

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



**EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS
APLICANDO LAS METODOLOGÍAS DE INSPECCIÓN VISUAL
DE ZONAS Y RUTAS EN RIESGO E ÍNDICE DE CONDICIÓN
DEL PAVIMENTO PARA EL MANTENIMIENTO VIAL, CASO DE
LA AV. FLORAL Y JR. CARABAYA, PUNO.**

TESIS

PRESENTADA POR:

ELVIS FRANKLIN PAUCAR CURO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2019

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

**EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS APLICANDO LAS
 METODOLOGÍAS DE INSPECCIÓN VISUAL DE ZONAS Y RUTAS EN
 RIESGO E ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PARA EL
 MANTENIMIENTO VIAL, CASO DE LA AV. FLORAL Y JR. CARABAYA,
 PUNO.**

TESIS PRESENTADA POR:

ELVIS FRANKLIN PAUCAR CURO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:



PRESIDENTE:


 Ing. ZENON MELLADO VARGAS

PRIMER MIEMBRO:


 M.C. GINO FRANK LAQUE CORDOVA

SEGUNDO MIEMBRO:


 Ing. TANIA ZAPATA COACALLA

DIRECTOR / ASESOR:


 M.Sc. EDGAR VIDAL HURTADO CHAVEZ

TEMA : Evaluación de Pavimento

ÁREA : Transportes

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Transportes y Gestión Vial

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 05 DE NOVIEMBRE DEL 2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi padre Justo, quien con su sacrificio y ejemplo me guio durante todo el camino que he recorrido para llegar hasta este punto de mi vida. A mi madre Matilde por la paciencia y el apoyo incondicional en todas las decisiones he tomado en mi vida. Y a mi hermano Klisman por apoyarme cuando lo necesitaba.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo de mis padres, por haberme otorgado la oportunidad de tener una resaltante educación y haber contribuido en mi buena formación como persona.

A los docentes que me han acompañado durante mi recorrido; brindándome su conocimiento, orientación y experiencia para mi formación profesional; valiosas aportaciones que permitieron la culminación de la presente investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS.....	10
RESUMEN	11
ABSTRACT.....	12
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	13
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.3. HIPÓTESIS.....	14
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	14
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.5.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA	18
2.1. ANTECEDENTES.....	18
2.2. BASES TEÓRICAS.....	22
2.2.1. PAVIMENTO.....	22
2.2.2. MANTENIMIENTO VIAL.....	24
2.2.3. FALLAS EN PAVIMENTOS	37
2.2.4. EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS.....	78
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS.....	107
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO	107
3.1.1. UBICACIÓN	107
3.1.2. ÁREA DE INFLUENCIA	107
3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO	109
3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO	109
3.4. POBLACION Y MUESTRA DEL ESTUDIO	109
3.4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	109
3.4.2. POBLACIÓN	110
3.4.3. MUESTRA	110
3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO	110
3.6. PROCEDIMIENTO.....	111
3.6.1. MUESTREO Y RECOLECCIÓN DE DATOS.....	111
3.7. VARIABLES.....	126
3.7.1. VARIABLE DEPENDIENTE	126

3.7.2 VARIABLES INDEPENDIENTES	126
3.8. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	126
3.8.1. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO POR LA METODOLOGÍA DEL PCI PARA PAVIMENTO FLEXIBLE	127
3.8.2. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO POR LA METODOLOGÍA VIZIR PARA PAVIMENTO FLEXIBLE	131
3.8.3. CÁLCULO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO POR LA METODOLOGÍA DEL PCI PARA PAVIMENTO RÍGIDO.....	134
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	139
4.1. ESTADO SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS.....	139
4.1.1. ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. FLORAL POR EL MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	139
4.1.2. ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. FLORAL POR EL MÉTODO DE INSPECCIÓN VISUAL DE ZONAS Y RUTAS EN RIESGO (VIZIR).....	144
4.1.3. ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JIRON CARABAYA POR EL MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI).....	147
4.2. COMPARACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DEL PCI Y VIZIR.	151
4.2.1. PRUEBA T-STUDENT PARA LAS MUESTRAS PCI Y VIZIR DE LA AV. FLORAL	151
4.2.2. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LAS METODOLOGÍAS PCI Y VIZIR EN LA AV. FLORAL	155
4.3. IDENTIFICACIÓN DE LAS FALLAS MÁS INFLUYENTES EN LOS PAVIMENTOS.	158
4.3.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS FALLAS MÁS INFLUYENTES EN LA AV. FLORAL (PAVIMENTO FLEXIBLE).....	159
4.3.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS FALLAS MÁS INFLUYENTES EN EL JR. CARABAYA (PAVIMENTO RÍGIDO).....	161
4.4. PROPUESTA PARA EL MANTENIMIENTO VIAL	163
4.4.1. PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DE LA AV. FLORAL - PAVIMENTO FLEXIBLE	163
4.4.2. PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DEL JR. CARABAYA - PAVIMENTO RÍGIDO.....	170
4.5. DISCUSIÓN.....	175
4.5.1. DISCUSIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO E INSPECCIÓN VISUAL DE ZONAS Y RUTAS EN RIESGO.....	175
4.5.2. DISCUSIÓN DE LAS FALLAS MÁS INFLUYENTES EN LOS PAVIMENTOS.....	177
4.5.3. DISCUSIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DEL PCI Y VIZIR PARA EL MANTENIMIENTO VIAL	179
CAPÍTULO V CONCLUSIONES.....	180
CAPÍTULO VI RECOMENDACIONES	183
CAPÍTULO VII REFERENCIAS.....	184
ANEXOS.....	188

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1 Sección típica de un pavimento rígido.	23
Figura. 2 Sección típica de un pavimento flexible.....	23
Figura. 3 Sección típica de un pavimento mixto.....	24
Figura. 4 Piel de cocodrilo.	39
Figura. 5 Exudación.	40
Figura. 6 Agrietamiento en bloque.	41
Figura. 7 Abultamientos y hundimientos.....	42
Figura. 8. Corrugación.	43
Figura. 9 Depresión.....	44
Figura. 10 Grieta de Borde.....	45
Figura. 11 Grieta de Reflexión de Junta.	46
Figura. 12 Desnivel carril / berma.	47
Figura. 13 Grietas longitudinales y transversales.	48
Figura. 14 Parcheo y acometidas de servicios públicos.....	49
Figura. 15 Pulimentos de agregados.....	50
Figura. 16. Bacheo o Hueco.	51
Figura. 17. Cruce de vía férrea.	52
Figura. 18 Ahuellamiento.....	53
Figura. 19 Desplazamiento.....	54
Figura. 20 Grietas Parabólicas.....	55
Figura. 21 Hinchamiento.....	56
Figura. 22 Meteorización / desprendimiento de agregados	57
Figura. 23 Descascaramiento	58
Figura. 24 Afloramiento de mortero.....	58
Figura. 25 Afloramiento de agua.....	59
Figura. 26 Erosión de bermas.....	60
Figura. 27 BLOWUP – BUCKLING	61
Figura. 28 Grieta de esquina	62
Figura. 29 Losa totalmente subdividida	63
Figura. 30 Grieta de durabilidad.....	64
Figura. 31 Losa totalmente subdividida	65
Figura. 32 Deterioro de sello.....	66
Figura. 33 Desnivel Carril/ Berma	67
Figura. 34 Grieta Longitudinal	68
Figura. 35 Grieta transversal	68
Figura. 36 Parche grande y acometidas de servicios públicos	69
Figura. 37 Pulimiento de agregados	70
Figura. 38 POPOUDS (Desprendimiento)	71
Figura. 39 Bombeo.....	72
Figura. 40 Punzonamiento.....	73
Figura. 41 Cruce de Vía Férrea	73
Figura. 42 Desconchamiento, mapa de grietas, craquelado	74
Figura. 43 Grietas de Retracción	75
Figura. 44 Descascaramiento de esquina (Despostillamientos)	76
Figura. 45 Descascaramiento de junta (Despostillamientos)	77
Figura. 46 Ciclo de vida de la vía con y sin mantenimiento	79

Figura. 47	Flujograma para determinar el Índice deterioro Superficial (Is)	105
Figura. 48	Ubicación de la Av. Floral	108
Figura. 49	Ubicación del Jr. Carabaya	108
Figura. 50	Ilustración de las unidades de muestra para la Avenida Floral - PCI	112
Figura. 51	Formato de inspección para pavimentos asfálticos - PCI	113
Figura. 52	Llenado del formato de inspección para pavimentos asfálticos – PCI - “A”	114
Figura. 53	Llenado del formato de inspección para pavimentos asfálticos – PCI - “B”	115
Figura. 54	Llenado del formato de inspección para pavimentos asfálticos – PCI - “C”	115
Figura. 55	Ilustración de las unidades de muestra para la Avenida Floral - VIZIR	116
Figura. 56	Formato de inspección para pavimentos asfálticos - VIZIR	118
Figura. 57	Llenado del formato de inspección para pavimentos asfálticos – VIZIR - “A”	119
Figura. 58	Llenado del formato de inspección para pavimentos asfálticos – VIZIR - “B”	120
Figura. 59	Llenado del formato de inspección para pavimentos asfálticos – VIZIR - “C”	121
Figura. 60	Ilustración de las unidades de muestra para el Jirón Carabaya - PCI	122
Figura. 61	Formato de inspección para pavimentos rígidos- PCI	123
Figura. 62	Llenado del formato de inspección para pavimento rígido - PCI - “A”	124
Figura. 63	Llenado del formato de inspección para pavimento rígido - PCI - “B”	125
Figura. 64	Llenado del formato de inspección para pavimento rígido - PCI - “C”	125
Figura. 65	Curva Valor deducido Abultamientos y Hundimientos - PCI - Pavimento Flexible	128
Figura. 66	Cálculo del valor deducido de daños - PCI - Pavimento Flexible	128
Figura. 67	Cálculo del número máximo de valores deducidos “m” - PCI - Pavimento Flexible	129
Figura. 68	Cálculo del valor “q” y Valor Deducido Total - PCI - Pavimento Flexible	129
Figura. 69	Curva de Valores Deducidos Corregidos CDV - PCI - Pavimento Flexible	130
Figura. 70	Hoja de cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido “CDV” - Pav. Flexible.	130
Figura. 71	Hoja de cálculo de la clasificación PCI de la unidad de muestra – Pav. Flexible.	131
Figura. 72	Ejemplo del Cálculo del Índice de Fisuración “If” - Pav. Flexible.	132
Figura. 73	Ejemplo del Cálculo del Índice de Deformación “Id” - Pav. Flexible.	132
Figura. 74	Ejemplo del Cálculo del Índice de Deformación “Is” - Pav. Flexible.	133
Figura. 75	Hoja de cálculo de la clasificación VIZIR de la unidad de muestra.	133
Figura. 76	Curva Valor deducido Grieta Lineal - PCI - Pavimento Rígido	134
Figura. 77	Cálculo del valor deducido de daños - PCI - Pavimento Rígido	135
Figura. 78	Cálculo del número máximo de valores deducidos “m” - PCI - Pavimento Rígido	135
Figura. 79	Cálculo del valor “q” y Valor Deducido Total - PCI - Pavimento Rígido	135
Figura. 80	Curva de Valores Deducidos Corregidos CDV - PCI - Pavimento Rígido	136
Figura. 81	Hoja de cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido “CDV” - Pav Rígido	136
Figura. 82	Hoja de cálculo de la clasificación PCI de la unidad de muestra - Pav. Rígido	137
Figura. 83	Estado de las unidades de muestra – PCI – Av. Floral (Lado Derecho)	141
Figura. 84	Estado de las unidades de muestra – PCI – Av. Floral (Lado Izquierdo)	141
Figura. 85	Ubicación de fallas de la unidad de muestra PD-31 Av. Floral	144
Figura. 86	Estado de las unidades de muestra – VIZIR – Av. Floral (Lado Derecho)	146
Figura. 87	Estado de las unidades de muestra – VIZIR – Av. Floral (Lado Izquierdo)	146
Figura. 88	Estado de las unidades de muestra – PCI – Av. Floral (Lado Derecho)	149
Figura. 89	Ubicación de fallas en el Jr. Carabaya. Tramo: Av. El Sol – Jr. Tacna	150
Figura. 90	Perfil comparativo metodología PCI y VIZIR – Av. Floral (Lado Izquierdo)	153
Figura. 91	Perfil comparativo metodología PCI y VIZIR – Av. Floral (Lado Derecho)	153

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 1 Gasto público del Perú – Año 2018.....	15
Tabla. 2 Estado de la vía, según tipo de red vial, Perú 2017.....	15
Tabla. 3 Rangos de Clasificación del PCI	81
Tabla. 4 Niveles de severidad de los deterioros en Pavimento Asfáltico - PCI	83
Tabla. 5 Niveles de severidad de los deterioros en Pavimento rígido - PCI	85
Tabla. 6 Daños del Pavimento Flexible.....	87
Tabla. 7 Daños del Pavimento Rígido	87
Tabla. 8 Relación longitud ancho de calzada	88
Tabla. 9 Correlación del tipo de mantenimiento y rehabilitación con el PCI	95
Tabla. 10 Opciones de reparación para fallas en pavimento asfáltico - PCI.....	96
Tabla. 11 Opciones de reparación para fallas en pavimento rígido - PCI.....	97
Tabla. 12 Deterioros tipo “A”	99
Tabla. 13 Deterioros tipo “B”.....	100
Tabla. 14 Niveles de gravedad de los deterioros tipo “A” - VIZIR	101
Tabla. 15 Niveles de gravedad de los deterioros tipo “B” - VIZIR	102
Tabla. 16 Calificación del Estado de la Superficie del Pavimento-VIZIR.....	105
Tabla. 17 Clasificación de unidades de muestra – PCI – Av. Floral (Lado Derecho).....	139
Tabla. 18 Clasificación de unidades de muestra – PCI – Av. Floral (Lado Izquierdo).....	140
Tabla. 19 Clasificación según PCI de la Av. Floral.....	142
Tabla. 20 Clasificación de unidades de muestra – VIZIR – Av. Floral (Lado Derecho)	145
Tabla. 21 Clasificación de unidades de muestra – VIZIR – Av. Floral (Lado Izquierdo).....	145
Tabla. 22 Clasificación según VIZIR de la Av. Floral	147
Tabla. 23 Clasificación de unidades de muestra – PCI – Jr. Carabaya	148
Tabla. 24 Clasificación según PCI del Jr. Carabaya.....	149
Tabla. 25 Estandarización de los parámetros de clasificación PCI y VIZIR	151
Tabla. 26 Calificación estandarizada de las muestras PCI y VIZIR en la Av. Floral.....	152
Tabla. 27 Prueba T-Student para las muestras PCI y VIZIR	155
Tabla. 28 Comparación de las metodologías PCI y VIZIR de la Av. Floral (Lado derecho)....	156
Tabla. 29 Comparación de las metodologías PCI y VIZIR de la Av. Floral (Lado izquierdo) .	157
Tabla. 30 Promedio de clasificación de las metodologías PCI y VIZIR de la Av. Floral.	158
Tabla. 31 Resumen de valores deducidos de las fallas de la Av. Floral Lado derecho.	159
Tabla. 32 Resumen de valores deducidos de las fallas de la Av. Floral Lado izquierdo.	160
Tabla. 33 Resumen de valores deducidos de las fallas del Jr. Carabaya.	162
Tabla. 34 Tipo de Mantenimiento a realizar en la Av. Floral según el PCI.	165
Tabla. 35 Tipo de Mantenimiento a realizar en la Av. Floral según el VIZIR.....	166
Tabla. 36 Actividades de Mantenimiento Rutinario y Periódico en la Av. Floral.	167
Tabla. 37 Resumen del metrado afectado de fallas en la Av. Floral – Lado izquierdo.	167
Tabla. 38 Resumen del metrado afectado de fallas en la Av. Floral – Lado derecho.....	168
Tabla. 39 Presupuesto de Mantenimiento vial de la Av. Floral.	169
Tabla. 40 Tipo de Mantenimiento a realizar en la Av. Floral según el PCI.	172
Tabla. 41 Actividades de Mantenimiento Rutinario y Periódico en la Av. Floral.	172
Tabla. 42 Resumen del metrado afectado de fallas en el Jr. Carabaya.....	173
Tabla. 43 Presupuesto de Mantenimiento vial de la Av. Floral.	174
Tabla. 44 Fallas evaluadas en las metodologías PCI y VIZIR.....	176
Tabla. 45 Daños Tipo B y área de daños tramo PR 00+000 – PR 01+020 Yomasa - Colombia.	178

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

PCI (Índice de condición del pavimento)

VIZIR (Inspección visual de zonas y rutas en riesgo)

CRQ (Corporación Autónoma Regional del Quindío)

UPZ (Unidad de Planeamiento Zonal)

MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

ASTM (Asociación Americana de Ensayo de Materiales)

DV (Valor Deducido)

CDV (Valor deducido corregido)

APWA (Asociación Americana de Obras Públicas)

If (Índice de Fisuración)

Id (Índice de Deformación)

Is (Índice de Deterioro Superficial)

LCPC (Laboratorio Central de Caminos y Puentes)

RESUMEN

Actualmente las vías constituyen fuentes de inversión importantes para el país, justificado en el beneficio a los usuarios. Estos constituyen también un impulso económico, disminuyen el tiempo de traslado de los usuarios y el costo de operación de los vehículos, debido a esto es importante que las vías cumplan con su vida útil y con el nivel de servicio con el que fueron diseñadas. En la ciudad de Puno se evidencian inadecuadas condiciones de transitabilidad vehicular, donde la principal causa es el deficiente mantenimiento vial. La presente tesis ha tenido por objetivo evaluar la superficie de los pavimentos de la ciudad de Puno con las metodologías de Índice de Condición del Pavimento (PCI) e Inspección Visual de Zonas y Rutas en Riesgo (VIZIR) para el mantenimiento vial. Para esto se planteó la inspección de dos vías representativas que son la Av. Floral (Pavimento flexible) y el Jr. Carabaya (Pavimento Rígido) durante el primer semestre del año 2019. Obteniéndose como resultado que el pavimento flexible de la Av. Floral se encuentra en promedio en un estado regular con un PCI promedio de 49.35 y 41.91 y un Is promedio de 3 y 4 según VIZIR en el lado izquierdo y derecho respectivamente; esto a causa de sus fallas más influyentes, que son los huecos, la piel de cocodrilo y los parcheos. Por lo que se requiere de un mantenimiento vial con actividades de mantenimiento rutinario y periódico que se ejecute antes de la época de lluvias que incluye el sellado de grietas, el parcheo superficial, profundo, la sustitución de parches y señalización horizontal; trabajos que generarán un presupuesto aproximado de S/. 119,118.50. El pavimento rígido del Jr. Carabaya se encuentra en promedio en un estado Bueno con un PCI promedio de 67.30; a causa de sus fallas más influyentes, que son las losas divididas, las grietas lineales y el parcheo. Por lo que se requiere mantenimiento rutinario, pero se recomienda realizar también mantenimiento periódico que se ejecute antes de la época de lluvias, que incluye el sellado de grietas, sellado de juntas, el cambio de losas de concreto y señalización horizontal; trabajos que generarán un presupuesto aproximado de S/. 266,720.21.

Palabras Clave: evaluación vial, mantenimiento vial, PCI, VIZIR.

ABSTRACT

Currently the roads are important sources of investment for the country, justified in the benefit to users. These also constitute an economic impulse, decrease the transfer time of the users and the cost of operation of the vehicles, due to this it is important that the roads comply with their useful life and with the level of service with which they were designed. In the city of Puno, inadequate conditions of vehicular traffic are evident, where the main cause is poor road maintenance. The objective of this thesis has been to evaluate the surface of the pavements of the city of Puno with the methodologies of the Pavement Condition Index (PCI) and Visual Inspection of Zones and Routes at Risk (VIZIR) for road maintenance. For this, the inspection of two representative routes that are Av Floral (flexible Pavement) and Jr. Carabaya (Rigid Pavement) during the first semester of the year 2019 was proposed. It is obtained as a result that the flexible pavement of Floral Av. it finds in average in a regular state with an average PCI of 49.35 and 41.91 and an average Is of 3 and 4 according to VIZIR on the left and right side respectively; this because of its most influential failures, which are the gaps, the crocodile skin and the patches. Therefore, road maintenance is required with routine and periodic maintenance activities that are carried out before the rainy season, including crack sealing, superficial, deep patching, patch replacement and horizontal signage; works that will generate an approximate budget of S /. 119,118.50. Jr. Carabaya's rigid pavement is on average in a good state with an average PCI of 67.30; because of its most influential failures, which are divided slabs, linear cracks and patching. Therefore, routine maintenance is required, but it is also recommended to perform periodic maintenance that runs before the rainy season, which includes crack sealing, joint sealing, changing concrete slabs and horizontal signage; works that will generate an approximate budget of S /. 266,720.21.

Keywords: road evaluation, road maintenance, PCI, VIZIR.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad las vías poseen gran importancia debido al impulso económico, el ahorro de tiempo de movilización y de costos de operación de los vehículos, que conllevan beneficios para los usuarios. Por lo cual es necesario proveer un adecuado, seguro y cómodo servicio en el transporte de personas y/o bienes. Considerando los beneficios que llevan consigo la disminución en tiempos de viaje y costos de operación.

A nivel nacional el estado de los pavimentos tanto flexibles como rígidos presentan diferentes problemas en su infraestructura vial que evitan que conserve su nivel de servicio durante su uso en su infraestructura vial, es decir presentan diferentes tipos de fallas y/o deterioros en su estructura. La ciudad de Puno no es ajena a estos problemas en los cuales la mayoría de casos se presentan durante la vida útil de dichos pavimentos. Que se debe principalmente a la falta de un adecuado mantenimiento vial en la ciudad de Puno.

La ciudad de Puno afronta también problemas en sus suelos causadas por el clima, las aguas pluviales, el tránsito excesivo y las bajas temperaturas. Por ende es necesario conocer a mayor profundidad el estado de los pavimentos ya sean flexibles o rígidos.

Entonces podemos afirmar que en las diferentes calles de la ciudad de Puno se pueden diferenciar diferentes fallas superficiales, las cuales requieren una evaluación de la vía para así poder establecer sistemas apropiados de rehabilitación y mantenimiento. Y así fomentar nuevos métodos para el tratamiento de dichas fallas y/o deterioros encontrados.

Para esto se conocen diversas metodologías de evaluación; de las que podemos mencionar la metodología de Índice de Condición del pavimento, que es ampliamente aceptada y adoptada como un método estandarizado en varios países como también por la Asociación Americana de Ensayo de Materiales. Y la metodología francesa de Inspección Visual de Zonas y Rutas en Riesgo que ha sido probada con éxito para la evaluación del pavimento en países en vías de desarrollo.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

De la problemática planteada es que se propone la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál será el método más óptimo entre las metodologías de Índice de Condición del Pavimento e Inspección Visual de Zonas y Rutas en Riesgo para la evaluación de los pavimentos flexibles y rígidos; y para el mantenimiento vial de la Avenida Floral y el Jirón Carabaya de la ciudad de Puno?

1.3. HIPÓTESIS

La aplicación de la metodología del Índice del Condición del Pavimento (PCI) optimiza la evaluación de pavimentos flexibles y rígidos para el mantenimiento vial en comparación a la metodología de Inspección Visual de Zonas y Rutas en Riesgo (VIZIR).

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La presente investigación se justifica en la importancia que representa el transporte en el país, debido al impulso económico que éste representa. Y esto es evidente también con la inversión que realiza el país en la infraestructura vial, que para el 2018 obtuvo un 7.02% del gasto público anual; que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla. 1 Gasto público del Perú – Año 2018

Nro.	FUNCIONES	EJECUCIÓN %
1	INDUSTRIA	16.43%
2	SALUD	11.50%
3	EDUCACIÓN	11.48%
4	PLANEAMIENTO Y GESTIÓN	9.22%
5	PREVISIÓN SOCIAL	7.05%
6	TRANSPORTE (Infraestructura)	7.02%
7	ENERGÍA	5.71%
8	DEUDA PÚBLICA	5.30%
9	OTRAS FUNCIONES	26.28%
TOTAL		100%

FUENTE: Ministerio de Economía y Finanzas (2018)

Además que todo pavimento se construye para cumplir su vida útil y cumplir con el nivel de servicio con el que fue diseñado, para ellos se debe tener en cuenta realizar adecuados mantenimientos rutinarios y mantenimientos periódicos. Un correcto mantenimiento en un pavimento permite a este conservar su nivel de servicio con el que fue diseñado. A nivel nacional se cuenta con tres redes viales: nacionales, departamentales y vecinales; donde según la Dirección ejecutiva del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018) la red vecinal es la menos atendida en cuanto a mantenimiento vial con apenas un 11.64% de la red atendida en el 2017.

Tabla. 2 Estado de la vía, según tipo de red vial, Perú 2017

TIPO DE RED	Red Vial Existente (km)	Red Vial en Buen Estado (km)	% Red Atendida
PERÚ	165,904	47,721	28.76%
Red Nacional	26,683	21,243	79.61%
Red Departamental	25,304	13,214	52.22%
Red vecinal	113,917	13,264	11.64%

FUENTE: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018)

Es por esto que la presente tesis tiene por objetivo la evaluación de la superficie de pavimento flexible (caso de la Av. Floral) y pavimento rígido (caso del Jr. Carabaya)

utilizando las metodologías de Inspección Visual de Zonas y Rutas en Riesgo (VIZIR) e Índice del Condición del Pavimento (PCI), que permiten prever su conservación y mantenimiento oportuno. Para lograr este objetivo, se han verificado dos vías en pésimo estado de conservación en la ciudad de Puno como son la Avenida Floral y el Jirón Carabaya.

A su vez la presente tesis planea identificar las fallas más representativas que afectan a los pavimentos de las vías evaluadas y sus posibles causas. Para así con el análisis, los resultados, las conclusiones y sugerencias presentadas sean tomados en consideración por parte de las instituciones dedicadas a la ejecución de obras viales para mejorar la calidad de éstas.

Este trabajo se divide en ocho capítulos: Capítulo I – Introducción: en donde se realizó la parte introductoria de la tesis, justificación y los objetivos de la investigación; Capítulo II – Revisión de literatura: donde se hace referencia al fundamento teórico que hace posible la investigación con los antecedentes y el marco teórico; Capítulo III – Materiales y métodos: en este ítem se detalla la metodología empleada para los fines de la investigación; Capítulo IV – Resultados y discusión: donde se presentan los resultados obtenidos para los objetivos planteados; Capítulo V – Conclusiones: donde se muestra de manera literal los resultados de acuerdo a los objetivos; Capítulo VI – Recomendaciones: donde se plantea sugerencia a futuro con lo obtenido del proyecto; Capítulo VII – Referencias: donde se hace alusión a los textos, documentos, investigaciones, etc., utilizados; Anexos: donde se muestra los formatos, resúmenes y demás documentos relacionados utilizados para la investigación.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo General

Evaluar la superficie de pavimentos flexibles y rígidos aplicando las metodologías de Inspección Visual de Zonas y Rutas en Riesgo (VIZIR) e Índice de Condición del Pavimento (PCI) para el mantenimiento vial.

1.5.2. Objetivos Específicos

- a) Evaluar el estado superficial por los métodos del Índice de Condición del Pavimento (PCI) e Inspección Visual de Zonas y Rutas en Riesgo (VIZIR) de los pavimentos rígido y flexible seleccionados.
- b) Identificar las fallas y/o deterioros más influyentes que se evidencian en los pavimentos flexible y rígido seleccionados.
- c) En función al método más eficiente proponer una alternativa para el mantenimiento vial de los pavimentos flexible y rígido seleccionados.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Se llevó a cabo una revisión de literatura sobre estudios relacionados con los objetivos del presente estudio, referidos a los objetivos de la investigación y a los métodos en discusión. Se consideraron casos internacionales, nacionales y de la región, donde se tiene:

A. El año 2010 se realizó una tesis sobre: “Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos” en la ciudad de Valdivia de Chile llegando a la siguiente conclusión: “Aún no se toma verdadera conciencia de que hacer mantención o conservación de pavimentación es mucho más barato que reparar el mismo pavimento, además de ahorrarnos millones de pesos, se puede ofrecer más serviciabilidad y confortabilidad a los conductores.” (Miranda Reboledo, 2010)

B. Referido a los métodos a utilizar a nivel internacional se cuenta con la investigación realizada en la Universidad Nacional de Colombia denominada “Evaluación y comparación de metodologías VIZIR y PCI sobre el tramo de vía en pavimento flexible y rígido de la vía: Museo Quimbaya – CRQ Armenia Quindío (PR 00+000 – PR 02+600), Armenia, Quindío, Colombia” en el que se compara las evaluaciones superficiales por los métodos PCI y VIZIR.

Llegando a la conclusión de: Se aplicó dos metodologías diferentes y aunque la calificación promedio de todo el tramo se llegó a la misma apreciación, las calificaciones obtenidas por unidades de muestreo difieren un poco debido al grado de castigo que cada una de ellas le aplica a cada tipo de daño, es así que la metodología VIZIR aplicada al inventario de daños presentó mayores facilidades

ya que establece una diferencia clara entre las fallas estructurales como el ahuellamiento, grietas longitudinales por fatiga, piel de cocodrilo, bacheos y parcheos; funcionales como grieta longitudinal de junta de construcción, grieta de contracción térmica, grietas parabólicas, grietas de borde, abultamiento, ojos de pescado, desprendimientos, descascaramiento, pulimento de agregados, exudación, afloramientos, erosión de las bermas. En la metodología PCI, se encontró que evalúa todos los daños que se pueden presentar en la capa de rodadura, no excluye los daños que se pueden presentar en la capa de rodadura, no excluye ninguno de ellos lo que la hace más completa, a diferencia de la metodología seguida por VIZIR. (Ceron Bermudez, 2006).

C. En la universidad de Colombia realizaron una tesis referida a los métodos en estudio denominada: “Aplicación y comparación de las diferentes metodologías de diagnóstico para la conservación y mantenimiento del tramo Pr 00+000 – Pr 01+020 de la vía al llano (Dg 78 Bis Sur – calle 84 Sur) en la UPZ Yomasa” donde se llegó a las siguientes conclusiones:

- La metodología PCI inspecciona y evalúa todos los tipos de daños, deterioros o fallos que el pavimento pueda padecer, mientras que la metodología VIZIR evalúa con más rigurosidad los daños estructurales que son catalogados por esta como daños tipo A (ahuellamientos, parches, grietas longitudinales y piel de cocodrilo) y no tiene en cuenta los daños funcionales catalogados como daños tipo B. (Cristian & Andres, 2016)
- Realizando una comparación entre ambas metodologías se observa que la más completa es la PCI, por ende es más compleja y difícil, debido a sus rangos de clasificación los cuales van desde 0 para una superficie de pavimento fallada o deficiente hasta 100 que es un pavimento en excelentes condiciones, también

como se explicó anteriormente la metodología PCI evalúa todos los daños que pueda padecer el pavimento, Sus cálculos para determinar la clasificación de los daños son más complejos y detallados lo que hace que sea más demorada su análisis y evaluación. (Cristian & Andres, 2016)

- La metodología VIZIR es más sencilla, sus cálculos son más fáciles y rápidos a la hora de realizar el análisis y la evaluación de la condición del pavimento, además solo comprende una escala de clasificación que comprende los rangos 1-2 para pavimentos en buen estado, 3-4 para pavimentos en un estado regular y 5-6-7 para pavimentos que se encuentren en un estado deficiente. (Cristian & Andres, 2016)
- El daño más representativo para ambas metodologías fue el pulimiento de agregados con un 40,28% debido a que la metodología VIZIR no tiene en cuenta este tipo de daño, se generan diferencias a la hora de hacer la comparación de los dos métodos. (Cristian & Andres, 2016)

D. A nivel nacional tenemos la tesis presentada por (Leguía & Pacheco, 2016) de título: “Evaluación superficial del pavimento flexible por el método pavement condition index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colon y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima)” donde compara las metodologías PCI y VIZIR e indica:

- El método PCI constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado como procedimiento estandarizado. Se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, valor que cuantifica el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento. (Leguía & Pacheco, 2016)

- La metodología VIZIR nos establece una distinción clara entre lo que son las fallas estructurales y funcionales, lo que hace más fácil diferenciar cada tipo de falla que se presenta en la capa de rodadura del pavimento al momento de realizar la evaluación; sin embargo la metodología PCI evalúa todos los daños que se puedan presentar en el pavimento, ya que envuelve mayor número de tipos de daño y posee siete escalas para evaluar la condición del pavimento. (Leguía & Pacheco, 2016)

E. Además en la universidad de Piura se realizó la tesis denominada: “Cálculo del Índice de Condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla.” donde se llegó a la conclusión de:

- En aquellas zonas de muestra donde se encontraron fallas estructurales (baches, fisuras, depresiones y parches) con densidades mayores a 0.1% como mínimo, el valor del PCI obtenido fue bajo, es decir, el estado del pavimento era malo. No importa el nivel de severidad que tenga, incluso un nivel bajo causa un daño significativo a la pista. (Rodríguez Velasquez, 2009).
- En las unidades de muestra donde se encontraron fallas funcionales (exudación, peladura), es necesario que las densidades sean elevadas y las fallas de alta intensidad, para que influyan en el deterioro del pavimento. (Rodríguez Velasquez, 2009).

F. El año 2015 se realizó una tesis denominada “Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la Región de Puno”, en la cual se analizaron vías departamentales y provinciales en la región de Puno llegando a la siguiente conclusión:

Las fallas superficiales encontradas en el área de estudio de mayor incidencia son las fisuras longitudinales y transversales, seguidas de ahuellamiento, desgaste

superficial y otras; estas se producen por deficiencias en el diseño, construcción y operación, las cuales influyen negativamente en el resultado final del proyecto. Por ello realizar una adecuada evaluación de la vía es indispensable para determinar el tipo de mantenimiento a emplear, factor que nos ayuda a la conservación vial de manera adecuada. (Humpiri Pineda, 2015)

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Pavimento

Existen múltiples conceptos sobre pavimento, donde podemos mencionar el de Montejo Fonseca (2002) que menciona que un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento.

Los pavimentos se pueden clasificar teniendo en cuenta como es la distribución de cargas recibidas de la carpeta de rodadura a la subrasante y reemplazos de una o varias capas debido a diferentes factores. Podemos identificar 3 tipos de pavimentos diferenciados por el paquete estructural que presenta:

2.2.1.1. Pavimento rígido

El pavimento rígido se compone de una losa de concreto hidráulico que puede o no incluir acero, este tipo de pavimentos no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores. La sección transversal de un pavimento rígido está compuesta por la losa

de concreto hidráulico que va sobre la sub-base y estas sobre la sub-rasante (Medina & De La Cruz, 2015). Tiene costos iniciales de construcción altos en comparación con los pavimentos flexibles y su periodo de vida varía entre 20 y 40 años. Aunque tiene un costo inicial alto, este no requiere de mayor un mantenimiento durante su vida útil a comparación del pavimento flexible. Este mantenimiento generalmente se orienta al tratamiento de juntas de losas (Leguía & Pacheco, 2016).

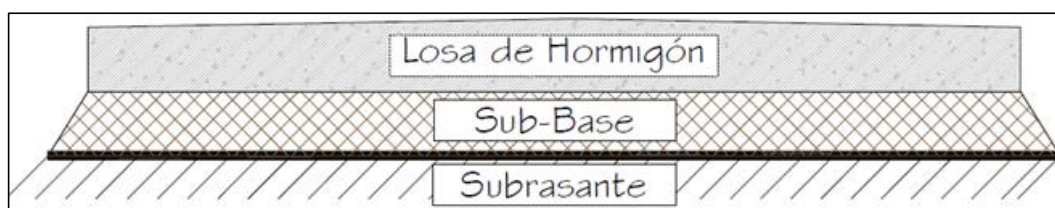


Figura. 1 Sección típica de un pavimento rígido.

FUENTE: (Armijos, 2009)

2.2.1.2. Pavimentos Flexibles

Llamado también pavimento asfáltico, conformado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que la estructura falle; la base y la subbase todas apoyadas sobre la subrasante. (Leguía & Pacheco, 2016). Resulta más económico el pavimento flexible durante su ejecución inicial, con un periodo de vida de entre 10 a 15 años, más requiere de mayor mantenimiento para cumplir su vida útil en comparación con el pavimento rígido.

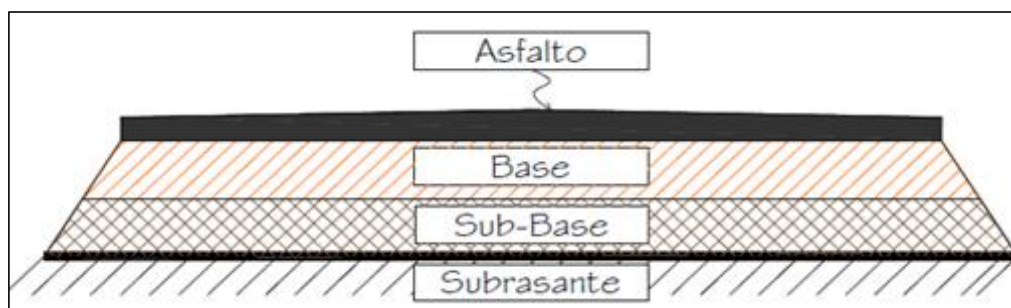


Figura. 2 Sección típica de un pavimento flexible.

FUENTE: (Armijos, 2009)

2.2.1.3. Pavimentos Mixtos

Llamado también pavimento híbrido, es una combinación de flexible y rígido, se colocan bloques de concreto prefabricado en lugar de la carpeta asfáltica. El objetivo de este tipo de pavimento es disminuir la velocidad límite de los vehículos, ya que los bloques producen una ligera vibración en los autos al circular sobre ellas. Es ideal para zonas urbanas, pues garantiza seguridad y comodidad para los usuarios. (Leguía & Pacheco, 2016). Se le denomina también pavimento mixto a aquellos pavimentos de superficie asfáltica construidos sobre pavimento rígido. Este pavimento trae consigo un tipo particular de falla, llamada fisura de reflexión de junta.

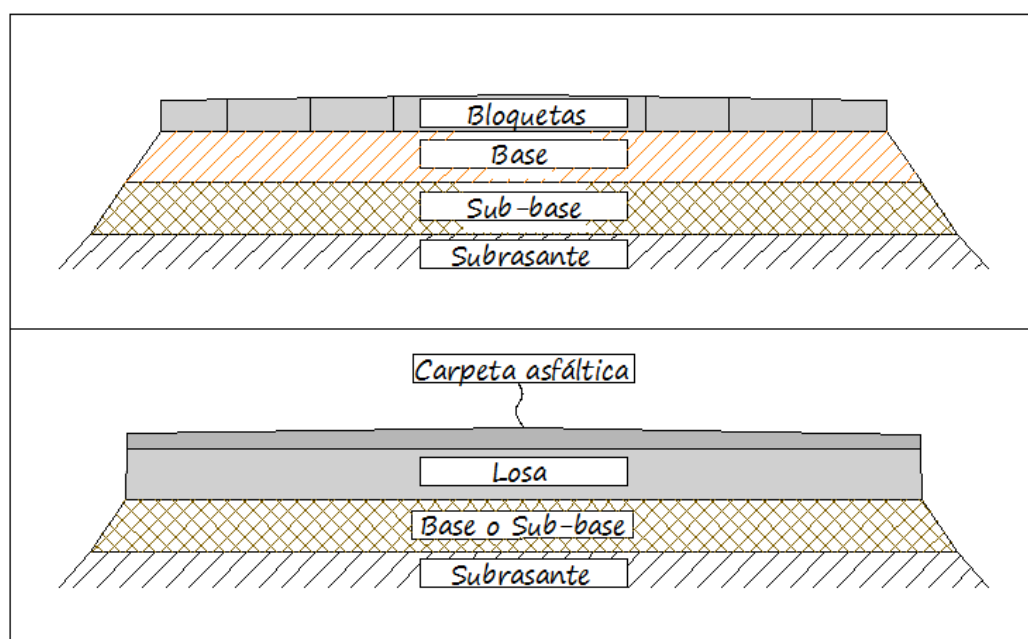


Figura. 3 Sección típica de un pavimento mixto.
FUENTE: (Rodríguez Velasquez, 2009)

2.2.2. Mantenimiento Vial

El mantenimiento o conservación es el conjunto de actividades destinadas a preservar la condición de un camino y de sus componentes, tales como capas de rodadura, bermas, estructuras, drenaje, obras básicas, dispositivos de control de tránsito, etc., a fin

de que sigan prestando en forma efectiva el servicio para el que fueron dispuestos (Ministerio de Obras Públicas de Chile, 2014).

También podemos indicar que la conservación vial puede definirse como el conjunto de actividades de obras de ingeniería vial, que requieren realizarse de manera preventiva para evitar el deterioro prematuro de los elementos que conforman la vía (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014). Estas actividades deben ser subsanadas en el mínimo de tiempo desde que se detecta el deterioro, y por esta causa el monitoreo diario del camino en forma visual es la actividad de rutina básica de la conservación vial.

2.2.2.1. Niveles De Intervención En El Mantenimiento Vial

Se denomina niveles de intervención a las diversas acciones relacionadas con la vía, clasificadas de acuerdo a la magnitud de los trabajos, desde una intervención sencilla pero permanente (mantenimiento rutinario), hasta una intervención más costosa y complicada (reconstrucción o rehabilitación)(Menéndez, 2003).

Dentro de los niveles de intervención tenemos:

a) Mantenimiento rutinario

Consiste en la reparación localizada de pequeños defectos en la superficie de rodadura; en la nivelación de la misma y de las bermas; en el mantenimiento regular de los sistemas de drenaje, taludes laterales, bordes y otros elementos accesorios de las vías; en el control del polvo y de la vegetación; la limpieza de las zonas de descanso y de los dispositivos de señalización (Menéndez, 2003).

El monitoreo diario del camino en forma visual es la rutina básica para la identificación de estas actividades de reparación. Las actividades son de corrección inmediata, no requieren de un mayor presupuesto y se ejecutan dentro del plan y presupuesto anual (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014). Es decir que es recomendable monitorear el estado de las vías a diario y realizar las correcciones inmediatas con un plan que se actualiza anualmente. Y el mantenimiento debe ejecutarse continuamente e iniciarse tan pronto como el pavimento muestre los primeros síntomas de falla (Jugo, 2005).

Un camino no debe operar en condiciones que causen riesgos al usuario, y en cualquier caso la conservación vial deberá advertir a los usuarios de las condiciones requeridas para circular sin riesgos creados por las condiciones del camino. En la mayoría de los casos será suficiente señalar las limitaciones en la circulación para evitar los riesgos. En otros casos podrá requerirse la colocación de barreras de protección, etc.(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

b) **Mantenimiento periódico**

Que es la reparación y renovación parcial extensiva, a ejecutarse cada cierto tiempo en las vías, para evitar deterioros que afecten la estructura básica y superficie de las vías (Hamilton, Dall'orto, & Smith, 1999). También podemos decir que son todos aquellos trabajos mayores, temporales, de menor frecuencia, y de carácter preventivo; que se ejecutan en forma programada a fin de retardar en forma oportuna la natural evolución de la disminución de la condición estructural, funcional o calidad de rodadura, y de las condiciones de

seguridad de la infraestructura vial producto de las solicitudes de carga previstas en el diseño inicial (Leguía & Pacheco, 2016).

La intervención del mantenimiento periódico se centra fundamentalmente sobre la calzada y las bermas; este mantenimiento se realiza en periodos de más de un año. Se recomienda que estas actividades se presupuesten adicionalmente al mantenimiento rutinario como conservación vial, y programarse considerando para el mismo tramo intervenido la realización de las actividades rutinarias del año (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014). Estas actividades de mantenimiento periódico suelen ser precedidas por acciones preparatorias de mantenimiento menor o rutinario (Jugo, 2005).

El mantenimiento periódico comprende trabajos de tratamiento y trabajos de renovación de la superficie de rodadura. En el primer caso, los trabajos se refieren a restablecer algunas características superficiales como la textura o simplemente a mantener la durabilidad de la mezcla asfáltica y prevenir el desarrollo de fisuras y grietas, y se aplican mientras el pavimento aún está en buen estado, no habiendo alcanzado a llegar ni siquiera el estado regular. En el segundo caso, los trabajos se refieren a agregar una capa adicional sobre el pavimento conocido como recapeos sin alterar significativamente la estructura subyacente, o ejecutar trabajos de fresado y/o reciclado del pavimento. Este segundo caso se aplica cuando el pavimento se encuentra en estado regular, antes de llegar a un mal estado (Leguía & Pacheco, 2016).

c) Rehabilitación

Consiste en la reparación selectiva y de refuerzo estructural, previa demolición parcial de la estructura existente. La rehabilitación procede cuando el camino se encuentra demasiado deteriorado como para poder resistir una mayor cantidad de tránsito en el futuro. La rehabilitación tiene como propósito restablecer la capacidad estructural y la calidad de la superficie de rodadura. (Menéndez, 2003).

La rehabilitación es una intervención indeseada dentro de un programa de conservación, pues en la mayoría de los casos surge como una necesidad por no haber existido una adecuada conservación, o como una respuesta necesaria a los efectos de un desastre natural. (Leguía & Pacheco, 2016).

d) Reconstrucción

Renovación completa de la estructura del camino, se requiere efectuar previamente la demolición parcial o completa de la estructura existente. Las causas determinantes probables son una deficiente construcción o la ausencia de mantenimiento adecuado (Hamilton et al., 1999).

2.2.2.2. Actividades De Mantenimiento Vial En Pavimento Flexible**2.2.2.2.1. Mantenimiento Rutinario**

Dentro del mantenimiento rutinario se contemplan las acciones aplicadas localmente, entre las que podemos mencionar:

a) Sellado de grietas

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

del sello de fisuras y de grietas es impedir la entrada de agua y la de materiales incompresibles como piedras o materiales duros y, de esta manera, minimizar la formación de agrietamientos más severos como los de piel de cocodrilo y la posterior aparición de baches. Los materiales sellantes a utilizar para pavimento flexible pueden ser emulsiones asfálticas en frío, cemento asfáltico, asfaltos de caucho y asfaltos modificados. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013).

Este procedimiento es eficaz para tratar los siguientes tipos de grietas: Áreas con grietas de fatiga de la estructura del pavimento, grietas de borde, grietas en forma de bloques, grietas longitudinales, grietas reflejadas en caso de capa de rodadura asfáltica que recubre un pavimento de concreto y grietas entra berma y pavimento (Ministerio de Obras Públicas de Chile, 2014)

Para realizar este trabajo primero se debe colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad. Luego identificar las zonas de fisuras y grietas a sellar, procediendo a marcarlas con yeso, estas marcas indican el inicio y final de cada grieta. Luego realizar la limpieza de la superficie de la grieta y adyacente a la misma utilizando escobillado y un chorro de aire a presión (presión mínima 120 psi). Aplicar el material sellante tomando especial cuidado de producir una adherencia efectiva del riego de liga con las paredes de la fisura y/o grieta. Finalmente hacer la limpieza general del sitio de trabajo, retirar las señales y dispositivos de seguridad (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

b) Parcheo superficial

Comprende la reparación de baches y el reemplazo de áreas de pavimento que se encuentren deterioradas, siempre que afecten solo la capa de rodadura y que se encuentren en buenas condiciones la base granular y demás capas de suelos (Ministerio de Obras Públicas de Chile, 2014).

El objetivo del parcheo superficial es recuperar las condiciones para una adecuada circulación peatonal y de minimizar la formación de daños más severos en el pavimento. Este procedimiento es eficaz para tratar los siguientes tipos de daños de un pavimento flexible: Área agrietada por fatiga de la estructura del pavimento, parches poco profundos, corrugaciones o distorsiones. Los materiales a utilizar pueden ser mezclas asfálticas en frío o en caliente, preferentemente emulsiones asfálticas en frío o cemento asfáltico en caliente con los ligantes adecuados de acuerdo a donde deba apoyarse la mezcla (Base granular o capa asfáltica) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Para realizar este trabajo inicialmente se debe colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad. Luego identificar las áreas deterioradas y delimitarlas con pintura en forma rectangular o cuadrada para luego realizar la actividad propia de parche superficial (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014). La ejecución del parcheo superficial puede ser en forma manual y mecanizado, donde el procedimiento de ejecución contiene:

- Bacheo Manual.- Es el procedimiento tradicional que consiste en la remoción manual de la zona deteriorada, la limpieza de las paredes resultantes para posteriormente colocar un imprimante o un riego de

liga, según corresponda, para finalizar con la colocación de una mezcla asfáltica (Ministerio de Obras Públicas de Chile, 2014).

- Bacheo Mecanizado.- comprende la excavación y remoción del pavimento por reemplazar, el traslado de los trozos removidos a depósitos de excedentes autorizados, el riego de liga o imprimación, según corresponda, y la preparación de la mezcla asfáltica de concreto asfáltico en caliente, su transporte, colocación y compactación (Ministerio de Obras Públicas de Chile, 2014).

c) **Parqueo profundo**

Consiste en la reparación, bacheo o reemplazo de una parte severamente deteriorada de la estructura del pavimento flexible, cuando el daño afecte tanto a la capa asfáltica, como parte de la base y/o subbase. (Ministerio de Obras Públicas de Chile, 2014)

El objetivo del parqueo profundo es recuperar las condiciones estructurales y superficiales para una adecuada circulación vehicular y retardar la formación de daños más severos en el pavimento. Este procedimiento es eficaz para tratar los siguientes tipos de daños: Área agrietada por fatiga de la estructura del pavimento, parches profundos, sectores que presenten surgencia o eyección de agua y/o finos desde el fondo del pavimento a través de las grietas y grietas de borde de alta severidad. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Los materiales a utilizar para bases y sub bases se debe cumplir los requisitos correspondientes a los establecidos en la Subsección 305.02, Base granular de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras vigente. Como materiales a utilizar en la capa superficial pueden ser mezclas asfálticas en frío o en caliente, preferentemente emulsiones asfálticas en frío o

cemento asfáltico en caliente con los ligantes adecuados (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Para realizar esta actividad se debe inicialmente colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad. Luego identificar las áreas deterioradas y delimitarlas con pintura en forma rectangular o cuadrada para luego realizar la actividad propia de parchado profundo que comprende la excavación y remoción del pavimento, bases y subbases por reemplazar, el traslado de los trozos removidos a depósitos de excedentes autorizados, la colocación y compactación de la base de reemplazo, la imprimación de la base, el riego de liga, y la preparación de la mezcla asfáltica de concreto asfáltico en caliente o mezcla asfáltica en frío, su transporte, colocación y compactación (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

2.2.2.2.2. Mantenimiento Periódico

Dentro del mantenimiento periódico en pavimento flexible podemos mencionar las siguientes actividades:

a) Fresado de carpeta asfáltica

Es un proceso por el cual un equipo provisto de un cilindro rotatorio, con dientes de especial dureza, remueve pavimentos de concreto asfáltico, hasta una profundidad especificada (Jugo, 2005).

El objetivo del fresado es recuperar las condiciones estructurales y superficiales del pavimento para alcanzar una adecuada circulación peatonal. Este trabajo requiere para su ejecución de una máquina fresadora (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Para la preparación de la superficie existente se deberán realizar las operaciones de barrido y/o soplado. Inmediatamente después se efectuara el fresado a temperatura ambiente sobre el área afectada (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

b) Sobrecarpeta (recapeos)

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) este trabajo consiste en la puesta de una sobrecarpeta de mezcla asfáltica en caliente sobre el pavimento flexible existente, previo el tratamiento de los daños puntuales presentes y, en ocasiones, puede incluir el fresado de la carpeta asfáltica antigua y el tratamiento puntual de la capa de base granular. La colocación de recapado asfáltico es eficaz para tratar la insuficiencia estructural del pavimento para soportar las cargas de tránsito y la irregularidad superficial severa. Y los materiales a utilizar para esta actividad son esencialmente el riego de liga y la mezcla de concreto asfáltico en caliente.

Para la ejecución, inicialmente se debe colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad. Se debe identificar las zonas a intervenir y delimitarlas. Luego preparar la superficie para aplicar el recapado asfáltico haciendo parcheos y sellos de fisuras y grietas; realizar la limpieza de la superficie; y de requerirse el fresado de la carpeta asfáltica existente y capa base. Aplicar un riego de liga, ejecutar el recapado asfáltico con la extendedora de mezcla asfáltica en caliente o maquina pavimentadora, luego compactar la mezcla extendida con cilindro vibratorio. Finalmente realizar la limpieza general, eliminación de materiales excedentes y retirar las señales y/o dispositivos de seguridad (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

2.2.2.3. Actividades de Mantenimiento Vial en Pavimento Rígido

2.2.2.3.1. Mantenimiento Rutinario

Dentro del mantenimiento rutinario para pavimento rígido se contemplan las acciones aplicadas localmente, entre las que podemos mencionar:

a) Sellado de grietas y juntas

Este trabajo consiste en resellar juntas y sellar o resellar grietas existentes en pavimentos de concreto. Para que un sellado cumpla el objetivo para el cual se coloca es necesario que las juntas y grietas no experimenten desplazamientos verticales significativos entre sí, ya que los desplazamiento se originan porque no existe un traspaso adecuado de las cargas entre las losas (Ministerio de Obras Públicas de Chile, 2014).

Los materiales a utilizar dependerán de las características de las fisuras y/o grietas a sellar, que según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) será:

- Juntas de hasta 12 mm de ancho. Se sellarán con productos que tengan una deformación admisible entre el 20% y el 30%, y que cumplan con los requisitos establecidos en los productos para juntas y grietas establecidas por las normas ASTM D 1190-74, ASTM D 3405- 78 y ASTM D 3406-78.
- Juntas de ancho entre 12 mm y 20 mm. Se sellarán con productos del tipo termoplástico aplicados en caliente, que tengan una deformación admisible entre el 10% y el 20% y que cumplan con lo estipulado por las normas ASTM D 1190-74, ASTM D 3405-78 y ASTM D 3406-78.

- Juntas de ancho entre 20 mm y 30 mm y grietas entre 3 mm y 30 mm de ancho y grietas longitudinales. Se sellarán con un producto tipo mástic asfáltico modificado con polímero.
- Juntas y grietas de ancho superior a 30 mm. Se sellarán con una mezcla de arena-emulsión asfáltica con una dosis mínima de 18% de emulsión.

Para su ejecución primero deberán limpiarse las juntas y grietas que contengan restos de sellos antiguos o materias extrañas. Luego se realiza la imprimación para el material de sellado a aplicar. Finalmente se realizará el sellado de juntas y grietas (Ministerio de Obras Públicas de Chile, 2014).

b) Parcheo parcial

Consiste en la reparación de los daños puntuales presentes en las losas de concreto hidráulico, con el fin de restaurarlas a un estado que se ajuste a su condición original. Se trata de reparar las roturas que se presenten cerca de los bordes de las losas o en otras zonas de las losas. El objetivo es recuperar la condición estructural y funcional del pavimento rígido para garantizar la seguridad y la comodidad de los usuarios y para preservar la estructura del pavimento. Para el parcheo parcial se requiere de concreto y selladores que pueden ser asfalto-caucho aplicado en frío o en caliente o una resina epóxica (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

La ejecución inicia con la colocación de señales preventivas y dispositivos de seguridad. Seguidamente se debe demarcar la superficie dañada mediante un cuadrado o rectángulo. Luego cortar y remover el material al interior de la zona demarcada con herramientas neumáticas livianas. El fondo de la zona debe quedar irregular para efectuar una rigurosa limpieza y colocar un mortero 1:1 de agua y cemento o una resina epóxica. Colocar el concreto, vibrarlo, darle el

acabado y realizar el curado correspondiente. Finalmente efectuar el sellado de la junta y retirar las señales y/o dispositivos de seguridad (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

2.2.2.3.2. *Mantenimiento Periódico*

Dentro del mantenimiento periódico en pavimento rígido podemos mencionar las siguientes actividades:

a) Reemplazo de losa

Consiste en la remoción de losas muy deterioradas del pavimento rígido y en la construcción, en su reemplazo, de nuevas losas. Incluye la remoción y el traslado de los pedazos de losas removidas a depósito de excedentes autorizados, la preparación de la subrasante y la reparación de la subbase si fuere necesario, y la construcción de las nuevas losas de concreto. El objetivo es reemplazar las losas de concreto que se encuentren muy deterioradas con el fin de recuperar las condiciones estructurales y funcionales del pavimento y, de esta manera, garantizar la transitabilidad cómoda y segura a los usuarios. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Los materiales a utilizar para la ejecución de esta actividad son el concreto hidráulico para pavimento rígido, incluidos pasadores y varillas de unión, aditivos, productos químicos para curado, sellante para las juntas. Subbase Granular la cual debe cumplir con los requisitos correspondientes establecidos en la Sección 303 Subbase Granular de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras vigente.

Para el reemplazo de losa primero se debe colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad. Luego demarcar las losas, para luego removerlas

evitando afectar las losas adyacentes. Preparar la fundación de las nuevas losas, intervenir de ser necesario en las capas de subrasante y subbase. Luego colocar polietileno de 0.1mm sobre la subbase granular para luego colocar el concreto hidráulico. Se debe verificar el vibrado del concreto durante la colocación y el curado después. Finalmente eliminar los materiales excedentes y retirar las señales y dispositivos de seguridad (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

2.2.3. Fallas En Pavimentos

Cuando se realiza la inspección de daños, debe evaluarse la calidad de tránsito (o calidad del viaje) para determinar el nivel de severidad respectivo. La calidad de tránsito se determina recorriendo la sección de pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad establecida por el límite legal. Las secciones de pavimento cercanas a señales de detención deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal. (Vásquez, 2002).

Aunque existen varios métodos que clasifican y miden la calidad de tránsito, esta calidad está relacionada con las fallas y daños que afectan la vía. Según Gamboa (2009) se define a las fallas como el conjunto de daños que presenta un pavimento y que disminuyen la serviciabilidad y funcionalidad del mismo, frecuentemente estas fallas se presentan debido a un mal diseño o defectos constructivos.

2.2.3.1. Fallas En Pavimentos Flexibles

A continuación se presentan los tipos de falla que se encuentran en los pavimentos flexibles:

2.2.3.1.1. Piel De Cocodrilo

Está constituida por fisuras que forman polígonos irregulares de ángulos agudos. Puede ser en su principio poco grave, mostrando polígonos incompletos dibujados en la superficie por fisuras cerradas. El tamaño de la malla disminuye luego bajo el efecto de las condiciones climáticas y del tráfico. Las fisuras se abren y se observan pérdidas de material en sus bordes. Los polígonos irregulares generados tienen una dimensión máxima de 0.60m (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Es generada por fatiga de las capas asfálticas sometidas a una repetición de cargas superior a la permisible y es indicativo de insuficiencia estructura del pavimento (Hamilton et al., 1999). El agrietamiento se origina en la base de la capa asfáltica, donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son elevados. Luego, las grietas se propagan hacia la superficie como una serie de fisuras longitudinales, que se conectan. Otra causa es el envejecimiento del ligante asfáltico (Rodríguez Velasquez, 2009).

Entre las Medidas correctivas según la gravedad y su extensión tenemos pueden ser desde la no intervención, el sello superficial, la sobrecarpeta, el parcheo parcial o profundo (Full Depth) hasta la reconstrucción. (Vásquez, 2002)



Figura. 4 Piel de cocodrilo.

FUENTE: (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006)

2.2.3.1.2. Exudación

Es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, reflectiva y pegajosa. La exudación ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla a altas temperaturas ambientales, emerge y se expande en la superficie del pavimento. (Corros, Urbaéz, & Corredor, 2009).

La exudación se genera cuando la mezcla tiene cantidades excesivas de asfalto haciendo que el contenido de vacíos con aire de la mezcla sea bajo; sucede especialmente durante épocas o en zonas calurosas. También puede darse por el uso de asfaltos muy blandos o por derrame de ciertos solventes (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006).

Entre las opciones de reparación según la gravedad y su extensión tenemos la no intervención, carpeta asfáltica o fresado y carpeta asfáltica. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)



Figura. 5 Exudación.

FUENTE: (Rodríguez Velasquez, 2009).

2.2.3.1.3. Agrietamiento En Bloque

Son grietas interconectadas que dividen el pavimento en formas aproximadamente rectangulares. Los bloques varían de tamaño de 0.3m x 0.3m a 3.0m x 3.0 m. Las grietas en bloque se originan por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios. Normalmente ocurre sobre una gran parte del pavimento, pero algunas veces aparece únicamente en áreas sin tránsito. Difiere de la piel de cocodrilo en que este último es originada por cargas repetidas de tránsito y por tanto, se encuentra en áreas sometidas a cargas vehiculares. Además las grietas pueden o no contener relleno donde los de mayor severidad superan los 76mm de ancho (Vásquez, 2002).

Es causada principalmente por la contracción del concreto asfáltico debido a la variación de la temperatura durante el día, lo cual se traduce en ciclos de esfuerzo - deformación sobre la mezcla. También es reflejo de grietas de contracción provenientes de materiales estabilizados utilizados como base. O es causado por la combinación del cambio volumétrico del agregado fino de la mezcla asfáltica con el uso de un asfalto de baja penetración (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006).

Entre las opciones de reparación según la gravedad y su extensión tenemos el sellado de grietas de ancho mayor a 3mm, riego de sello, sellado de grietas, reciclado superficial o el escarificado en caliente con sobrecarpeta. (Vásquez, 2002)



Figura. 6 Agrietamiento en bloque.

FUENTE: (Hamilton et al., 1999).

2.2.3.1.4. Abultamientos Y Hundimientos

Son desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento y los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento. (Pereda Huamán, 2014).

Los abultamientos pueden ser causados por levantamiento de losas de concreto con un sobrecarpeta de concreto asfáltico, expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo) o por infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito (Vásquez, 2002). Los hundimientos en cambio son causados por deficiencias de drenaje que afecta a las capas granulares, diferencia de rigidez en la subrasante, deficiencias de compactación de rellenos o una circulación de tránsito muy pesado (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006).

Entre las opciones de reparación según la gravedad y su extensión tenemos desde la no intervención, el reciclado en frío, el parcheo profundo o parcial hasta la sobrecarpeta. (Vásquez, 2002)



Figura. 7 Abultamientos y hundimientos.
FUENTE: (Hamilton et al., 1999)

2.2.3.1.5. *Corrugación*

Son series de cimas y depresiones muy cercanas que ocurren a intervalos bastante regulares (A menos de 3 m.). Causado por la acción del tránsito (Zonas de aceleración y frenado) combinada con una carpeta o una base inestable. (Medina & De La Cruz, 2015).

Las causas más probables que generan este tipo de falla son la pérdida de estabilidad de la mezcla asfáltica, el exceso de compactación de la carpeta asfáltica, exceso o mala calidad del asfalto, acción del tránsito en zonas de frenado y estacionamiento o el deslizamiento de la capa de rodadura sobre la capa inferior por exceso de riego de liga.

Entre las medidas correctivas según la gravedad y su extensión tenemos la no intervención, carpeta asfáltica o la reconstrucción. (Vásquez, 2002)



Figura. 8. Corrugación.

FUENTE: (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006)

2.2.3.1.6. Depresión

Son áreas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor, pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidroplaneo. Los hundimientos a diferencia de las depresiones, son las caídas bruscas del nivel. Las depresiones son consideradas desde una profundidad de 13mm y los más severos pueden llegar a más de 51mm de profundidad. (Pereda Huamán, 2014).

Las causas más probables que generan este tipo de falla son el asentamientos de la subrasante, terraplenes defectuosos, movimientos de la estructura o una compactación deficiente (Hamilton et al., 1999)

Entre las opciones de reparación según la gravedad y su extensión tenemos la no intervención, el parcheo superficial, el parcheo parcial o parcheo profundo. (Vásquez, 2002).



Figura. 9 Depresión.
FUENTE: (Gamboa, 2009)

2.2.3.1.7. Grieta De Borde

Consiste en la progresiva destrucción de los bordes del pavimento por la acción del tránsito, se presenta en pistas con bermas no pavimentadas, en las que existe una significativa cantidad de vehículos que acceden de la berma al pavimento o en el sentido contrario (Coronado, 2000).

La causa principal de este daño es la falta de confinamiento lateral de la estructura debido a la carencia de bordillos, anchos de bermas insuficientes o sobrecarpetas que llegan hasta el borde del carril y quedan en desnivel de la berma; en este caso la fisura es generada cuando el tránsito circula muy cerca del borde. Estas fisuras se encuentran generalmente entre 0.3m a 0.6m del borde de la calzada.

Entre las opciones de reparación según la gravedad y su extensión tenemos la no intervención, el sellado de grietas con ancho menos a 3mm, el parcheo parcial o el parcheo profundo (Vásquez, 2002).



Figura. 10 Grieta de Borde.

FUENTE: (Universidad Nacional de Colombia & Instituto Nacional de Vías, 2006)

2.2.3.1.8. Grieta De Reflexión De Junta

Son grietas transversales y longitudinales producidas por la reflexión de las juntas del pavimento rígido a la superficie de asfalto (Hamilton et al., 1999). Además Coronado (2000), menciona que “se presentan sólo en pavimentos mixtos constituidos por una superficie asfáltica sobre un pavimento rígido con juntas. Consiste en la propagación hacia la superficie asfáltica de las juntas del pavimento de concreto. Como consecuencia, por efecto de la reflexión, se observan en la superficie fisuras longitudinales y/o transversales”(Citado en Humpiri Pineda, 2015, p. 65).

Son generados por los movimientos de las juntas entre las placas de concreto rígido o de los bloques formados por las grietas existentes en éste, debido a los cambios de temperatura y de humedad (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006)

Entre las opciones de reparación según la gravedad y su extensión tenemos la no intervención, el sellado de grietas con ancho menos a 3mm, el parcheo parcial o la reconstrucción de junta. (Vásquez, 2002)



Figura. 11 Grieta de Reflexión de Junta.

FUENTE: (Universidad Nacional de Colombia & Instituto Nacional de Vías, 2006)

2.2.3.1.9. Desnivel Carril / Berma

Se refiere al incremento en la separación de la junta existente entre el pavimento y la berma. Este daño permite la infiltración de agua hacia la estructura del pavimento provocando su deterioro. Generalmente está relacionada con la erosión, el asentamiento de la berma o la colocación de sobre carpetas en el pavimento sin ajustar el nivel de la berma (Miranda Reboledo, 2010).

Generalmente sucede cuando existen diferencias entre los materiales de la berma y el pavimento o por el bombeo del material de base en la berma. También puede estar asociado con problemas de inestabilidad de los taludes aledaños (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006)

De acuerdo a la gravedad de la falla se puede optar por la renivelación de las bermas para ajustar el nivel del carril (Vásquez, 2002).



Figura. 12 Desnivel carril / berma.

FUENTE: (Universidad Nacional de Colombia & Instituto Nacional de Vías, 2006)

2.2.3.1.10. Grietas Longitudinales Y Transversales

Corresponden a discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él. Son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna

de las capas de la estructura, los cuales han superado la resistencia del material afectado (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006).

Pueden ser causadas por una junta de carril del pavimento pobremente construida; la contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura: o a una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base (Vásquez, 2002). Las grietas transversales son causadas por el insuficiente espesor del pavimento y/o falta de sobre ancho de las capas inferiores de los bordes, retracción de la mezcla asfáltica por perdida de flexibilidad o la reflexión de las grietas de capas inferiores. (Hamilton et al., 1999)

Entre las opciones de reparación según la gravedad y su extensión para ambas grietas podría optarse por la no intervención, el sellado de grietas de ancho mayor a 3mm o el parcheo parcial. (Vásquez, 2002)



Figura. 13 Grietas longitudinales y transversales.

FUENTE: (Universidad Nacional de Colombia & Instituto Nacional de Vías, 2006).

2.2.3.1.11. Parcheo Y Acometidas De Servicios Públicos

Son áreas donde el pavimento original fue removido y reemplazado por un material similar o diferente, ya sea para reparar la estructura (a nivel de concreto asfáltico

o hasta los granulares) o para permitir la instalación o reparación de alguna red de servicios. (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006)

Las causas del deterioro del parcheo pueden estar asociadas a procesos constructivos deficientes, progresión del daño inicial por el cual debió realizarse el parcheo, deficiencias en las juntas o la propagación de daños existentes en áreas aledañas al parche. (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006)

Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la sustitución del parche existente. (Vásquez, 2002)



Figura. 14 Parcheo y acometidas de servicios públicos.

FUENTE: (Universidad Nacional de Colombia & Instituto Nacional de Vías, 2006).

2.2.3.1.12. Pulimento De Agregados

Es la presencia de agregados con caras planas en la superficie o la ausencia de agregados angulares. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. La causa de este tipo de daño radica en una baja resistencia o susceptibilidad de algunos agregados al pulimento

(un ejemplo de esto son las calizas). (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006)

Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse el tratamiento superficial o la sobrecarpeta y/o fresado. (Vásquez, 2002)



Figura. 15 Pulimientos de agregados.

FUENTE: (Hamilton et al., 1999)

2.2.3.1.13. Bacheos O Huecos

Es la descomposición o desintegración total de la mezcla asfáltica y su remoción en una cierta extensión, formando cavidades de bordes netos. (Hamilton et al., 1999). La desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuestos los materiales, lleva al aumento del área afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito. (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006)

Estas fallas son causadas generalmente por fundaciones y capas inferiores inestables, espesores insuficientes, defectos constructivos, retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas o por el no tratar las fisuras, piel de cocodrilo, etc. (Hamilton et al., 1999).

Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la no intervención, el parcheo parcial o el parcheo profundo (Vásquez, 2002).



Figura. 16. Bacheo o Huevo.

FUENTE: (Universidad Nacional de Colombia & Instituto Nacional de Vías, 2006)

2.2.3.1.14. Cruce De Vía Férrea

Son los defectos asociados al cruce de vía férrea, que pueden ser las depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles. (Vásquez, 2002).

Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la no intervención, el parcheo superficial o parcial de la aproximación o la reconstrucción del cruce (Vásquez, 2002).



Figura. 17. Cruce de vía férrea.

FUENTE: (Robles, 2015)

2.2.3.1.15. Ahuellamiento

Es una depresión en la superficie localizada sobre la trayectoria de las llantas de los vehículos. Con frecuencia se encuentra acompañado de una elevación de las áreas adyacentes a la superficie deprimida y de fisuración. Un ahuellamiento significativo puede llevar a la falla estructural del pavimento y posibilitar el hidroplaneo por almacenamiento de agua. (Huamán Guerrero, 2011).

El ahuellamiento ocurre principalmente debido a una deformación permanente de algún de las capas del pavimento o de la subrasante, generada por deformación plástica del concreto asfáltico o por deformación de la subrasante debido a la fatiga de la estructura ante la repetición de cargas. La deformación plástica de la mezcla asfáltica tiende a aumentar en climas calidos (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006).

Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la no intervención, el parcheo superficial, parcial o profundo; o el fresado y/o sobrecarpeta (Vásquez, 2002).



Figura. 18 Ahuellamiento.
FUENTE: (Corros et al., 2009)

2.2.3.1.16. Desplazamiento

Es un corrimiento longitudinal y permanente de una zona localizada en la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. (Vásquez, 2002).

Normalmente, ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables. Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos flexibles confinan pavimentos rígidos. La longitud de los pavimentos rígidos se incrementa causando el desplazamiento (Vásquez, 2002).

Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la no intervención, el parcheo superficial, parcial o profundo; o el fresado y/o sobrecarpeta (Vásquez, 2002).

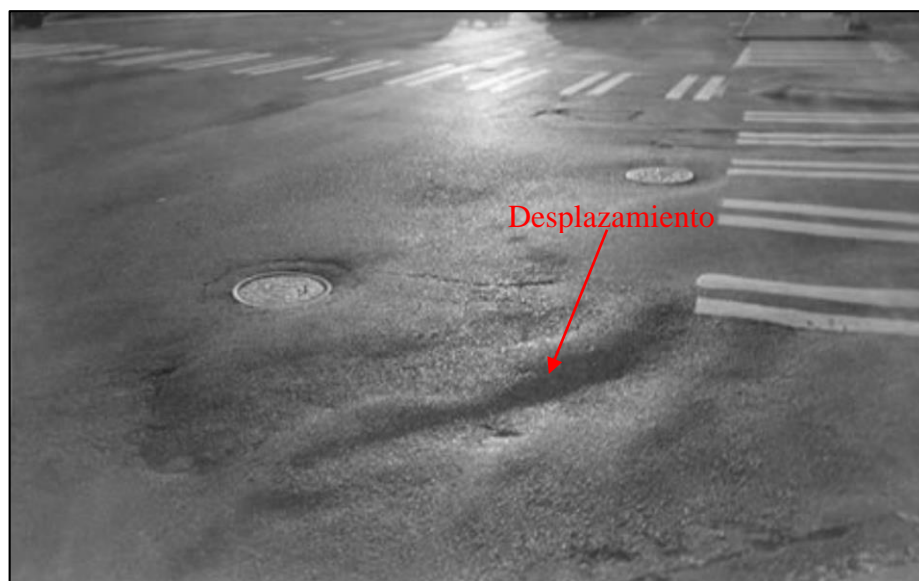


Figura. 19 Desplazamiento
FUENTE: (Corros et al., 2009)

2.2.3.1.17. Grietas Parabólicas

Son grietas crecientes en forma de media luna que presentan dos extremos puntiagudos en la dirección del tránsito. Se producen por efecto del frenado o giro de las ruedas que causa deslizamiento o deformación de la superficie del pavimento. (Miranda, 2012).

En general este tipo de fisuras se producen por inestabilidad de cunetas y bermas o por efectos locales de desecación, estos pueden incluir: La falla lateral del talud, ausencia o falla de obras de contención, desecación producida por la presencia de árboles cerca al borde de la vía o la consolidación de los rellenos que acompañan las obras de contención (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006).

Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la no intervención o el parcheo parcial (Vásquez, 2002).



Figura. 20 Grietas Parabólicas

FUENTE: (Universidad Nacional de Colombia & Instituto Nacional de Vías, 2006)

2.2.3.1.18. **Hinchamiento**

Al respecto, El (Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica, 2002) mencionan que “el hinchamiento es el abultamiento localizado en la superficie del pavimento, en forma de una onda larga y gradual de longitud mayor a 3.00 m, que distorsiona el perfil de la carretera. Ocurre debido a la expansión del suelo de fundación (suelos expansivos) y el congelamiento del material de la subrasante. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial”(Citado en Aucchahuqui & Corahua, 2016, p. 113).

Es originado por inestabilidad de la mezcla asfáltica, liga inadecuada entre capas, tránsito intenso y/o presencia de suelos expansivos (Gamboa, 2009).

Como medidas correctivas en casos de menos gravedad puede optarse por la no intervención más en casos de mayor gravedad y extensión de la falla debe optarse por la reconstrucción (Vásquez, 2002).



Figura. 21 Hinchamiento
FUENTE: (Gamboa, 2009)

2.2.3.1.19. Meteorización / Desprendimiento De Agregados

Al respecto (Vásquez, 2002), menciona que “la meteorización y el desprendimiento de agregados son la pérdida de la superficie del pavimento debido a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas.”(Citado en Conza Ccopa, 2016, p. 46).

Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la no intervención, el sello superficial, el tratamiento superficial, sobrecarpeta, reciclaje o la reconstrucción (Vásquez, 2002).



Figura. 22 Meteorización / desprendimiento de agregados
FUENTE: (Universidad Nacional de Colombia & Instituto Nacional de Vías, 2006)

2.2.3.1.20. Descascaramiento

Corresponde a la pérdida de fragmentos de la capa asfáltica, sin llegar a afectar las capas inferiores. Las causas principales de este deterioro están asociadas a la deficiente adherencia entre la capa asfáltica y la capa subyacente, así como a un espesor insuficiente de la capa de rodadura. (Instituto Nacional de Vías, 2008).

Las principales causas que generan el descascaramiento pueden ser la limpieza insuficiente previa a tratamientos superficiales, un espesor insuficiente de la capa de rodadura, riego de liga deficiente o una mezcla asfáltica muy permeable (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006).

Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la no intervención, el parcheo, la sobrecapa o el reciclado en caliente (Instituto Nacional de Vías, 2008).



Figura. 23 Descascaramiento
FUENTE: (Instituto Nacional de Vías, 2008)

2.2.3.1.21. Afloramiento De Mortero

Corresponde al afloramiento de agua infiltrada, junto con materiales finos de la capa de base. La presencia de manchas o de material acumulado en la superficie del borde de las fisuras indica la existencia de este fenómeno. Las causas que generan el afloramiento pueden ser la ausencia o un inadecuado sistema de subdrenaje o el exceso de finos en la estructura (Instituto Nacional de Vías, 2008).



Figura. 24 Afloramiento de mortero
FUENTE: (Instituto Nacional de Vías, 2008)

2.2.3.1.22. Afloramiento De Agua

Se manifiesta por la presencia del líquido en la superficie del pavimento cuando no hay precipitaciones pluviales, se presenta por las fisuras y por las áreas segregadas del pavimento. La carencia de un adecuado sistema de drenaje interno resulta ser la causa principal de este tipo de deterioro (Instituto Nacional de Vías, 2008).

Sus causas son la ausencia o inadecuado sistema de subdrenaje con la filtración de aguas (Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías, 2006).



Figura. 25 Afloramiento de agua
FUENTE: (Instituto Nacional de Vías, 2008)

2.2.3.1.23. Erosión De Las Bermas

Se refiere a la destrucción de las bermas existentes, su principal causa es un inadecuado sistema de drenaje superficial (Instituto Nacional de Vías, 2008).

Esta falla puede generarse por una deficiente compactación o falta de sobre ancho de las capas estructurales del pavimento, deficiente confinamiento lateral, retención de agua en los bordes de la calzada o un ancho de calzada reducido que genera el ascenso y descenso de vehiculos con la existencia de arenas angulares que aumentan la abrasión de

los vehículos a la berma (Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos, 2016).



Figura. 26 Erosión de bermas
FUENTE: (Instituto Nacional de Vías, 2008)

2.2.3.2. Fallas En Pavimentos Rígidos

2.2.3.2.1. Blowup - Buckling

Es la sobre-elevación abrupta de la superficie del pavimento, localizada generalmente en zonas contiguas a una junta o fisura transversal (Altamirano, 2007). Los blowups o buckles ocurren en tiempo cálido, usualmente en una grieta o junta transversal que no es lo suficientemente amplia para permitir la expansión de la losa. Por lo general, el ancho insuficiente se debe a la infiltración de materiales incompresibles en el espacio de la junta. Cuando la expansión no puede disipar suficiente presión, ocurrirá un movimiento hacia arriba de los bordes de la losa (Buckling) o fragmentación en la vecindad de la junta. También pueden ocurrir en los sumideros y en los bordes de las zanjas realizadas para la instalación de servicios públicos. (Vásquez, 2002).

Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la no intervención, el parcheo parcial, parcheo profundo o el reemplazo de la losa (Vásquez, 2002).



Figura. 27 BLOWUP – BUCKLING
FUENTE: (Hamilton et al., 1999)

2.2.3.2.2. *Grieta De Esquina*

Es una fisura o grieta que intersecta la junta o borde que delimita la losa a una distancia menor de 1.30 m a cada lado medida desde la esquina. Esto origina un trozo de losa de forma triangular al interceptar las juntas transversal y longitudinal, formando un ángulo de 50 grados con dirección al tránsito. Las fisuras de esquina se extienden verticalmente a través de todo el espesor de la losa. (Ruiz Brito, 2011).

Las grietas de esquina son generalmente causadas por la acción del tránsito pesado, la pérdida del soporte de fundación, variaciones en el espesor de la losa o en la deficiente transferencia de cargas en las juntas. Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la no intervención, el sellado de grietas de más de 3mm o el parcheo profundo (Vásquez, 2002).



Figura. 28 Grieta de esquina
FUENTE: (Ruiz Brito, 2011)

2.2.3.2.3. Losa Dividida

Es el fracturamiento de la losa de concreto conformando una malla amplia, combinando fisuras longitudinales, transversales y/o diagonales, subdividiendo la losa en cuatro o más planos (Coronado, 2000).

Son causadas por acción de tránsito pesado, la pérdida de soporte de la fundación o las variaciones en el espesor de la losa (Hamilton et al., 1999). Donde para las medida correctivas según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la no intervención, el sellado de grietas de más de 3mm o el reemplazo de la losa (Vásquez, 2002).



Figura. 29 Losa totalmente subdividida
FUENTE: (Hamilton et al., 1999)

2.2.3.2.4. Grieta de Durabilidad “d”

Son grietas paralelas cercanas a una junta o a una grieta lineal que son causadas por la expansión de los agregados grandes debido al proceso de congelamiento y descongelamiento, el cual, con el tiempo, fractura gradualmente el concreto. Dado que el concreto se satura cerca de las juntas y las grietas, es común encontrar un depósito de color oscuro en las inmediaciones de las grietas “D”. Este tipo de daño puede llevar a la destrucción eventual de la totalidad de la losa. (Vásquez, 2002).

Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la no intervención, el parcheo profundo, la reconstrucción de juntas o el reemplazo de la losa (Vásquez, 2002).



Figura. 30 Grieta de durabilidad
FUENTE: (Vásquez, 2002)

2.2.3.2.5. Escala (Dislocamiento)

Es una falla provocada por el tránsito en la que una losa del pavimento a un lado de una junta presenta un desnivel con respecto a una losa vecina; también puede manifestarse en correspondencia con fisuras (Altamirano, 2007).

Es resultado en parte del ascenso a través de la junta o grieta del material suelto proveniente debajo de la losa anterior como también por depresión del extremo de la losa posterior, al disminuir el soporte de la fundación. Son indicativos de bombeo bajo las losas, deficiente transferencia de carga en juntas y la falta de apoyo de la fundación. (Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos, 2016). Para una leve gravedad y extensión de la falla podría optarse por la no intervención, en el caso de verificarse una mayor gravedad se puede optar por el fresado (Vásquez, 2002).



Figura. 31 Losa totalmente subdividida
FUENTE: (Hamilton et al., 1999)

2.2.3.2.6. Daño Del Sello De La Junta

Se refiere a cualquier condición que posibilite la acumulación de material en las juntas o permita una significativa infiltración de agua. La acumulación de material incompresible impide el movimiento de la losa, posibilitando que se produzcan fallas, como levantamiento o despostillamientos de juntas (Coronado, 2000).

El daño del sello de junta puede ser ocasionado por la remoción o pérdida del material de sello, extrusión del material de sello, endurecimiento por oxidación del material de sello o la pérdida de adherencia con los bordes de la losa (Hamilton et al., 1999)

Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la no intervención o el resellado de las juntas (Vásquez, 2002).

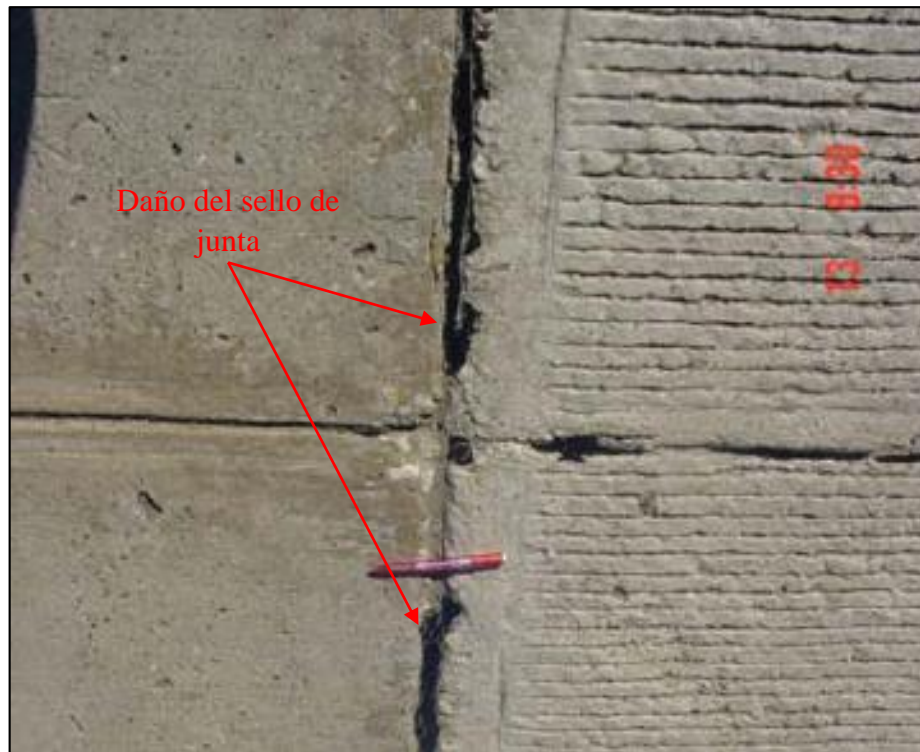


Figura. 32 Deterioro de sello

FUENTE: (Universidad Nacional de Colombia & Instituto Nacional de Vías, 2006)

2.2.3.2.7. *Desnivel Carril / Berma*

Es la diferencia entre el asentamiento o erosión de la berma y el borde del pavimento. La diferencia de niveles puede constituirse como una amenaza para la seguridad. También puede ser causada por el incremento de la infiltración de agua (Vásquez, 2002).

Suele ser causada por asentamientos diferenciales de la subrasante o materiales entre la calzada y la berma y por las cargas del tránsito (Hamilton et al., 1999). De verificarse que el desnivel es mayor a 25mm debe considerarse realizar una renivelación y llenado de bermas para coincidir con el nivel del carril (Vásquez, 2002).



Figura. 33 Desnivel Carril/ Berma
FUENTE: (Hamilton et al., 1999)

2.2.3.2.8. Grietas Lineales (*Grietas Longitudinales, Transversales Y Diagonales*)

La grieta longitudinal es el fracturamiento de la losa que ocurre predominante paralela al eje de la calzada o que se extienden desde una junta transversal hasta el borde de la losa, dividiendo la misma en dos planos. Las grietas transversales y diagonales son el fracturamiento de la losa que ocurre predominantemente perpendicular al eje de la calzada, o en forma oblicua a esta, dividiendo la misma en dos planos (Ruiz Brito, 2011). Estas grietas pueden o no contener sellos inadecuados cuyo ancho para ser considerado falla varía desde 12mm hasta más de 51mm (Vásquez, 2002).

En su mayoría, las fisuras resultan de la pérdida de soporte de la fundación; la acción de tránsito pesado; la ausencia o deficiencia de juntas; o la contracción del concreto (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la no intervención, el sellado de grietas de más de 3mm, el parcheo profundo o el reemplazo de la losa (Vásquez, 2002).



Figura. 34 Grieta Longitudinal

FUENTE: (Universidad Nacional de Colombia & Instituto Nacional de Vías, 2006)

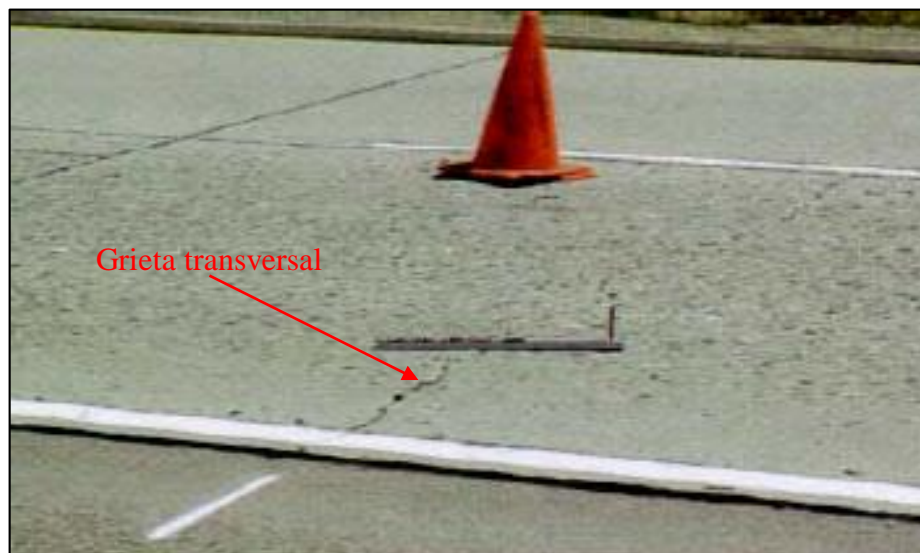


Figura. 35 Grieta transversal

FUENTE: (Coronado, 2000)

2.2.3.2.9. Parche Y Acometidas De Servicios Públicos

Es el área donde el pavimento original ha sido removido con el propósito de repararlo o restituirlo, según resulte de trabajos de mantenimiento rutinario, o de aberturas practicadas para la instalación o mantenimiento de algún tipo de servicio público bajo la calzada. Las reparaciones mal ejecutadas disminuyen la servicialidad del pavimento, al tiempo que pueden constituir indicadores tanto de la intensidad de mantenimiento

demandado por una vía, como de la necesidad de reforzar la estructura de la misma. En muchos casos, las reparaciones por deficiente diseño o ejecución, son origen de nuevas fallas. (Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos, 2016).

Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la no intervención, el sellado de grietas de más de 3mm o el reemplazo del parche (Vásquez, 2002).

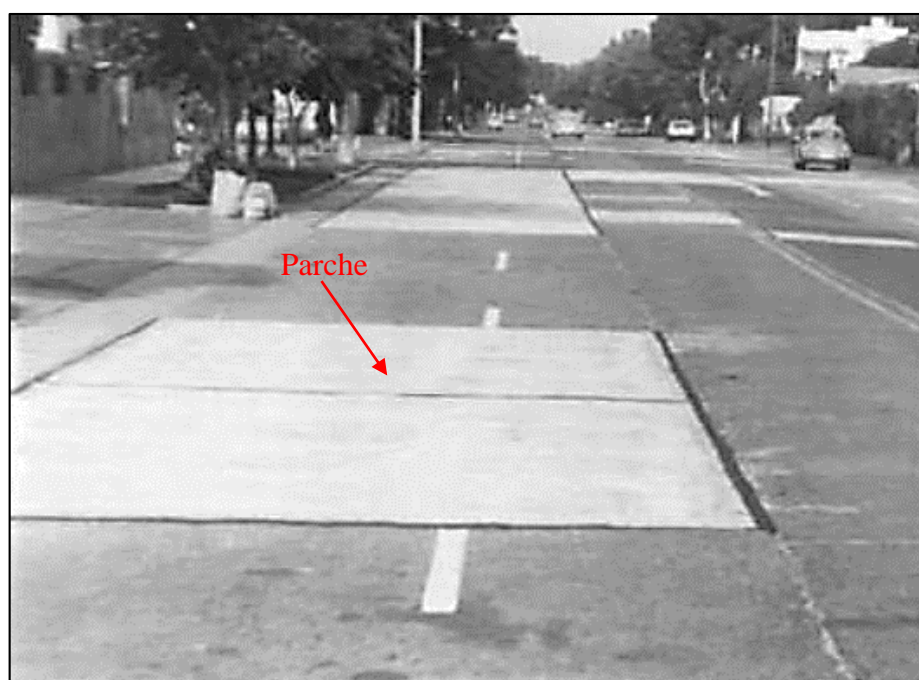


Figura. 36 Parche grande y acometidas de servicios públicos
FUENTE: (Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos, 2016)

2.2.3.2.10. Pulimento De Agregados

Se refiere a una superficie de rodamiento excesivamente lisa por efecto del pulimento de los agregados que la componen. Es la carencia o pérdida de la textura superficial necesaria para que exista una fricción adecuada entre pavimento y neumáticos (Ruiz Brito, 2011).

El pulimento es causado principalmente por la acción abrasiva del tráfico, que produce el desgaste de la superficie del hormigón particularmente cuando este es de

calidad pobre. Además podemos mencionar los siguientes factores: La inadecuada dosificación del hormigón, adición de agua a la superficie durante la construcción del pavimento, técnicas de acabado superficial inadecuadas o el uso de agregados pétreos degradables (Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos, 2016).

Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la no intervención, el ranurado de la superficie o la sobrecarpeta (Vásquez, 2002).



Figura. 37 Pulimiento de agregados
FUENTE: (Ruiz Brito, 2011)

2.2.3.2.11. *Popouts (Desprendimiento)*

Un popout es un pequeño pedazo de pavimento que se desprende de la superficie del mismo. Puede deberse a partículas blandas o fragmentos de madera rotos y desgastados por el tránsito. Varían en tamaño con diámetros entre 25.0 mm y 102.0 mm y en espesor de 13.0 mm a 51.0 mm. (Vásquez, 2002).

Son provocadas por la acción del tránsito y del clima sobre una superficie del pavimento con perceptibles defectos originados en una técnica y control de calidad muy

pobre durante la construcción del pavimento (Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos, 2016). Aunque existan varios pedazos de pavimento desprendidos no es necesario considerar intervención alguna hasta que la falla pase a considerarse otra falla de mayor impacto de darse el caso (Vásquez, 2002).

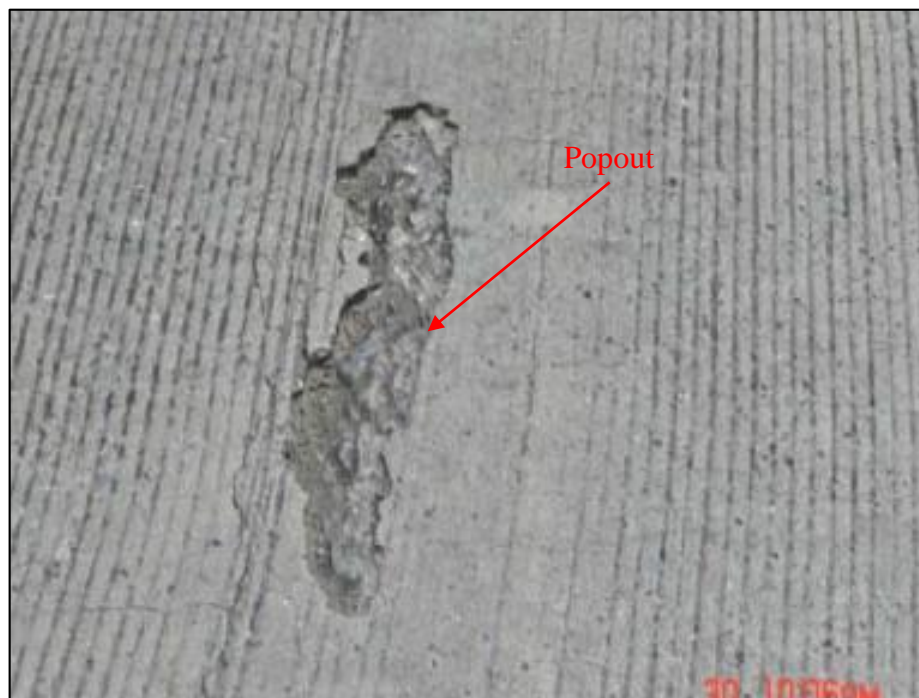


Figura. 38 POPOUDS (Desprendimiento)

FUENTE: (Universidad Nacional de Colombia & Instituto Nacional de Vías, 2006)

2.2.3.2.12. Bombeo.

El bombeo es la expulsión de finos a través de las juntas o fisuras, esta expulsión es producto de la deflexión que sufre la losa ante el paso de cargas. Al expulsar agua esta arrastra partículas de grava, arena, arcilla o limos generando la pérdida del soporte de las losas de concreto. El bombeo se puede evidenciar por el material que aparece tanto en juntas y fisuras de la losa como en la superficie del pavimento. (Universidad Nacional de Colombia & Instituto Nacional de Vías, 2006).

Las causas que dan origen a estas fallas pueden ser las cargas pesadas y frecuentes capaces de provocar deflexiones, la presencia de agua entre la losa y fundación o una

fundación constituida por suelos finos o material erosionable (Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos, 2016). Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la no intervención, el sellado de grietas de más de 3mm o la restauración de la transferencia de cargas (Vásquez, 2002).

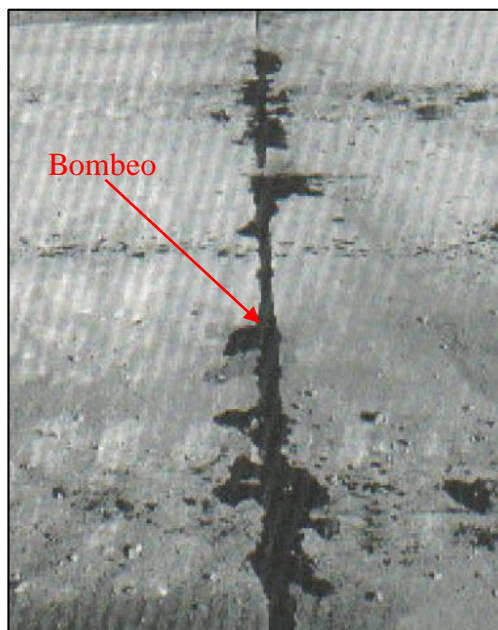


Figura. 39 Bombeo
FUENTE: (Vásquez, 2002)

2.2.3.2.13. Punzonamiento.

Este daño es un área localizada de la losa que está rota en pedazos. Puede tomar muchas formas y figuras diferentes pero, usualmente, está definido por una grieta y una junta o dos grietas muy próximas, usualmente con 1.52 m entre sí. Este daño se origina por la repetición de cargas pesadas, el espesor inadecuado de la losa, la pérdida de soporte de la fundación o una deficiencia localizada de construcción del concreto (por ejemplo, hormigueros). (Vásquez, 2002).

Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la no intervención, el sellado de grietas o el parcheo profundo (Vásquez, 2002).



Figura. 40 Punzonamiento
FUENTE: (Hamilton et al., 1999)

2.2.3.2.14. Cruce De Vía Férrea.

El daño de cruce de vía férrea se caracteriza por depresiones o abultamientos alrededor de los rieles. (Vásquez, 2002)

Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la no intervención, el parcheo parcial de la aproximación o la reconstrucción del cruce. (Vásquez, 2002)

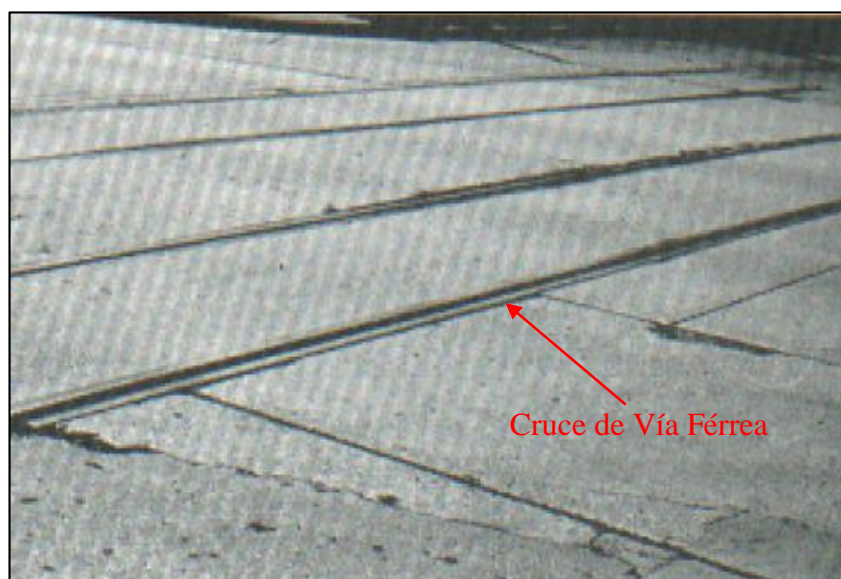


Figura. 41 Cruce de Vía Férrea
FUENTE: (Vásquez, 2002)

2.2.3.2.15. Desconchamiento, Mapa De Grietas, Craquelado.

Es la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad de 6 a 13 mm, por desprendimiento de pequeños trozos de concreto. Fisuras capilares son una malla de fisuras superficiales muy finas que se extiende solo a través de la superficie del concreto. Las fisuras usualmente se interceptan en ángulos de 120° , evolucionando según la intensidad del tráfico, originando descascaramiento y un progresivo desconchado (Hamilton et al., 1999).

Entre las causas tenemos el efecto de tránsito sobre concreto provocando primero fisuras capilares y luego descascaramiento, excesito acabado con exudación de mortero y agua durante la construcción o armaduras muy cercanas a la superficie (Hamilton et al., 1999).

Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la no intervención, el parcheo parcial, el parcheo profundo, el reemplazo de losa o la sobrecarpeta (Vásquez, 2002).



Figura. 42 Desconcha miento, mapa de grietas, craquelado
FUENTE: (Hamilton et al., 1999)

2.2.3.2.16. Grietas De Retracción.

Son fisuras que ocurren en la superficie del hormigón fresco, poco después de haber sido colocado, por efecto de la retracción del material cuando se encuentra aún en estado plástico. Por lo general se presentan en la forma de fisuras capilares discretas, distribuidas aleatoriamente en extensiones reducidas; a veces, por el contrario conforman áreas de fisuras muy finas, interconectadas. En todos los casos sólo afectan la porción superior de las losas (Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos, 2016).

El efecto de retracción del concreto es usualmente generado por la combinación de las siguientes causas: Curado inicial defectuoso frente a condiciones desfavorables (tiempo caluroso, seco y ventoso), debilitamiento de la superficie por exceso de acabado durante la construcción o una deficiente consolidación del concreto fresco durante su colocación (Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos, 2016). Debido a la poca influencia en la calidad del tránsito no es necesario considerar algún tipo de reparación (Vásquez, 2002).

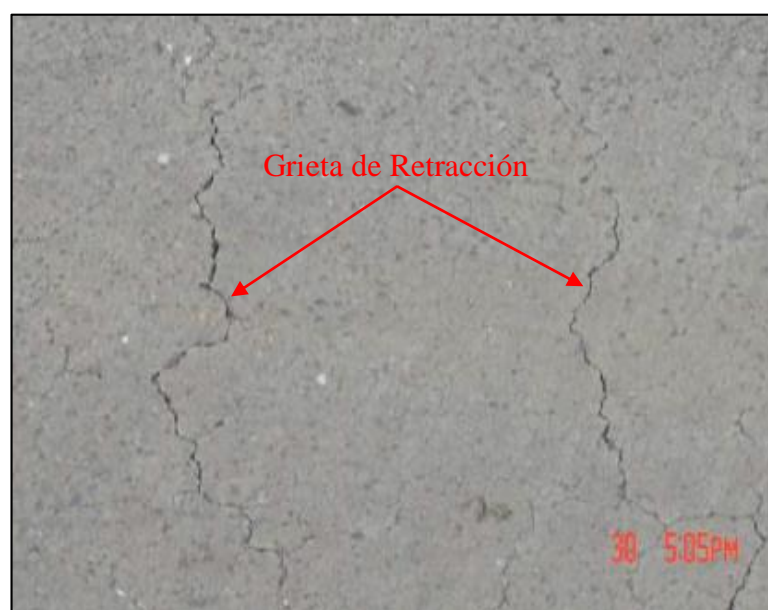


Figura. 43 Grietas de Retracción

FUENTE: (Universidad Nacional de Colombia & Instituto Nacional de Vías, 2006)

2.2.3.2.17. Descascaramiento De Esquina.

Es la rotura de la losa a 0.6 m de la esquina aproximadamente. Un descascaramiento de esquina difiere de la grieta de esquina en que el descascaramiento usualmente buza hacia abajo para interceptar la junta, mientras que la grieta se extiende verticalmente a través de la esquina de losa. Un descascaramiento menor que 127 mm medidos en ambos lados desde la grieta hasta la esquina no deberán considerarse como falla (Vásquez, 2002).

Estas fallas son generadas por la acción del tránsito y del clima sobre una superficie de pavimento con defectos perceptibles originados por un técnica de construcción y calidad pobres (Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos, 2016).

Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la no intervención o el parcheo parcial (Vásquez, 2002).



Figura. 44 Descascaramiento de esquina (Despostillamientos)
FUENTE: (Ruiz Brito, 2011)

2.2.3.2.18. Descascaramiento De Junta.

Fracturamiento o desintegración de los bordes de las losas dentro de los 0.60 m de una junta o de una esquina. Por lo general, no se extienden verticalmente a través de la losa sino que interceptan la junta en (Hamilton et al., 1999).

Estos deterioros provienen de una excesiva tensión en las juntas debido a las cargas, la infiltración de materiales incompresibles en las juntas, la debilidad del concreto en la proximidad de las juntas, deficiente diseño y/o construcción de los sistemas de transferencia de carga entre losas o por la acumulación de agua a nivel de las juntas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Entre las opciones de reparación según la gravedad y extensión de la falla podría considerarse la no intervención, el parcheo parcial o la reconstrucción de la junta (Vásquez, 2002).



Figura. 45 Descascaramiento de junta (Despostillamientos)
FUENTE: (Hamilton et al., 1999)

2.2.4. Evaluación De Pavimentos

La evaluación de pavimentos consiste en un estudio, en el cual se muestra el estado en el que se halla la estructura y la superficie del pavimento, para con esto poder adoptar las medidas adecuadas de conservación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil del pavimento, en este sentido es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre. (Leguía & Pacheco, 2016).

Es importante realizar una evaluación periódica en el pavimento, puesto que esta nos permitirá conocer a tiempo los deterioros presentes en la superficie; y poder así aplicar las medidas correctivas oportunas y que la vía cumpla con el nivel de servicialidad con el que fue diseñado. Esta medida también nos permitirá optimizar costos al lograr que la vía cumpla con toda la vida útil y con el nivel de serviciabilidad con el que fue diseñada. La curva superior de la Figura 46 representa el ciclo de vida deseable del pavimento, es decir un camino mantenido y rehabilitado desde sus inicios; que con un pequeño porcentaje del costo de construcción del pavimento se logra que el nivel de servicio se incremente, prolongando la vida útil inicial (Gamboa, 2009).

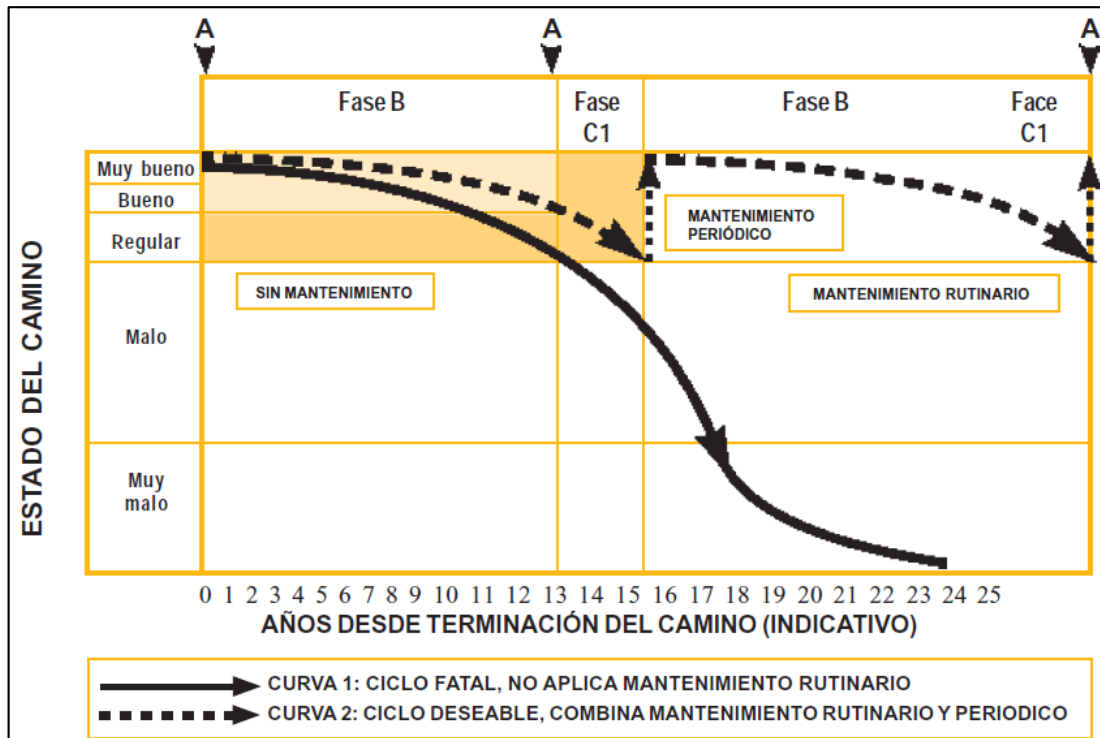


Figura. 46 Ciclo de vida de la vía con y sin mantenimiento
 FUENTE: (Menéndez, 2003)

Los pavimentos son estructuras diseñadas para entregar al usuario seguridad y comodidad al conducir, esto significa que la vía debe entregar un nivel de servicio acorde a la demanda solicitada.(Cristian & Andres, 2016)

Se entiende por evaluación superficial o funcional, aquella evaluación realizada en una vía con el objeto de determinar los deterioros que afectan al pavimento y al usuario, y conocer el estado en el que se encuentra el mismo.(Leguía & Pacheco, 2016).

En la actualidad existen varios métodos para la evaluación superficial de los pavimentos, estos métodos no requieren de mayores equipos experimentados para su aplicación. La aplicación de estos métodos se basa fundamentalmente en la evaluación visual. La aplicación de estos métodos se basa generalmente en una inspección inicial y otra evaluación detallada.

A continuación se detallan los métodos de evaluación del interés de la presente investigación:

2.2.4.1. Método De Evaluación Superficial Pavement Condition Index (PCI)

Debido a la problemática existente para administrar y gestionar el mantenimiento de las vías, en 1978 M.Y. Shahin y S.D. Khon publicaron el método del PCI. Además este método constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado como procedimiento estandarizado, por agencias como por ejemplo: el departamento de defensa de los Estados Unidos, el APWA (American Public Work Association) y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación, conocida como procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03 (Leguía & Pacheco, 2016).

El método PCI (Índice de Condición del Pavimento) es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta. (Rodríguez Velasquez, 2009).

El deterioro de la estructura de un pavimento está en función de la clase de daño, su severidad y cantidad de este. El método PCI introduce los “valores deducidos”, como un modelo para calcular un factor de ponderación. Este con el fin de representar el grado de afectación de cada combinación obtenida de los tres factores: clase de daño, nivel de severidad y cantidad sobre la condición del pavimento.

El PCI proporciona una medición de las condiciones actuales del pavimento basada en la observación de fallas en su superficie, indicando también su integridad estructural y condiciones operacionales (rugosidad localizada y seguridad). El PCI no puede medir la capacidad estructural del pavimento, y tampoco proporciona determinación directa sobre el coeficiente de resistencia a la fricción (resistencia al resbalamiento) o la rugosidad general. Sin embargo proporciona una base objetiva y racional para determinar las necesidades y prioridades de reparación y mantenimiento. (NORMA ASTM, 2005).

El PCI es un índice numérico, desarrollado para obtener el valor de la irregularidad de la superficie del pavimento y la condición operacional de este. Que califica la condición integral del pavimento desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado (Leguía & Pacheco, 2016). En la Tabla 3 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla. 3 Rangos de Clasificación del PCI

Rango	Clasificación
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

FUENTE: (Vásquez, 2002)

2.2.4.1.1. Procedimiento De Evaluación De La Condición Del Pavimento.

El procedimiento incluye iniciar con una etapa de trabajo de campo, en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y la extensión de estos. Esta información se registra en formatos de inspección de pavimentos asfálticos y de concreto.

De estos factores, la “**Clase**” se refiere al tipo de daño o deterioro superficial encontrado en el pavimento considerando los mencionados en el manual del PCI. En la Tabla 6 se observan las clases de daño que se encuentren en pavimentos flexibles y en la Tabla 7 para pavimento rígido.

La “**Severidad**” representa en qué grado afecta la falla o daño a la calidad de tránsito, este grado de severidad se clasifica según:

- L: (Low: Bajo). Se perciben las vibraciones en el vehículo, pero no es necesaria una reducción de velocidad.
- M: (Medium: Medio). Las vibraciones en el vehículo son significativas y se requiere alguna reducción de la velocidad.
- H: (High: Alto). Las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable, creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo.

La metodología del PCI de acuerdo a la consideración anterior muestra criterios para identificar el nivel de severidad de los daños en pavimentos que se muestran en las Tablas 4 y 5.

Tabla. 4 Niveles de severidad de los deterioros en Pavimento Asfáltico - PCI

DAÑOS O FALLAS	SEVERIDAD		
	LOW (Bajo)	MEDIUM (Medio)	HIGH (Alto)
1.- Piel de cocodrilo.	Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas.	Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.	Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito.
2.- Exudación.	La exudación ha ocurrido solamente en un grado muy ligero y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos.	La exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año.	La exudación ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año.
3.- Agrietamiento en bloque.	Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para grietas longitudinales y transversales.	Bloques definidos por grietas de severidad media	Bloques definidos por grietas de alta severidad.
4.- Abultamientos y hundimientos.	Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de baja severidad.	Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad media.	Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad alta.
5.- Corrugación.	Corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad.	Corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad.	Corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad.
6.- Depresión.	Máxima profundidad de la depresión: 13.0 a 25.0 mm.	Máxima profundidad de la depresión: 25.0 a 51.0 mm.	Máxima profundidad de la depresión: Más de 51.0 mm.
7.- Grieta de borde.	Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.	Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.	Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.
8.- Grieta de reflexión de junta.	Existe 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm, 2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).	Existe una de las condiciones: 1. Grieta sin relleno con ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm. 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio. 3. Grieta rellena de cualquier ancho rodeado de un ligero agrietamiento aleatorio.	Existe una de las condiciones: 1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio 2. de media o alta severidad. Grietas sin relleno de más de 76.0 mm. 3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.
9.- Desnivel carril / berma.	La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0 mm.	La diferencia está entre 51.0 mm y 102.0 mm.	La diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm.
10.- Grietas Longitudinales y transversales.	Existe 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm.	Existe una de las condiciones: 1. Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm. 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas. 3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas.	Existe una de las condiciones: 1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta. 2. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho. 3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.

...Continuación

DAÑOS O FALLAS	SEVERIDAD			
	LOW (Bajo)	MEDIUM (Medio)	HIGH (Alto)	
11.- Parcheo.	El parche está en buena condición buena y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.	El parche está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media.	El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.	
12.- Pulimento de agregados.	No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.			
13.- Huecos (Bacheo)	Profundidad máxima del hueco	Diámetro medio (mm)		
	12.7 a 25.4 mm	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
	> 25.4 a 50.8 mm	BAJO	BAJO	MEDIO
	> 50.8 mm	BAJO	MEDIO	ALTO
14.- Cruce de vía férrea.	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad alta.	
15.- Ahuellamiento.	Profundidad media del ahuellamiento: 6.0 a 13.0 mm.	Profundidad media del ahuellamiento: >13.0 mm a 25.0 mm.	Profundidad media del ahuellamiento: H: > 25.0 mm.	
16.- Desplazamiento.	El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.	El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media.	El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.	
17.- Grieta parabólica (slippage)	Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm.	Existe una de las condiciones: 1. Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm. 2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados.	Existe una de las condiciones: 1. Ancho promedio de la grieta mayor que 38.0 mm. 2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.	
18.- Hinchamiento.	El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.	El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.	El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.	
19.- Desprendimiento de agregados.	Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.	Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.	Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran huecos. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.	

FUENTE: (Adaptación de Vásquez, 2002)

Tabla. 5 Niveles de severidad de los deterioros en Pavimento rígido - PCI

DAÑOS O FALLAS	SEVERIDAD			
	LOW (Bajo)	MEDIUM (Medio)		HIGH (Alto)
1.- Blow up / Buckling.	Causa una calidad de tránsito de baja severidad.	Causa una calidad de tránsito de severidad media.		Causa una calidad de tránsito de alta severidad.
2.- Grieta de esquina.	La grieta está definida por una grieta de baja severidad y el área entre la grieta y las juntas está ligeramente agrietada o no presenta grieta alguna.	Se define por una grieta de severidad media o el área entre la grieta y las juntas presenta una grieta de severidad media (M)		Se define por una grieta de severidad alta o el área entre la junta y las grietas está muy agrietada.
3.- Losa dividida.	Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos en la losa agrietada		
		4 a 5	6 a 8	8 ó más
	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	ALTO	MEDIO	MEDIO	ALTO
4.- Grieta de durabilidad "D".	Las grietas "D" cubren menos del 15% del área de la losa. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unas pocas piezas pueden haberse desprendido.	Existe una de las condiciones: 1. Las grietas "D" cubren menos del 15% del área de la losa y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse con facilidad. 2. Las grietas "D" cubren más del 15% del área. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unos pocos pedazos se han desprendido.		Las grietas "D" cubren más del 15% del área y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.
5.- Escala.	diferencia de niveles a través de la grieta o junta: 3 a 10 mm	diferencia de niveles a través de la grieta o junta: 10 a 19 mm	diferencia de niveles a través de la grieta o junta: Mayor que 19 mm	
6.- Sello de junta.	El sellante está en una condición buena en forma general en toda la sección. Se comporta bien, con solo daño menor.	Está en condición regular en toda la sección, con uno o más de los tipos de daño que ocurre en un grado moderado. El sellante requiere reemplazo en dos años.	Está en condición generalmente buena en toda la sección, con uno o más de los daños mencionados arriba, los cuales ocurren en un grado severo. El sellante requiere reemplazo inmediato.	
7.- Desnivel Carril / Berma.	La diferencia entre el borde del pavimento y la berma es de 25.0 mm a 51.0 mm.	La diferencia de niveles es de 51.0 mm a 102.0 mm.	La diferencia de niveles es mayor que 102.0 mm.	
8.- Grieta lineal.	Grietas no selladas (incluye llenante inadecuado) con ancho menor que 12.0 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escala.	Existe una de las condiciones: 1. Grieta no sellada con ancho entre 12.0 mm y 51.0 mm. 2. Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 51.0 mm con escala menor que 10.0 mm. 3. Grieta sellada de cualquier ancho con escala menor que 10.0 mm.	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta no sellada con ancho mayor que 51.0 mm. 2. Grieta sellada o no de cualquier ancho con escala mayor que 10.0 mm.	
9.- Parcheo (grande).	El parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.	El parche está moderadamente deteriorado o moderadamente descascarado en sus bordes.	El parche está muy dañado. El estado de deterioro exige reemplazo.	

...Continuación

DAÑOS O FALLAS	SEVERIDAD				
	LOW (Bajo)	MEDIUM (Medio)		HIGH (Alto)	
10.- Parcheo (pequeño).	El parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.	El parche está moderadamente deteriorado. El material del parche puede ser retirado con considerable esfuerzo.		El parche está muy deteriorado. La extensión del daño exige reemplazo.	
11.- Pulimento de agregados.	No se definen grados de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de incluirlo en un inventario de la condición y calificarlo como un defecto.				
12.- Popouts.	No se definen grados de severidad. Sin embargo, el popout debe ser extenso antes que se registre como un daño. La densidad promedio debe exceder aproximadamente tres por metro cuadrado en toda el área de la losa.				
13.- Bombeo.	No se definen grados de severidad. Es suficiente indicar la existencia.				
14.- Punzonamiento.	Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos			
	BAJO	2 a 3	4 a 5	Más de 5	
	MEDIO	BAJO	BAJO	MEDIO	
	ALTO	BAJO	MEDIO	ALTO	
15.- Cruce de vía férrea.	El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.	El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.	El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de alta severidad.		
16.- Desconchamiento.	El craquelado se presenta en la mayor parte del área de la losa; la superficie está en buena condición con solo un descamado menor presente.	La losa está descamada, pero menos del 15% de la losa está afectada.	La losa esta descamada en más del 15% de su área.		
17.- Retracción.	No se definen niveles de severidad. Basta con indicar que están presentes.				
18.- Descascaramiento de esquina.	Profundidad del descascaramiento	Dimensiones de los lados del descascaramiento			
		127.0 x 127.0 mm a 305.0 x 305.0 mm	Mayor que 305.0 x 305.0 mm		
	Menor de 25.0 mm	BAJO	BAJO		
	> 25.0 mm a 51.0 mm	BAJO	MEDIO		
	Mayor de 51.0 mm	MEDIO	ALTO		
19.- Desprendimiento de agregados.	Fragmentos del Descascaramiento		Ancho del descascaramiento	Longitud del descascaramiento	
	Duros. No puede removerse fácilmente (pueden faltar algunos pocos fragmentos).		< 102 mm	< 0.6m	> 0.6 m
			> 102 mm	BAJO	BAJO
	Suelos. Pueden removerse y algunos fragmentos pueden faltar. Si la mayoría o todos los fragmentos faltan, el descascaramiento es superficial, menos de 25.0 mm.		< 102 mm	BAJO	MEDIO
			> 102 mm	BAJO	MEDIO
	Desaparecidos. La mayoría, o todos los fragmentos han sido removidos.		< 102 mm	BAJO	MEDIO
> 102 mm			MEDIO	ALTO	

FUENTE: (Adaptación de Vásquez, 2002)

Y el último factor que es la “**extensión**” se refiere al área que se encuentra afectada por cada tipo de daño o deterioro. En las Tablas 6 y 7 se observan las unidades en que se mide la extensión por cada tipo de daño.

Tabla. 6 Daños del Pavimento Flexible

DAÑOS PAVIMENTO FLEXIBLE			
Nº	Daño o falla	Código	Medición
1	Piel de cocodrilo.	PC	m2
2	Exudación.	EX	m2
3	Agrietamiento en bloque.	BLO	m2
4	Abultamientos y hundimientos.	ABH	ml
5	Corrugación.	COR	m2
6	Depresión.	DEP	m2
7	Grieta de borde.	GB	ml
8	Grieta de reflexión de junta.	GR	ml
9	Desnivel carril / berma.	DN	ml
10	Grietas long y transversal.	GLT	ml
11	Parqueo.	PA	m2
12	Pulimento de agregados.	PU	m2
13	Huecos (Bacheo).	HUE	und
14	Cruce de vía férrea.	CVF	m2
15	Ahuellamiento.	AHU	m2
16	Desplazamiento.	DES	m2
17	Grietas parabólica (slippage)	GP	m2
18	Hinchamiento.	HN	m2
19	Desprendimiento de agregados.	DAG	m2

FUENTE: (Adaptación de Vásquez, 2002)

Tabla. 7 Daños del Pavimento Rígido

DAÑOS PAVIMENTO FLEXIBLE			
Nº	Daño o falla	Código	Medición
1	Blow up / Buckling.	BUB	#L
2	Grieta de esquina.	GE	#L
3	Losa dividida.	LOD	#L
4	Grieta de durabilidad "D".	GDD	#L
5	Escala.	ESC	#L
6	Sello de junta.	SJ	\$
7	Desnivel Carril / Berma.	DN	#L
8	Grieta lineal.	GL	#L
9	Parqueo (grande).	PG	#L
10	Parqueo (pequeño)	PQ	#L
11	Pulimento de agregados	PA	#L
12	Popouts	PP	#L
13	Bombeo	BOM	#L
14	Punzonamiento.	PUN	#L
15	Cruce de vía férrea	CVF	#L
16	Desconchamiento	DES	#L
17	Retracción	RET	#L
18	Descascaramiento de esquina	DE	#L
19	Descascaramiento de junta	DJ	#L

FUENTE: (Adaptación de Vásquez, 2002)

a. Unidades De Muestra

La vía a evaluar se divide en unidades de muestra, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura:

- Pavimento asfáltico: Para este tipo de pavimento el área de la unidad de muestra debe estar en el rango 230.0 ± 93.0 m². En el cuadro se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Tabla. 8 Relación longitud ancho de calzada

Ancho de calzada (m)	Longitud de las unidades de muestra (m)
5	46
5.5	41.8
6	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

FUENTE: (Vásquez, 2002)

- Pavimento de concreto: Este tipo de pavimento de losas con longitud menor a 7.60m. El área de la unidad de muestra debe estar en el rango 20 ± 8 losas.

b. Determinación de las unidades de muestra para evaluación.

En la “Evaluación de un Proyecto” se deben inspeccionar todas las unidades. Sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestra “n” a ser inspeccionadas es calculado mediante la Ecuación 1, el cual produce un estimado del $PCI \pm 5$ del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

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

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestra a evaluar.

N: Número total de unidades de muestra en la sección del pavimento

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

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Si se realiza una inspección inicial, se asume una desviación estándar (σ) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango de PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35). Para las siguientes inspecciones se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa.

c. Selección De Las Unidades De Muestra Para Inspección.

Una vez determinado el número de unidades de muestra, estas deben estar igualmente espaciadas a lo largo de la sección del pavimento y la primera de ellas debe elegirse al azar.

El intervalo de muestra se calcula a través de la Ecuación 2:

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

Donde:

N: Número total de unidades de muestra disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestra, éste se redondea al número entero inferior.

Se seleccionara la primera muestra al azar del grupo de muestra 1 hasta i . Las demás unidades de muestra a inspeccionar serán las que se encuentren ubicadas a incremento i de espaciamiento.

d. Selección De Las Unidades De Muestra Adicionales.

Muestra Adicional: Una unidad de muestra inspeccionada adicionalmente a las seleccionadas aleatoriamente para incluir unidades de muestra no representativas en la determinación de la condición del pavimento. Estas unidades presentan condiciones extremas, muy pobres o excelentes, que no son típicas de la sección, y fallas poco comunes, como los cortes en el pavimento para instalaciones. Si una unidad de muestra con fallas inusuales es seleccionada aleatoriamente debe ser contabilizada como una Muestra Adicional y otra muestra aleatoria debe ser elegida. Si todas las unidades de muestra son inspeccionadas no existen Muestras Adicionales.(NORMA ASTM, 2005).

Se deben analizar unidades de muestra adicionales cuando se requiera y a selección y criterio del usuario de acuerdo al concepto indicado.

e. Procedimiento De Inspección.

- Inspeccionar individualmente cada unidad de muestra seleccionada.
- Registrar el tramo y número de sección así como el número y tipo de unidad de muestra (al azar o adicional).
- Registrar el tamaño de unidad de muestra.
- Realizar la inspección de las fallas, cuantificando cada nivel de severidad, su extensión y registrando la información obtenida.

- Repetir este procedimiento para cada unidad de muestra a ser inspeccionada.

2.2.4.1.2. Cálculo Del PCI.

Concluida la inspección de campo, se realizar el trabajo de gabinete para calcular el PCI. Este calcula se basa en los valores deducidos de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad de cada uno de estos.

a. Cálculo Para Pavimento Asfáltico.

Etapa 1. Calculo de los valores deducidos (DV):

- Sumar la cantidad de daño para cada nivel de severidad. El daño puede medirse en área, longitud o por unidad según su tipo.
- Dividir la cantidad de cada tipo de daño, en cada nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestra y expréselo en porcentaje. Esta será la densidad para cada tipo de daño y nivel de severidad.
- Determine el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas de “Valor deducido del daño” que se muestran en los anexos.

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

- Si ninguno o solamente un valor deducido individual es mayor que 2%, el valor deducido total es usado en lugar del máximo valor deducido corregido (CDV) para determinar el PCI; caso contrario, el máximo CDV debe ser determinado usando los pasos e y f.
- Ordenar en una lista de mayor a menos los valores deducidos individuales.

- Se determina el número máximo admisible de valores deducidos (m) utilizando la Ecuación 3:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i) \text{ Ecuación 3}$$

Donde:

m_i : Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción para la unidad de muestra i .

HDV_i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestra i .

- El número de valores individuales deducidos se reduce al valor m , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan todos los que se tengan.

Etapa 3. Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV). El máximo CDV se determina mediante un proceso iterativo.

- Determine el número de valores deducidos “ q ” mayores que 2.0.
- Determine el “Valor deducido total” sumando todos los valores deducidos individuales.
- Determine el CDV con “ q ” (En la primera iteración $q=m$) y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección de acuerdo al tipo de pavimento que se muestran en el Anexo A.
- En la siguiente iteración, se cambia el menor valor deducido por 2% para luego sumar y hallar un nuevo valor deducido total, en este caso el valor q es igual a “ $m - 1$ ”. Se repite el mismo procedimiento hasta logra que $q= 1$.

- El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso, valor que nos permitirá hallar el PCI mediante la Ecuación 4:

$$PCI = 100 - \text{máx. CDV Ecuación 4.}$$

Donde:

máx.CDV: Máximo valor deducido corregido.

PCI: Índice de condición del pavimento.

b. Cálculo Para Pavimento De Concreto.

Etapa 1. Calculo de los valores deducidos (DV):

- Contar el número de paños de Losa en las cuales se presenta cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad.
- Dividir el número de losas contabilizado en a. entre el número de losas de la unidad y exprese el resultado como porcentaje (%) Esta será la densidad por unidad de muestra para cada combinación de tipo y severidad de daño.
- Determinar los valores deducidos para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad empleando la curva de “Valor Deducido de Daño” apropiada que se muestran en los anexos.

Etapa 2. Cálculo del número Admisible Máximo de Deducidos (m):

El procedimiento de esta etapa es similar al procedimiento indicado en la “Etapa 2” para pavimento asfáltico.

Etapa 3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.:

El procedimiento de esta etapa es similar al procedimiento indicado en la “Etapa 3” para pavimento asfáltico.

c. Cálculo Del PCI De La Sección Del Pavimento.

Si todas las unidades de muestra son inventariadas, el PCI de la sección del pavimento será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestra.

Si se utilizó la técnica de muestreo aleatoria sistemática o con representatividad de la sección, el PCI de la sección del pavimento será el promedio de los PCI de las unidades de muestra inspeccionadas.

Si se usaron unidades de muestra adicionales se usa un promedio ponderado calculado con la Ecuación 5.

$$PCI_S = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N} \text{ Ecuación 5.}$$

Donde:

PCI_S : PCI de la sección del pavimento.

PCI_R : PCI promedio de las unidades de muestra aleatoria o representativa.

PCI_A : PCI promedio de las unidades de muestra adicionales.

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

A: Numero adicional de unidades de muestra inspeccionadas.

2.2.4.1.3. *Mantenimiento Vial Según El Índice De Condición Del Pavimento.*

Esto se fundamenta en la existencia de tres puntos. El primero donde se empiezan a realizar los trabajos de mantenimiento, el segundo el punto óptimo de rehabilitación y el punto de falla que están relacionado al índice de condición del pavimento. Este trabajo se diferencia según la Tabla 9.

Tabla. 9 Correlación del tipo de mantenimiento y rehabilitación con el PCI

TIPO DE MANTENIMIENTO	PCI	ESCALA
Rutinario (Mantenimiento menor)	85-100	EXCELENTE
	70-85	MUY BUENO
Rutinario (Mantenimiento menor)	55-70	BUENO
Periódico (Mantenimiento mayor efectivo)	40-55	REGULAR
Rehabilitación	25-40	MALO
Rehabilitación y Reconstrucción	10-25	MUY MALO
	00-10	FALLADO

FUENTE: (Adaptación de Jugo, 2005)

La metodología PCI contempla opciones de reparación para las diferentes fallas en los pavimentos según su severidad según la Tabla 10 y Tabla 11.

Tabla. 10 Opciones de reparación para fallas en pavimento asfáltico - PCI

DAÑOS O FALLAS	SEVERIDAD		
	LOW (Bajo)	MEDIUM (Medio)	HIGH (Alto)
1.- Piel de cocodrilo.	No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta.	Parqueo parcial o en toda la profundidad (Full Depth). Sobrecarpeta. Reconstrucción.	Parqueo parcial o Full Depth. Sobrecarpeta. Reconstrucción.
2.- Exudación.	No se hace nada.	Se aplica arena / agregados y cilindrado.	Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentando si fuera necesario).
3.- Agrietamiento en bloque.	Sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 mm. Riego de sello.	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.	Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.
4.- Abultamientos y hundimientos.	No se hace nada.	Reciclado en frío. Parqueo profundo o parcial.	Reciclado (fresado) en frío. Parqueo profundo o parcial. Sobrecarpeta.
5.- Corrugación.	No se hace nada.	No se hace nada. Reconstrucción.	Reconstrucción.
6.- Depresión.	No se hace nada.	Parqueo superficial, parcial o profundo.	Parqueo superficial, parcial o profundo.
7.- Grieta de borde.	No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm.	Sellado de grietas. Parqueo parcial - profundo.	Parqueo parcial – profundo.
8.- Grieta de reflexión de junta.	Sellado para anchos superiores a 3.00 mm.	Sellado de grietas. Parqueo de profundidad parcial.	Parqueo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta.
9.- Desnivel carril / berma.	Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.		
10.- Grietas long y transversal.	No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm.	Sellado de grietas.	Sellado de grietas. Parqueo parcial.
11.- Parqueo.	No se hace nada.	No se hace nada. Sustitución del parqueo.	Sustitución del parqueo.
12.- Pulimento de agregados.	No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Fresado y sobrecarpeta		
13.-Huecos (Bacheo).	No se hace nada. Parqueo parcial o profundo.	Parqueo parcial o profundo.	Parqueo profundo.
14.- Cruce de vía férrea.	No se hace nada.	Parqueo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.	Parqueo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.
15.- Ahuellamiento.	No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta.	Parqueo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.	Parqueo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.
16.- Desplazamiento.	No se hace nada. Fresado.	Fresado. Parqueo parcial o profundo.	Fresado. Parqueo parcial o profundo.
17.- Grieta parabólica	No se hace nada. Parqueo parcial.	Parqueo parcial.	Parqueo parcial.
18.- Hinchamiento.	No se hace nada.	No se hace nada. Reconstrucción.	Reconstrucción.
19.- Desprendimiento o de agregados.	No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.	Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.	Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción.

FUENTE: (Adaptación de Vásquez, 2002)

Tabla. 11 Opciones de reparación para fallas en pavimento rígido - PCI

DAÑOS O FALLAS	SEVERIDAD		
	LOW (Bajo)	MEDIUM (Medio)	HIGH (Alto)
1.- Blow up / Buckling.	No se hace nada. Parcheo profundo o parcial.	Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.	Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.
2.- Grieta de esquina.	No se hace nada. Sellado de grietas de más de 3 mm.	Sellado de grietas. Parcheo profundo.	Parcheo profundo.
3.- Losa dividida.	No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor de 3mm.	Reemplazo de la losa.	Reemplazo de la losa.
4.- Grieta de durabilidad "D".	No se hace nada.	Parcheo profundo. Reconstrucción de juntas.	Parcheo profundo. Reconstrucción de juntas. Reemplazo de la losa.
5.- Escala.	No se hace nada. Fresado.	Fresado.	Fresado.
6.- Sello de junta.	No se hace nada.	Resellado de juntas.	Resellado de juntas.
7.- Desnivel Carril / Berma.	Renivelación y llenado de bermas para coincidir con el nivel del carril.		
8.- Grieta lineal.	No se hace nada. Sellado de grietas más anchas que 3.0 mm.	Sellado de grietas.	Sellado de grietas. Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.
9.- Parcheo (grande).	No se hace nada.	Sellado de grietas. Reemplazo del parche.	Reemplazo del parche.
10.- Parcheo (pequeño).	No se hace nada.	No se hace nada. Reemplazo del parche.	Reemplazo del parche.
11.- Pulimento de agregados.	Ranurado de la superficie. Sobrecarpeta.		
12.- Popouts.	No se hace nada.		
13.- Bombeo.	Sellado de juntas y grietas. Restauración de la transferencia de cargas.		
14.- Punzonamiento.	No se hace nada. Sellado de grietas.	Parcheo profundo.	Parcheo profundo.
15.- Cruce de vía férrea.	No se hace nada.	Parcheo parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.	Parcheo parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.
16.- Desconchamiento.	No se hace nada.	No se hace nada. Reemplazo de la losa.	Parcheo profundo o parcial. Reemplazo de la losa. Sobrecarpeta.
17.- Retracción.	No se hace nada.		
18.- Descascaramiento de esquina.	No se hace nada.	Parcheo parcial.	Parcheo parcial.
19.- Desprendimiento de agregados.	No se hace nada.	Parcheo parcial.	Parcheo parcial. Reconstrucción de la junta.

FUENTE: (Adaptación de Vásquez, 2002)

2.2.4.2. Método De Evaluación Superficial De Inspección Visual De Zonas Y Rutas En Riesgo (VIZIR)

El método “Inspección Visual de Zonas y Rutas en Riesgo” (VIZIR) fue desarrollado en Francia a partir de los años 60 para los pavimentos flexibles, además fue publicado por el laboratorio central de puentes y carreteras (LCPC), esta metodología se experimentó por primera vez en los continentes asiático y africano, la cual es muy conocida en otros países; sin embargo, en nuestro medio no está muy difundido. El objetivo de esta metodología fue desarrollar un índice de deterioro superficial (Is) para carreteras, para establecer un juicio apropiado sobre la condición del pavimento (Apolinario, 2012). La recolección de datos para esta metodología se debe realizar en registros y de manera secuencial cada 100m. de longitud a lo largo de la vía en estudio (Instituto Nacional de Vías, 2008).

El método VIZIR clasifica los deterioros en los pavimentos flexibles considerando tres factores: tipo, gravedad y extensión.

- **TIPO:** Los deterioros se agrupan de acuerdo con los mecanismos que los originan. Como un primer paso, se pueden clasificar de acuerdo con su causa primaria posible, sea ésta la acción del tránsito, acción climática, materiales o el proceso de construcción. El método VIZIR clasifica el deterioro del pavimento en dos grandes grupos:

Deterioros tipo “A”

Caracterizan una condición estructural del pavimento. Se trata de degradaciones debidas a insuficiencia en la capacidad estructural de la calzada, sea que ella esté ligada a las condiciones de las diversas capas del pavimento y el suelo de

subrasante o, simplemente, a las capas asfálticas. Entre ellas se encuentra las deformaciones y los fisuramientos ligados a la fatiga del pavimento.

Tabla. 12 Deterioros tipo “A”

NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	UNIDAD DE MEDIDA
Ahuellamiento	AH	m
Depresiones o hundimientos longitudinales	DL	m
Depresiones o hundimientos transversales	DT	m
Fisuras longitudinales por fatiga	FLF	m
Fisuras piel de cocodrilo	FPC	m
Bacheos y parcheos	B	m

FUENTE: (Instituto Nacional de Vías, 2008)

Deterioros tipo “B”

Son de carácter funcional, su reparación no está relacionada con la capacidad estructural del pavimento. Se originan debido a la mala calidad de algunos procedimientos constructivos y las condiciones locales de servicio, así como a la evolución misma de los materiales.

Tabla. 13 Deterioros tipo “B”

NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	UNIDAD DE MEDIDA
Fisura longitudinal de junta de construcción	FIJ	m
Fisura transversal de junta de construcción	FTJ	m
Fisuras de contracción térmica	FCT	m
Fisuras parabólicas	FP	m
Fisura de borde	FB	m
Ojos de pescado	O	und
Desplazamiento o abultamiento o ahuellamiento de la mezcla	DM	m
Pérdida de la película de ligante	PL	m
Pérdida de agregados	PA	m
Descascaramiento	D	m ²
Pulimento de agregados	PU	m
Exudación	EX	m
Afloramiento de mortero	AM	m
Afloramiento de agua	AA	m
Desintegración de los bordes del pavimento	DB	m
Escalonamiento entre calzada y berma	ECB	m
Erosión de las bermas	EB	m
Segregación	S	m

FUENTE: (Instituto Nacional de Vías, 2008)

- **GRAVEDAD:** Representa el nivel de severidad del deterioro en términos de su progresión; entre más severo sea el deterioro, más importantes deberán ser las medidas para su corrección (Apolinario, 2012).

Tabla. 14 Niveles de gravedad de los deterioros tipo “A” - VIZIR

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD		
	1	2	3
Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales	Sensible al usuario, pero poco importante Prof < 20 mm	Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamiento. 20 mm ≤ Prof ≤ 40 mm	Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios. Prof > 40 mm
Fisuras longitudinales por fatiga	Fisuras finas en la huella de rodamiento. < 6 mm	Fisuras abiertas y a menudo ramificadas.	Fisuras muy ramificadas y/o muy abiertas. Bordes de fisura ocasionalmente degradados
Piel de cocodrilo	Piel de cocodrilo formada por mallas (> 500 mm) con figuración fina, sin pérdida de materiales.	Mallas más densas (< 500 mm), con pérdidas ocasionales de materiales, desprendimientos y ojos de pescado en formación.	Mallas con grietas muy abiertas y con fragmentos separados. Las mallas son muy densas (< 200 mm), con pérdida ocasional o generalizada de materiales.
Bacheos y parcheos	Intervención de superficie ligada a deterioros tipo B	Intervenciones ligadas a deterioros tipo A	
		Comportamiento satisfactorio de la reparación	Ocurrencia de fallas en las zonas reparadas

FUENTE: (Instituto Nacional de Vías, 2008)

Tabla. 15 Niveles de gravedad de los deterioros tipo “B” - VIZIR

DETERIORO		NIVEL DE GRAVEDAD				
		1		2		3
Fisura longitudinal de junta de construcción		Fina y única < 6 mm	- Ancha (≤ 6 mm) sin desprendimiento o - Fina ramificada		Ancha (≤ 6 mm) con desprendimientos o ramificada	
Fisuras de contracción térmica.		Fisuras finas < 6 mm	Anchas (≤ 6 mm) sin desprendimiento, o finas con desprendimientos o fisuras ramificadas		Anchas (≤ 6 mm) con desprendimientos	
Fisuras parabólicas.		Fisuras finas < 6 mm	Anchas (≤ 6 mm) sin desprendimientos		Anchas (≤ 6 mm) con desprendimientos	
Fisuras de borde		Fisuras finas < 6 mm	Anchas (≤ 6 mm) sin desprendimientos		Anchas (≤ 6 mm) con desprendimientos	
Abultamientos		$h < 20$ mm	$20 \text{ mm} \leq h \leq 40$ mm		$h > 40$ mm.	
Ojos de pescado*(por cada 100 m)	Cantidad.	< 5	a 10	< 5	> 10	5 a 10
	Diámetro (mm)	≤ 300	≤ 300	≤ 1000	≤ 300	≤ 1000
Desprendimientos: - Pérdida de película de ligante. - Pérdida de agregado		Pérdidas aisladas	Pérdidas continuas		Pérdidas generalizadas y muy marcadas	
Descascaramiento	Prof.(mm)	≤ 25	≤ 25	> 25	> 25	
	Área(m ²)	≤ 0.8	> 0.8	≤ 0.8	> 0.8	
Pulimento agregados		Long. Comprometida < 10% de la sección (100m).	Long. Comprometida $\geq 10\%$ a < 50% de la sección (100m)		Long. Comprometida > 50% de la sección (100m)	
Exudación		Puntual, área específica	Continúa sobre las trayectorias por donde circulan las ruedas del vehículo.		Muy intensos	
Afloramientos: - De mortero - De agua		Localizados y apenas perceptibles	Intensos		Muy intensos	
Desintegración de los bordes del pavimento		Inicio de la desintegración, sectores localizados	La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o más.		Erosión extrema que conduce a la desintegración del revestimiento asfáltico	
Escalonamiento entre calzadas y berma		Desnivel entre 10 mm a 50 mm	Desnivel entre 50 y 100 mm		Desnivel superior a 100 mm	
Erosión de las bermas		Erosión incipiente	Erosión pronunciada		La erosión pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios	
Segregación		Long. Comprometida < 10% de la sección (100 m).	Long. Comprometida $\geq 10\%$ a < 50% de la sección (100 m)		Long. comprometida > 50% de la sección (100m)	

* Cuando el número de ojos de pescado supere el número y el tamaño descritos en la tabla, se deberán enfrentar como deterioros tipo A.

FUENTE: (Instituto Nacional de Vías, 2008)

- **EXTENSIÓN:** Se refiere a la proporción del tramo evaluado afectada por un determinado tipo de deterioro.

Cuando se presentan uno o más deterioros del tipo A en una sección, con distintos niveles de gravedad, el nivel representativo se debe establecer como un promedio ponderado, mediante la expresión.

$$G = \frac{I_1 + 2I_2 + 3I_3}{I_1 + I_2 + I_3} \text{ Ecuación 6.}$$

Dónde:

- I_i : Longitud ocupada por el deterioro con gravedad “i” dentro de la sección.
Como la gravedad es un número entero (1, 2 o 3), el valor obtenido al realizar la ponderación se deberá redondear de acuerdo con el siguiente criterio:
 - Si $G < 1.5$ se toma 1
 - Si $1.5 \leq G < 2.5$ se toma 2
 - Si $G \geq 2.5$ se toma 3

2.2.4.2.1 Determinación Del Índice De Deterioro Superficial “Is”

Para el cálculo del índice de deterioro superficial se combina los índices de fisuración e índice de deformación, los que entregan un índice de calificación del pavimento.

La metodología VIZIR plantea dos índices para calificar el deterioro superficial de un pavimento; el índice de fisuración (I_f) y el índice de deformación (I_d), ellos permiten determinar, de acuerdo con las características de extensión y severidad, un valor numérico con el cual es posible hallar un índice de deterioro superficial (I_s) (Chavez & Cusquisiban, 2017).

- **ÍNDICE DE FISURACIÓN (I_f):** El índice de fisuración depende de la gravedad y la extensión de las fisuraciones y agrietamientos de tipo estructural. Es decir, se mide en función de su extensión y gravedad, pero solo de las fallas del tipo A, que tengan relación con la fisuración del pavimento.
- **ÍNDICE DE DEFORMACIÓN (I_d):** El índice de deformación depende de la gravedad y extensión de las deformaciones de origen estructural. Es decir, se mide en función de la extensión y gravedad de las fallas del Tipo A, que impliquen deformación del pavimento.
- **ÍNDICE DE DETERIORO SUPERFICIAL (I_s):** La combinación del I_f e I_d , permite obtener lo que se conoce como la primera nota de degradación, valor que varía entre uno y siete, siendo mayor a medida que la estructura tenga más cantidad y/o severidad y extensión de daños.

El primer índice de deterioro superficial debe ser corregido de acuerdo con la extensión y severidad de las intervenciones a la estructura de pavimento que se hayan encontrado en el tramo de análisis. Dicha corrección, puede generar un incremento del I_s .

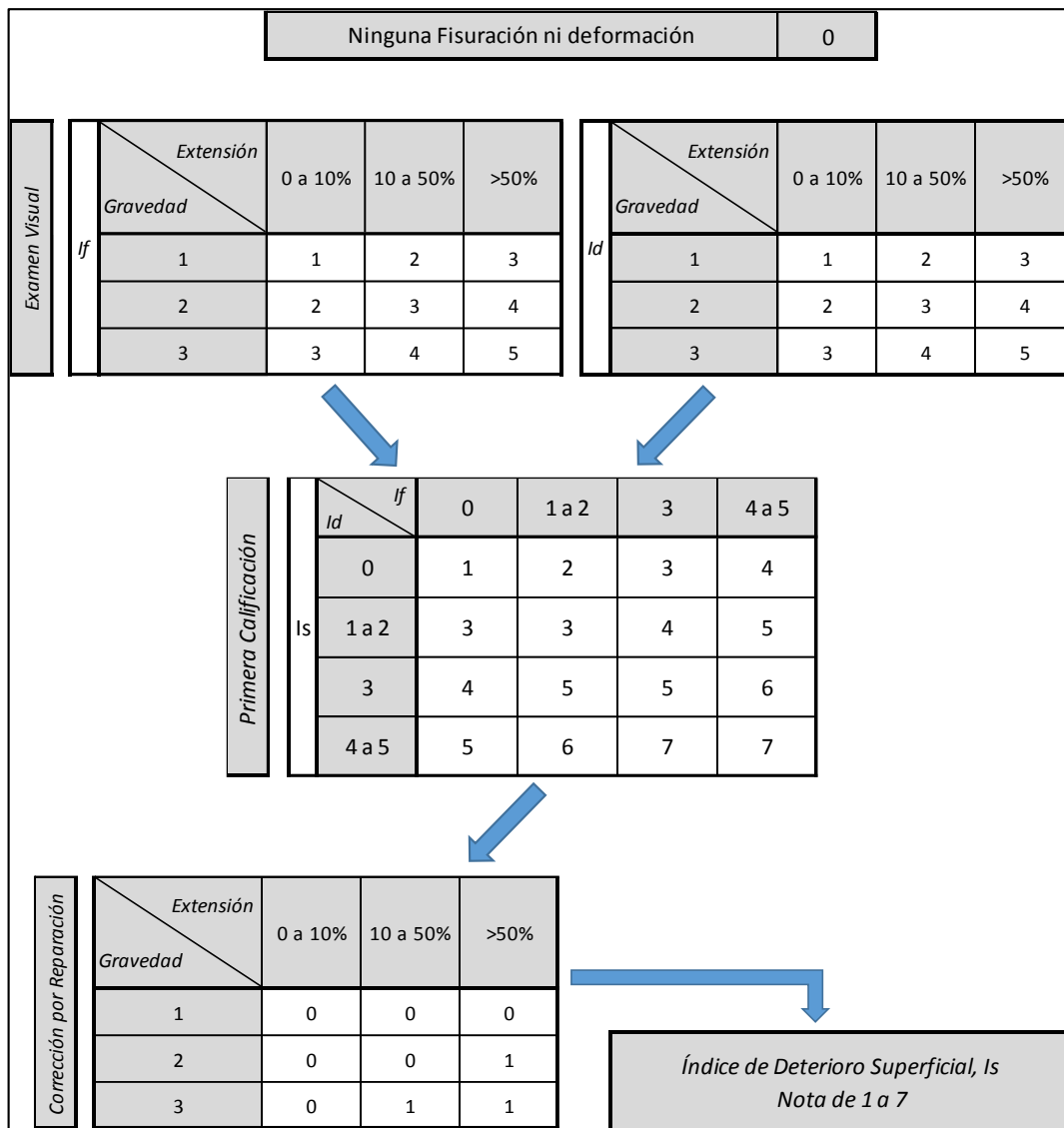


Figura. 47 Flujograma para determinar el Índice deterioro Superficial (Is)
 FUENTE: (Adaptación de Apolinario, 2012)

Para el cálculo del Índice de Deterioro Superficial “Is”, sólo se tienen en cuenta los deterioros del tipo A, y su valoración está definida de forma cuantitativa por un número que puede presentar valores que varían entre 1 y 7.

Tabla. 16 Calificación del Estado de la Superficie del Pavimento-VIZIR

INTERVALO DE IS	ESTADO DE SUPERFICIE
1 – 2	Bueno
3 – 4	Regular
5 – 6 – 7	Malo

FUENTE: (Adaptación de Apolinario, 2012)

- **Valores del “Is” de 1 y 2:** Representan pavimentos con un buen aspecto general y con limitados fisuramientos y deformaciones, requieren solo acciones de mantenimiento rutinario.
- **Valores del “Is” de 3 y 4:** Representan pavimentos con fisuramientos de origen estructural y pocas o ninguna deformación, así como pavimentos sin fisuramientos, pero con deformaciones de alguna importancia. Su estado requiere tratamientos de rehabilitación de mediana intensidad.
- **Valores del “Is” de 5, 6 y 7:** Son indicativos de pavimentos con abundantes fisuramientos y deformaciones de origen estructural, cuyo deficiente estado superficial requiere la ejecución de trabajos importantes de rehabilitación.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

3.1.1. Ubicación

La presente investigación se realizó la evaluación de dos tipos de pavimentos en la ciudad de Puno. Donde para el caso de pavimento flexible se analizó la Avenida floral y para el caso de pavimento rígido se analizó el Jirón Carabaya, ambos vías representativas para los fines del presente estudio.

3.1.2. Área De Influencia

El Área en estudio que representa el pavimento flexible comprende ambas calzadas de la Avenida Floral comprendidas entre el Jirón Jorge Basadre y la Avenida la Torre de la ciudad de Puno. Con una longitud aproximada de 1270 metros de longitud y un ancho promedio de 7 metros en el lado izquierdo; y 1200 metros de longitud y un ancho promedio de 7 metros en el lado derecho según se muestra en la Figura 48.

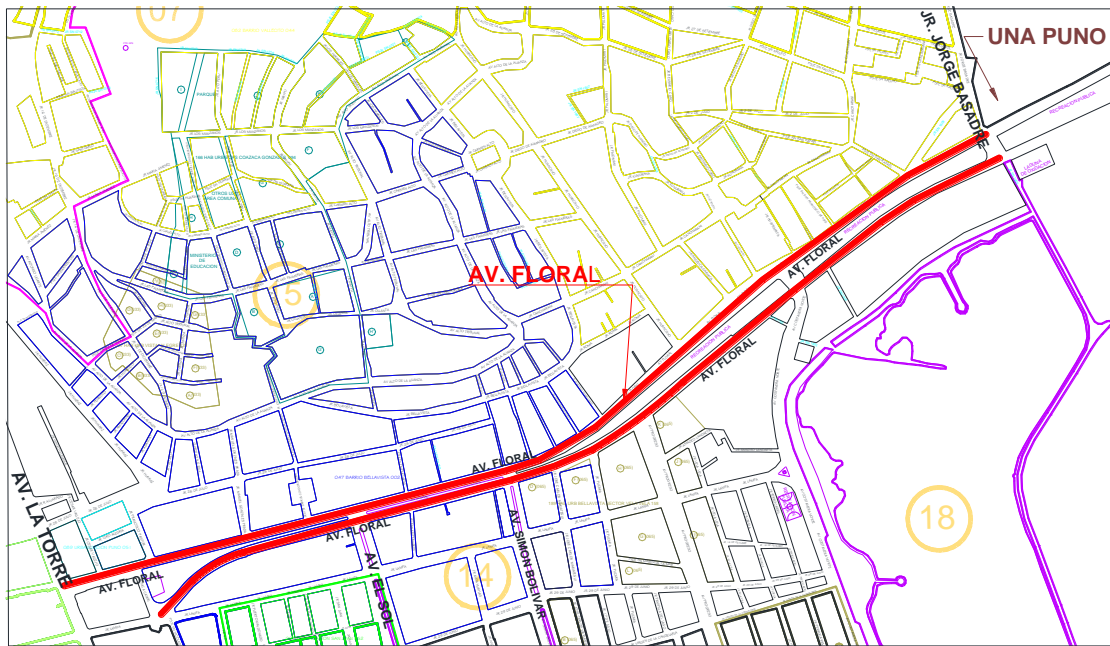


Figura. 48 Ubicación de la Av. Floral

FUENTE: (Adaptación de Municipalidad Provincial de Puno, 2014)

El Área en estudio que representa el pavimento rígido comprende la vía del Jirón Carabaya comprendida entre la Avenida Costanera y el Jirón Tacna de la ciudad de Puno. Con una longitud aproximada de 825 metros de longitud y un ancho promedio de 10 metros como se muestra en la Figura 49.

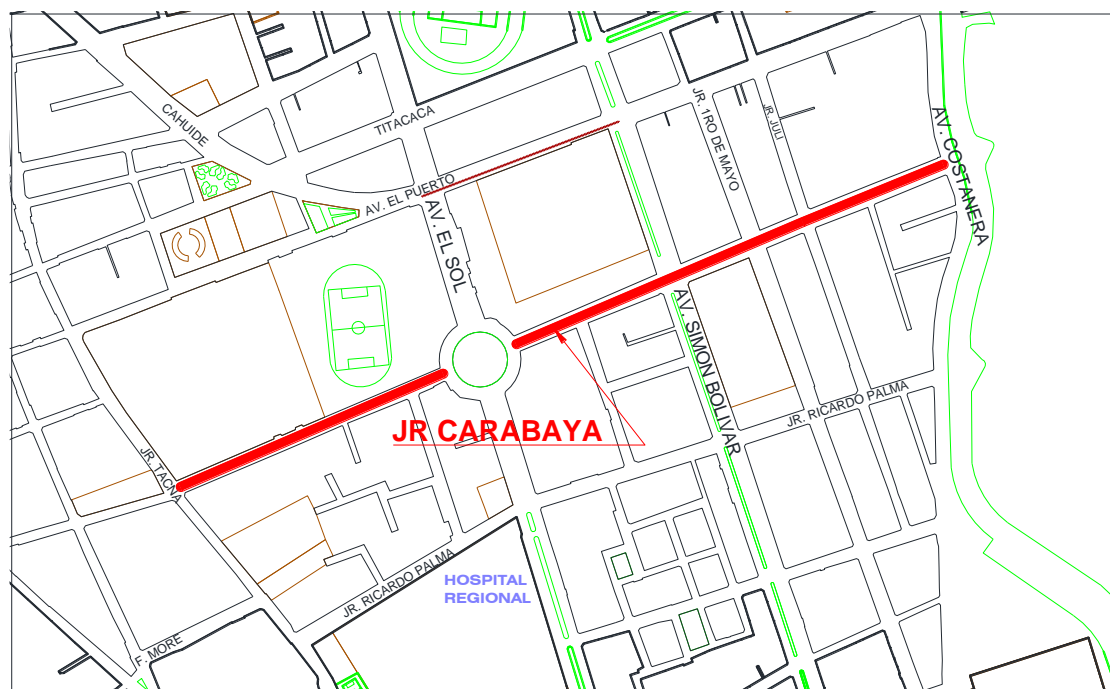


Figura. 49 Ubicación del Jr. Carabaya

FUENTE: (Adaptación de Municipalidad Provincial de Puno, 2014)

3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

La etapa de recolección de datos para la investigación se realizó durante los meses de marzo, abril, mayo y junio del año 2019.

3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO

Los materiales utilizados fueron:

Materiales de campo:

- Cámara fotográfica.
- Pizarra acrílica.
- Tablero.
- Formatos de campo. Métodos PCI y VIZIR.
- Flexómetro.
- Regla de madera de 1m.
- Lapiceros.
- Plumones.
- Conos de seguridad.

Materiales para trabajos de gabinete:

- Software AutoCAD y office.
- 01 computador personal
- 01 impresora.
- Papel bond A4.
- Útiles de escritorio.
- 01 USB.
- Folder.

3.4. POBLACION Y MUESTRA DEL ESTUDIO

3.4.1. Tipo De Investigación

La investigación realizada según el objetivo que se persigue es aplicada, debido a que se centra en encontrar mecanismos o estrategias para solucionar un problema.

Según su nivel de profundización o alcance corresponde a una investigación descriptiva, debido a que busca establecer una descripción lo más completa posible de una situación, sin buscar ni causas ni consecuencias de este.

Según el tipo de datos analizados es una investigación cuantitativa, debido a que el análisis se realiza a través de diferentes procedimientos basado en la medición.

Según si diseño corresponde a un estudio no experimental, debido a que no se requiere modificar las variables en estudio.

3.4.2. Población

La población comprende a las vías de la ciudad de Puno, Provincia de Puno, departamento de Puno, Perú.

3.4.3. Muestra

La muestra es de tipo no probabilística, donde se han identificado una vía de pavimento flexible y una de pavimento rígido que muestren el estado de las vías de Puno y poder cumplir con los objetivos planteados: La avenida Floral (pavimento flexible) y el Jr. Carabaya (pavimento rígido) de la ciudad de Puno, Provincia de Puno, departamento de Puno, Perú. Donde para la aplicación de los métodos planteados se evaluó toda la longitud de las vías.

3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO

Según las características y amplitud de la investigación, se utilizó un muestreo no probabilístico y por conveniencia. Donde por criterio se escogieron dos vías representativas en la ciudad de Puno.

3.6. PROCEDIMIENTO

3.6.1. Muestreo Y Recolección De Datos

El método utilizado para la recolección de datos recogidos de las vías en estudio corresponde a la recopilación por observación y registro en las fichas elaboradas para los métodos del Índice de Condición del Pavimento PCI e Inspección visual de zonas y rutas en riesgos VIZIR. Es importante mencionar que cada método analizado (PCI y VIZIR) cuentan con un procedimiento para seleccionar unidades de muestra que son parte del procedimiento de evaluación, más aun la inspección se realizó en toda la longitud de las vías planteadas.

Para el cumplimiento del primer objetivo, se realizó primeramente la revisión de la información concerniente a los métodos en estudio (PCI y VIZIR). Se aplicó la metodología del PCI para las vías en estudio de pavimento rígido y flexible; y la metodología VIZIR para la vía de pavimento flexible. La toma de datos en específico se realizó como se muestra:

3.6.1.1. Muestreo Y Recolección De Datos En La Aplicación Del PCI En Pavimento Flexible

Para eso se realizó el estudio de la Av. Floral. Donde primero se calculó las unidades de muestra para 1+266.7km de largo de vía en el lado izquierdo y 1+200km de largo de vía en el lado derecho y 7m de ancho promedio en ambos lados.

La metodología establece que se debe dividir la vía en unidades de muestra para un mejor análisis, donde la unidad de muestra debe estar en el rango 230.0 ± 93.0 m². Para el cual se consideró un ancho de 7m y una longitud de unidad de muestra de 33.33m debido a la practicidad del control y el rango que establece la metodología como se

muestra en la Figura 50. La metodología plantea un número mínimo de unidades de muestra a analizar, sin embargo para los fines de la presente investigación se inspeccionó todas las unidades de muestra.

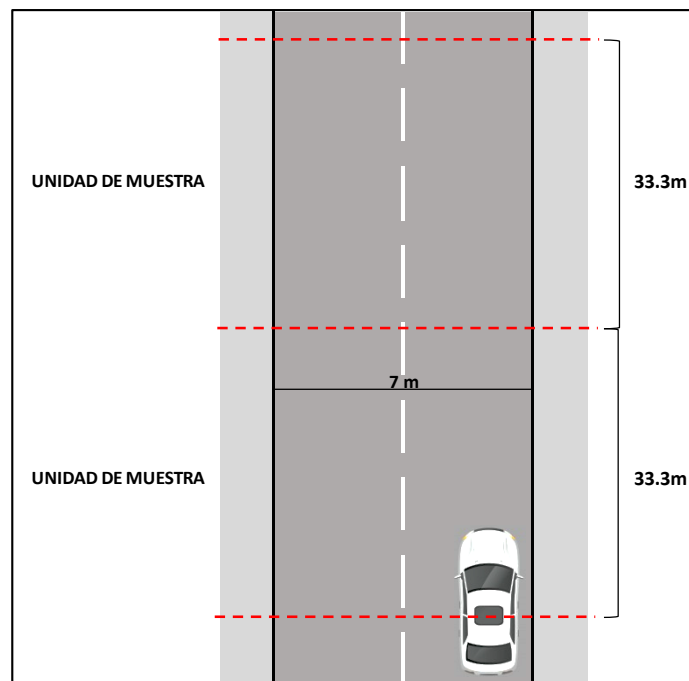


Figura. 50 Ilustración de las unidades de muestra para la Avenida Floral - PCI
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Definidas las unidades de muestra y sus dimensiones para el análisis, se elaboró un formato de inspección visual donde se incluye información de datos generales de la unidad de muestra, identificación de daños, gráfico de referencia, severidad (gravedad) y densidad (extensión) de las fallas encontradas según la Figura 51. En total se consideraron 74 unidades de muestra correspondientes a la Avenida Floral, donde 36 corresponden al lado derecho (PD-01 hasta PD-36) y 38 al lado izquierdo (PI-01 hasta PI-38).

Donde el llenado del formato de inspección se realizó como se muestra:

- En la parte “A” del formato se rellenan los datos de la unidad de muestra que incluyen el proyecto y vía a evaluar, el nombre del evaluador, la fecha y los datos de la unidad de muestra. Entre los datos de la unidad de muestra se incluye: el código, longitud del tramo en metros, ancho del tramo en metros, las progresivas inicial y final al que corresponde la unidad de muestra y el área total de la unidad de muestra.


	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO	EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)	
		INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO	
		EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO	
Proyecto:	EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS APLICANDO LAS METODOLOGIAS VIZIR Y PCI, PARA EL MANTENIMIENTO VIAL, CASO DE LA AVENIDA FLORAL Y JIRON CARABAYA, PUNO.		
Nombre de Vía:	Av. Floral - Puno	Unidad de Muestra:	PD-03
Evaluador:	Elvis Franklin Paucar Curo	Longitud de tramo (m):	33.3
Progresiva inicial:	0+066.7	Ancho de Vía (m):	7
Provesiva final:	0+100	Área de la unidad (m2):	233.1
Lado:	Derecho	Fecha:	19/04/2019

Figura. 52 Llenado del formato de inspección para pavimentos asfálticos – PCI - “A”
 FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

- En la parte “B” del formato se rellenan en forma gráfica los daños; incluyendo la ubicación, clase, la extensión y la severidad de ser necesario como se muestra.

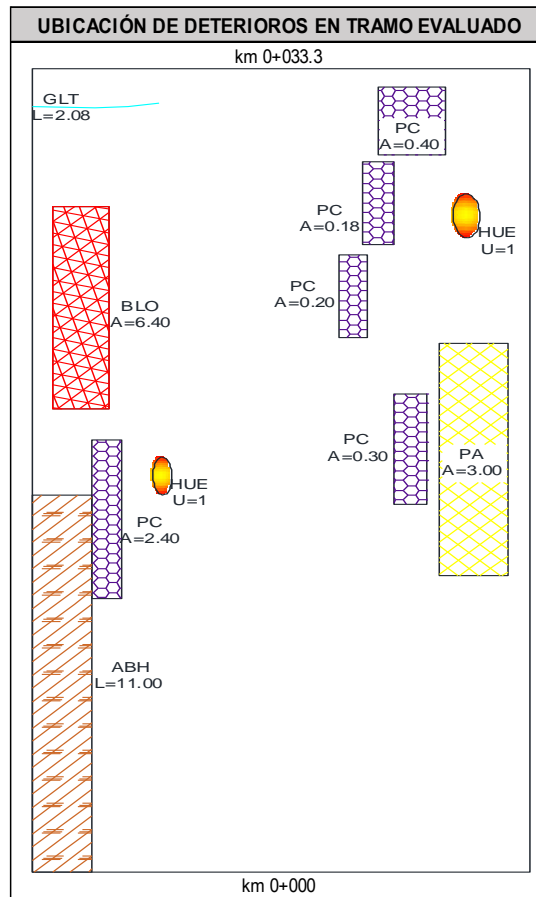


Figura. 53 Llenado del formato de inspección para pavimentos asfálticos – PCI - “B”
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

- En la parte “C” del formato se rellenan los datos de clase, la extensión y la severidad de los daños encontrados en la unidad de muestra. Para esto se identificaron los daños, se midió la extensión (cantidad parcial) y se verificó la severidad de cada daño utilizando las Tablas 4 y 6. Para el ejemplo Figura 54 muestra la falla “ABH” (Abultamientos y hundimientos) con una dimensión de 11 ml y se verificó una severidad Baja “L” para ésta.

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES					TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR D.
ABH	L	11.00					11.00	4.72%	
HUE	L	1.00					1.00	0.43%	
HUE	H	1.00					1.00	0.43%	
PC	M	2.40	0.20	0.18	0.30	0.40	3.48	1.49%	
BLO	M	6.40					6.40	2.75%	
GLT	M	2.08					2.08	0.89%	
PA	L	3.00					3.00	1.29%	

Figura. 54 Llenado del formato de inspección para pavimentos asfálticos – PCI - “C”
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

La extensión se debe calcular para cada daño y para cada severidad identificada, además el “TOTAL” es la suma de las cantidades parciales de cada daño según su severidad. Finalmente la “DENSIDAD (%)” resulta de la división del “TOTAL” entre el área total de unidad de muestra en porcentaje. Para el ejemplo de la Figura 54 la densidad de la falla “ABH” resulta de la operación $11/233.1 = 0.0472 = 4.72\%$.

3.6.1.2. Muestra Y Recolección De Datos En La Aplicación De La Metodología VIZIR En Pavimento Flexible

Para la aplicación de la metodología VIZIR en pavimento flexible de la Av. Floral, se calculó las unidades de muestra para 1+266.7km de largo de vía en el lado izquierdo y 1+200km de largo de vía en el lado derecho y 7m de ancho promedio en ambos lados. La metodología plantea que la longitud de la unidad de muestra debe ser de 100m.

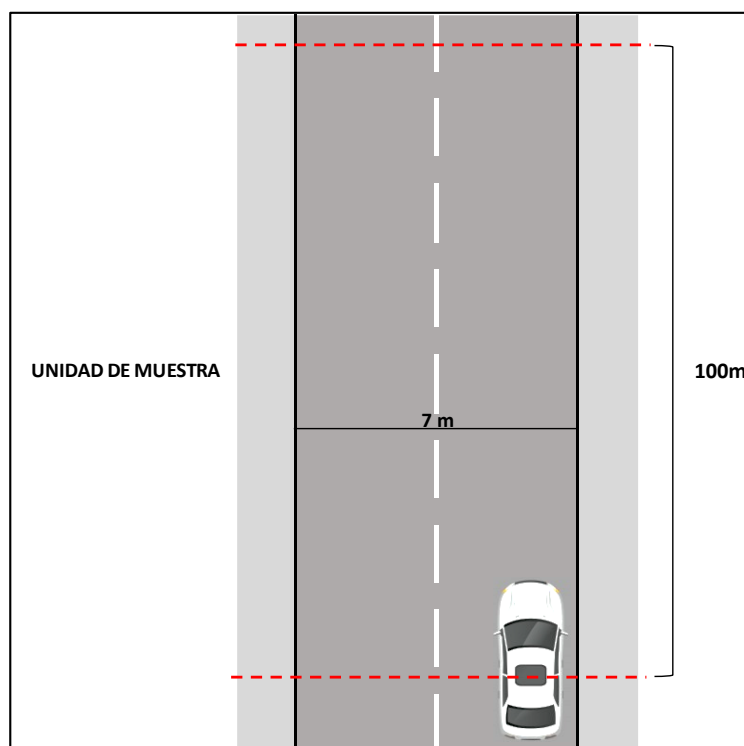


Figura. 55 Ilustración de las unidades de muestra para la Avenida Floral - VIZIR
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Es importante mencionar que se realizó la inspección de toda la vía en tramos de 100m. Para lo cual se elaboró un formato de inspección visual donde se incluye información de datos generales de la unidad de muestra, identificación de daños según los tipos de falla A y B, grafico de referencia, gravedad y extensión de las fallas encontradas según la Figura 56. En total se consideraron 25 unidades de muestra correspondientes a la Avenida Floral, donde 12 corresponden al lado derecho (VD-01 hasta VD-12) y 13 al lado izquierdo (VI-01 hasta VI-13).

Donde el llenado del formato de inspección se realizó como se muestra:

- En la parte “A” del formato se rellenan los datos de la unidad de muestra que incluyen el proyecto y vía a evaluar, el nombre del evaluador, la fecha de inspección y los datos de la unidad de muestra. Entre los datos de la unidad de muestra se incluye: el código, longitud del tramo en metros, ancho del tramo en metros, las progresivas inicial y final al que corresponde la unidad de muestra y el área total de la unidad de muestra.


		UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO		DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE DETERIORO SUPERFICIAL (I _s) - METODOLOGÍA VIZIR	
Proyecto:		EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS APLICANDO LAS METODOLOGÍAS VIZIR Y PCI, PARA EL MANTENIMIENTO VIAL, CASO DE LA AVENIDA FLORAL Y JIRON CARABAYA, PUNO.			
Nombre de vía:	Jr. Carabaya - Puno	Unidad de muestra:	VD - 01		
Evaluado por:	Elvis Franklin Paucar Curo	Longitud de tramo:	100 m		
Progresiva inicial:	00 + 000	Ancho de vía:	7 m		
Progresiva final:	00 + 100	Área de tramo:	700 m ²		
Lado:	Derecho	Fecha:	15/04/2019		

Figura. 57 Llenado del formato de inspección para pavimentos asfálticos – VIZIR - “A”
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

- En la parte “B” del formato se rellenan en forma gráfica los daños; incluyendo la ubicación, clase, la extensión y la severidad de ser necesario como se muestra.

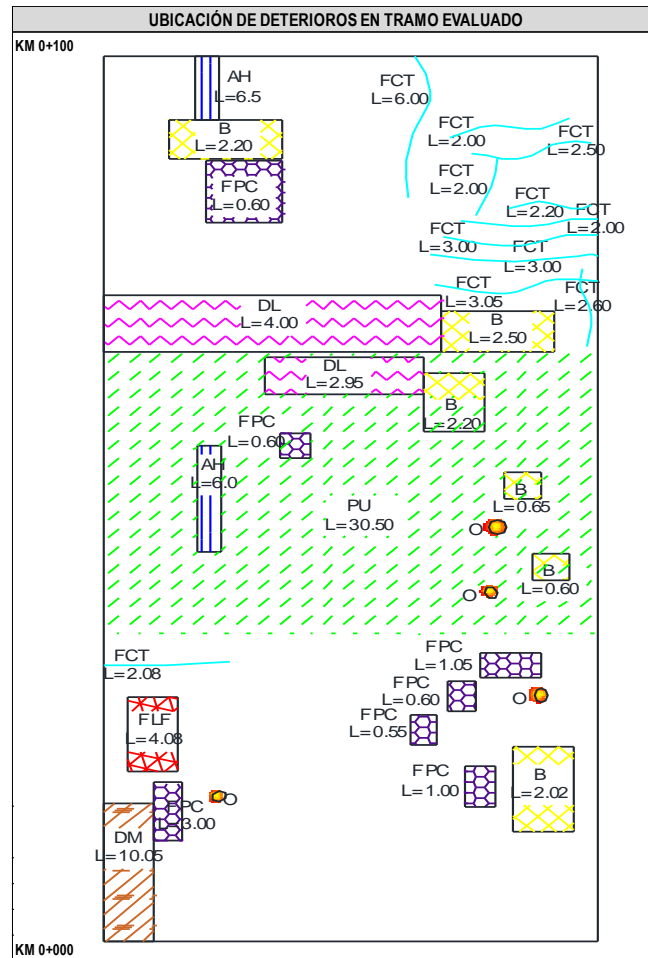


Figura. 58 Llenado del formato de inspección para pavimentos asfálticos – VIZIR - “B”
 FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

- En la parte “C” del formato se rellenan los datos de clase, la extensión y la gravedad de los daños encontrados en la unidad de muestra. Para esto se identificaron las fallas mediante sus códigos, luego se midieron las cantidades parciales de cada falla verificando la gravedad de cada falla, el color y valor que corresponde. Para el ejemplo de la Figura 59 se tiene en la primera fila la falla “DL” (Depresiones o hundimientos longitudinales) que se mide en metros lineales con 10.05m y una gravedad de “1” que es representada por el color amarillo. Esta inspección se realiza para todas las fallas encontradas en la unidad de muestra.

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN												
TIPO DE FALLA	FALLA	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	GRAVEDAD	EXTENSIÓN (%)
A	DL	10.05								10.05	1	1.44%
B	O	1.00	1.00	1.00	1.00					4.00	2	0.57%
A	FPC	3.00	0.55	0.60	1.00	1.05	0.60	3.00		9.80	3	1.40%
A	FLF	4.08								4.08	2	0.58%
A	B	2.02	0.60	0.65	2.20	2.50	2.20			10.17	1	1.45%
B	FCT	2.08	6.00	2.00	2.50	2.00	2.20	2.00	3.00	21.78	1	3.11%
		3.00	3.05	2.60								
A	AH	6.00	6.50							12.50	2	1.79%
B	DM	2.95	4.00							6.95	2	0.99%
B	PU	30.50								30.50	2	4.36%

Figura. 59 Llenado del formato de inspección para pavimentos asfálticos – VIZIR - “C”
 FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Luego se calculó el total de las cantidades parciales para cada falla, donde la gravedad final a considerar para la falla es calculada mediante la Ecuación 5. Para la falla “DM” tenemos:

$$G_{DM} = \frac{1 \times 4 + 3 \times 2.95}{4 + 2.95} = 1.85$$

Como para la gravedad de la falla DM $1.5 \leq G_{DM} < 2.5$ consideramos 2. Finalmente la “EXTENSIÓN (%)” resulta de la división del “TOTAL” entre el área total de unidad de muestra en porcentaje. Donde para el ejemplo de la Figura 59, la extensión de la falla “DL” (Depresiones o hundimientos longitudinales) resulta de la operación $10.05/700 = 0.0144 = 1.44\%$.

3.6.1.3. Muestreo Y Recolección De Datos En La Aplicación De La Metodología PCI En Pavimento Rígido

Se realizó la evaluación de la superficie del pavimento rígido del Jr. Carabaya mediante la metodología PCI. Donde primero se calculó las unidades de muestra para 0+825km de largo de vía con 225 losas, 12m de ancho en promedio con 4 losas en promedio, y ancho de losa promedio de 3m. La metodología plantea que el área de la unidad de muestra debe estar en el rango de 20 ± 8 losas. Donde adoptamos 20 losas de área de unidad de muestra y una longitud de 5 losas de unidad de muestra. La metodología

plantea un número mínimo de unidades de muestra a analizar, sin embargo para los fines de la presente investigación se inspeccionó todas las unidades de muestra.

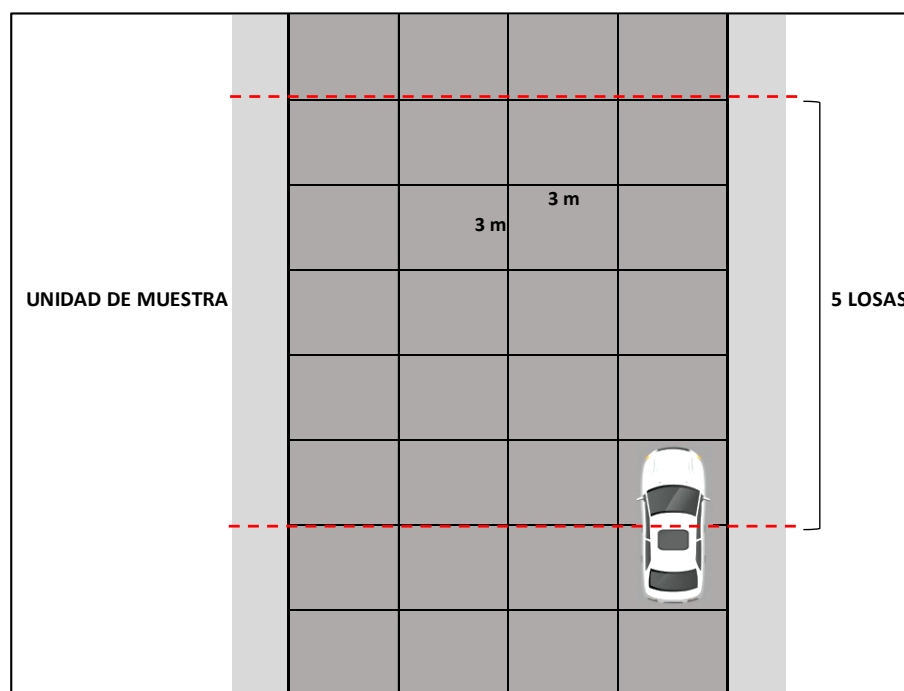


Figura. 60 Ilustración de las unidades de muestra para el Jirón Carabaya - PCI
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Definidas las unidades de muestra y sus dimensiones para el análisis, se elaboró un formato de inspección visual donde se incluye información de datos generales de la unidad de muestra, identificación de daños, gráfico de referencia, severidad (gravedad) y densidad (extensión) de las fallas encontradas según la Figura 61. En total se consideraron 44 unidades de muestra correspondientes al Jirón Carabaya (C-01 hasta C-44).

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO	EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)						
		INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO						
		EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						
Proyecto:								
Nombre de Vía:		Unidad de Muestra:			A			
Evaluador:		Longitud de tramo (losas):						
Abcisa inicial:		Ancho de Vía (losas):						
Abcisa final:		Numero de losas (und):						
Vía:		Fecha:						
FALLAS PAVIMENTO ASFALTICO				DAÑO	SEVERIDAD	Nro. LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
Nº	Daño	Cod.	Unidad.					
1	Blow up / Buckling.	BUB	#L					
2	Grieta de esquina.	GE	#L					
3	Losa dividida.	LOD	#L					
4	Grieta de durabilidad "D".	GDD	#L					
5	Escala.	ESC	#L					
6	Sello de junta.	SJ	∞					
7	Desnivel Carril / Berma.	DN	#L					
8	Grieta lineal.	GL	#L					
9	Parcheo (grande).	PG	#L					
10	Parcheo (pequeño)	PQ	#L					
11	Pulimento de agregados	PA	#L					
12	Popouts	PP	#L					
13	Bombeo	BOM	#L					
14	Punzonamiento.	PUN	#L					
15	Cruce de vía férrea	CVF	#L					
16	Desconchamiento	DES	#L					
17	Retracción	RET	#L					
18	Descascaramiento de esqui	DE	#L					
19	Descascaramiento de junta	DJ	#L					
UBICACIÓN DE DETERIOROS EN TRAMO EVALUADO								
B								

Figura. 61 Formato de inspección para pavimentos rígidos- PCI
 FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Donde el llenado del formato de inspección se realizó como se muestra:

- En la parte “A” del formato se rellenan los datos de la unidad de muestra que incluyen el proyecto y vía a evaluar, el nombre del evaluador, la fecha y los datos de la unidad de muestra. Entre los datos de la unidad de muestra se incluye: el código, longitud del tramo en número de losas, ancho del tramo en número de losas, las progresivas inicial y final al que corresponde la unidad de muestra y el área total de la unidad de muestra.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO	EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)	
		INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO	
		EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO	
Proyecto:	EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS APLICANDO LAS METODOLOGÍAS VIZIR Y PCI, PARA EL MANTENIMIENTO VIAL, CASO DE LA AVENIDA FLORAL Y JIRON CARABAYA, PUNO.		
Nombre de Vía:	Jr. Carabaya	Unidad de Muestra:	C-01
Evaluador:	Elvis Franklin Paucar Curo	Longitud de tramo (losas):	5
Abcisa inicial:	Losa 1	Ancho de Vía (losas):	4
Abcisa final:	Losa 5	Numero de losas (und):	20
Vía:	Unica	Fecha:	01/05/2019

Figura. 62 Llenado del formato de inspección para pavimento rígido - PCI - “A”
 FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

- En la parte “B” del formato se rellenan en forma gráfica los daños; incluyendo la ubicación, clase, la extensión y la severidad de ser necesario como se muestra.

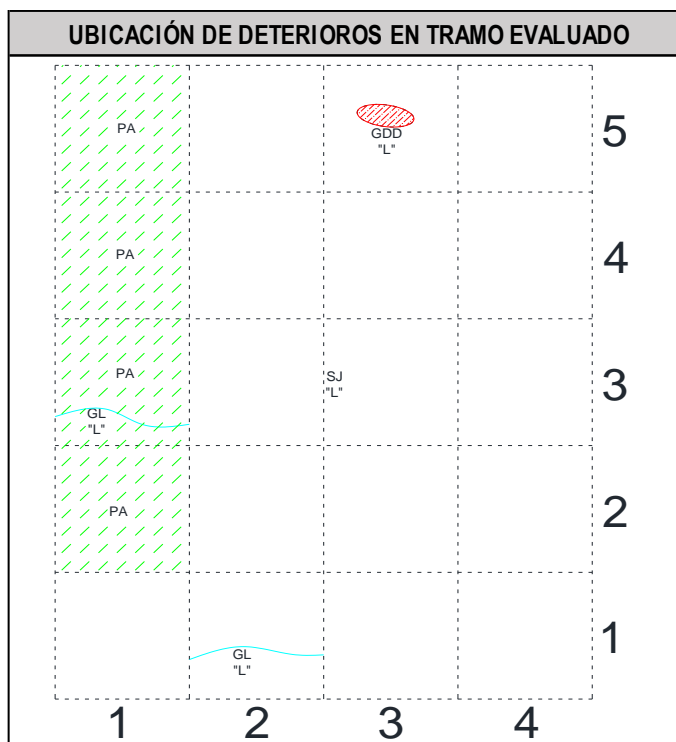


Figura. 63 Llenado del formato de inspección para pavimento rígido - PCI - “B”
 FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

- En la parte “C” del formato se rellenan los datos de clase, la extensión y la severidad de los daños encontrados en la unidad de muestra. Para esto se identificaron los daños, se midió la extensión (Nro. LOSAS) y se verificó la severidad de cada daño utilizando las Tablas 5 y 7. En la Figura 64 se muestra como ejemplo la falla “GL” (Grieta Lineal) que se encuentra presente en 02 losas de la unidad de muestra y se verificó que tenían una severidad Baja (L).

DAÑO	SEVERIDAD	Nro. LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
GL	L	2	10.00%	
PA		4	20.00%	
GDD	L	1	5.00%	
SJ	L		0.00%	

Figura. 64 Llenado del formato de inspección para pavimento rígido - PCI - “C”
 FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Finalmente la “DENSIDAD (%)” resulta de la división del “Nro. LOSAS” entre el área total de unidad de muestra en porcentaje. Donde para el ejemplo de la Figura 64 la densidad para la falla “GL” resulta de la división $2/20 = 0.10 = 10\%$.

Para el cumplimiento del segundo objetivo, se trabajaron con los datos obtenidos anteriormente para el objetivo uno, el cual representó un trabajo netamente de gabinete mediante gráficas de barras de los deterioros identificados.

Para el cumplimiento de tercer objetivo, se utilizaron los resultados obtenidos y datos anteriores, para plantear una alternativa de solución que permita mantener las vías en estudio con el menor gasto y cumpliendo al menos con la vida útil con la que fueron diseñadas.

3.7. VARIABLES

3.7.1. Variable Dependiente

- Mantenimiento vial.

3.7.2 Variables Independientes

- Metodología del Índice de Condición del Pavimento.
- Metodología de Inspección visual de zonas y rutas en riesgos.

3.8. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los datos obtenidos de los formatos presentados anteriormente, después de recolectados se encuentran en forma desordenada y es labor de analista ordenarlos de la forma que nos permita cumplir los objetivos planteados y responder las problemáticas planteadas.

Para el cumplimiento del primer objetivo se utilizaron los métodos del Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el método francés de Inspección Visual de Zonas y Rutas en Riesgo (VIZIR) para evaluar el estado superficial de los pavimentos rígidos y flexibles en estudio, para ellos se utilizó el programa Excel para procesar la información en gabinete. Los resultados se muestran en tablas, gráficos de frecuencia y gráficos circulares según sea conveniente.

3.8.1. Cálculo De La Condición Del Pavimento Por La Metodología Del PCI Para Pavimento Flexible

Para el análisis de datos en la metodología PCI en pavimento flexible de la Av. Floral se muestra el ejemplo de la unidad de muestra PD-01. Una vez registrados los datos de campo detallados en el ítem anterior se realizó:

- Cálculo del Valor Deducido “VD”.- Para esto se utilizaron los ábacos del Anexo A. Donde para el ejemplo de la Figura 66, el Valor Deducido de la falla “ABH” (Abultamientos y Hundimientos) resulta de la relación de su DENSIDAD (%) =4.72% y su SEVERIDAD “L” ubicado en el Abaco correspondiente como se muestra en la figura 65.

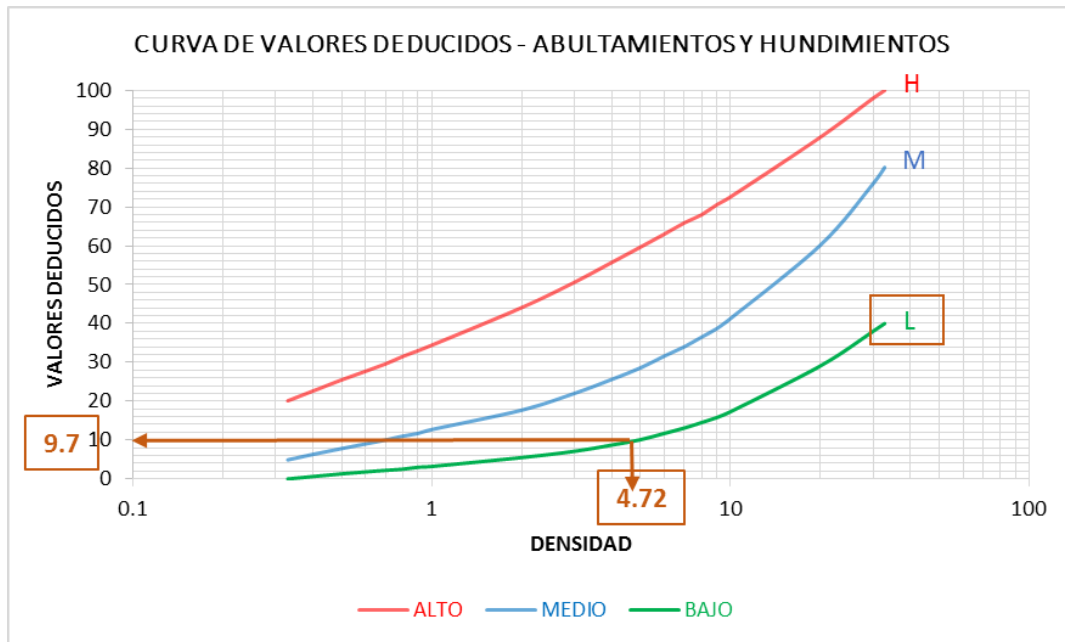


Figura. 65 Curva Valor deducido Abultamientos y Hundimientos - PCI - Pavimento Flexible

FUENTE: (Adaptación de Vásquez, 2002)

Entonces para la falla “ABH” (Abultamientos y Hundimientos) el Valor Deducido VD = 9.72, esto se realizó para todas las fallas encontradas en todas las unidades de muestra.

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES					TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR D.
ABH	L	11.00					11.00	4.72%	9.72
HUE	L	1.00					1.00	0.43%	10.28
HUE	H	1.00					1.00	0.43%	37.19
PC	M	2.40	0.20	0.18	0.30	0.40	3.48	1.49%	25.18
BLO	M	6.40					6.40	2.75%	7.62
GLT	M	2.08					2.08	0.89%	0.91
PA	L	3.00					3.00	1.29%	3.07

Figura. 66 Cálculo del valor deducido de daños - PCI - Pavimento Flexible

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

- Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos “m”.- Como primer paso se ordenan los Valores Deducidos de mayor a menor como se muestra en la Figura 67, luego se determina el valor de “m” utilizando la Ecuación 3. Donde para el ejemplo $m=1+9/98*(100-37.19) = 6.77 \approx 7$, éste valor representa el número máximo de valores deducidos a considerar.

Nro.	m	q	VALORES DEDUCIDOS					
1	7.00		37.19	25.18	10.28	9.72	7.62	3.07
2								
3								
4								
5								
6								

Figura. 67 Cálculo del número máximo de valores deducidos “m” - PCI - Pavimento Flexible

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

- Cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido “CDV”.- Primero se determina el valor de “q”, que es igual al número de Valores Deducidos mayores que 2, donde para el ejemplo “q”=6. Luego se determina el Valor Deducido Total “VDT” sumando los Valores Deducidos “VD” de cada falla, para el ejemplo el valor de $VDT = 37.19 + 25.18 + 10.28 + 9.72 + 7.62 + 3.07 = 93.06$.

Nro.	m	q	VALORES DEDUCIDOS						VDT
1	7.00	6.00	37.19	25.18	10.28	9.72	7.62	3.07	93.06
2									
3									
4									
5									
6									

Figura. 68 Cálculo del valor “q” y Valor Deducido Total - PCI - Pavimento Flexible

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Finalmente el Máximo Valor Deducido “CDV” resulta de la relación de “q” y el Valor Deducido Total usando el Abaco del Anexo A. Para el ejemplo el valor de “CDV” resulta de la relación de $q=6$ y $VDT=93.06$ ubicado en el Abaco correspondiente como se muestra en la Figura 69.

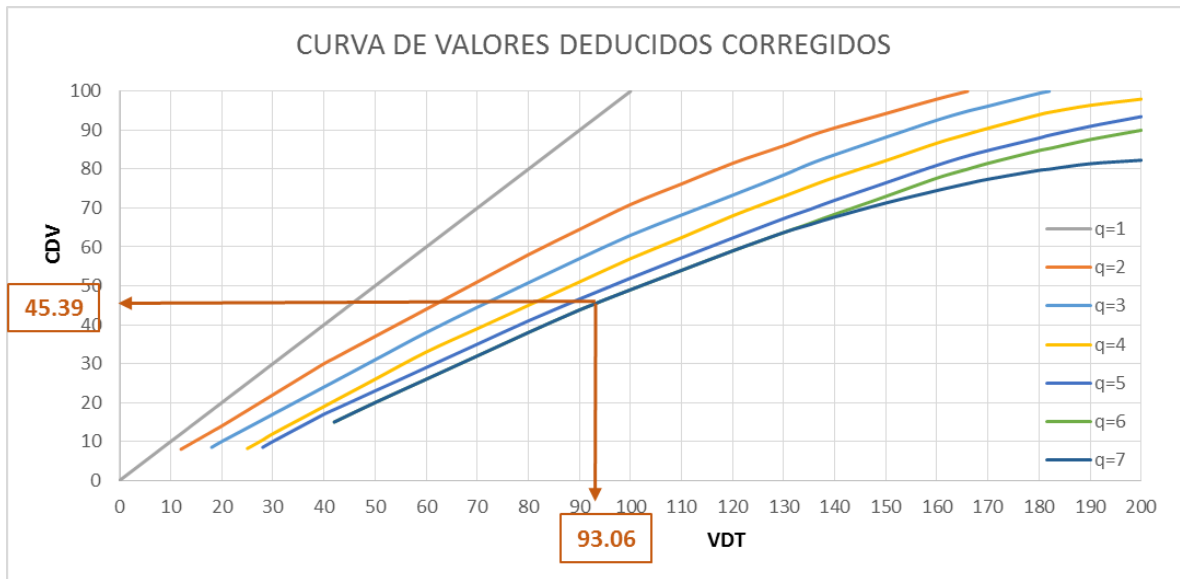


Figura. 69 Curva de Valores Deducidos Corregidos CDV - PCI - Pavimento Flexible
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Entonces para la unidad de muestra el valor de $CDV = 45.39$, posterior a ellos se realizó un proceso iterativo determinando el Valor Deducido Total con la suma de los valores deducidos para la primera iteración y cambiando el menor valor deducido por 2% para la siguiente iteración. Para la primera iteración del ejemplo el valor de "q" será igual a 5 y el Valor Deducido Total $VDT = 37.19 + 25.18 + 10.28 + 9.72 + 7.62 + 2 = 91.99$. Finalmente se calcula el valor del Máximo Valor Deducido "CDV", este trabajo se realizó hasta que el valor de "q" sea igual a 1.

Nro.	m	q	VALORES DEDUCIDOS						VDT	CDV
1	7.00	6.00	37.19	25.18	10.28	9.72	7.62	3.07	93.06	45.39
2		5.00	37.19	25.18	10.28	9.72	7.62	2.00	91.99	47.67
3		4.00	37.19	25.18	10.28	9.72	2.00	2.00	86.37	48.82
4		3.00	37.19	25.18	10.28	2.00	2.00	2.00	78.65	49.95
5		2.00	37.19	25.18	2.00	2.00	2.00	2.00	70.37	51.26
6		1.00	37.19	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	47.19	47.19

Figura. 70 Hoja de cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido "CDV" - Pav. Flexible.

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

- Cálculo del PCI.- Finalmente se calcula el valor del Índice de Condición del Pavimento para la unidad de muestra, que resulta de la aplicación de la Ecuación 4, utilizando el máximo valor de los "CDV" obtenidos. Para el ejemplo $PCI = 100$

– máxC_{VD} = 100 – 51.26 = 48.74, que según la Tabla 03 Rangos de Clasificación del PCI corresponde a una clasificación “REGULAR” del estado del pavimento.


	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO	EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)										
		INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO										
		EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO										
Proyecto:	EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS APLICANDO LAS METODOLOGÍAS VIZIR Y PCI, PARA EL MANTENIMIENTO VIAL, CASO DE LA AVENIDA FLORAL Y JIRON CARABAYA, PUNO.											
Nombre de Vía:	Av. Floral - Puno				Unidad de Muestra:	PD-01						
Evaluador:	Elvis Franklin Paucar Curo				Longitud de tramo (m):	33.3						
Progresiva inicial:	0+000				Ancho de Vía (m):	7						
Progresiva final:	0+033.3				Área de la unidad (m ²):	233.1						
Lado:	Derecho				Fecha:	19/04/2019						
Nro.	m	q	VALORES DEDUCIDOS						VDT	CDV	PCI	CLASIFICACION
1	7.00	6.00	37.19	25.18	10.28	9.72	7.62	3.07	93.06	45.39	48.74	REGULAR
2		5.00	37.19	25.18	10.28	9.72	7.62	2.00	91.99	47.67		
3		4.00	37.19	25.18	10.28	9.72	2.00	2.00	86.37	48.82		
4		3.00	37.19	25.18	10.28	2.00	2.00	2.00	78.65	49.95		
5		2.00	37.19	25.18	2.00	2.00	2.00	2.00	70.37	51.26		
6		1.00	37.19	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	47.19	47.19		

Figura. 71 Hoja de cálculo de la clasificación PCI de la unidad de muestra – Pav. Flexible.

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Este procedimiento se realizó para todas las unidades de muestra de ambos lados de la Avenida Floral.

3.8.2. Cálculo De La Condición Del Pavimento Por La Metodología VIZIR Para Pavimento Flexible

Para el análisis de datos en la metodología VIZIR en pavimento flexible de la Av. Floral se muestra el ejemplo de la unidad de muestra PD-01. Una vez registrados los datos de campo detallados en el ítem anterior se realizó:

- Cálculo del Índice de Fisuración “If”.- El valor “If” resulta de un relación de los valores de “Extensión” y “Gravedad”, donde para el cálculo se utiliza el valor más crítico de aplicar el Flujograma que se muestra en la Figura 49 en dos fallas tipo “A”, que son: las Fisuras longitudinales por fatiga “FLF” y las fisuras piel de

cocodrilo “FPC”. Para el ejemplo el valor de I_f (FLF) = 2 y el valor I_f (FPC) = 3 como se muestra en la Figura 72.

If (FLF)					If (FLF)						
GRAVEDAD		2			GRAVEDAD		3				
EXTENSIÓN (%)		0.58%			EXTENSIÓN (%)		1.40%				
Examen Visual	If	Extensión \ Gravedad	0 a 10%	10 a 50%	>50%	Examen Visual	If	Extensión \ Gravedad	0 a 10%	10 a 50%	>50%
		1	1	2	3			1	2	3	
		2	2	3	4			2	3	4	
		3	3	4	5			3	4	5	

Figura. 72 Ejemplo del Cálculo del Índice de Fisuración “If” - Pav. Flexible.
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Adoptamos el valor más crítico de “If”, donde para el ejemplo $I_f = 3$.

- Cálculo del Índice de Deformación “Id”.- El valor “Id” resulta de un relación de los valores de “Extensión” y “Gravedad”, donde para el cálculo se utiliza el valor más crítico de aplicar el Flujograma que se muestra en la Figura 49 en dos fallas tipo “A”, que son: el Ahuellamiento “AH” y las Depresiones o hundimientos transversales “DT”. Para el ejemplo el valor de I_d (AH) = 2 y debido a que no se cuenta con la falla “DT” el valor I_d (DT) = 0 como se muestra en la Figura 73.

Adoptamos el valor más crítico de “Id”, donde para el ejemplo $I_d = 2$.

Id (AH)				
GRAVEDAD		2		
EXTENSIÓN (%)		1.79%		
Id	Extensión \ Gravedad	0 a 10%	10 a 50%	>50%
	1	1	2	3
	2	2	3	4
	3	3	4	5

Figura. 73 Ejemplo del Cálculo del Índice de Deformación “Id” - Pav. Flexible.
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

- Cálculo del Índice de Deterioro “Is”.- El valor inicial de “Is” resulta de la relación de los valores “If” y “Id”, donde para el ejemplo con los valores de $I_f = 3$ e $I_d = 2$

tenemos un $I_s = 4$. A este valor de I_s inicial obtenido se le aplica una corrección por reparación utilizando el Flujograma que se muestra en la Figura 49 aplicado de la falla Bacheo y Parcheos “B”. Para el ejemplo la corrección por reparación es igual a 0 como se muestra en la Figura 73.

Primer valor I_s					Corrección por reparación (B)								
I_f					3	GRAVEDAD			1				
I_d					2	EXTENSIÓN (%)			1.45%				
Primera Calificación	I_s	I_f	0	1 a 2	3	4 a 5	Corrección por Reparación	Extensión	0 a 10%	10 a 50%	>50%		
		0	1	2	3	4			Gravedad	0	0	0	
		1 a 2	3	3	4	5				1	0	0	
		3	4	5	5	6				2	0	0	1
		4 a 5	5	6	7	7				3	0	1	1

Figura. 74 Ejemplo del Cálculo del Índice de Deformación “ I_s ” - Pav. Flexible.
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Finalmente el valor final de $I_s = 4+0 = 4$ que según la Tabla 16 Calificación del Estado de la Superficie del Pavimento-VIZIR corresponde a un estado del pavimento “Regular”, este valor se calculó para todas las unidades de muestra de la Avenida Floral y presentadas en los formatos de inspección como se muestra.

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN												
TIPO DE FALLA	FALLA	CANTIDADES PARCIALES								TOTAL	GRAVEDAD	EXTENSIÓN (%)
A	DL	10.05								10.05	1	1.44%
B	O	1.00	1.00	1.00	1.00					4.00	2	0.57%
A	FPC	3.00	0.55	0.60	1.00	1.05	0.60	3.00		9.80	3	1.40%
A	FLF	4.08								4.08	2	0.58%
A	B	2.02	0.60	0.65	2.20	2.50	2.20			10.17	1	1.45%
B	FCT	2.08	6.00	2.00	2.50	2.00	2.20	2.00	3.00	21.78	1	3.11%
		3.00	3.05	2.60								
A	AH	6.00	6.50							12.50	2	1.79%
B	DM	2.95	4.00							6.95	3	0.99%
B	PU	30.50								30.50	2	4.36%

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DETERIORO SUPERFICIAL			
ÍNDICE DE FISURACIÓN		ÍNDICE DE DEFORMACIÓN	
GRAVEDAD	3	GRAVEDAD	2
EXTENSIÓN (%)	1.40%	EXTENSIÓN (%)	1.79%
I_f	3	I_d	2
ÍNDICE DE DETERIORO SUPERFICIAL			
I_s	4		
CALIFICACIÓN	Regular		

Figura. 75 Hoja de cálculo de la clasificación VIZIR de la unidad de muestra.
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Este procedimiento se realizó para todas las unidades de muestra de ambos lados de la Avenida Floral.

3.8.3. Cálculo De La Condición Del Pavimento Por La Metodología Del PCI Para Pavimento Rígido

Para el análisis de datos en la metodología PCI en pavimento rígido del Jirón Carabaya se muestra el ejemplo de la unidad de muestra C-02. Una vez registrados los datos de campo detallados en el ítem de recolección de datos se realizó:

- Cálculo del Valor Deducido “VD”.- Para esto se utilizaron los ábacos del Anexo A. Donde para el ejemplo de la Figura 77, el Valor Deducido de la falla “GL” (Grieta Lineal) resulta de la relación de su DENSIDAD (%) =15.00% y su SEVERIDAD “L” ubicado en el Abaco correspondiente como se muestra en la Figura 76.

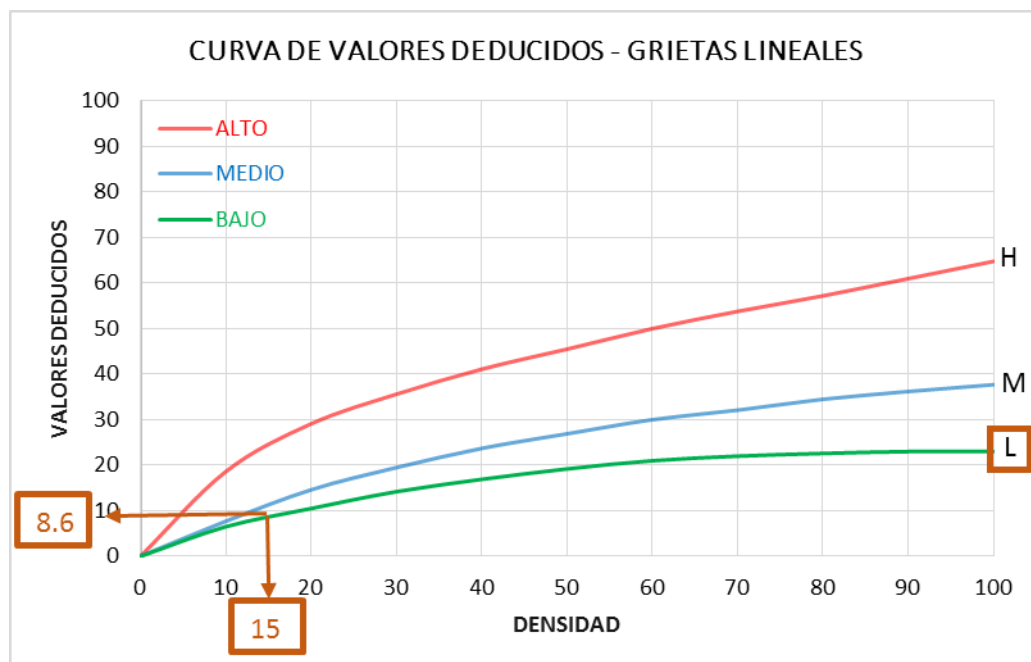


Figura. 76 Curva Valor deducido Grieta Lineal - PCI - Pavimento Rígido
FUENTE: (Adaptación de Vásquez, 2002)

Entonces para la falla “GL” (Grieta Lineal) el Valor Deducido VD = 8.6, esto se realizó para todas las fallas encontradas en todas las unidades de muestra.

DAÑO	SEVERIDAD	Nro. LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
GL	L	3	15.00%	8.6
GE	L	2	10.00%	7.8
GE	M	1	5.00%	7.5
SJ	L		0.00%	2
LOD	L	1	5.00%	5
PG	L	1	5.00%	0.9
PA	-	2	10.00%	2

Figura. 77 Cálculo del valor deducido de daños - PCI - Pavimento Rígido
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

- Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos “m”.- Como primer paso se ordenan los Valores Deducidos de mayor a menor como se muestra en la Figura 78, luego se determina el valor de “m” utilizando la Ecuación 3. Donde para el ejemplo $m=1+9/98*(100-8.60) = 9.39 \approx 9$, éste valor representa el número máximo de valores deducidos a considerar.

Nro.	m	q	VALORES DEDUCIDOS					
1	9.00		8.60	7.80	7.50	5.00		
2								
3								
4								

Figura. 78 Cálculo del número máximo de valores deducidos “m” - PCI - Pavimento Rígido
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

- Cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido “CDV”.- Primero se determina el valor de “q”, que es igual al número de Valores Deducidos mayores que 2, donde para el ejemplo “q”=4. Luego se determina el Valor Deducido Total “VDT” sumando los Valores Deducidos “VD” de cada falla, para el ejemplo el valor de $VDT= 8.6 + 7.8 + 7.5 + 5 = 28.90$.

Nro.	m	q	VALORES DEDUCIDOS						VDT
1	9.00	4.00	8.60	7.80	7.50	5.00			28.90
2									0.00
3									0.00
4									0.00

Figura. 79 Cálculo del valor “q” y Valor Deducido Total - PCI - Pavimento Rígido
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Finalmente el Máximo Valor Deducido “CDV” resulta de la relación de “q” y el Valor Deducido Total usando el Abaco del Anexo A. Para el ejemplo el valor de “CDV” resulta de la relación de $q=4$ y $VDT=28.90$ ubicado en el Abaco correspondiente como se muestra en la Figura 80.

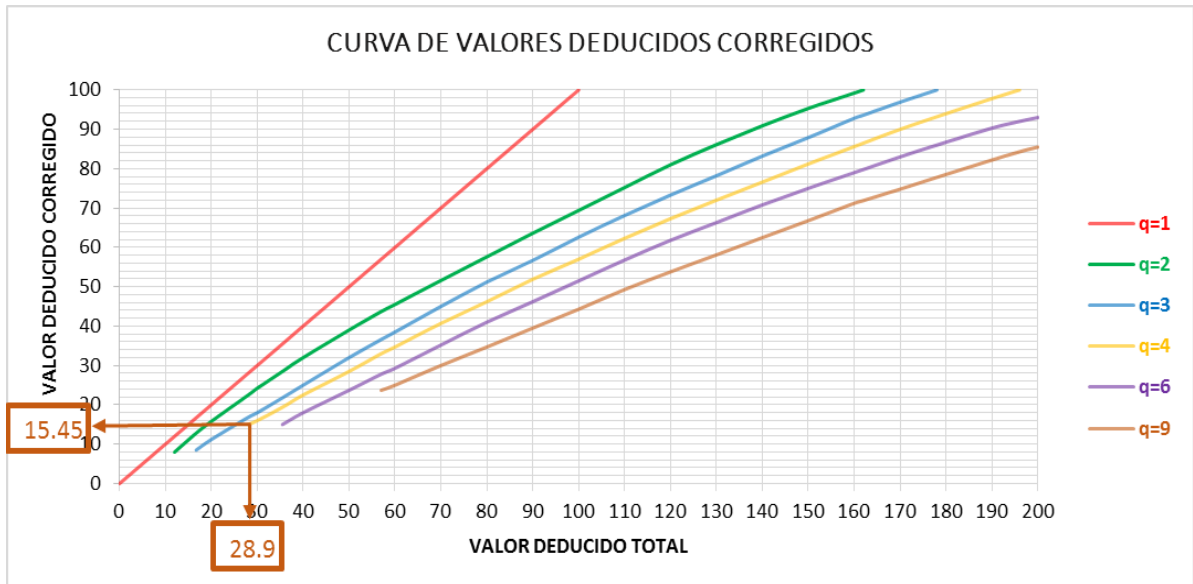



Figura. 80 Curva de Valores Deducidos Corregidos CDV - PCI - Pavimento Rígido
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Entonces para la unidad de muestra el valor de $CDV= 15.45$, posterior a ellos se realizó un proceso iterativo determinando el Valor Deducido Total con la suma de los valores deducidos para la primera iteración y cambiando el menor valor deducido por 2% para la siguiente iteración. Para la primera iteración del ejemplo el valor de “q” será igual a 3 y el Valor Deducido Total $VDT= 8.6 + 7.8 + 7.5 + 2 = 25.90$. Finalmente se calcula el valor del Máximo Valor Deducido “CDV”, este trabajo se realizó hasta que el valor de “q” sea igual a 1.

Nro.	m	q	VALORES DEDUCIDOS						VDT	CDV
1	9.00	4.00	8.60	7.80	7.50	5.00			28.90	15.45
2		3.00	8.60	7.80	7.50	2.00			25.90	15.33
3		2.00	8.60	7.80	2.00	2.00			20.40	16.13
4		1.00	8.60	2.00	2.00	2.00			14.60	14.6

Figura. 81 Hoja de cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido “CDV” - Pav Rígido
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

- Cálculo del PCI.- Finalmente se calcula el valor del Índice de Condición del Pavimento para la unidad de muestra, que resulta de la aplicación de la Ecuación 4, utilizando el máximo valor de los “CDV” obtenidos. Para el ejemplo $PCI=100 - \text{máx}CDV = 100 - 16.13 = 83.87$, que según la Tabla 03 Rangos de Clasificación del PCI corresponde a una clasificación “MUY BUENO” del estado del pavimento.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO	EVALUACION SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS - METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX)							
		INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO							
		CÁLCULO DEL PCI DE LA UNIDAD DE MUESTRA							
Proyecto:	EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS APLICANDO LAS METODOLOGÍAS VIZIR Y PCI, PARA EL MANTENIMIENTO VIAL, CASO DE LA AVENIDA FLORAL Y JIRON CARABAYA, PUNO.								
Nombre de Vía:	Jr. Carabaya	Unidad de Muestra:	C-02						
Evalúador:	Elvis Franklin Paucar Curo	Longitud de tramo (losas):	5						
Abcisa inicial:	Losa 6	Ancho de Vía (losas):	4						
Abcisa final:	Losa 10	Numero de losas (und):	20						
Vía:	Unica	Fecha:	01/05/2019						

Nro.	m	q	VALORES DEDUCIDOS						VDT	CDV	PCI	CLASIFICACION
1	9.00	4.00	8.60	7.80	7.50	5.00			28.90	15.45	83.87	MUYBUENO
2		3.00	8.60	7.80	7.50	2.00			25.90	15.33		
3		2.00	8.60	7.80	2.00	2.00			20.40	16.13		
4		1.00	8.60	2.00	2.00	2.00			14.60	14.6		

Figura. 82 Hoja de cálculo de la clasificación PCI de la unidad de muestra - Pav. Rígido
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Este procedimiento se realizó para todas las unidades de muestra de ambos lados de la Avenida Floral.

Con los resultados obtenidos, se realizó la comparación de las metodologías PCI y VIZIR utilizando la prueba t-student y el programa Microsoft Excel. Para esto primero se realizó la estandarización de los resultados obtenido en cada metodología, para finalmente determinar si existe una diferencia significativa entre las medias de los dos grupos.

Para el cumplimiento del segundo objetivo, se utilizaron los datos obtenidos de la inspección de los pavimentos. Utilizando el valor deducido de la metodología PCI, que es un valor de ponderación que representa el grado de afectación de cada falla sobre la

condición del pavimento. Para poder jerarquizar las fallas según su grado de afectación en las vías haciendo el uso de tablas que muestran mejor los resultados obtenidos.

Para el cumplimiento del tercer objetivo se utilizaron los resultados obtenidos anteriormente, planteando la solución más práctica para el estado actual de los pavimentos en estudio y para las fallas más influyentes de estas.

Aunque las metodologías VIZIR y PCI inicialmente nos ayudan a evaluar la superficie del pavimento, solo la metodología PCI presenta una metodología para plantear una propuesta de solución a las fallas encontradas. Es por ello que se utilizó el índice de condición del pavimento y las reparaciones a las fallas planteadas por el PCI para el cumplimiento del tercer objetivo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ESTADO SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS.

4.1.1. Estado Superficial Del Pavimento Flexible De La Av. Floral Por El Método Del Índice De Condición Del Pavimento (PCI)

Realizada la inspección y cálculo del PCI para las 74 unidades de muestreo, 38 del lado izquierdo y 36 del lado derecho que se muestran en los Anexos C y D. A continuación se muestra el resumen del valor PCI y la clasificación para las unidades de muestra.

Tabla. 17 Clasificación de unidades de muestra – PCI – Av. Floral (Lado Derecho)

UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA		VALOR PCI	CLASIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL		
PD-01	0+000	0+033.3	48.74	REGULAR
PD-02	0+033.3	0+066.7	57.29	BUENO
PD-03	0+066.7	0+100	44.04	REGULAR
PD-04	0+100	0+133.3	61.66	BUENO
PD-05	0+133.3	0+166.7	13.19	MUY MALO
PD-06	0+166.7	0+200	42.5	REGULAR
PD-07	0+200	0+233.3	45.8	REGULAR
PD-08	0+233.3	0+266.7	48.8	REGULAR
PD-09	0+266.7	0+300	19.8	MUY MALO
PD-10	0+300	0+333.3	38.24	MALO
PD-11	0+333.3	0+366.7	29.26	MALO
PD-12	0+366.7	0+400	45.74	REGULAR
PD-13	0+400	0+433.3	34.39	MALO
PD-14	0+433.3	0+466.7	59.07	BUENO
PD-15	0+466.7	0+500	34.48	MALO
PD-16	0+500	0+533.3	50.25	REGULAR
PD-17	0+533.3	0+566.7	21.9	MUY MALO
PD-18	0+566.7	0+600	68.27	BUENO
PD-19	0+600	0+633.3	25.16	MALO
PD-20	0+633.3	0+666.7	58.08	BUENO
PD-21	0+666.7	0+700	67.03	BUENO
PD-22	0+700	0+733.3	36.13	MALO
PD-23	0+733.3	0+766.7	52.26	REGULAR
PD-24	0+766.7	0+800	44.38	REGULAR
PD-25	0+800	0+833.3	47.29	REGULAR
PD-26	0+833.3	0+866.7	56.03	BUENO

...Continuación

	PROGRESIVA	VALOR PCI	CLASIFICACIÓN
--	------------	-----------	---------------

UNIDAD DE MUESTRA	INICIAL	FINAL		
PD-27	0+866.7	0+900	35.54	MALO
PD-28	0+900	0+933.3	24.87	MUY MALO
PD-29	0+933.3	0+966.7	25.33	MALO
PD-30	0+966.7	1+000	63.86	BUENO
PD-31	1+000	1+033.3	14.9	MUY MALO
PD-32	1+033.3	1+066.7	10.39	MUY MALO
PD-33	1+066.7	1+100	22.68	MUY MALO
PD-34	1+100	1+133.3	69.17	BUENO
PD-35	1+133.3	1+166.7	68.45	BUENO
PD-36	1+166.7	1+200	23.89	MUY MALO

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Tabla. 18 Clasificación de unidades de muestra – PCI – Av. Floral (Lado Izquierdo)

UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA		VALOR PCI	CLASIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL		
PI-01	0+000	0+033.3	64.57	BUENO
PI-02	0+033.3	0+066.7	85.73	EXCELENTE
PI-03	0+066.7	0+100	76.74	MUY BUENO
PI-04	0+100	0+133.3	77.27	MUY BUENO
PI-05	0+133.3	0+166.7	82.58	MUY BUENO
PI-06	0+166.7	0+200	74.98	MUY BUENO
PI-07	0+200	0+233.3	73.27	MUY BUENO
PI-08	0+233.3	0+266.7	40.09	REGULAR
PI-09	0+266.7	0+300	86.91	EXCELENTE
PI-10	0+300	0+333.3	64.35	BUENO
PI-11	0+333.3	0+366.7	58.94	BUENO
PI-12	0+366.7	0+400	20.36	MUY MALO
PI-13	0+400	0+433.3	69.27	BUENO
PI-14	0+433.3	0+466.7	32.64	MALO
PI-15	0+466.7	0+500	67.23	BUENO
PI-16	0+500	0+533.3	30.22	MALO
PI-17	0+533.3	0+566.7	83.5	MUY BUENO
PI-18	0+566.7	0+600	31.92	MALO
PI-19	0+600	0+633.3	41.08	REGULAR
PI-20	0+633.3	0+666.7	35.35	MALO
PI-21	0+666.7	0+700	53.86	REGULAR
PI-22	0+700	0+733.3	55.53	BUENO
PI-23	0+733.3	0+766.7	29.01	MALO
PI-24	0+766.7	0+800	47.87	REGULAR
PI-25	0+800	0+833.3	36	MALO
PI-26	0+833.3	0+866.7	25.98	MALO
PI-27	0+866.7	0+900	37	MALO
PI-28	0+900	0+933.3	16.44	MUY MALO
PI-29	0+933.3	0+966.7	42.1	REGULAR
PI-30	0+966.7	1+000	49.88	REGULAR
PI-31	1+000	1+033.3	24.26	MUY MALO
PI-32	1+033.3	1+066.7	26.01	MALO
PI-33	1+066.7	1+100	32.5	MALO
PI-34	1+100	1+133.3	55.75	BUENO
PI-35	1+133.3	1+166.7	12.3	MUY MALO
PI-36	1+166.7	1+200	43.95	REGULAR
PI-37	1+200	1+233.3	61.29	BUENO
PI-38	1+233.3	1+266.7	28.48	MALO

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

De los resultados obtenidos se muestra un gráfico que representa el resumen del estado de las unidades de muestra para cada lado en la Figura 83 y Figura 84.

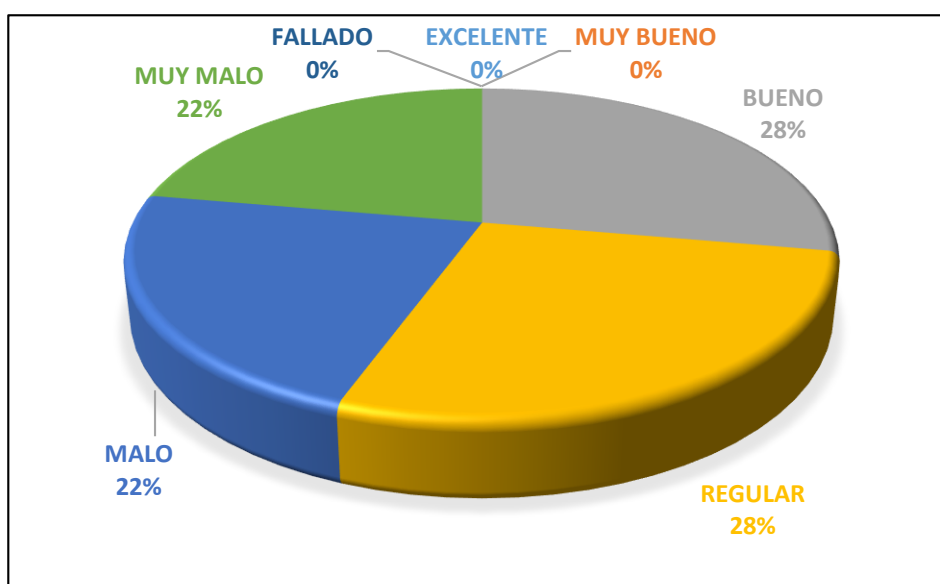


Figura. 83 Estado de las unidades de muestra – PCI – Av. Floral (Lado Derecho)
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

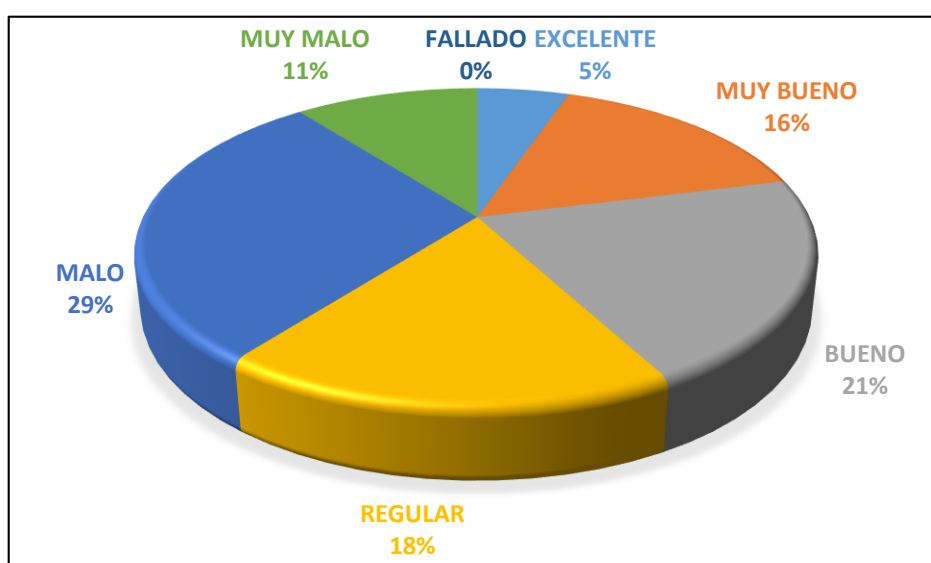


Figura. 84 Estado de las unidades de muestra – PCI – Av. Floral (Lado Izquierdo)
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Según la metodología del PCI la Av. Floral presenta en su lado derecho un 28% de unidades de muestra en estado Bueno, un 28% en estado Regular, un 22% en estado Malo y 22% en estado Muy Malo. Y en su lado izquierdo la vía presenta un 29% de

unidades de muestra en estado Malo, seguido de un 21% en estado Bueno y un 18% en estado Regular.

Para finalizar la metodología PCI se realizó un promedio de los valores de PCI de las unidades de muestra para ambos lados de la Av. Floral – Puno para obtener la condición del pavimento, que se muestra en la Tabla 19.

Tabla. 19 Clasificación según PCI de la Av. Floral

Av. Floral Puno	PCI PROMEDIO	CLASIFICACION PCI	RANGO DE CALIFICACIÓN PCI
Lado derecho	41.91	REGULAR	40-55
Lado izquierdo	49.35	REGULAR	40-55
Promedio	45.46	REGULAR	40-55

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Según la metodología del PCI la condición del pavimento para la Av. Floral presenta una clasificación promedio de 41.91 para el lado derecho que es indicador de una clasificación **REGULAR** del estado de la vía; con lo cual la vía no brinda una óptima condición de servicio a los usuarios, y requiere ser intervenido inmediatamente con un “**Mantenimiento rutinario y periódico**” ya que está a un corto margen de entrar a una condición MALA que requeriría una intervención a nivel de “Rehabilitación” con un mayor costo.

El lado izquierdo presenta un clasificación promedio de 49.35 indicador de una clasificación **REGULAR** del estado de la vía, con el cual condición de servicio de la vía es apenas aceptable y también requiere ser intervenido inmediatamente con un “**Mantenimiento rutinario y periódico**”. En promedio la Av. Floral tiene una clasificación promedio de 45.63 indicador de un estado Regular y requiere ser intervenida para recuperar el nivel de servicio necesario para una óptima calidad de tránsito.

Aunque la metodología del PCI plantea que se debe realizar un promedio de los valores obtenidos en las unidades de muestra que representan la evaluación de la vía para fines prácticos y de control. Se verifica que existe un porcentaje importante de unidades de muestra con una clasificación MUY MALA o MALA en ambos lados de la vía. Es por esto que aunque la clasificación REGULAR de la vía indique que se requiere de mantenimiento periódico y rutinario, es importante evaluar los tramos críticos con una clasificación inferior para considerar actividades de mantenimiento de mayor grado como la rehabilitación de ser necesario.

Al analizar estos tramos críticos de la Avenida Floral, se observa que muestran la existencia de huecos, abultamientos y hundimientos de severidad alta; que son las fallas que más afectan en la transitabilidad y disminuyen la clasificación PCI de estos tramos. Sin embargo se observa que estas fallas identificadas están mayormente ubicadas a los bordes de la vía, es decir que aunque son deterioros importantes que requieren mantenimiento, estos no afectan considerablemente a la transitabilidad debido a su ubicación; esto se muestra en la Figura 85. Entonces no es necesario realizar la rehabilitación de estos tramos críticos, debido también al alto costo que este tipo de mantenimiento genera. Y será suficiente realizar mantenimiento rutinario y periódico para la vía.

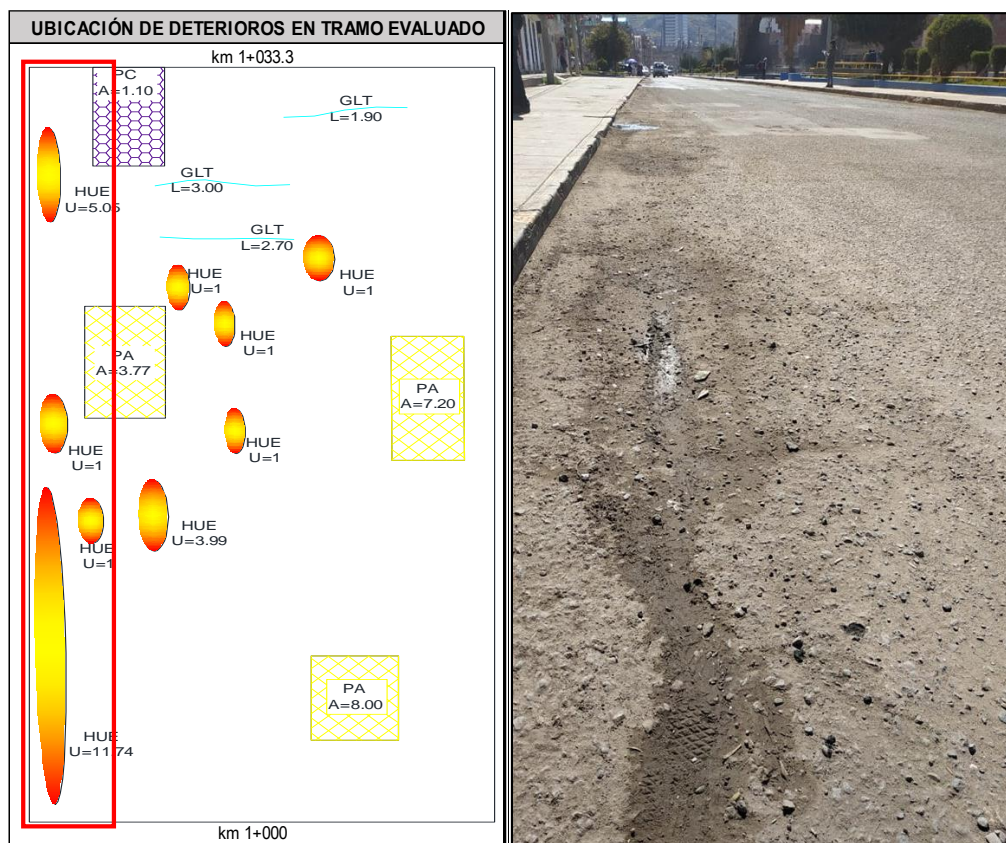


Figura. 85 Ubicación de fallas de la unidad de muestra PD-31 Av. Floral
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

4.1.2. Estado Superficial Del Pavimento Flexible De La Av. Floral Por El Método De Inspección Visual De Zonas Y Rutas En Riesgo (VIZIR)

Realizado el cálculo de la clasificación VIZIR para las 25 unidades de muestra, 13 del lado izquierdo y 12 del lado derecho que se muestra en el Anexo E. A continuación se muestra la clasificación VIZIR para la unidad de muestra para el lado derecho e izquierdo en la Tabla. 20 y Tabla. 21.

Tabla. 20 Clasificación de unidades de muestra – VIZIR – Av. Floral (Lado Derecho)

UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA		VALOR Is	CLASIFICACIÓN VIZIR
	INICIAL	FINAL		
VD - 01	Km 0+000	Km 0+100	4	Regular
VD - 02	Km 0+100	Km 0+200	5	Malo
VD - 03	Km 0+200	Km 0+300	4	Regular
VD - 04	Km 0+300	Km 0+400	3	Regular
VD - 05	Km 0+400	Km 0+500	3	Regular
VD - 06	Km 0+500	Km 0+600	3	Regular
VD - 07	Km 0+600	Km 0+700	4	Regular
VD - 08	Km 0+700	Km 0+800	5	Malo
VD - 09	Km 0+800	Km 0+900	4	Regular
VD - 10	Km 0+900	Km 1+000	3	Regular
VD - 11	Km 1+000	Km 1+100	4	Regular
VD - 12	Km 1+100	Km 1+200	3	Regular

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Tabla. 21 Clasificación de unidades de muestra – VIZIR – Av. Floral (Lado Izquierdo)

UNIDAD DE MUESTRA	PROGRESIVA		VALOR Is	CLASIFICACIÓN VIZIR
	INICIAL	FINAL		
VI - 01	Km 0+000	Km 0+100	4	Regular
VI - 02	Km 0+100	Km 0+200	2	Bueno
VI - 03	Km 0+200	Km 0+300	3	Regular
VI - 04	Km 0+300	Km 0+400	3	Regular
VI - 05	Km 0+400	Km 0+500	2	Bueno
VI - 06	Km 0+500	Km 0+600	2	Bueno
VI - 07	Km 0+600	Km 0+700	2	Bueno
VI - 08	Km 0+700	Km 0+800	3	Regular
VI - 09	Km 0+800	Km 0+900	2	Bueno
VI - 10	Km 0+900	Km 1+000	2	Bueno
VI - 11	Km 1+000	Km 1+100	5	Malo
VI - 12	Km 1+100	Km 1+200	3	Regular
VI - 13	Km 1+200	Km 1+267	2	Bueno

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

De los resultados obtenidos se muestra un resumen del estado de las unidades de muestra para cada lado en la Figura 85 y Figura 86.

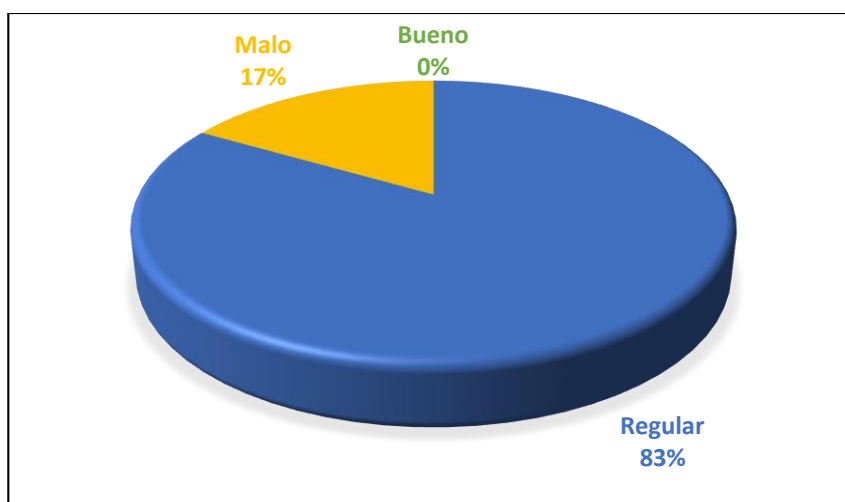


Figura. 86 Estado de las unidades de muestra – VIZIR – Av. Floral (Lado Derecho)
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

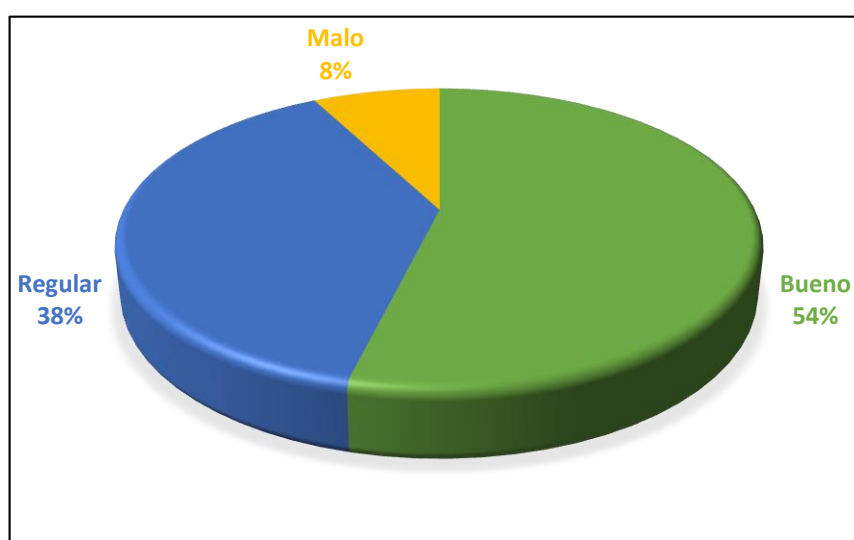


Figura. 87 Estado de las unidades de muestra – VIZIR – Av. Floral (Lado Izquierdo)
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Según la metodología VIZIR la Av. Floral presenta en su lado derecho un 83% de unidades de muestra en estado Regular y un 17% en estado Malo. Y en su lado izquierdo la vía presenta un 54% de unidades de muestra en estado Bueno, seguido de un 38% en estado Regular y un 8% en estado Malo.

Para finalizar la metodología VIZIR se realizó un promedio de los valores del índice de deterioro superficial (Is) de las unidades de muestra para ambos lados de la Av. Floral para obtener la clasificación VIZIR de la vía, que se muestra en la Tabla 22.

Tabla. 22 Clasificación según VIZIR de la Av. Floral

AV. FLORAL - PUNO	VALOR Is PROMEDIO	ESTADO	RANGO DE CLASIFICACIÓN
Lado izquierdo	3	Regular	3 – 4
Lado derecho	4	Regular	3 – 4

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Según la metodología VIZIR la Av. Floral presenta una clasificación promedio de 4 para el lado derecho y 3 para el lado izquierdo, donde ambos son indicadores de una clasificación **REGULAR** del estado de la vía. Esto es muestra de que la vía apenas brinda adecuadas condiciones de servicio a los usuarios, y que deben ser inmediatamente intervenidos para llegar a un óptimo nivel de serviciabilidad.

Se observa que al contrario a los resultados de la metodología del PCI, el mayor porcentaje de clasificación de las unidades de muestra según la metodología VIZIR es “REGULAR” en ambos lados, encontrándose solo 2 unidades de muestra en estado MALO en el lado derecho y una unidad de muestra en el lado izquierdo. Esto es debido al rango de clasificación y parámetros de evaluación de este método. Pero al igual que el método del PCI es importante evaluar los tramos críticos con una clasificación inferior para considerar actividades de mantenimiento de mayor grado como la rehabilitación de ser necesario.

4.1.3. Estado Superficial Del Pavimento Rígido Del Jirón Carabaya Por El Método Del Índice De Condición Del Pavimento (PCI)

Realizado el cálculo del PCI para las 44 unidades de muestra que se muestra en los Anexos F y G. A continuación se muestra el valor PCI y la clasificación para las unidades de muestra en la Tabla. 23.

Tabla. 23 Clasificación de unidades de muestra – PCI – Jr. Carabaya

UNIDAD DE MUESTRA	ABCISA		VALOR PCI	CLASIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL		
C-01	Losa 1	Losa 5	89.50	EXCELENTE
C-02	Losa 6	Losa 10	83.87	MUY BUENO
C-03	Losa 11	Losa 15	95.40	EXCELENTE
C-04	Losa 16	Losa 20	89.50	EXCELENTE
C-05	Losa 21	Losa 25	79.63	MUY BUENO
C-06	Losa 26	Losa 30	92.71	EXCELENTE
C-07	Losa 31	Losa 35	90.20	EXCELENTE
C-08	Losa 36	Losa 40	96.75	EXCELENTE
C-09	Losa 41	Losa 45	87.50	EXCELENTE
C-10	Losa 46	Losa 50	84.08	MUY BUENO
C-11	Losa 51	Losa 55	93.00	EXCELENTE
C-12	Losa 56	Losa 60	92.60	EXCELENTE
C-13	Losa 61	Losa 65	83.45	MUY BUENO
C-14	Losa 66	Losa 70	88.95	EXCELENTE
C-15	Losa 71	Losa 75	92.00	EXCELENTE
C-16	Losa 76	Losa 80	90.00	EXCELENTE
C-17	Losa 81	Losa 85	72.99	MUY BUENO
C-18	Losa 86	Losa 90	87.20	EXCELENTE
C-19	Losa 91	Losa 95	90.60	EXCELENTE
C-20	Losa 96	Losa 100	86.75	EXCELENTE
C-21	Losa 101	Losa 105	94.00	EXCELENTE
C-22	Losa 106	Losa 110	88.00	EXCELENTE
C-23	Losa 111	Losa 115	98.00	EXCELENTE
C-24	Losa 116	Losa 120	90.10	EXCELENTE
C-25	Losa 121	Losa 125	94.00	EXCELENTE
C-26	Losa 126	Losa 130	93.50	EXCELENTE
C-27	Losa 131	Losa 135	92.00	EXCELENTE
C-28	Losa 136	Losa 140	94.75	EXCELENTE
C-29	Losa 141	Losa 145	98.00	EXCELENTE
C-30	Losa 146	Losa 150	20.25	MUY MALO
C-31	Losa 151	Losa 155	15.17	MUY MALO
C-32	Losa 156	Losa 160	14.26	MUY MALO
C-33	Losa 161	Losa 165	32.20	MALO
C-34	Losa 166	Losa 170	30.87	MALO
C-35	Losa 171	Losa 175	10.70	MUY MALO
C-36	Losa 176	Losa 180	21.82	MUY MALO
C-37	Losa 181	Losa 185	40.51	REGULAR
C-38	Losa 186	Losa 190	27.59	MALO
C-39	Losa 191	Losa 195	13.32	MUY MALO
C-40	Losa 201	Losa 205	38.00	MALO
C-41	Losa 201	Losa 205	19.42	MUY MALO
C-42	Losa 206	Losa 210	28.33	MALO
C-43	Losa 211	Losa 215	20.95	MUY MALO
C-44	Losa 216	Losa 220	18.67	MUY MALO

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

De los resultados obtenidos se muestra un resumen del estado de las unidades de muestra en la Figura 88.

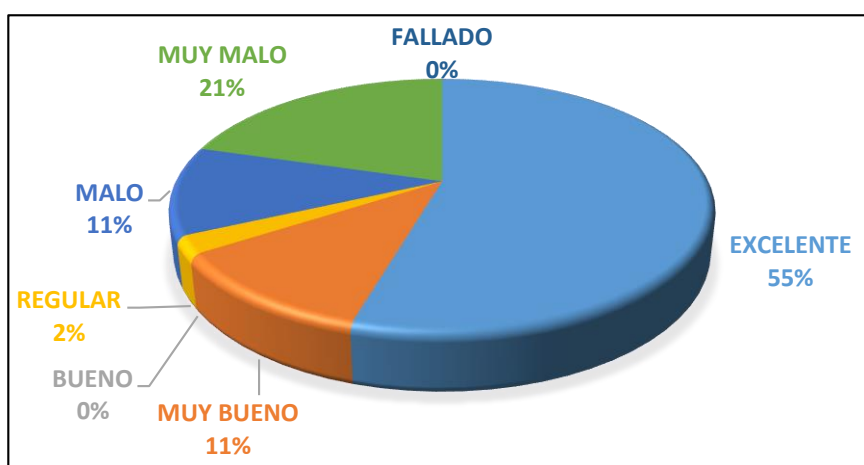


Figura. 88 Estado de las unidades de muestra – PCI – Av. Floral (Lado Derecho)
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Según la metodología del PCI el Jr. Carabaya presenta un 55% de unidades de muestra en estado Excelente, un 21% en estado Muy Malo y un 11% en estado Muy Bueno.

Para finalizar la metodología PCI se realizó un promedio de los valores de PCI de las unidades de muestra del Jr. Carabaya – Puno para obtener la condición del pavimento, que se muestra en la Tabla. 24.

Tabla. 24 Clasificación según PCI del Jr. Carabaya

VÍA	PCI PROMEDIO	CLASIFICACIÓN PCI	RANGO DE CALIFICACIÓN
JR. Carabaya - Puno	67.30	Bueno	55-70

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Según la metodología del PCI la condición del pavimento para el Jr. Carabaya presenta una clasificación promedio de 67.30 que es indicador de una clasificación **BUENO** del estado de la vía. Esto es muestra de que la vía brinda óptimas condiciones de servicio a los usuarios, pero que pueden mejorar.

Aunque la metodología del PCI plantea que se debe realizar un promedio de los valores obtenidos en las unidades de muestra que representan la evaluación de la vía para fines prácticos y de control. Se observa que existe un porcentaje importante de unidades de muestra con una clasificación MALO o MUY MALO. Es por esto que aunque la clasificación BUENO de la vía indique que se requiere solo de mantenimiento rutinario, es importante evaluar los tramos críticos con una clasificación inferior para considerar actividades de mantenimiento de mayor grado como el mantenimiento periódico o la rehabilitación de ser necesario.

Entonces en el Jirón Carabaya existe un tramo de vía en pésimo estado comprendido en la Avenida El Sol y el Jirón Tacna, que requiere de una intervención inmediata para llegar a un óptimo nivel de serviciabilidad. En este tramo se muestra la existencia de losas divididas de severidad alta y de gran extensión, además de que estos afectan directamente a la calidad del tránsito como se muestra en la Figura 89. Entonces es necesario de un mantenimiento periódico para este tramo, además del mantenimiento rutinario que establece el método del PCI.

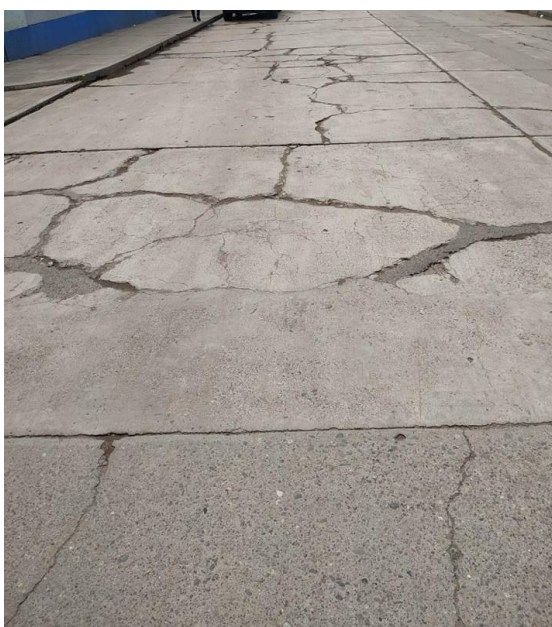


Figura. 89 Ubicación de fallas en el Jr. Carabaya. Tramo: Av. El Sol – Jr. Tacna
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

4.2. COMPARACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DEL PCI Y VIZIR.

Antes de realizar la comparación de las metodologías en análisis es importante mencionar que la metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI) puede utilizarse tanto para pavimento flexible como para pavimento rígido; en cambio la metodología de Inspección Visual de Zonas y Rutas en Riesgo (VIZIR) solo es aplicable para pavimento flexible. Es por esto que se realizó la comparación solo para la Avenida Floral, en sus dos lados.

4.2.1. Prueba T-Student Para Las Muestras PCI Y VIZIR De La Av. Floral

Para la aplicación de la prueba t-student, primero se realizó una correlación de los parámetros de clasificación de los métodos PCI y VIZIR para estandarizar los resultados de acuerdo a la Tabla 25.

Tabla. 25 Estandarización de los parámetros de clasificación PCI y VIZIR

PCI		VIZIR		
RANGO PCI	CLASIFICACIÓN	RANGO IS	CLASIFICACIÓN	ESTANDARIZACIÓN VIZIR A PCI
85-100	EXCELENTE	1	BUENO	92.5
70-85	MUY BUENO	2		77.5
55-70	BUENO	3	REGULAR	62.5
40-55	REGULAR	4		47.5
25-40	MALO	5	MALO	32.5
10-25	MUY MALO	6		17.5
0-10	FALLADO	7		5

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Utilizando la Tabla 25 se muestran los resúmenes para ambos lados de la Av. Floral con sus calificaciones estandarizadas para ambos métodos.

Tabla. 26 Calificación estandarizada de las muestras PCI y VIZIR en la Av. Floral

Av. FLORAL	PROGRESIVA	VIZIR	PCI
LADO IZQUIERDO	Km 0+000 - Km 0+100	47.5	76
	Km 0+100 - Km 0+200	77.5	78
	Km 0+200 - Km 0+300	62.5	67
	Km 0+300 - Km 0+400	62.5	48
	Km 0+400 - Km 0+500	77.5	56
	Km 0+500 - Km 0+600	77.5	49
	Km 0+600 - Km 0+700	77.5	43
	Km 0+700 - Km 0+800	62.5	44
	Km 0+800 - Km 0+900	77.5	33
	Km 0+900 - Km 1+000	77.5	36
	Km 1+000 - Km 1+100	32.5	28
	Km 1+100 - Km 1+200	62.5	37
	Km 1+200 - Km 1+267	77.5	45
	LADO DERECHO	Km 0+000 - Km 0+100	48
Km 0+100 - Km 0+200		33	39
Km 0+200 - Km 0+300		48	38
Km 0+300 - Km 0+400		63	38
Km 0+400 - Km 0+500		63	43
Km 0+500 - Km 0+600		63	47
Km 0+600 - Km 0+700		48	50
Km 0+700 - Km 0+800		33	44
Km 0+800 - Km 0+900		48	46
Km 0+900 - Km 1+000		63	38
Km 1+000 - Km 1+100		48	16
Km 1+100 - Km 1+200		63	54

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

La tabla presentada anteriormente representa un perfil de comparación entre las dos metodologías donde se evidencia la diferencia en sus resultados que se muestra en las Figuras 88 y 89.

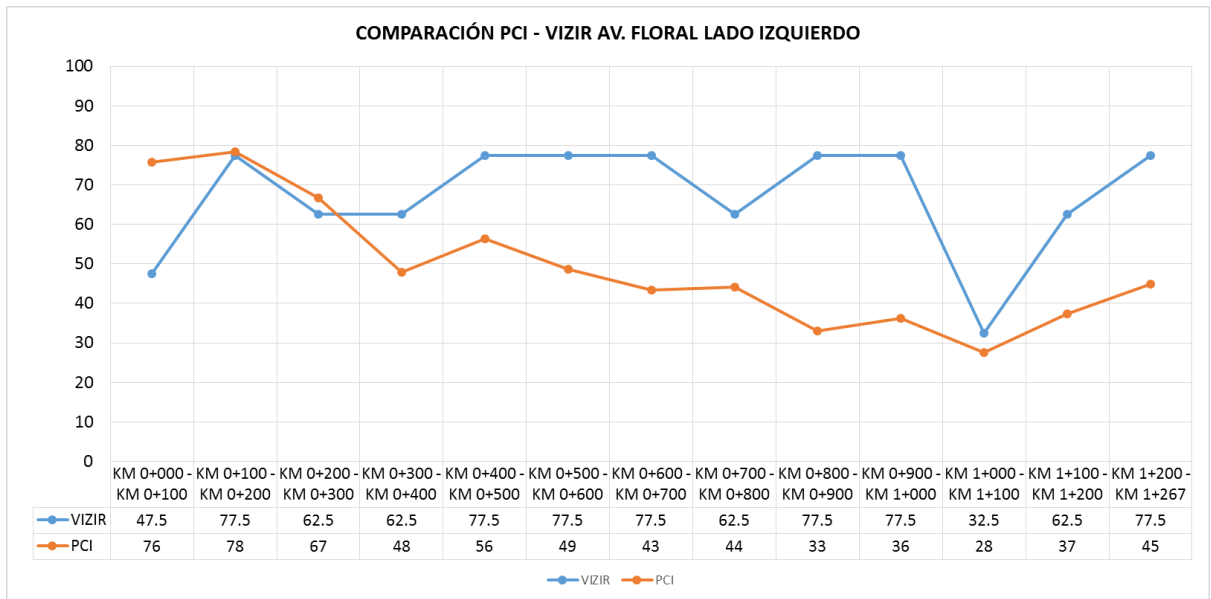


Figura. 90 Perfil comparativo metodología PCI y VIZIR – Av. Floral (Lado Izquierdo)
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

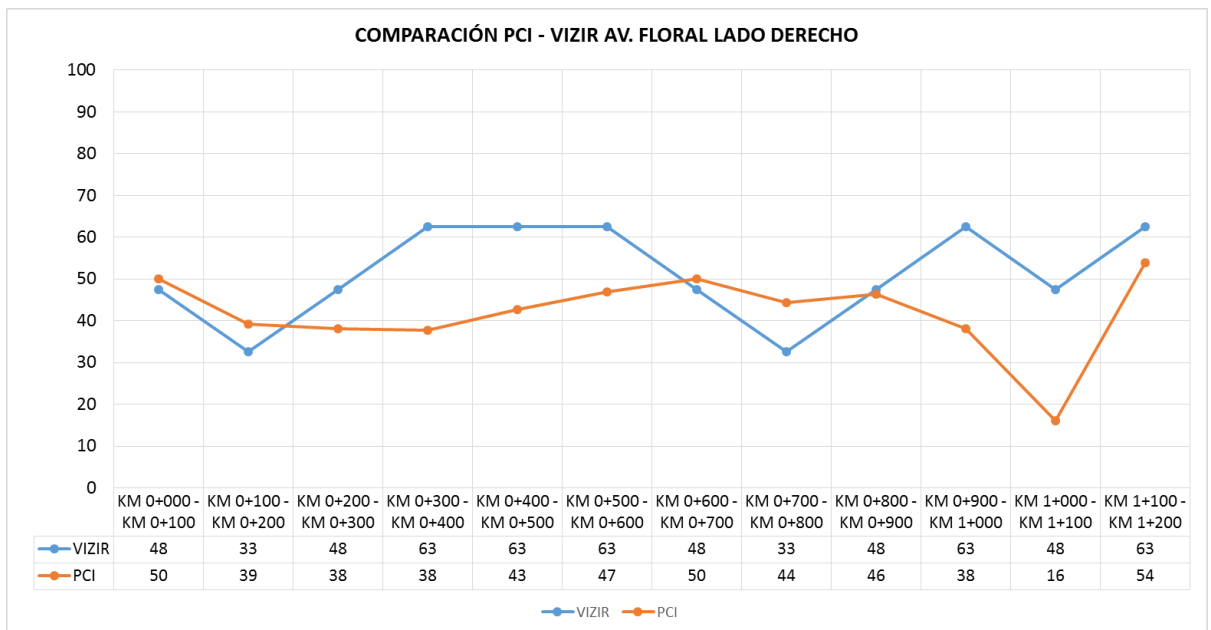


Figura. 91 Perfil comparativo metodología PCI y VIZIR – Av. Floral (Lado Derecho)
FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Como se ve en las Figuras 88 y 89, es evidente que existen diferencias entre los perfiles del PCI y VIZIR; más esta verificación aparente visual no es suficiente para el análisis, sino que debe ser estadísticamente probables y significativas. Para este fin se utilizó la prueba estadística T-Student que es la comparación entre dos promedios de muestras, y nos sirve para hacer el contraste entre la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_a). Donde para nuestro análisis:

Ho: M (VIZIR)=M (PCI), no existe diferencia entre medias. $P \leq 0.05$ (5%)

Ha: M (VIZIR) \neq M (PCI), existe diferencia entre medias.

Para esto calculamos la Media y varianza de los valores de la Tabla 26, donde:

VIZIR:

Media simple: $x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$; $x=59.5$

Varianza: $s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x)^2}{n-1}$; $s^2 = 225$

Desviación estándar: $s = \sqrt{s^2} = 14.70$

PCI:

Media simple: $x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$; $x=45.72$

Varianza: $s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x)^2}{n-1}$; $s^2 = 183.85$

Desviación estándar: $s = \sqrt{s^2} = 13.29$

Considerando un nivel de confianza del 95% o un riesgo del 5% $\alpha=0.05$, utilizando el programa Microsoft Excel para el T-Student se obtiene el siguiente resultado.

Tabla. 27 Prueba T-Student para las muestras PCI y VIZIR

<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>VIZIR</i>	<i>PCI</i>
Media	59.5	45.7195333
Varianza	225	183.846565
Observaciones	25	25
Coefficiente de correlación de Pearson	0.218548925	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	24	
Estadístico t	3.852074143	
P(T<=t) una cola	0.000382543	
Valor crítico de t (una cola)	1.71088208	
P(T<=t) dos colas	0.000765085	
Valor crítico de t (dos colas)	2.063898562	

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Como el valor de P (T<=t) para una y dos colas es menos que 0.05 (5%), entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Es decir que existe diferencia entre las muestras y ésta es estadísticamente significativa.

4.2.2. Comparación De Resultados De Las Metodologías PCI Y VIZIR En La Av. Floral

Con los resultados al aplicar las metodologías PCI y VIZIR obtenemos los resúmenes que se muestran en las Tablas 28 y 29:

Tabla. 28 Comparación de las metodologías PCI y VIZIR de la Av. Floral (Lado derecho)

N°	PROGESIVA		VALOR PCI	CLASIFICACIÓN	PROGESIVA		IS VIZIR	CLASIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL			INICIAL	FINAL		
1	Km 0+000	Km 0+033.3	48.74	REGULAR				
2	Km 0+033.3	Km 0+066.7	57.29	BUENO	Km 0+000	Km 0+100	4	REGULAR
3	Km 0+066.7	Km 0+100	44.04	REGULAR				
4	Km 0+100	Km 0+133.3	61.66	BUENO				
5	Km 0+133.3	Km 0+166.7	13.19	MUY MALO	Km 0+100	Km 0+200	5	MALO
6	Km 0+166.7	Km 0+200	42.5	REGULAR				
7	Km 0+200	Km 0+233.3	45.8	REGULAR				
8	Km 0+233.3	Km 0+266.7	48.8	REGULAR	Km 0+200	Km 0+300	4	REGULAR
9	Km 0+266.7	Km 0+300	19.8	MUY MALO				
10	Km 0+300	Km 0+333.3	38.24	MALO				
11	Km 0+333.3	Km 0+366.7	29.26	MALO	Km 0+300	Km 0+400	3	REGULAR
12	Km 0+366.7	Km 0+400	45.74	REGULAR				
13	Km 0+400	Km 0+433.3	34.39	MALO				
14	Km 0+433.3	Km 0+466.7	59.07	BUENO	Km 0+400	Km 0+500	3	REGULAR
15	Km 0+466.7	Km 0+500	34.48	MALO				
16	Km 0+500	Km 0+533.3	50.25	REGULAR				
17	Km 0+533.3	Km 0+566.7	21.9	MUY MALO	Km 0+500	Km 0+600	3	REGULAR
18	Km 0+566.7	Km 0+600	68.27	BUENO				
19	Km 0+600	Km 0+633.3	25.16	MALO				
20	Km 0+633.3	Km 0+666.7	58.08	BUENO	Km 0+600	Km 0+700	4	REGULAR
21	Km 0+666.7	Km 0+700	67.03	BUENO				
22	Km 0+700	Km 0+733.3	36.13	MALO				
23	Km 0+733.3	Km 0+766.7	52.26	REGULAR	Km 0+700	Km 0+800	5	MALO
24	Km 0+766.7	Km 0+800	44.38	REGULAR				
25	Km 0+800	Km 0+833.3	47.29	REGULAR				
26	Km 0+833.3	Km 0+866.7	56.03	BUENO	Km 0+800	Km 0+900	4	REGULAR
27	Km 0+866.7	Km 0+900	35.54	MALO				
28	Km 0+900	Km 0+933.3	24.87	MUY MALO				
29	Km 0+933.3	Km 0+966.7	25.33	MALO	Km 0+900	Km 1+000	3	REGULAR
30	Km 0+966.7	Km 1+000	63.86	BUENO				
31	Km 1+000	Km 1+033.3	14.9	MUY MALO				
32	Km 1+033.3	Km 1+066.7	10.39	MUY MALO	Km 1+000	Km 1+100	4	REGULAR
33	Km 1+066.7	Km 1+100	22.68	MUY MALO				
34	Km 1+100	Km 1+133.3	69.17	BUENO				
35	Km 1+133.3	Km 1+166.7	68.45	BUENO	Km 1+100	Km 1+200	3	REGULAR
36	Km 1+166.7	Km 1+200	23.89	MUY MALO				

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Tabla. 29 Comparación de las metodologías PCI y VIZIR de la Av. Floral (Lado izquierdo)

N°	PROGESIVA		VALOR PCI	CLASIFICACIÓN	PROGESIVA		IS VIZIR	CLASIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL			INICIAL	FINAL		
1	Km 0+000	Km 0+033.3	64.57	BUENO				
2	Km 0+033.3	Km 0+066.7	85.73	EXCELENTE	Km 0+000	Km 0+100	4	REGULAR
3	Km 0+066.7	Km 0+100	76.74	MUY BUENO				
4	Km 0+100	Km 0+133.3	77.27	MUY BUENO				
5	Km 0+133.3	Km 0+166.7	82.58	MUY BUENO	Km 0+100	Km 0+200	2	BUENO
6	Km 0+166.7	Km 0+200	74.98	MUY BUENO				
7	Km 0+200	Km 0+233.3	73.27	MUY BUENO				
8	Km 0+233.3	Km 0+266.7	40.09	REGULAR	Km 0+200	Km 0+300	3	REGULAR
9	Km 0+266.7	Km 0+300	86.91	EXCELENTE				
10	Km 0+300	Km 0+333.3	64.35	BUENO				
11	Km 0+333.3	Km 0+366.7	58.94	BUENO	Km 0+300	Km 0+400	3	REGULAR
12	Km 0+366.7	Km 0+400	20.36	MUY MALO				
13	Km 0+400	Km 0+433.3	69.27	BUENO				
14	Km 0+433.3	Km 0+466.7	32.64	MALO	Km 0+400	Km 0+500	2	BUENO
15	Km 0+466.7	Km 0+500	67.23	BUENO				
16	Km 0+500	Km 0+533.3	30.22	MALO				
17	Km 0+533.3	Km 0+566.7	83.5	MUY BUENO	Km 0+500	Km 0+600	2	BUENO
18	Km 0+566.7	Km 0+600	31.92	MALO				
19	Km 0+600	Km 0+633.3	41.08	REGULAR				
20	Km 0+633.3	Km 0+666.7	35.35	MALO	Km 0+600	Km 0+700	2	BUENO
21	Km 0+666.7	Km 0+700	53.86	REGULAR				
22	Km 0+700	Km 0+733.3	55.53	BUENO				
23	Km 0+733.3	Km 0+766.7	29.01	MALO	Km 0+700	Km 0+800	3	REGULAR
24	Km 0+766.7	Km 0+800	47.87	REGULAR				
25	Km 0+800	Km 0+833.3	36	MALO				
26	Km 0+833.3	Km 0+866.7	25.98	MALO	Km 0+800	Km 0+900	2	BUENO
27	Km 0+866.7	Km 0+900	37	MALO				
28	Km 0+900	Km 0+933.3	16.44	MUY MALO				
29	Km 0+933.3	Km 0+966.7	42.1	REGULAR	Km 0+900	Km 1+000	2	BUENO
30	Km 0+966.7	Km 1+000	49.88	REGULAR				
31	Km 1+000	Km 1+033.3	24.26	MUY MALO				
32	Km 1+033.3	Km 1+066.7	26.01	MALO	Km 1+000	Km 1+100	5	MALO
33	Km 1+066.7	Km 1+100	32.5	MALO				
34	Km 1+100	Km 1+133.3	55.75	BUENO				
35	Km 1+133.3	Km 1+166.7	12.3	MUY MALO	Km 1+100	Km 1+200	3	REGULAR
36	Km 1+166.7	Km 1+200	43.95	REGULAR				
37	Km 1+200	Km 1+233.3	61.29	BUENO	Km 1+200	Km 1+267	2	BUENO
38	Km 1+233.3	Km 1+266.7	28.48	MALO				

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Luego de los valores de las Tablas 28 y 29, se obtiene el valor promedio de clasificación y estado de los métodos PCI y VIZIR.

Tabla. 30 Promedio de clasificación de las metodologías PCI y VIZIR de la Av. Floral.

AV. FLORAL - PUNO	VALOR PROMEDIO Is	CLASIFICACIÓN VIZIR	VALOR PROMEDIO PCI	CLASIFICACIÓN PCI
Lado izquierdo	3	REGULAR	49.35	REGULAR
Lado derecho	4	REGULAR	41.91	REGULAR

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Al ver la comparación de resultados de las metodologías obtenemos valores promedio similares. Para el lado izquierdo el método PCI muestra como resultado promedio una clasificación “REGULAR” al igual que el método VIZIR. De igual manera para el lado derecho ambos métodos presentan un resultado promedio de clasificación “REGULAR”.

Aunque los resultados promedio de las metodologías son similares, se observa que en los resultados parciales de las unidades de muestra no son totalmente similares. Existen tramos evaluados que son similares y otros que son diferentes, esto muestra que existe diferencias entre ambas metodologías.

4.3. IDENTIFICACIÓN DE LAS FALLAS MÁS INFLUYENTES EN LOS PAVIMENTOS.

Para el cumplimiento del segundo objetivo se utilizaron los datos obtenidos de la metodología PCI, específicamente los datos denominados VALOR DEDUCIDO de las fallas, que es un factor de ponderación que representa el grado de afectación de cada falla obtenida de los factores: clase de daño, nivel de severidad y cantidad sobre la condición del pavimento.

4.3.1. Identificación De Las Fallas Más Influyentes En La Av. Floral (Pavimento Flexible).

Se realizó un resumen de los Valores Deducidos obtenidos para cada falla en cada lado de la Av. Floral para calcular el % Relativo de afectación de cada falla que representa el grado de afectación de cada falla para toda la vía como se muestra en la Tabla. 31 y en la Tabla. 32.

Tabla. 31 Resumen de valores deducidos de las fallas de la Av. Floral Lado derecho.

PROGRESIVA	VALOR DEDUCIDO DE FALLAS										
	PC	HUE	PA	AHU	BLO	PU	GLT	ABH	EX	COR	GP
Km 0+000 - Km 0+100	59.98	65.14	15.19	52.29	7.62	16.18	20.61	9.72	0.00	27.65	0.00
Km 0+100 - Km 0+200	22.51	47.21	5.55	65.01	24.05	15.17	6.73	57.90	0.00	0.00	0.00
Km 0+200 - Km 0+300	49.76	35.85	32.21	0.00	23.21	18.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Km 0+300 - Km 0+400	82.09	111.29	96.33	0.00	3.49	41.89	22.62	0.00	0.00	0.00	0.00
Km 0+400 - Km 0+500	119.30	0.00	56.44	0.00	58.99	30.42	38.51	0.00	0.00	0.00	19.12
Km 0+500 - Km 0+600	120.50	18.73	111.78	0.00	67.31	16.13	6.54	0.00	0.00	0.00	0.00
Km 0+600 - Km 0+700	51.46	37.46	114.87	25.22	50.45	2.30	0.00	0.00	72.60	0.00	0.00
Km 0+700 - Km 0+800	97.24	18.73	25.10	91.51	30.62	39.15	24.66	0.00	0.00	0.00	0.00
Km 0+800 - Km 0+900	107.79	53.36	62.39	34.72	0.00	31.27	11.64	0.00	0.00	0.00	0.00
Km 0+900 - Km 1+000	118.82	116.01	48.88	0.00	28.82	22.42	0.00	14.45	0.00	0.00	0.00
Km 1+000 - Km 1+100	88.48	202.79	141.54	45.73	0.00	0.00	2.61	0.00	0.00	0.00	0.00
Km 1+100 - Km 1+200	52.83	96.97	58.75	0.00	0.00	5.86	6.44	5.09	0.00	0.00	0.00
TOTAL DV	970.76	803.54	769.03	314.48	294.56	239.23	140.36	87.16	72.60	27.65	19.12
% RELATIVO	35.1%	29.0%	27.8%	11.4%	10.6%	8.6%	5.1%	3.1%	2.6%	1.0%	0.7%

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Tabla. 32 Resumen de valores deducidos de las fallas de la Av. Floral Lado izquierdo.

PROGRESIVA	VALOR DEDUCIDO DE FALLAS									
	HUE	PA	BLO	PU	GLT	AHU	ABH	PC	COR	GP
Km 0+000 - Km 0+100	6.08	0.00	0.00	17.49	29.36	41.76	12.70	0.00	23.04	0.00
Km 0+100 - Km 0+200	29.00	18.96	2.64	0.00	43.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Km 0+200 - Km 0+300	18.73	13.10	0.00	2.04	7.55	35.51	51.47	0.00	0.00	0.00
Km 0+300 - Km 0+400	130.34	52.83	0.00	20.12	31.58	29.65	18.22	0.00	3.65	0.00
Km 0+400 - Km 0+500	69.43	24.98	59.81	58.67	15.39	0.00	1.34	0.00	0.00	0.00
Km 0+500 - Km 0+600	145.19	35.25	34.37	22.35	38.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Km 0+600 - Km 0+700	93.48	51.71	58.22	54.80	41.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Km 0+700 - Km 0+800	89.85	67.66	57.43	55.77	31.81	9.86	0.00	0.00	0.00	0.00
Km 0+800 - Km 0+900	67.54	193.55	63.42	29.48	18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Km 0+900 - Km 1+000	114.15	147.79	64.37	38.09	29.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Km 1+000 - Km 1+100	204.49	112.26	25.26	55.62	60.37	0.00	0.00	14.36	0.00	25.18
Km 1+100 - Km 1+200	121.97	106.60	51.99	32.61	11.42	0.00	0.00	32.01	0.00	0.00
Km 1+200 - Km 1+267	86.02	36.21	48.54	35.62	32.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL DV	1176.27	860.90	466.05	422.66	391.83	116.78	83.73	46.37	26.69	25.18
% RELATIVO	32.5%	23.8%	12.9%	11.7%	10.8%	3.2%	2.3%	1.3%	0.7%	0.7%

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Según los resultados obtenidos las fallas más influyentes en el lado derecho de la Av. Floral son la Piel de Cocodrilo con un 35.1% que es muestra de que existe fatiga de la capa asfáltica generada por la repetición de carga superior a la diseñada, es decir es muestra que la estructura del pavimento es insuficiente para el tránsito que soporta. Al ser la Avenida Floral una vía dentro de la ciudad de Puno cuyo pavimento esta pronto a cumplir su vida útil, debido a su antigüedad éste fue diseñado inicialmente para vehículos livianos y un tránsito ligero. Sin embargo actualmente es una vía muy transitada, incluso por vehículos pesados como los Ómnibus B2 y B3; los camiones y tráileres que usan la vía durante la noche. Es por esto que el transito que soporta la vía actualmente la vía es mayor al tránsito con la que fue diseñada.

Seguido de los Huecos con un 29% que es generada por espesores insuficientes de las capas de la estructura del pavimento y por el no tratar las fallas más leves, es decir que se verifica que la estructura del pavimento es insuficiente para el tránsito que soporta y los huecos son la consecuencia de no tratar la piel de cocodrilo. Y los parcheos con el 27.8% que son causadas por la progresión de los daños iniciales por el cual debió realizarse, que es consecuente con las fallas más influyentes en la vía debido a que la más probable solución de la piel de cocodrilo y los huecos es el parcheo.

Las fallas más influyentes en el lado izquierdo de la Av. Floral son los Huecos con un 32.5% que es evidencia de que existen la retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. Como la ciudad de Puno cuenta con un clima muy lluvioso entre los meses de diciembre y marzo, esto ha generado la retención de agua en fisuras y zonas hundidas; los cuales han generado huecos en la vía. Los parcheos con un 23.8% que son causadas por la progresión de los daños iniciales por el cual debió realizarse, es decir que son causadas también por la retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. Y los agrietamientos en bloque con el 12.9% que es causada por la contracción del concreto asfáltico debido a la variación de temperatura durante el día, esto existe debido al clima que tiene la ciudad de Puno con un calor intenso durante el día y las bajas temperaturas en la noche que afectan en cierto grado al pavimento flexible.

4.3.2. Identificación De Las Fallas Más Influyentes En El Jr. Carabaya (Pavimento Rígido).

Se realizó un resumen de los Valores Deducidos obtenidos para cada falla en el Jr. Carabaya para calcular el % Relativo de afectación de cada falla que representa el grado de afectación de cada falla para toda la vía como se muestra en la Tabla. 33.

Tabla. 33 Resumen de valores deducidos de las fallas del Jr. Carabaya.

Und. de Muestra	VALOR DEDUCIDO DE FALLAS													
	LOD	GL	PG	GE	SJ	PA	GDD	ESC	DJ	PP	PUN	DE	DES	PQ
C-01		6.50			2.00	3.20	1.90							
C-02	5.00	8.60	0.90	15.30	2.00	2.00								
C-03					2.00	2.60								
C-04		8.50	1.00		2.00	1.00				0.70				
C-05	16.00	12.35	0.90	3.90	2.00		2.00		0.90	1.40				
C-06		3.25		3.90	2.00				1.80	0.70				
C-07				7.80	2.00					0.70		1.10		
C-08		3.25			2.00				0.90					
C-09		10.35	1.00		2.00	3.20	1.90							
C-10		6.50			2.00	8.05			8.10					
C-11	5.00			3.90	2.00					0.70				
C-12					2.00	5.40								
C-13		9.75	2.00	3.90	4.00	6.40								
C-14	5.00				4.00	4.80							5.05	
C-15					4.00	6.00	1.90							
C-16		3.25			2.00	6.00								
C-17	16.00	21.85	0.90		2.00									
C-18				3.90	4.00	6.80	3.80			0.70				
C-19					4.00	7.40								
C-20		7.70			2.00	2.60	2.00				7.50			
C-21					4.00	3.20				1.40		1.10		
C-22		3.25			4.00	2.00			0.90	2.20		2.70		
C-23					2.00					0.70		0.55		
C-24		3.25		3.90	2.00	2.00				1.40				
C-25				3.90	4.00									
C-26		6.50			2.00									
C-27					4.00	1.00	3.80		3.90					
C-28		3.25			2.00					0.70				
C-29					2.00					1.40				
C-30	129.1			7.80	8.00	6.00								1.90
C-31	135.5				4.00	2.00								1.90
C-32	104.5		6.30		4.00			36.6						
C-33	89.40	7.70		7.80	4.00	2.00				3.00				
C-34	108.1	7.70	15.80		2.00		9.50							
C-35	135.1		35.30		4.00									
C-36	101.5	18.20	23.20	22.80	2.00	6.80								
C-37	64.60	6.50	18.80	15.00	2.00		9.50							
C-38	103.5	26.30	24.30	22.80	2.00									
C-39	135.6		24.80		4.00									
C-40	74.10	10.50	18.80		2.00		9.50			1.40		1.10		
C-41	92.20		23.20	38.50	2.00				3.90					
C-42	81.40	36.80	18.80	15.00	2.00	3.20								
C-43	131.7	7.70	23.20		2.00	3.20								
C-44	122.3	37.80	24.30	16.80	2.00									
TOTAL DV	1655.6	277.3	263.5	196.9	122.0	96.85	45.8	36.6	20.4	17.1	7.50	6.55	5.05	3.80
% Relativo	60.1%	10.07%	9.56%	7.15%	4.43%	3.52%	1.66%	1.33%	0.74%	0.62%	0.27%	0.24%	0.18%	0.14%

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Según los resultados obtenidos las fallas más influyentes en el Jr. Carabaya son las Losas Divididas con un 60.10% que es causada por la acción del tránsito pesado y la pérdida de soporte de la fundación. Esto debido a que esta falla se encuentra en toda la longitud del tramo del Jirón Carabaya comprendido entre la Av. El Sol y el Jr. Tacna; donde el pavimento de este tramo está pronto a cumplir su vida útil, por lo cual el tránsito actual que soporta es mayor a la carga de tránsito con el que fue diseñado.

La Grieta Lineal con un 10.07% que también es causada por la acción del tránsito pesado, la pérdida de soporte de la fundación. El Parcheo Grande con un 9.56% que es causada por las múltiples instalaciones o reparaciones de servicios públicos bajo la calzada y muestra de un deficiente diseño y planeamiento durante la construcción. Sobre todo en el tramo comprendido entre la Av. El Sol y el Jr. Tacna donde existen múltiples reparaciones debido al mantenimiento de redes de agua y desagüe. Y las Grietas de Esquina con el 7.15% generada también por la acción del tránsito pesado y la pérdida de soporte de la fundación.

4.4. PROPUESTA PARA EL MANTENIMIENTO VIAL

Para el cumplimiento del tercer objetivo con los resultados obtenidos del primer y segundo objetivo se planteó una propuesta para el mantenimiento vial de la Av. Floral y el Jr. Carabaya.

4.4.1. Propuesta De Mantenimiento De La Av. Floral - Pavimento Flexible

Que comprende el conjunto de actividades destinadas a mantener a largo plazo y menor costo posible el óptimo nivel de servicio, para esto se debe realizar por lo menos las siguientes actividades:

- Evaluación de la vía.

- Planteamiento del mantenimiento.
- Asignación de un presupuesto y los recursos para el mantenimiento.
- Programación de los trabajos.
- Ejecución de los trabajos.
- Control, evaluación y monitoreo de los trabajos realizados.

Es importante mencionar que estas actividades cumplen un ciclo, por lo que es importante realizarlos en forma periódica para asegurar un adecuado mantenimiento durante la vida útil del pavimento.

4.4.1.1. Objetivo Del Mantenimiento

El objetivo es la conservación de la vía mediante la ejecución de actividades de orden rutinario y periódico. Un mantenimiento eficaz, eficiente y oportuno garantiza la preservación del capital invertido, el ahorro en los costos de operación vehicular y de brindar un servicio de calidad a los usuarios de las vías.

4.4.1.2. Mantenimiento Rutinario

Que se realiza con el fin de conservar la vía y toda su infraestructura en óptimas condiciones de operación, transitabilidad, seguridad y confort; así como controlar el deterioro prematuro de la infraestructura vial.

Tiene como alcances las áreas correspondientes a la calzada, bermas, drenaje y señalización de ambos lados de la vía de la Av. Floral. Estas actividades se deben llevar a cabo como mínimo una vez al año, que son de pequeña escala pero muy variadas.

4.4.1.3. *Mantenimiento Periódico*

Que se realiza con el fin de recuperar las condiciones iniciales de servicialidad de la vía, llevándola a los niveles de servicio mínimos aceptables para garantizarla las óptimas condiciones de operación, transitabilidad, seguridad y confort.

Tiene como alcances las áreas correspondientes a la calzada, bermas, drenaje y señalización de ambos lados de la vía de la Av. Floral. Normalmente son intervenciones de mayor escala que requieren el uso de equipos y recursos especializados para su ejecución; que se realizan cuando los niveles de serviciabilidad están por debajo de las condiciones aceptables.

4.4.1.4. *Evaluación De La Vía*

Para los fines del presente proyecto de tesis se realizó la evaluación del pavimento mediante las metodologías del Índice de Condición del Pavimento (PCI) e Inspección Visual de Zonas y Rutas en Riesgo (VIZIR).

Con los resultados obtenidos, según el PCI consideramos para la vía:

Tabla. 34 Tipo de Mantenimiento a realizar en la Av. Floral según el PCI.

Av. Floral - Puno	PCI PROMEDIO	CLASIFICACIÓN PCI	TIPO DE MANTENIMIENTO
Lado izquierdo	49.35	ESTADO REGULAR	Mantenimiento rutinario y periódico.
Lado derecho	41.91	ESTADO REGULAR	Mantenimiento rutinario y periódico.

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Según la metodología VIZIR tenemos para la vía:

Tabla. 35 Tipo de Mantenimiento a realizar en la Av. Floral según el VIZIR.

Av. Floral - Puno	Is PROMEDIO	CLASIFICACIÓN VIZIR	TIPO DE MANTENIMIENTO
Lado izquierdo	3	ESTADO REGULAR	Su estado requiere tratamientos de rehabilitación de mediana intensidad.
Lado derecho	4	ESTADO REGULAR	Su estado requiere tratamientos de rehabilitación de mediana intensidad.

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Como la metodología planteada por el PCI plantea actividades de mantenimiento para las fallas encontradas, en el cual la metodología VIZIR no cuenta. Además con las ventajas establecidas en el punto 4.5.1 DISCUSIÓN DE LAS METODOLOGÍAS DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO E INSPECCIÓN VISUAL DE ZONAS Y RUTAS EN RIESGO. Se optó por seguir las pautas y recomendaciones de la metodología del PCI para definir las actividades de mantenimiento de la Av. Floral.

4.4.1.5. Planteamiento Del Mantenimiento

Para establecer las actividades de mantenimiento rutinario y periódico, se identificaron las fallas con mayor grado de afectación a la vía, que son los resultados obtenidos del punto 4.3.1. IDENTIFICACION DE FALLAS Y DETERMINACION DE SU INFLUENCIA EN LA AV. FLORAL (PAVIMENTO FLEXIBLE). Identificadas las fallas representativas a intervenir para el mantenimiento vial, se plantea las actividades de mantenimiento con referencia a la Tabla. 10 Opciones de reparación para fallas en pavimento asfáltico – PCI, esto se muestra en la Tabla. 36.

Tabla. 36 Actividades de Mantenimiento Rutinario y Periódico en la Av. Floral.

Nº	FALLA O DAÑO IDENTIFICADO	SEVERIDAD DE LA FALLA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PERIÓDICO
1	Huecos (Bacheos).	Media y Alta	Parcheo parcial o profundo
2	Piel de cocodrilo.	Media y Alta	Parcheo parcial o profundo
3	Parcheo.	Media y Alta	sustitución de parche
4	Ahuellamiento.	Media y Alta	parcheo superficial
5	Agrietamiento en bloque.	Baja, Media y Alta	Sellado de grietas
6	Abultamientos y hundimientos.	Media y Alta	Parcheo parcial o profundo
7	Grietas long. y transversal.	Baja, Media y Alta	Sellado de grietas
8	Grieta parabólica	Baja, Media y Alta	Sellado de grietas

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Luego se realizó el metrado de las fallas a intervenir que cumplan las severidades de falla de la Tabla. 36. Este metrado se muestra en las Tablas 37 y 38.

Tabla. 37 Resumen del metrado afectado de fallas en la Av. Floral – Lado izquierdo.

Nº	FALLA O DAÑO	UND	METRADO AFECTADO												TOTAL	
			km 0+000	km 0+100	km 0+200	km 0+300	km 0+400	km 0+500	km 0+600	km 0+700	km 0+800	km 0+900	km 0+1000	km 0+1100		km 0+1200
1	Huecos.	m2			0.19	12.88	3.36	36.07	4.02	5.65	1.03	1.52	17.35	10.97	0.93	93.97
2	Piel de cocodrilo.	m2											0.96	6.6		7.56
3	Parcheo.	m2		8.4	4	18	3	2.54	32.4	34.97	116.5	103.5	29.12	8.68	22.5	383.60
4	Ahuellamiento.	m2	7.3													7.3
5	Agrietamiento en bloque.	ml					134.5	85.9	108.4	120.53	55.9	84.55	22.05	96.3	85.6	793.73
6	Abultamientos y hundimientos.	m2	12		30.07	4.93										47
7	Grietas long. Y transversal.	ml	46.69	57.39	5	38.32	25.5	45.64	70.67	31.3	17.1	38.1	90.1	16.6	34.12	516.53
8	Grieta parabólica	ml											7.5			7.5

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Tabla. 38 Resumen del metrado afectado de fallas en la Av. Floral – Lado derecho.

Nº	FALLA O DAÑO	UND	METRADO AFECTADO												TOTAL
			km 0+000 - 0+100	km 0+100 - 0+200	km 0+200 - 0+300	km 0+300 - 0+400	km 0+400 - 0+500	km 0+500 - 0+600	km 0+600 - 0+700	km 0+700 - 0+800	km 0+800 - 0+900	km 0+900 - 1+000	km 1+000 - 1+100	km 1+100 - 1+200	
1	Huecos.	m2	0.4	2.4	0.32	4.14		0.32	0.33	0.1	2.73	6.23	14.40	1.04	32.41
2	Piel de cocodrilo.	m2	9.48	1.2	29.5	13.39	38	25.98	6.07	13.27	19.03	59.88	2.09	14.27	232.15
3	Parqueo.	m2	1.54		22.56	54.77	18.6	22.08	74.21	6	33.58	16	18.97	45.02	313.33
4	Ahuellamiento.	m2	6.3	21.47					4.59	42.57	9.68		9.46		94.07
5	Agrietamiento en bloque.	ml	7.2	30.6	33.85		112.6	156.11	54.2	45.6		46.42	11.9		498.48
6	Abultamientos y hundimientos.	m2		10.57								3.05		0.8	14.42
7	Grietas long. y transversal.	ml	29.8	6		35.92	55.5	5.8		22.35	10.15		1.9	7.6	175.02
8	Grieta parabólica	ml					5								5

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Para el planteamiento del mantenimiento de la Av. Floral tenemos:

- Presupuesto.- Según Tabla. 39 y Anexo I.
- Gastos Generales.- Anexo I.
- Análisis de precios unitarios.- Anexo I.
- Especificaciones Técnicas.- Anexo J.

Tabla. 39 Presupuesto de Mantenimiento vial de la Av. Floral.

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
01	MANTENIMIENTO VIAL PAVIMENTO FLEXIBLE				95,850.34
01.01	TRABAJOS PRELIMINARES				3,273.70
01.01.01	LIMPIEZA GENERAL	m2	1,225.80	2.12	2,598.70
01.01.02	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	1.00	675.00	675.00
01.02	SELLADO DE GRIETAS				7,266.39
01.02.01	LIMPIEZA DE GRIETAS	m	1,996.26	0.80	1,597.01
01.02.02	RIEGO DE LIGA EN GRIETAS	m	1,996.26	1.15	2,295.70
01.02.03	SELLADO DE GRIETAS CON CEMENTO ASFÁLTICO	m	1,996.26	1.69	3,373.68
01.03	PARCHEO SUPERFICIAL				4,757.97
01.03.01	RETIRO DE CARPETA ASFÁLTICA 2"	m3	5.07	17.77	90.09
01.03.02	NIVELACION, REFINE Y COMPACTACION A NIVEL DE BASE C/COMPACTADORA 7HP	m2	101.37	6.00	608.22
01.03.03	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	m2	101.37	7.94	804.88
01.03.04	RIEGO DE LIGA	m2	101.37	7.01	710.60
01.03.05	PARCHEO CON MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 2"	m3	5.07	479.59	2,431.52
01.03.06	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINA	m3	5.07	22.22	112.66
01.04	PARCHEO PROFUNDO				31,435.60
01.04.01	RETIRO DE CARPETA ASFÁLTICA 2"	m3	21.38	17.77	379.92
01.04.02	EXCAVACIÓN DE MATERIAL DE BASE E=0.20m	m3	85.50	31.11	2,659.91
01.04.03	NIVELACION, REFINE Y COMPACTACION DE SUBBASE C/COMPACTADORA 7HP	m2	427.51	6.00	2,565.06
01.04.04	SUMINISTRO, CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE BASE GRANULAR E=0.20M	m3	85.50	79.66	6,810.93
01.04.05	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	m2	427.51	7.94	3,394.43
01.04.06	RIEGO DE LIGA	m2	427.51	7.01	2,996.85
01.04.07	PARCHEO CON MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 2"	m3	21.38	479.59	10,253.63
01.04.08	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINA	m3	106.88	22.22	2,374.87
01.05	SUSTITUCIÓN DE PARCHE				35,336.90
01.05.01	DEMOLICION DE PARCHEO EXISTENTE	m3	37.65	17.77	669.04
01.05.02	NIVELACION, REFINE Y COMPACTACION A NIVEL DE BASE C/COMPACTADORA 7HP	m2	752.97	6.00	4,517.82
01.05.03	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	m2	752.97	7.94	5,978.58
01.05.04	RIEGO DE LIGA	m2	752.97	7.01	5,278.32
01.05.05	PARCHEO CON MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 2"	m3	37.65	479.59	18,056.56
01.05.06	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINA	m3	37.65	22.22	836.58
01.06	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL				13,779.78
01.06.01	PINTURA DE TRÁFICO LINEALES (E=0.10 - 0.20 M)	m	1,234.00	10.16	12,537.44
01.06.02	SEÑALES EN PISO (FLECHAS DIRECCIONALES)	und	22.00	56.47	1,242.34
	COSTO DIRECTO				S/. 95,850.34
	GASTOS GENERALES		5.32%		S/. 5,097.54
	SUBTOTAL				S/. 100,947.88
	IGV		18.00%		S/. 18,170.62
	TOTAL PRESUPUESTO				S/. 119,118.50

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Finalmente el mantenimiento vial propuesto para la Av. Floral en sus dos lados requerirá de un presupuesto de S/. 119,118.50 para lograr que la vía cumpla con el nivel de transitabilidad con el cual se diseñó. Mantenimiento que debe realizarse antes de la

temporada de lluvia y antes de finalizar el año 2019. Debido a que la temporada de lluvias podría agravar el estado actual de la vía, además de no permitir la correcta ejecución y buena calidad de las actividades de mantenimiento vial.

4.4.2. Propuesta De Mantenimiento Del Jr. Carabaya - Pavimento Rígido.

Que comprende el conjunto de actividades destinadas a mantener a largo plazo y menor costo posible el óptimo nivel de servicio, para esto se debe realizar por lo menos las siguientes actividades:

- Evaluación de la vía.
- Planteamiento del mantenimiento.
- Asignación de un presupuesto y los recursos para el mantenimiento.
- Programación de los trabajos.
- Ejecución de los trabajos.
- Control, evaluación y monitoreo de los trabajos realizados.

Es importante mencionar que estas actividades cumplen un ciclo, por lo que es importante realizarlos en forma periódica para asegurar un adecuado mantenimiento durante la vida útil del pavimento.

4.4.2.1. Objetivo Del Mantenimiento

El objetivo es la conservación de la vía mediante la ejecución de actividades de orden rutinario y periódico. Un mantenimiento eficaz, eficiente y oportuno garantiza la preservación del capital invertido, el ahorro en los costos de operación vehicular y de brindar un servicio de calidad a los usuarios de las vías.

4.4.2.2. Mantenimiento Rutinario

Que se realiza con el fin de conservar la vía y toda su infraestructura en óptimas condiciones de operación, transitabilidad, seguridad y confort; así como controlar el deterioro prematuro de la infraestructura vial.

Tiene como alcances las áreas correspondientes a la calzada, bermas, drenaje y señalización de ambos lados de la vía de la Av. Floral. Estas actividades se deben llevar a cabo como mínimo una vez al año, que son de pequeña escala pero muy variadas.

4.4.2.3. Mantenimiento Periódico

Que se realiza con el fin de recuperar las condiciones iniciales de servicialidad de la vía, llevándola a los niveles de servicio mínimos aceptables para garantizarla las óptimas condiciones de operación, transitabilidad, seguridad y confort.

Tiene como alcances las áreas correspondientes a la calzada, bermas, drenaje y señalización de ambos lados de la vía de la Av. Floral. Normalmente son intervenciones de mayor escala que requieren el uso de equipos y recursos especializados para su ejecución; que se realizan cuando los niveles de serviciabilidad están por debajo de las condiciones aceptables.

4.4.2.4. Evaluación De La Vía

Para los fines del presente proyecto de tesis se realizó la evaluación del pavimento mediante la metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI). Con los resultados obtenidos, según el PCI consideramos para la vía:

Tabla. 40 Tipo de Mantenimiento a realizar en la Av. Floral según el PCI.

VIA	CLASIFICACIÓN PCI	TIPO DE MANTENIMIENTO
Jr. Carabaya - Puno	67.30 ESTADO BUENO	Mantenimiento rutinario.

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

4.4.2.5. Planteamiento Del Mantenimiento

De la evaluación de la vía por la metodología del PCI, se estableció que la vía requiere de mantenimiento rutinario. Sin embargo se recomienda realizar mantenimiento periódico para el tramo comprendido entre la Avenida El Sol y el Jirón Tacna debido a que los resultados obtenidos para las unidades de muestra en ese tramo así lo requieren.

Entonces para establecer las actividades de mantenimiento rutinario y periódico, se identificaron las fallas con mayor grado de afectación a la vía, que son los resultados obtenidos del punto 4.3.2. IDENTIFICACION DE FALLAS Y DETERMINACION DE SU INFLUENCIA EN EL JR. CARABAYA. Identificadas las fallas representativas a intervenir para el mantenimiento vial, se plantea las actividades de mantenimiento con referencia a la Tabla. 11 Opciones de reparación para fallas en pavimento asfáltico – PCI que se muestra en la Tabla. 41.

Tabla. 41 Actividades de Mantenimiento Rutinario y Periódico en la Av. Floral.

Nº	FALLA IDENTIFICADA	SEVERIDAD DE LA FALLA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PERIÓDICO
1	Losa dividida.	Media y Alta	CAMBIO DE LOSA DE CONCRETO
2	Grieta lineal.	Media y Alta	SELLO DE GRIETAS
3	Parqueo (grande).	Media y Alta	CAMBIO DE PARCHE (LOSA DE CONCRETO)
4	Grieta de esquina.	Media y Alta	SELLO DE GRIETAS
5	Sello de junta.	Baja, Media y Alta	RESELLADO DE JUNTA
6	Parqueo (pequeño)	Media y Alta	CAMBIO DE PARCHE (LOSA DE CONCRETO)
7	Descascaramiento de Junta	Baja, Media y Alta	PARCHE (LOSA DE CONCRETO)

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Luego se realizó el metrado de las fallas a intervenir que cumplan las severidades de falla de la Tabla. 41. Este metrado se muestra en la Tabla. 42.

Tabla. 42 Resumen del metrado afectado de fallas en el Jr. Carabaya.

N°	FALLA O DAÑO	UND	METRADO AFECTADO													TOTAL		
			Losa 1 - Losa 15	Losa 16 - Losa 30	Losa 31 - Losa 45	Losa 46 - Losa 60	Losa 61 - Losa 75	Losa 76 - Losa 90	Losa 91 - Losa 105	Losa 106 - Losa 120	Losa 121 - Losa 135	Losa 136 - Losa 150	Losa 151 - Losa 165	Losa 166 - Losa 180	Losa 181 - Losa 195		Losa 196 - Losa 210	Losa 211 - Losa 220
1	Losa dividida.	M2		9.0				9.0				120	500	352	222	162	212.4	1586.4
2	Grieta lineal.	ML		3.2	5.9			12.2	6.1				4.3	7.1		8.5	7.2	54.5
3	Parcheo (grande).	M2													5.0			5.0
4	Grieta de esquina.	ML	1.5	2.1		1.6								3.3	4.0	3.5		16.0
5	Sello de junta.	ML		12			42	27	27	15	27	108	450	338	203	149	108	1506
6	Parcheo (pequeño)	M2										2.0	1.6					3.6
7	Descascaramiento de Junta	M2				0.8					0.3					0.5		1.5

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Para el planteamiento del mantenimiento de la Av. Floral tenemos:

- Presupuesto.- Según Tabla. 43 y Anexo I.
- Gastos Generales.- Anexo I.
- Análisis de precios unitarios.- Anexo I.
- Especificaciones Técnicas.- Anexo J.

Tabla. 43 Presupuesto de Mantenimiento vial de la Av. Floral.

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
01	MANTENIMIENTO VIAL PAVIMENTO RIGIDO				215,869.01
01.01	MANTENIMIENTO RUTINARIO				26,690.56
01.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES				4,059.58
01.01.01.01	LIMPIEZA GENERAL	m2	1,596.50	2.12	3,384.58
01.01.01.02	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	1.00	675.00	675.00
01.01.02	SELLADO DE GRIETAS				484.77
01.01.02.01	LIMPIEZA DE GRIETAS	m	70.46	0.80	56.37
01.01.02.02	SELLADO DE GRIETAS E>3MM CON SELLO ELASTOMERICO DE POLIURETANO	m	70.46	6.08	428.40
01.01.03	RESELLADO DE JUNTAS				17,108.16
01.01.03.01	LIMPIEZA DE JUNTAS	m	1,506.00	0.80	1,204.80
01.01.03.02	SELLADOR FLEXIBLE DE POLIURETANO EN JUNTAS DE 1"	m	1,506.00	10.56	15,903.36
01.01.04	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL				5,038.05
01.01.04.01	PINTURA DE TRÁFICO LINEALES (E=0.10 - 0.20 M)	m	412.50	10.16	4,191.00
01.01.04.02	SEÑALES EN PISO (FLECHAS DIRECCIONALES)	und	15.00	56.47	847.05
01.02	MANTENIMIENTO PERIODICO				189,178.45
01.02.01	CAMBIO DE LOSA DE CONCRETO				189,178.45
01.02.01.01	DEMOLICION DE LOSA DE CONCRETO C/ EQUIPO E=0.20m	m2	1,596.50	23.69	37,821.09
01.02.01.02	NIVELACION, REFINE Y COMPACTACION DE SUB BASE C/COMPACTADORA 7HP	m2	1,596.50	6.00	9,579.00
01.02.01.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	276.00	50.67	13,984.92
01.02.01.04	CONCRETO F'C 210 Kg/cm2	m3	319.30	378.01	120,698.59
01.02.01.05	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINA	m3	319.30	22.22	7,094.85
	COSTO DIRECTO				S/. 215,869.01
	GASTOS GENERALES			4.71%	S/. 10,165.07
	SUBTOTAL				S/. 226,034.08
	IGV			18.00%	S/. 40,686.13
	TOTAL PRESUPUESTO				S/. 266,720.21

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Finalmente el mantenimiento vial propuesta para el Jr. Carabaya requerirá de un presupuesto de S/. 266,720.21 para lograr que la vía cumpla con el nivel de transitabilidad con el cual se diseñó. Mantenimiento que debe realizarse antes de la temporada de lluvia, antes de finalizar el año 2019, debido a que la temporada de lluvias podría agravar el estado actual de la vía. Se debe realizar el mantenimiento rutinario anualmente y antes del inicio de la temporada de lluvias, el mantenimiento periódico cada tres años.

4.5. DISCUSIÓN

4.5.1. Discusión De Las Metodologías De Índice De Condición Del Pavimento E Inspección Visual De Zonas Y Rutas En Riesgo

Los resultados de la evaluación del pavimento de la Avenida Floral por las metodologías PCI y VIZIR muestran una clasificación promedio similar, sin embargo las calificaciones obtenidas por unidades de muestreo difieren. Que es concordante con la conclusión a la que llegó Ceron Bermudez (2006).

Sin embargo, éste autor menciona que las diferencias en las calificaciones en las unidades de muestreo es únicamente debido al grado de castigo que cada metodología le aplica a cada tipo de daño. Sin embargo la presente tesis muestra que estas diferencias no son solamente debido al grado de castigo que se aplica a las fallas, sino también debido a la cantidad de fallas que analiza cada metodología.

Donde la metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI) considera 19 fallas en su evaluación; en cambio la metodología de Inspección Visual de Zonas y Rutas en Riesgo (VIZIR) enuncia 24 fallas entre Tipo A y B, pero solo analiza 6 fallas del Tipo A y 01 falla del Tipo B que es circunstancial para su análisis. Es decir la metodología del PCI utiliza más fallas en su análisis, lo cual muestra que es un método más completo. Esto se muestra en la siguiente tabla.

Tabla. 44 Fallas evaluadas en las metodologías PCI y VIZIR

FALLAS DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EVALUADAS POR EL MÉTODO PCI		FALLAS PAVIMENTO ASFÁLTICO EVALUADAS POR EL MÉTODO VIZIR	
Nº	FALLA	Nº	FALLA TIPO A
1	Piel de cocodrilo.	1	Ahuellamiento
2	Exudación.	2	Depresiones o hundimientos longitudinales
3	Agrietamiento en bloque.	3	Depresiones o hundimientos transversales
4	Abultamientos y hundimientos.	4	Fisuras longitudinales por fatiga
5	Corrugación.	5	Fisuras piel de cocodrilo
6	Depresión.	6	Bacheos y parcheos
7	Grieta de borde.	Nº	FALLA TIPO B
8	Grieta de reflexión de junta.	1	Ojos de pescado (De alta gravedad)
9	Desnivel carril / berma.		
10	Grietas long y transversal.		
11	Parcheo.		
12	Pulimento de agregados.		
13	Huecos (Bacheos).		
14	Cruce de vía férrea.		
15	Ahuellamiento.		
16	Desplazamiento.		
17	Grietas parabólica (slippage)		
18	Hinchamiento.		
19	Desprendimiento de agregados.		

FUENTE: (Elaborado por el Equipo de Trabajo)

Esta diferencia es importante debido a que la Avenida Floral presenta fallas como el agrietamiento en bloque y el pulimento de agregados, que cubren gran área del pavimento y que la metodología VIZIR no considera.

Al respecto Cristian & Andres (2016) en su tesis concluye también que existe diferencia entre los daños evaluados entre la metodología PCI y VIZIR, y que por ende la metodología PCI es más compleja y difícil; esto debido también a su rango de clasificación y a que sus cálculos para determinar la clasificación de los daños son más complejos y detallados lo que hace que sea más demorada su análisis y evaluación. Que es concordante con la conclusión de Leguía & Pacheco (2016).

Donde la presente tesis muestra que la metodología del PCI es más compleja y demorosa en sus cálculos, sin embargo podemos indicar también que la metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI) plantea un método práctico para la evaluación

del pavimento mediante el uso de unidades de muestra en intervalos. Es decir plantea evaluar tramos de la vía en lugar de la totalidad de la vía con una confiabilidad del 95%. En cambio la metodología de Inspección Visual de Zonas y Rutas en Riesgo (VIZIR) plantea el uso de unidades de muestra sin intervalos, evaluando la totalidad de la vía. Entonces para un control periódico del estado del pavimento resulta más práctico analizar una parte de la vía que la totalidad.

En cuanto al rango de clasificación, la metodología PCI ofrece un rango amplio de clasificación, ya que posee 7 rangos de clasificación desde 0 para una superficie de pavimento FALLADA hasta 100 para una superficie EXCELENTE. En comparación la metodología VIZIR solo cuenta con 3 rangos de clasificación, que van desde 1-2 para superficie BUENO, 3-4 para superficie REGULAR y 5-6-7 para superficie MALO. Donde el rango de clasificación no es indicador de que la metodología sea más compleja para su cálculo, mas sino ofrece un mejor criterio para el mantenimiento vial.

4.5.2. Discusión De Las Fallas Más Influyentes En Los Pavimentos

Al respecto Cristian & Andres (2016) concluyen que el daño más representativo fue el pulimiento de agregados con un 40.28% para el tramo Pr 00+000 – Pr 01+020 de la vía al llano (Dg 78 Bis Sur – calle 84 Sur) Yomasa - Colombia. Donde los autores presentan el %AREA DE DAÑO para medir la falla o daño más representativo como se muestra en la figura.

Tabla. 45 Daños Tipo B y área de daños tramo PR 00+000 – PR 01+020 Yomasa - Colombia.

DAÑOS TIPO B				
TIPO DE DAÑO	UNIDAD DE MEDIDA	AREA	% AREA TOTAL	% AREA DE DAÑO
Grieta transversal	ml	73.77	0.74	7.89
Grieta de borde	ml	3.40	0.03	0.36
Grieta parabólica	ml	0.70	0.01	0.07
Agrietamiento en bloque	ml	41.70	0.42	4.46
Pulimiento de agregados	ml	376.55	3.77	40.28
Perdida de agregado	ml	39.89	0.40	4.27
Huecos	un	6.00	0.06	0.64
Exudación	m ²	4.20	0.04	0.45
TOTAL, DAÑOS B		546.21	5.46	58.43
TOTAL, DAÑOS A Y B		934.79	9.35	100.00

FUENTE: (Cristian & Andres, 2016)

Al respecto Rodriguez Velasquez (2009) menciona que en zonas donde se encuentren fallas estructurales (baches, fisuras, depresiones y parches) no importa el nivel de severidad que tenga, incluso un nivel bajo causa un daños significativo a la pista. En fallas funcionales (exudación, peladura) es necesario que las densidades sean elevadas y las fallas de alta intensidad, para que influyan en el deterioro del pavimento. Es decir que el área o la extensión de la falla no son suficiente para medir el grado de afectación o influencia de las fallas.

La metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI) plantea el término VALOR DEDUCIDO que es un factor de ponderación que representa el grado de afectación de cada falla sobre la condición del pavimento. Este valor claramente le aplica un mayor castigo o peso ciertas fallas como los huecos, fisuras, abultamiento y hundimientos; y menor castigo a otras fallas como el desnivel de carril/berma y el pulimiento de agregados. Es decir que aunque la vía presente pulimiento de agregado en toda su extensión y con la mayor severidad, éste fácilmente podrá afectar menos a la

calidad de tránsito que un hueco de poca extensión y de severidad baja. Esto se observa en los ábacos que se presentan en los Anexos A y B.

4.5.3. Discusión De Las Metodologías Del PCI Y VIZIR Para El Mantenimiento Vial

Aunque la metodologías PCI y VIZIR establecen un tipo de mantenimiento vial a realizar de acuerdo al promedio de los valores de PCI y Is obtenidos en las unidades de muestra. Es necesario considerar y analizar las unidades de muestra o tramos que presenten un deficiente estado o clasificación de la vía. Debido a que éstos pueden requerir de un tipo de mantenimiento mayor al obtenido para toda la vía. Como fue el caso del Jr. Carabaya que con una condición buena del estado de la vía requiere de un mantenimiento periódico para un tramo de ésta.

La metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI) permite obtener la evaluación del estado del pavimento, el tipo de mantenimiento a realizar y criterios para plantear las actividades de mantenimiento vial; en cambio la metodología de Inspección Visual de Zonas y Rutas en Riesgo (VIZIR) solo permite obtener la evaluación superficial del pavimento y el tipo de mantenimiento a realizar.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- De las vías evaluadas mediante los métodos de PCI y VIZIR: La Av. Floral en su lado izquierdo presenta una calificación PCI promedio de 49.35 que corresponde a un estado **REGULAR** para la metodología del PCI y un valor Is promedio de 3 que corresponde también a un estado **REGULAR** según la metodología VIZIR; en su lado derecho presenta una calificación PCI promedio de 41.91 que corresponde a un estado **REGULAR** para la metodología PCI y un valor Is promedio de 4 que corresponde a un estado **REGULAR** según la metodología VIZIR. El Jr. Carabaya presenta una calificación PCI promedio de 67.30 que corresponde a un estado **BUENO** de la vía según la metodología PCI.
- Las fallas más influyentes y representativas que afectan la calidad del tránsito del pavimento flexible de la Av. Floral en su lado derecho son la **Piel de Cocodrilo** con un 35.1% que es muestra de que la estructura del pavimento es insuficiente para el tránsito que soporta; seguido de los **huecos** con un 29% que es generada como consecuencia de no tratar las fallas más leves como la piel de cocodrilo, fisuras, etc.; y el **parqueo** en un 27.8% que son causadas por la progresión de los daños iniciales por el cual debió realizarse. En el lado izquierdo son los **huecos** en un 32.5% que es muestra de que existe retención de agua causada por el clima de Puno que generan estos huecos; seguido de los **parqueos** con un 23.8% que son causadas por la progresión de los daños iniciales por el cual debió realizarse; y el **agrietamiento en bloque** en un 12.9% que es causada por la contracción del concreto asfáltico debido a la variación de temperatura.

- Las fallas más influyentes y representativas que afectan la calidad del tránsito en el pavimento rígido del Jr. Carabaya son las **losas divididas** con un 60.10%, seguido de las **grietas lineales** con un 10.07% que son causadas por la acción del tránsito pesado y la pérdida de soporte de la fundación y el **parcheo grande** en un 9.56% causada por las múltiples instalaciones o reparaciones de servicios públicos bajo la calzada y muestra de un deficiente diseño y planeamiento durante la construcción.
- Para el mantenimiento de la vía de la Av. Floral se planteó realizar actividades de mantenimiento rutinario y periódico, que comprende el sellado de grietas, el parcheo superficial, profundo, la sustitución de parches y señalización horizontal. Estos trabajos conllevaran un costo de S/. 119,118.50 para lograr que la vía cumpla con el nivel de transitabilidad con el cual se diseñó, que se debe realizar antes del inicio de la temporada de lluvias. Para el posterior mantenimiento se debe realizar el mantenimiento rutinario cada año y el mantenimiento periódico entre tres o cinco años, recomendándose realizar la reconstrucción en ciertos tramos de la vía para el siguiente mantenimiento periódico.
- Para el mantenimiento de la vía del Jr. Carabaya se planteó realizar actividades de mantenimiento rutinario y periódico, que comprende el sellado de grietas, sellado de juntas, el cambio de losas de concreto y la señalización horizontal. Estos trabajos conllevaran un costo de S/. 266,720.21 para lograr que la vía cumpla con el nivel de transitabilidad con el cual se diseñó, que se debe realizar antes del inicio de la temporada de lluvias. Para el posterior mantenimiento se debe realizar el mantenimiento rutinario cada año y el mantenimiento periódico cada cinco años.

- Con los resultados obtenidos podemos afirmar que la metodología PCI es más óptima para la evaluación del pavimento para el mantenimiento vial que la metodología VIZIR. Debido a que según las evaluaciones realizadas el PCI presenta una metodología más completa debido a que es aplicable tanto para pavimento flexible como rígido, utiliza hasta 19 fallas para su análisis y presenta criterios para el mantenimiento vial, en cambio la metodología VIZIR solo es aplicable para el pavimento flexible, utiliza solo 6 fallas en su análisis, pero presenta un procedimiento de cálculo mucho más sencillo. Además la metodología PCI utiliza unidades de muestra de forma más eficiente y práctica para una evaluación de la vía que la metodología VIZIR. Finalmente puedo afirmar que aunque ambas metodologías presentan diferencias entre ellas para su aplicación, la metodología PCI es de mejor aplicación debido a su amplio análisis, practicidad para la inspección de la vía y criterios para el mantenimiento vial.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el mantenimiento de las vías evaluadas utilizando la propuesta planteada en la brevedad posible debido al estado en que estas se encuentran. Estas deben otorgar una adecuada transitabilidad vehicular y cumplir con el nivel de servicio con el que fueron construidas.
- Se recomienda realizar el mantenimiento vial de las calles de la ciudad de Puno tomando en cuenta que las fallas que más influyen en el pavimento flexible son los huecos, la piel de cocodrilo y los parcheos; y las fallas que más influyen en el pavimentos rígido son las losas divididas y las grietas lineales.
- Se recomienda utilizar la metodología PCI para la evaluación de pavimentos flexible y rígido en la ciudad de Puno. Debido a que actualmente para realizar el mantenimiento vial usualmente se recurre a una inspección visual simple y al criterio del personal responsable. Siendo una opción recomendable implementar la metodología del PCI para cubrir este déficit encontrado.

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS

- Altamirano, L. (2007). Deterioro de pavimentos rígidos - Metodología de medición, posibles causas de deterioro y reparaciones, 92.
- Apolinario, E. (2012). *Innovación del método VIZIR en estrategias de conservación y mantenimiento de carreteras con bajo volumen de tránsito.*
- Armijos, C. R. (2009). Evaluación superficial de algunas calles de la ciudad de Loja, 194.
- Auccahuaqui, I., & Corahua, R. (2016). *Evaluación del sistema de pavimentos flexible en la prolongación de la Av. La Cultura tramo (4to paradero de San Sebastián – Grifo mobil de San Jerónimo).*
- Ceron Bermudez, V. G. (2006). *Evaluación y comparacion de Metodologías VIZIR y PCI sobre el tramo de via en Pavimento Flexible y Rigido de la vía: Museo Quimbaya - CRQ Armenia Quindío (PR 00+000 - PR 02+600). Universidad Nacional de Colombia.*
- Chavez, S., & Cusquisiban, E. (2017). *Planteamiento de estrategias de rehabilitación del pavimento flexible aplicando la metodología VIZIR, para la optimización de recursos en la avenida 225 (Ventanilla - Lima).*
- Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica. (2002). Catálogo de Deterioros para Pavimentos Flexibles. *Carreteras, 11*, 25.
- Conza Ccopa, D. G. (2016). Evaluación de las fallas de la carpeta asfáltica mediante el

- método PCI en la Av. Circunvalación Oeste de Juliaca. *Universidad Peruana Unión*.
- Coronado, J. (2000). *Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras*.
- Corros, M., Urbaéz, E., & Corredor, G. (2009). *Manual de Evaluación de Pavimentos*.
- Cristian, S. D., & Andres, R. Q. (2016). *Aplicación y comparación de as diferentes metodologías de diagnostico para la conservación y mantenimiento del tramo PR 00+000 – PR 01+020 de la vía Al Llano (DG 78 BIS SUR – Calle 84 Sur) en la UPZ Yomasa*.
- Departamento de Administración y Evaluación de Pavimentos. (2016). Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación.
- Gamboa, K. P. (2009). *Cálculo del Índice de Condición aplicado en el Pavimento Flexible en la Av. Las Palmeras de Piura*.
- Hamilton, B. A., Dall'orto, B., & Smith, W. (1999). *Manual de identificación, clasificación y tratamientos de fallas en pavimentos urbanos*.
- Huamán Guerrero, N. (2011). *Deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú*.
- Humpiri Pineda, K. (2015). *Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la region de Puno*.
- Instituto Nacional de Vías. (2008). Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras.
- Jugo, A. (2005). Manual de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos flexibles, 34.

- Leguía, B. P., & Pacheco, H. F. (2016). *Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho - Huaura - Lima)*.
- Medina, A., & De La Cruz, M. (2015). *Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI*.
- Menéndez, J. R. (2003). *Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas. Mantenimiento Rutinario de Caminos con Microempresas (Vol. I)*.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2018). Estadística Anual: Cierre del Presupuesto del Sector Público: Año Fiscal 2018. Recuperado 27 de septiembre de 2019, de <https://www.mef.gob.pe/es/estadisticas-sp-29083/216-presupuesto-publico/estadisticas/6080-estadistica-anual-cierre-del-presupuesto-del-sector-publico-ano-fiscal-2018>
- Ministerio de Obras Públicas de Chile. (2014). *Mantenimiento Vial. Manual de Carreteras (Vol. 7)*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras - Mantenimiento o conservación vial*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Programación Multianual de Inversiones 2019-2021*.
- Miranda, J. C. (2012). *Deterioros de pavimentos - Método PCI*.

- Miranda Reboledo, R. J. (2010). *Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos*.
Universidad Austral De Chile.
- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos*.
- Municipalidad Provincial de Puno. (2014). *Plan de Catastro de la Ciudad Provincial de Puno*. Puno - Peru.
- NORMA ASTM, D. (2005). *Indice De Condicion De Pavimentos En Aeropuertos Evaluación De Pavimentos De Concreto*, 1-21.
- Pereda Huamán, C. V. (2014). *Índice de condición de pavimento de la carretera Cajamarca - La Colpa*. *Universidad de Cajamarca Escuela de Postgrado*.
- Robles, R. (2015). *Cálculo del Índice de Condicion del Pavimento (PCI) Barranco - Surco - Lima*.
- Rodriguez Velasquez, E. D. (2009). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla*. *Universidad de Piura*, 167.
- Ruiz Brito, C. A. (2011). *Análisis de los factores que producen el deterioro de los pavimentos rígidos*.
- Universidad Nacional de Colombia e Instituto Nacional de Vías. (2006). *Manual para la Inspección de Pavimentos Flexibles*.
- Universidad Nacional de Colombia, & Instituto Nacional de Vías. (2006). *Manual para la inspeccion visual de pavimentos rígidos*. 201.230.195.242.
- Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI)*, 90.

ANEXOS

ANEXO A: CURVAS PCI PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS.

ANEXO B: CURVAS PCI PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO.

ANEXO C: FORMATOS DE INSPECCIÓN PCI PARA PAVIMENTO ASFÁLTICO - AV FLORAL.

ANEXO D: CÁLCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTRA PARA PAVIMENTO FLEXIBLE - AV. FLORAL.

ANEXO E: FORMATO DE INSPECCION Y CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DETERIORO SUPERFICIAL VIZIR PARA PAVIMENTO FLEXIBLE - AV. FLORAL.

ANEXO F: FORMATOS DE INSPECCIÓN PCI PARA PAVIMENTO RÍGIDO - JR. CARABAYA.

ANEXO G: CÁLCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTRA PARA PAVIMENTO RÍGIDO - JR. CARABAYA.

ANEXO H: PANEL FOTOGRAFICO.

ANEXO I: PRESUPUESTO, GASTOS GENERALES Y ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS PROPUESTA PARA EL MANTENIMIENTO VIAL DE LA AV. FLORAL.

ANEXO J: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PROPUESTA PARA EL MANTENIMIENTO VIAL DE LA AV. FLORAL.

ANEXO K: PRESUPUESTO, GASTOS GENERALES Y ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS PROPUESTA PARA EL MANTENIMIENTO VIAL DEL JR. CARABAYA.

ANEXO L: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PROPUESTA PARA EL MANTENIMIENTO VIAL DEL JR. CARABAYA.