



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil

Desarrollo de un sistema de gestión de infraestructura vial de la ruta Miraflores – Sinincay - Racar

Trabajo de titulación previo a
la obtención del título de
Ingeniero Civil

Autores:

Diego Patricio Gómez Rodríguez

CI: 0105471338

Juan José Hurtado Piña

CI:1400765549

Director:

Ing. Daniel Estuardo Mogrovejo Carrasco PhD.

CI:0301500476

Cuenca - Ecuador

28-octubre-2019



Resumen:

En este trabajo se realiza un sistema de gestión de la infraestructura vial del tramo Miraflores – Sinincay – Racar, en el cantón Cuenca, provincia del Azuay en Ecuador. La metodología de gestión consiste en desarrollar un inventario de los elementos que conforman la red vial y realizar un levantamiento de los deterioros a lo largo de los 9.2 kilómetros que comprenden este tramo de vía, para generar una base de datos que permita realizar una evaluación de la condición superficial del pavimento mediante los métodos del PCI y *Windshield Survey*. Los resultados de la evaluación se categorizaron en cuatro grupos *Buenos, Regulares, Pobres y Fallados* y a partir de ello se propone realizar las alternativas de: *Bacheo, Doble tratamiento superficial bituminoso, Recapeo y Reconstrucción* respectivamente. Se utilizan las cadenas de transición de Márkov para predecir las condiciones futuras del pavimento, partiendo de la determinación de la condición actual y considerando la condición a la que se llegaría al implementar las alternativas de mantenimiento para correlacionarlo con el deterioro que tiene el pavimento. Lo anteriormente expuesto permitirá intervenir de manera oportuna con la alternativa de mantenimiento adecuada para mejorar el nivel de funcionalidad de la vía.

PALABRAS CLAVE: Gestión vial. Priorización. Predicción. Intervención. Mantenimiento. Deterioro. PCI. Windshield Survey. Inventario.



Abstract:

In this work a road infrastructure management system of the Miraflores - Sinincay - Racar section is carried out, in the Cuenca canton, province of Azuay in Ecuador. The management methodology consists in developing an inventory of the elements that make up the road network and carrying out a survey of the deteriorations along the 9.2 kilometers that comprise this section of road, to generate a database that allows an evaluation of the surface condition of the pavement using the methods of the PCI and Windshield Survey. The results of the evaluation were categorized into four groups *Good*, *Regular*, *Poor* and *Failed* and from this it is proposed to carry out the alternatives of *Patching*, *Bituminous double surface treatment*, *Overlay* and *Reconstruction* respectively. Markov chains are used to predict future pavement conditions, based on the determination of the current condition and considering the condition that would be reached when implementing maintenance alternatives to correlate it with the deterioration of the pavement. The above will allow intervening in a timely manner with the appropriate maintenance alternative to improve the level of functionality of the road.

KEYWORDS: Management road. Prioritization. Prediction. Intervention. Maintenance. Distress. PCI. Windshield Survey. Inventory.



ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES	1
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.4 JUSTIFICACIÓN	2
1.5 ALCANCE	3
1.6 OBJETIVOS.....	3
1.6.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.6.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
CAPÍTULO II	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 SISTEMA DE GESTIÓN DE INFRAESTRURA.....	5
2.1.1 SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS	5
2.1.1.1 INVENTARIO	5
2.1.1.2 EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO	5
2.1.1.2.2 ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	7
2.1.1.2.2.1 PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN MEDIANTE EL MÉTODO PCI	10
2.1.1.2.3 ÍNDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA (CCI).....	12
2.1.1.2.3.1 PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN MEDIANTE EL MÉTODO WINDSHIELD SURVEY	12
2.1.1.3 PREDICCIÓN DE CONDICIÓN	15
2.1.1.3.1 PROBABILIDAD DE TRANSICIÓN DEL PAVIMENTO; CADENAS DE MARKOV.....	15
2.1.1.4 MANTENIMIENTO Y ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN	15
2.1.1.4.1 CLASIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	16
Mantenimiento preventivo	16
Mantenimiento correctivo	16
2.1.1.4.2 ALTERNATIVAS DE REPARACIÓN.....	16
Bacheo.....	16
Doble tratamiento superficial bituminoso	16
Recapeo	17
Reconstrucción	17



2.1.1.5 ANÁLISIS DE COSTOS	17
Costos unitarios	17
Costos locales.....	18
CAPÍTULO III	19
3. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1 ÁREA DE ESTUDIO	19
3.1.1 Ubicación	19
3.1.2 Zona de estudio	19
3.2 MATERIALES E INSTRUMENTOS	20
3.3 METODOLOGÍA	21
3.3.1 INVENTARIO	22
3.3.1.1 RECOLECCIÓN DE DATOS.....	22
3.3.2 EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	26
3.3.2.1 ÍNDICE DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	26
3.3.2.2 ÍNDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA (CCI).....	31
3.3.3.1 Inventario Vial	33
3.3.3.2 Criterio de intervención	34
3.3.3.2 Características de las alternativas de mantenimiento a realizar.	34
3.3.3.3 Costos unitarios	35
3.3.4 PREDICCIÓN DE CONDICIÓN Y ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN	35
CAPÍTULO IV	44
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	44
4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.	44
4.2 EVOLUCIÓN DE LA VÍA, UTILIZANDO MATRICES DE MARKOV	57
4.2.1 PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO: SIN INTERVENCIÓN.....	61
4.2.2 PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO, CON BACHEO.....	64
4.2.3 PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO, CON DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL.....	67
4.2.4 PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO, CON RECAPEO.....	70
4.2.5 PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO, CON RECONSTRUCCIÓN.....	73



4.3 PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA VÍA.....	76
CAPÍTULO V.....	85
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
5.1 CONCLUSIONES	85
5.2 RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXOS	91
ANEXO 1. HOJA DE CAMPO MÉTODO PCI	92
ANEXO 2. HOJA DE CAMPO MÉTODO <i>WINDSHIELD SURVEY</i>	93
<i>ANEXO 3. INVENTARIO DE FALLAS E INTERVENCIONES PARA CADA SECCIÓN DE LA VÍA, MÉTODO PCI</i>	94
ANEXO 4. INVENTARIO DE FALLAS PARA CADA SECCIÓN DE LA VÍA, MÉTODO <i>WINDSHIELD SURVEY</i>	107
ANEXO 5. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN POR LOS MÉTODOS PCI Y <i>WINDSHIELD</i>	108
ANEXO 6. DESCRIPCIÓN DE LOS PRECIOS UNITARIOS Y DE LOS RUBROS DE CADA ALTERNATIVA	110



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Iteraciones para determinar el valor de CDV.	11
Figura 2: Ruta en estudio, Miraflores – Sinincay – Racar	19
Figura 3: Diagrama de flujo para la Gestión de la Infraestructura del Pavimento de la Vía: Miraflores Sinincay Racar.	22
Figura 4: División del Área de Estudio en 5 Tramos.	23
Figura 5: Curva Valor Deducido – Porcentaje de Densidad de Falla, (Piel de Cocodrilo).	29
Figura 6: Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido.	30
Figura 7: Resultado de la Evaluación del Índice de Condición del Pavimento – Método (PCI), a lo Largo de toda la Vía.	51
Figura 8: Resultado de la Evaluación del Índice de Condición Crítica (CCI) - Método Windshield Survey, a lo Largo de toda la Vía.	51
Figura 9: Estado Actual Del Pavimento (Porcentaje % y Área m ²) – Método PCI, Vía: Miraflores - Sinincay – Racar.	56
Figura 10: Estado Actual Del Pavimento (Porcentaje % y Área m ²) – Método Windshield Survey, Vía: Miraflores - Sinincay – Racar.	56
Figura 11: Condiciones Iniciales y Actuales de la vía, Metodología PCI.	58
Figura 12: Condiciones Iniciales y Actuales de la vía, Metodología Windshield Survey.	58
Figura 13: Deterioro del Pavimento de la vía: Miraflores - Sinincay – Racar hasta el año 2018.	60
Figura 14: Proyección del Pavimento Sin Intervención, (PCI).	63
Figura 15: Proyección del Pavimento sin Intervención, (Windshield Survey). .	63
Figura 16: Proyección del Pavimento para Bacheo, (PCI).	66
Figura 17: Proyección del Pavimento para Bacheo, (Windshield Survey).	66
Figura 18: Proyección del Pavimento para Doble Tratamiento Superficial, (PCI).	69
Figura 19: Proyección del Pavimento para Doble Tratamiento Superficial, (Windshield Survey).	69
Figura 20: Proyección del Pavimento para Recapeo, (PCI).	72
Figura 21: Proyección del Pavimento para Recapeo, (Windshield Survey).	72
Figura 22: Proyección del Pavimento para Reconstrucción, (PCI).	75
Figura 23: Proyección del Pavimento para Reconstrucción, (Windshield Survey).	75
Figura 24: Alternativas de Mantenimiento en la Vía: Miraflores – Sinincay – Racar.	77



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Longitud de Unidad de Muestreo - Ancho de Calzada.	6
Tabla 2: Índice de condición del pavimento (PCI) y su Escala Cualitativa.	8
Tabla 3: Tipos de Fallas Metodología del (PCI).	9
Tabla 4:Valores Deducidos para Pavimentos flexibles, Método Windshield Survey.	13
Tabla 5.:Tipos de Fallas Metodología Windshield.	14
Tabla 6: Índice de Condición del Pavimento mediante Windshield Survey.	15
Tabla 7: Segmentación de la Vía en Estudio.....	24
Tabla 8: Datos para el cálculo del número total de muestras (N).	25
Tabla 9: Resultados de la unidades de muestra.	26
Tabla 10: Inventario de Fallas en la Sección 21 (abs 4+000 - 4+200)m.	27
Tabla 11: Valor Deducido de acuerdo al Porcentaje de Densidades de Falla y Severidad.	28
Tabla 12: Iteraciones para el Valor de CDV, para determinar el PCI.	29
Tabla 13: Inventario de Fallas en la Sección 21 (abs 4+000 - 4+200)m.	31
Tabla 14:Valor Deducido, Método Windshield Survey.	32
Tabla 15: Resumen de la Determinación de los Índices LDR y CCI.	33
Tabla 16: Categorización de los pavimentos de acuerdo al Índice de Condición y a las alternativas de mantenimiento.	34
Tabla 17: Periodo de Mantenimiento, en la vía: Miraflores - Sinincay - Racar.	35
Tabla 18: Matriz de Probabilidad de Transición del Pavimento – Sin Intervención.....	36
Tabla 19: Matriz de Probabilidad de Transición del Pavimento - Mantenimiento: Bacheo	36
Tabla 20: Matriz de Probabilidad de Transición del Pavimento - Mantenimiento: Doble Tratamiento Superficial	37
Tabla 21: Matriz de Probabilidad de Transición del Pavimento - Mantenimiento: Recapeo.....	37
Tabla 22: Matriz de Probabilidad de Transición del Pavimento - Mantenimiento: Reconstrucción.....	37
Tabla 23: Ejemplo de la Condición actual del pavimento	38
Tabla 24: Ejemplo de cálculo del estado del pavimento para los próximos años.	39
Tabla 25: Costos Unitarios, para cada tipo de Intervención.	40
Tabla 26: Cantón Cuenca. Red Vial según Jerarquías y Capa de Rodadura. .	43
Tabla 27: Proyecto Plan Operativo Anual POA 2019	43
Tabla 28: Datos de la Vía de Estudio.	45
Tabla 29: Inventario de Fallas Tramo III, Sección 21 (abs 4+000 - 4+200)m. - Método PCI.	46
Tabla 30: Inventario de Fallas en el tramo III (abs 2+800 – 5+000)m - Método Windshield Survey.....	47
Tabla 31: Inventario de Fallas en el tramo III (abs 2+800 – 5+000)m - Método Windshield Survey.....	48



Tabla 32: Resultados de Evaluación del Índice de Condición- Método PCI.....	49
Tabla 33: Resultados de Evaluación del Índice de Condición Crítica (CCI) - Método Windshield Survey.....	50
Tabla 34: Resultados de los Índices de Condición de los Métodos PCI & WINDSHIELD de la vía: MIRAFLORES-SININCAY-RACAR.	53
Tabla 35: Estado Actual del Pavimento (Porcentaje del Área Total del de toda la vía) – Método PCI	54
Tabla 36: Estado Actual del Pavimento (Porcentaje del Área Total del de toda la vía) – Método Windshield Survey.....	54
Tabla 37: Alternativas de Mantenimiento y Categorización de los pavimentos de acuerdo al Índice de Condición (PCI).....	56
Tabla 38: Alternativas de Mantenimiento y Categorización de los pavimentos de acuerdo al Índice de Condición Crítica Windshield Survey.	57
Tabla 39: Condición del Pavimento de la vía: Miraflores - Sinincay – Racar. (2003- 2018).....	60
Tabla 40: Matriz de Márkov Sin Intervención, PCI y Windshield Survey.	61
Tabla 41: Resultados de la predicción del deterioro del pavimento Sin Intervención.....	62
Tabla 42: Matriz de Márkov para Mantenimiento Correctivo - Bacheo, PCI y Windshield Survey.....	64
Tabla 43: Resultados de la predicción del deterioro del pavimento para mantenimiento de bacheo.	65
Tabla 44: Matriz de Márkov para Doble Tratamiento Superficial, PCI y Windshield Survey.....	67
Tabla 45: Resultados de la predicción del deterioro del pavimento para Doble Tratamiento Superficial.	68
Tabla 46: Matriz de Márkov para Recapeo, PCI y Windshield Survey.	70
Tabla 47: Resultados de la predicción del deterioro del pavimento para Recapeo.....	71
Tabla 48: Matriz de Márkov para Reconstrucción, PCI y Windshield Survey. ...	73
Tabla 49: Resultados de la predicción del deterioro del pavimento para Reconstrucción.....	74
Tabla 50: Categorización de los pavimentos y Alternativas de Mantenimiento.	77
Tabla 51: Áreas a Bachear por Sección que componen el primer Tramo a Rehabilitarse.	78
Tabla 52: Determinación de los Costos de Bacheo.....	78
Tabla 53: PCI de las secciones del Tramo 1 sin intervenir e intervenida con bacheo	79
Tabla 54: Áreas a Bachear por Sección que Componen el Segundo Tramo a Rehabilitarse.	80
Tabla 55: Determinación de Costos de Intervención por Recapeo.	80
Tabla 56: PCI de las secciones del Tramo 2 sin intervenir, intervenida con bacheo y bacheo y doble tratamiento superficial bituminoso DTSB.....	81
Tabla 57: Áreas a Bachear por Sección que Componen el Tercer Tramo a Rehabilitarse.	82



Tabla 58: Áreas a Bachear por Sección que Componen el Tercer Tramo a Rehabilitarse.	83
Tabla 59: PCI de las secciones del Tramo 2 sin intervenir, intervenida con bacheo y bacheo y doble tratamiento superficial bituminoso DTSB.....	83
Tabla 60: Costo en dólares (USD) de las intervenciones por tramos.....	84



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Diego Patricio Gómez Rodríguez en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Desarrollo de un sistema de gestión de infraestructura vial de la ruta Miraflores – Sinincay - Racar", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 28 de octubre 2019

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Diego Patricio Gómez Rodríguez", written over a horizontal line.

Diego Patricio Gómez Rodríguez

C.I:0105471338



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Juan José Hurtado Piña en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Desarrollo de un sistema de gestión de infraestructura vial de la ruta Miraflores – Sinincay - Racar", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 28 de octubre 2019

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and curves, positioned above a horizontal line.

Juan José Hurtado Piña

C.I:1400765549



Cláusula de Propiedad Intelectual

Diego Patricio Gómez Rodríguez autor del trabajo de titulación “Desarrollo de un sistema de gestión de infraestructura vial de la ruta Miraflores – Sinincay - Racar”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 28 de octubre 2019

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Diego Patricio Gómez Rodríguez", written over a horizontal line.

Diego Patricio Gómez Rodríguez

C.I:0105471338



Cláusula de Propiedad Intelectual

Juan José Hurtado Piña autor del trabajo de titulación "Desarrollo de un sistema de gestión de infraestructura vial de la ruta Miraflores – Sinincay - Racar", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 28 de octubre 2019

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke, positioned above a thin horizontal line.

Juan José Hurtado Piña

C.I.:1400765549



AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios, por darme la oportunidad de cumplir una meta más en vida.

Un día con gran ilusión y miedo me tome el atrevimiento de querer cursar una segunda carrera profesional, ha sido muy difícil realizarlo por todas las situaciones malas o buenas que me han pasado en la vida, sin embargo, al final se siente una satisfacción inmensa por alcanzar un sueño más y demostrar a los demás y a mí mismo que si se puede.

Agradecer a nuestro Director de Tesis al Ing. Daniel Eduardo Mogrovejo Carrasco, quien nos ha guiado durante este proyecto.

A mis padres, familia y amigos en general, quienes han aportado cada uno con un granito de arena de una u otra manera.

A todos mis compañeros de clase, a mis amigos de la Universidad y de afuera más cercanos que me han estado apoyando en las buenas y en las malas situaciones de la vida.

También agradecido con todos los profesores que han compartido sus conocimientos conmigo, en especial al Ing. Esteban Pacheco y a las autoridades que me han apoyado para ingresar en la Universidad de Cuenca.

Diego



Universidad de Cuenca

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a la vida misma por permitirme llegar a este momento, a mi madre y a toda mi familia por apoyarme y darme consejo.

Agradecer a nuestro Director de Tesis al Ing. Daniel Eduardo Mogrovejo Carrasco, quien nos ha guiado durante todo este trayecto, con su conocimiento, paciencia y buena voluntad.

A la Universidad de Cuenca, profesores y compañeros que han formado parte de este camino.

Juan José



DEDICATORIA

Este trabajo de Titulación va dedicado a Dios, a mis Padres: José Gómez y Blanca Rodríguez, a mi Tío Humberto Rodríguez quienes me han apoyado en todo a pesar de todos los problemas que he vivido, como lo dije y lo diré siempre gracias por dejarme la mejor herencia que un hijo puede tener, el estudio, valores, respeto para poder sustentarme en la vida, siempre con humildad.

A mis hermanos: Jenny, Katty, Tania, Santi, Boli, Vivi y David. Y para todos mis seres queridos mi familia y amigos más cercanos que me han apoyado siempre.

GRACIAS TOTALES, Y QUE DIOS LES BENDIGA SIEMPRE.

Diego



DEDICATORIA

Este trabajo de Titulación va dedicado a mi madre quien siempre ha sido solidaria con mis sueños y ha creído en ellos más que yo mismo, y ha estado conmigo en los momentos más difíciles. Porque estos logros no son solo míos sino tuyos mamá.

A mi abuelito, abuelita, tías/os y primos quienes con su buen ejemplo y apoyo han sabido forjar en mi una persona luchadora y perseverante.

Juan José



CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de titulación se refiere al desarrollo de un sistema de gestión de la infraestructura vial dirigido al tramo Miraflores – Sinincay – Racar, en la ciudad de Cuenca, Ecuador.

En el Ecuador se aplican sistemas de gestión de infraestructura vial especialmente implementados por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) en las vías interprovinciales y por los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales (GADP) en las vías intercantonales e interparroquiales. Los sistemas de gestión pueden ser financiados con fondos públicos en el caso de instituciones gubernamentales, privados en el caso de concesiones y pueden existir convenios público - privado.

Un sistema de gestión permite administrar de manera eficiente el presupuesto asignado para mantener un nivel de servicio adecuado y alargar la vida útil de la infraestructura vial, mediante la prevención, priorización y determinación de los tiempos óptimos y alternativas de intervención.

Una infraestructura vial con un nivel de servicio adecuado facilita el transporte, favorece a la movilidad y por ende impulsa el comercio de la zona. Lo cual ayuda a mejorar el nivel socio – económico de los beneficiarios de la vía.

1.2 ANTECEDENTES

El GAD municipal de Cuenca tiene la competencia de la conservación y mantenimiento para el tramo de infraestructura vial; las intervenciones que han sido implementadas se han realizado en base a parámetros técnicos propios del departamento de obras públicas ya que no se cuenta con un sistema de gestión vial. Sin embargo, el GAD parroquial de Sinincay ha compartido esa competencia en el caso de desbroce en las cercanías de la vía, limpieza de cunetas y de bacheo con lastre en las partes de alta severidad.



1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El deterioro a diversos niveles en algunos tramos de la vía Miraflores – Sinincay – Racar evidencian la falta de un mantenimiento vial programado, lo cual aumenta el tiempo de desplazamiento hacia la parte urbana de la ciudad. Lo que aumenta los costos a los productores de materiales como ladrillo, artesanías y muebles de madera propios de la zona, así como el deterioro de los vehículos y una mala calidad de viaje a los usuarios de esta vía.

Al ser un tramo de vía que abarca 9.2 kilómetros, se dificulta realizar evaluaciones periódicas para determinar su condición, debido a que implica un gran esfuerzo técnico y por ende económico, lo cual impide realizar un mantenimiento programado para una adecuada conservación y gestión vial.

1.4 JUSTIFICACIÓN

A los gobiernos autónomos descentralizados (GADS), el estado central les asigna anualmente un presupuesto, parte del cual está dirigido al mantenimiento y la conservación de la red vial que es de su competencia.

La deficiencia de una planificación que defina los procesos de mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura vial, así como los tiempos de intervención oportuna hacen que las vías se encuentren en mal estado por periodos prolongados y asimismo que la ejecución de mejoras represente grandes costos para la entidad encargada de las vías. Además de generar molestias en los usuarios debido a que no permite una velocidad de circulación adecuada; causando demoras, congestionamiento y reduciendo el nivel de servicio de la vía.

El presente trabajo de titulación busca desarrollar un sistema de gestión de la infraestructura vial del tramo Miraflores – Sinincay – Racar orientado a administrar de mejor manera los recursos con los que cuenta el GAD Cantonal de Cuenca (entidad encargada de la infraestructura a ser gestionada), mediante la planificación de actividades de manera organizada que permitan llevar un



proceso eficiente basándose en un marco de gestión; cuyos resultados obtenidos podrían sentar un precedente que permita a los organismos políticos o administrativos correspondientes tomar decisiones con el fin de mejorar y/o adecuar las condiciones de funcionamiento de la vía, alargando su vida útil.

1.5 ALCANCE

El alcance del presente proyecto implica desarrollar un sistema de gestión de la infraestructura vial del tramo Miraflores – Sinincay – Racar, que tiene una longitud de 9,2 kilómetros. Se desarrolla mediante la creación de un inventario de fallas para luego evaluar la condición de la vía mediante los métodos PCI y *Windshield Survey*. Con la condición actual de la vía y con las alternativas de rehabilitación que dispone la agencia responsable, se proyecta las condiciones futuras de esta mediante matrices de transición de Márkov. Se calcula los costos de la implementación de las posibles alternativas partiendo de los costos unitarios y se determina la alternativa más conveniente para mantener un nivel de servicio adecuado de la vía.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un Sistema de Gestión de la Infraestructura vial de la ruta Miraflores – Sinincay– Racar.

1.6.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un inventario de los elementos que componen la infraestructura a ser gestionada.



- Realizar la evaluación funcional de los pavimentos que componen cada tramo de la ruta Miraflores – Sinincay – Racar, mediante los métodos del PCI (*Pavement Condition Index*) y *Windshield Survey*.
- Realizar la priorización de los tramos de acuerdo a la escala de deterioro obtenida mediante los índices de condición superficial del pavimento a partir de la evaluación.
- Desarrollar matrices de solución según la escala de deterioro del pavimento, que permitan proyectar las condiciones futuras de acuerdo a las estrategias de mantenimiento y rehabilitación que se implementen.
- Realizar la planificación para la implementación adecuada de las alternativas desarrolladas en la matriz de solución en tiempos adecuados de intervención



CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 SISTEMA DE GESTIÓN DE INFRAESTRURA

Un sistema de gestión es un conjunto de procesos estratégicos utilizados para la asignación óptima de recursos para la gestión, operación, mantenimiento y preservación de la infraestructura; de esta manera respaldar la toma de decisiones a nivel estratégico, de red y de proyecto [1].

2.1.1 SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS

Un Sistema de Gestión de Pavimento (SGP) proporciona un método sistemático y consistente para seleccionar las necesidades de mantenimiento y reparación (M&R) y determinar las prioridades y los tiempos óptimos de reparación al predecir el estado futuro del pavimento. Además de evitar costos, también se pueden evitar largos períodos de cierre al tráfico y desvíos. [2]

2.1.1.1 INVENTARIO

El inventario determina en principio las características actuales en las que se encuentra la extensión real de la red de vías. Esta información, entre otras, brindará los insumos necesarios para la toma de decisiones respecto a la inversión en estrategias de mantenimiento, mejoramiento y rehabilitación. [3]

2.1.1.2 EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO

La evaluación del pavimento es la capacidad de determinar la condición actual de una red de pavimentos de manera confiable en base a parámetros estructurales, funcionales o de desempeño, para lo que se debe usar un sistema



de calificación objetiva y repetible. [2] Los procedimientos de evaluación de la condición de deterioro del pavimento presentados para este proyecto son el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Índice de Condición Crítica (CCI).

2.1.1.2.1 DETERMINACIÓN DE UNIDADES DE MUESTREO

Para pavimentos asfálticos una unidad de prueba está definida como un área de $232 \pm 93 \text{ m}^2$ (2500 ± 1000 pies). El número total de unidades de muestra de una sección se determina a partir de la Ecuación 1. [4]

$$N = A_{TT}/A_S \quad \text{Ecuación [1]}$$

Donde:

N = número total de unidades de muestra en la sección

A_{TT} = área total del tramo

A_S = área de la sección

La Tabla 1 muestra las relaciones entre la longitud y el ancho de calzada recomendadas por la Norma Ecuatoriana Vial. [5]

*Tabla 1: Longitud de Unidad de Muestreo - Ancho de Calzada.
Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013). [5]*

Ancho de calzada (m)	Longitud unidad de muestreo (m)
5	46
5.5	41.8
6	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5



2.1.1.2.1.1 DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO PARA EVALUACIÓN

El número mínimo de unidades de muestra (n) que se deben encuestar dentro de una sección dada para obtener una estimación estadísticamente adecuada (95% de confianza) del PCI de la sección se calcula utilizando la Ecuación 2 y redondeando n al siguiente número entero más alto. [4]

$$n = \frac{Ns^2}{\left(\left(\frac{e^2}{4}\right)(N-1)+s^2\right)} \quad \text{Ecuación [2]}$$

Dónde:

e = error aceptable en la estimación de la sección; comúnmente, $e = + - 5$.

s = desviación estándar de una unidad de muestra a otra dentro de la sección.

Para pavimentos asfálticos se asume una desviación estándar de 15.

N = Número total de unidades de muestra en la sección.

2.1.1.2.1.2 CÁLCULO DE INTERVALOS DE ESPACIAMIENTO PARA EVALUACIÓN

Las muestras a ser evaluadas deben estar ubicadas a distancias iguales a lo largo de toda la sección. Se calcula el intervalo de espaciado (i) de las unidades a muestrear, por la Ecuación 3 redondeada al número entero más bajo. [4]

$$i = \frac{N}{n} \quad \text{Ecuación [3]}$$

Dónde:

N = número total de unidades de muestra en la sección.

n = número de unidades de muestra a inspeccionar.

2.1.1.2.2 ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

El PCI es un indicador numérico que proporciona una medida del estado actual, integridad (no la capacidad) estructural y el estado operacional (rugosidad



localizada y seguridad) del pavimento en función del daño observado en la superficie. El PCI varía de 0 a 100, siendo 0 la peor condición posible y 100 la mejor condición posible, como se puede observar en la Tabla 2. Fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE.UU., y posteriormente el DOD *Department of Defense* y la APWA *American Public Works Association* lo verificaron y adoptaron. [4]

*Tabla 2: Índice de condición del pavimento (PCI) y su Escala Cualitativa.
Fuente: ASTM 6433.*

Escala de índice PCI	Condición del pavimento
87 – 100	Excelente
71 – 86	Muy bueno
56 – 70	Bueno
41 – 55	Regular
26 – 40	Pobre
11 – 25	Muy pobre
0 - 10	Fallado

En la Tabla 3, se presenta las fallas más comunes, para pavimentos flexibles. [4]



*Tabla 3: Tipos de Fallas Metodología del (PCI).
Fuente: ASTM 6433.*

Tipo de Falla	Nivel de severidad	Definición	Como contar
FISURA EN BLOQUE	Baja	Gran cantidad de leves fisuras interconectadas que se asemejan a una red de caminos en un mapa, cuando son lo suficientemente anchas como para que el agua penetre en ellas pueden ocasionar daños adicionales en los ciclos de hielo-deshielo	M2
	Media		
	Alta		
PULIMIENTO DE AGREGADO	Baja	Pulimiento de la superficie que resulta a partir de un intenso tráfico y que se manifiesta con la aparición del agregado grueso sin efectos estructurales dañinos.	M2
	Media		
	Alta		
AHUELLAMIENTO	Baja	Es la formación de depresiones longitudinales sobre la capa de rodamiento, usualmente tienen el ancho de la zona donde pasan las ruedas de los vehículos. Este efecto es generalmente causado por el paso del tráfico y condiciones climáticas.	M2
	Media		
	Alta		
BACHES	Baja	Desplazamiento de la capa de rodamiento sobre la base debido a cargas muy altas. Otras causas probables son una inadecuada compactación durante la construcción o un diseño inapropiado.	De acuerdo al nivel de severidad
	Media		
	Alta		
GRIETAS DE REFLEXIÓN	Baja	Aparecen en una sobre capa debido a la presencia de juntas o grietas en una capa inferior, pueden ocurrir longitudinal o transversalmente en relación con la línea central de la rodadura.	M
	Media		
	Alta		



GRIETAS DE BORDE	Baja Media Alta	Aparecen en forma paralela a los bordes del pavimento y usualmente a 30 ó 60 cm dentro de los hombros. Se producen por un inadecuado soporte de los hombros.	M
PIEL DE COCODRILO	Baja Media Alta	Grietas interconectadas formando una serie de pequeños polígonos que asemejan la piel de un lagarto. Son causadas por fatiga y un soporte inadecuado.	M2
CORRUGACIÓN	Baja Media Alta	Son ondulaciones transversales a intervalos regulares sobre la superficie del pavimento, afecta el confort de los usuarios y pueden ser peligrosas en estado severo. Usualmente se producen debido al tráfico sobre mezclas inestables donde el tráfico es intenso o paradas obligadas	M2
EXUDACIÓN	Baja Media Alta	Condición causada por una concentración de asfalto sobre la superficie del pavimento a partir de una mezcla demasiado rica.	M2
PULIMIENTO DEL AGREGADO	Baja Media Alta	Este deterioro viene asociado a la circulación del tráfico pesado durante largo tiempo, debido al tipo de agregado usado en la mezcla.	M2
DESINTEGRACIÓN	Baja Media Alta	Pérdida de pequeñas partículas de agregado de la superficie de rodadura. Es provocada por una compactación inadecuada, una mezcla demasiado pobre, condiciones inadecuadas durante la construcción, etc.	M2

2.1.1.2.2.1 PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN MEDIANTE EL MÉTODO PCI

1. Determinar el porcentaje de área del tramo a evaluar que representan las fallas del mismo tipo y con el mismo nivel de severidad.

2. Determinar el valor deducido (DV) para cada tipo de falla y nivel de severidad mediante las curvas de las figuras mostradas en el Apéndice X3 de la Norma ASTM 6433.
3. Determinar el número permisible de valores deducidos, m usando la Ecuación 4.

$$m = 1 + (9/98)(100 - HDV) \leq 10 \quad \text{Ecuación [4]}$$

Dónde:

m = número permitido de deducciones, incluidas las fracciones (debe ser menor o igual a diez)

HDV = valor de deducción individual más alto.

4. Reducir el número de valores deducidos al máximo admisible determinado en el paso anterior incluyendo su parte fraccionaria.
5. Colocar los valores deducidos de mayor a menor en una línea hasta ajustar el número permisible determinado en el inciso 4, la parte fraccionaria indica el porcentaje del número posterior al último entero.
6. Colocar las líneas siguientes reemplazando con un valor de 2 los valores deducidos progresivamente como se muestra en la Figura 1.

$$m = 1 + (9/98)(100 - 25.1) = 7.9 < 8$$

Use highest 7 deducts and 0.9 of eighth deduct.

$$0.9 \times 5.3 = 4.8$$

#	Deduct Values								Total	q	CDV
1	25.1	23.4	17.9	11.2	7.9	7.5	6.9	4.8	104.7	8	51.0
2	25.1	23.4	17.9	11.2	7.9	7.5	6.9	2	101.9	7	50.0
3	25.1	23.4	17.9	11.2	7.9	7.5	2	2	96.0	6	46.0
4	25.1	23.4	17.9	11.2	7.9	2	2	2	90.5	5	47.0
5	25.1	23.4	17.9	11.2	2	2	2	2	84.6	4	48.0
6	25.1	23.4	17.9	2	2	2	2	2	75.4	3	48.0
7	25.1	23.4	2	2	2	2	2	2	59.5	2	44.0
8	25.1	2	2	2	2	2	2	2	38.1	1	38.0
9											
10											

Figura 1: Iteraciones para determinar el valor de CDV.

Fuente: Norma ASTM 6433



7. Sumar los valores y con el valor q (número de deducciones con un valor mayor a 2) determinar el valor CDV mediante la curva de corrección de la Figura X3.26 de la Norma [4] para cada fila.
8. Calcular el PCI restando de 100 el mayor valor CDV. La Tabla 2 presenta la asignación cualitativa de los rangos de valores del PCI.

2.1.1.2.3 ÍNDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA (CCI)

El CCI es un índice que indica el estado actual y la integridad del pavimento en función del daño observado en la superficie. El CCI es el menor de dos índices; LDR (*Load-related Distress Rating*) relacionado a las fallas debido a las cargas del tráfico y NDR (*Non Load-related Distress Rating*) relacionado a las fallas producidas por agentes externos a la carga (clima, materiales o deficiencia de construcción), los dos índices varían de 0 a 100; un valor de 100 se asigna a un pavimento sin fallas visibles, mientras que 0 se asigna a un pavimento que se considera intransitable. Se obtiene mediante el método *Windshield Survey* desarrollado por el Departamento de Transporte del Estado de Virginia, EE.UU (VDOT). [6]

2.1.1.2.3.1 PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN MEDIANTE EL MÉTODO WINDSHIELD SURVEY

Es un método que se fundamenta en la inspección visual a bordo de un vehículo con velocidad no mayor a 40 km/h. Por medio de la cual se califica el estado de la vía, dependiendo del tipo, severidad y porcentaje de afectación de los deterioros registrados. Se usa un formulario para cada tramo.

1. Determinar los valores deducidos utilizando la Tabla 4, siendo:
FI: grado de influencia de la angustia.
PI: peso de angustia en función de su gravedad.
Frecuencia:

Ninguno: cuando no hay fallas en el pavimento.



Raro: cuando las fallas están por debajo del 5% de la superficie.

Ocasionales: cuando las fallas están por debajo del 10%.

Frecuentes: cuando las fallas están presentes en más del 20% de la superficie.

Tabla 4: Valores Deducidos para Pavimentos flexibles, Método Windshield Survey.

Fuente: [7].

Tipo de falla	FI	Severidad	PI	Frecuencia			
				Ninguna	Rara	Ocasional	Frecuente
Piel de cocodrilo	30	Baja	0.76	0	0,76	0,86	1
		Media	0.86				
		Alta	1				
Grietas transversales	16	Baja	0.82	0	0,6	1	
		Media	1				
Grietas de reflexión	16	Baja	0.82	0	0,6	1	
		Media	1				
Ahuellamiento	21	Baja	0.86	0	0,82	1	
		Media	1				
Parcheo	30	Baja	0.66	0	0,66	1	
		Media	1				

2. Determinar los índices LDR y NDR mediante:

$$\text{LDR} = 100 - \text{DV piel de cocodrilo} - \text{DV ahuellamiento} - \text{DV bacheo}$$

$$\text{NDR} = 100 - \text{DV grietas por reflexión} - \text{DV grietas transversales} - \text{DV bacheo}$$

Dónde:

LDR = Índice de deterioro relaciono a las fallas por cargas del tránsito.

NDR = Índice de deterioro no relaciono a las fallas por cargas del tránsito.



- Determinar el índice de condición crítica CCI, a partir del valor menor entre LDR y NDR.

*Tabla 5: Tipos de Fallas Metodología Windshield.
Fuente: VDOT,2006.*

Tipo de Falla	Nivel de severidad	Definiciones	Como Contar
Piel de cocodrilo (Incluyendo grietas selladas)	No severo	Grieta longitudinal	Raro - Menos del 10% del área del pavimento
	Severo	Grieta y/o desprendimiento interconectada	Ocasional - 10 a 50% del área del pavimento
	Muy Severo	Grieta y desprendimiento interconectada	Frecuente - Más del 50% del área del pavimento
Grieta transversal/ reflexión	No severo	Grietas desprendidas y/o adyacentes	Usar cuenta de grietas actual
	Severo	Grieta visible	
	Muy Severo	Grieta abierta	
Ahuellamiento	Menos de 1/2 plg o Mayor de 1/2 plg	Consenso del equipo de calificación (Capaz de estancar agua)	Raro o Extendido
Parqueo	Si, No	Sí, algunos parches en la sección No - no hay parches en la sección	Menos del 10% del área del pavimento o Más del 10% del área del pavimento
Calidad de recorrido	NA	Consenso del equipo de calificación	Aceptable e inaceptable

En la Tabla 6, se indica la escala del índice de condición del pavimento mediante el método *Windshield Survey*.



Tabla 6: Índice de Condición del Pavimento mediante Windshield Survey.

Fuente: VDOT, 2006

Escala de Índice (CCI)	Condición del Pavimento
90-100	Excelente
70-89	Bueno
60-69	Regular
50-59	Pobre
0-49	Muy Pobre

2.1.1.3 PREDICCIÓN DE CONDICIÓN

Un modelo de predicción se utiliza para pronosticar el estado futuro de las secciones del pavimento, suponiendo que el tráfico seguirá siendo el mismo que en el pasado. No existe un modelo de predicción que funcione para todas las vías y condiciones. Por lo tanto, es importante que el sistema de gestión incluya una predicción que pueda usarse para formular modelos con las condiciones particulares de las vías. [2]

2.1.1.3.1 PROBABILIDAD DE TRANSICIÓN DEL PAVIMENTO; CADENAS DE MARKOV

Las cadenas de Márkov son un proceso estocástico, es decir, es un proceso en el cual el resultado en cada etapa solo depende del resultado de la etapa anterior y no de cualquier de los resultados previos. Estas cadenas tienen memoria, recuerdan el ultimo evento y eso condiciona las posibilidades de los eventos futuros. [8]

2.1.1.4 MANTENIMIENTO Y ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN



Mantenimiento del pavimento es el conjunto de diversas actividades técnicas clasificadas de acuerdo al alcance y magnitud, destinadas a preservar en forma continua y sostenida el estado de la infraestructura vial, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario. [9]

2.1.1.4.1 CLASIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Mantenimiento preventivo

Este mantenimiento se define como la planificación en base a programas que monitorean el estado de la infraestructura para mantenerla en una condición apta para la circulación de los usuarios y disminuir su tasa de deterioro. [10]

Mantenimiento correctivo

Este mantenimiento se define como las acciones que se realizan para reparar fallas específicas o áreas deterioradas, cuyo objetivo es mejorar la circulación vehicular y evitar el aumento del deterioro. [11]

2.1.1.4.2 ALTERNATIVAS DE REPARACIÓN

Bacheo

Es una medida correctiva que consiste en la reparación de baches mediante el reemplazo de áreas del pavimento que se encuentren deterioradas y evita que los baches aumenten su tamaño y ocasionen deterioros mayores, además de mejorar la calidad de viaje a los usuarios. [9]

Doble tratamiento superficial bituminoso



Esta alternativa aplica un sellado, para restaurar la superficie de secciones deterioradas de pavimentos antiguos y agregar una cubierta impermeable para así mejorar la resistencia a la acción abrasiva del tránsito. [12]

Recapeo

Esta alternativa se aplica a secciones donde los daños no han alcanzado niveles altos de severidad y se puede recuperar en gran parte la condición funcional del pavimento. Al colocar una capa de mezcla asfáltica sobre la superficie de rodadura se mitigará los efectos del deterioro por un período de tiempo considerable. [11]

Reconstrucción

Esta alternativa corresponde a secciones con un excesivo deterioro, donde otras alternativas serían insuficientes para mejorar su condición y ocasionarían un mayor costo de implementación a mediano plazo. Por lo que es necesario una renovación integral de la infraestructura vial, con una previa demolición de la obra parcial o completa [11].

2.1.1.5 ANÁLISIS DE COSTOS

Cada intervención que se realice a un pavimento tiene consigo un costo asociado, que dependerá de la magnitud de acción del mantenimiento y de los costos de los rubros para poder ejecutar la intervención (mano de obra, maquinaria, materiales e indirectos). [13] A partir de esto se puede clasificar en dos grupos el análisis de costos: Costos unitarios y costos locales.

Costos unitarios

Es el costo referente a cada unidad de obra que se ejecute, de acuerdo a las normativas de costos establecidas. [14]



Costos locales

Estos costos están relacionados al valor que tiene un determinado tratamiento en el lugar donde se realizará la intervención, son los más importantes ya que generalmente requieren que la mano de obra y la maquinaria no se desplacen a grandes distancias para que los costos de los rubros sean menores. [15]

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1 Ubicación

El tramo de vía Miraflores – Sinincay - Racar se encuentra ubicado en la parte nororiental del cantón Cuenca, en la provincia del Azuay, en Ecuador. La vía está emplazada en dos parroquias del cantón; una urbana; El vecino y otra rural; Sinincay. El tramo inicia en las coordenadas E722340.60 y S9681694.95 sector Escuela Carlos Crespi y finaliza en las coordenadas E718059.67 y S9684503.49 sector Iglesia de Racar.

3.1.2 Zona de estudio

En la Figura 2 se muestra, la ruta Miraflores – Sinincay - Racar, la misma está compuesta por 9,2 kilómetros de pavimento flexible con una capa asfáltica de un espesor variable de 5 a 8 centímetros de acuerdo al deterioro existente.

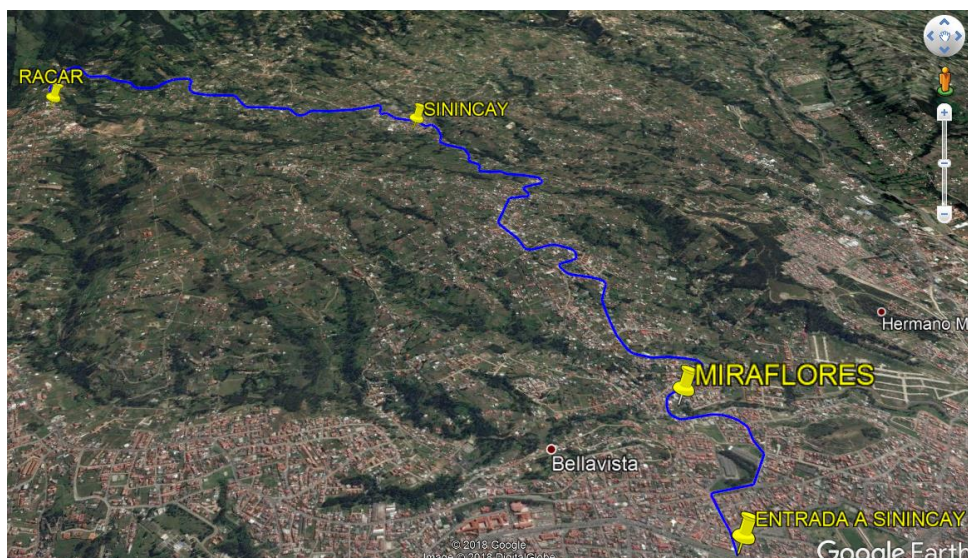


Figura 2: Ruta en estudio, Miraflores – Sinincay – Racar
Fuente: Autores.



3.2 MATERIALES E INSTRUMENTOS

Los materiales e instrumentos a más de la experticia técnica son de gran importancia para obtener datos de calidad que disminuyan el error en su posterior procesamiento.

A continuación, se enlistan los materiales y métodos que han sido utilizados para el desarrollo de este proyecto:

Mapa de ruta

Trazado digital, mediante aplicación móvil (OSM Track) para asistir al personal técnico a no desviarse de la ruta del proyecto.

Hojas de campo

Hojas para el registro de los datos de las fallas en campo. Consta de dos tipos de hojas; uno para el método PCI (ver ANEXO 1) y otro para el método *Windshield Survey* (ver ANEXO 2).

Cinta métrica

Cinta flexible enrollable de 20 metros que permita medir distancias relativamente grandes como anchos de vía y tramos que han sido parchado en un gran porcentaje de su área.

Flexómetro

Cinta metálica flexible de 3 metros con una escala graduada en centímetros utilizada para determinar el área y longitud de fallas que requieren una mayor precisión.

Vehículo automotor



Vehículo para la recolección de datos por el método *Windshield Survey*.

Ordenador

Para el procesamiento de datos, análisis de condición, predicción y generación de estrategias de implementación.

3.3 METODOLOGÍA

La Figura 3, muestra un diagrama de flujo que resume la metodología a seguir para el desarrollo del sistema de gestión de la infraestructura vial de la Ruta Miraflores – Sinincay – Racar.

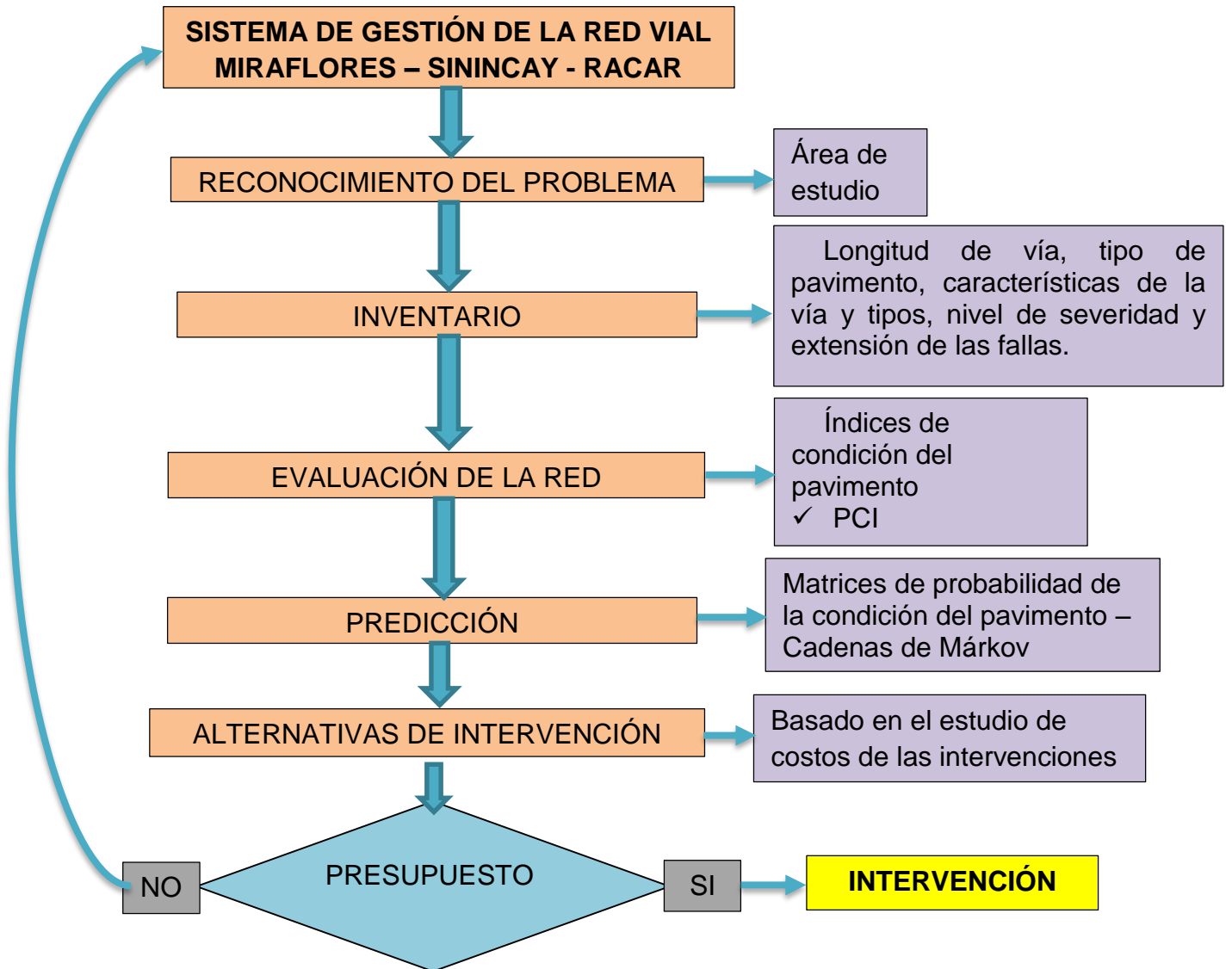


Figura 3: Diagrama de flujo para la Gestión de la Infraestructura del Pavimento de la Vía: Miraflores Sinincay Racar.
Fuente: Autores.

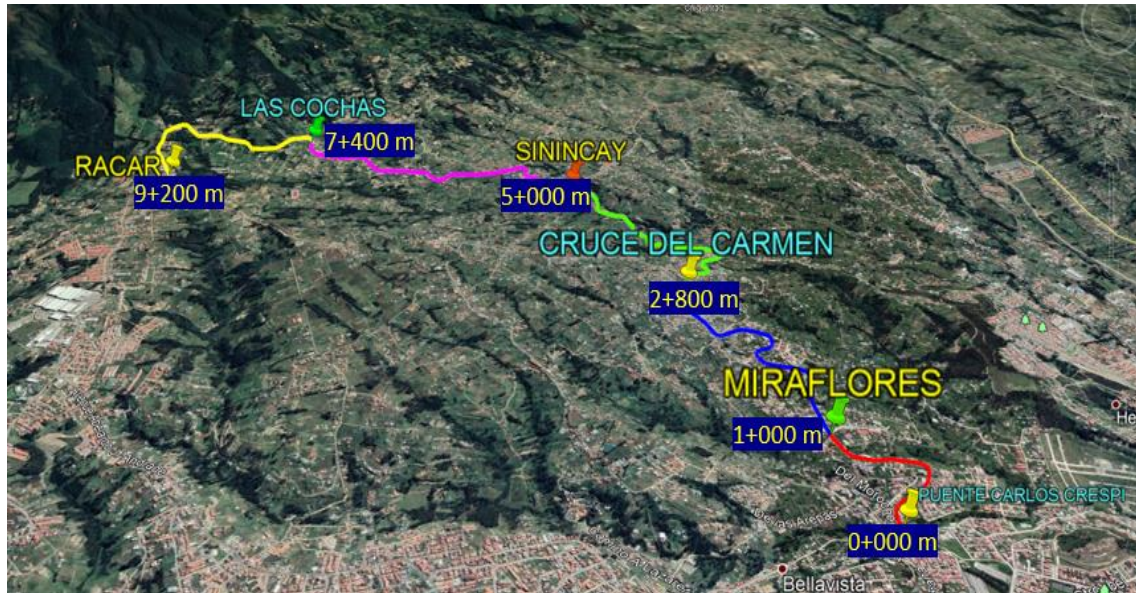
3.3.1 INVENTARIO

3.3.1.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos se han recolectado haciendo usos de los materiales e instrumentos descritos en el Apartado 3.2, con los cuales se ha generado una base de datos (VER ANEXO 3) que mediante el procesamiento de los mismos proporcione información de la condición actual del pavimento de concreto asfaltico de la red.

3.3.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTRA

Para el desarrollo del sistema de gestión, la vía se ha dividido en cinco tramos como se observa en la Figura 4 y se detalla en la Tabla 7.



*Figura 4: División del Área de Estudio en 5 Tramos.
Fuente: Autores.*

La ruta ha sido dividida de acuerdo a las principales zonas pobladas mediante un análisis de campo estas son: entrada a Miraflores, Cruce del Carmen, Centro Parroquial de Sinincay, sector Las Cochas y Racar.

Así como la existencia de tres fallas geológicas, además de identificar los principales sitios de inestabilidad existentes en la ruta. El tráfico no representa un criterio válido para la división de los tramos ya que el deterioro que presenta la vía no es proporcional al tráfico que circula por ella.



Tabla 7: Segmentación de la Vía en Estudio.
Fuente: Autores.

Segmentación de la Vía: Miraflores - Sinincay - Racar						
Tramo de Vía	Abs Inicial	Abs Final	Longitud (km)	Sección (m)	Área de Sección (m ²)	# de Secciones
Carlos Crespi - Miraflores	0+000	1+000	1	7,4	7400	5
Miraflores - Cruce Carmen	1+000	2+800	1,8	7,4	13320	9
Cruce Carmen - Centro Parroquial de Sinincay	2+800	5+000	2,2	7,4	16280	11
Centro Parroquial de Sinincay - Las Cochas	5+000	7+400	2,4	7,6	18240	12
Las Cochas - Racar	7+400	9+200	1,8	7,6	13680	9
Longitud Total			9,2		68920	46

Los cinco tramos generales han sido divididos en secciones de 200 metros para realizar una recopilación de las fallas y generar un histórico ya que no existen estudios anteriores de esta vía y de esta manera calibrar el sistema con datos futuros.

Las unidades de muestra son las 46 secciones de 200 m cada una, que han sido obtenidas como se indica en la Tabla 8.



Tabla 8: Datos para el cálculo del número total de muestras (N).
Fuente: Autores.

DATOS VÍA: MIRAFLORES - SININCAY - RACAR	
Longitud total (Km)	9,2
Ancho de la vía (m)	7,4
Longitud de muestra (m)	200
Capa de rodadura	Asfalto

En la Tabla 8, se muestra los datos para obtener el número total de muestras, se divide el área total de la vía entre el área de la muestra y este valor se lo redondea a un número entero, quedando el número total de unidades de muestra (N) obtenidos mediante la Ecuación 1.

$$N = \frac{9200*7,4}{200*7,4} = 46$$

Aplicando la Ecuación 2, se calcula las unidades a ser evaluadas, se adoptará un error $e = 5\%$ y una desviación estándar de $\sigma = 10$, debido a que esta es la primera evaluación que se realiza. De modo que se tiene los siguientes resultados:

$$n = \frac{46*10^2}{\left(\left(\frac{0,005^2}{4}\right)(46-1)+10^2\right)} = 46$$

Para el cálculo del intervalo de espaciado (i) de las unidades a muestrear, se aplica la Ecuación 3.

$$i = \frac{46}{46} = 1$$

Los resultados obtenidos para las unidades de muestra, se presentan en la Tabla 9.



*Tabla 9: Resultados de la unidades de muestra.
Fuente: Autores.*

UNIDADES DE MUESTREO VÍA: MIRAFLORES - SININCAY - RACAR	
Longitud total (Km)	9,2
Ancho de la vía (m)	7,4
Capa de rodadura	Asfalto
Longitud de muestra (m)	200
Número total de unidades de muestra (N)	46
Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar (n)	46
Intervalo de muestreo (i)	1,00

3.3.2 EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

3.3.2.1 ÍNDICE DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Se realiza el recorrido en cada una de las secciones y se registran las fallas existentes en la vía, se recopila y se realiza un inventario, a manera de ejemplo se indica el inventario de la sección 21 del tramo 3 en la Tabla 10, los inventarios de las demás secciones se indican en los ANEXOS 3 y 4.



Tabla 10: Inventario de Fallas en la Sección 21 (abs 4+000 - 4+200)m.
Fuente: Autores.

1 Piel de cocodrilo	11 Parcheo											
2 Exudación	12 Pulimento de agregados											
3 Agrietamiento en bloque	13 Baches											
4 Abultamiento y hundimiento	14 Cruce de vía ferrea											
5 Corrugación	15 Ahuellamiento											
6 Depresión	16 Desplazamiento											
7 Grieta de borde	17 Grieta deslizamiento											
8 Grieta de reflexión	18 Hinchamiento											
9 Desnivel carril /berma	19 Meteorización											
10 Grietas longitudinales y transversal												
Tipo de Falla	Nivel de Severidad	Unidad	CANTIDADES PARCIALES									
1	L	m2	2x1	1x2	2x1	1.2x5	3x10	2x8	1.2x3	0.6x1.4	2.5x8	
			2x0.4	3.5x1.4	2x10	1.4x4.5	2x4.5	3.5x7	7x1	2.5x0.6		
1	M	m2	2x0.5	2x5	1.5x8	2x6	1.4x9	1.2x1.5	1.7x2	2.5x6	2x3	
			3x7	7x3	10x2	2x1.5	3x7	1.8x2	1.8x8	2x8	1.8x10	
			2x2	1x3	2x3							
1	H	m2	1.5x1.5	2x3	3x3	1.5x5						
6	M	m2	2x7									
7	H	m	6									
10	M	m	1.2	1.8	4	4	2	3	2	1.4	0.8	
			0.7	1								
11	L	m2	1.6x5	1.5x5	2.8x4	3x3	1.6x1.1					
11	M	m2	10x1.5	7x8.2	5x3	d=0.25	d=0.17	6.5x10				
11	H	m2	4x3.5	2x8	12x2	2x11	2.5x9	6.5x7	2x16	2.5x8	3.7x9	
13	H	m2	2x1.3	0.6x0.6	2x0.7	1.2x0.8	d0.65	0.5x0.5				
15	H	m2	0.4x10	0.4x4								

El PCI se determina siguiendo el procedimiento descrito en la sección 2.1.1.2.2.1 del presente documento, que se presenta en la Tabla 11 y se resume a continuación:

- Determinar la cantidad total de cada tipo de falla para cada nivel de severidad.
- Determinar el porcentaje de área que representa cada tipo de falla con cada nivel de severidad; que en la Sección 21 del Tramo 3 es del 9.44 por ciento de 1480 metros cuadrados.
- Determinar el valor deducido (DV) para cada tipo de falla y nivel de severidad mediante las curvas de las figuras mostradas en el Apéndice X3 de la Norma [4], esto se muestra para la primera falla de la Sección 21



del Tramo 3 en la Tabla 11 y se realiza mediante la Figura 5. Para las demás fallas se realiza el mismo procedimiento.

Tabla 11: Valor Deducido de acuerdo al Porcentaje de Densidades de Falla y Severidad.

Fuente: Autores

1 Piel de cocodrilo	11 Parcheo
2 Exudación	12 Pulimento de agregados
3 Agrietamiento en bloque	13 Baches
4 Abultamiento y hundimientos	14 Cruce de vía férrea
5 Corrugación	15 Ahuellamiento
6 Depresión	16 Desplazamiento
7 Grieta de borde	17 Grieta deslizamiento
8 Grieta de reflexión	18 Hinchamiento
9 Desnivel carril /berma	19 Meteorización
10 Grietas longitudinales y transversal	

Tipo de Falla	Nivel de Severidad	Unidad	TOTAL	% densidad	Valor deducido
1	L	m2	139.64	9.44	33
1	M	m2	257.2	17.38	54
1	H	m2	24.75	1.67	36
6	M	m2	14	0.95	8
7	H	m	6	0.41	8
10	M	m	21.9	1.48	5
11	L	m2	37.46	2.53	6
11	M	m2	152.83	10.33	34
11	H	m2	33.3	2.25	26
13	H	m2	5.9	0.40	36
15	H	m2	5.6	0.38	18

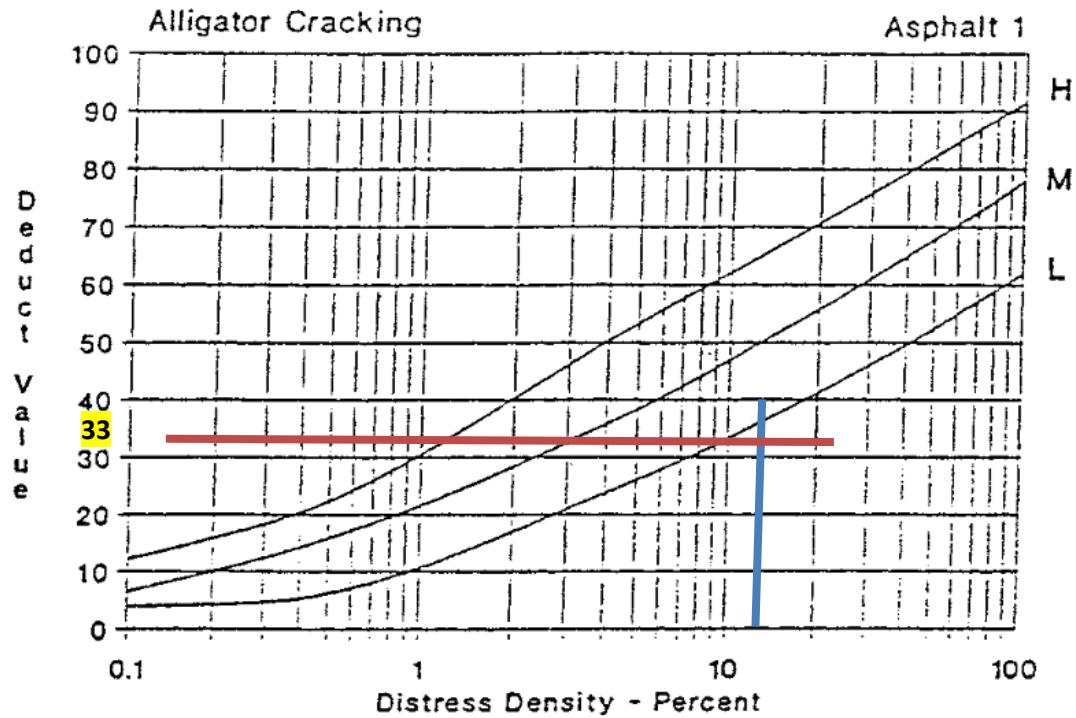


Figura 5: Curva Valor Deducido – Porcentaje de Densidad de Falla, (Piel de Cocodrilo).
Fuente: ASTM D6433-03. [4]

Determinar el número permisible de valores deducidos, m usando la Ecuación 4.

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) (100 - 54) = 5.22$$

Entonces se utiliza el 100 por ciento de cinco deducciones y el 22 por ciento de la sexta deducción en la primera fila. En las siguientes filas se reemplaza el último número por un número dos (2). Con la suma de valores deducidos y el valor de deducción mediante la Figura 6 se determina el valor deducido corregido CDV. El PCI será la diferencia entre 100 y el mayor valor CDV como se muestra en la Tabla 12. Mediante la Tabla 2 y con el valor del PCI se determina la condición del pavimento.

Tabla 12: Iteraciones para el Valor de CDV, para determinar el PCI.



TRAMO 3	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL TDV	q	CDV
	54	36	36	34	33	5.72	198.7	6	89
	54	36	36	34	33	2	195	5	92
Sección 21	54	36	36	34	2	2	164	4	88
	54	36	36	2	2	2	132	3	80
	54	36	2	2	2	2	98	2	74
	54	2	2	2	2	2	64	1	64
m	5.22						Max CDV	92	
FALLADO						PCI = 100 - Max CDV		8	

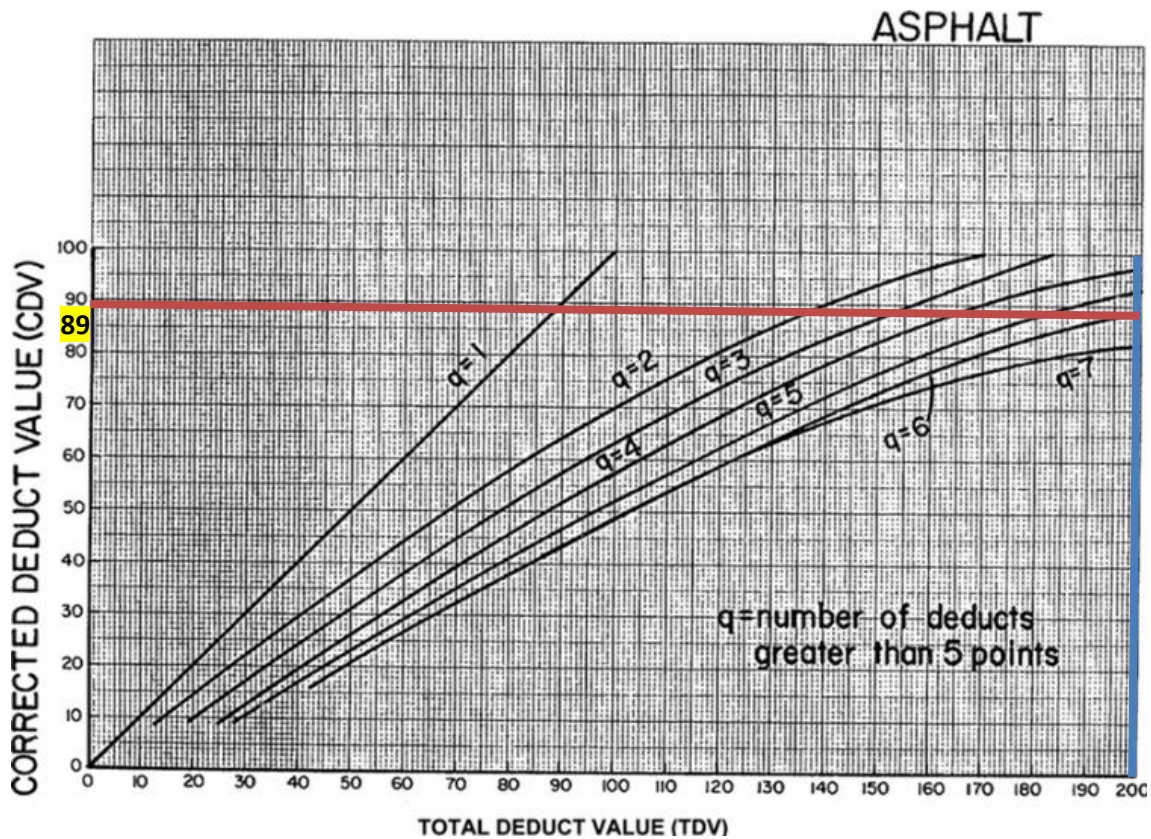


Figura 6: Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido.
Fuente: ASTM D6433-03. [4]



Los resultados de la evaluación de todas las secciones, con el método PCI se encuentran en el ANEXO 5.

3.3.2.2 ÍNDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA (CCI)

Para la obtención del número de muestras, se toma en cuenta los mismos criterios que se utilizó para el método del (PCI), dividiendo la vía en 5 tramos como se indica en la Figura 4 y se detalla en la Tabla 7 y que a su vez se subdivide en 46 secciones.

Se realiza el recorrido en el vehículo a una velocidad menor a 40 Km/h, en cada una de las secciones y se registran las fallas existentes en la vía, su frecuencia y su severidad. Se recopila y se realiza un inventario, a manera de ejemplo se indica el inventario de la sección 21 del Tramo 3 en la Tabla 13, los inventarios de las demás secciones se indican en el ANEXO 7.

*Tabla 13: Inventario de Fallas en la Sección 21 (abs 4+000 - 4+200)m.
Fuente: Autores.*

Tipo de falla	FRECUENCIA			SEVERIDAD			
	Ninguna	Rara	Ocasional	Frecuente	NS	S	VS
Piel de cocodrilo				X			X
Grietas transversales	Número de grietas				NS		S
	0						
Grietas por reflexión	Número de grietas				NS	S	VS
	0						
Ahuellamiento	Ninguna	Rara	Expandido		$\leq 1/2''$		$\geq 1/2''$
			X				X
Parcheo	No		Si		$\leq 10\%$		$\geq 10\%$
	X						X



Para determinar el Índice de Condición Crítico (CCI) se sigue el procedimiento descrito en la sección 2.1.1.2.3.1 del presente documento, que se presenta en la Tabla 15 y se resume a continuación:

- Determinar el valor deducido (DV) para cada tipo de falla y nivel de severidad mediante la Tabla 4 de la Sección 2.1.1.2.3.1. El DV se obtiene al multiplicar el valor de influencia de la falla (FI) por el peso de la falla en función de su severidad (PI) y por el porcentaje determinado por la frecuencia de la falla. Los valores de DV se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14: Valor Deducido, Método Windshield Survey.

Tipo de falla	Frecuencia	Severidad	DV
Piel de cocodrilo	Frecuente x	VS x	30
Grietas transversales	Número de grietas 0		0
Grietas por reflexión	Número de grietas 0		0
Ahuellamiento	Extensión x	≥ 1/2 " X	21
Parcheo	Si x	≥10% x	20

- Determinar los índices LDR y NDR mediante:

$$\text{LDR} = 100 - \text{DV piel de cocodrilo} - \text{DV ahuellamiento} - \text{DV bacheo}$$

$$\text{NDR} = 100 - \text{DV grietas por reflexión} - \text{DV grietas transversales} - \text{DV bacheo}$$



- Determinar el índice de condición crítica CCI a partir del menor valor entre LDR y NDR. Y mediante la Tabla 15 y con el valor del CCI determinar la condición del pavimento.

*Tabla 15: Resumen de la Determinación de los Índices LDR y CCI.
Fuente: Autores.*

Tramo 3	ÍNDICE	CCI	CONDICIÓN
	LDR 100-30-21-20 29		
SECCIÓN 21	_____	29	MUY POBRE
	NDR 100 - 0 - 0 - 20 8		

Los resultados de la evaluación de todas las secciones, con el método *Windshield Survey*, se encuentran en el ANEXO 5.

3.3.3 ASPECTOS A CONSIDERARSE PARA LAS ALTERNATIVAS DE MANTENIMIENTO.

Los aspectos a considerarse en la vía Miraflores – Sinincay – Racar, para realizar los trabajos de mantenimiento son:

3.3.3.1 Inventario Vial

Los trabajos de mantenimiento se realizan de acuerdo al inventario realizado mediante las metodologías PCI y *Windshield Survey* que se encuentran en los ANEXOS 3 Y 4.



3.3.3.2 Criterio de intervención

Las intervenciones de mantenimiento que se necesitan en la vía: Miraflores – Sinincay – Racar se basan o están asociadas al estado de condición del pavimento, medido con el índice de condición de pavimento (PCI) o con el índice de condición crítica (CCI).

En la Tabla 16, se señala las cuatro categorías que se han optado para determinar las alternativas de mantenimiento, de acuerdo al rango de valores del Índice de Condición (PCI) y los trabajos reales de mantenimiento con los que cuenta el GAD Cantonal de Cuenca (información suministrada por el Departamento de vialidad, representado por el Ing. Sebastián Contreras).

Tabla 16: Categorización de los pavimentos de acuerdo al Índice de Condición y a las alternativas de mantenimiento.

Fuente: Autores.

ÍNDICE DE CONDICIÓN	CATEGORIZACIÓN DEL PAVIMENTO	ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO
75-100	Bueno	Bacheo
50-75	Regular	Doble tratamiento
25-50	Pobre	Recapeo
0-25	Fallado	Reconstrucción

3.3.3.2 Características de las alternativas de mantenimiento a realizar.

Una vez definido los trabajos de mantenimiento a realizar: Bacheo, Doble tratamiento superficial, Recapeo y Reconstrucción según el Gad Cantonal de Cuenca. En la Tabla 17, se tiene el periodo con los que se realiza.



Tabla 17: *Periodo de Mantenimiento, en la vía: Miraflores - Sinincay - Racar.*
Fuente: Autores.

MANTENIMIENTO	PERIODO (años)
Bacheo	3
Doble Tratamiento Superficial	10
Recapeo	7
Reconstrucción	25

3.3.3.3 Costos unitarios

La determinación de los costos se explica detalladamente en la sección 3.3.5.

3.3.4 PREDICCIÓN DE CONDICIÓN Y ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN

La predicción de la condición se ha realizado mediante el uso de matrices de probabilidad de Márkov, donde se han armado dichas matrices con valores basados en la consideración de cómo afectaría en los índices de condición la implementación de cada una de las cuatro alternativas de mantenimiento y la no intervención. Para ello se han recalculado los índices del PCI y CCI, para determinar cómo estos varían al eliminar las fallas que se subsanarían al aplicar la intervención, del mismo modo como aumentarían su deterioro al no hacerlo. De este modo se determina las tasas de variación de las secciones de un estado a otro. El ANEXO 3 indica el tipo, nivel de severidad y el porcentaje de área afectado por cada falla, así como la intervención que se debe realizar para subsanar cada una de ellas basado en la Norma. [4]

La predicción se ha realizado para los próximos 25 años, empezando en el año 2019 y terminando en el 2044. En las Tablas 18 a 22, se presentan las matrices con sus valores tanto para el método del PCI Y *Windshield Survey*.



Tabla 18: Matriz de Probabilidad de Transición del Pavimento – Sin Intervención

Fuente: Autores.

CONDICIÓN: FALLADO

ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO: SIN INTERVENCIÓN				
	BUENO	REGULAR	POBRE	FALLADO
BUENO	85%	6%	5%	4%
REGULAR	0%	72%	20%	8%
POBRE	0%	0%	64%	36%
FALLADO	0%	0%	0%	100%

Tabla 19: Matriz de Probabilidad de Transición del Pavimento - Mantenimiento: Bacheo

Fuente: Autores.

CONDICIÓN: BUENO

ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO: BACHEO				
	BUENO	REGULAR	POBRE	FALLADO
BUENO	80%	15%	5%	0
REGULAR	20%	60%	20%	0%
POBRE	0	5%	80%	15%
FALLADO	0%	0%	30%	70%



*Tabla 20: Matriz de Probabilidad de Transición del Pavimento - Mantenimiento:
Doble Tratamiento Superficial
Fuente: Autores.*

ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO: DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL RECAPEO				
	BUENO	REGULAR	POBRE	FALLADO
BUENO	95%	5%	0%	0%
REGULAR	20%	80%	0%	0%
POBRE	40%	0%	60%	0%
FALLADO	50%	0%	0%	50%

*Tabla 21: Matriz de Probabilidad de Transición del Pavimento - Mantenimiento:
Recapeo
Fuente: Autores.*

ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO: RECAPEO				
	BUENO	REGULAR	POBRE	FALLADO
BUENO	95%	5%	0%	0%
REGULAR	12%	80%	5%	3%
POBRE	10%	5%	75%	10%
FALLADO	20%	15%	15%	50%

*Tabla 22: Matriz de Probabilidad de Transición del Pavimento - Mantenimiento:
Reconstrucción
Fuente: Autores.*

CONDICIÓN: FALLADO				
ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO: RECONSTRUCCIÓN				
	BUENO	REGULAR	POBRE	FALLADO
BUENO	100%	0%	0%	0%
REGULAR	100%	0%	0%	0%
POBRE	100%	0%	0%	0%
FALLADO	100%	0%	0%	0%



Para el cálculo de las matrices se tiene en consideración lo siguiente:

1. Para el estado actual del pavimento en el presente año 2019, se calcula el porcentaje del pavimento que están en cada estado: *Bueno*, *Regular*, *Pobre* y *Fallado* para los métodos PCI y *Windshield Survey*. Para ello se cuentan cuantas de las 46 secciones pertenecen a cada estado y se calcula el área total de cada estado y su porcentaje como se muestra en la Tabla 23.

Tabla 23: Ejemplo de la Condición actual del pavimento
Fuente: Autores.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN PCI				
	CODICION ACTUAL (2019)			
	BUENO (%)	REGULAR (%)	POBRE (%)	FALLADO (%)
AREA (m2)	14840	21080	27080	5920
%	21,53	30,59	39,29	8,59

2. Para el cálculo de los próximos años se suma cada multiplicación del porcentaje de cada estado del año anterior por el porcentaje que le corresponde para ese estado indicado en la Tabla 24 según sea la alternativa de mantenimiento que se tiene en las matrices del estado de probabilidad de transición del pavimento que se encuentran en las Tablas 18 a 22.



Tabla 24: Ejemplo de cálculo del estado del pavimento para los próximos años.
Fuente: Autores.

CONDICIÓN: BUENO					
ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO: BACHEO					
PROYECCIÓN		CLASIFICACIÓN			
# Años	Periodo	BUENO (%)	REGULAR (%)	POBRE (%)	FALLADO (%)
0	2019	21.53	30.59	39.29	8.59
1	2020	23.34	23.55	41.20	11.91
2	2021	23.38	19.69	42.41	14.52
3	2022	22.64	17.44	43.39	16.52
4	2023	21.60	16.03	44.29	18.07
5	2024	20.49	15.07	45.14	19.30
6	2025	19.41	14.37	45.94	20.28
7	2026	18.40	13.83	46.68	21.09
8	2027	17.49	13.39	47.36	21.76
9	2028	16.67	13.03	47.97	22.34
10	2029	15.94	12.71	48.51	22.83
11	2030	15.29	12.45	49.00	23.26
12	2031	14.73	12.21	49.43	23.63
13	2032	14.22	12.01	49.81	23.96
14	2033	13.78	11.83	50.15	24.24
15	2034	13.39	11.67	50.45	24.49
16	2035	13.05	11.53	50.71	24.71
17	2036	12.74	11.41	50.94	24.90
18	2037	12.48	11.31	51.14	25.07
19	2038	12.24	11.21	51.32	25.22
20	2039	12.04	11.13	51.48	25.35
21	2040	11.86	11.06	51.62	25.47
22	2041	11.70	10.99	51.74	25.57
23	2042	11.56	10.94	51.85	25.66
24	2043	11.43	10.89	51.94	25.74
25	2044	11.32	10.84	52.02	25.81



3.3.5 ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis de costos se realiza mediante la determinación del porcentaje de área de pavimentos que requiere un tipo de intervención y mediante los costos unitarios de cada intervención (información suministrada por el Departamento de Vialidad del GAD municipal de Cuenca representado por el Ing. Sebastián Contreras), para luego determinar los costos totales de la intervención requerida.

*Tabla 25: Costos Unitarios, para cada tipo de Intervención.
Fuente: Autores.*



BACHEO		DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO		RECAPEO		RECONSTRUCCIÓN	
Rotura manual de asfalto (entre 2" a 4")	8.48 /m2	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	1.13 /m2	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	1.01 /m2	Excavación a máquina con retroexcavadora	1.90 /m3
Excavación manual material sin clasificar	10.80 /m3	Riego Asfáltico 3/4" (Incluye Riego RC-250 y Árido 3/4")	2.62 /m2	Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	13.22 /m2	Cargado de material con cargadora	1.36 /m3
Cargado de material con minicargadora	1.35 /m3	Barrido mecánico	0.19 /m2			Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	2.21 /m3
Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	2.02 /m3	Riego Asfáltico 3/8" (Incluye Riego RC-250 y Árido 3/8")	2.35 /m2			Sobreacarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia > 6 Km	0.26 /m3- Km
Base cemento, mezclada con concretera, compactación con plancha vibratoria	73.29 /m3					Subrasante conformación y compactación con equipo pesado	1.27 /m2
Imprimación asfáltica manual	1.62 /m2					Mejoramiento, conformación y compactación con equipo pesado	23.36 /m3
Colocado de Mezcla Asfáltica en caliente 2" (Bacheo)	9.27 /m2					Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	36.68 /m3



Imprimación asfáltica con barrido mecánico	1.01 /m2
Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	13.22 /m2
Imprimación asfáltica con barrido mecánico	1.01 /m2
Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	13.22 /m2



En la Tabla 26 se indica la cantidad de kilómetros que el GAD Cantonal maneja, siendo 211 km aproximadamente de pavimento flexible y mediante la Tabla 27 se observa que para el mantenimiento y mejora de estos pavimentos se tiene presupuestado 230,000.00 USD para el año 2019. Mediante lo expuesto anteriormente, y conociendo que el tramo de la vía que comprende la ruta Miraflores – Sinincay – Racar está compuesta de 9.2 kilómetros de pavimento flexible, además, considerando que el presupuesto se asigna equitativamente para toda la red, se determina que para este tramo de vía se tiene un presupuesto anual de 10,090.00 dólares.

Tabla 26: Cantón Cuenca. Red Vial según Jerarquías y Capa de Rodadura. Fuente: Equipo Técnico. Municipalidad de Cuenca, Secretaría de Planeamiento (2011). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca. Cuenca, Ecuador, Tomo I. Elaboración: Flores E. J. Tesis Mg. Año 2013.

CAPA DE RODADURA	CAPA DE CLASIFICACIÓN DE VÍA (KM)					
	EXPRESA	ARTERIAL	COLECTORA	LOCAL	TOTAL	%
Lastre y tierra	0	29,2	56,77	503,46	589,43	53,6
Pavimento flexible	36	33,6	37,46	103,4	210,46	19,1
Pavimento rígido	13	25,2	77,8	120,54	236,54	21,5
Adoquín de piedra	0	1	38,3	2,2	41,5	3,8
Adoquín de H°	0	6,4	6,4	8,4	21,2	1,9
TOTAL	49	95,4	216,73	738	1099,13	100
%	4,5	8,7	19,7	67,1	100	

Tabla 27: Proyecto Plan Operativo Anual POA 2019 Fuente: Dirección de Obras Públicas, GAD Municipal Cuenca.

NOMBRE DEL PROYECTO	SISTEMA PDOT	MONTO (\$)
Mantenimiento y Mejora de Vías de Pavimento Flexible (bacheo, rompe velocidades)	Movilidad, Energía y Conectividad	230,000.00



CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.

A lo largo de este capítulo se analiza los resultados de la información obtenida en campo en la ruta MIRAFLORES – SININCAY – RACAR. Para la obtención de un marco de gestión de la infraestructura vial, de acuerdo a la mejor alternativa de intervención en base a los resultados.

DATOS:

Los resultados obtenidos por el método del PCI y *Windshield Survey*, para la evaluación de la condición de la superficie del pavimento de la vía Miraflores – Sinincay – Racar como se detalla en la sección 3.3.2, se encuentra dividida en 5 tramos como se observa en la Tabla 28 y a su vez estos tramos se encuentran subdivididos en 46 secciones de 200 m.



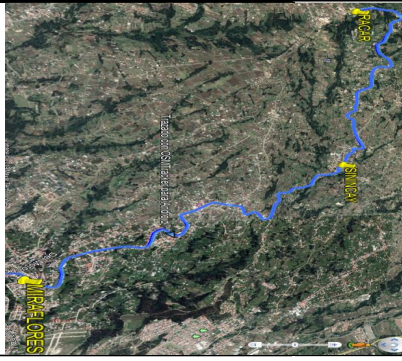
*Tabla 28: Datos de la Vía de Estudio.
Fuente: Autores.*

DATOS DE LA VIA: MIRAFLORES - SININCAY - RACAR					
Tramo de Vía	Abs Inicial	Abs Final	Longitud (km)	Sección (m)	Área de Sección (m²)
Carlos Crespi - Miraflores	0+000	1+000	1,0	7,4	7400
Miraflores - Cruce Carmen	1+000	2+800	1,8	7,4	13320
Cruce Carmen - Centro Parroquial de Sinincay	2+800	5+000	2,2	7,4	16280
Centro Parroquial de Sinincay - Las Cochas	5+000	7+400	2,4	7,6	18240
Las Cochas - Racar	7+400	9+200	1,8	7,6	13680
Longitud Total			9,2		68920

En las Tablas 29 a 31, se presenta los resultados obtenidos mediante el inventario realizado en campo, a manera de ejemplo el Tramo 3, ya que es el más crítico de toda la vía.

Tabla 29: Inventario de Fallas Tramo III, Sección 21 (abs 4+000 - 4+200)m. - Método PCI.

Fuente: Autores.

1 Piel de cocodrilo	11 Parcheo											
2 Exudación	12 Pulimento de agregados											
3 Agrietamiento en bloque	13 Baches											
4 Abultamiento y hundimiento	14 Cruce de vía ferrea											
5 Corrugación	15 Ahuellamiento											
6 Depresión	16 Desplazamiento											
7 Grieta de borde	17 Grieta deslizamiento											
8 Grieta de reflexión	18 Hinchamiento											
9 Desnivel carril /berma	19 Meteorización											
10 Grietas longitudinales y transversal												
Tipo de Falla	Nivel de Severidad	Unidad	CANTIDADES PARCIALES									
1	L	m2	2x1	1x2	2x1	1.2x5	3x10	2x8	1.2x3	0.6x1.4	2.5x8	
			2x0.4	3.5x1.4	2x10	1.4x4.5	2x4.5	3.5x7	7x1	2.5x0.6		
1	M	m2	2x0.5	2x5	1.5x8	2x6	1.4x9	1.2x1.5	1.7x2	2.5x6	2x3	
			3x7	7x3	10x2	2x1.5	3x7	1.8x2	1.8x8	2x8	1.8x10	
			2x2	1x3	2x3							
1	H	m2	1.5x1.5	2x3	3x3	1.5x5						
6	M	m2	2x7									
7	H	m	6									
10	M	m	1.2	1.8	4	4	2	3	2	1.4	0.8	
			0.7	1								
11	L	m2	1.6x5	1.5x5	2.8x4	3x3	1.6x1.1					
11	M	m2	10x1.5	7x8.2	5x3	d=0.25	d=0.17	6.5x10				
11	H	m2	4x3.5	2x8	12x2	2x11	2.5x9	6.5x7	2x16	2.5x8	3.7x9	
13	H	m2	2x1.3	0.6x0.6	2x0.7	1.2x0.8	d0.65	0.5x0.5				
15	H	m2	0.4x10	0.4x4								

En el inventario realizado con el método (PCI), se puede notar que las fallas con mayor frecuencia son: piel de cocodrilo con severidad alta, depresiones con severidad media, grietas de bloque, grietas longitudinales y transversales, parcheo con severidad alta, baches con alta severidad y alto ahuellamiento.



*Tabla 30: Inventario de Fallas en el tramo III (abs 2+800 – 5+000)m - Método Windshield Survey.
Fuente: Autores.*

TRAMO	SECCIÓN	P A T O L O G I A S											
		ABCISA		1 - (A)					2 - (B)				
		INICIAL	FINAL	PIEL DE COCODRILO (ALIGATOR)				GRIETAS TRANSVERSALES (TRANSVERSE BIT)					
		m	m	FRECUENCIA			SEVERIDAD			CRACK COUNT	SEVERIDAD		
		None	Rare	Occasional	Frequent	NS	S	VS		NS	S		
CRUCE DEL CARMEN - CENTRO PARROQUIAL SININCAY													
TRAMO III	15	2+800	3+000				X		X		0		
	16	3+000	3+200				X			X	0		
	17	3+200	3+400				X			X	1		X
	18	3+400	3+600			X			X		0		
	19	3+600	3+800				X			X	0		
	20	3+800	4+000				X			X	0		
	21	4+000	4+200				X			X	0		
	22	4+200	4+400				X			X	0		
	23	4+400	4+600				X			X	0		
	24	4+600	4+800		X				X		0		
	25	4+800	5+000				X			X	3		X

El proceso de realizar el inventario de fallas mediante el método *Windshield Survey* es menos detallado que el método del (PCI). En el Tramo 3 no se tuvo presencia excesiva de fallas transversales como se demuestra en la Tabla 30, y por otro lado existe mayor presencia de fallas tales como: piel de cocodrilo, ahuellamiento y parcheo con una frecuencia y severidad alta como se indica en la Tabla 31.



*Tabla 31: Inventario de Fallas en el tramo III (abs 2+800 – 5+000)m - Método Windshield Survey.
Fuente: Autores.*

TRAMO	SECCIÓN	ABCISA		P A T O L O G I A S							
		INICIAL	FINAL	4 - (D)				5 - (E)			
				AHUELLAMIENTO (RUTTING)				PARCHEO (PATCHES)			
				FRECUENCIA			SEVERIDAD		FRECUENCIA		SEVERIDAD
m	m	None	Rare	Videspread	≤ 1/2"	≥ 1/2"	None	Yes	≤ 10%	≥ 10%	
CRUCE DEL CARMEN - CENTRO PARROQUIAL SININCAY											
TRAMO III	15	2+800	3+000			X			X		X
	16	3+000	3+200			X			X		X
	17	3+200	3+400			X			X		X
	18	3+400	3+600	X			X		X	X	
	19	3+600	3+800			X			X		X
	20	3+800	4+000			X			X		X
	21	4+000	4+200			X			X		X
	22	4+200	4+400			X			X		X
	23	4+400	4+600	X			X		X	X	
	24	4+600	4+800	X			X		X	X	
25	4+800	5+000			X			X		X	

En la Tabla 32, se presentan los resultados de la evaluación de la Condición del Pavimento (PCI) por tramos de la vía Miraflores – Sinincay – Racar.

Tabla 32: Resultados de Evaluación del Índice de Condición- Método PCI.
Fuente: Autores.

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN: VÍA MIRAFLORES - SININCAY - RACAR							
MÉTODO PCI							
TRAMO	S E C C I Ó N	ABSCISADO		PCI Índice de condición del pavimento	RANGO PCI CLASIFICACIÓN		ESTADO ACTUAL DE LA VÍA
		INICIAL	FINAL		87 - 100	EXCELENTE	
					71 - 86	MUY BUENO	
					56 - 70	BUENO	
					41 - 55	REGULAR	
					26 - 40	POBRE	
11 - 25	MUY POBRE						
0 - 10	FALLADO						
TRAMO I PUENTE CARLOS CRESPI - MIRAFLORES	1	0+00	0+200	84	MUY BUENO	79	B M U E N O
	2	0+200	0+400	65	BUENO		
	3	0+400	0+600	92	EXCELENTE		
	4	0+600	0+800	94	EXCELENTE		
	5	0+800	1+000	62	BUENO		
TRAMO II MIRAFLORES - CRUCE DEL CARMEN	6	1+000	1+200	78	MUY BUENO	75	B M U E N O
	7	1+200	1+400	85	MUY BUENO		
	8	1+400	1+600	78	MUY BUENO		
	9	1+600	1+800	59	BUENO		
	10	1+800	2+000	82	MUY BUENO		
	11	2+000	2+200	64	BUENO		
	12	2+200	2+400	61	BUENO		
	13	2+400	2+600	76	MUY BUENO		
14	2+600	2+800	93	EXCELENTE			
TRAMO III CRUCE DEL CARMEN - CENTRO PARROQUIAL SININCAY	15	2+800	3+000	40	POBRE	28	P O B R E
	16	3+000	3+200	39	POBRE		
	17	3+200	3+400	46	REGULAR		
	18	3+400	3+600	16	MUY POBRE		
	19	3+600	3+800	38	POBRE		
	20	3+800	4+000	25	MUY POBRE		
	21	4+000	4+200	8	FALLADO		
	22	4+200	4+400	25	MUY POBRE		
	23	4+400	4+600	19	MUY POBRE		
	24	4+600	4+800	41	REGULAR		
	25	4+800	5+000	13	MUY POBRE		
TRAMO IV CENTRO PARROQUIAL SININCAY - LAS COCHAS	26	5+000	5+200	48	REGULAR	45	R E G U L A R
	27	5+200	5+400	53	REGULAR		
	28	5+400	5+600	34	POBRE		
	29	5+600	5+800	53	REGULAR		
	30	5+800	6+000	53	REGULAR		
	31	6+000	6+200	30	POBRE		
	32	6+200	6+400	37	POBRE		
	33	6+400	6+600	43	REGULAR		
	34	6+600	6+800	37	POBRE		
	35	6+800	7+000	67	BUENO		
	36	7+000	7+200	46	REGULAR		
37	7+200	7+400	36	POBRE			
SECCIÓN V LAS COCHAS - RACAR	38	7+400	7+600	31	POBRE	53	R E G U L A R
	39	7+600	7+800	78	MUY BUENO		
	40	7+800	8+000	67	BUENO		
	41	8+000	8+200	59	BUENO		
	42	8+200	8+400	63	BUENO		
	43	8+400	8+600	57	BUENO		
	44	8+600	8+800	37	POBRE		
	45	8+800	9+000	60	BUENO		
	46	9+000	9+200	27	POBRE		

La evaluación mediante el método del (PCI) se realizó en base a los resultados del inventario visual de la condición del pavimento, en el cual estableció el TIPO, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada falla para las diferentes secciones de la vía dando como resultado condiciones muy variadas, con secciones con un estado *REGULAR*, *POBRE* y *MUY BUENO*.

En la Tabla 33, se presenta los resultados de la evaluación y los Índices de Condición Crítica (CCI), mediante el Método *Windshield Survey* por secciones y tramos.

Tabla 33: Resultados de Evaluación del Índice de Condición Crítica (CCI) - Método Windshield Survey.

Fuente: Autores.

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN: VÍA MIRAFLORES - SININCAY - RACAR							
MÉTODO WHINSHIELD							
TRAMO	S E C C I Ó N	ABSCISADO		CCI Índice de condición crítico	RANGO CCI	CLASIFICACIÓN	ESTADO ACTUAL DE LA VIA
		INICIAL	FINAL		90-100 70-89 60-69 50-59 0-49	EXCELENTE BUENO REGULAR POBRE MUY POBRE	
TRAMO I PUENTE CARLOS CRESPI MIRAFLORES	1	0+00	0+200	83		BUENO	73
	2	0+200	0+400	81		BUENO	
	3	0+400	0+600	70		BUENO	
	4	0+600	0+800	87		BUENO	
	5	0+800	1+000	44		MUY POBRE	
	6	1+000	1+200	68		REGULAR	
TRAMO II MIRAFLORES - CRUCE DEL CARMEN	7	1+200	1+400	50		POBRE	64
	8	1+400	1+600	46		MUY POBRE	
	9	1+600	1+800	48		MUY POBRE	
	10	1+800	2+000	68		REGULAR	
	11	2+000	2+200	55		POBRE	
	12	2+200	2+400	55		POBRE	
	13	2+400	2+600	83		BUENO	
	14	2+600	2+800	100		EXCELENTE	
TRAMO III CRUCE DEL CARMEN - CENTRO PARROQUIAL SININCAY	15	2+800	3+000	34		MUY POBRE	35
	16	3+000	3+200	32		MUY POBRE	
	17	3+200	3+400	29		MUY POBRE	
	18	3+400	3+600	50		POBRE	
	19	3+600	3+800	29		MUY POBRE	
	20	3+800	4+000	32		MUY POBRE	
	21	4+000	4+200	29		MUY POBRE	
	22	4+200	4+400	29		MUY POBRE	
	23	4+400	4+600	42		MUY POBRE	
	24	4+600	4+800	55		POBRE	
TRAMO IV CENTRO PARROQUIAL SININCAY - LAS COCHAS	25	4+800	5+000	29		MUY POBRE	53
	26	5+000	5+200	55		POBRE	
	27	5+200	5+400	55		POBRE	
	28	5+400	5+600	55		POBRE	
	29	5+600	5+800	68		REGULAR	
	30	5+800	6+000	49		MUY POBRE	
	31	6+000	6+200	29		MUY POBRE	
	32	6+200	6+400	55		POBRE	
	33	6+400	6+600	79		BUENO	
	34	6+600	6+800	29		MUY POBRE	
	35	6+800	7+000	62		REGULAR	
SECCIÓN V LAS COCHAS - RACAR	36	7+000	7+200	49		MUY POBRE	69
	37	7+200	7+400	49		MUY POBRE	
	38	7+400	7+600	50		POBRE	
	39	7+600	7+800	83		BUENO	
	40	7+800	8+000	83		BUENO	
	41	8+000	8+200	60		REGULAR	
	42	8+200	8+400	68		REGULAR	
	43	8+400	8+600	83		BUENO	
	44	8+600	8+800	83		BUENO	
	45	8+800	9+000	65		REGULAR	
	46	9+000	9+200	49		MUY POBRE	

La evaluación mediante el método *Windshield Survey* se realizó en base a los resultados del inventario visual de la condición del pavimento para las diferentes



secciones de la vía dando como resultado condiciones muy variadas, con secciones con un estado *REGULAR*, *POBRE* y *MUY POBRE*.

En la Figura 7 y 8, se presentan gráficamente los resultados de los valores de la evaluación del índice de condición crítica mediante el método PCI y *Windshield Survey*, respectivamente a lo largo de toda la vía.

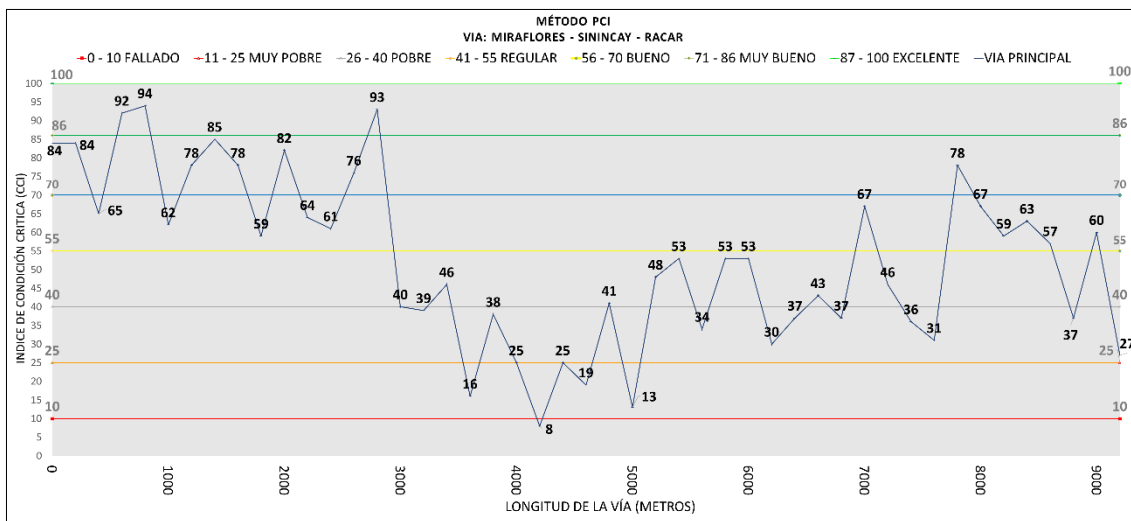


Figura 7: Resultado de la Evaluación del Índice de Condición del Pavimento – Método (PCI), a lo Largo de toda la Vía.
Fuente: Autores.

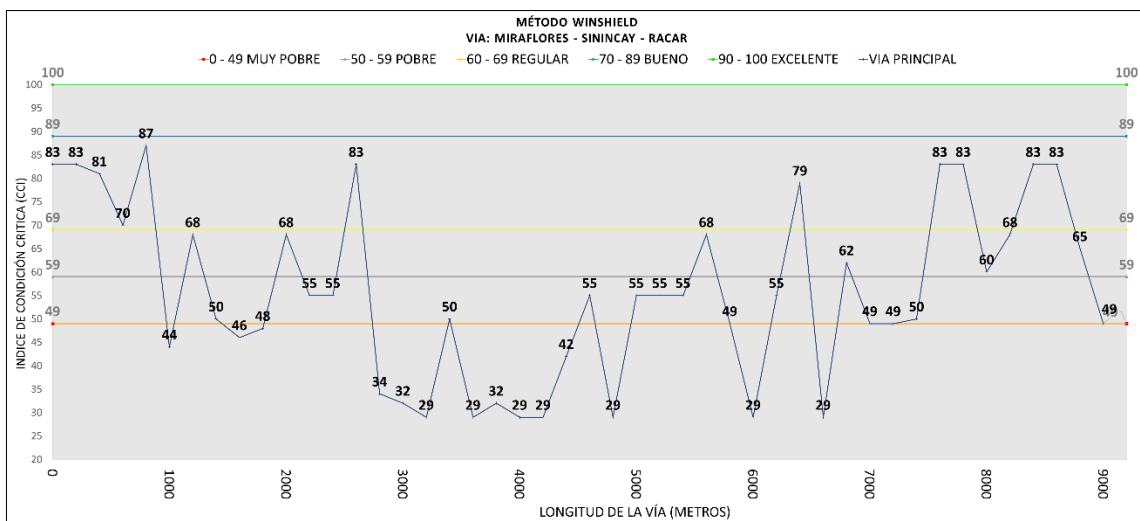


Figura 8: Resultado de la Evaluación del Índice de Condición Crítica (CCI) - Método Windshield Survey, a lo Largo de toda la Vía.
Fuente: Autores..



En la Figura 7 se pueden identificar tres tendencias notorias desde la (abs:0+000 m hasta la abs:3+000 m), en este tramo el pavimento está en una condición *MUY BUENO*. Mientras que desde la (abs:3+000 m hasta la abs:7+000 m) el pavimento está en una condición *MUY POBRE* y *FALLADO*. Y desde la (abs:7+000 m hasta la abs:9+200 m) en adelante está en una condición *REGULAR* y *BUENO*.

De manera similar sucede con los resultados por el método *Windshield Survey*, según la Figura 8 se puede concluir que la vía desde la (abs:0+000 m hasta la abs:3+000 m), el pavimento tiene una tendencia de condición en estado *BUENO*. Así mismo desde la (abs:3+000 m hasta la abs:7+000 m), el pavimento de la vía tiene una tendencia que se encuentra en condiciones de *MUY POBRE*. Y desde la (abs:7+000 m hasta la abs:9+200 m), el pavimento está en una condición de *BUENO*.

Cabe recalcar, que, si se hubiese tomado una cierta cantidad de muestras de toda la vía, los resultados tanto del PCI como del *Windshield Survey* no hubiesen representado la realidad actual de toda la vía, debido a que existen diferentes características, entre una de ellas la geología a lo largo de toda la vía. Por ende, es necesario analizar y obtener resultados por tramos que estén dentro de un rango coherente para poder dar alternativas de mantenimiento en lugares puntuales.

En la Tabla 34, se contempla con detalle un resumen de los resultados finales del índice de condición, el mismo que indica el estado actual del pavimento para los cinco Tramos de toda la vía (9200m), por el método (PCI) y *Windshield Survey*.



Tabla 34: Resultados de los Índices de Condición de los Métodos PCI & WINDSHIELD de la vía: MIRAFLORES-SININCAY-RACAR.

Fuente: Autores.

Tramo de Vía	Abs Inicial	Abs Final	Índice de Condición Pavimento (PCI)	Índice de Condición Crítica (CCI)
Carlos Crespi - Miraflores	0+000	1+000	79	73
Miraflores - Cruce Carmen	1+000	2+800	75	64
Cruce Carmen - Centro Parroquial de Sinincay	2+800	5+000	28	35
Centro Parroquial de Sinincay - Las Cochas	5+000	7+400	45	53
Las Cochas - Racar	7+400	9+200	53	69
ESTADO GENERAL DE LA VIA			56	59

Mediante el método del (PCI) se tiene un índice de condición de 56, el cual indica que el estado actual del pavimento es de *BUENO*, pero con daños considerables en ciertos puntos específicos como se le comentara más adelante.

Mediante el método *Windshield Survey* se obtiene un pavimento en estado *POBRE*, es decir, que ya empieza a tener problemas su capa de rodadura. Esta diferencia de resultados es debido a que se tiene valoraciones diferentes para su clasificación del estado de condición del pavimento. sin embargo, ambos tienen la misma tendencia a nivel general como se puede observar en la Figura 7 y 8.

De la Tabla 34 también se puede decir puntualmente que el Tramo 3, es la zona más crítica comenzando en la (abs. 2+800 m), que es el sector Cruce del Carmen hasta el Centro Parroquial de Sinincay (abs. 5+000 m), ya que da un valor del índice de condición de 28 (PCI) y 35 del *Windshield Survey*.



Debido a que, en este lugar, según el inventario realizado se tiene la presencia de fallas como: piel de cocodrilo con alta severidad y mayor frecuencia, pocas grietas transversales severas, un alto ahuellamiento y parcheo.

En las Tablas 35 y 36, se tiene el resultado de los valores de las cantidades de área del pavimento y porcentajes en el estado actual de la condición en el que se encuentran, tanto por el método de (PCI) y por el método *Windshield Survey* respectivamente.

Tabla 35: Estado Actual del Pavimento (Porcentaje del Área Total del de toda la vía) – Método PCI
Fuente: Autores.

# SECCIONES	CLASIFICACIÓN	ÁREA (m2)	PORCENTAJE (%)
3	EXCELENTE	4440	6,44
7	MUY BUENO	10400	15,09
11	BUENO	16520	23,97
8	REGULAR	12080	17,53
11	POBRE	16600	24,09
5	MUY POBRE	7400	10,74
1	FALLADO	1480	2,15
TOTAL = 46		68920	100,00

Tabla 36: Estado Actual del Pavimento (Porcentaje del Área Total del de toda la vía) – Método Windshield Survey.
Fuente Autores.

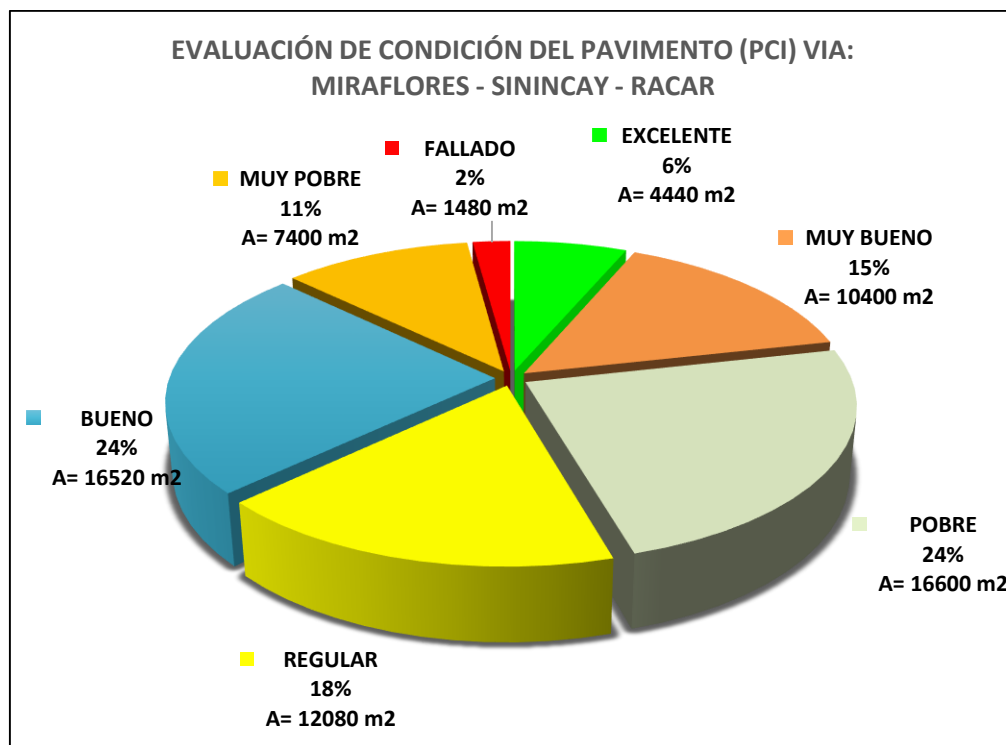
# SECCIONES	CLASIFICACIÓN	ÁREA (m2)	PORCENTAJE (%)
1	EXCELENTE	1480	2,15
10	BUENO	15000	21,76
7	REGULAR	10560	15,32
10	POBRE	15000	21,76
18	MUY POBRE	26880	39,00
TOTAL = 46		68920	100,00



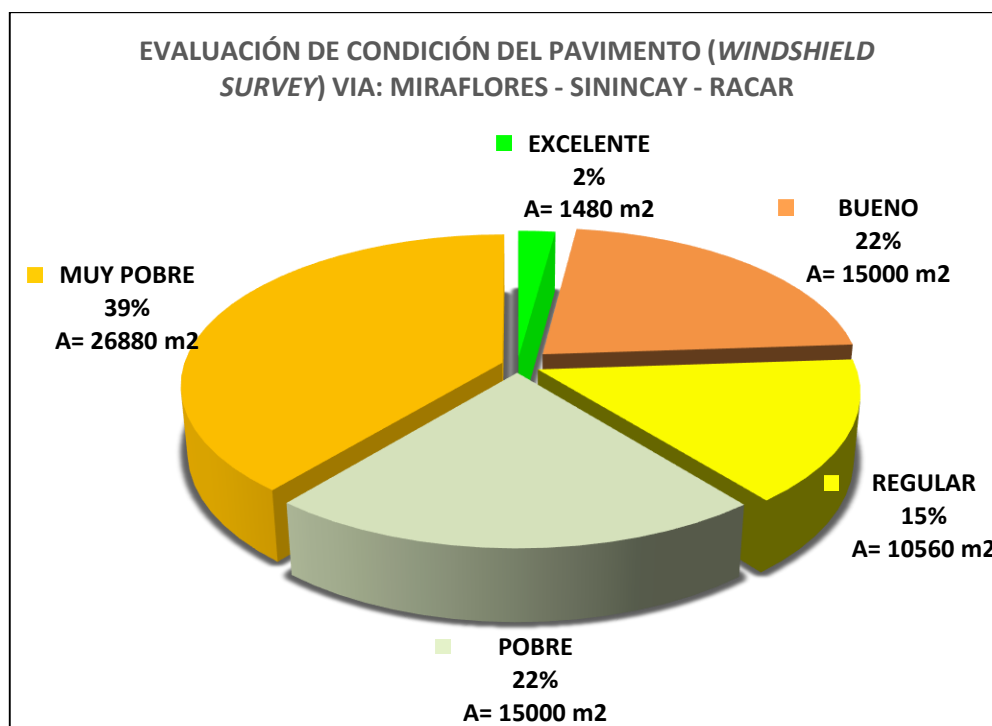
Según la Tabla 35, se encuentran en estado *POBRE*, 11 secciones que representan un área de 16600 m² y equivalente a un (24,09 %), siendo este la máxima cantidad. Mientras que un área mínima se localiza en estado *FALLADO*, compuesta por una sección el cual representa un área de 1480 m² (2.15 %). Ésta corresponde a la sección 21 (abs 4+000 – 4+200), localizada en el Tramo 3; Cruce del Carmen – Centro Parroquial de Sinincay.

En la Tabla 36 se tiene los resultados mediante el método *Windshield Survey* donde se puede observar que existen 18 secciones en estado *MUY POBRE*, con un área de 26880 m² y que a su vez representa un porcentaje de 39,00 %, a lo largo de toda la vía. Existe una sección en estado *EXCELENTE*, que equivale a un área de 1480 m² (2.15 %). Esta pertenece a la sección 14 (abs 2+600 m – abs 2+800 m), ubicada en el tramo dos: Miraflores - Cruce del Carmen.

En la Figura 9 y 10, se pueden ver de manera gráfica los valores de la Tabla 24 y 25 tanto en área (m²), como en porcentajes %.



*Figura 9: Estado Actual Del Pavimento (Porcentaje % y Área m²) – Método PCI, Vía: Miraflores - Sinincay – Racar.
Fuente: Autores.*



*Figura 10: Estado Actual Del Pavimento (Porcentaje % y Área m²) – Método Windshield Survey, Vía: Miraflores - Sinincay – Racar.
Fuente: Autores.*

En las Tablas 37 y 38, se señalan los resultados del número de secciones, las áreas totales y porcentajes para cada estado al que pertenecen y sus cuatro alternativas de mantenimiento, para los dos índices de condición PCI y CCI.

*Tabla 37: Alternativas de Mantenimiento y Categorización de los pavimentos de acuerdo al Índice de Condición (PCI).
Fuente: Autores.*

# SECCIONES	ÍNDICE DE CONDICION	CLASIFICACIÓN	ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO	ÁREA (m ²)	PORCENTAJE %
10	75 - 100	BUENO	BACHEO	14840	21,53
14	50 - 75	REGULAR	DOBLE TRATAMIENTO	21080	30,59
18	25 - 50	POBRE	RECAPEO	27080	39,29



4	0 - 25	FALLADO	RECONSTRUCCIÓN	5920	8,59
TOTAL = 46				68920	100,00

Según los resultados de la Tabla 37 y 38 por los métodos del PCI y *Windshield Survey*, se tiene que la alternativa de mantenimiento más representativa es el *Recapeo* con un 39%, mientras que el menor mantenimiento a realizar es la *Reconstrucción* con un 8,59% según el PCI.

*Tabla 38: Alternativas de Mantenimiento y Categorización de los pavimentos de acuerdo al Índice de Condición Crítica Windshield Survey.
Fuente: Autores.*

# SECCIONES	ÍNDICE DE CONDICION	CLASIFICACIÓN	ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO	ÁREA (m2)	PORCENTAJE %
11	75 - 100	BUENO	BACHEO	16480	23,91
17	50 - 75	REGULAR	DOBLE TRATAMIENTO	25560	37,09
18	25 - 50	POBRE	RECAPEO	26880	39,00
0	0 - 25	FALLADO	RECONSTRUCCIÓN	0	0,00
TOTAL = 46				68920	100,00

4.2 EVOLUCIÓN DE LA VÍA, UTILIZANDO MATRICES DE MARKOV

En la Figura 11 y 12, se indican de manera gráfica las condiciones iniciales en las que se encuentra el pavimento y las alternativas de mantenimiento que se va a realizar en la vía, por los métodos PCI y *Windshield Survey*, según los resultados de las Tablas 37 y 38 respectivamente.

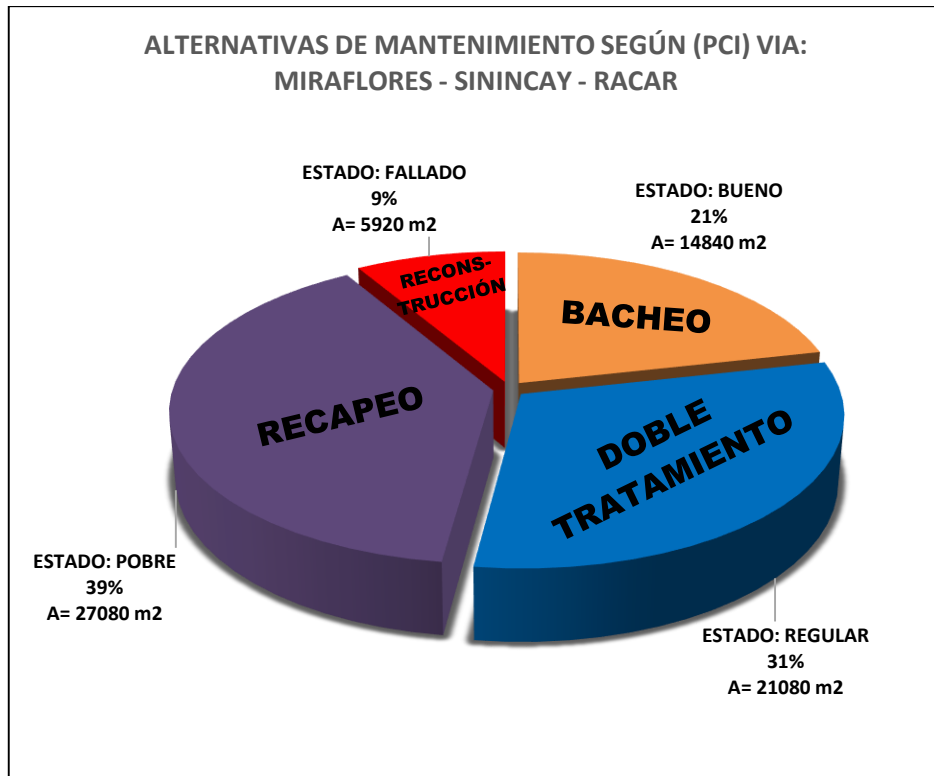


Figura 11: Condiciones Iniciales y Actuales de la vía, Metodología PCI.
Fuente: Autores.

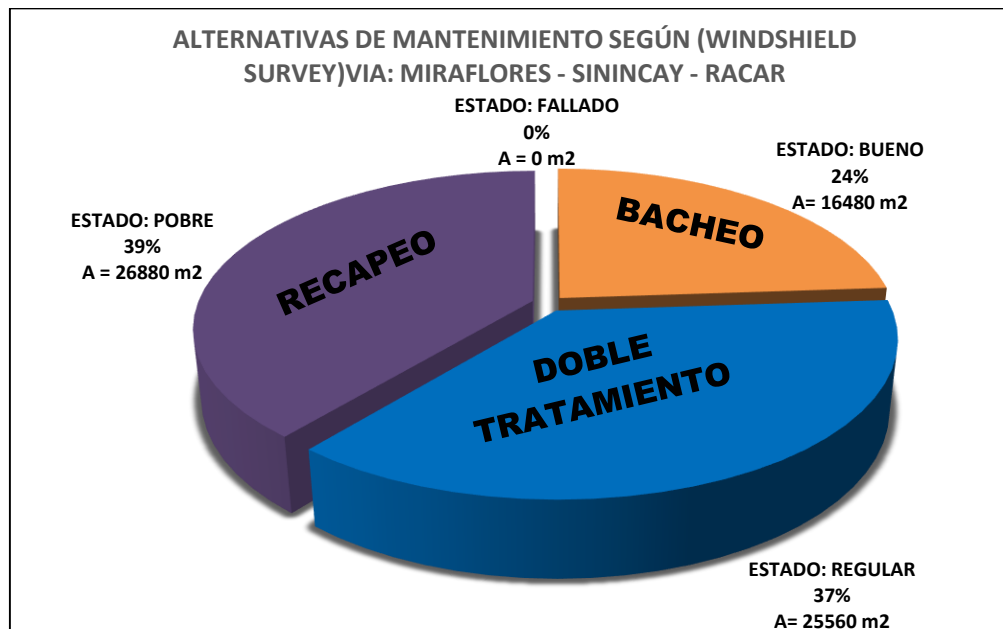


Figura 12: Condiciones Iniciales y Actuales de la vía, Metodología Windshield Survey.
Fuente: Autores.



Luego de saber el estado actual de la condición del pavimento. La predicción del deterioro que se utiliza depende del tipo de mantenimiento que se requiera realizar con el fin de mejorar la salud de la red de carreteras; es por ello que en el presente trabajo se realiza un análisis para cada uno de estos mantenimientos que son utilizados por el GAD Cantonal de la Ciudad de Cuenca, en donde se utilizaron las matrices de predicción de deterioro de Márkov.

Se debe mencionar que los valores de las matrices usados para obtener la curva de deterioro vial en el tiempo, son valores obtenidos en base a la evaluación e información suministrada por el Departamento de vialidad del GAD municipal de Cuenca (representado por el Ing. Sebastián Contreras) de los diferentes tipos de mantenimientos realizados, y el tiempo en el que se realizaron. De esta manera se pudo predecir la forma en la que la vía se está deteriorando en el tiempo.

En la Figura 13, se presenta las curvas de deterioro del pavimento, desde el año de construcción (2003) hasta el año 2018, donde ya han transcurrido 15 años de vida, para el cual fue diseñada la vía.

En la Tabla 39 se presentan los valores que se han considerado asumiendo un bacheo cada 3 años como tiene establecido el GAD cantonal, ya que no se tiene información de una evaluación anterior. Los valores se han determinado cada 5 años, suponiendo que el pavimento se ha ido deteriorando gradualmente hasta llegar al año 2018. Del año 2019 en adelante se tienen los valores reales de evaluación.

*Tabla 39: Condición del Pavimento de la vía: Miraflores - Sinincay – Racar.
(2003- 2018)*

Fuente: Autores.

CONDICIÓN DEL PAVIMENTO				
Años	BUENO (%)	REGULAR (%)	POBRE (%)	FALLADO (%)
2003	100%	0%	0%	0%
2008	85%	10%	5%	0%
2013	50%	40%	10%	0%
2018	30%	40%	25%	5%

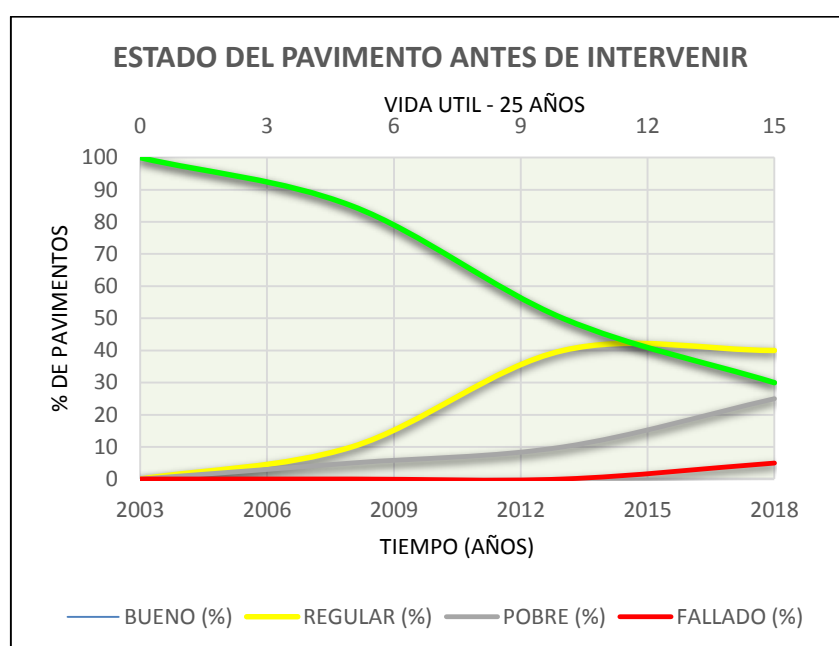


Figura 13: Deterioro del Pavimento de la vía: Miraflores - Sinincay – Racar hasta el año 2018.

Fuente: Autores.

De la Figura 13, se tiene que el pavimento se ha ido deteriorando considerablemente y ha bajado hasta el 20 % en la condición de *BUENO*, mientras que en estado *REGULAR* ha subido a un 40 % hasta el 2018. A continuación, se presenta los resultados de la predicción del pavimento Sin Intervención y para cada una de las alternativas de mantenimiento: Bacheo, Doble Tratamiento Superficial, Recapeo y Reconstrucción.



4.2.1 PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO: SIN INTERVENCIÓN.

En la Tabla 40 se tiene la matriz de Márkov para la predicción del comportamiento del pavimento sin ninguna intervención y en la Tabla 41 se presenta ya los resultados de dicho comportamiento en los próximos 25 años de la vía Miraflores – Sinincay - Racar.

*Tabla 40: Matriz de Márkov Sin Intervención, PCI y Windshield Survey.
Fuente: Autores.*

CONDICIÓN: FALLADO				
ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO: SIN INTERVENCIÓN				
	BUENO	REGULAR	POBRE	FALLADO
BUENO	85%	6%	5%	4%
REGULAR	0%	72%	20%	8%
POBRE	0%	0%	64%	36%
FALLADO	0%	0%	0%	100%

Tabla 41: Resultados de la predicción del deterioro del pavimento Sin Intervención.

Fuente: Autores.

CONDICIÓN: FALLADO									
ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO: SIN INTERVENCIÓN									
PROYECCIÓN		CLASIFICACIÓN							
# Años	Periodo	MÉTODO PCI				MÉTODO WINDSHIELD SURVEY			
		BUENO (%)	REGULAR (%)	POBRE (%)	FALLADO (%)	BUENO (%)	REGULAR (%)	POBRE (%)	FALLADO (%)
0	2019	21,00	31,00	39,00	9,00	24,00	37,00	39,00	0,00
1	2020	17,85	23,58	32,21	26,36	20,40	28,08	33,56	17,96
2	2021	15,17	18,05	26,22	40,56	17,34	21,44	28,11	33,10
3	2022	12,90	13,91	21,15	52,05	14,74	16,48	23,15	45,63
4	2023	10,96	10,79	16,96	61,29	12,53	12,75	18,85	55,88
5	2024	9,32	8,42	13,56	68,70	10,65	9,93	15,24	64,18
6	2025	7,92	6,62	10,83	74,63	9,05	7,79	12,27	70,89
7	2026	6,73	5,24	8,65	79,37	7,69	6,15	9,86	76,29
8	2027	5,72	4,18	6,92	83,18	6,54	4,89	7,93	80,64
9	2028	4,86	3,35	5,55	86,23	5,56	3,91	6,38	84,15
10	2029	4,13	2,71	4,47	88,69	4,72	3,15	5,14	86,98
11	2030	3,51	2,20	3,61	90,68	4,02	2,55	4,16	89,27
12	2031	2,99	1,79	2,92	92,30	3,41	2,08	3,37	91,13
13	2032	2,54	1,47	2,38	93,61	2,90	1,70	2,74	92,65
14	2033	2,16	1,21	1,94	94,69	2,47	1,40	2,24	93,89
15	2034	1,83	1,00	1,59	95,57	2,10	1,16	1,84	94,91
16	2035	1,56	0,83	1,31	96,30	1,78	0,96	1,51	95,75
17	2036	1,33	0,69	1,08	96,90	1,51	0,80	1,25	96,44
18	2037	1,13	0,58	0,90	97,40	1,29	0,66	1,03	97,01
19	2038	0,96	0,48	0,75	97,81	1,09	0,56	0,86	97,49
20	2039	0,81	0,41	0,62	98,16	0,93	0,47	0,72	97,89
21	2040	0,69	0,34	0,52	98,45	0,79	0,39	0,60	98,22
22	2041	0,59	0,29	0,44	98,69	0,67	0,33	0,50	98,50
23	2042	0,50	0,24	0,37	98,89	0,57	0,28	0,42	98,73
24	2043	0,42	0,20	0,31	99,06	0,49	0,23	0,35	98,93
25	2044	0,36	0,17	0,26	99,21	0,41	0,20	0,30	99,09

En las Figuras 14 y 15 se observan los resultados de forma gráfica sin intervención en la vía. Tanto por el método PCI y *Windshield Survey*.

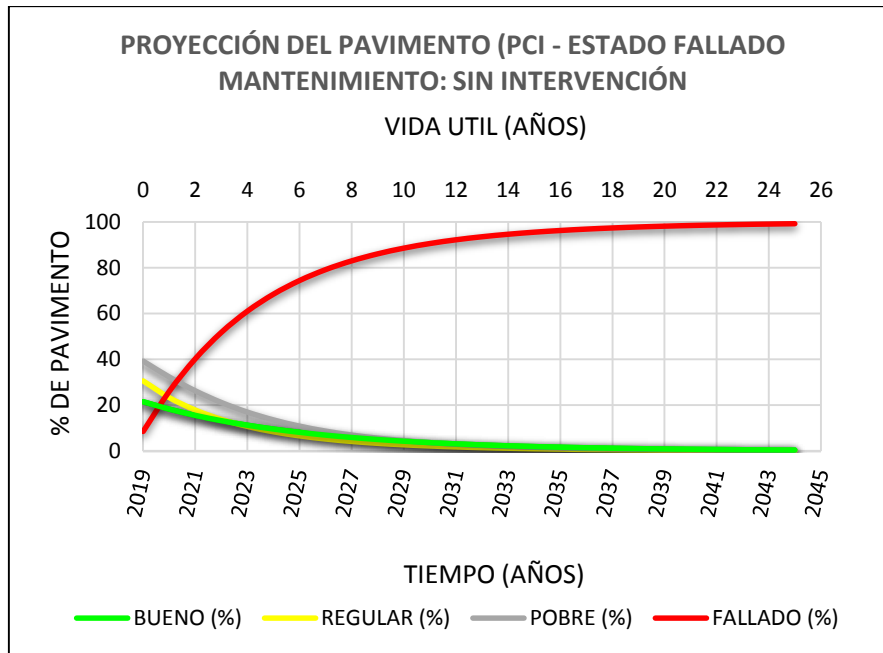


Figura 14: Proyección del Pavimento Sin Intervención, (PCI).
Fuente: Autores.

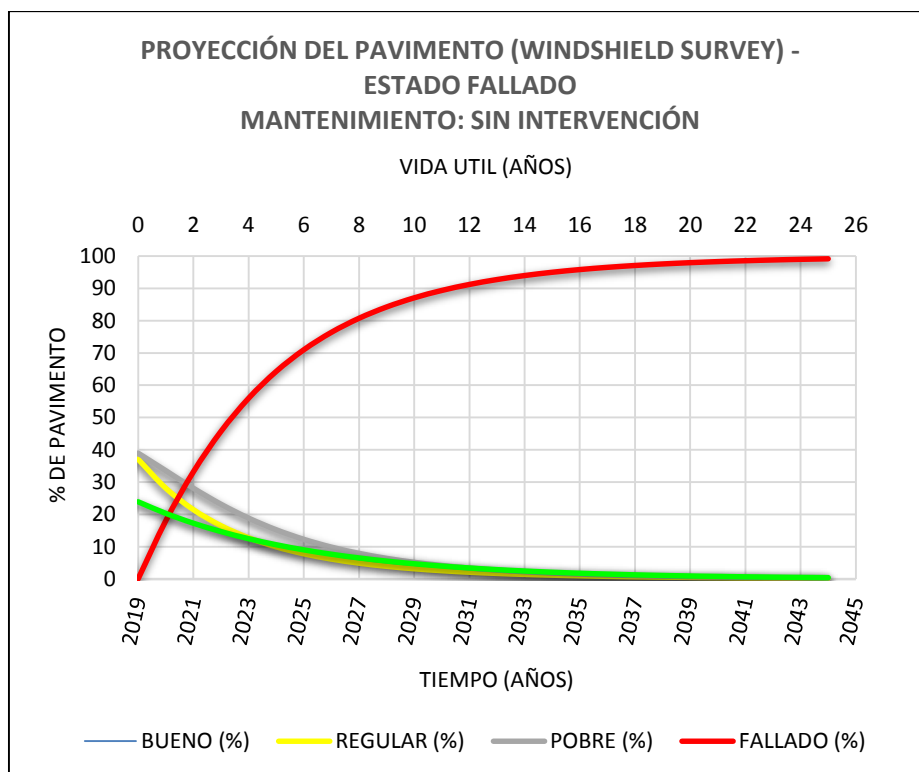


Figura 15: Proyección del Pavimento sin Intervención, (Windshield Survey).
Fuente: Autores



Como se observa en la Tabla 41 y en las Figuras 14 y 15, si no se realiza ninguna intervención de mantenimiento en la vía, en 9 años (2028) más del 86,23% de los pavimentos se encontrarán en estado *FALLADO*. Mientras que las secciones que se encuentran en estado *BUENO* bajan de un 21% (2019) a 4,86 % (2028) y en 15 años (2034) casi la totalidad de las secciones se encontrarán en estado *FALLADO* con 95,57% de toda el área de la vía. De manera similar sucede con los resultados por el método *Windshield Survey*.

4.2.2 PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO, CON BACHEO.

En la Tabla 42 se presenta la matriz de Márkov para la predicción del comportamiento del pavimento, realizando un *Mantenimiento Correctivo – Bacheo*, y en la Tabla 43 se tiene los resultados de dicho comportamiento en los próximos 25 años de la vía Miraflores – Sinincay - Racar.

Tabla 42: Matriz de Márkov para Mantenimiento Correctivo - Bacheo, PCI y Windshield Survey.

Fuente: Autores.

CONDICIÓN: BUENO				
ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO: BACHEO				
	BUENO	REGULAR	POBRE	FALLADO
BUENO	80%	15%	5%	0
REGULAR	20%	60%	20%	0%
POBRE	0	5%	80%	15%
FALLADO	0%	0%	30%	70%

Tabla 43: Resultados de la predicción del deterioro del pavimento para mantenimiento de bacheo.

Fuente: Autores.

CONDICIÓN: BUENO									
ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO: BACHEO									
PROYECCIÓN		CLASIFICACIÓN							
		MÉTODO PCI				MÉTODO WINDSHIELD SURVEY			
# Años	Periodo	BUENO (%)	REGULAR (%)	POBRE (%)	FALLADO (%)	BUENO (%)	REGULAR (%)	POBRE (%)	FALLADO (%)
0	2019	21,00	31,00	39,00	9,00	24,00	37,00	39,00	0,00
1	2020	23,00	23,70	41,15	12,15	26,60	27,75	39,80	5,85
2	2021	23,14	19,73	42,46	14,68	26,83	22,63	40,48	10,07
3	2022	22,46	17,43	43,47	16,64	25,99	19,63	41,27	13,12
4	2023	21,45	16,00	44,38	18,17	24,72	17,74	42,17	15,37
5	2024	20,36	15,04	45,23	19,38	23,32	16,46	43,13	17,09
6	2025	19,30	14,34	46,02	20,35	21,95	15,53	44,09	18,43
7	2026	18,30	13,80	46,75	21,15	20,67	14,81	45,01	19,51
8	2027	17,40	13,36	47,42	21,81	19,50	14,24	45,85	20,41
9	2028	16,60	13,00	48,02	22,38	18,44	13,76	46,63	21,17
10	2029	15,88	12,69	48,56	22,87	17,51	13,35	47,33	21,81
11	2030	15,24	12,42	49,04	23,29	16,68	13,01	47,95	22,37
12	2031	14,68	12,19	49,47	23,66	15,94	12,70	48,51	22,85
13	2032	14,18	11,99	49,85	23,98	15,29	12,44	49,00	23,27
14	2033	13,74	11,81	50,18	24,27	14,72	12,21	49,43	23,64
15	2034	13,36	11,66	50,47	24,51	14,22	12,00	49,81	23,96
16	2035	13,02	11,52	50,73	24,73	13,78	11,83	50,15	24,25
17	2036	12,72	11,40	50,96	24,92	13,39	11,67	50,45	24,49
18	2037	12,45	11,30	51,16	25,09	13,04	11,53	50,71	24,71
19	2038	12,22	11,20	51,34	25,24	12,74	11,41	50,94	24,91
20	2039	12,02	11,12	51,49	25,37	12,48	11,31	51,14	25,08
21	2040	11,84	11,05	51,63	25,48	12,24	11,21	51,32	25,22
22	2041	11,68	10,99	51,75	25,58	12,04	11,13	51,48	25,36
23	2042	11,54	10,93	51,86	25,67	11,85	11,06	51,62	25,47
24	2043	11,42	10,88	51,95	25,75	11,69	10,99	51,74	25,57
25	2044	11,31	10,84	52,03	25,81	11,55	10,94	51,85	25,66

En las Figuras 16 y 17 se observa los resultados de forma gráfica al realizar *Bacheo* en la vía por el método PCI y *Windshield Survey*.

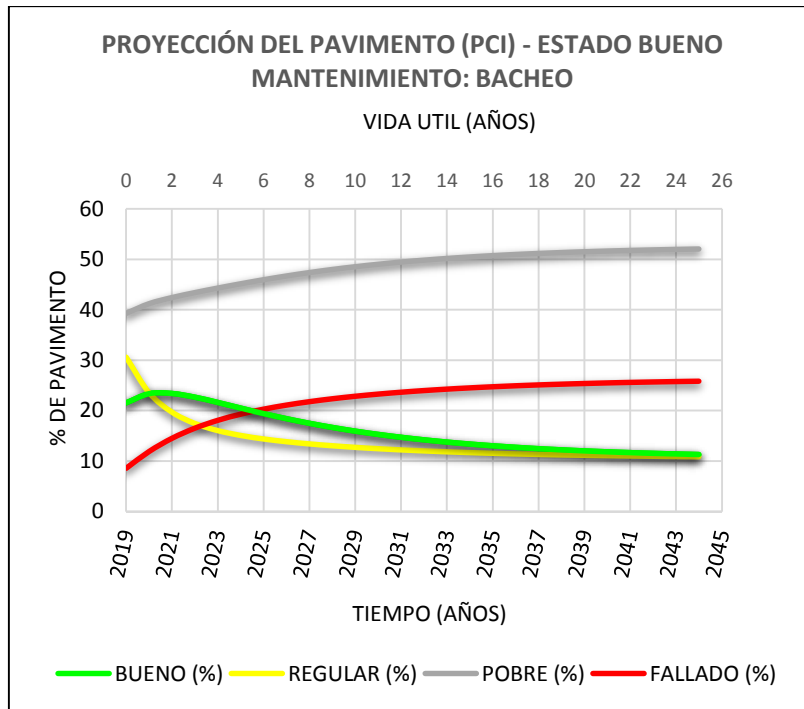


Figura 16: Proyección del Pavimento para Bacheo, (PCI).
Fuente: Autores.

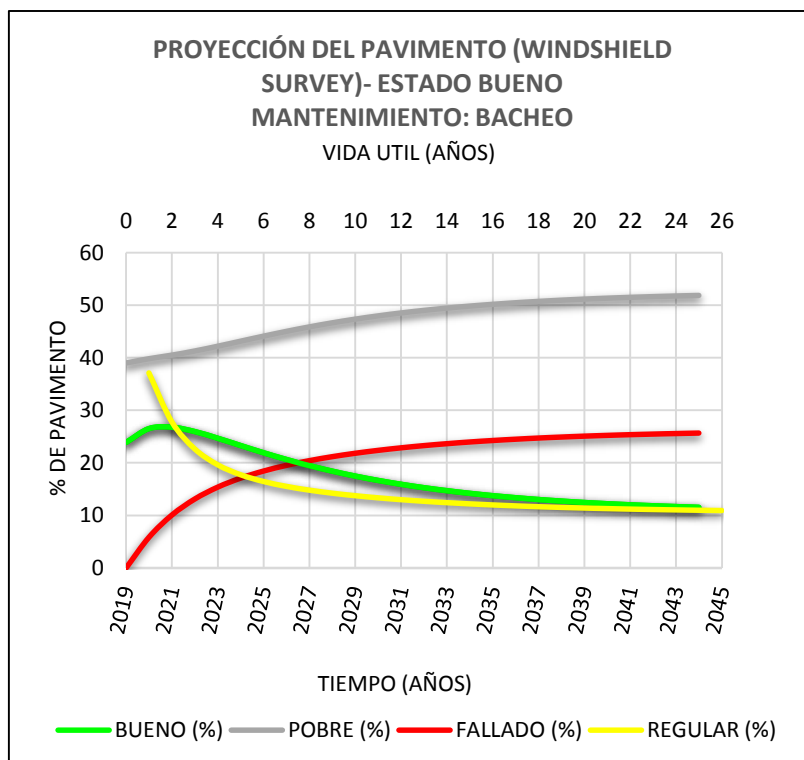


Figura 17: Proyección del Pavimento para Bacheo, (Windshield Survey).
Fuente: Autores.



De los resultados de la Tabla 43 y las Figuras 16 y 17 se tiene que, si se realiza un mantenimiento de *Bacheo* en la vía, la cantidad de secciones que se encuentran en estado *FALLADO* en los próximos 9 años disminuirá significativamente de 86,23% (sin intervención) a 22,38%. El pavimento mejora pasando de estado *FALLADO* a *POBRE* y a *BUENO*; teniendo un aumento del estado *POBRE* a un 48,02% y a un 16,60% en estado *BUENO* en los próximos 9 años (2028) con respecto a cuando no se realiza ninguna intervención. A partir del año 2028 el pavimento no aumenta una cantidad significativa en estado *POBRE*, ya que apenas varía de 48,02% a 52,03% hasta el año 2044.

4.2.3 PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO, CON DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL.

En la Tabla 44 se presenta la matriz de Márkov para la predicción del comportamiento del pavimento, realizando un Mantenimiento de Doble Tratamiento Superficial y en la Tabla 45 se tiene los resultados de dicho comportamiento en los próximos 25 años de la vía Miraflores – Sinincay - Racar.

*Tabla 44: Matriz de Márkov para Doble Tratamiento Superficial, PCI y Windshield Survey.
Fuente: Autores.*

CONDICIÓN: REGULAR				
ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO: DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL				
	BUENO	REGULAR	POBRE	FALLADO
BUENO	95%	5%	0%	0%
REGULAR	20%	80%	0%	0%
POBRE	40%	0%	60%	0%
FALLADO	50%	0%	0%	50%

Tabla 45: Resultados de la predicción del deterioro del pavimento para Doble Tratamiento Superficial.

Fuente: Autores.

CONDICIÓN: REGULAR									
ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO: DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL - RECAPEO									
PROYECCIÓN		CLASIFICACIÓN							
		MÉTODO PCI				MÉTODO WINDSHIELD SURVEY			
# Años	Periodo	BUENO (%)	REGULAR (%)	POBRE (%)	FALLADO (%)	BUENO (%)	REGULAR (%)	POBRE (%)	FALLADO (%)
0	2019	21,00	31,00	39,00	9,00	24,00	37,00	39,00	0,00
1	2020	46,25	25,85	23,40	4,50	45,80	30,80	23,40	0,00
2	2021	60,72	22,99	14,04	2,25	59,03	26,93	14,04	0,00
3	2022	69,02	21,43	8,42	1,13	67,08	24,50	8,42	0,00
4	2023	73,79	20,59	5,05	0,56	72,00	22,95	5,05	0,00
5	2024	76,52	20,17	3,03	0,28	75,01	21,96	3,03	0,00
6	2025	78,08	19,96	1,82	0,14	76,86	21,32	1,82	0,00
7	2026	78,97	19,87	1,09	0,07	78,01	20,90	1,09	0,00
8	2027	79,46	19,84	0,66	0,04	78,73	20,62	0,66	0,00
9	2028	79,74	19,85	0,39	0,02	79,18	20,43	0,39	0,00
10	2029	79,89	19,87	0,24	0,01	79,46	20,30	0,24	0,00
11	2030	79,97	19,89	0,14	0,00	79,64	20,22	0,14	0,00
12	2031	80,00	19,91	0,08	0,00	79,76	20,16	0,08	0,00
13	2032	80,02	19,93	0,05	0,00	79,84	20,11	0,05	0,00
14	2033	80,03	19,94	0,03	0,00	79,89	20,08	0,03	0,00
15	2034	80,03	19,96	0,02	0,00	79,92	20,06	0,02	0,00
16	2035	80,02	19,97	0,01	0,00	79,95	20,04	0,01	0,00
17	2036	80,02	19,97	0,01	0,00	79,96	20,03	0,01	0,00
18	2037	80,02	19,98	0,00	0,00	79,97	20,02	0,00	0,00
19	2038	80,01	19,98	0,00	0,00	79,98	20,02	0,00	0,00
20	2039	80,01	19,99	0,00	0,00	79,99	20,01	0,00	0,00
21	2040	80,01	19,99	0,00	0,00	79,99	20,01	0,00	0,00
22	2041	80,01	19,99	0,00	0,00	79,99	20,01	0,00	0,00
23	2042	80,00	20,00	0,00	0,00	79,99	20,01	0,00	0,00
24	2043	80,00	20,00	0,00	0,00	80,00	20,00	0,00	0,00
25	2044	80,00	20,00	0,00	0,00	80,00	20,00	0,00	0,00

En las Figuras 18 y 19, se observa los resultados de forma gráfica realizando un Doble Tratamiento Superficial en la vía por el método PCI y *Windshield Survey*.

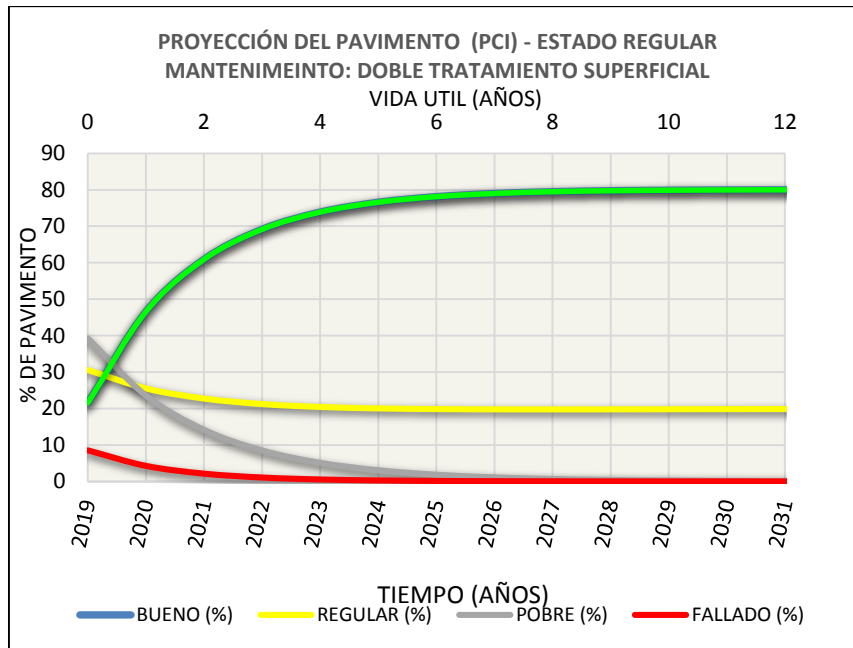


Figura 18: Proyección del Pavimento para Doble Tratamiento Superficial, (PCI).
Fuente: Autores.

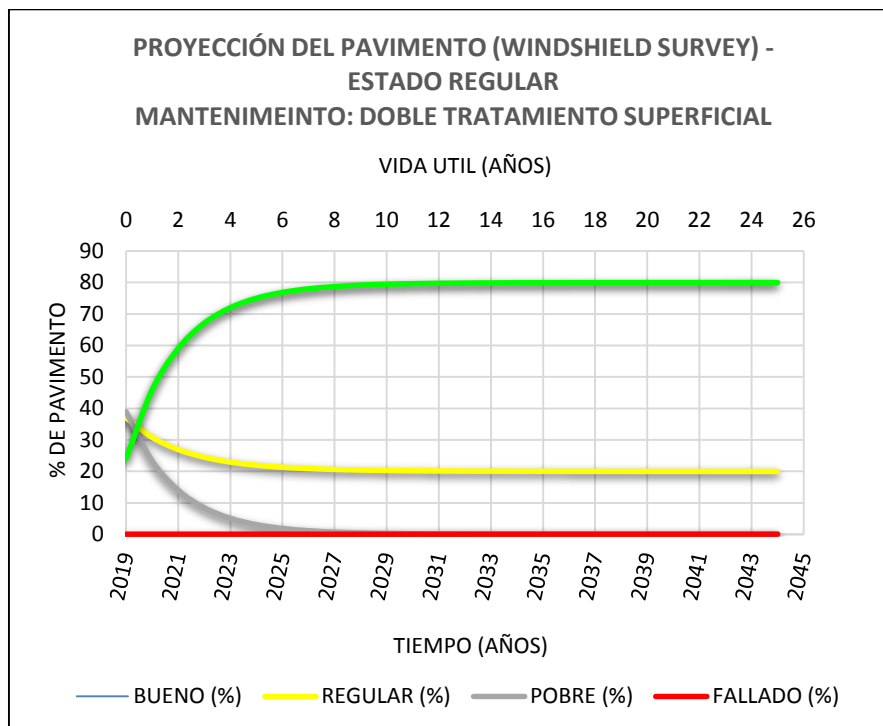


Figura 19: Proyección del Pavimento para Doble Tratamiento Superficial, (Windshield Survey).
Fuente: Autores.



De los resultados de la Tabla 45 y de las Figuras 18 y 19, si se realiza un mantenimiento de Doble Tratamiento superficial en la vía se observa que existe un cambio significativo después de los 4 años (2023), del 21% al 73,79% de las secciones estarán en un estado *BUENO*.

A partir del año 2023 existe un porcentaje mínimo del 0,56% de los pavimentos que se encuentran en estado *FALLADO*, lo mismo sucede con los estados *POBRES* y *REGULARES*. Sin embargo, al aplicar el Doble Tratamiento Superficial a la vía a partir del 12vo año (2031), el porcentaje de secciones que estará en estado *BUENO* será del 80%. Así como el 20% estará en estado *REGULAR*, sin embargo, si se continúa haciendo la intervención correcta los años siguientes, las intervenciones que posiblemente necesitará la vía solo será de Bacheo.

4.2.4 PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO, CON RECAPEO.

En la Tabla 46, se presenta la matriz de Márkov para la predicción del comportamiento del pavimento, realizando un Mantenimiento de Recapeo y en la Tabla 47 se tiene los resultados de dicho comportamiento en los próximos 25 años de la vía: Miraflores – Sinincay - Racar.

Tabla 46: Matriz de Márkov para Recapeo, PCI y Windshield Survey.

Fuente: Autores.

CONDICIÓN: POBRE				
ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO: RECAPEO				
	BUENO	REGULAR	POBRE	FALLADO
BUENO	95%	5%	0%	0%
REGULAR	12%	80%	5%	3%
POBRE	10%	5%	75%	10%
FALLADO	20%	15%	15%	50%

Tabla 47: Resultados de la predicción del deterioro del pavimento para Recapeo
Fuente: Autores.

CONDICIÓN: POBRE									
ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO: RECAPEO									
PROYECCIÓN		CLASIFICACIÓN							
		MÉTODO PCI				MÉTODO WINDSHIELD SURVEY			
# Años	Periodo	BUENO (%)	REGULAR (%)	POBRE (%)	FALLADO (%)	BUENO (%)	REGULAR (%)	POBRE (%)	FALLADO (%)
0	2019	21,00	31,00	39,00	9,00	24,00	37,00	39,00	0,00
1	2020	29,37	29,15	32,15	9,33	31,14	32,75	31,10	5,01
2	2021	36,48	27,80	26,97	8,75	37,63	30,06	25,71	6,60
3	2022	42,44	26,72	22,93	7,91	43,24	28,21	21,78	6,77
4	2023	47,40	25,83	19,72	7,05	48,00	26,83	18,76	6,41
5	2024	51,51	25,08	17,14	6,27	51,98	25,77	16,37	5,89
6	2025	54,91	24,44	15,05	5,60	55,28	24,91	14,45	5,35
7	2026	57,72	23,89	13,35	5,04	58,02	24,22	12,89	4,87
8	2027	60,05	23,42	11,96	4,57	60,29	23,65	11,61	4,45
9	2028	61,97	23,02	10,83	4,18	62,17	23,18	10,55	4,10
10	2029	63,55	22,68	9,90	3,87	63,71	22,80	9,69	3,80
11	2030	64,86	22,40	9,14	3,60	64,99	22,48	8,98	3,55
12	2031	65,94	22,16	8,51	3,39	66,05	22,21	8,39	3,35
13	2032	66,83	21,96	8,00	3,21	66,92	22,00	7,90	3,18
14	2033	67,56	21,79	7,58	3,06	67,64	21,81	7,51	3,04
15	2034	68,17	21,65	7,23	2,94	68,23	21,66	7,18	2,92
16	2035	68,67	21,53	6,95	2,84	68,73	21,54	6,90	2,83
17	2036	69,09	21,43	6,72	2,76	69,13	21,44	6,68	2,75
18	2037	69,43	21,35	6,52	2,70	69,46	21,35	6,49	2,69
19	2038	69,71	21,28	6,36	2,64	69,74	21,28	6,34	2,63
20	2039	69,94	21,23	6,23	2,60	69,97	21,23	6,22	2,59
21	2040	70,14	21,18	6,13	2,56	70,16	21,18	6,11	2,55
22	2041	70,30	21,14	6,04	2,53	70,31	21,14	6,03	2,52
23	2042	70,43	21,11	5,96	2,50	70,44	21,11	5,95	2,50
24	2043	70,54	21,08	5,90	2,48	70,55	21,08	5,90	2,48
25	2044	70,62	21,06	5,85	2,46	70,63	21,06	5,85	2,46

En las Figuras 20 y 21, se observan los resultados de forma gráfica realizando un Recapeo en la vía por los métodos PCI y *Windshield Survey*.

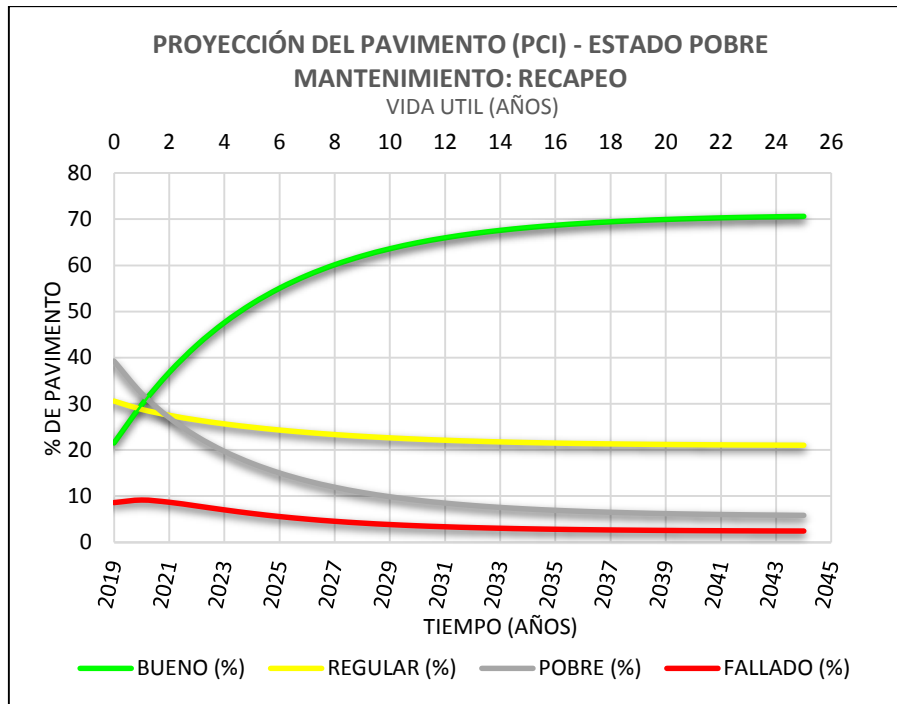


Figura 20: Proyección del Pavimento para Recapeo, (PCI).
Fuente: Autores

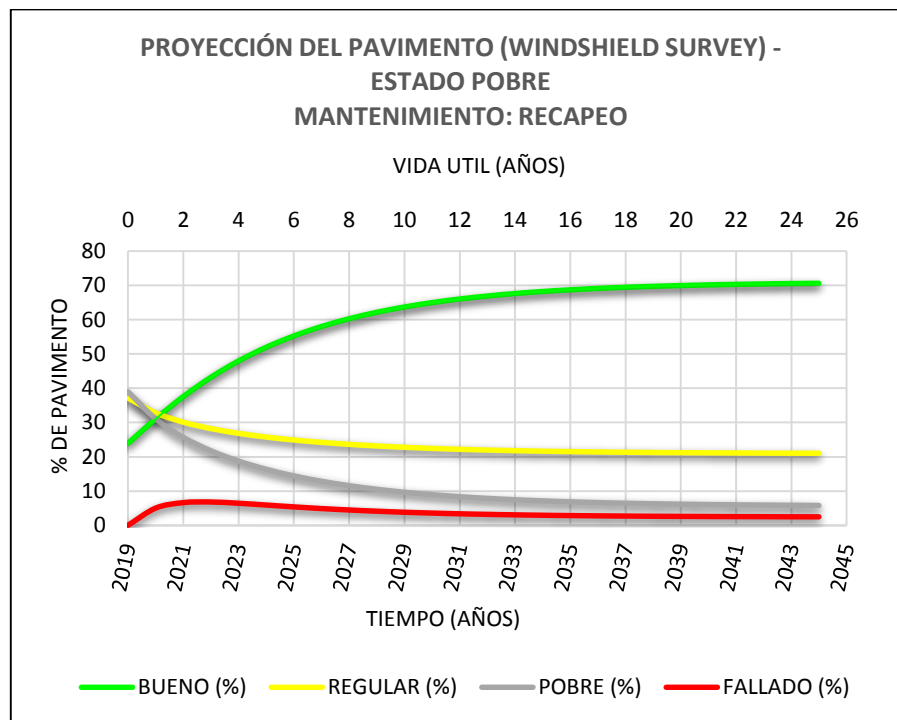


Figura 21: Proyección del Pavimento para Recapeo, (Windshield Survey).
Fuente: Autores.



De la Tabla 47 y las Figuras 20 y 21, los resultados indican que realizando un mantenimiento de Recapeo en la vía, en los primeros 4 años (2023) se alcanza el 47,40% del pavimento en estado *BUENO*. Y partir del 15vo año (2034) el pavimento pasa de tener un porcentaje del 68% al 70 % en un estado de *BUENO*, y el pavimento que se encuentra en estado *REGULAR* llega a un valor del 21%, hasta el 2044. Si se continúa realizando la intervención correcta los años siguientes, las intervenciones que posiblemente necesitará la vía solo será de Bacheo y Doble Tratamiento Superficial.

4.2.5 PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO, CON RECONSTRUCCIÓN.

En la Tabla 48, se presenta la matriz de Márkov para la predicción del comportamiento del pavimento, realizando la Reconstrucción y en la Tabla 49 se tiene los resultados de dicho comportamiento en los próximos 25 años de la vía Miraflores – Sinincay - Racar.

Tabla 48: Matriz de Márkov para Reconstrucción, PCI y Windshield Survey.
Fuente: Autores.

CONDICIÓN: FALLADO				
ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO: RECONSTRUCCIÓN				
	BUENO	REGULAR	POBRE	FALLADO
BUENO	100%	0%	0%	0%
REGULAR	100%	0%	0%	0%
POBRE	100%	0%	0%	0%
FALLADO	100%	0%	0%	0%

**Tabla 49: Resultados de la predicción del deterioro del pavimento para
Reconstrucción.
Fuente: Autores.**

CONDICIÓN: FALLADO									
ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO: RECONSTRUCCIÓN									
PROYECCIÓN		CLASIFICACIÓN							
# Años	Periodo	MÉTODO PCI				MÉTODO WINDSHIELD SURVEY			
		BUENO (%)	REGULAR (%)	POBRE (%)	FALLADO (%)	BUENO (%)	REGULAR (%)	POBRE (%)	FALLADO (%)
0	2019	21,53	30,59	39,29	8,59	23,91	37,09	39,00	0,00
1	2020	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
2	2021	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
3	2022	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
4	2023	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
5	2024	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
6	2025	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
7	2026	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
8	2027	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
9	2028	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
10	2029	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
11	2030	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
12	2031	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
13	2032	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
14	2033	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
15	2034	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
16	2035	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
17	2036	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
18	2037	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
19	2038	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
20	2039	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
21	2040	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
22	2041	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
23	2042	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
24	2043	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00
25	2044	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00

En las Figuras 22 y 23, se observa los resultados de forma gráfica al realizar una Reconstrucción de la vía por los métodos PCI y *Windshield Survey*.

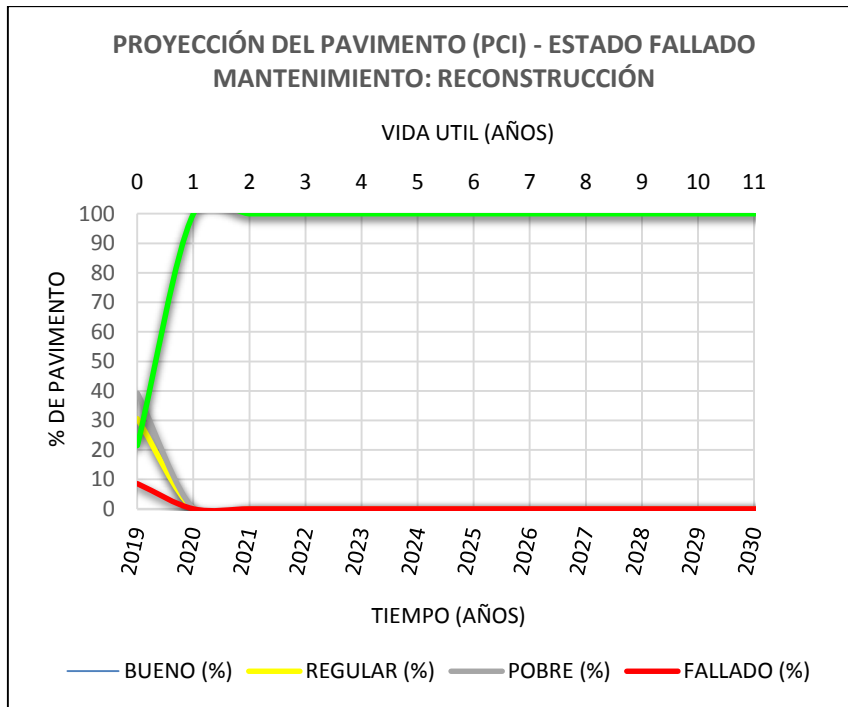


Figura 22: Proyección del Pavimento para Reconstrucción, (PCI).
 Fuente: Autores.

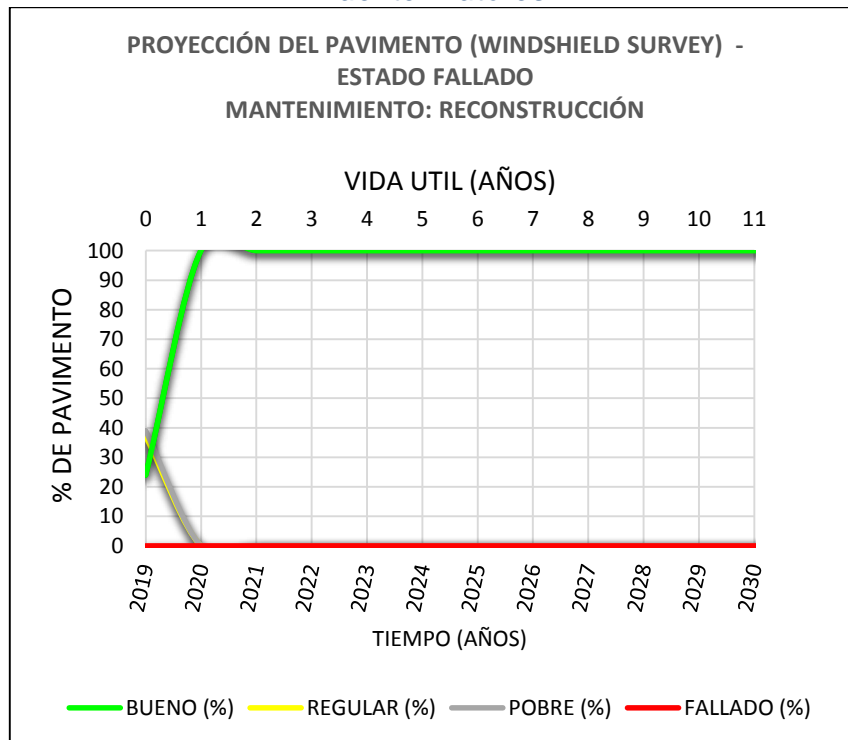


Figura 23: Proyección del Pavimento para Reconstrucción, (Windshield Survey).
 Fuente: Autores.



Los resultados de la Tabla 49 y las Figuras 22 y 23, realizando la alternativa de Reconstrucción de la vía, el 100% de las secciones alcanzaran un estado de *BUENO* en los próximos 25 años.

En general los resultados obtenidos de la predicción del comportamiento del pavimento, para cada una de las alternativas de mantenimiento: Bacheo, Doble Tratamiento Superficial y sin Intervención. Son similares para los métodos del PCI y *Windshield Survey*, demostrando así que los dos métodos son válidos para realizar una evaluación de la condición del pavimento, con la ventaja del método *Windshield Survey* es más rápido, sin embargo, tiene menor precisión. En cambio, con el método del PCI se necesita más tiempo en campo, con la ventaja de ser más preciso ya que considera la mayoría de las fallas.

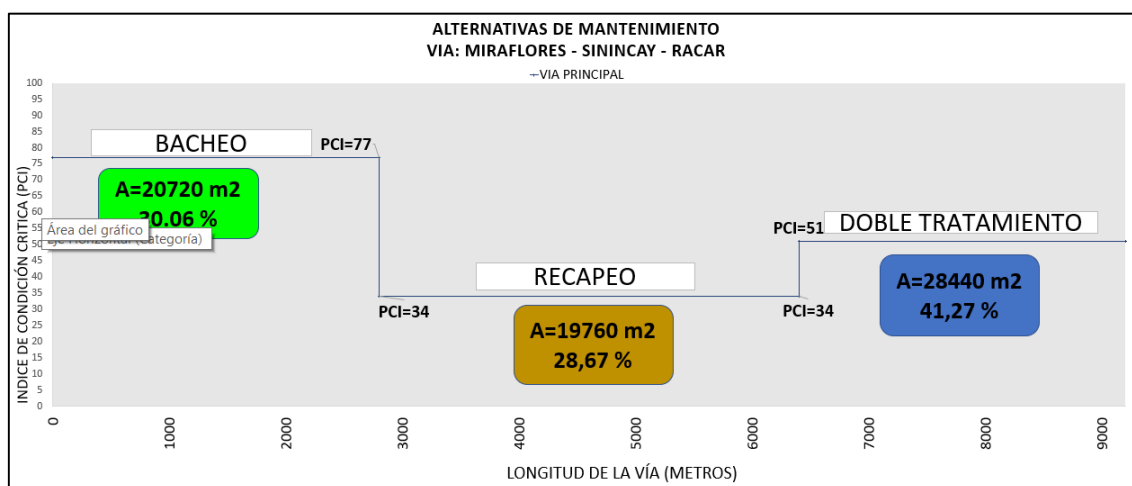
4.3 PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA VÍA.

Con el análisis de los resultados de la evaluación de la condición por los dos métodos PCI y *Windshield Survey* y además según las Figuras 7 y 8, se concluye que es más factible dividir la vía en tres tramos debido a que se tiene una misma tendencia y los resultados son similares por ambas metodologías, con ello se prioriza y optimiza alternativas de mantenimiento y costos más específicos para la vía en estudio. Esta evaluación se realiza solo por el método del PCI ya que este método considera con más detalle las fallas en los pavimentos flexibles.

En la Tabla 49, se presenta los nuevos resultados del índice de condición promediado para los tres tramos, donde se tiene un estado del pavimento de *BUENO* (PCI=77), *REGULAR* (PCI=34), y *POBRE* (PCI=51), así como también las áreas y sus porcentajes.

*Tabla 50: Categorización de los pavimentos y Alternativas de Mantenimiento.
Fuente: Autores.*

LONG TRAMO (km)	ABCISADO		# SECCIONES	ÍNDICE DE CONDICIÓN	CLASIFICACIÓN SEG PCI=	ALTERNATIVA DE MANTENIMIENTO	ÁREA (m ²)	%
	Inicio	Fin						
2,8	0+000	2+800	14	77	BUENO	BACHEO	20720	30,06
2,6	2+800	6+400	13	51	REGULAR	DOBLE TRATAMIENTO S.	19760	28,67
3,8	6+400	9+200	19	34	POBRE	RECAPEO	28440	41,27
TOTAL=9,2 km			46				68920	100



*Figura 24: Alternativas de Mantenimiento en la Vía: Miraflores – Sinincay – Racar.
Fuente: Autores.*

Para la implementación de los trabajos de mantenimiento a lo largo de los 9,2 kilómetros, en el tramo comprendido desde la (abs: 0+000 – abs: 2+800) se realizará un Bacheo, mientras que desde la (abs: 2+800 – abs: 6+400) se realizará un Recapeo, así mismo desde la (abs: 6+400 – abs: 9+200), se realizará un doble tratamiento Superficial como se observa en la Figura 24.

4.3.1 BACHEO



El área total a bachear se determina mediante la suma de las áreas a bachear individuales de cada sección que van desde la primera hasta la número 19 como se indica en la Tabla 51 que es un resumen del inventario de fallas presentado en el ANEXO 3.

*Tabla 51: Áreas a Bachear por Sección que componen el primer Tramo a Rehabilitarse.
Fuente: Autores.*

SECCIÓN	Área a bachear (m²)
Sección 1	9.77
Sección 2	19
Sección 3	2.03
Sección 4	0
Sección 5	42.15
Sección 6	25.1
Sección 7	6.15
Sección 8	16.31
Sección 9	2.19
Sección 10	4.8
Sección 11	17.05
Sección 12	1.18
Sección 13	9.58
Sección 14	0.75
TOTAL	156.06

El costo de la intervención se determina al multiplicar el costo del metro cuadrado con una media de 3 pulgadas de espesor por el área total a intervenir.

*Tabla 52: Determinación de los Costos de Bacheo.
Fuente: Autores.*

BACHEO		
P. Unitario (\$/m ²)	Área a bachearse (m ²)	Costo de Intervención
20.5	156.06	3199.23



El costo de intervenir el Tramo 1 es decir un área de 665.17 metros cuadrados con bacheo con un espesor de 3 pulgadas tiene un costo 13635.99 USD.

En la Tabla 53 se muestra el índice y la clasificación según el PCI actual y el que se obtendría al realizar un bacheo y subsanar las fallas referentes a esta intervención. En la cual se demuestra que se pasa de tener el 64% de secciones en buen estado a tener el 86%.

Tabla 53: PCI de las secciones del Tramo 1 sin intervenir e intervenida con bacheo
Fuente: Autores.

SECCIÓN	SIN INTERVENIR	BACHEO
Sección 1	84 BUENO	92 BUENO
Sección 2	65 REGULAR	91 BUENO
Sección 3	92 BUENO	100 BUENO
Sección 4	94 BUENO	94 BUENO
Sección 5	62 REGULAR	79 BUENO
Sección 6	78 BUENO	84 BUENO
Sección 7	85 BUENO	89 BUENO
Sección 8	78 BUENO	84 BUENO
Sección 9	59 REGULAR	71 REGULAR
Sección 10	82 BUENO	93 BUENO
Sección 11	64 REGULAR	81 BUENO
Sección 12	61 REGULAR	63 REGULAR
Sección 13	76 BUENO	91 BUENO
Sección 14	93 BUENO	100 BUENO

4.3.2 RECAPEO

Las secciones a ser intervenidas van desde la 15 hasta el número 27 como se indica en la Tabla 53 que es un resumen del inventario de fallas presentado en el ANEXO 3. Para realizar el recapeo es necesario realizar un bacheo previo.



Tabla 54: Áreas a Bachear por Sección que Componen el Segundo Tramo a Rehabilitarse.

Fuente: Autores.

SECCIÓN	Área a bachear (m²)
Sección 15	43.49
Sección 16	21.88
Sección 17	223.3
Sección 18	153.31
Sección 19	67.13
Sección 20	105.51
Sección 21	346.75
Sección 22	131.64
Sección 23	124.99
Sección 24	33.44
Sección 25	198.54
Sección 26	24.59
Sección 27	25.71
Sección 28	52.08
Sección 29	18.82
Sección 30	99.65
Sección 31	85.19
Sección 32	84.77
Sección 33	41.54
TOTAL	1882.33

El costo total de la intervención se obtiene al sumar el costo del bacheo y el costo del recapeo, lo cual se determina a partir de la suma de las áreas individuales a bachear y la suma de las áreas de las secciones a recapear por su respectivo costo por metro cuadrado.

Tabla 55: Determinación de Costos de Intervención por Recapeo.

Fuente: Autores.

DESCRIPCIÓN	P. Unitario (\$/m²)	Área (m²)	Costo de intervención
BACHEO	20.5	1882.33	38587.77
RECAPEO	14.23	28440	404701.2
TOTAL			443288.97



El costo de intervenir 3.8 kilómetros que comprende el Tramo 3 con bacheo es de 38587.77 USD. Y el costo del total de la intervención con doble tratamiento superficial bituminoso tiene un costo de 443288.97 USD

En la Tabla 56 se muestra el índice y la clasificación según el PCI actual, el que se obtendría al realizar bacheo y subsanar las fallas referentes a esta intervención y el que se obtendría al realizar un bacheo y recapeo a la vez y subsanar las fallas referentes a esta intervención. En la cual se demuestra que se pasa de no tener secciones en buen estado a tener el 26% al realizar el bacheo y a tener el 100% al realizar la intervención de recapeo.

Tabla 56: PCI de las secciones del Tramo 2 sin intervenir, intervenida con bacheo y bacheo y doble tratamiento superficial bituminoso DTSB
Fuente: Autores.

SECCIÓN	SIN INTERVENIR	BACHEO	RECAPEO
Sección 15	40 POBRE	63 REGULAR	96 BUENO
Sección 16	39 POBRE	51 REGULAR	100 BUENO
Sección 17	46 POBRE	68 REGULAR	100 BUENO
Sección 18	16 FALLADO	72 REGULAR	82 BUENO
Sección 19	38 POBRE	67 REGULAR	100 BUENO
Sección 20	25 FALLADO	62 REGULAR	100 BUENO
Sección 21	8 FALLADO	48 POBRE	100 BUENO
Sección 22	25 FALLADO	67 REGULAR	100 BUENO
Sección 23	19 FALLADO	66 REGULAR	100 BUENO
Sección 24	41 POBRE	64 REGULAR	100 BUENO
Sección 25	13 FALLADO	74 REGULAR	100 BUENO
Sección 26	48 POBRE	67 REGULAR	100 BUENO
Sección 27	53 REGULAR	74 REGULAR	100 BUENO
Sección 28	34 POBRE	81 BUENO	100 BUENO
Sección 29	53 REGULAR	80 BUENO	94 BUENO
Sección 30	53 REGULAR	93 BUENO	100 BUENO
Sección 31	30 POBRE	70 REGULAR	88 BUENO
Sección 32	37 POBRE	76 BUENO	100 BUENO
Sección 33	43 POBRE	91 BUENO	100 BUENO



4.3.3 DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO, DTSB.

Para realizar el doble tratamiento superficial bituminoso es necesario realizar un bacheo previo. Las secciones a ser intervenidas van desde la 28 hasta el número 46 como se indica en la Tabla 55 que es un resumen del inventario de fallas presentado en el ANEXO 3.

Tabla 57: Áreas a Bachear por Sección que Componen el Tercer Tramo a Rehabilitarse.

Fuente: Autores.

SECCIÓN	Área a bachear (m²)
Sección 34	56.76
Sección 35	12.67
Sección 36	46.94
Sección 37	72.16
Sección 38	70.93
Sección 39	55.5
Sección 40	34.15
Sección 41	40.1
Sección 42	27.3
Sección 43	67
Sección 44	101.04
Sección 45	29.22
Sección 46	64.36
TOTAL	678.13

El costo total de la intervención se obtiene al sumar el costo del bacheo y el costo del doble tratamiento superficial bituminoso DTSB; que se determina a partir de la suma de las áreas individuales a bachear y la suma de las áreas de las secciones a realizar el doble tratamiento superficial bituminoso, cada uno se multiplica por su respectivo costo unitario.

Tabla 58: Áreas a Bachear por Sección que Componen el Tercer Tramo a Rehabilitarse.

Fuente: Autores.

DESCRIPCIÓN	P. Unitario (\$/m ²)	Área (m ²)	Costo de intervención
BACHEO	20.5	678.13	13901.67
DTSB	6.29	19760	124290.4
TOTAL			138192.07

El costo de intervenir 3.6 kilómetros que comprende el Tramo 2 con bacheo es de 13901.67 USD. Y el costo del total de la intervención con doble tratamiento superficial bituminoso tiene un costo de 138192.07 USD

En la Tabla 58 se muestra el índice y la clasificación según el PCI actual, el que se obtendría al realizar bacheo y subsanar las fallas referentes a esta intervención y el que se obtendría al realizar un bacheo y doble tratamiento superficial bituminoso a la vez y subsanar las fallas referentes a esta intervención. En la cual se demuestra que se pasa de tener el 8% de secciones en buen estado a tener el 46% al realizar el bacheo y a tener el 92% al realizar la intervención de doble tratamiento superficial bituminoso.

Tabla 59: PCI de las secciones del Tramo 2 sin intervenir, intervenida con bacheo y bacheo y doble tratamiento superficial bituminoso DTSB

Fuente: Autores.

SECCIÓN	SIN INTERVENIR	BACHEO	DOBLE TRATAMIENTO
Sección 34	37 POBRE	69 REGULAR	98 BUENO
Sección 35	67 REGULAR	71 REGULAR	79 BUENO
Sección 36	46 POBRE	69 REGULAR	100 BUENO
Sección 37	36 POBRE	75 REGULAR	76 BUENO
Sección 38	31 POBRE	68 REGULAR	80 BUENO
Sección 39	78 BUENO	87 BUENO	100 BUENO
Sección 40	67 REGULAR	91 BUENO	95 BUENO
Sección 41	59 REGULAR	83 BUENO	89 BUENO
Sección 42	63 REGULAR	75 REGULAR	95 BUENO
Sección 43	57 REGULAR	85 BUENO	95 BUENO
Sección 44	37 POBRE	76 BUENO	83 BUENO
Sección 45	60 REGULAR	82 BUENO	97 BUENO
Sección 46	27 POBRE	54 REGULAR	56 REGULAR



4.3.4 PRIORIZACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE IMPLEMENTACIÓN

En la Tabla 60 se presenta el costo de las intervenciones para cada tramo en los que se ha segmentado la vía según los resultados de la evaluación. El costo total de intervenir los 3 tramos es de 584600.27 USD, sin embargo, al no disponer del total del presupuesto es necesario notar que el bacheo representa el 9.5% de este presupuesto es decir 55608.67 USD lo cual mejora la condición del pavimento del 22% de secciones buenas sin intervención al 50% después de intervenir con bacheo. Teniendo en cuenta que el presupuesto anual que maneja la agencia es de 10,000USD (Ver Apartado 3.3.5) sería viable realizar el bacheo por fases comenzando por las secciones más deterioradas, de manera que en 5 años se pueda recuperar en gran parte la condición de la vía y teniendo en cuenta que en periodos de 7 años se presupuesta una intervención por recapeo en la agencia responsable, lo que lograría que el 100% de las secciones alcancen un buen estado.

*Tabla 60: Costo en dólares (USD) de las intervenciones por tramos
Fuente: Autores.*

TRAMO	BACHEO	DOBLE TRATAMIENTO	RECAPEO	COSTO TOTAL
1	3119.23			3119.23
2	38587.77	404701.2		443288.97
3	13901.67		124290.4	138192.07
TOTAL	55608.67	404701.2	124290.4	584600.27



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se desarrolló un Sistema de Gestión de la Infraestructura Vial de la ruta Miraflores – Sinincay – Racar; que comprende un inventario, la evaluación de la condición del pavimento, la priorización de tramos, la predicción de condiciones futuras y la implementación de las alternativas de mantenimiento.

- Se realizó un inventario de los elementos principales que componen la infraestructura vial del tramo Miraflores – Sinincay – Racar y de los tipos de deterioros, severidad, y geometría existente a lo largo de los 9.2 kilómetros de pavimento flexible con sección variable de 7.4 y 7.6 metros, que conforman esta ruta.

- Se realizó la evaluación superficial del pavimento mediante los métodos del PCI y *Windshield Survey* y se determinó que de los cinco tramos en los que se dividió la vía; el primero y el segundo se encuentran en estado *MUY BUENO* (PCI promedio de 14 subsecciones de 77), el tercero en estado *POBRE* (PCI promedio de 11 subsecciones de 28), y el cuarto y quinto en estado *REGULAR* (PCI promedio de 21 subsecciones de 49). Donde las principales fallas son piel de cocodrilo, baches y agrietamiento.

- Se realizó la priorización mediante: 1. La categorización de las secciones en *BUENOS*, *REGULARES*, *POBRES* y *FALLADOS* de acuerdo a la escala de deterioro determinado por los índices de condición superficial del pavimento. 2. La evolución del índice de condición (PCI) que las



secciones asumirían al aplicar las intervenciones que dispone la agencia responsable de la conservación y mantenimiento de la vía

- Se desarrollaron matrices de probabilidad de transición de Márkov, según el estado de las secciones, para proyectar las condiciones futuras de acuerdo a las estrategias de mantenimiento y rehabilitación que maneja la agencia responsable de la vía como son; *bacheo*, *doble tratamiento superficial bituminoso* y *recapeo*. Con lo que se determinó que aproximadamente a partir de los 5 primeros años comienzan a estabilizarse los estados de la vía.
- Las matrices de transición de Márkov determinan que a los 5 años se tiene en los estados de *BUENO*, *REGULAR*, *POBRE* y *FALLADO*, de acuerdo a la intervención que se realice, respectivamente: con *bacheo* el 20%, 15%, 45% y 20%, con *doble tratamiento superficial bituminoso* el 77%, 20%, 3% y 0%, con *recapeo* el 52%, 25%, 17% y 6% y sin ninguna intervención 9%, 8%, 14% y 69%
- Se realizó la planificación para la implementación adecuada de las alternativas desarrolladas por el GAD municipal de Cuenca en base a los costos de intervención, donde se propone intervenir con *bacheo* el total de las secciones comenzando por las más deterioradas (tomando en cuenta el presupuesto limitado de 10000 USD que se maneja anualmente para el mantenimiento de la vía), se lograría que un 10% adicional de secciones al año pasen a estar en estado *BUENO*. Y en 7 años se lograría que el total de las secciones pasen a estado *BUENO* debido al *recapeo* que tiene presupuestado la agencia.



5.2 RECOMENDACIONES

Con respecto al Inventario y la Evaluación

- Para realizar futuras evaluaciones en la vía se puede utilizar el método *Windshield Survey*, que proporciona resultados similares a los obtenidos con el método del PCI con una menor inversión de tiempo y equipo, sin embargo, es necesario tener en cuenta que este método no considera ciertas fallas contempladas en el PCI por lo que los resultados se deben manejar con cierto recato.
- Las metodologías ASTM 6433 y VDOT son válidas, con la diferencia que la metodología *Windshield Survey* realiza la evaluación de manera general considerando las 4 fallas que son más influyentes en el deterioro del pavimento; Piel de cocodrilo, grietas transversales, ahuellamiento y parcheo. Mientras que el método (PCI), considera diecinueve fallas. Por lo que se recomienda que el índice (CCI) puede ser usado como una herramienta de programación prioritaria, pero es menos útil para procesos de optimización.

Con respecto a la Priorización:

- Al no existir datos exactos de las fallas e intervenciones realizados en los años anteriores, para el desarrollo del Sistema de Gestión de la Infraestructura Vial del Tramo Miraflores – Sinincay - Racar, se han tomado en cuenta diversas consideraciones para realizar las matrices de transición de Márkov que podrían ajustarse de mejor manera a la realidad de la vía al retroalimentarlo con los datos de futuras evaluaciones e intervenciones.



Con respecto a la Implementación:

- Las alternativas ideales a implementarse para una conservación óptima se ven limitadas por el presupuesto, por lo que se recomienda realizar las intervenciones por fases, invirtiendo el presupuesto en bacheo, y de esta manera, según el ejercicio de priorización realizado, lograr un 10% adicional de secciones en estado *BUENO*.

Con respecto al Sistema de Gestión Integral:

- El presente Sistema de Gestión pretende ser un instrumento de apoyo para el GAD Municipal de Cuenca, entidad encargada del tramo Miraflores – Sinincay – Racar, para una gestión más organizada de los recursos destinados al mantenimiento de esta infraestructura, por lo que se recomienda ajustarlo a las necesidades cambiantes año a año.

Con respecto a las particularidades de la vía:

- Debido a que existen 3 fallas geológicas en la vía se recomienda realizar un estudio geológico de estas zonas, para generar alternativas de solución que controlen su deterioro prematuro y mantener el pavimento en mejor estado por más tiempo, con intervenciones definitivas.



BIBLIOGRAFÍA


- [1] US Department of Transportation, «Asset Management Data Collection for Supporting Decision Processes,» US, 2016.
- [2] Haas R., «Pavement management for airports, roads and parking lots.» Canadian Journal of Civil Engineering, 22(4), 845-846, 1995.
- [3] USAID. United States Agency International, «Guía práctica para elaboración de inventario de vías,» Del pueblo de los Estados Unidos, Colombia, 2016.
- [4] ASTM D6433, American Society for Testing and Materials. (2004). «Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos.» Estados Unidos, 2004.
- [5] NEVI, Normativa Ecuatoriana de Vialidad, «Norma para estudio y diseño vial,» Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Ecuador, 2012.
- [6] VDOT, Transportation: State of the Pavement, 2006 «Interstate and Primary Flexible Pavements,» 2006.
- [7] Mogrovejo D., Apolo D., «A sustainable management system for the city of Gualaceo - Ecuador,» de *IRF GLOBAL R2T Conference*, Las Vegas, NV, USA, 2018.
- [8] Kohan D., «Cadenas de Markov,» de *Métodos estadísticos en ciencias de la vida*, Concepción, Uruguay, 2014.
- [9] Carpio, F., «Sistema institucional para la gestión de estrategias de planificación y conservación de caminos rurales en la provincia del Azuay,» *Universidad de Cuenca, Facultad de Ingenierías*, p. 43, 2017.
- [10] Jugo B., «Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles,» Caracas, Venezuela, 2005.
- [11] Becerra, A., Sánchez, P. «Evaluación de la condición del pavimento del sector El Valle y su marco sostenible, Cuenca, Ecuador»: Universidad de Cuenca, 2018.
- [12] Dirección de vialidad, «Gobierno de Chile,» 03 2015. [En línea]. Available: [http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/laboratorionacional/MaterialCursos/Trat%20Superf%20%20\[Modo%20de%20compatibilidad\].pdf](http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/laboratorionacional/MaterialCursos/Trat%20Superf%20%20[Modo%20de%20compatibilidad].pdf). [Último acceso: 25 09 2019].
- [13] Orozco J., Téllez R., Solorio R., & Sánchez M. «Sistema de Evaluación de Pavimentos,» Sanfandilia, Queretaro, 2004.

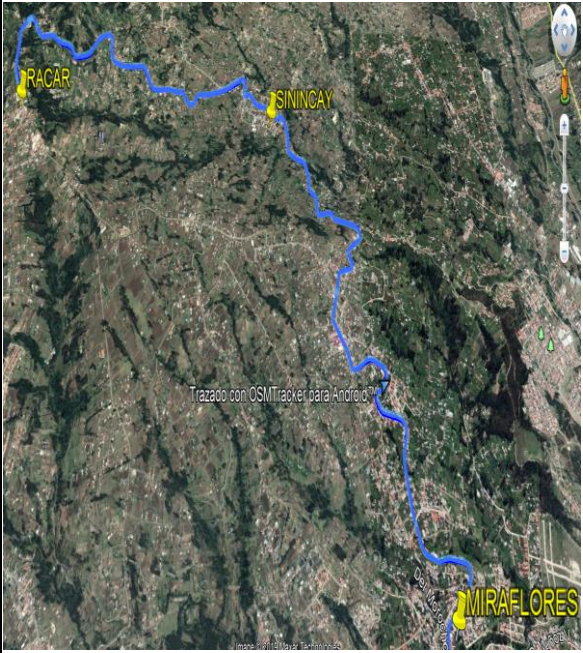


- [14] Beltrán A., «Costos y presupuestos,» Tepic: Instituto Tecnológico de Tepic, 2012.
- [15] Peñaloza S., Calle G. «Sistema de gestión sostenible de pavimentos aplicado a las vías y parqueaderos de la Universidad de Cuenca,» Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador, 2017.
- [17] US. HIGHWAYS (. L. C. C. Analysis y R. C. U. Manual., Sectorial, I., & Wulff, F. (2010). INFRAESTRUCTURAL TRANSPORTE MANTENIMIENTO VIAL, 2010.
- [18] IMT, Instituto Mexicano de Transporte «Aplicación de métodos markóvianos en el modelado del deterioro de carreteras.» Publicación técnica No. 396. Sanfandila, Queretaro, México, 2014..
- [19] Montejo A. «Ingeniería de Pavimentos para Carreteras Tomo I,» Universidad Católica de Colombia, Bogotá, 2002.
- [20] Yesquén I. «Gestión y conservación de pavimentos flexibles, a tra ves del índice de desempeño PCI en el entorno del distrito de surquillo-lima,» Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú, 2016
- [21] I. A. Y. (. Granda, Granda, I. A. Y. (2016). «Gestión y conservación de pavimentos flexibles a través del índice de desempeño pci en el entorno del distrito de surquillo lima”. repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/568/CIV-YES-GRA-16.pdf?sequence=1, 2016.
- [22] C. V. Pereda Huamán, «Índice de condición de pavimento de la carretera Cajamarca-La Colpa.» 2014. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/498>, 2014.
- [23] MTCP, Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú, 2013.
- [26] Lam, P., «MCMC Methods: Gibbs Sampling and the Metropolis-Hastings Algorithm., 2008.
- [27] El Tiempo. «[https://www.eltiempo.com.ec/noticias/region/12/artesanos-de-sinincay-expertos-en-ladrillos,](https://www.eltiempo.com.ec/noticias/region/12/artesanos-de-sinincay-expertos-en-ladrillos)» [En línea].
- [28] F.H.A, « Federal Highway Administration: [https://www.fhwa.dot.gov,](https://www.fhwa.dot.gov)» 1999. [En línea].
- [29] Garcés G. «Evaluación vial y plan de rehabilitación y mantenimiento de la vía Azogues - Cojitambo - Deleg - La Raya», Cuenca - Ecuador: Universidad de Cuenca, 2017.

ANEXOS

ANEXO 2. HOJA DE CAMPO MÉTODO WINDSHIELD SURVEY

 UNIVERSIDAD DE CUENCA		WINDSHIELD PAVEMENT RATING COLLECTION DATA FLEXIBLE PAVEMENT	
Tramo de Vía:			
Evaluado Por:			
Fecha:			
Longitud:			
Tipo de Pavimento:			
TIPOS DE FALLAS			
DETERIOROS	NIVELES DE SEVERIDAD	DEFINICIÓN	COMO CONTAR
Alligator Cracking Piel de cocodrilo (incluye grietas selladas)	No severo	Grieta longitudinal	Raro - menos del 10% del área de la vía
	Severo	Desprendimiento de grietas interconectadas	Ocasional - 10 al 50 % del área de la vía
	Muy severo	Agrietamiento y Desprendimiento	Frecuente - sobre el 50 % del área de la vía
Transverse and Reflect Cracking Grietas transversales y reflexión	No severo	Grieta visible	
	Severo Muy severo	Grieta abierta Desprendimiento y/o agrietamiento adyacente	Usar el conteo de grietas
Rutting Abuellamiento	Menos de 1/2 pulgada o	Capacidad para estancarse el agua	Raro
	Mayor de 1/2 pulgada		Extendido en la vía
Patching Parcheo	Si/No	Si - ciertos parches en la sección analizar No - no hay parcheo en la sección analizar	Menos del 10 % del área de la sección del pavimento analizada Mayor del 10 % del área de la vía.



DISTRESS	FREQUENCY	SEVERITY	DV
ALLIGATOR	None Rare Occasional Frequent	NS S VS	
TRANSVERSE (BIT)	Crack Count	NS S	
REFLECTION (BOJ)	Crack Count	NS S VS	
RUTTING	None Rare Videspread	≤1/2" ≥1/2"	
PATCHES	None Yes	≤10% ≥10%	
LDR = 100 - Deduct Alligator Crk - Deduct Rutting - Deduct Patching		LDR =	
NDR = 100 - Deduct Transverse or Reflection - Deduct Patching		NDR =	
CCI =		CLASIFICACIÓN :	

ANEXO 3. INVENTARIO DE FALLAS E INTERVENCIONES PARA CADA SECCIÓN DE LA VÍA, MÉTODO PCI

	ÁREA	FALLA Y SEVERIDAD	INTERVENCIÓN		ÁREA	FALLA Y SEVERIDAD	INTERVENCIÓN		ÁREA	FALLA Y SEVERIDAD	INTERVENCIÓN
tramo 1	0.44	1L	NA/REC	tramo	0.31	1L	NA/REC	tramo	0.08	15M	PAR-SPP/FRES y REC
	0.66	1M	PAR/REC/RECO	2	0.97	1M	PAR/REC/RECO	3	0.06	16M	FRES y PAR
área m2	0.13	5L	NA	área m2	0.30	1H	PAR/REC/RECO	área m2			
1480	0.71	10M	DOBLE	1480	0.28	5L	NA	1480			
					1.20	10M	DOBLE				
					0.27	10H	SE-GRI/ PAR				
					0.02	15M	PAR-SPP/FRES y REC				
TOTAL	0.66				1.29				0.14		
tramo 4	1.08	2L	NA/	tramo	0.34	1L	NA/REC	tramo	1.33	1L	NA/REC
	0.15	11M	NA/ SUSTI-PAR	5	0.47	1M	PAR/REC/RECO	6	0.43	1M	PAR/REC/RECO
área m2				área m2	0.19	1H	PAR- PP/REC	área m2	1.22	6M	PAR-SPP



1480				1480	2.03	2L	NA	1480	0.76	10M	DOBLE
					0.32	4L	NA		0.27	10H	SE-GRI/PAR-PA
					1.59	4M	PAR-PP		0.05	16H	FRE/PAR-PP
					0.57	6L	NA				
					0.60	6M	PAR-SPP				
					0.24	11M	NA/ SUSTI-PAR				
					0.61	15M	PAR-SPP/FRES y REC				
TOTAL				2.85			2.360				
tramo	0.82	1L	NA/REC	tramo	0.09	1L	NA/REC	tramo	2.63	1L	NA/REC
7	0.54	11M	NA/ SUSTI-PAR	8	0.64	1M	PAR/REC/RECO	9	0.09	1M	PAR/REC/RECO
área m2	0.078	13M	PAR-PP	área m2	0.41	4M	PAR-PP	área m2	0.76	10L	NA/SE-GRI
1480	0.338	17M	PAR-PARC	1480	0.70	10M	DOBLE	1480	1.17	10M	DOBLE
					1.56	11M	NA/ SUSTI-PAR		2.98	11L	NA
					0.05	13M	PAR-PP		1.86	11M	NA/ SUSTI-PAR
									0.06	13H	PAR-PRO



TOTAL	0.82	0.42		0.79	1.10		0.15				
tramo 10 área m2 1480	0.34	1L	NA/REC	tramo 11 área m2 1480	0.34	1L	NA/REC	tramo 12 área m2 1480	0.11	1L	NA/REC
	0.27	1M	PAR/REC/RECO		0.97	1M	PAR/REC/RECO		0.08	1M	PAR/REC/RECO
	0.57	10M	DOBLE		0.18	1H	PAR/REC/RECO		0.90	18M	NA/RECO
	0.20	11M	NA/ SUSTI-PAR		0.12	11M	NA/ SUSTI-PAR				
	0.05	17M	PAR-PARC		1.08	18M	NA/REC				
					0.26	19M	TRAT-SUP/REC				
TOTAL	0.32			0.60			0.11				
tramo 13 área m2 1480	0.60	1L	NA/REC	tramo 14 área m2 1480	0.05	1M	PAR/REC/RECO	tramo 15 área m2 1480	0.93	1L	NA/REC
	0.50	1M	PAR/REC/RECO				2.48		1M	PAR/REC/RECO	
	0.15	3L	SE-GRI				0.19		1H	PAR- PP/REC	
	0.08	11H	SUS-PAR				0.38		6M	PAR-SPP	
	0.07	13M	PAR-PP				0.82		10M	DOBLE	



									2.95	11L	NA
									8.70	11M	NA/ SUSTI-PAR
									0.11	13H	PAR-PRO
									0.16	15M	PAR-SPP/FRES y REC
									1.75	18L	NA
TOTAL	0.65			0.05					2.94		
tramo	1.93	1L	NA/REC	tramo	0.91	1L	NA/REC	tramo	1.79	1L	NA/REC
16	1.28	1M	PAR/REC/RECO	17	13.45	1M	PAR/REC/RECO	18	1.75	1M	PAR/REC/RECO
área m2	1.68	10M	DOBLE	área m2	0.62	10M	DOBLE	área m2	2.89	1H	PAR- PP/REC
1480	2.11	11L	NA	1480	5.15	11L	NA	1480	4.05	6H	PAR-SPP
	22.53	11M	NA/ SUSTI-PAR		5.38	11M	NA/ SUSTI-PAR		0.47	11M	NA/ SUSTI-PAR
	0.20	13H	PAR-PRO		0.86	11H	SUS-PAR		0.91	11H	SUS-PAR
					0.12	13H	PAR-PRO		0.75	13H	PAR-PRO
					0.66	17L	NA/PAR-PA		1.75	18M	NA/RECO
									0.27	19H	TRAT-SUP/REC/RECO



TOTAL	1.48				15.09				10.35		
tramo	3.49	1L	NA/REC	tramo	2.89	1L	NA/REC	tramo	9.44	1L	NA/REC
	19	2.95	1M		PAR/REC/RECO	20	5.60		1M	PAR/REC/RECO	21
área m2	1.08	7H	PAR-PP	área m2	0.90	1H	PAR- PP/REC	área m2	1.67	1H	PAR- PP/REC
1480	3.92	10M	DOBLE	1480	1.04	10M	DOBLE	1480	0.95	6M	PAR-SPP
	3.34	11M	NA/ SUSTI-PAR		2.25	11L	NA		0.41	7H	PAR-PP
	0.10	13H	PAR-PRO		8.83	11M	NA/ SUSTI-PAR		1.48	10M	DOBLE
	0.41	15M	PAR-SPP/FRES y REC		0.36	13H	PAR-PRO		2.53	11L	NA
	0.73	19M	TRAT-SUP/REC		0.27	15M	PAR-SPP/FRES y REC		10.33	11M	NA/ SUSTI-PAR
									2.25	11H	SUS-PAR
									0.40	13H	PAR-PRO
									0.38	15H	PAR-SPP/REC
TOTAL	4.54				7.13				23.44		
tramo	3.52	1L	NA/REC	tramo	5.22	1L	NA/REC	tramo	2.88	1L	NA/REC
	22	5.02	1M		PAR/REC/RECO	23	6.26		1M	PAR/REC/RECO	24



área m2 1480	2.01	1H	PAR- PP/REC	área m2 1480	0.58	1H	PAR- PP/REC	área m2 1480	0.12	1H	PAR- PP/REC
	1.89	4L	NA		2.68	10M	DOBLE		1.01	7H	PAR-PP
	0.71	6M	PAR-SPP		2.64	11M	NA/ SUSTI-PAR		2.20	10M	DOBLE
	0.64	10M	DOBLE		0.81	13H	PAR-PRO		4.19	11L	NA
	3.89	11M	NA/ SUSTI-PAR		0.67	17L	NA/PAR-PA		4.85	11M	NA/ SUSTI-PAR
	0.75	11H	SUS-PAR		0.14	17M	PAR-PARC		0.06	13M	PAR-PP
	0.41	15M	PAR-SPP/FRES y REC						0.50	13H	PAR-PRO
									0.27	17L	NA/PAR-PA
TOTAL	8.90				8.46				2.26		
tramo 25	2.75	1L	NA/REC	tramo 26	0.92	1L	NA/REC	tramo 27	0.52	1L	NA/REC
	4.55	1M	PAR/REC/RECO		0.78	1M	PAR/REC/RECO		1.27	1M	PAR/REC/RECO
área m2	0.90	1H	PAR- PP/REC	área m2	0.39	4L	NA	área m2	4.51	11L	NA



1480	0.81	4L	NA	1520	15.27	11L	NA	1520	3.72	11M	NA/ SUSTI-PAR
	3.41	6M	PAR-SPP		3.89	11M	NA/ SUSTI-PAR		54.21	12L	NA/TRAT-SUP/REC
	0.98	10M	SELLO GRIETAS		44.61	12L	NA/TRAT-SUP/REC		0.10	13H	PAR-PRO
	17.70	12	NA/TRAT-SUP/REC		0.10	13H	PAR-PRO		0.32	15M	PAR-SPP/FRES y REC
	2.20	13H	PAR-PRO		0.74	15M	PAR-SPP/FRES y REC				
	2.36	15M	PAR-SPP/FRES y REC								
TOTAL	13.42				1.62				1.69		
tramo	0.38	1L	NA/REC	tramo	0.46	1L	NA/REC	tramo	3.16	10M	DOBLE
28	1.23	1M	PAR/REC/RECO	29	0.28	1M	PAR/REC/RECO	30	4.67	11H	SUS-PAR
área m2	0.46	1H	PAR- PP/REC	área m2	0.06	5M	RECON	área m2	1.69	15M	PAR-SPP/FRES y REC
1520	0.72	10M	DOBLE	1520	1.85	11L	NA	1520	0.20	17M	PAR-PARC
	7.24	11L	NA		63.29	12	NA/TRAT-SUP/REC				
	0.79	11M	NA/ SUSTI-PAR		0.36	13H	PAR-PRO				



	1.04	13H	PAR-PRO		0.61	17M	PAR-PARC						
	0.69	15M	PAR-SPP/FRES y REC										
TOTAL	3.42				1.25				6.56				
tramo	3.35	1L	NA/REC	tra	mo	0.37	1L	NA/REC	tra	mo	0.36	1L	NA/REC
31	0.33	1M	PAR/REC/RECO	32	0.59	1M	PAR/REC/RECO	33	0.25	1M	PAR/REC/RECO		
área	1.34	4L	NA	área	0.21	1H	PAR- PP/REC	área	1.01	10M	DOBLE		
m2				m2				m2					
1520	1.99	4M	PAR-PP	1520	0.59	4M	PAR-PP	1520	0.72	13H	PAR-PRO		
	0.49	4H	PAR-PP/REC		0.46	6L	NA		2.01	15M	PAR-SPP/FRES y REC		
	1.20	10M	DOBLE		5.20	10M	DOBLE		0.93	19L	NA/SE-SUP/TRAT-SUP		
	0.71	11M	NA/ SUSTI-PAR		1.64	11M	NA/ SUSTI-PAR						
	0.33	13M	PAR-PP		0.22	13H	PAR-PRO						
	1.23	13H	PAR-PRO		3.96	15M	PAR-SPP/FRES y REC						
	1.11	15M	PAR-SPP/FRES y REC		0.68	17L	NA/PAR-PA						
	0.13	17M	PAR-PARC										
	0.97	18M	NA/RECON										



TOTAL	5.61				5.57				2.73		
tramo	2.57	1L	NA/REC	tramo	0.31	1L	NA/REC	tramo	3.96	1L	NA/REC
34	0.52	1M	PAR/REC/RECO	35	1.47	3L	SE-GRI/RIE-SEL	36	1.18	3H	SE-GRI/REC
área m2	0.16	1H	PAR- PP/REC	área m2	0.14	6L	NA	área m2	0.49	4M	PAR-PP
1520	0.59	4L	NA	1520	3.50	10M	DOBLE	1520	1.45	6M	PAR-SPP
	1.32	4M	PAR-PP		1.23	11M	NA/ SUSTI-PAR		16.07	12	NA/TRAT-SUP/REC
	0.88	6M	PAR-SPP		7.30	12L	NA/TRAT-SUP/REC		0.06	13M	PAR-PP
	0.70	10M	DOBLE		0.08	13M	PAR-PP		0.48	13H	PAR-PRO
	48.68	12	NA/TRAT-SUP/REC		0.75	15M	PAR-SPP/FRES y REC		0.16	15M	PAR-SPP/FRES y REC
	0.63	13H	PAR-PRO		1.29	18L	NA		0.46	17M	PAR-PARC
	2.68	15L	NA/REC		1.46	18M	NA/RECON		5.09	19L	NA/SE-SUP/TRAT-SUP
	0.23	17M	PAR-PARC		0.50	19M	TRAT-SUP/REC				
TOTAL	3.74				0.83				3.10		
tramo	1.58	3L	SE-GRI/RIEGO SELLO	tramo	1.50	1L	NA/REC	tramo	0.86	1L	NA/REC



41	0.49	4L	NA	42	0.59	4L	NA	43	0.26	1M	PAR/REC/RECO
área m2	1.18	7L	NA/SE-GRI	área m2	4.46	10L	NA/SE-GRI	área m2	0.95	10M	DOBLE
1520	2.54	10L	NA/SE-GRI	1520	1.94	10M	DOBLE	1520	34.08	12	NA/TRAT-SUP/REC
	3.53	10M	DOBLE		43.82	12L	NA/TRAT-SUP/REC		4.14	15M	PAR-SPP/FRES y REC
	0.10	13H	PAR-PRO		1.80	15M	PAR-SPP/FRES y REC		0.95	17L	NA/PAR-PA
	1.51	15M	PAR-SPP/FRES y REC		0.79	17L	NA/PAR-PA				
	2.03	17L	NA/PAR-PA		0.34	19L	NA/SE-SUP/TRAT-SUP				
	1.03	17M	PAR-PARC								
	0.41	19M	SE-SUP/TRA-SUP/REC								
TOTAL	2.64				1.80				4.40		
tramo	1.38	1L	NA/REC	tramo	0.99	1L	NA/REC	tramo	1.32	1L	NA/REC
44	3.82	1M	PAR/REC/RECO	45	0.39	1M	PAR/REC/RECO	46	1.78	1M	PAR/REC/RECO
área m2	1.01	10M	DOBLE	área m2	2.49	3L	SE-GRI/RIEGO SELLO	área m2	4.57	3L	SE-GRI/RIEGO SELLO



1520	1.22	11M	NA/ SUSTI-PAR	1520	0.92	3M	SE-GRI/ESCARIFICADO/REC	1520	2.57	4L	NA
	34.08	12	NA/TRAT-SUP/REC		0.16	11M	NA/ SUSTI-PAR		0.08	6L	NA
	0.15	13H	PAR-PRO		0.05	13M	PAR-PP		0.66	7L	NA/SE-GRI
	2.67	15M	PAR-SPP/FRES y REC		0.20	13H	PAR-PRO		3.22	10M	DOBLE
	1.33	18M	NA/RECON		0.59	15M	PAR-SPP/FRES y REC		0.49	11L	NA
					1.57	10M	DOBLE		2.38	11M	NA/ SUSTI-PAR
					0.69	17M	PAR-PARC		33.50	12	NA/TRAT-SUP/REC
									0.14	13M	PAR-PP
									0.60	13H	PAR-PRO
									1.71	15M	PAR-SPP/FRES y REC
						2.26	18L	NA			
						1.00	18H	RECO			
TOTAL	6.64				1.92				4.23		



BACHEO



DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO



RECAPEO



RECONSTRUCCIÓN





ANEXO 4. INVENTARIO DE FALLAS PARA CADA SECCIÓN DE LA VÍA, MÉTODO WINDSHIELD SURVEY

UNIDAD	SECCIÓN	ABCISA		P A T O L O G I A S																																
		INICIAL	FINAL	1				2				3				4				5																
		m	m	PIEL DE COCODRILO (ALIGATOR)				GRIETAS TRANSVERSALES (TRANSVERSE BIT)				REFLEXIÓN (REFLECTION BIT)				AHUELLAMIENTO (RUTTING)				PARCHED (PATCHES)																
		FRECUENCIA		SEVERIDAD		FRECUENCIA		SEVERIDAD		FRECUENCIA		SEVERIDAD		FRECUENCIA		SEVERIDAD		FRECUENCIA		SEVERIDAD																
				None	Rare	Occasional	Frequent	NS	S	VS	DV	CRACK COUNT	NS	S	VS	DV	CRACK COUNT	NS	S	VS	DV	None	Rare	Videspread	≤1/2"	≥1/2"	DV	None	Yes	≤10%	≥10%	DV				
PUENTE CARLOS CRESPI - MIRAFLORES																																				
TRAMO I	1	0+00	0+200		X			X					2	X				0							X								X			
	2	0+200	0+400				X						3	X				0							X								X			
	3	0+400	0+600		X			X					0					0							X								X	X		
	4	0+600	0+800	X									0					0							X								X	X		
	5	0+800	1+000				X		X				1	X				0								X		X					X	X		
MIRAFLORES - CRUCE DEL CARMEN																																				
TRAMO II	6	1+000	1+200		X			X					0				0							X		X						X				
	7	1+200	1+400				X		X				3		X			0						X		X						X	X			
	8	1+400	1+600		X			X					0					0						X		X						X		X		
	9	1+600	1+800		X			X					0					0						X		X						X		X		
	10	1+800	2+000		X			X					0					0						X		X						X		X		
	11	2+000	2+200		X			X					1	X				0						X		X						X	X			
	12	2+200	2+400		X			X					0					0						X		X						X	X			
	13	2+400	2+600		X			X					0					0						X		X						X		X		
14	2+600	2+800	X									0					0						X		X						X		X			
CRUCE DEL CARMEN - CENTRO PARROQUIAL SININCAY																																				
TRAMO III	15	2+800	3+000				X		X				0				0							X		X						X		X		
	16	3+000	3+200		X			X					0					0						X		X						X		X		
	17	3+200	3+400				X		X				1		X			0						X		X						X		X		
	18	3+400	3+600				X		X				0					0						X		X						X	X			
	19	3+600	3+800				X		X				0					0						X		X						X		X		
	20	3+800	4+000		X			X					0					0						X		X						X		X		
	21	4+000	4+200		X			X					0					0						X		X						X		X		
	22	4+200	4+400				X		X				0					0						X		X						X		X		
	23	4+400	4+600				X		X				0					0						X		X						X		X		
	24	4+600	4+800		X			X					0					0						X		X						X		X		
25	4+800	5+000				X		X				3	X				0						X		X						X		X			
CENTRO PARROQUIAL SININCAY - LAS COCHAS																																				
TRAMO IV	26	5+000	5+200		X			X					1	X			0							X		X						X		X		
	27	5+200	5+400		X			X					0					0						X		X						X		X		
	28	5+400	5+600		X			X					0					0						X		X						X		X		
	29	5+600	5+800		X			X					0					0						X		X						X		X		
	30	5+800	6+000		X			X					0					0							X		X					X		X		
	31	6+000	6+200				X		X				0					0						X		X						X		X		
	32	6+200	6+400		X			X					11	X				0						X		X						X		X		
	33	6+400	6+600	X									0					0						X		X						X		X		
	34	6+600	6+800				X		X				3	X				0						X		X						X		X		
	35	6+800	7+000		X			X					5	X				0						X		X						X		X		
36	7+000	7+200		X			X					2	X				0						X		X						X		X			
37	7+200	7+400		X			X					6	X				0						X		X						X		X			
LAS COCHAS - RACAR																																				
TRAMO V	38	7+400	7+600				X		X				4	X			0							X		X						X		X		
	39	7+600	7+800		X			X					0					0						X		X						X		X		
	40	7+800	8+000		X			X					0					0						X		X						X		X		
	41	8+000	8+200				X		X				0					0						X		X						X		X		
	42	8+200	8+400		X			X					0					0						X		X						X		X		
	43	8+400	8+600		X			X					2	X				0						X		X						X		X		
	44	8+600	8+800		X			X					0					0						X		X						X		X		
	45	8+800	9+000		X			X					0					0						X		X						X		X		
	46	9+000	9+200		X			X					3	X				0						X		X						X		X		

ANEXO 5. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN POR LOS MÉTODOS PCI Y WINDSHIELD

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN: VÍA MIRAFLORES - SININCAY - RACAR													
MÉTODO PCI						MÉTODO WHINSHIELD							
TRAMO	S E C C I Ó N	ABSCISADO		PCI	RANGO PCI CLASIFICACIÓN		ESTADO ACTUAL DE LA VÍA	ICC	RANGO CCI CLASIFICACIÓN		ESTADO ACTUAL DE LA VIA		
		INICIAL	FINAL		Índice de condición del pavimento	87 - 100 EXCELENTE			71 - 86 MUY BUENO	90-100 EXCELENTE		70-89 BUENO	60-69 REGULAR
TRAMO I PUENTE CARLOS CRESPI MIRAFLORES	1	0+00	0+200	84	MUY BUENO		79	B	83	BUENO		73	B
	2	0+200	0+400	65	BUENO			M	81	BUENO			U
	3	0+400	0+600	92	EXCELENTE			U	70	BUENO			E
	4	0+600	0+800	94	EXCELENTE			N	87	BUENO			O
	5	0+800	1+000	62	BUENO			O	44	MUY POBRE			O
TRAMO II MIRAFLORES - CRUCE DEL CARMEN	6	1+000	1+200	78	MUY BUENO		75	B M U Y N O	68	REGULAR		64	R E G U L A R
	7	1+200	1+400	85	MUY BUENO				50	POBRE			
	8	1+400	1+600	78	MUY BUENO				46	MUY POBRE			
	9	1+600	1+800	59	BUENO				48	MUY POBRE			
	10	1+800	2+000	82	MUY BUENO				68	REGULAR			
	11	2+000	2+200	64	BUENO				55	POBRE			
	12	2+200	2+400	61	BUENO				55	POBRE			
	13	2+400	2+600	76	MUY BUENO				83	BUENO			
TRAMO III CRUCE DEL CARMEN - CENTRO PARROQUIAL SININCAY	14	2+600	2+800	93	EXCELENTE		28	P O B R E	100	EXCELENTE		35	M U Y P O B R E
	15	2+800	3+000	40	POBRE				34	MUY POBRE			
	16	3+000	3+200	39	POBRE				32	MUY POBRE			
	17	3+200	3+400	46	REGULAR				29	MUY POBRE			
	18	3+400	3+600	16	MUY POBRE				50	POBRE			
	19	3+600	3+800	38	POBRE				29	MUY POBRE			
	20	3+800	4+000	25	MUY POBRE				32	MUY POBRE			
	21	4+000	4+200	8	FALLADO				29	MUY POBRE			
	22	4+200	4+400	25	MUY POBRE				29	MUY POBRE			
	23	4+400	4+600	19	MUY POBRE				42	MUY POBRE			
	24	4+600	4+800	41	REGULAR				55	POBRE			
25	4+800	5+000	13	MUY POBRE		29	MUY POBRE						

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN: VÍA MIRAFLORES - SININCAY - RACAR

MÉTODO PCI											MÉTODO WHINSHIELD				
TRAMO	S E C C I Ó N	ABSCISADO		PCI	RANGO PCI CLASIFICACIÓN		ESTADO ACTUAL DE LA VÍA	ICC	RANGO CCI CLASIFICACIÓN		ESTADO ACTUAL DE LA VIA				
		INICIAL	FINAL		Índice de condición del pavimento	87 - 100 EXCELENTE			71 - 86 MUY BUENO	56 - 70 BUENO		41 - 55 REGULAR	26 - 40 POBRE	11 - 25 MUY POBRE	0 - 10 FALLADO
TRAMO IV CENTRO PARROQUIAL SININCAY - LAS COCHAS	26	5+000	5+200	48	REGULAR		45	R E G U L A R	55	POBRE		53	P O B R E		
	27	5+200	5+400	53	REGULAR				55	POBRE					
	28	5+400	5+600	34	POBRE				55	POBRE					
	29	5+600	5+800	53	REGULAR				68	REGULAR					
	30	5+800	6+000	53	REGULAR				49	MUY POBRE					
	31	6+000	6+200	30	POBRE				29	MUY POBRE					
	32	6+200	6+400	37	POBRE				55	POBRE					
	33	6+400	6+600	43	REGULAR				79	BUENO					
	34	6+600	6+800	37	POBRE				29	MUY POBRE					
	35	6+800	7+000	67	BUENO				62	REGULAR					
36	7+000	7+200	46	REGULAR		49	MUY POBRE								
37	7+200	7+400	36	POBRE		49	MUY POBRE								
SECCIÓN V LAS COCHAS - RACAR	38	7+400	7+600	31	POBRE		53	R E G U L A R	50	POBRE		69	R E G U L A R		
	39	7+600	7+800	78	MUY BUENO				83	BUENO					
	40	7+800	8+000	67	BUENO				83	BUENO					
	41	8+000	8+200	59	BUENO				60	REGULAR					
	42	8+200	8+400	63	BUENO				68	REGULAR					
	43	8+400	8+600	57	BUENO				83	BUENO					
	44	8+600	8+800	37	POBRE				83	BUENO					
	45	8+800	9+000	60	BUENO				65	REGULAR					
	46	9+000	9+200	27	POBRE				49	MUY POBRE					

ANEXO 6. DESCRIPCIÓN DE LOS PRECIOS UNITARIOS Y DE LOS RUBROS DE CADA ALTERNATIVA

Ítem	Código	Descripción	Unidad	P. Unitario
1		Rubros para bacheo		
1.001	503049	Rotura manual de asfalto (entre 2" a 4")	m2	8.48
1.002	504002	Excavación manual material sin clasificar	m3	10.80
1.003	506003	Cargado de material con minicargadora	m3	1.35
1.004	506004	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	2.02
1.005	505010	Base cemento, mezclada con concretera, compactación con plancha vibratoria	m3	73.29
1.006	529010	Imprimación asfáltica manual	m2	1.62
1.007	529024	Colocado de Mezcla Asfáltica en caliente 2" (Bacheo)	m2	9.27
2		Rubros para doble tratamiento superficial bituminoso		
2.001	529001	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	1.13
2.002	500036	Riego Asfáltico 3/4" (Incluye Riego RC-250 y Árido 3/4")	m2	2.62
2.003	529025	Barrido mecánico	m2	0.19
2.004	500035	Riego Asfáltico 3/8" (Incluye Riego RC-250 y Árido 3/8")	m2	2.35
3		Rubros para recapeo		
3.001	529001	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	1.01
3.002	529008	Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	13.22
4		Rubros para reconstrucción		
4.001	504001	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	1.90
4.002	506002	Cargado de material con cargadora	m3	1.36



4.003	506004	Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera	m3	2.21
4.004	506005	Sobreacarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia > 6 Km	m3-Km	0.26
4.005	505001	Subrasante conformación y compactación con equipo pesado	m2	1.27
4.006	505003	Mejoramiento, conformación y compactación con equipo pesado	m3	23.36
4.007	505005	Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	m3	36.68
4.008	529001	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	1.01
4.009	529008	Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	13.22



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Rotura manual de asfalto (entre 2" a 4")

UNIDAD: m2

DETALLE:

CÓDIGO: 503049

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas varias	1	0.4	0.4	0.93	0.37
SUBTOTAL M					0.37
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	3.58	3.58	0.93	3.33
Albañil	1	3.55	3.55	0.93	3.3
Técnico obras civiles	1	3.82	3.82	0.186	0.71
SUBTOTAL N					7.34
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					7.71
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 10.00 %					0.77
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					8.48
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO
					8.48

Diego Patricio Gómez Rodríguez
Juan José Hurtado Piña



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Excavación manual material sin clasificar

UNIDAD: m3

DETALLE:

CÓDIGO: 504002

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas varias	1	0.4	0.4	2.25	0.9
SUBTOTAL M					0.9
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	3.58	3.58	2.25	8.06
Técnico obras civiles	1	3.82	3.82	0.225	0.86
SUBTOTAL N					8.92
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					9.82
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 10.00 %					0.98
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					10.8
VALOR OFERTADO					10.8

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

Diego Patricio Gómez Rodríguez
Juan José Hurtado Piña



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Cargado de material con minicargadora

UNIDAD: m3

DETALLE:

CÓDIGO: 506003

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Minicargadora	1	20	20	0.045	0.9
SUBTOTAL M					0.9
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	3.58	3.58	0.045	0.16
Operador de miniexcavadora / minicargadora con sus aditamentos	1	3.82	3.82	0.045	0.17
SUBTOTAL N					0.33
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.23
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 10.00 %					0.12
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.35
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO
					1.35

Diego Patricio Gómez Rodríguez
Juan José Hurtado Piña



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera

UNIDAD: m3

DETALLE:

CÓDIGO: 506004

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Volqueta 8 m3	1	25	25	0.04	1
SUBTOTAL M					1
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Chofer volquetas (Estr. Oc. C1)	1	5.26	5.26	0.04	0.21
SUBTOTAL N					0.21
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Pago por concepto de disposición de materiales en escombrera	m3	1	0.63	0.63	
SUBTOTAL O					0.63
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.84
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 10.00 %					0.18
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2.02
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO
					2.02

Diego Patricio Gómez Rodríguez
Juan José Hurtado Piña



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Imprimación asfáltica manual

UNIDAD: m2

DETALLE:

CÓDIGO: 529010

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas varias	2	0.4	0.8	0.066	0.05
SUBTOTAL M					0.05
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	2	3.58	7.16	0.066	0.47
SUBTOTAL N					0.47
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Asfalto	gal	0.5	1.58	0.79	
Diesel (Sin Subsidio)	gl	0.15	2.25	0.34	
SUBTOTAL O					1.13
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.65
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 10.00 %					0.17
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.82
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO
					1.82

Diego Patricio Gómez Rodríguez
Juan José Hurtado Piña



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Colocado de Mezcla Asfáltica en caliente 2" (Bacheo)

UNIDAD: m2

DETALLE:

CÓDIGO: 529024

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramientas varias	1	0.4	0.4	0.025	0.01
Volqueta 8 m3	1	25	25	0.025	0.63
Minicargadora con fresadora	1	20	20	0.025	0.5
Plancha vibratoria	1	4.5	4.5	0.025	0.11
SUBTOTAL M					1.25
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	8	3.58	28.64	0.025	0.72
Chofer volquetas (Estr. Oc. C1)	1	5.26	5.26	0.025	0.13
Operador de miniexcavadora / minicargadora con sus aditamentos	1	3.82	3.82	0.025	0.1
SUBTOTAL N					0.95
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Mezcla Asfáltica Caliente	m3	0.0508	90	4.57	
Imprimación asfáltica manual	m2	1	1.47	1.47	
SUBTOTAL O					6.04
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
Transporte de mezcla asfáltica	m3/km	0.762	0.25	0.19	
SUBTOTAL P					0.19
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					8.43

Diego Patricio Gómez Rodríguez
Juan José Hurtado Piña



**ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN
IVA.**

INDIRECTOS Y UTILIDADES: 10.00 %	0.84
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	0
COSTO TOTAL DEL RUBRO	9.27
VALOR OFERTADO	9.27



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Imprimación asfáltica con barrido mecánico

UNIDAD: m2

DETALLE:

CÓDIGO: 529001

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Tanquero distribuidor de asfalto	1	42	42	0.005	0.21
Escoba mecánica	1	17.5	17.5	0.005	0.09
SUBTOTAL M					0.3
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	4	3.58	14.32	0.005	0.07
Operador de Distribuidor de asfalto	1	3.82	3.82	0.005	0.02
Operador de barredora autopropulsada	1	3.82	3.82	0.005	0.02
SUBTOTAL N					0.11
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Asfalto	gal	0.2838	1.58	0.45	
Diésel (Sin Subsidio)	gl	0.07663	2.25	0.17	
SUBTOTAL O					0.62
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.03
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 10.00 %					0.1
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.13

Diego Patricio Gómez Rodríguez
Juan José Hurtado Piña



ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

VALOR OFERTADO

1.13



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Riego Asfáltico 3/4" (Incluye Riego RC-250 y Arido 3/4")

UNIDAD: m2

DETALLE:

CÓDIGO: 500036

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Minicargadora	1	20	20	0.005	0.1
Rodillo Vibratorio	1	35	35	0.005	0.18
Volqueta 8 m3	1	25	25	0.005	0.13
Tanquero distribuidor de asfalto	1	42	42	0.005	0.21
Rodillo Neumático	1	32.21	32.21	0.005	0.16
Distribuidor de Agregados	1	42.16	42.16	0.005	0.21
SUBTOTAL M					0.99
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Operador de rodillo autopropulsado	2	3.82	7.64	0.005	0.04
Chofer volquetas (Estr. Oc. C1)	1	5.26	5.26	0.005	0.03
Peón	4	3.58	14.32	0.005	0.07
Operador de Distribuidor de asfalto	1	3.82	3.82	0.005	0.02
Operador de miniexcavadora / minicargadora con sus aditamentos	1	3.82	3.82	0.005	0.02
Operador distribuidor de agregados	1	3.82	3.82	0.005	0.02
SUBTOTAL N					0.2
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Asfalto	gal	0.4226	1.58	0.67	
Arido 3/4"	m3	0.025	20.6	0.52	
SUBTOTAL O					1.19
TRANSPORTE					

Diego Patricio Gómez Rodríguez
 Juan José Hurtado Piña



Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL P				0
			TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	2.38
			INDIRECTOS Y UTILIDADES: 10.00 %	0.24
			OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	0
			COSTO TOTAL DEL RUBRO	2.62
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.			VALOR OFERTADO	2.62



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Barrido mecánico

UNIDAD: m2

DETALLE:

CÓDIGO: 529025

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Escoba mecánica	1	17.5	17.5	0.006	0.11
SUBTOTAL M					0.11
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	2	3.58	7.16	0.006	0.04
Operador de barredora autopropulsada	1	3.82	3.82	0.006	0.02
SUBTOTAL N					0.06
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.17
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 10.00 %					0.02
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.19
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO
					0.19

Diego Patricio Gómez Rodríguez
Juan José Hurtado Piña



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Riego Asfáltico 3/8" (Incluye Riego RC-250 y Arido 3/8")

UNIDAD: m2

DETALLE:

CÓDIGO: 500035

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Minicargadora	1	20	20	0.005	0.1
Rodillo Vibratorio	1	35	35	0.005	0.18
Volqueta 8 m3	1	25	25	0.005	0.13
Tanquero distribuidor de asfalto	1	42	42	0.005	0.21
Rodillo Neumático	1	32.21	32.21	0.005	0.16
Distribuidor de Agregados	1	42.16	42.16	0.005	0.21
SUBTOTAL M					0.99
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Operador de rodillo autopropulsado	2	3.82	7.64	0.005	0.04
Chofer volquetas (Estr. Oc. C1)	1	5.26	5.26	0.005	0.03
Peón	4	3.58	14.32	0.005	0.07
Operador de Distribuidor de asfalto	1	3.82	3.82	0.005	0.02
Operador de miniexcavadora / minicargadora con sus aditamentos	1	3.82	3.82	0.005	0.02
Operador distribuidor de agregados	1	3.82	3.82	0.005	0.02
SUBTOTAL N					0.2
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Asfalto	gal	0.3434	1.58	0.54	
Arido 3/8"	m3	0.02	20.6	0.41	
SUBTOTAL O					0.95
TRANSPORTE					

Diego Patricio Gómez Rodríguez
Juan José Hurtado Piña



Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
SUBTOTAL P				0
			TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	2.14
			INDIRECTOS Y UTILIDADES: 10.00 %	0.21
			OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	0
			COSTO TOTAL DEL RUBRO	2.35
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.			VALOR OFERTADO	2.35



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta

UNIDAD: m2

DETALLE:

CÓDIGO: 529008

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Cargadora	1	30	30	0.005	0.15
Planta asfáltica	1	140.31	140.31	0.005	0.7
Rodillo Neumático	1	33.21	33.21	0.005	0.17
Rodillo Vibratorio	1	35	35	0.005	0.18
Terminadora de asfalto	1	65	65	0.005	0.33
SUBTOTAL M					1.53
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	12	3.58	42.96	0.005	0.21
Operador de cargadora frontal (Payloader sobre ruedas u orugas)	1	4.01	4.01	0.005	0.02
Operador responsable de la planta asfáltica	1	3.82	3.82	0.005	0.02
Operador de rodillo autopropulsado	2	3.82	7.64	0.005	0.04
Operador de acabadora de pavimento asfáltico	1	3.82	3.82	0.005	0.02
SUBTOTAL N					0.31
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Asfalto	gal	3.3	1.58	5.21	
Diesel	gl	0.69	1.04	0.72	
Material petreo para agregado asfáltico	m3	0.0975	20	1.95	
Aditivo para carpetas asfálticas	gl	0.0165	9.75	0.16	
SUBTOTAL O					8.04

Diego Patricio Gómez Rodríguez
Juan José Hurtado Piña



TRANSPORTE				
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo
Transporte de mezcla asfáltica	m3/km	4.56	0.25	1.14
SUBTOTAL P				1.14
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				11.02
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %				2.2
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %				0
COSTO TOTAL DEL RUBRO				13.22
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.				VALOR OFERTADO
				13.22



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Excavación a máquina con retroexcavadora

UNIDAD: m3

DETALLE:

CÓDIGO: 504001

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Retroexcavadora	1	25	25	0.0385	0.96
SUBTOTAL M					0.96
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	3	3.58	10.74	0.0385	0.41
Operador de retroexcavadora	1	4.01	4.01	0.0385	0.15
Técnico obras civiles	1	3.82	3.82	0.0154	0.06
SUBTOTAL N					0.62
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.58
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					0.32
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.9
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA. VALOR OFERTADO					1.9



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Cargado de material con cargadora

UNIDAD: m3

DETALLE:

CÓDIGO: 506002

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Cargadora	1	30	30	0.03	0.9
SUBTOTAL M					0.9
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1	3.58	3.58	0.03	0.11
Operador de cargadora frontal (Payloader sobre ruedas u orugas)	1	4.01	4.01	0.03	0.12
SUBTOTAL N					0.23
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.13
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					0.23
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.36
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO
					1.36



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Transporte de materiales hasta 6 km, incluye pago en escombrera

UNIDAD: m3

DETALLE:

CÓDIGO: 506004

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Volqueta 8 m3	1	25	25	0.04	1
SUBTOTAL M					1
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Chofer volquetas (Estr. Oc. C1)	1	5.26	5.26	0.04	0.21
SUBTOTAL N					0.21
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Pago por concepto de disposición de materiales en escombrera	m3	1	0.63	0.63	
SUBTOTAL O					0.63
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.84
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					0.37
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2.21
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO
					2.21



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Sobrecarreo de materiales para desalojo, lugar determinado por el Fiscalizador, Distancia > 6 Km **UNIDAD:** m3-km

DETALLE: **CÓDIGO:** 506005

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Volqueta 8 m3	1	25	25	0.007	0.18
SUBTOTAL M					0.18
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Chofer volquetas (Estr. Oc. C1)	1	5.26	5.26	0.007	0.04
SUBTOTAL N					0.04
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.22
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					0.04
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.26
ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.					VALOR OFERTADO
					0.26



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Subrasante conformación y compactación con equipo pesado

UNIDAD: m2

DETALLE:

CÓDIGO: 505001

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Motoniveladora	1	50	50	0.0085	0.43
Rodillo Vibratorio	1	35	35	0.0085	0.3
Tanquero de agua	1	20	20	0.0085	0.17
SUBTOTAL M					0.9
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	2	3.58	7.16	0.0085	0.06
Operador de motoniveladora	1	4.01	4.01	0.0085	0.03
Operador de rodillo autopropulsado	1	3.82	3.82	0.0085	0.03
Chofer tanqueros (Estr. Oc. C1)	1	5.26	5.26	0.0085	0.04
SUBTOTAL N					0.16
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
SUBTOTAL O					0
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.06
INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %					0.21
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %					0



ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

COSTO TOTAL DEL RUBRO	1.27
VALOR OFERTADO	1.27



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Mejoramiento, conformación y compactación con equipo pesado

UNIDAD: m3

DETALLE:

CÓDIGO: 505003

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Motoniveladora	1	50	50	0.035	1.75
Rodillo Vibratorio	1	35	35	0.015	0.53
Tanquero de agua	1	20	20	0.015	0.3
Herramientas varias	2	0.4	0.8	0.035	0.03
SUBTOTAL M					2.61
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	7	3.58	25.06	0.035	0.88
Operador de motoniveladora	1	4.01	4.01	0.035	0.14
Operador de rodillo autopropulsado	1	3.82	3.82	0.015	0.06
Chofer tanqueros (Estr. Oc. C1)	1	5.26	5.26	0.015	0.08
SUBTOTAL N					1.16
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Material de mejoramiento puesto en obra	m3	1.3	12	15.6	
Agua	lt	10	0.01	0.1	
SUBTOTAL O					15.7
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					19.47

Diego Patricio Gómez Rodríguez
Juan José Hurtado Piña



INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %	3.89
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	0
COSTO TOTAL DEL RUBRO	23.36
VALOR OFERTADO	23.36

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado

UNIDAD: m3

DETALLE:

CÓDIGO: 505005

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Motoniveladora	1	50	50	0.035	1.75
Rodillo Vibratorio	1	35	35	0.015	0.53
Tanquero de agua	1	20	20	0.015	0.3
Herramientas varias	2	0.4	0.8	0.035	0.03
SUBTOTAL M					2.61
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	7	3.58	25.06	0.035	0.88
Operador de motoniveladora	1	4.01	4.01	0.035	0.14
Operador de rodillo autopropulsado	1	3.82	3.82	0.015	0.06
Chofer tanqueros (Estr. Oc. C1)	1	5.26	5.26	0.015	0.08
SUBTOTAL N					1.16
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Costo	
Base Clase II	m3	1.32	20	26.4	
Agua	lt	40	0.01	0.4	
SUBTOTAL O					26.8
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
SUBTOTAL P					0
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					30.57



ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

INDIRECTOS Y UTILIDADES: 20.00 %	6.11
OTROS INDIRECTOS: 0.00 %	0
COSTO TOTAL DEL RUBRO	36.68
VALOR OFERTADO	36.68