
2024	634.15	634.15	634.15	699.25
2025	13,391.46	4,864.49	634.15	968.68
2026	634.15	634.15	634.15	1,164.52
2027	634.15	634.15	634.15	1,294.76
2028	634.15	634.15	634.15	1,456.56
2029	634.15	634.15	634.15	1,586.87
2030	850.62	850.62	850.62	1,694.75
2031	1,398.16	1,398.16	1,398.16	1,791.48
2032	2,084.51	2,084.51	2,084.51	1,881.61
2033	2,837.21	2,837.21	2,837.21	1,967.10
2034	3,523.08	3,523.08	3,523.08	2,049.72
2035	4,128.32	4,128.32	4,128.32	2,131.11
2036	4,639.89	4,639.89	4,639.89	2,212.70
2037	5,042.84	5,042.84	5,042.84	2,295.73
2038	5,297.24	5,297.24	5,297.24	2,381.13
2039	5,514.55	5,514.55	5,514.55	2,469.60
2040	5,723.66	5,723.66	5,723.66	2,561.62
<b>Total</b>	<b>562,344.06</b>	<b>652,428.84</b>	<b>857,638.96</b>	<b>31,127.80</b>



## **Anexo B**

### Panel Fotográfico



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA FALLAS PIEL DE COCODRILO  
EN NIVEL DE SEVERIDAD ALTO, EN EL TRAMO I***



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA FALLAS DE BACHES EN NIVEL  
DE SEVERIDAD ALTO Y MEDIO, EN EL TRAMO I***



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA FALLAS PIEL DE COCODRILO  
EN NIVEL DE SEVERIDAD MEDIO, EN EL TRAMO I***



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA PARCHES EN EL EJE DE LA  
VIA EN NIVEL DE SEVERIDAD MEDIO, EN EL TRAMO I.***



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA FALLAS DE PELADURA POR INTEMPERISMO EN NIVEL DE SEVERIDAD MEDIO Y BAJO, EN EL TRAMO I***



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA FALLAS DE FISURAS EN BLOQUE EN NIVEL DE SEVERIDAD MEDIO, EN EL TRAMO I***



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA FALLAS DE FISURAS  
TRANSVERSALES EN NIVEL DE SEVERIDAD MEDIO, EN EL TRAMO I***



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA FALLAS PIEL DE COCODRILO  
EN NIVEL DE SEVERIDAD ALTO Y MEDIO, EN EL TRAMO II***



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA FALLAS DE FISURAS EN BLOQUE EN EL NIVEL DE SEVERIDAD MEDIO, EN EL TRAMO II***



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA BACHES EN EL NIVEL DE SEVERIDAD ALTO Y MEDIO, EN EL TRAMO II***



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA FISURAS TRANSVERSALES EN EL NIVEL DE SEVERIDAD MEDIO Y BAJO, EN EL TRAMO II***



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA PARCHES EN EL NIVEL DE SEVERIDAD MEDIO Y BAJO, EN EL TRAMO II***



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA BACHES EN NIVEL DE SEVERIDAD ALTO Y MEDIO, EL TRAMO III***



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA FALLAS DE FISURAS EN BLOQUE EN NIVEL DE SEVERIDAD MEDIO, EL TRAMO III***



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA FALLAS DE  
DESPRENDIMIENTO DE ARIDOS EN NIVEL DE SEVERIDAD MEDIO,  
EL TRAMO III***



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA FALLAS DE FISURAS DE  
BORDE EN NIVEL DE SEVERIDAD ALTO Y MEDIO, EL TRAMO III***



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA FALLAS DE FISURAS  
TRANSVERSALES EN NIVEL DE SEVERIDAD BAJO, EL TRAMO III***



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA PARCHES EN NIVEL DE  
SEVERIDAD MEDIO Y BAJO, EL TRAMO III***



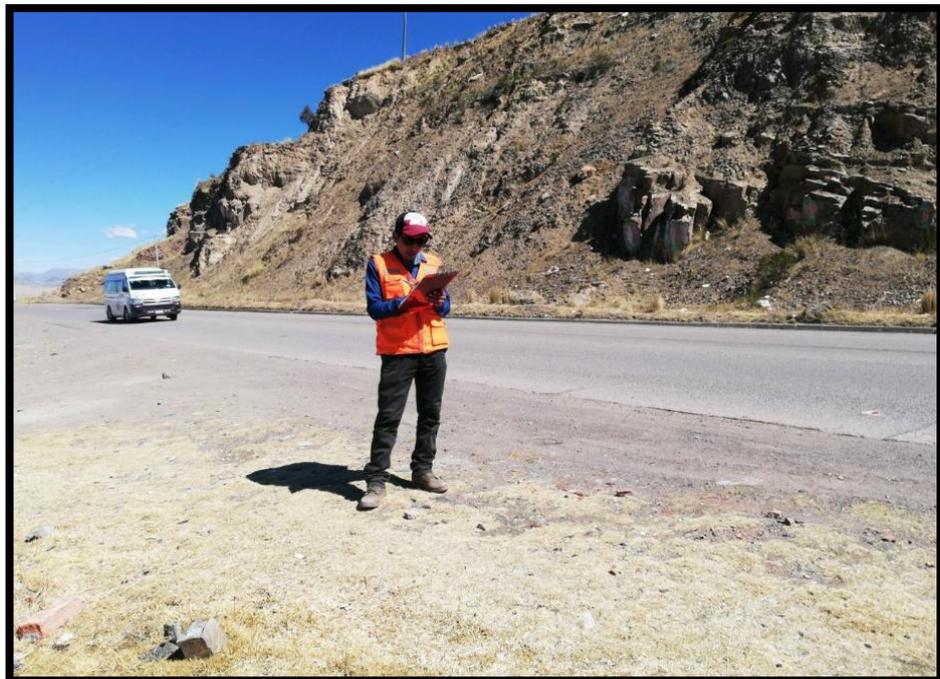
***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA PELADURAS EN NIVEL DE SEVERIDAD MEDIO, EL TRAMO III***



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA LA MEDICION DE LA UNIDAD DE MUESTRA, EN EL TRAMO III***



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA EL VEHICULO UTILIZADO  
PARA LA MEDICION DEL IRI.***



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA LA ESTACION N° 3 EN EL QUE  
SE REALIZO EL CONTEO DE VEHICULOS***



***Descripción: EN LA FOTO SE APRECIA BACHES Y  
DESPRENDIMIENTO DE ARIDOS DE NIVEL DE SEVERIDAD ALTO Y  
MEDIO EN EL TRAMO I***



***Descripción: CONTEO DE VEHÍCULOS EN EL PRIMER TRAMO***



## **Anexo C**

Estudio de Tráfico.

## RESUMEN DE CONTEO VEHICULAR

TIPO DE VEHÍCULO	TRÁFICO VEHICULAR EN DOS SENTIDOS EN 12 HORAS							TOTAL SEMANA	IMDs	FCE	IMDA
	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES				
Auto	620	633	727	222	191	259	310	2962	423,14	1	423,1
Station Wagon	244	256	315	145	114	145	137	1356	193,71	1	193,7
Camioneta Pick Up	363	433	426	174	138	223	284	2041	291,57	1	291,6
Camioneta Rural	710	686	739	544	631	563	620	4493	641,86	1	641,9
Micro	457	471	484	186	224	228	226	2276	325,14	1	325,1
Bus 2E	23	13	28	0	2	2	1	69	9,86	1	9,9
Bus 3E	3	3	6	0	4	2	2	20	2,86	1	2,9
Camión 2E	253	240	236	96	85	100	141	1151	164,43	1	164,4
Camión 3E	186	172	191	97	88	103	117	954	136,29	1	136,3
Semi Trayler 3S3	4	3	5	0	0	0	0	12	1,71	1	1,7
<b>TOTAL</b>	<b>2863</b>	<b>2910</b>	<b>3157</b>	<b>1464</b>	<b>1477</b>	<b>1625</b>	<b>1838</b>	<b>15334</b>	<b>2190,57</b>		<b>2191</b>

## ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA		ESTACIÓN 01 Av. ANDRÉS AVELINO CÁCERES				DÍA Y FECHA		19/07/2019		VIERNES		19/07/2019		TOTAL	
		SENTIDO		CAMIONETAS		MICRO		BUS		CAMIÓN		SEMI TRAYLER		TOTAL	
		AUTOS	STATION WAGON	4X4 PICK UP	RURAL COMBI	2E		3E	2E	3E	3S3	3S3			
6-7am	E	18	6	10	28	15	1	0	8	5	0	0	91		
	S	10	8	6	30	8	2	0	9	10	0	0	83		
7-8am	E	17	5	14	35	20	0	0	10	7	0	0	108		
	S	14	11	8	33	12	1	0	12	14	0	0	105		
8-9am	E	25	10	17	37	31	0	0	9	6	0	0	135		
	S	20	7	12	33	20	0	0	13	10	0	0	115		
9-10am	E	28	12	17	28	21	0	0	12	10	0	0	128		
	S	38	7	30	33	30	2	0	19	11	0	0	170		
10-11am	E	35	10	7	32	13	1	0	17	14	0	0	129		
	S	47	10	15	25	24	2	0	10	6	0	0	139		
11-12m	E	20	10	16	34	11	0	0	9	6	0	0	106		
	S	28	6	11	26	18	0	1	8	10	0	0	108		
12-13pm	E	23	20	14	31	18	0	0	7	3	0	0	116		
	S	35	12	15	23	12	0	0	11	7	0	0	115		
13-14pm	E	15	10	16	29	10	0	0	9	12	0	0	101		
	S	18	9	12	32	18	0	0	13	8	0	0	110		
14-15pm	E	19	8	10	25	32	2	0	10	5	0	0	111		
	S	30	5	14	21	20	1	0	9	6	2	2	108		
15-16pm	E	42	20	25	30	26	0	1	11	9	0	0	164		
	S	25	10	11	26	23	1	0	17	7	0	0	120		
16-17pm	E	37	10	25	32	19	1	0	13	5	1	1	143		
	S	19	11	20	25	25	2	1	8	6	0	0	117		
17-18pm	E	22	12	16	28	14	3	0	5	6	1	1	107		
	S	35	15	22	34	17	4	0	4	3	0	0	134		
<b>TOTAL</b>		620	244	363	710	457	23	3	253	186	4	4	<b>2863</b>		

## ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA		ESTACIÓN 01 Av. ANDRÉS AVELINO CÁCERES				TOTAL					
		DÍA Y FECHA		20/07/2019							
		S	←	→	S						
SENTIDO	SENTIDO		MICRO	BUS		CAMIÓN		SEMI TRAYLER			
	AUTOS	STATION WAGON		2E	3E	2E	3E				
	4X4 PICK UP	CAMIONETAS RURAL COMBI									
6-7am	8	3	12	27	16	0	0	6	4	0	76
	14	6	15	29	7	0	0	10	8	0	89
7-8am	10	4	14	33	22	2	0	11	5	0	101
	14	10	18	30	11	0	0	9	12	0	104
8-9am	13	8	19	35	33	0	0	12	7	0	127
	18	6	23	32	24	1	0	14	11	0	129
9-10am	12	11	16	29	25	0	0	10	10	1	114
	26	16	28	34	34	0	1	17	13	0	169
10-11am	36	10	9	31	15	0	0	16	12	0	129
	47	14	16	27	24	1	0	12	7	0	148
11-12m	25	9	21	30	13	0	0	7	5	0	110
	29	12	14	24	20	0	0	9	9	0	117
12-13pm	28	12	16	28	18	2	0	6	2	1	113
	44	19	18	24	14	0	0	13	6	0	138
13-14pm	19	11	19	28	11	0	0	10	14	0	112
	28	7	15	31	21	0	0	12	9	0	124
14-15pm	32	13	12	23	25	0	0	8	3	0	116
	49	10	17	22	18	1	0	7	5	1	130
15-16pm	40	15	29	29	24	0	0	12	8	0	157
	22	11	13	27	22	0	0	15	6	0	116
16-17pm	38	13	27	30	19	1	1	9	4	0	142
	23	9	22	24	27	0	0	6	5	0	116
17-18pm	19	12	17	26	13	2	0	6	4	0	99
	39	15	23	33	15	3	0	3	3	0	134
TOTAL	633	256	433	686	471	13	3	240	172	3	2910

## ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR

HORAS		TRAMO DE LA CARRETERA				ESTACIÓN 01				Av. ANDRÉS AVELINO CÁCERES				TOTAL		
		SENTIDO		SENTIDO		DÍA Y FECHA		DOMINGO		21/07/2019		CAMIÓN			SEMI TRAYLER	
		AUTOS	STATION WAGON	4X4 PICK UP	CAMIONETAS	RURAL COMBI	MICRO	2E	3E	2E	3E	2E	3E		3S3	3S3
6-7am	E	12	4	8	27	17	2	0	7	6	0	0	0	83		
	S	10	8	13	31	7	0	0	6	9	0	0	0	84		
7-8am	E	12	7	10	36	22	0	2	9	8	2	2	2	108		
	S	15	14	15	34	10	1	0	14	13	0	0	0	116		
8-9am	E	15	12	18	38	30	4	0	8	8	0	0	0	133		
	S	16	8	23	35	18	2	0	12	12	0	0	0	126		
9-10am	E	12	14	16	29	28	1	1	13	9	0	0	0	123		
	S	24	17	29	32	22	0	0	16	12	1	1	1	153		
10-11am	E	40	10	10	33	16	2	0	15	12	0	0	0	138		
	S	63	18	18	28	27	3	0	8	8	0	0	0	173		
11-12m	E	32	11	17	35	13	1	0	10	8	0	0	0	127		
	S	41	16	13	29	20	2	1	11	13	0	0	0	146		
12-13pm	E	36	13	16	32	21	0	0	8	4	0	0	0	130		
	S	50	20	19	26	15	0	0	13	9	0	0	0	152		
13-14pm	E	22	19	20	29	12	1	0	7	11	0	0	0	121		
	S	30	11	14	34	19	0	0	11	9	1	1	1	129		
14-15pm	E	37	16	12	27	35	3	1	8	6	0	0	0	145		
	S	55	10	16	22	17	0	0	7	3	0	0	0	130		
15-16pm	E	52	20	28	32	28	0	0	10	8	0	0	0	178		
	S	35	15	16	27	23	2	0	15	5	0	0	0	138		
16-17pm	E	40	15	30	31	20	3	0	12	4	1	1	1	156		
	S	17	12	22	28	27	0	1	9	6	0	0	0	122		
17-18pm	E	28	9	19	29	16	0	0	4	5	0	0	0	110		
	S	33	16	24	35	21	1	0	3	3	0	0	0	136		
<b>TOTAL</b>		727	315	426	739	484	28	6	236	191	5	5	5	<b>3157</b>		

## ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR

HORA		TRAMO DE LA CARRETERA				ESTACIÓN 02		DESVIÓ ISLA			TOTAL		
		SENTIDO		SENTIDO		DÍA Y FECHA	LUNES	BUS		CAMIÓN		SEMI TRAYLER	
		AUTOS	STATION WAGON	E ←	S →			4X4 PICK UP	CAMIONETAS RURAL COMBI	MICRO	2E		3E
6-7am	E	4	3	3	18	7	0	0	3	3	0	0	41
	S	5	2	5	17	3	0	0	2	3	0	0	37
7-8am	E	9	4	6	24	9	0	0	4	4	0	0	60
	S	14	9	11	23	5	0	0	5	7	0	0	74
8-9am	E	10	5	6	25	10	0	0	5	5	0	0	66
	S	15	11	14	24	8	0	0	3	5	0	0	80
9-10am	E	10	3	9	21	11	0	0	2	3	0	0	59
	S	6	6	7	20	8	0	0	4	6	0	0	57
10-11am	E	9	5	6	22	8	0	0	5	3	0	0	58
	S	5	2	3	24	6	0	0	8	4	0	0	52
11-12m	E	12	9	5	24	11	0	0	3	4	0	0	68
	S	14	13	12	25	10	0	0	6	4	0	0	86
12-13pm	E	7	9	10	27	7	0	0	4	5	0	0	69
	S	11	4	8	28	10	0	0	7	2	0	0	70
13-14pm	E	12	8	5	24	7	0	0	6	6	0	0	68
	S	7	6	6	22	11	0	0	2	3	0	0	57
14-15pm	E	13	10	7	21	6	0	0	4	6	0	0	67
	S	8	3	4	23	10	0	0	3	4	0	0	55
15-16pm	E	12	6	8	25	5	0	0	5	2	0	0	63
	S	7	4	6	22	8	0	0	2	3	0	0	52
16-17pm	E	12	8	10	23	6	0	0	2	4	0	0	65
	S	5	5	7	22	9	0	0	4	2	0	0	54
17-18pm	E	4	2	12	21	4	0	0	3	2	0	0	48
	S	11	8	4	19	7	0	0	4	5	0	0	58
TOTAL		222	145	174	544	186	0	0	96	97	0	0	1464

## ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA		ESTACIÓN 02		DESVO ISLA		DÍA Y FECHA		23/07/2019		TOTAL			
		SENTIDO		DÍA Y FECHA		DÍA Y FECHA		DÍA Y FECHA		DÍA Y FECHA			
HORA	SENTIDO	E ←		S →		MICRO		BUS		CAMIÓN		SEMI TRAYLER	
		AUTOS	STATION WAGON	4X4 PICK UP	RURAL COMBI	2E	3E	2E	3E	3E3			
6-7am	E	4	3	6	28	7	0	0	2	0	0	0	50
	S	5	4	3	29	5	0	0	5	3	0	0	54
7-8am	E	3	2	5	30	10	0	0	4	4	0	0	58
	S	8	5	6	28	12	0	1	6	6	0	0	72
8-9am	E	5	6	4	35	13	0	0	7	3	0	0	73
	S	10	5	8	33	11	0	0	5	7	0	0	79
9-10am	E	7	8	5	31	14	0	0	2	4	0	0	71
	S	4	12	9	25	9	0	0	4	4	0	0	67
10-11am	E	4	8	5	31	7	0	0	3	3	0	0	61
	S	7	8	8	25	10	0	0	7	6	0	0	71
11-12m	E	5	5	6	24	9	0	1	4	5	0	0	59
	S	3	0	2	20	8	0	0	2	1	0	0	36
12-13pm	E	6	5	5	29	5	0	0	2	3	0	0	55
	S	13	3	2	20	12	0	0	0	3	0	0	53
13-14pm	E	15	3	4	25	8	1	0	5	6	0	0	67
	S	10	4	6	23	10	0	0	6	2	0	0	61
14-15pm	E	12	2	5	24	6	0	1	4	7	0	0	61
	S	9	6	10	21	12	0	0	2	3	0	0	63
15-16pm	E	13	4	7	26	7	0	0	3	2	0	0	62
	S	8	3	6	23	14	0	0	2	4	0	0	60
16-17pm	E	11	6	9	25	6	0	1	5	6	0	0	69
	S	6	2	5	20	9	0	0	1	1	0	0	44
17-18pm	E	16	7	9	26	7	0	0	4	3	0	0	72
	S	7	3	3	30	13	1	0	0	2	0	0	59
TOTAL		191	114	138	631	224	2	4	85	88	0	0	1477

## ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA		ESTACIÓN 03		PUENTE UNOCOLLA		DÍA Y FECHA		24/07/2019		TOTAL	
		E ←	S →	MICRO	BUS	CAMIÓN	SEMI TRAYLER				
HORA	SENTIDO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMIÓN		SEMI TRAYLER		TOTAL
		4X4 PICK UP	RURAL COMBI		2E	3E	2E	3E	3S3		
6-7am	E	5	19	8	0	0	3	4	0	0	46
	S	2	17	6	0	0	3	2	0	0	44
7-8am	E	6	24	10	0	0	4	5	0	0	67
	S	8	26	7	0	0	6	7	0	0	86
8-9am	E	13	28	12	0	0	5	6	0	0	80
	S	19	27	7	1	0	4	4	0	0	90
9-10am	E	13	22	14	0	0	2	3	0	0	68
	S	7	21	11	0	0	3	5	0	0	63
10-11am	E	10	23	9	0	0	7	4	0	0	69
	S	8	25	7	0	0	10	6	0	0	63
11-12m	E	10	25	12	0	0	3	4	0	0	68
	S	16	26	9	0	0	5	5	0	0	82
12-13pm	E	9	28	8	1	0	4	6	0	0	77
	S	12	27	11	0	0	6	3	0	0	74
13-14pm	E	10	25	9	0	0	5	6	0	0	68
	S	8	23	13	0	1	3	4	0	0	67
14-15pm	E	12	22	8	0	0	4	7	0	0	70
	S	9	24	10	0	0	2	5	0	0	59
15-16pm	E	10	26	7	0	0	6	2	0	0	69
	S	9	21	13	0	0	3	4	0	0	61
16-17pm	E	13	23	8	0	0	3	5	0	0	71
	S	7	22	12	0	0	2	2	0	0	54
17-18pm	E	16	20	6	0	1	6	4	0	0	78
	S	9	19	11	0	0	1	0	0	0	51
TOTAL		259	563	228	2	2	100	103	0	0	1625

## ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA				ESTACIÓN 03 PUENTE UNOCOLLA				TOTAL					
HORA	SENTIDO	SENTIDO		DÍA Y FECHA	JUEVES 25/07/2019		MICRO	BUS		CAMIÓN		SEMI TRAYLER	TOTAL
		E ←	S →		2E	3E		2E	3E				
		AUTOS	STATION WAGON		4X4 PICK UP	CAMIONETAS RURAL COMBI		2E	3E	2E	3E		
6-7am	E	10	4		24	6		0	0	2	3	0	53
	S	12	5		25	5		0	0	5	4	0	62
7-8am	E	13	6		29	7		0	0	3	2	0	68
	S	16	3		28	5		0	0	4	5	0	71
8-9am	E	13	8		27	9		0	0	3	4	0	74
	S	14	6		28	6		0	0	6	7	0	85
9-10am	E	12	7		28	10		0	0	2	4	0	71
	S	12	4		28	9		0	0	4	5	0	74
10-11am	E	10	5		26	8		0	0	6	3	0	68
	S	15	6		28	7		1	1	10	4	0	92
11-12m	E	11	3		26	11		0	0	7	3	0	69
	S	14	9		24	12		0	0	9	6	0	91
12-13pm	E	14	8		23	13		0	0	8	5	0	86
	S	11	5		25	10		0	0	6	7	0	74
13-14pm	E	16	4		24	11		0	0	10	8	0	86
	S	9	6		25	10		1	0	5	4	0	68
14-15pm	E	15	7		26	8		0	0	12	9	0	94
	S	9	5		23	12		0	0	6	5	0	71
15-16pm	E	10	3		27	9		0	0	5	4	0	73
	S	13	8		25	12		0	0	8	7	0	83
16-17pm	E	18	9		26	15		1	1	7	6	0	98
	S	12	6		26	9		0	0	4	3	0	68
17-18pm	E	22	7		25	8		0	0	6	5	0	95
	S	9	3		24	14		0	0	3	4	0	64
<b>TOTAL</b>		<b>310</b>	<b>137</b>		<b>620</b>	<b>226</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>141</b>	<b>117</b>	<b>0</b>	<b>1838</b>



## **Anexo D**

### **Muestras de Datos Metodología PCI.**



METODO PCI		ESQUEMA						
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
HOJA DE REGISTRO								
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 00+080 - 00+120	<b>Unidad de muestra:</b> U-03					
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 07/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304					
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica					
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento					
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo					
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento						
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento						
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
10	Medio(M)	M	8,4	5,6	10	24	7,89%	16
10	Bajo(L)	M	10			10	3,29%	3
18	Medio(M)	M2	40	20	60	120	39,47%	33



METODO PCI		ESQUEMA						
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
HOJA DE REGISTRO								
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 00+240 - 00+280	<b>Unidad de muestra:</b> <b>U-07</b>					
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 07/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304					
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica					
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento					
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo					
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento						
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento						
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
10	Medio(L)	M	12	16	14	42	13,82%	21
18	Medio(L)	M2	30	75	45	150	49,34%	35



METODO PCI		ESQUEMA						
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
HOJA DE REGISTRO								
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 00+400 - 00+440	<b>Unidad de muestra:</b> U-11					
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 07/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304					
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica					
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento					
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo					
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento						
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento						
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
1	Medio (M)	M2	45	20	55	120	39,47%	64
11	Medio (M)	M2	2,72			2,72	0,89%	9
13	Medio (M)	UND	15			15	4,93%	67
13	Alto(H)	UND	2			2	0,66%	44



INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE		METODO PCI		ESQUEMA					
HOJA DE REGISTRO									
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 00+560 - 00+600		<b>Unidad de muestra:</b> U-15					
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 07/08/2019		<b>Área (m2):</b> 304					
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica						
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento						
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo						
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento							
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento							
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD		TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
1	Medio (M)	M2	50	80	25	45	200	65,79%	72
11	Medio (M)	M2	11,04				11,04	3,63%	19
13	Medio (M)	UND	13				13	4,28%	63
13	Alto(H)	UND	1				1	0,33%	32

METODO PCI		ESQUEMA					
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE							
HOJA DE REGISTRO							
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 00+720- 00+760	<b>Unidad de muestra:</b> <b>U-19</b>				
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 07/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304				
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica				
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento				
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo				
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento					
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento					
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1	Medio(M)	M2	24	76	100	32,89%	62
3	Medio(M)	M2	16	40	56	18,42%	23
11	Medio(M)	M2	4,16		4,16	1,37%	10
13	Medio(M)	UND	5		5	1,64%	38
13	Alto(H)	UND	2		2	0,66%	44



METODO PCI		ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 00+880 - 00+920	<b>Unidad de muestra:</b> <b>U-23</b>			
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 07/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica			
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo			
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento				
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento				
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Medio(M)	M2	60	60	39,47%	65
3	Medio(M)	M2	30	30	9,87%	17
11	Medio(M)	M2	3,2	3,2	1,05%	10
13	Alto(H)	UND	10	10	3,29%	78



METODO PCI		ESQUEMA						
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
HOJA DE REGISTRO								
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 01+040 - 01+080	<b>Unidad de muestra:</b> U-27					
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 07/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304					
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica					
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento					
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo					
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento						
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento						
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
1	Medio(M)	M2	18	32	50	100	32,89%	32
11	Medio(M)	M2	1,44			1,44	0,47%	7
13	Medio(M)	UND	4			4	1,32%	35



METODO PCI		ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 01+200- 01+240	<b>Unidad de muestra:</b> <b>U-31</b>			
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 07/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica			
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18 Peladura por intemperismo			
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento				
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento				
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Medio(M)	M2	84	84	27,63%	58
3	Medio(M)	M2	45	45	14,80%	20
11	Medio(M)	M2	0,48	20,48	6,74%	28
13	Alto(H)	UND	8	8	2,63%	72

METODO PCI		ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 01+360- 01+400		<b>Unidad de muestra:</b> U-35		
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 07/08/2019		<b>Área (m<sup>2</sup>):</b> 304		
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica			
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo			
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento				
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento				
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Alto(H)	M2	40	40	13,16%	64
11	Medio(M)	M2	1,2	1,2	0,39%	14
13	Medio(M)	UND	8	8	2,63%	50
13	Alto(H)	UND	5	5	1,64%	57



METODO PCI		ESQUEMA						
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
HOJA DE REGISTRO								
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 01+520 - 01+560	<b>Unidad de muestra:</b> U-39					
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 07/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304					
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica					
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento					
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo					
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento						
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento						
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
1	Medio(M)	M2	6	25	55	86	28,29%	60
11	Medio(M)	M2	1,98	0,2		2,18	0,72%	18
13	Alto(H)	UND	2			2	0,66%	44



METODO PCI		ESQUEMA					
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE							
HOJA DE REGISTRO							
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 01+680 - 01+720	<b>Unidad de muestra:</b> <b>U-43</b>				
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 07/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304				
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica				
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento				
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo				
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento					
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento					
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1	Medio(M)	M2	80	128	208	68,42%	72
10	Medio(M)	M	12,8		12,8	4,21%	11
11	Medio(M)	M2	20	0,18	20,18	6,64%	25
13	Alto(H)	UND	2		2	0,66%	44



METODO PCI		ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 01+840- 01+880	<b>Unidad de muestra:</b> U-47			
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 07/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica			
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18 Peladura por intemperismo			
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento				
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento				
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Medio(M)	M2	128	128	42,11%	67
3	Medio(M)	M2	96	96	31,58%	28
10	Medio(M)	M	35,2	35,2	11,58%	32
11	Medio(M)	M2	12	12	3,95%	24
13	Alto(H)	UND	1	1	0,33%	31

METODO PCI		ESQUEMA						
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
HOJA DE REGISTRO								
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 02+000 - 02+040	<b>Unidad de muestra:</b> U-51					
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 07/08/2019	<b>Área (m<sup>2</sup>):</b> 304					
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica					
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento					
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo					
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento						
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento						
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
1	Medio(M)	M2	46	20	50	116	38,16%	64
3	Medio(M)	M2	32	48		80	26,32%	24
10	Medio(M)	M	35,2			35,2	11,58%	31
11	Medio(M)	M2	20			20	6,58%	25
13	Medio(M)	UND	3			3	0,99%	32

METODO PCI		ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 02+160 - 02+200	<b>Unidad de muestra:</b> U-55			
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 08/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica			
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18 Peladura por intemperismo			
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento				
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento				
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Alto(H)	M2	45	69	22,70%	64
6	Medio(M)	M2		20	6,58%	22
10	Medio(M)	M		16	5,26%	12
11	Medio(M)	M2		20	6,58%	23
13	Medio(M)	UND		2,5	0,82%	18
18	Medio(M)	M2	15	60	19,74%	24

METODO PCI		ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 02+320 - 02+360	<b>Unidad de muestra:</b> U-59			
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 08/08/2019	<b>Área (m<sup>2</sup>):</b> 304			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica			
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo			
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento				
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento				
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Medio(M)	M2	120	120	39,47%	63
3	Medio(M)	M2	50	50	16,45%	19
6	Bajo(L)	M2	10	10	3,29%	7
11	Medio(M)	M2	20	20	6,58%	14
13	Alto(H)	UND	4	4	1,32%	55

METODO PCI		ESQUEMA						
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
HOJA DE REGISTRO								
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 02+480 - 02+520	<b>Unidad de muestra:</b> <b>U-63</b>					
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 08/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304					
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica					
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento					
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo					
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento						
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento						
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD		TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1	Medio(M)	M2	25	48	27	100	32,89%	62
3	Medio(M)	M2	30	40		70	23,03%	24
6	Bajo(L)	M2	10			10	3,29%	7
11	Medio(M)	M2	4	11	5	20	6,58%	25
13	Medio(M)	UND	5			5	1,64%	36

METODO PCI		ESQUEMA						
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
HOJA DE REGISTRO								
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 02+640- 02+680	<b>Unidad de muestra:</b> <b>U-67</b>					
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 08/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304					
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica					
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento					
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18 Peladura por intemperismo					
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento						
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento						
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
1	Medio(M)	M2	28	40	37	105	34,54%	64
3	Medio(M)	M2	15	25		40	13,16%	18
6	Bajo(L)	M2	10			10	3,29%	7
11	Medio(M)	M2	8	12		20	6,58%	25
13	Medio(M)	UND	4			4	1,32%	34

METODO PCI		ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 02+800- 02+840	<b>Unidad de muestra:</b> <b>U-71</b>			
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 08/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica			
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18 Peladura por intemperismo			
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento				
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento				
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Bajo(L)	M2	45	45	14,80%	36
3	Medio(M)	M2	8	16	7,89%	14
6	Bajo(L)	M2	12	12	3,95%	9
11	Medio(M)	M2	20	20	6,58%	25
13	Medio(M)	UND	1	1	0,33%	15
18	Medio(M)	M2	18	18	5,92%	14

METODO PCI		ESQUEMA					
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE							
HOJA DE REGISTRO							
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 02+960- 03+000	<b>Unidad de muestra:</b> <b>U-75</b>				
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 08/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304				
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica				
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento				
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18 Peladura por intemperismo				
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento					
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento					
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1	Bajo(L)	M2	20	32	52	17,11%	38
3	Medio(M)	M2	18		18	5,92%	10
6	Bajo(L)	M2	8		8	2,63%	6
11	Medio(M)	M2	20		20	6,58%	24
13	Bajo(L)	UND	3		3	0,99%	19
18	Medio(M)	M2	20		20	6,58%	14

METODO PCI		ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 03+120 - 03+160	<b>Unidad de muestra:</b> U-79			
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 08/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica			
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo			
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento				
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento				
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Medio(M)	M2	16	16	5,26%	39
3	Medio(M)	M2	10	10	3,29%	8
11	Medio(M)	M2	20	20	6,58%	24
13	Medio(M)	UND	2	2	0,66%	25
18	Medio(M)	M2	32	32	10,53%	20



METODO PCI		ESQUEMA					
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE							
HOJA DE REGISTRO							
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 03+280 - 03+320	<b>Unidad de muestra:</b> U-83				
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 08/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304				
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica			
2. Exudación		7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque		8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo			
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento				
5. Corrugaciones		10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento				
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD		TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Medio(M)	M2	16	20	36	11,84%	48
3	Medio(M)	M2	10		10	3,29%	8
6	Bajo(L)	M2	10		10	3,29%	7
11	Medio(M)	M2	20		20	6,58%	24
13	Medio(M)	UND	1		1	0,33%	14
18	Medio(M)	M2	46		46	15,13%	21



METODO PCI		ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 03+440 - 03+480	<b>Unidad de muestra:</b> U-87			
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 08/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica			
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo			
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento				
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento				
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Bajo(L)	M2	60	60	19,74%	42
3	Medio(M)	M2	20	65	21,38%	23
11	Medio(M)	M2	20	20	6,58%	24
18	Medio(M)	M2	14	14	4,61%	13

METODO PCI		ESQUEMA					
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE							
HOJA DE REGISTRO							
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 03+600- 03+640	<b>Unidad de muestra:</b> U-91				
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 08/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304				
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica				
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento				
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo				
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento					
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento					
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1	Bajo(L)	M2	40	35	75	24,67%	43
3	Medio(M)	M2	38		38	12,50%	18
6	Bajo(L)	M2	6		6	1,97%	5
11	Medio(M)	M2	20		20	6,58%	27
18	Medio(M)	M2	26		26	8,55%	17

METODO PCI		ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 03+760 - 03+800	<b>Unidad de muestra:</b> U-95			
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 08/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica			
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo			
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento				
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento				
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1M	Bajo(L)	M2	36	36	11,84%	34
3M	Medio(M)	M2	14	14	4,61%	8
11M	Medio(M)	M2	20	20	6,58%	25
13M	Medio(M)	UND	2	2	0,66%	24
18	Bajo(L)	M2	20	20	6,58%	4

METODO PCI		ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 03+920- 03+960	<b>Unidad de muestra:</b> U-99			
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 08/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304			
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica		
2. Exudación		7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento		
3. Fisuras en bloque		8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo		
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento			
5. Corrugaciones		10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento			
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Bajo(L)	M2	38	38	12,50%	34
3	Medio(M)	M2	30	52	17,11%	20
11	Medio(M)	M2	20	20	6,58%	24
13	Medio(M)	UND	1	1	0,33%	14
18	Medio(M)	M2	28	72	23,68%	26

METODO PCI		ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 04+040- 04+080	<b>Unidad de muestra:</b> U-102			
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 09/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica			
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo			
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento				
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento				
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Bajo(L)	M2	28	28	9,21%	32
3	Medio(M)	M2	15	42	13,82%	18
7	Alto(H)	M	20	20	6,58%	17
10	Medio(M)	M	14	48	15,79%	34



METODO PCI		ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 04+160- 04+200	<b>Unidad de muestra:</b> <b>U-105</b>			
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 09/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica			
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18 Peladura por intemperismo			
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento				
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento				
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Bajo(L)	M2	16	16	5,26%	27
3	Medio(M)	M2	24	24	7,89%	15
7	Alto(H)	M	8	15	13,16%	26
10	Medio(M)	M	35,2	35,2	11,58%	18
18	Bajo(L)	M2	12	52	17,11%	36

METODO PCI		ESQUEMA					
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE							
HOJA DE REGISTRO							
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 04+280 - 04+320	<b>Unidad de muestra:</b> <b>U-108</b>				
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 09/08/2019	<b>Área (m<sup>2</sup>):</b> 304				
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica				
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento				
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo				
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento					
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento					
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
1	Bajo(L)	M2	14	24	38	12,50%	34
3	Bajo(L)	M2	15		15	4,93%	5
7	Medio(M)	M	7		7	2,30%	7
10	Medio(M)	M	29,5		29,5	9,70%	18
13	Bajo(L)	UND	2		2	0,66%	14
18	Bajo(L)	M2	30	15	78	25,66%	8



METODO PCI		ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 04+400 - 04+440	<b>Unidad de muestra:</b> U-111			
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 09/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica			
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo			
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento				
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento				
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Bajo(L)	M2	14	14	4,61%	25
3	Medio(M)	M2	22,5	22,5	7,40%	14
7	Medio(M)	M	7	7	2,30%	7
10	Medio(M)	M	38,4	38,4	12,63%	32
11	Medio(M)	M2	0,2	0,2	0,07%	4
18	Bajo(L)	M2	14	56	18,42%	8
			10	32		

METODO PCI		ESQUEMA					
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE							
HOJA DE REGISTRO							
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 04+520 - 04+560		<b>Unidad de muestra:</b> U-114			
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 09/08/2019		<b>Área (m2):</b> 304			
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica			
2. Exudación		7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque		8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo			
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento				
5. Corrugaciones		10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento				
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD		TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Bajo (L)	M2	16	18	45	14,80%	35
3	Medio(M)	M2	18		18	5,92%	13
7	Medio(M)	M	6,4		6,4	2,11%	7
10	Medio(M)	M	32		32	10,53%	22
11	Medio(M)	M2	0,28		0,28	0,09%	3
18	Bajo (L)	M2	22	44	66	21,71%	8

METODO PCI		ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 04+640 - 04+680	<b>Unidad de muestra:</b> <b>U-117</b>			
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 09/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica			
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo			
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento				
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento				
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Medio(M)	M2	25	25	8,22%	43
3	Medio(M)	M2	20	20	6,58%	12
7	Medio(M)	M	2	2	0,66%	5
10	Medio(M)	M	18	18	5,92%	13

METODO PCI		ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 04+760 - 04+800	<b>Unidad de muestra:</b> U-120			
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 09/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica			
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo			
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento				
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento				
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1	Medio(M)	M2	16	16	5,26%	38
3	Medio(M)	M2	14	14	4,61%	10
6	Bajo(L)	M2	12	12	3,95%	8
7	Alto(H)	M	1,5	1,5	0,49%	16
10	Medio(M)	M	45,2	45,2	14,87%	20
11	Medio(M)	M2	2	2	0,66%	7

METODO PCI		ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 04+880 - 04+920	<b>Unidad de muestra:</b> <b>U-123</b>			
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 09/08/2019	<b>Área (m2):</b> 304			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica			
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo			
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento				
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento				
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
3	Medio (M)	M2	22	22	7,24%	14
10	Medio (M)	M	12,5	12,5	4,11%	10
11	Medio (M)	M2	3,4	3,4	1,12%	11
13	Medio (M)	UND	2	2	0,66%	24
13	Alto (H)	UND	1	2	0,66%	45
18	Bajo(L)	M2	28	28	9,21%	17

METODO PCI		ESQUEMA				
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE						
HOJA DE REGISTRO						
<b>Nombre de la vía:</b> Av. Lampa - Juliaca		<b>Sección:</b> 05+000 - 05+040	<b>Unidad de muestra:</b> <b>U-126</b>			
<b>Ejecutor:</b> Bach. Vargas/Bach. Puraca		<b>Fecha:</b> 09/08/2019	<b>Área (m<sup>2</sup>):</b> 304			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches	16. Fisura parabólica			
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregados pulidos	17. Hinchamiento			
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo			
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel de carril - berma	14. Ahuellamiento				
5. Corrugaciones	10. Fisuras longitudinales - transversales	15. Desplazamiento				
FALLA	SEVERIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
3	Medio(M)	M2	10	10	3,29%	9
10	Medio(M)	M	14,8	14,8	4,87%	12
11	Medio(M)	M2	2,3	2,3	0,76%	8
13	Medio (M)	UND	2	2	0,66%	24
18	Bajo (L)	M2	14	44	14,47%	5



## **Anexo E**

### Cálculo de Máximos Valores Deducidos Corregidos



MUESTRA U - 03						
N°	VALORES DEDUCIDOS			TOTAL	q	CVD
1	33	16	3	52	3	33
2	33	16	2	51	2	38
3	33	2	2	37	1	37
4						
5						
6						
<b>MÁXIMO CVD</b>						38
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>						62
<b>RATING = BUENO</b>						

MUESTRA U - 07						
N°	VALORES DEDUCIDOS			TOTAL	q	CVD
1	35	21		56	2	41
2	35	2		37	1	39
3						
4						
5						
6						
<b>MÁXIMO CVD</b>						41
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>						59
<b>RATING = BUENO</b>						

MUESTRA U - 11							
N°	VALORES DEDUCIDOS				TOTAL	q	CVD
1	67	64	44	9	184	4	95
2	67	64	44	2	177	3	98
3	67	64	2	2	135	2	89
4	67	2	2	2	73	1	73
5							
6							
<b>MÁXIMO CVD</b>						98	
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>						2	
<b>RATING = FALLA</b>							



MUESTRA U - 15							
N°	VALORES DEDUCIDOS				TOTAL	q	CVD
1	72	63	32	19	186	4	95
2	72	63	32	2	169	3	96
3	72	63	2	2	139	2	90
4	72	2	2	2	78	1	78
5							
6							
MÁXIMO CVD							96
PCI = 100 - máxCVD							4
RATING = FALLA							

MUESTRA U - 19								
N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	CVD
1	62	44	38	23	10	177	5	88
2	62	44	38	23	2	169	4	89
3	62	44	38	2	2	148	3	88
4	62	44	2	2	2	112	2	77
5	62	2	2	2	2	70	1	70
6								
MÁXIMO CVD							89	
PCI = 100 - máxCVD							11	
RATING = MUY MALO								

MUESTRA U - 23							
N°	VALORES DEDUCIDOS				TOTAL	q	CVD
1	78	65	17	10	170	4	90
2	78	65	17	2	162	3	93
3	78	65	2	2	147	2	92
4	78	2	2	2	84	1	84
5							
6							
MÁXIMO CVD							93
PCI = 100 - máxCVD							7
RATING = FALLA							



MUESTRA U - 27							
N°	VALORES DEDUCIDOS				TOTAL	q	CVD
1	35	32	7		74	3	47
2	35	32	2		69	2	50
3	35	2	2		39	1	39
4							
5							
6							
<b>MÁXIMO CVD</b>							50
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>							50
<b>RATING = REGULAR</b>							

MUESTRA U - 31							
N°	VALORES DEDUCIDOS				TOTAL	q	CVD
1	72	58	28	20	178	4	93
2	72	58	28	2	160	3	92
3	72	58	2	2	134	2	88
4	72	2	2	2	78	1	78
5							
6							
<b>MÁXIMO CVD</b>							93
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>							7
<b>RATING = FALLA</b>							

MUESTRA U - 35							
N°	VALORES DEDUCIDOS				TOTAL	q	CVD
1	64	57	50	14	185	4	95
2	64	57	50	2	173	3	98
3	64	57	2	2	125	2	84
4	64	2	2	2	70	1	70
5							
6							
<b>MÁXIMO CVD</b>							98
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>							2
<b>RATING = FALLA</b>							



MUESTRA U - 39						
N°	VALORES DEDUCIDOS			TOTAL	q	CVD
1	60	44	18	122	3	75
2	60	44	2	106	2	74
3	60	2	2	64	1	64
4						
5						
6						
<b>MÁXIMO CVD</b>						75
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>						25
<b>RATING = MUY MALO</b>						

MUESTRA U - 43							
N°	VALORES DEDUCIDOS				TOTAL	q	CVD
1	72	44	25	11	152	4	84
2	72	44	25	2	143	3	85
3	72	44	2	2	120	2	81
4	72	2	2	2	78	1	78
5							
6							
<b>MÁXIMO CVD</b>						85	
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>						15	
<b>RATING = MUY MALO</b>							

MUESTRA U - 47								
N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	CVD
1	67	32	31	28	24	182	5	89
2	67	32	31	28	2	160	4	87
3	67	32	31	2	2	134	3	80
4	67	32	2	2	2	105	2	73
5	67	2	2	2	2	75	1	75
6								
<b>MÁXIMO CVD</b>						89		
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>						11		
<b>RATING = MUY MALO</b>								



MUESTRA U - 51								
N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	CVD
1	64	32	31	25	24	176	5	87
2	64	32	31	25	2	154	4	84
3	64	32	31	2	2	131	3	79
4	64	32	2	2	2	102	2	71
5	64	2	2	2	2	72	1	72
6								
MÁXIMO CVD								87
PCI = 100 - máxCVD								13
RATING = MUY MALO								

MUESTRA U - 55									
N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	CVD	
1	64	24	23	22	18	12	163	6	79
2	64	24	23	22	18	2	153	5	78
3	64	24	23	22	2	2	137	4	77
4	64	24	23	2	2	2	117	3	73
5	64	24	2	2	2	2	96	2	68
6	64	2	2	2	2	2	74	1	74
MÁXIMO CVD								79	
PCI = 100 - máxCVD								21	
RATING = MUY MALO									

MUESTRA U - 59								
N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	CVD
1	63	55	19	14	7	158	5	80
2	63	55	19	14	2	153	4	84
3	63	55	19	2	2	141	3	83
4	63	55	2	2	2	124	2	83
5	63	2	2	2	2	71	1	71
6								
MÁXIMO CVD								84
PCI = 100 - máxCVD								16
RATING = MUY MALO								



MUESTRA U - 63									
N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	CVD	
1	62	36	25	24	7	154	5	78	
2	62	36	25	24	2	149	4	82	
3	62	36	25	2	2	127	3	77	
4	62	36	2	2	2	104	2	73	
5	62	2	2	2	2	70	1	70	
6									
<b>MÁXIMO CVD</b>								82	
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>								18	
<b>RATING = MUY MALO</b>									

MUESTRA U - 67									
N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	CVD	
1	64	34	25	18	7	148	5	76	
2	64	34	25	18	2	143	4	80	
3	64	34	25	2	2	127	3	77	
4	64	34	2	2	2	104	2	72	
5	64	2	2	2	2	72	1	72	
6									
<b>MÁXIMO CVD</b>								80	
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>								20	
<b>RATING = MUY MALO</b>									

MUESTRA U - 71										
N°	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CVD	
1	36	25	15	14	14	9	113	6	50	
2	36	25	15	14	14	2	106	5	55	
3	36	25	15	14	2	2	94	4	54	
4	36	25	15	2	2	2	82	3	53	
5	36	25	2	2	2	2	69	2	51	
6	36	2	2	2	2	2	46	1	46	
<b>MÁXIMO CVD</b>								55		
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>								45		
<b>RATING = REGULAR</b>										



MUESTRA U - 75										
N°	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CVD	
1	38	24	19	14	10	6	111	6	54	
2	38	24	19	14	10	2	107	5	55	
3	38	24	19	14	2	2	99	4	57	
4	38	24	19	2	2	2	87	3	56	
5	38	24	2	2	2	2	70	2	51	
6	38	2	2	2	2	2	48	1	48	
MÁXIMO CVD									57	
PCI = 100 - máxCVD									43	
RATING = REGULAR										

MUESTRA U - 79										
N°	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CVD	
1	39	25	24	20	8		116	5	61	
2	39	25	24	20	2		110	4	63	
3	39	25	24	2	2		92	3	58	
4	39	25	2	2	2		70	2	51	
5	39	2	2	2	2		47	1	47	
6										
MÁXIMO CVD									63	
PCI = 100 - máxCVD									37	
RATING = MALO										

MUESTRA U - 83										
N°	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CVD	
1	48	24	21	14	8	7	122	6	60	
2	48	24	21	14	8	2	117	5	61	
3	48	24	21	14	2	2	111	4	64	
4	48	24	21	2	2	2	99	3	62	
5	48	24	2	2	2	2	80	2	58	
6	48	2	2	2	2	2	58	1	58	
MÁXIMO CVD									64	
PCI = 100 - máxCVD									36	
RATING = MALO										



MUESTRA U - 87									
N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	CVD	
1	42	24	23	13		102	4	59	
2	42	24	23	2		91	3	58	
3	42	24	2	2		70	2	51	
4	42	2	2	2		48	1	48	
5									
6									
<b>MÁXIMO CVD</b>								59	
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>								41	
<b>RATING = REGULAR</b>									

MUESTRA U - 91									
N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	CVD	
1	43	27	18	17	5	110	5	57	
2	43	27	18	17	2	107	4	61	
3	43	27	18	2	2	92	3	59	
4	43	27	2	2	2	76	2	55	
5	43	2	2	2	2	51	1	51	
6									
<b>MÁXIMO CVD</b>								61	
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>								39	
<b>RATING = MALO</b>									

MUESTRA U - 95									
N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	CVD	
1	34	25	24	8	4	95	5	49	
2	34	25	24	8	2	93	4	53	
3	34	25	24	2	2	87	3	56	
4	34	25	2	2	2	65	2	48	
5	34	2	2	2	2	42	1	42	
6									
<b>MÁXIMO CVD</b>								56	
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>								44	
<b>RATING = REGULAR</b>									



MUESTRA U - 99								
N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	CVD
1	34	26	24	20	14	118	5	62
2	34	26	24	20	2	106	4	61
3	34	26	24	2	2	88	3	57
4	34	26	2	2	2	66	2	49
5	34	2	2	2	2	42	1	42
6								
MÁXIMO CVD								62
PCI = 100 - máxCVD								38
RATING = MALO								

MUESTRA U - 102								
N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	CVD
1	34	32	18	17		101	4	58
2	34	32	18	2		86	3	55
3	34	32	2	2		70	2	51
4	34	2	2	2		40	1	40
5								
6								
MÁXIMO CVD								58
PCI = 100 - máxCVD								42
RATING = REGULAR								

MUESTRA U - 105								
N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	CVD
1	36	27	26	18	15	122	5	64
2	36	27	26	18	2	109	4	63
3	36	27	26	2	2	93	3	59
4	36	27	2	2	2	69	2	50
5	36	2	2	2	2	44	1	44
6								
MÁXIMO CVD								64
PCI = 100 - máxCVD								36
RATING = MALO								



MUESTRA U - 108									
N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	CVD	
1	34	18	14	8	7	5	86	6	41
2	34	18	14	8	7	2	83	5	43
3	34	18	14	8	2	2	78	4	44
4	34	18	14	2	2	2	72	3	46
5	34	18	2	2	2	2	60	2	45
6	34	2	2	2	2	2	44	1	44
<b>MÁXIMO CVD</b>									46
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>									54
<b>RATING = REGULAR</b>									

MUESTRA U - 111									
N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	CVD	
1	32	25	14	8	7		86	5	44
2	32	25	14	8	2		81	4	46
3	32	25	14	2	2		75	3	48
4	32	25	2	2	2		63	2	47
5	32	2	2	2	2		40	1	40
6									
<b>MÁXIMO CVD</b>									48
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>									52
<b>RATING = REGULAR</b>									

MUESTRA U - 114									
N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	CVD	
1	35	22	13	8	7	3	88	6	42
2	35	22	13	8	7	2	87	5	44
3	35	22	13	8	2	2	82	4	46
4	35	22	13	2	2	2	76	3	49
5	35	22	2	2	2	2	65	2	48
6	35	2	2	2	2	2	45	1	45
<b>MÁXIMO CVD</b>									49
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>									51
<b>RATING = REGULAR</b>									



MUESTRA U - 117							
N°	VALORES DEDUCIDOS				TOTAL	q	CVD
1	43	13	12	5	73	4	41
2	43	13	12	2	70	3	44
3	43	13	2	2	60	2	45
4	43	2	2	2	49	1	49
5							
6							
<b>MÁXIMO CVD</b>							49
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>							51
<b>RATING = REGULAR</b>							

MUESTRA U - 120										
N°	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CVD	
1	38	20	16	10	8	7	99	6	49	
2	38	20	16	10	8	2	94	5	48	
3	38	20	16	10	2	2	88	4	50	
4	38	20	16	2	2	2	80	3	51	
5	38	20	2	2	2	2	66	2	49	
6	38	2	2	2	2	2	48	1	48	
<b>MÁXIMO CVD</b>									51	
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>									49	
<b>RATING = REGULAR</b>										

MUESTRA U - 123										
N°	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	q	CVD	
1	45	24	17	14	11	10	121	6	60	
2	45	24	17	14	11	2	113	5	59	
3	45	24	17	14	2	2	104	4	61	
4	45	24	17	2	2	2	92	3	59	
5	45	24	2	2	2	2	77	2	56	
6	45	2	2	2	2	2	55	1	55	
<b>MÁXIMO CVD</b>									61	
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>									39	
<b>RATING = MALO</b>										



MUESTRA U - 126								
N°	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	q	CVD
1	24	12	9	8	5	58	5	28
2	24	12	9	8	2	55	4	30
3	24	12	9	2	2	49	3	31
4	24	12	2	2	2	42	2	32
5	24	2	2	2	2	32	1	32
6								
<b>MÁXIMO CVD</b>								32
<b>PCI = 100 - máxCVD</b>								68
<b>RATING = BUENO</b>								



## **Anexo F**

Diseño AASTHO Pavimento Flexible y Tratamiento Superficial Bicapa



<b>DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE</b>		
<b>CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b>		
<b>MÉTODO AASTHO 1993</b>		
<b>PROYECTO:</b> CARRETERA JULIACA - LAMPA (Av. LAMPA)	<b>TRAMO:</b> TRAMO 01	
<b>SECCIÓN I:</b> Km 00+000 - 02+040	<b>FECHA:</b> Agosto 2020	
Información para el Cálculo		
<b>1. CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES</b>		
A. MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFÁLTICA (ksi)		450
B. MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)		28
A. MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA SUB BASE (ksi)		14
<b>2. DATOS DE TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>		
A. NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)		6'565,468.197
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)		90%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)		-1.285
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)		0.45
C. MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)		6.3
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)		4.00
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)		2.50
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)		10
<b>3. DATOS PARA LA ESTRUCTURACIÓN DEL REFUERZO</b>		
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Concreto asfáltico convencional (a1)		0.44
Base Granular (a2)		0.13
Subbase (a3)		0.11
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base Granular (m2)		1
Subbase (m3)		1
<b>Datos de salida</b>		
NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN <sub>REQ</sub> )		4.5
NÚMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFÁLTICA (SN <sub>CA</sub> )		1.28
NÚMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN <sub>BG</sub> )		3.85
NÚMERO ESTRUCTURAL SUBBASE (SN <sub>SB</sub> )		4.92
<b>Estructura del pavimento propuesta</b>		
	Teórico	Propuesto
ESPESOR CARPETA ASFÁLTICA (cm)	10	10
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	25	50
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	35	30
ESPESOR TOTAL (cm)		90
NÚMERO ESTRUCTURAL CALCULADO TOTAL (SN <sub>CAL</sub> )		4.94 > SN <sub>REQ</sub>



<b>DISEÑO DE PAVIMENTO</b>			
<b>TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA</b>			
<b>MÉTODO AASTHO 1993</b>			
<b>PROYECTO:</b> CARRETERA JULIACA - LAMPA (Av. LAMPA)		<b>TRAMO:</b> TRAMO 01	
<b>SECCIÓN I:</b> Km 00+000 - 02+040		<b>FECHA:</b> Agosto 2020	
Información para el Cálculo			
<b>1. CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES</b>			
A. MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFÁLTICA (ksi)			450
B. MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)			28
A. MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA SUB BASE (ksi)			14
<b>2. DATOS DE TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>			
A. NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			6'565,468.197
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			90%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)			-1.285
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)			0.45
C. MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			6.3
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			3.50
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2.50
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			10
<b>3. DATOS PARA LA ESTRUCTURACIÓN DEL REFUERZO</b>			
<b>A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA</b>			
Concreto asfáltico convencional (a1)			0.44
Base Granular (a2)			0.13
Subbase (a3)			0.11
<b>B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA</b>			
Base Granular (m2)			1
Subbase (m3)			1
<b>Datos de salida</b>			
NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN <sub>REQ</sub> )			4.52
NÚMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFÁLTICA (SN <sub>CA</sub> )			1.28
NÚMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN <sub>BG</sub> )			3.85
NÚMERO ESTRUCTURAL SUBBASE (SN <sub>SB</sub> )			4.92
<b>Estructura del pavimento propuesta</b>			
	Teórico	Propuesto	
ESPESOR CARPETA ASFÁLTICA (cm)		2.5	2.5
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)		30	30
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)		22	25
ESPESOR TOTAL (cm)			57.5
NÚMERO ESTRUCTURAL CALCULADO TOTAL (SN <sub>CAL</sub> )			4.88 > SN <sub>REQ</sub>



## **Anexo G**

### ESALs por Vehículo



<b>CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES (ESAL)</b>				
<b>TIPO DE VEHÍCULOS</b>	<b>IMDA 2019</b>	<b>CARGA DE VEH. EJE</b>	<b>EJE EQUIVALENTE (EE 8.2 TN)</b>	<b>F. IMDA</b>
AUTOS, CAMIONETAS, MICROS Y COMBIS	1769	1	0,000527017	0,93
	1769	1	0,000527017	0,93
BUS 2E	8	7	1,265366749	10,12
	8	10	2,211793566	17,69
BUS 3E	5	7	1,265366749	6,33
	5	16	1,365944548	6,83
CAMIÓN 2E	230	7	1,265366749	291,03
	230	10	2,211793566	508,71
CAMIÓN 3E	192	7	1,265366749	242,95
	192	16	1,260585019	242,03
SEMI TRAYLER 3S3	3	7	1,265366749	3,80
	3	16	1,260585019	3,78
	3	23	1,239040122	3,72
			<b>∑ F.IMDA</b>	<b>1338,86</b>

$$ESAL = \left( \sum F.IMDA \right) * 365 * DD * DL * \left( \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right)$$

Donde:

DD: Factor Direccional

DL: Factor Carril

365: Días del año

r: Razón de crecimiento

n: Periodo de diseño

Factor de crecimiento:

$$F.C = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

r = 3%

n = 20 años

$$F.C = \frac{(1 + 0.03)^{20} - 1}{0.03}$$

$$F.C = 26.87$$

**Cuadro 6.1**  
**Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño**

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
<b>1 calzada</b> <small>(para IMDa total de la calzada)</small>	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
<b>2 calzadas con separador central</b> <small>(para IMDa total de las dos calzadas)</small>	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

$$ESAL = \left( \sum F \cdot IMDA \right) * 365 * DD * DL * \left( \frac{(1 + r)^n - 1}{r} \right)$$

$$ESAL = (1338.86 * 365 * 0.5 * 1 * 26.87$$

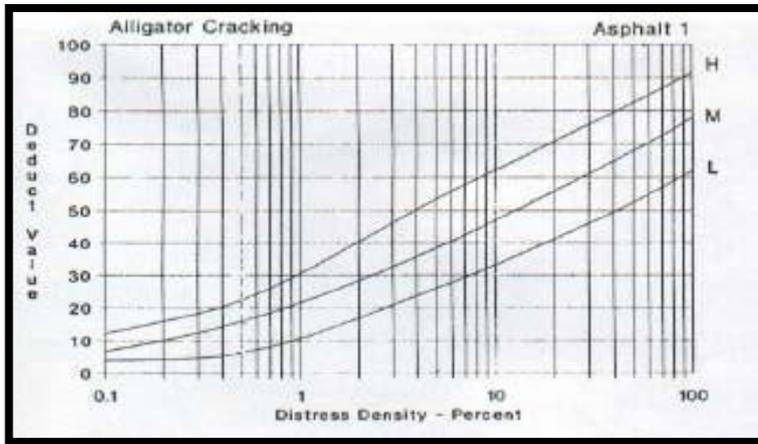
$$ESAL = 6'565,468.197$$



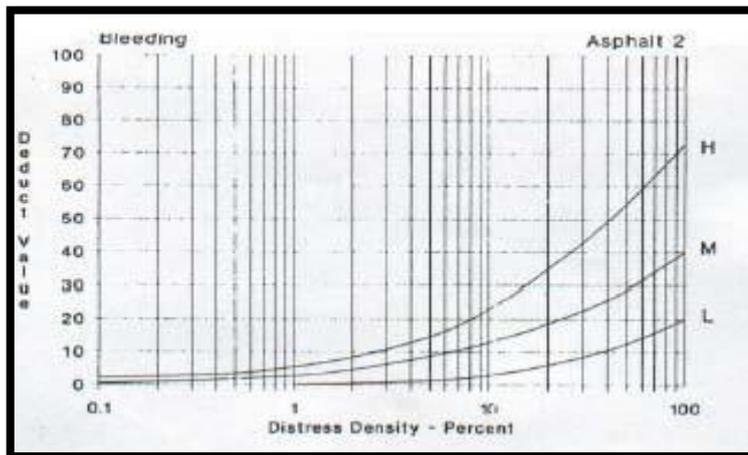
## **Anexo H**

### Curvas de Valor Deducido

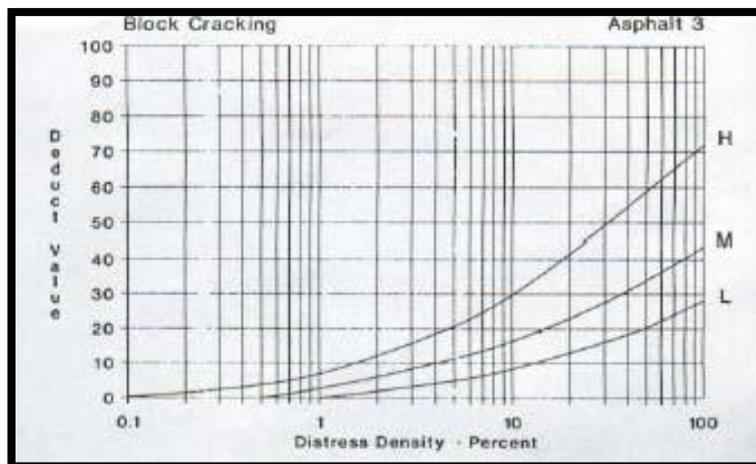
- Piel de cocodrilo



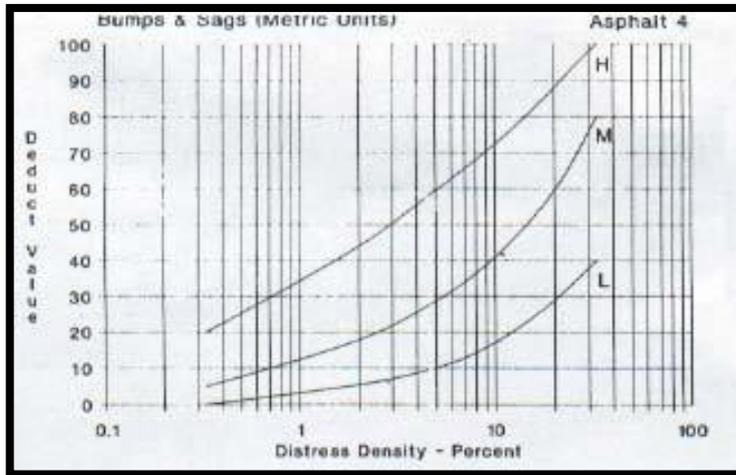
- Exudación



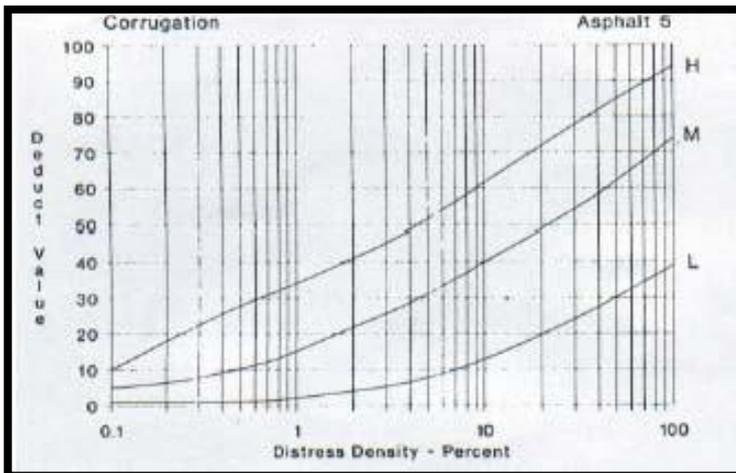
- Fisura en bloque



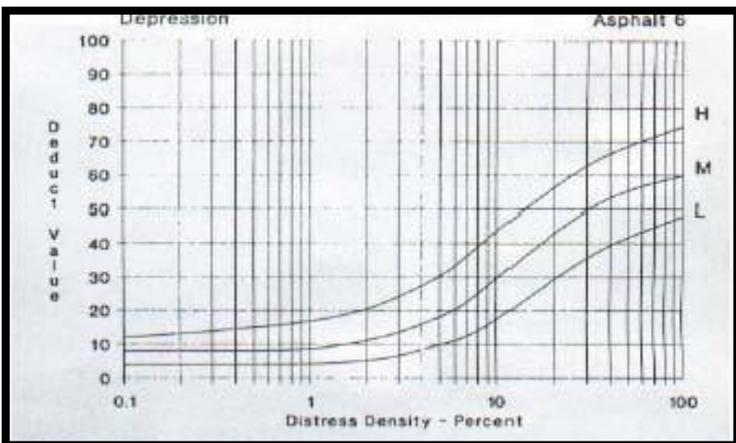
- Abultamiento y Hundimientos



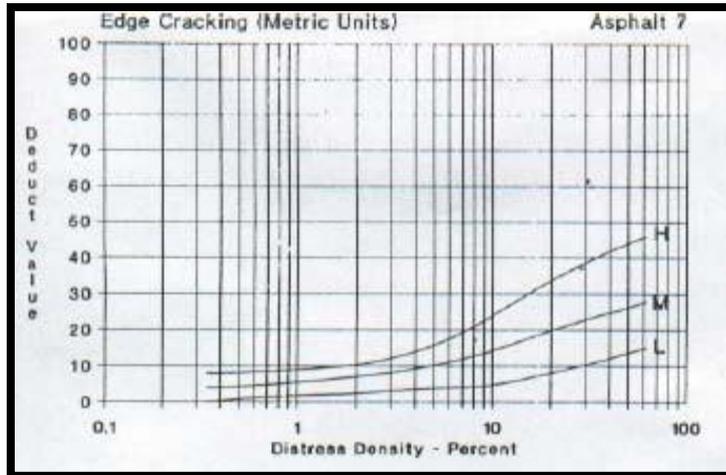
- Corrugación



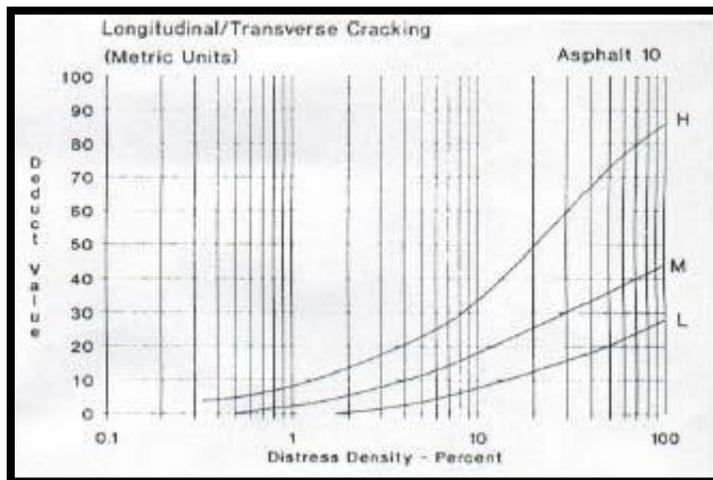
- Depresión



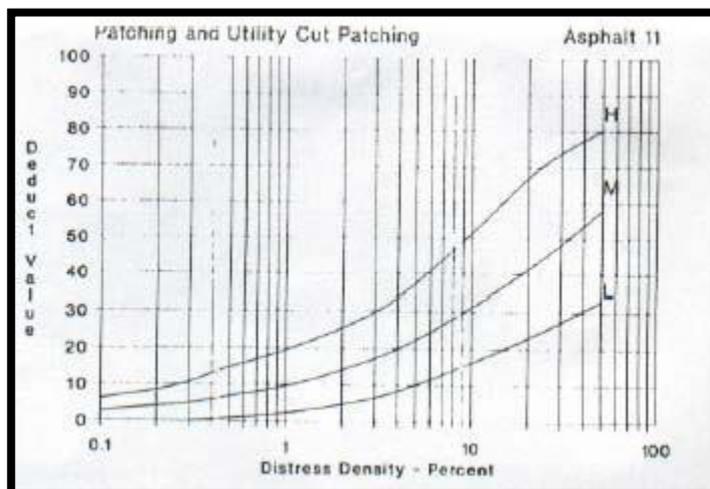
- Fisura de Borde



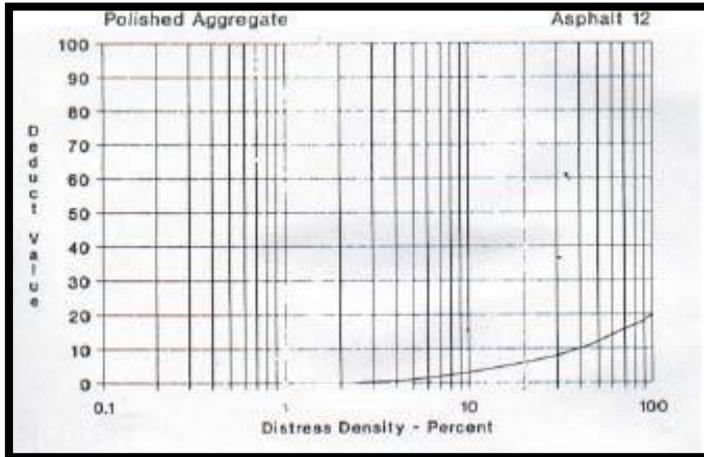
- Fisuras longitudinales y transversales



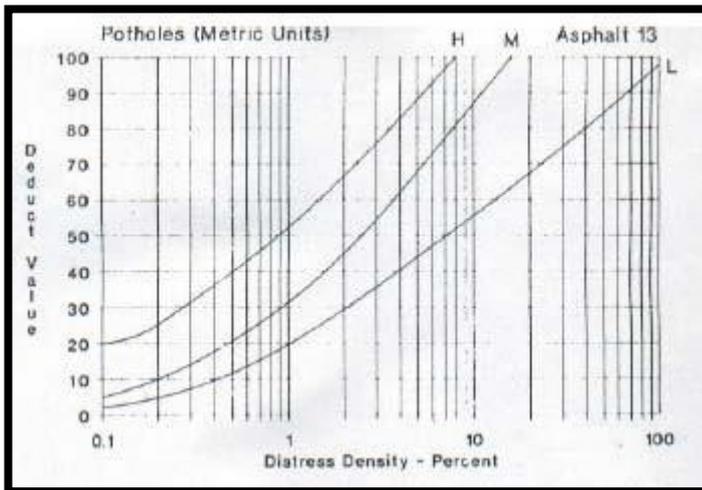
- Parches



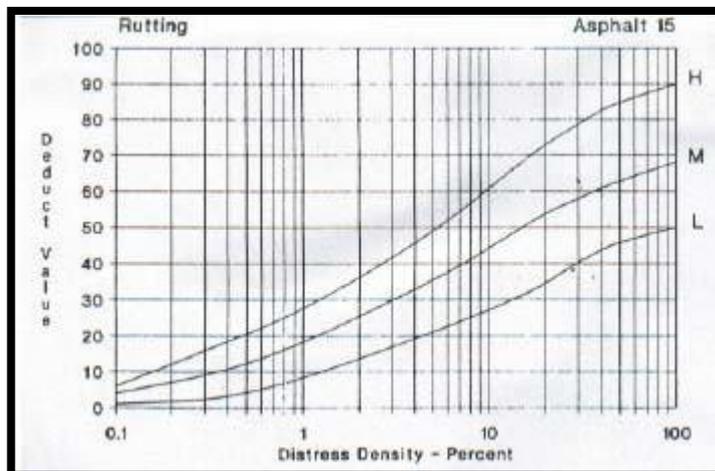
- Pulimientos de agregados



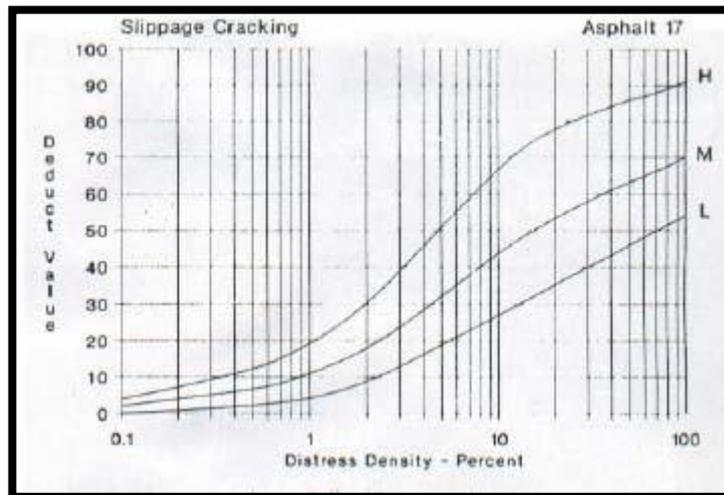
- Baches



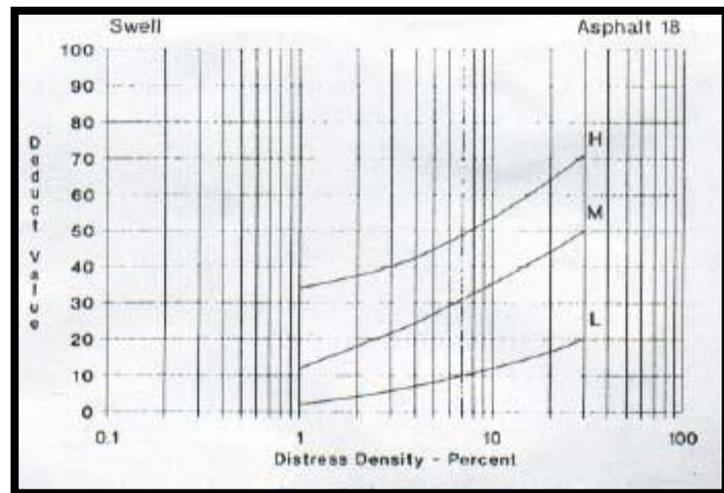
- Ahuellamiento



- Grietas parabólicas



- Hinchamiento



- Meteorización y desprendimientos de áridos

