



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO EN LA CALLE 47 S-E
MEDIANTE EL MÉTODO PCI, DESDE LA PLANTA FABRIL S.A. HASTA
LA AV. DOMINGO COMÍN EN EL CANTÓN GUAYAQUIL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Civil**

AUTOR: ALEX JAVIER LEMA TIERRA
SANTO LUIS FIGUEROA PINCAY

TUTORA: ING. GONZALEZ TOBAR ERIKA MABEL, MGTR.

GUAYAQUIL - ECUADOR

2025

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Santo Luis Figueroa Pincay con documento de identificación N° 1314225333 y Alex Javier Lema Tierra con documento de identificación N° 0928664135; manifestamos que:

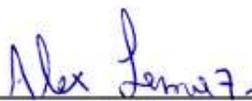
Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 23 de enero del año 2025

Atentamente,



Santo Luis Figueroa Pincay
1314225333



Alex Javier Lema Tierra
0928664135

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Santo Luis Figueroa Pincay con documento de identificación N° 1314225333 y Alex Javier Lema Tierra con documento de identificación N° 0928664135, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Evaluación del estado del pavimento en la calle 47 S-E mediante el método PCI, desde la Planta Fabril S.A. hasta la Av. Domingo Comín en el cantón Guayaquil”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

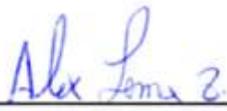
En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 23 de enero del año del 2025

Atentamente,



Santo Luis Figueroa Pincay
1314225333



Alex Javier Lema Tierra
0928664135

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Erika Mabel González Tobar, Mgtr., con documento de identificación N° 1207198621, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: "EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO EN LA CALLE 47 S-E MEDIANTE EL MÉTODO PCI, DESDE LA PLANTA FABRIL S.A. HASTA LA AV. DOMINGO COMÍN EN EL CANTÓN GUAYAQUIL", realizado por Santo Luis Figueroa Pincay con documento de identificación N° 1314225333 y Alex Javier Lema Tierra con documento de identificación N° 0928664135, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 23 de enero del año 2025

Atentamente,



Ing. Erika Mabel González Tobar, Mgtr.
1207198621

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios de todo corazón por cubrirnos de su manto de bendiciones a toda mi familia por formar parte de mi preparación personal.

A mis padres, agradezco por brindarme de su apoyo emocional y enseñarme que se puede volver a comenzar una nueva carrera a pesar de que otras oportunidades no se den en el camino profesional, ayudarme en mi preparación moral, académica y ética.

A mis hermanos, agradezco por ser esa parte de inspiración para salir adelante, en todos obstáculos que la vida nos presente como familia.

A mis tíos, agradezco por su tiempo y consejos de vida que forman parte de mi preparación personal

Alex Javier Lema Tierra

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por haberme permitido obtener este logro tan importante en mi vida de ser un profesional de la República del Ecuador.

A mis abuelos que los considero como mis padres Mgtr. Santos Luis Figueroa Núñez un ejemplo de sus valores éticos y morales de humildad y honestidad que lo llevare en cada momento de mi vida, a mi abuela Lcda. Bertha Elizabeth Rodríguez Hernández por sus consejos y siempre apoyarme psicológicamente y en todos los aspecto para seguir adelante e mis estudios, a mi papa Ing. Civil Santo Luis Figueroa Rodríguez por sus conocimientos emitidos, a mi Mama Ing. Nedy Edith Pincay Lino, por su amor y bendiciones que me brindaba cada vez que me ausentaba de mi pueblo, a mi abuelo materno Jorge Pincay Quiroz y mi abuela Mami Piedad Lino Zorrillas quienes con su cariño y amor me apoyaron en cada instante, a mis hermanos Luis Derlys, Paulina Mariam, Naomy Norelle por estar, les extiendo mis más sinceros agradecimientos.

Santo Luis Figueroa Pincay

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

Al todopoderoso, que me ha acompañado durante esta fase de mi camino educativo de universidad, a mis abuelos y a mi tía que creyeron en mí, inculcándome la lección de que las cosas se las consigue trabajando con esfuerzo, si bien los acontecimientos pueden no desarrollarse como se esperaba, cada uno tiene significado, incluso en la ausencia de mis abuelos. su esencia espiritual permanecerá eternamente conmigo.

A mi madre Rosa Tierra y mi padre Ángel Lema, cuya dedicación, amor y arduo trabajo nos han llevado por el camino recto.

A mis hermanos Mayckol, Mishel y Angela por su apoyo incondicional, motivándome a esforzarme por convertirme en su ejemplo a seguir.

Alex Javier Lema Tierra

DEDICATORIA

Agradezco a una fuerza mayor por ayudarme a llegar a este punto de mi viaje, donde valoro el regalo más preciado: mis seres queridos. Atribuyo este éxito a mis padres, Mgtr. Santos Luis Figueroa Núñez e Ing. Nedy Editha Pincay Lino, quienes con su dedicación, principios y humildad han cultivado en mí una visión amplia sobre la vida, el trabajo y la responsabilidad. Les agradezco profundamente por ser mis principales motivadores en este camino.

Santo Luis Figueroa Pincay

RESUMEN

El presente trabajo de titulación es evaluar el estado del pavimento en la calle 47 S-E, comprendiendo el tramo desde la planta La Fabril S.A. hasta la intersección con la Avenida Domingo Comín, en el cantón Guayaquil, en todo lo referido al pavimento rígido, utilizando el método del índice de condición del pavimento (PCI) con la normativa ASTM D6433 como método empleando para el desarrollo del proyecto. Este enfoque es muy valorado por su habilidad para establecer las condiciones en las que opera el pavimento asfáltico y rígido utilizando criterios visuales y cuantitativos que permiten clasificar el estado de la vía en categorías como excelente, bueno, regular, o deficiente.

La metodología incluyó una inspección visual sistemática para identificar tipos y niveles de perjuicio, como grietas, parcheo y desconchamiento. Los datos recolectados fueron procesados para calcular el índice PCI.

Podemos ver los resultados del trabajo se pudo identificar y cuantificar los deterioros presentes conociendo su nivel de severidad logrando obtener un índice de integridad y operacional de la calle 47 S-E, para el procedimiento de la información se obtuvo del tramo La planta Fabril S.A. hasta la intersección de la Avenida Domingo Comín: (muestra 1) 26 “Malo” - (muestra 2) 14 “Muy Malo” - (muestra 3) 62 “Bueno” - (muestra 4) 68 “Bueno” - (muestra 5) 69 “Bueno” - (muestra 6) 64 “Bueno” - (muestra 7) 60 “Bueno” - (muestra 8) 70 “Muy Bueno” - (muestra 9) 75 “Muy Bueno” - (muestra 10) 73 “Muy Bueno” - (muestra 11) 79 “Muy Bueno” - (muestra 12) 78 “Muy Bueno”, demás un registro fotográfico de las fallas detectadas, con el objetivo de brindar una mejor comprensión a los lectores.

Palabras clave: Pavimento rígido, Índice de Condición del Pavimento (PCI), Inspección visual, Deterioros.

ABSTRACT

The present titling work is to evaluate the pavement condition on Calle 47 S-E, including the section from the La Fabril S.A. Plant to the intersection with Avenida Domingo Comín, in the Guayaquil canton, in everything related to the rigid pavement, using the pavement condition index (PCI) method with the ASTM D6433 standard as the method used for the development of the project. This approach is highly valued for its ability to establish the operating conditions of the asphalt and rigid pavement using visual and quantitative criteria that allow the condition of the road to be classified into categories such as excellent, good, regular, or poor.

The methodology included a systematic visual inspection to identify types and levels of damage, such as cracks, patching, and peeling. The data collected was processed to calculate the PCI index.

We can see the results of the work, it was possible to identify and quantify the present deterioration, knowing its level of severity, achieving an integrity and operational index of Calle 47 S-E, for the information procedure, it was obtained from the section La planta Fabril S.A. to the intersection of Domingo Comin Avenue: (sample 1) 26 “Bad” - (sample 2) 14 “Very Bad” - (sample 3) 62 “Good” - (sample 4) 68 “Good” - (sample 5) 69 “Good” - (sample 6) 64 “Good” - (sample 7) 60 “Good” - (sample 8) 70 “Very Good” - (sample 9) 75 “Very Good” - (sample 10) 73 “Very Good” - (sample 11) 79 “Very Good” - (sample 12) 78 “Very Good”, plus a photographic record of the detected faults, with the aim of providing a better understanding to the readers.

Keywords: Rigid Pavement, Pavement Condition Index (PCI), Visual Inspection, Deterioration.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	20
1.1 Introducción	20
1.2 Problema	24
1.2.1 Problema de estudio	24
1.3 OBJETIVOS	30
1.3.1 Objetivo general	30
1.3.2 Objetivo específico	30
1.4 Delimitación del tema	31
1.4.1 Delimitación espacial	31
1.4.2 Delimitación temporal	32
1.5 Justificación	32
1.6 Marco hipotético	34
1.6.1 Hipótesis principal	34
1.6.2 Hipótesis secundaria	34
1.7 Ubicación	35
2 CAPITULO II	36
2.1 MARCO TEÓRICO	36
2.2 Definición del pavimento	36
2.3 Tipos de pavimentos	36
2.3.1 Pavimentos flexibles	36
2.3.2 Pavimentos rígidos	36
2.4 Componentes de un pavimento	37
2.4.1 Pavimentos flexibles	37
2.5 Pavimentos rígidos	38
2.6 Ciclo de vida de los pavimentos	39
2.7 Causas del deterioro de los pavimentos	42

2.8	Método del índice de condición del pavimento (PCI)	42
2.8.1	Reseña histórica	42
2.8.2	Significado y uso.....	43
2.9	Tipos de fallas en un pavimento flexible y rígido.....	44
2.9.1	Fallas de pavimento flexible	44
2.10	Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento	56
2.10.1	Unidades de muestreo	56
2.11	Determinación de las unidades de muestreo para evaluación.....	57
2.12	Selección de las unidades de muestreo para inspección	58
2.12.1	Selección de unidades de muestreo adicionales.....	59
2.12.2	Evaluación de la condición	59
2.13	Cálculo del PCI de las unidades de muestreo	60
2.14	Cálculo para pavimentos con capa de rodadura en concreto de cemento portland	60
2.15	Cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) de una sección.....	61
2.16	Tipos y descripción general de los trabajos de mantenimiento en losas de hormigón	62
2.16.1	Capas de sellado.....	62
2.16.2	Reparación de grietas.....	63
2.16.3	Grietas longitudinales	63
2.16.4	Grietas de esquina	63
2.16.5	Otras grietas lineales	64
2.16.6	Losas con balanceo y losas asentadas	64
2.16.7	Reparación de juntas	65
2.16.8	Sellantes y cuidados a tener en el sellado de juntas y grietas	66
2.17	Caso de los pavimentos continuamente reforzados	67
3	CAPITULO III - METODOLOGÍA.....	68
3.1	MARCO METODOLÓGICO.....	68
3.1.1	Diseño de la investigación	68
3.1.2	Nivel de investigación.....	68
3.1.3	Método de investigación.....	68
3.2	Población.....	69

3.3	Muestra	70
3.4	Inventario	71
3.4.1	Instrumentos de recolección de datos	77
3.4.2	Procedimiento	77
3.4.3	Técnicas de procesamiento de datos	78
3.5	Identificar los tipos y severidades de las fallas	78
3.5.1	Grieta de esquina.....	78
3.5.2	Losa dividida.....	79
3.5.3	Escala	80
3.5.4	Grietas lineales.....	80
3.5.5	Pulimiento de agregados	81
3.5.6	Descascaramiento de junta.....	81
3.6	Valor deducido	83
4	CAPITULO IV.....	89
4.1	Análisis de resultados	89
4.2	Tramo 1 – abscisa desde 0+000 / 0+040.....	90
4.2.1	Observaciones muestra 1 – abscisa 0+000/0+040	91
4.3	Tramo 2 – abscisa desde 0+040 / 0+080.....	92
4.3.1	Observaciones muestra 2 - abscisa 0+040 / 0+080.....	93
4.4	Tramo 3 – abscisa desde 0+080 / 0+0120.....	94
4.4.1	Observaciones muestra 3 – abscisa 0+080 / 0+120	95
4.5	Tramo 4 – abscisa desde 0+120 / 0+160.....	96
4.5.1	Observaciones muestra 4 – abscisa 0+120 / 0+160	97
4.6	Tramo 5 – abscisa desde 0+160 / 0+200.....	98
4.6.1	Observaciones muestra 5 – abscisa 0+160 / 0+200	99
4.7	Tramo 6 – abscisa desde 0+200 / 0+240.....	100
4.7.1	Observaciones muestra 6 – abscisa 0+200 / 0+240	101
4.8	Tramo 7 – abscisa desde 0+240 / 0+280.....	102
4.8.1	Observaciones muestra 7 – abscisa 0+240 / 0+280	103
4.9	Tramo 8 – abscisa desde 0+280 / 0+320.....	104

4.9.1	Observaciones muestra 8 – abscisa 0+280 / 0+320	105
4.10	Tramo 9 – abscisa desde 0+320 / 0+360.....	106
4.10.1	Observaciones muestra 9 – abscisa 0+320 / 0+360	107
4.11	Tramo 10 – abscisa desde 0+360 / 0+400.....	108
4.11.1	Observaciones muestra 10 – abscisa 0+360 / 0+400	109
4.12	Tramo 11 – abscisa desde 0+400 / 0+440.....	110
4.12.1	Observaciones muestra 11 – abscisa 0+400 / 0+440	111
4.13	Tramo 12 – abscisa desde 0+440 / 0+475.....	112
4.13.1	Observaciones muestra 12 – abscisa 0+440 / 0+475	113
4.14	Recopilación de información de campo.....	114
5	CONCLUSIONES	120
6	RECOMENDACIONES.....	123
7	BIBLIOGRAFÍA	124
8	ANEXOS	129

ÍNDICE DE ILUSTRACION

Ilustración 1: Valor deducido total vs Valor deducido corregido.....	91
Ilustración 2: Valor deducido total vs Valor deducido corregido.....	93
Ilustración 3: Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido	95
Ilustración 4: Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido	97
Ilustración 5: Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido	99
Ilustración 6: Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido	101
Ilustración 7: Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido	103
Ilustración 8: Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido	105
Ilustración 9: Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido	107
Ilustración 10: Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido	109
Ilustración 11: Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido	111
Ilustración 12: Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido	113
Ilustración 13: Pulimiento de agregados – m 0+000 – 0+010	131
Ilustración 14: Grieta lineal – m 0+000 – 0+010.....	131
Ilustración 15: Grieta de Esquina – m 0+000 – 0+010.....	131
Ilustración 16 : Losa dividida – m 0+000 – 0+010.....	131
Ilustración 17 : Grieta Lineal – m 0+010 – 0+020	132
Ilustración 18 : Pulimiento de agregados m 0+010 – 0+020	132
Ilustración 19 : Pulimiento de agregados – m 0+020 – 0+030	132
Ilustración 20 : Grieta lineal – m 0+020 – 0+030.....	132
Ilustración 21 : Losa dividida – m 0+030 – 0+040.....	133
Ilustración 22 : pulimiento de agregados – m 0+030 – 0+040	133
Ilustración 23 : Grieta Lineal – m 0+030 – 0+040	134
Ilustración 24 : Pulimiento de agregados m 0+040 – 0+050	134
Ilustración 25 : Grieta Lineal – m 0+040 – 0+050	134
Ilustración 26 : Losa dividida – m 0+040 – 0+050.....	134
Ilustración 27 : Grieta de Esquina – m 0+040 – 0+050.....	135
Ilustración 28 : Desconchamiento – m 0+040 – 0+050.....	135
Ilustración 29 : Grieta Lineal – m 0+050 – 0+060	135
Ilustración 30 : parcheo grande m 0+050 – 0+060	135
Ilustración 31 : Desconchamiento – m 0+050 – 0+060	136
Ilustración 32 : Losa dividida – m 0+050 – 0+060.....	136
Ilustración 33 : pulimiento de agregados – m 0+060 – 0+080	136
Ilustración 34 ;: Grieta de esquina – m 0+060 – 0+080.....	136
Ilustración 35 : Grieta Lineal – m 0+060 – 0+080	137
Ilustración 36 : Pulimiento de agregados m 0+080 – 0+100	137
Ilustración 37 : grieta Lineal – m 0+080 – 0+100	137
Ilustración 38 : Desconchamiento – m 0+080 – 0+100.....	137

Ilustración 39 : Ilustración 25: pulimiento de agregados – m 0+100 – 0+120	138
Ilustración 40: Desconchamiento – m 0+100 – 0+120	138
Ilustración 41 : parcheo grande – m 0+120 – 0+140	138
Ilustración 42 : Pulimiento de agregados m 0+120 – 0+140	138
Ilustración 43 : desconchamiento – m 0+120 – 0+140	139
Ilustración 44 : Descascaramiento de junta– m 0+120 – 0+140	139
Ilustración 45 : Desconchamiento – m 0+140 – 0+160	139
Ilustración 46 : pulimiento de agregados– m 0+140 – 0+160	139
Ilustración 47 : parcheo grande – m 0+140 – 0+160	140
Ilustración 48 : Pulimiento de agregados m 0+160 – 0+180	140
Ilustración 49 : Grieta Lineal – m 0+160 – 0+180	140
Ilustración 50 : Pulimiento de agregados– m 0+180 – 0+220	140
Ilustración 51 : Desconchamiento – m 0+180 – 0+220	141
Ilustración 52 : Descascaramiento de junta– m 0+180 – 0+220	141
Ilustración 53 : Popouts – m 0+180 – 0+220	141
Ilustración 54 : Descascaramiento de junta - m 0+220 – 0+240	141
Ilustración 55 : parche grande – m 0+220 – 0+240	142
Ilustración 56 : Grieta lineal m 0+240 – 0+260	142
Ilustración 57 : pulimiento de agregados – m 0+240 – 0+260	142
Ilustración 58 : pulimiento de agregados – m 0+260 – 0+280	142
Ilustración 59 : Grieta lineal – m 0+ 260 – 0+280	143
Ilustración 60 : parcheo grande - m 0+260 – 0+280	143
Ilustración 61 : Pulimiento de agregados – m 0+280 – 0+320	143
Ilustración 62: Descascaramiento de junta m 0+280 – 0+320	143
Ilustración 63 : Parcheo Grande – m 0+320 – 0+360	144
Ilustración 64 : pulimiento de agregados – m 0+360 – 0+400	144
Ilustración 65 : Grieta lineal – m 0+ 400 – 0+440	144
Ilustración 66 : Losa dividida - m 0+400 – 0+440	144
Ilustración 67 : Desconchamiento – m 0+440 – 0+475	145
Ilustración 68 : Popouts m 0+440 – 0+475	145
Ilustración 69 : Visualización de Fallas	145
Ilustración 70: Visualización de Fallas	145

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estado actual de la calle 47 S-E, noviembre 2024	29
Figura 2: Estado actual de la calle 47 S-E, noviembre 2024	29
Figura 3: Ubicación del proyecto.....	35
Figura 4: Componentes del pavimento flexible	38
Figura 5: Componente del pavimento rígido	39
Figura 6: Ubicación de la calle 47 S-E	69
Figura 7: Curva para el valor de deducción del deterioro “Grieta de esquina”	85
Figura 8: Curva para el valor de deducción del deterioro “losa dividida”	85
Figura 9: Curva para el valor de deducción del deterioro “Grieta de esquina”	86
Figura 10: Ejemplo del uso de las curvas “Valor de deducción corregida”	88
Figura 11: Pulimiento de agregados.....	91
Figura 12: Grieta Lineal.....	93
Figura 13: Desconchamiento	95
Figura 14: Parcheo (grande).....	97
Figura 15: Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido	99
Figura 16: Desconchamiento	99
Figura 17: Popouts	101
Figura 18: Descascaramiento de Junta.....	103
Figura 19: Pulimiento de agregados	105
Figura 20: Grieta lineal	107
Figura 21: Losa Dividida	109
Figura 22: Desconchamiento	111
Figura 23: Desconchamiento	113
Figura 24: Porcentaje número de fallas clasificadas por tipo	118
Figura 25: Numero de daños clasificado por su severidad	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas del proyecto.....	35
Tabla 2: Índice de condición del pavimento (PCI) y escala de clasificación.....	44
Tabla 3: Tipo de falla, descripción, medida y opciones de reparación.	44
Tabla 4: Tipo de falla, descripción, medida y opciones de reparación en función de la severidad de la superficie del pavimento rígido.....	50
Tabla 5: Longitudes de unidades de muestreo para carreteras asfálticas.....	56
Tabla 6: Formato para la obtención del máximo valor deducido corregido	61
Tabla 7: Información de la vía	70
Tabla 8: Cronograma de ejecución.....	71
Tabla 9: Tipos de fallas en la calle 47 S-E	72
Tabla 10: Instrumentos para la evaluación.....	75
Tabla 11: Resultados de aplicar la ecuación de la densidad.....	84
Tabla 12: Resultados de “valores de deducción”	86
Tabla 13: Resultado del cálculo de valor de deducción corregido VDC	87
Tabla 14: Fallas de Pavimento Rígido por su Severidad	119

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1: Grieta de esquina, del tramo 1 de la calle 47 S-E.....	79
Foto 2: Losa dividida, se encuentra en el tramo 2	79
Foto 3: Escala, tramo 1	80
Foto 4: Grieta Lineal, Tramo 1	80
Foto 5: Pulimiento de agregados, se encuentra en el tramo 1.....	81
Foto 6: Descascaramiento de junta, tramo 1	82
Foto 7: Parcheo grande	114
Foto 8: Pulimiento de agregados.....	115
Foto 9: Grieta de Esquina	116
Foto 10: Desconchamiento	116
Foto 11: Losa dividida	117

CAPÍTULO I

1.1 Introducción

El desarrollo económico, la evolución en la construcción y mantenimiento de carreteras han cambiado con el tiempo. Se señala que, con el avance de la economía urbana, la atención se ha centrado en crear pavimentos más duraderos y eficientes para ofrecer un nivel óptimo y seguro de servicio. El objetivo es garantizar que estas vías puedan funcionar durante más tiempo, lo cual se puede lograr mediante estrategias de mantenimiento adecuadas y rentables.

La construcción de carreteras debe considerarse una inversión a largo plazo, ya que son fundamentales para la infraestructura de un país. Esto implica que la planificación y ejecución de proyectos viales deben tener en cuenta no solo los costos iniciales, sino también los beneficios económicos y sociales a largo plazo, asegurando una mejora continua durante todo el ciclo de vida de las carreteras.

El adecuado mantenimiento de la infraestructura vial en áreas urbanas son elementos esenciales para garantizar la conectividad, movilidad y calidad de vida de sus habitantes en la ciudad de Guayaquil. Las calles y avenidas desempeñan un papel crucial en el desarrollo económico y social, ya que permiten la circulación vehicular al centro de la ciudad. En este sentido, la evaluación del estado del pavimento se constituye como una herramienta fundamental para identificar posibles deficiencias, priorizar las intervenciones necesarias y planificar de manera adecuada las estrategias de mantenimiento vial, lo que permitiría optimizar la infraestructura existente.

Analizar el estado de deterioro en un tramo específico de la calle 47 S-E en Guayaquil, comprendido entre la fábrica Fabril S.A. y la avenida Domingo Comín. El propósito principal es evaluar la condición de la capa de rodadura de esta sección del pavimento para clasificar su estado

actual. Con base en los resultados obtenidos, se propondrán alternativas para el mantenimiento y rehabilitación de la vía.

Es un ejemplo claro de los desafíos asociados al mantenimiento de la infraestructura vial. Esta vía, que tiene una extensión de 475 metros, es una vía secundaria para la movilidad urbana debido a su ubicación estratégica y al volumen significativo de tránsito que soporta diariamente. El tráfico constante de automóviles particulares, camiones de carga, transporte público y vehículos de reparto ha acelerado el desgaste del pavimento rígido, dejando a la vista múltiples señales de deterioro que afectan tanto la comodidad como la seguridad de los usuarios.

La relevancia de este estudio radica en que un sistema vial eficiente es fundamental para el desarrollo socioeconómico de la ciudad. Una planificación adecuada en la evaluación de las condiciones de las vías garantiza una mejor calidad de vida para los usuarios, ya que una red vial bien estructurada facilita el transporte y el acceso a diversos servicios. (Gobierno, 2016)

El deterioro acumulado en esta vía ha generado múltiples consecuencias negativas. En primer lugar, la presencia de irregularidades en el pavimento incrementa el riesgo de accidentes de tránsito, especialmente para motociclistas y ciclistas, que son más vulnerables a los cambios abruptos en la superficie de la carretera. En segundo lugar, los vehículos que transitan por vías en mal estado experimentan un mayor desgaste en componentes clave, como las suspensiones y los neumáticos, lo que se traduce en mayores costos de mantenimiento para los propietarios. Finalmente, desde el punto de vista ambiental, un pavimento en mal estado puede contribuir al aumento de las emisiones de gases contaminantes, ya que los vehículos requieren más energía para desplazarse en condiciones adversas.

La mejora de la superficie del pavimento en la calle 47 S-E requiere una evaluación detallada de su estado actual para identificar las fallas presentes y desarrollar un plan adecuado de mantenimiento. En este sentido, la implementación del Pavement Condition Index (PCI) se presenta como un método estandarizado y reconocido, basado en la norma ASTM D6433, que permite realizar una evaluación exhaustiva y precisa del pavimento. Este índice ofrece una valoración cuantitativa y cualitativa de las condiciones del pavimento, clasificando los defectos según su tipo, severidad y cantidad. A través de esta metodología, se pueden identificar las causas principales del deterioro, tales como las cargas vehiculares excesivas, factores ambientales adversos, y sustancias corrosivas que afectan la integridad del pavimento. (Moreira, 2021)

El uso del PCI no solo permite obtener una visión detallada del estado de la superficie de la carretera, sino que también tiene como objetivo mantener un nivel de severidad aceptable. Esto asegura que la vía cumpla con los estándares de seguridad, comodidad y eficiencia para los usuarios. Esta evaluación detallada es esencial para tomar decisiones informadas sobre las intervenciones necesarias, facilitando una gestión más efectiva del ciclo de vida del pavimento. En este contexto, la aplicación del (PCI) se posiciona como una herramienta fundamental para garantizar la durabilidad y el funcionamiento óptimo de la infraestructura vial, optimizando las inversiones en mantenimiento y asegurando una mayor rentabilidad a largo plazo. (Salomé, 2024)

El método del Índice de Estado del Pavimento (PCI) proporciona valores para determinar el nivel de servicio de la carretera, los cuales se ponderan según criterios que evalúan el estado y las funciones de la superficie de la carretera. La evaluación proporciona una imagen clara de las condiciones reales de la carretera, identificando deficiencias y defectos existentes, como grietas, baches o deformaciones. Los resultados obtenidos del PCI permiten identificar la severidad del problema, permitiendo tomar decisiones informadas sobre el tipo de mantenimiento a realizar,

asegurando que las acciones correctivas sean las más adecuadas y efectivas. De esta forma, el método (PCI) promueve procesos de gestión más eficientes, garantizando la durabilidad a largo plazo y un rendimiento óptimo del pavimento. (Mtop, 2020)

Un problema cada vez más grave e ineludible para los municipios es el mantenimiento de las carreteras asfaltadas en condiciones utilizables. Falta general de sistematicidad gestión de carreteras, por lo que es muy importante llevar a cabo este proyecto porque es necesario. Responde a la pregunta ¿Cuáles son las causas de los daños estructurales y en qué condiciones? ¿Es compatible con PCI? Por lo tanto, es necesario determinar acerca sobre la calle 47 S-E (Guayaquil), para ofrecer la mejor solución para su remodelación y/o mantenimiento desde el punto de vista técnico y económico.

1.2 Problema

1.2.1 Problema de estudio

El deterioro del pavimento de la calle 47 S-E ha generado múltiples problemas para los usuarios de la vía, afectando tanto la seguridad como la eficiencia del tránsito, ya que esta calle es de pavimento rígido el tramo desde la planta Fabril S.A hasta la Avenida Domingo Comín se encuentra un deterioro total en todo este trayecto de la calle, con diversas fallas. entre los impactos más importantes se encuentran:

Aumento del tiempo de desplazamiento esto se debe a las fallas de pavimentos que presenta el pavimento rígido, como son: losa dividida, pulimientos de agregados, grietas de esquinas y desconchamiento son las fallas más frecuentes en este tramo de la calle. Estas fallas presentes en la vía generan una reducción significativa en la velocidad de circulación, lo que incrementa los tiempos de desplazamiento para los vehículos que transitan por allí. Este factor afecta principalmente a los conductores y pasajeros que deben utilizar la calle para acceder a sus destinos, provocando pérdidas de tiempo y aumentando el estrés en el tráfico.

Incremento en los costos de mantenimiento vehicular, los daños en el pavimento generan un desgaste adicional en los vehículos que transitan por la calle, lo que lleva a un incremento en los costos de mantenimiento. Los vehículos sufren un mayor desgaste en los sistemas de suspensión, neumáticos y dirección debido a las irregularidades del pavimento, lo que representa un gasto extra para los conductores.

Riesgos para la seguridad vial debido a las fallas, no solo afectan la calidad del tránsito, sino que también incrementan el riesgo de accidentes de tráfico. Los conductores pueden perder el control de sus vehículos al intentar esquivar las grietas de la vía al transitar sobre superficies irregulares, lo que aumenta la probabilidad de colisiones o accidentes. Además, los

punzonamientos pueden ser peligrosos para los motociclistas y peatones, quienes corren un mayor riesgo de caer o sufrir lesiones.

Afectación a la economía local, existen empresas ubicadas en las inmediaciones de la calle 47 S-E estas son: Gasolinera Primax, FADESA, Swissoil del Ecuador S.A y la planta Fabril S.A también se ven afectadas por el mal estado de la vía, ya que el deterioro del pavimento dificulta el acceso a los comercios, a la distribución de la mercadería para estas empresas y genera una mala impresión para los clientes potenciales. Los costos asociados al mantenimiento vehicular, sumados a los tiempos adicionales de desplazamiento, impactan directamente en la productividad de los negocios locales y fábricas, afectando su rentabilidad.

Desgaste visual y estético esto se debe al deterioro del pavimento no solo tiene implicaciones funcionales, sino que también afecta la imagen de la zona. Las fallas del pavimento crean una sensación de abandono y deterioro, lo que puede afectar negativamente la percepción de los residentes y visitantes sobre la calidad de la infraestructura urbana de Guayaquil.

Causas del deterioro del pavimento, el deterioro de la Calle 47 S-E puede atribuirse a una combinación de factores, tanto naturales como derivados de la interacción entre el tráfico vehicular y el clima. A continuación, se detallan las principales causas que contribuyen al deterioro del pavimento:

Condiciones climáticas, el clima de Guayaquil, caracterizado por altas temperaturas y lluvias intensas durante ciertas épocas del año, puede contribuir al deterioro del pavimento. Las lluvias frecuentes pueden infiltrarse en las fisuras del pavimento, lo que provoca la expansión de las grietas y el desmoronamiento de la capa superficial. Por otro lado, las altas temperaturas también afectan la cohesión del material del pavimento, lo que acelera su desgaste.

Alta carga vehicular que presenta la calle 47 S-E es una vía importante para el tránsito vehicular, por lo que el tráfico constante de vehículos, especialmente camiones y transporte pesado, genera una presión constante sobre la superficie del pavimento. El peso de estos vehículos contribuye al deterioro prematuro de la vía, causando grietas y provocando que se presente losas divididas son las fallas más frecuentes que podemos ver en este tramo de la calle.

A pesar de los esfuerzos por reparar los daños mediante parches de asfalto, el mantenimiento en la Calle 47 S-E ha sido insuficiente y no ha abordado la causa raíz del deterioro. Los parches de asfalto aplicados en las reparaciones anteriores no han tenido una vida útil prolongada debido a su aplicación superficial, lo que ha llevado a una rápida degradación de los materiales.

Falta de estudios previos no se han realizado estudios específicos que evalúen el estado del pavimento utilizando métodos técnicos avanzados, como el método del Pavement Condition Index (PCI). Esto ha dificultado la toma de decisiones informadas sobre el tipo de intervención necesaria, limitando la capacidad de las autoridades locales para gestionar adecuadamente el mantenimiento de la vía.

Las consecuencias del deterioro del pavimento de la calle 47 S-E afectan a diferentes actores involucrados en la utilización de la vía, desde los conductores hasta las autoridades encargadas del mantenimiento de la infraestructura vial.

Usuarios del tránsito se debe a los conductores y pasajeros experimentan mayores tiempos de desplazamiento, aumento de costos de mantenimiento vehicular y una mayor exposición a accidentes viales debido al mal estado de la vía. Esto afecta la calidad de vida de los habitantes de

la zona y de quienes transitan por la calle, dificultando la conectividad entre áreas comerciales y residenciales. (Pabel, 2025)

Empresas locales ubicadas en la zona experimentan un descenso en la afluencia de clientes debido a las dificultades de acceso a sus establecimientos, lo que se traduce en una disminución en sus ingresos. El estado de la vía afecta directamente la imagen de los negocios, generando una sensación de desorganización y desinterés por parte de las autoridades locales.

Autoridades locales municipales enfrentan desafíos para implementar soluciones eficaces, ya que no se ha realizado un estudio técnico detallado del pavimento. La falta de información precisa sobre el deterioro del pavimento y las condiciones subyacentes limita su capacidad para planificar y ejecutar reparaciones adecuadas. Esto genera una falta de confianza en los procesos de gestión pública relacionados con la infraestructura vial.

Ante el deterioro significativo de la calle 47 S-E, es imprescindible contar con un estudio técnico y detallado que permita obtener un diagnóstico preciso del estado del pavimento. El uso del método del Pavement Condition Index (PCI) facilitaría la evaluación del nivel de deterioro, lo que permitiría diseñar una intervención adecuada para la rehabilitación del pavimento, aumentando la seguridad vial, reduciendo los costos de mantenimiento vehicular y mejorando la calidad de vida de los residentes y comerciantes de la zona.

La intervención no solo contribuiría a mejorar las condiciones del tránsito, sino que también sería un paso importante hacia la modernización de la infraestructura vial de Guayaquil, alineándose con las necesidades de crecimiento y desarrollo urbano de la ciudad.

El deterioro del pavimento de la calle 47 S-E es un problema complejo que requiere una evaluación detallada y una intervención eficaz para garantizar la seguridad y el bienestar de todos

los usuarios de la vía. La implementación de una solución adecuada contribuirá al desarrollo económico y social de la zona, mejorando la calidad del entorno urbano y favoreciendo la conectividad en Guayaquil.

La calle 47 S-E es una importante vía de la ciudad de Guayaquil, que conecta la planta La planta Fabril S.A. con la intersección de la Avenida Domingo Comín. Esta vía es utilizada por una gran variedad de vehículos, incluyendo automóviles particulares, camiones de carga, transporte público (taxis). Debido a su ubicación estratégica en el cantón Guayaquil, soporta un flujo vehicular considerable, ya que en este tramo del pavimento existen diversas fabricas como son: el centro de distribución FADESA – Metálicos, Swissoil del Ecuador S.A y la planta Fabril S.A. Guayaquil sur, donde permite el ingreso de los camiones de carga, lo que genera un desgaste progresivo del pavimento rígido.

Las cargas pesadas, sumadas a la falta de un adecuado mantenimiento preventivo, han resultado en parcheo (grande), bombeo y otras fallas en la superficie de la vía. Esta situación impacta directamente en la seguridad vial, el confort de los usuarios de los vehículos que circulan por ella.

Identificar y cuantificar los daños en la capa de rodadura es un paso esencial para el diseño adecuado del pavimento, que permita mejorar las condiciones de esta importante arteria vial y garantizar su funcionalidad y durabilidad a largo plazo.

Figura 1: Estado actual de la calle 47 S-E, noviembre 2024



Nota: presenta un tipo de falla conocida como desconchamiento en este tramo de la calle, tomado por Lema & Figueroa, 2024.

Figura 2: Estado actual de la calle 47 S-E, noviembre 2024



Nota: presenta la falla de pavimento conocida como pulimiento de agregados, tomado por Lema & Figueroa, 2024.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Realizar una evaluación superficial del índice de deterioro que presenta el pavimento mediante el método PCI, examinando los factores que han provocado el deterioro, con el propósito de recomendar una intervención que contribuya a mejorar la condición de la Calle 47 S-E, desde La planta Fabril S.A. hasta la intersección de la Av. Domingo Comín.

1.3.2 Objetivo específico

- Evaluar el deterioro de la capa de rodadura de esta vía utilizando el método PCI para establecer el estado general del pavimento.
- Diferenciar el grado de severidad de cada tipo de falla en el pavimento rígido, desde la Planta Fabril S.A. hasta la Avenida Domingo Comín.
- Establecer estrategias de preservación a partir de la evaluación superficial del pavimento a través el método Pavement Condition Index.

1.4 Delimitación del tema

El análisis de los aspectos clave presentados en el estudio de la calle 47 S-E, que forma parte del corredor vial principal hacia la planta Fabril S.A. y se extiende hasta la intersección con la Avenida Domingo Comín, abarca una distancia de 475 metros, contando con dos carriles en la misma dirección.

En el desarrollo de nuestra tesis, nos enfocaremos en el análisis y evaluación de los siguientes aspectos clave:

Examinar el impacto del tráfico pesado en el deterioro del pavimento, a través de mediciones y análisis de los daños en diversas secciones de la vía. Para ello, se deben considerar factores como el tipo y volumen de tráfico, así como los vehículos que circulan por la ruta. Además, se podrá recopilar información sobre la frecuencia y el tipo de mantenimiento realizado al pavimento a lo largo del tiempo.

La inspección visual del pavimento permitirá detectar daños evidentes, como grietas lineales, losas divididas, desconchamiento, entre otros. Se llevará a cabo un recorrido a lo largo de la calle, documentando el estado de cada sección, mediante fotografías y anotaciones pertinentes en las hojas de registros.

Asimismo, se procederá a clasificar los diferentes tipos de fallas y evaluar la severidad de cada una dependiendo si es alta, media y baja, con el fin de identificar las posibles soluciones adecuadas.

1.4.1 Delimitación espacial

La calle 47 S-E, un tramo vial clave que conecta la planta Fabril S.A. con la intersección de la Avenida Domingo Comín, en el cantón Guayaquil. Este segmento de la vía tiene una longitud de 475 metros y consta de dos carriles en sentidos opuestos. El tramo seleccionado para el estudio

es relevante dentro del contexto de la infraestructura vial urbana, ya que forma parte de una vía que soporta un alto volumen de tráfico para los vehículos que circulan en dirección al centro de la ciudad, especialmente de vehículos pesados que ingresan a las fábricas: FADESA, Swissoil del Ecuador S.A, la planta Fabril S.A e incluso en la gasolinera Primax lo que puede contribuir al desgaste del pavimento rígido.

Las condiciones del pavimento rígido, la integridad de las juntas, las posibles deformaciones y los daños evidentes. Se utilizarán técnicas de inspección visual complementadas con registros fotográficos de cada tramo de la vía, permitiendo una observación detallada de los daños.

1.4.2 Delimitación temporal

El estudio y la evaluación se realizó en un período de 4 meses, durante los cuales se llevará a cabo la inspección, la recopilación de datos y la clasificación de las fallas del pavimento.

1.5 Justificación

La Calle 47 S-E, representa una vía de vital importancia dentro del sistema vial de Guayaquil, ya que conecta con la Avenida Domingo Comín, una arteria clave que da acceso al centro de la ciudad a diversas instituciones públicas, comercios y centros de trabajo. Dado su alto flujo vehicular, esta calle soporta un volumen significativo de tráfico, especialmente de vehículos pesados, lo que pone a prueba la integridad de su pavimento.

El buen estado del pavimento es esencial para garantizar la seguridad, comodidad y eficiencia del tránsito de las personas que utilizan esta vía a diario, especialmente aquellos que se dirigen a las instituciones públicas y centros laborales, quienes dependen de su buen estado para llevar a cabo sus actividades cotidianas. La deterioración del pavimento afecta directamente la

calidad del viaje, aumentando los tiempos de desplazamiento, el riesgo de accidentes y la incomodidad para los usuarios (Puga Álvarez, 2018).

Es por ello por lo que resulta necesario llevar a cabo una identificación detallada de las patologías presentes en el pavimento de la Calle 47 S-E. Este análisis no solo permitirá conocer los tipos de daños que afectan a la vía, sino también determinar el nivel de afectación de cada tipo de daño, clasificándolos según su severidad y densidad. Además, este estudio proporcionará una visión clara del impacto del tráfico pesado sobre el pavimento, lo que permitirá cuantificar con precisión las causas y los efectos del deterioro. Se estudiarán aspectos como la aparición de grietas, baches, deformaciones, pérdida de adherencia, entre otros, con el objetivo de crear una clasificación precisa del estado del pavimento a lo largo del tramo evaluado.

El presente estudio tiene un enfoque integral que no solo pretende identificar los daños existentes, sino también proporcionar información crucial para la toma de decisiones. El índice de condición del pavimento (PCI) y la evaluación del estado operativo de la vía servirán como herramientas clave para determinar si es necesario realizar intervenciones correctivas, como reparaciones locales o una posible renovación del pavimento. Estos resultados permitirán a las autoridades competentes, en este caso, el Municipio de Guayaquil, tomar decisiones informadas sobre la planificación de futuras intervenciones en la infraestructura vial, contribuyendo al mantenimiento y mejora de la calidad del transporte urbano en la ciudad.

El deterioro de los pavimentos es un problema persistente que afectará a los usuarios de las vías, causando inconvenientes en su movilidad y seguridad. Resalta la importancia de realizar un mantenimiento adecuado de las estructuras viales, subrayando que la responsabilidad de este mantenimiento recae principalmente en las entidades encargadas de la gestión y administración de las infraestructuras viales. Esto implica que una gestión eficiente y oportuna por parte de las

autoridades es crucial para evitar un mayor deterioro y garantizar el buen estado de las vías (Paredes Alvarez, 2024).

Además, este análisis contribuirá a la sostenibilidad a largo plazo de la infraestructura vial, permitiendo a los responsables de la gestión vial asignar de manera eficiente los recursos destinados al mantenimiento y reparación de las vías. La identificación temprana de las fallas y su evaluación permitirá priorizar las áreas más críticas y tomar las acciones necesarias para evitar un mayor deterioro, lo cual sería más costoso en el futuro. De esta manera, el estudio no solo tiene un impacto directo en la seguridad y eficiencia del tránsito, sino también en la gestión responsable de los recursos públicos.

1.6 Marco hipotético

¿Cuál es la condición actual del pavimento de la calle 47 S-E, desde la planta Fabril S.A hasta la Av. Domingo Comín, según el método (PCI) índice de Condición del Pavimento?

1.6.1 Hipótesis principal

Evaluar el pavimento de la Calle 47 S-E, desde La planta Fabril S.A. hasta la Av. Domingo Comín, utilizando el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI), es probable que se identifiquen deficiencias que requieran la implementación de estrategias específicas de mantenimiento o rehabilitación para mejorar su estado y prolongar su vida útil.

1.6.2 Hipótesis secundaria

El deterioro del pavimento está principalmente relacionado con fallas como grietas, desconchamiento y descascaramiento debido al alto tráfico vehicular y la falta de mantenimiento preventivo, Si se detectan fallas superficiales moderadas en el pavimento de la Calle 47 S-E mediante el método PCI, entonces será necesario aplicar medidas de mantenimiento preventivo, como sellado de grietas o bacheo, para evitar un deterioro mayor.

1.7 Ubicación

El proyecto se llevará a cabo en la calle 47 S-E de la planta Fabril S.A. hasta la Avenida Domingo Comín, en la ciudad de Guayaquil, Provincia del Guayas.

Coordenadas abscisa 0+000: $2^{\circ}14'12''\text{S}$, $79^{\circ}53'11''\text{W}$

Coordenadas abscisa 0+475: $2^{\circ}14'11''\text{S}$, $79^{\circ}53'26''\text{W}$

Tabla 1: Coordenadas del proyecto

Detalle	Latitud (S)	Longitud (W)
Inicio	$2^{\circ}14'12''\text{S}$	$79^{\circ}53'11''\text{W}$
Fin	$2^{\circ}14'11''\text{S}$	$79^{\circ}53'26''\text{W}$

Nota: Estas coordenadas delimitan la zona de estudio y permiten identificar con precisión la ubicación del proyecto, elaborado por Lema & Figueroa, 2024.

Figura 3: Ubicación del proyecto



Nota: Vista satelital de la calle 47 S-E, tomado de Google Earth, 2024.

2 CAPITULO II

2.1 MARCO TEÓRICO

2.2 Definición del pavimento

El pavimento se refiere a la capa superior que se coloca sobre la base de una carretera, calle u otra superficie con el objetivo de resistir tanto el tráfico vehicular como el flujo peatonal (Pérez, 2023).

Su propósito principal es proporcionar una superficie uniforme y resistente que soporte tanto el tráfico vehicular como el paso de peatones. Esto implica que debe tener la capacidad de resistir cargas significativas, como las generadas por vehículos, camiones y maquinaria, mientras garantiza una superficie segura y cómoda para las personas. Además, un pavimento bien diseñado ayuda a distribuir las cargas hacia las capas inferiores, protegiendo la base y subbase de posibles daños estructurales.

2.3 Tipos de pavimentos

2.3.1 Pavimentos flexibles

Este tipo de superficie está formado por una carpeta bituminosa que generalmente descansa sobre dos cimientos flexibles, conocidos como base y subbase. Sin embargo, cualquiera de estos componentes podrá omitirse en función de los requisitos específicos de cada proyecto. (Martínez, 2009).

Es una estructura vial cuya capa superior, llamada carpeta asfáltica, sirve como superficie de rodamiento. Esta capa está construida para soportar el tráfico vehicular, una zona segura y pareja para la circulación de coches.

2.3.2 Pavimentos rígidos

Un pavimento rígido es una estructura diseñada para la construcción de carreteras y otras superficies que soportan tráfico intenso. Su propósito principal es proporcionar una base resistente

y duradera, capaz de soportar cargas elevadas sin experimentar deformaciones significativas. Este tipo de pavimento se utiliza frecuentemente en vías principales, aeropuertos, puertos y zonas industriales donde el tránsito de vehículos o maquinaria pesada es constante (Martinez Celis, 2024).

Entre las cualidades más destacadas de los pavimentos rígidos se encuentra su alta capacidad de carga y su rigidez. A diferencia de los pavimentos flexibles, estos distribuyen las cargas de los vehículos de manera uniforme a lo largo de la superficie, lo que reduce la presión sobre las capas inferiores. Esto los hace menos susceptibles a deformaciones como hundimientos o fisuras que pueden generarse debido al peso continuo del tránsito.

2.4 Componentes de un pavimento

2.4.1 Pavimentos flexibles

Un pavimento flexible está compuesto por varias capas que trabajan juntas para soportar el tráfico y distribuir las cargas al suelo (Giordani & Leone, s.f.).

2.4.1.1 Capa de rodadura

Es la capa que se instala sobre la base con el propósito principal de proteger la estructura del pavimento. Actúa como una barrera impermeable para evitar que el agua de lluvia se infiltre y sature las capas subyacentes (Esparza Villalba, 2009).

2.4.1.2 Capa de base

La capa base actúa como soporte fundamental para la pavimentación. Según los esfuerzos previstos, la vía se conforma por múltiples capas de distintos espesores, diseñadas para resistir diversas condiciones climáticas y garantizar su utilidad durante varias décadas (Deere, 2024).

2.4.1.3 Capa de subbase

Se elabora con materiales de menor calidad y costo en comparación con los utilizados en la capa de base.

La capa subbase es una capa de material que se coloca directamente sobre el terreno natural o terracería. Su función es proporcionar soporte adicional y estabilidad a las capas superiores del pavimento, mejorando la distribución de las cargas y ayudando a prevenir el deterioro prematuro de la vía (Castillo Castillo, 2018).

Figura 4: Componentes del pavimento flexible



Nota: El pavimento flexible se compone de la capa de rodadura, base, subbase y subrasante, que distribuyen cargas y aseguran su durabilidad (Giordani & Leone, s.f.).

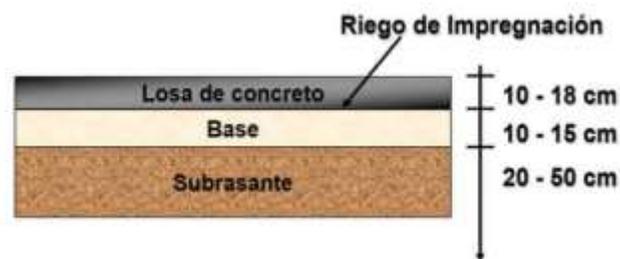
2.5 Pavimentos rígidos

Los pavimentos rígidos se construyen como una estructura resistente y duradera compuesta por varias capas que trabajan de manera conjunta. La capa superior, conocida como losa de concreto elaborada con cemento portland, es el elemento más robusto de la estructura y el principal encargado de soportar las cargas generadas por el tránsito vehicular. Además, esta losa distribuye de manera eficiente las cargas hacia las capas inferiores, minimizando su impacto sobre el terreno (Giordani & Leone, s.f.).

Por debajo de la losa de concreto se encuentra la capa de base, generalmente compuesta por grava u otros materiales granulares. Su función es ofrecer soporte adicional y distribuir las cargas de manera uniforme hacia las capas inferiores.

Finalmente, toda la estructura se apoya en la subrasante, que corresponde al terreno natural compactado y preparado. Esta capa es esencial, ya que proporciona el soporte definitivo para las cargas transmitidas desde las capas superiores.

Figura 5: Componente del pavimento rígido



Nota: El pavimento rígido incluye losas de concreto, base y subrasante, diseñadas para soportar y distribuir cargas de manera eficiente (Giordani & Leone, s.f.).

2.6 Ciclo de vida de los pavimentos

El ciclo de vida de los pavimentos está influenciado por diversos factores, como el clima, la actividad económica, y las características del suelo local. La planificación y diseño del pavimento comienzan con una evaluación detallada de las condiciones del tráfico, que en Guayaquil es particularmente intenso debido al puerto marítimo y la alta densidad vehicular. Las características climáticas de la ciudad, con un clima cálido y húmedo, requieren un diseño que resista la humedad y las lluvias intensas, lo cual favorece el uso de pavimentos asfálticos, los cuales son más aptos para soportar este tipo de condiciones.

En términos de construcción, los pavimentos en Guayaquil se diseñan siguiendo las normativas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), que establecen

especificaciones técnicas para la selección de materiales y la construcción de las capas de pavimento. Los suelos de la ciudad, predominantemente arcillosos, exigen técnicas adecuadas de preparación de la subrasante, para garantizar la confiabilidad de la vía. Durante la construcción, se lleva a cabo un riguroso control de calidad, que incluye la inspección de la compactación del suelo y la verificación de la correcta disposición de los componentes fundacionales del pavimento.

El mantenimiento de los pavimentos en Guayaquil es clave para extender su vida útil. Debido a las altas temperaturas y las lluvias frecuentes, los pavimentos asfálticos sufren fisuras y baches con el tiempo. Para evitar daños mayores, el municipio realiza reparaciones preventivas, como el sellado de grietas y el bacheo, así como intervenciones periódicas que incluyen la renovación de la capa superficial mediante recubrimientos asfálticos. En algunos proyectos de rehabilitación, también se utilizan geomallas para reforzar la estructura del pavimento y evitar daños más severos debido a las características del suelo.

Cuando el pavimento alcanza su fin de vida útil, se recurre a la demolición y al reciclaje de materiales, lo cual es una práctica común en Guayaquil. Los pavimentos viejos son desmantelados y los materiales reciclados se reutilizan en nuevas construcciones, contribuyendo a la sostenibilidad de las infraestructuras viales de la ciudad. En este contexto, el ciclo de vida de los pavimentos en Guayaquil no solo está determinado por su construcción y mantenimiento, sino también por las prácticas de rehabilitación y reciclaje que permiten prolongar la funcionalidad de las vías urbanas.

Finalmente, la durabilidad de los pavimentos en Guayaquil está influenciada por factores locales como el alto volumen de tráfico, las condiciones climáticas y la calidad de los materiales utilizados en su construcción. La aplicación de técnicas de mantenimiento adecuadas y el uso de

materiales reciclables ayudan a mitigar el desgaste, garantizando una vida útil más prolongada para las infraestructuras viales de la ciudad.

El ciclo de vida del pavimento describe las distintas etapas que atraviesa una vía desde su construcción hasta su eventual deterioro, sin considerar acciones de mantenimiento o rehabilitación. Este ciclo puede representarse mediante una curva de comportamiento, que muestra cómo la calidad del pavimento varía a lo largo del tiempo.

Inicialmente, el pavimento se encuentra en su mejor estado, con una calidad excelente y una capacidad de soporte óptima. A medida que pasa el tiempo y se somete a cargas de tráfico, cambios climáticos y otras condiciones ambientales, el pavimento comienza a deteriorarse. Este deterioro puede manifestarse en fisuras, baches, desgaste superficial, entre otros, y la calidad del pavimento disminuye progresivamente.

La curva de comportamiento refleja este proceso de degradación, evidenciando las distintas fases del ciclo de vida. En las primeras etapas, la disminución de la calidad es moderada, pero a medida que avanzan los años, el deterioro se acelera. Sin intervenciones de mantenimiento o rehabilitación, la curva muestra una caída continua en la calidad del pavimento, lo que puede llevar a la necesidad de reparaciones importantes o incluso a la rehabilitación completa de la vía.

Este concepto es fundamental para la planificación de mantenimiento y la gestión de infraestructuras viales, ya que permite prever el comportamiento del pavimento a lo largo del tiempo y tomar decisiones informadas sobre las intervenciones necesarias para prolongar su vida útil (Chauca Chauca & Pomatoca Guamán, 2021).

2.7 Causas del deterioro de los pavimentos

El deterioro de los pavimentos puede originarse por diversas causas y da lugar a imperfecciones que afectan negativamente la comodidad, seguridad y costos operativos de los usuarios de las carreteras. Los procesos de mantenimiento y rehabilitación buscan corregir estos problemas para conservar o recuperar el rendimiento del pavimento durante un período determinado, asegurando que las inversiones realizadas en su reparación sean adecuadas. Las principales causas del deterioro prematuro de los pavimentos incluyen factores como el tráfico pesado, las condiciones climáticas extremas, el diseño inadecuado, y la falta de mantenimiento adecuado (Martínez Alarcón, 2015).

2.8 Método del índice de condición del pavimento (PCI)

2.8.1 Reseña histórica

Índice de condición del pavimento (PCI, por sus siglas en inglés). Este sistema fue creado entre 1974 y 1976 por encargo del centro de ingeniería de la fuerza aérea de los Estados Unidos. Los ingenieros responsables del proyecto fueron Mohamed Y. Shahin, Michael I. Darter y Starr D. Kohn.

El propósito principal del método era diseñar un sistema para gestionar y planificar el mantenimiento de pavimentos, tanto rígidos (concreto) como flexibles (asfalto). A través del PCI, se puede evaluar de manera estandarizada el estado del pavimento para tomar decisiones informadas sobre su reparación y conservación.

Este índice se convirtió en una herramienta clave para evaluar la calidad y las condiciones de las superficies de rodadura, facilitando el trabajo de ingenieros y administradores encargados del mantenimiento vial (Guallí Yuquilema, 2023).

2.8.2 Significado y uso

El Índice de Condición del Pavimento (PCI) es una herramienta numérica utilizada para analizar el estado superficial de los pavimentos. Este índice se determina mediante la observación de fallas presentes en la superficie, lo que permite obtener datos relevantes sobre la integridad estructural del pavimento y su funcionamiento operativo, considerando factores como irregularidades localizadas y seguridad para los usuarios (Sevan, 2019).

Aunque el PCI es muy práctico, presenta ciertas limitaciones. No evalúa de manera directa la capacidad estructural total del pavimento ni su resistencia al deslizamiento o la rugosidad global de la superficie. Por esta razón, no reemplaza análisis más específicos en estas áreas, pero sigue siendo una herramienta valiosa que complementa la gestión del mantenimiento de carreteras.

Este indicador facilita la toma de decisiones precisas sobre la reparación y conservación de los pavimentos. Permite establecer prioridades para las acciones de mantenimiento y supervisar la velocidad de deterioro del pavimento, ayudando a anticipar la necesidad de rehabilitaciones más complejas antes de que el daño sea crítico.

El seguimiento constante del PCI también proporciona información clave para ajustar o perfeccionar los diseños existentes y los procesos de conservación. Esto garantiza que las estrategias aplicadas sean eficientes, logrando un uso óptimo de los recursos disponibles y alargando la vida útil del pavimento.

Tabla 2: Índice de condición del pavimento (PCI) y escala de clasificación.

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

Nota: utilizada para evaluar y categorizar el estado del pavimento, desde "Excelente" hasta "Fallado", elaborado por Lema & Figueroa, 2024.

2.9 Tipos de fallas en un pavimento flexible y rígido

2.9.1 Fallas de pavimento flexible

Tabla 3: Tipo de falla, descripción, medida y opciones de reparación.

Tipo de Falla	Descripción	Medida	Opciones de reparación
Piel de cocodrilo	Es un daño en los pavimentos asfálticos caracterizado por grietas interconectadas que forman un patrón similar a una malla. Surge por el efecto repetido de las cargas de tránsito, iniciándose en la base o fondo de la capa asfáltica donde se concentran mayores esfuerzos. Estas grietas evolucionan desde líneas longitudinales paralelas hasta polígonos angulares con lados menores a 0.60 m. Este daño ocurre exclusivamente en áreas sometidas a tráfico repetitivo, diferenciándose de las grietas en bloque, que no son causadas por carga vehicular.	La medición de grietas en áreas afectadas se realiza en metros cuadrados, pero puede complicarse cuando coexisten diferentes niveles de severidad. Si es posible distinguirlas, deben registrarse por separado; de lo contrario, el área completa se califica según el nivel más severo presente.	L: No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta. M: Parcheo parcial o en toda la profundidad (Full Depth). Sobrecarpeta. Reconstrucción. H: Parcheo parcial o Full Depth. Sobrecarpeta. Reconstrucción.
Exudación	La exudación es la aparición de una capa brillante y pegajosa de material bituminoso en la superficie del pavimento, resultante de un exceso de asfalto	La exudación se mide en términos del área afectada, utilizando unidades como pies o metros	L: No se hace nada. M: Se aplica arena / agregados y cilindrado. H: Se aplica arena /

	<p>en la mezcla, una aplicación excesiva de sellante asfáltico o un insuficiente contenido de vacíos de aire. Este fenómeno sucede a altas temperaturas, cuando el asfalto llena los vacíos y se desplaza hacia la superficie. El proceso no puede revertirse en climas fríos, lo que provoca que el asfalto se acumule en la superficie.</p>	<p>cuadrados. Es importante destacar que, al registrar la exudación, no se debe contar el pulimiento de los agregados en la misma área, ya que son dos tipos de deterioro diferentes.</p>	<p>agregados y cilindrado (precalentando si fuera necesario).</p>
<p>Agrietamiento en bloque</p>	<p>Son grietas interconectadas que dividen el pavimento en piezas rectangulares de varios tamaños, causadas por la contracción del concreto asfáltico y los cambios de temperatura. A diferencia de la piel de cocodrilo, estas grietas no están relacionadas con el tránsito vehicular y suelen aparecer en áreas sin tráfico. Este tipo de daño indica que el asfalto se ha endurecido considerablemente debido a los ciclos térmicos.</p>	<p>La medición de daños en el pavimento se realiza en pies o metros cuadrados del área afectada. Aunque generalmente se presenta un solo nivel de severidad en una sección, si existen áreas con diferentes niveles de severidad, estas deben medirse y registrarse por separado.</p>	<p>L: Sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 mm. Riego de sello. M: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta. H: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.</p>
<p>Abultamientos (BUMPS) y Hundimientos (SAGS)</p>	<p>Son elevaciones locales en la superficie del pavimento, a diferencia de los desplazamientos, que ocurren en pavimentos inestables. Estos abultamientos pueden ser causados por diversos factores, como cambios en la temperatura, humedad o la acumulación de materiales. Son un tipo de daño distinto que no implica inestabilidad general en el pavimento.</p>	<p>se miden en pies o metros lineales. Si estos abultamientos forman un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están separados por menos de 3.0 m, se les denomina corrugación. Si además el abultamiento está acompañado de una grieta, esta última también debe ser registrada como parte del daño.</p>	<p>L: No se hace nada. M: Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial. H: Reciclado (fresado) en frío. Parcheo profundo o parcial. Sobrecarpeta.</p>

Corrugación	Consiste en una serie de cimas y depresiones regulares, separadas por menos de 3.0 m, y perpendiculares al flujo del tránsito. Este daño suele ser causado por el tránsito sobre una carpeta o base inestables.	El daño se mide en términos de área afectada, utilizando unidades de pies o metros cuadrados para determinar el tamaño de la superficie deteriorada.	L: No se hace nada. M: Reconstrucción. H: Reconstrucción.
Depresión	Son áreas ligeramente hundidas en el pavimento que a menudo se hacen visibles después de la lluvia, cuando el agua se acumula en ellas. Estas formaciones pueden ser causadas por el asentamiento de la subrasante o una construcción incorrecta, y pueden generar rugosidad si son profundas o contienen agua.	El daño se mide en pies o metros cuadrados, lo que permite calcular la extensión de la superficie afectada en el pavimento.	L: No se hace nada. M: Parcheo superficial, parcial o profundo. H: Parcheo superficial, parcial o profundo.
Grieta de borde	Son paralelas y se encuentran generalmente entre 0.30 y 0.60 m del borde del pavimento, y su daño se agrava por el tránsito. Estas grietas suelen originarse por el debilitamiento de la base o subrasante cerca del borde debido a condiciones climáticas.	se mide en términos de longitud, utilizando unidades de pies o metros lineales, para calcular la extensión de la grieta a lo largo del borde del pavimento.	L: No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm. M: Sellado de grietas. Parcheo parcial - profundo. H: Parcheo parcial - profundo.
Grieta de reflexión de junta	Ocurren en pavimentos asfálticos sobre losas de concreto Portland, debido a movimientos térmicos o de humedad de la losa subyacente. Aunque no están relacionadas con el tránsito, las cargas pueden provocar la ruptura del asfalto cercano a la grieta.	se mide en pies o metros lineales, registrando la longitud y severidad de cada grieta por separado. Si se presenta un abultamiento en la grieta, también debe ser	L: Sellado para anchos superiores a 3.00 mm. M: Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial. H: Parcheo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta
Desnivel Carril/ Berma	Es una diferencia de altura entre el borde del pavimento y la berma, causado por la erosión, el asentamiento de la berma o la colocación de sobrecarpeta sin ajustar el nivel de la berma.	se mide en unidades lineales, ya sea en pies o metros, para determinar la extensión de la diferencia de altura	L, M, H: Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.

Grietas longitudinales y transversales	Son paralelas al eje del pavimento y pueden ser causadas por una junta mal construida, contracción del asfalto o grietas de reflexión. Las grietas transversales cruzan el pavimento en ángulos rectos y generalmente no están relacionadas con las cargas.	se miden en pies o metros lineales. Se debe registrar la longitud y severidad de cada grieta, y si la severidad varía a lo largo de la grieta, cada sección con un nivel diferente debe registrarse por separado. Además, si ocurren abultamientos o hundimientos, también deben anotarse.	L: No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm. M: Sellado de grietas. H: Sellado de grietas. Parcheo parcial.
Parcheo y de cometidas servicios públicos	Es un área del pavimento reparada con material nuevo, considerado un defecto, aunque su rendimiento pueda ser adecuado. Generalmente, el parche o su área adyacente presenta alguna rugosidad.	se miden en metros cuadrados y, si tienen diferentes niveles de severidad, deben registrarse por separado. Cualquier otro daño dentro de un parche no se registra, y si se reemplaza una gran cantidad de pavimento, se considera como nuevo pavimento, no como parche.	L: No se hace nada. M: No se hace nada. Sustitución del parche. H: Sustitución del parche
Pulimento de agregados	Es causado por la repetición de cargas de tránsito, lo que hace que el agregado en la superficie se vuelva suave y reduzca la adherencia con las llantas. Esta falla se registra cuando el agregado se degrada, volviéndose resbaladizo, y se indica por una baja resistencia al deslizamiento.	se mide por el área afectada en pies o metros cuadrados, y no se incluye si ya se ha registrado la exudación en el pavimento.	L, M, H: No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.
Huecos	son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, con bordes aguzados y lados verticales, generalmente causados por el tráfico que arranca fragmentos de la superficie. Se agravan por la	Se evalúan clasificándolos según su nivel de severidad (baja, media o alta) y registrando cada categoría por	L: No se hace nada. Parcheo parcial o profundo. M: Parcheo parcial o profundo.

	acumulación de agua y pueden originarse por mezclas defectuosas, debilidad de la base o una alta severidad de piel de cocodrilo. Estos daños deben ser registrados como huecos y no como meteorización.	separado para llevar un control detallado del daño.	H: Parcheo profundo.
Cruce de vía férrea	Los defectos en los cruces de vía férrea se manifiestan como hundimientos o elevaciones en la superficie del pavimento, localizados en las áreas cercanas o entre los rieles.	El área afectada de un cruce de vía férrea se mide en pies o metros cuadrados. Solo se registra si afecta la calidad del tránsito o si hay abultamientos significativos relacionados con los rieles.	L: No se hace nada. M: Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce. H: Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.
Ahuellamiento	Es una depresión en las huellas de las ruedas, visible tras la lluvia cuando se llena de agua. Es causado por la deformación permanente de las capas del pavimento o subrasante debido a la carga del tránsito, pudiendo ocasionar fallas estructurales graves.	Se mide en metros cuadrados según el área afectada, y su severidad se define por la profundidad media, calculada mediante mediciones perpendiculares a lo largo de la huella.	L: No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta. M: Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta. H: Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.
Desplazamiento	Es un corrimiento longitudinal permanente del pavimento causado por las cargas del tránsito, formando ondas abruptas en mezclas asfálticas inestables o en áreas donde pavimentos asfálticos confinan losas de concreto, que se expanden por cambios de longitud.	Se registran en metros cuadrados de área afectada y, si ocurren en parches, se clasifican como parte de estos, no como un daño independiente.	L: No se hace nada. Fresado. M: Fresado. Parcheo parcial o profundo. H: Fresado. Parcheo parcial o profundo.
Grietas parabólicas	Por deslizamiento son fisuras en forma de media luna causadas por el deslizamiento de la superficie del pavimento debido a ruedas que frenan o giran, relacionadas con mezclas asfálticas débiles o mala adhesión entre capas.	Se mide en pies o metros cuadrados y se clasifica según su mayor nivel de severidad.	L: No se hace nada. Parcheo parcial. M: Parcheo parcial. H: Parcheo parcial.
Hinchamiento	Es un levantamiento gradual del pavimento, con longitud superior a	se mide en pies cuadrados (o metros	L: No se hace nada. M: No se hace

	3.0 m, causado por congelamiento o suelos expansivos, y puede incluir grietas superficiales.	cuadrados) según el área afectada del pavimento.	nada. Reconstrucción. H: Reconstrucción.
Meteorización/ Desprendimiento de agregados	Son daños en el pavimento causados por la pérdida del ligante asfáltico y los agregados sueltos. Este deterioro puede ser resultado de un endurecimiento del ligante o de mezclas de baja calidad, y también puede ser agravado por ciertos tipos de tránsito, como vehículos de orugas o el derramamiento de aceites.	Se miden en términos de área afectada, expresada en pies cuadrados (o metros cuadrados).	L: No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial. M: Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. H: Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción.

Nota. La tabla presenta los tipos de fallas más comunes en pavimentos flexibles, incluyendo su descripción, métodos de medición y alternativas de reparación basadas en su severidad, elaborado por Lema & Figueroa, 2024.

Tabla 4: Tipo de falla, descripción, medida y opciones de reparación en función de la severidad de la superficie del pavimento rígido.

Tipo de falla	Descripción	Medida	Opciones de reparación
Blowup - buckling	Ocurren en pavimentos de concreto durante temperaturas altas cuando las juntas transversales no tienen suficiente espacio para la expansión de la losa. Esto generalmente sucede por la infiltración de materiales incompresibles en la junta, lo que genera presión interna. Como resultado, la losa se levanta o se fragmenta en las cercanías de la junta, también pudiendo ocurrir cerca de sumideros o zanjas de servicios públicos.	En una grieta se cuenta solo en la losa afectada, pero si ocurre en una junta y afecta a dos losas, se cuenta en ambas. Si la severidad del blowup inutiliza el pavimento, se debe reparar de inmediato.	L: No se hace nada. Parcheo profundo o parcial. M: Parcheo profundo. Reemplazo de la losa. H: Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.
Grieta de esquina	Una grieta de esquina es aquella que corta las juntas de una losa a una distancia menor o igual a la mitad de su longitud desde la esquina. Se diferencia de un descascaramiento en que atraviesa verticalmente todo el espesor de la losa.	Se registra como una sola losa si tiene una grieta de esquina o múltiples grietas de igual o diferente severidad, registrando la severidad más alta. Por ejemplo, si tiene una grieta baja y una media, se contabiliza como una losa con grieta de esquina media.	L: No se hace nada. Sellado de grietas de más de 3 mm. M: Sellado de grietas. Parcheo profundo. H: Parcheo profundo
Losa dividida	Cuando una losa se divide en cuatro o más pedazos por sobrecarga o soporte inadecuado, el daño se clasifica como grieta de esquina severa si todas las grietas están contenidas en una grieta de esquina. Esto indica un daño estructural significativo.	Si la losa está dividida y presenta una severidad media o alta, no se registra ningún otro daño adicional.	L: No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor de 3mm. M: Reemplazo de la losa. H: Reemplazo de la losa.
Grieta de durabilidad "D"	Son causadas por la expansión de los agregados debido al congelamiento y descongelamiento, lo que fractura gradualmente el concreto. Estas	se clasifica por severidad, la losa se cuenta según el nivel de daño más alto. Si hay varios	L: No se hace nada. M: Parcheo profundo.

	grietas suelen aparecer cerca de juntas o grietas lineales y pueden llevar a la destrucción total de la losa.	niveles de severidad, se registra el nivel más alto, como en el caso de grietas "D" de baja y media severidad, que se registran como de severidad media.	Reconstrucción de juntas. H: Parcheo profundo. Reconstrucción de juntas. Reemplazo de la losa.
Escala	Se refiere a la diferencia de nivel en la junta, causada por asentamiento de la fundación, bombeo o erosión del material bajo la losa, y alabeo debido a cambios de temperatura o humedad.	En una junta se contabiliza como una losa afectada, mientras que las escalas en una grieta no se consideran como daño, pero sí influyen en la severidad de la grieta.	L: No se hace nada. Fresado. M: Fresado. H: Fresado.
Daño del sello de la junta	Ocurre cuando el suelo o roca se acumula o el agua infiltra, impidiendo la expansión de la losa, lo que puede causar fragmentación o levantamiento. Los daños típicos incluyen desprendimiento del sellante, extrusión, crecimiento de vegetación, endurecimiento del material llenante, pérdida de adherencia y ausencia del sellante.	No se contabiliza cada losa individualmente, sino que se evalúa la condición general del sellante en toda el área.	L: No se hace nada. M: Resellado de juntas. H: Resellado de juntas.
Desnivel carril / berma	Es la diferencia de altura entre el borde del pavimento y la berma, lo cual puede representar un riesgo para la seguridad y ser causado por la erosión o el aumento de la infiltración de agua.	Se calcula promediando los desniveles máximo y mínimo a lo largo de la losa, registrándose cada losa afectada con el nivel de severidad correspondiente.	L, M, H: Renivelación y llenado de bermas para coincidir con el nivel del carril.
Grietas lineales	Las grietas que dividen la losa en dos o tres pedazos son causadas por la repetición de cargas de tránsito y alabeo por gradiente térmico o de humedad. Las grietas de baja severidad no son daños estructurales importantes, mientras	Una vez determinada la severidad del daño, se registra la losa con el nivel de severidad más alto. Las losas divididas	L: No se hace nada. Sellado de grietas más anchas que 3.0 mm. M: Sellado de grietas.

	que las grietas capilares se consideran grietas de retracción.	en cuatro o más pedazos se cuentan como losas divididas, y las losas de más de 9.10 m se dividen en secciones de longitud similar con juntas imaginarias en buen estado.	H: Sellado de grietas. Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.
Parche grande	Es una zona donde el pavimento original ha sido reemplazado por material nuevo, y una excavación de servicios es un tipo de parche creado para instalar o mantener infraestructuras subterráneas. Ambos tienen los mismos niveles de severidad.	Cuando una losa presenta uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se considera que tiene ese daño. Si una losa tiene diferentes niveles de severidad, se registra como una losa con el nivel de severidad más alto.	L: No se hace nada. M: Sellado de grietas. Reemplazo del parche. H: Reemplazo del parche.
Parche pequeño	Un área donde el pavimento original fue reemplazado por un material de relleno, utilizado para restaurar la superficie y mantener su estabilidad.	Si una losa cuenta con uno o más parches que presentan el mismo nivel de severidad, se considera como una losa con ese tipo de daño. En caso de que una sola losa exhiba diferentes niveles de severidad, se registra tomando en cuenta el nivel más alto de daño. Si el origen del parche corresponde a un daño más severo, únicamente se registra el daño original.	L: No se hace nada. M: No se hace nada. Reemplazo del parche. H: Reemplazo del parche
Pulimiento de agregados	Este daño ocurre por la acción repetida de las cargas del tránsito,	Una losa con agregado pulido se	L, M y H: Ranurado de la

	lo que suaviza los agregados superficiales y reduce la adherencia con las llantas. Cuando los agregados expuestos son insuficientes, la textura del pavimento no contribuye a disminuir la velocidad del vehículo. Este deterioro se identifica cuando los ensayos de resistencia al deslizamiento muestran valores bajos o una disminución significativa respecto a evaluaciones anteriores.	cuenta como una losa.	superficie. Sobrecarpeta.
Popouts	Es un fragmento pequeño de pavimento que se desprende de su superficie. Este fenómeno puede originarse por la presencia de partículas blandas o restos de madera que se fracturan y desgastan debido al tránsito. Su tamaño puede variar, con diámetros que van desde 25,0 mm hasta 102,0 mm y espesores entre 13,0 mm y 51,0 mm.	Para determinar la densidad del daño, se debe medir y, en caso de duda sobre si el promedio supera los tres popouts por metro cuadrado, se deben inspeccionar al azar al menos tres áreas de un metro cuadrado. Si el promedio resulta superior, la losa debe ser contabilizada.	L, M y H: No se hace nada.
Bombeo	Es el proceso en el que el material de la fundación de la losa es expulsado a través de las juntas o grietas debido a la deflexión de la losa por las cargas. Cuando una carga pasa sobre la junta, el agua se mueve bajo las losas, lo que erosiona y elimina partículas de suelo, causando la pérdida progresiva del soporte del pavimento. Este año se identifica por manchas en la superficie y la presencia de material de base cerca de las juntas o grietas. El bombeo cercano a las juntas, causado por un sellante deficiente, indica pérdida de soporte, lo que puede	En una junta entre dos losas se considera como el daño de dos losas. No obstante, si las juntas cercanas a la losa también presentan bombeo, se debe sumar una losa por cada junta adicional afectada.	L, M y H: Sellado de juntas y grietas. Restauración de la transferencia de cargas.

	generar grietas con el tiempo. También puede ocurrir en los bordes de la losa, provocando pérdida de soporte.		
Punzonamiento	Este daño consiste en una zona de la losa rota en fragmentos, que puede adoptar diversas formas, pero generalmente está definida por una grieta y una junta, o dos grietas cercanas, usualmente separadas por 1.52 m. Se produce por la repetición de cargas pesadas, un espesor inadecuado de la losa, pérdida de soporte en la fundación o una deficiencia local en la construcción del concreto, como los hormigueros.	Si la losa tiene uno o más punzonamientos, se contabiliza como si tuviera uno en el mayor nivel de severidad que se presente	L: No se hace nada. Sellado de grietas. M: Parcheo profundo. H: Parcheo profundo.
Cruce de vía férrea	El daño de cruce de vía férrea se caracteriza por depresiones o abultamientos alrededor de los rieles.	Se registra el número de losas atravesadas por los rieles de la vía férrea. Cualquier gran abultamiento producido por los rieles debe contarse como parte del cruce.	L: No se hace nada. M: Parcheo parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce. H: Parcheo parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.
Desconchamiento, mapa de grietas, craquelado	El mapa de grietas o craquelado (crazing) es una red de grietas finas o capilares que afectan solo la superficie del concreto, las cuales se cruzan generalmente en ángulos de 120 grados. Este daño suele ser causado por un exceso de manipulación durante el acabado del concreto y puede llevar al descamado, que es la rotura superficial de la losa a una profundidad de 6.0 mm a 13.0 mm. El descamado también puede originarse por una construcción deficiente o el uso de agregados de baja calidad.	Una losa descamada se contabiliza como una losa. El craquelado de baja severidad debe contabilizarse únicamente si el descamado potencial es inminente, o unas pocas piezas pequeñas se han salido.	L: No se hace nada. M: No se hace nada. Reemplazo de la losa. H: Parcheo profundo o parcial. Reemplazo de la losa. Sobrecarpeta.

Grietas de retracción	Son grietas finas, generalmente de unos pocos pies de longitud, que no se extienden por toda la losa. Se originan durante el proceso de fraguado y curado del concreto y, por lo general, no atraviesan todo el grosor de la losa.	Si una o más grietas de retracción existen en una losa en particular, se cuenta como una losa con grietas de retracción.	L, M y H: No se hace nada.
Descascaramiento de esquina	El descascaramiento de esquina es la rotura de la losa a unos 0.6 m de la esquina. A diferencia de una grieta de esquina, el descascaramiento tiende a hundirse hacia abajo y interceptar la junta, mientras que la grieta se extiende verticalmente a través de la esquina. Si el descascaramiento es menor a 127 mm desde la grieta hasta la esquina en ambos lados, no debe ser registrado.	Si en una losa hay una o más grietas con descascaramiento con el mismo nivel de severidad, la losa se registra como una losa con descascaramiento de esquina. Si ocurre más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad.	L: No se hace nada. M: Parcheo parcial. H: Parcheo parcial.
Descascaramiento de junta	La rotura de los bordes de la losa ocurre a 0.60 m de la junta, interceptando la junta en ángulo. Se origina por esfuerzos excesivos debido al tránsito o la infiltración de materiales incompresibles, y por concreto débil en la junta por manipulación excesiva.	Si el descascaramiento afecta el borde de una losa, se registra como una losa con descascaramiento de junta. Si hay descascaramiento en varios bordes de la misma losa, se cuenta el borde con mayor severidad. En el caso de que el descascaramiento ocurra en los bordes de dos losas adyacentes, ambas losas se contabilizan con descascaramiento de junta.	L: No se hace nada. M: Parcheo parcial. H: Parcheo parcial. Reconstrucción de la junta.

Nota: La tabla detalla los tipos de fallas en pavimentos rígidos, describiendo sus características, métodos de medición y opciones de reparación según el nivel de severidad identificado en la superficie, elaborado por Lema & Figueroa, 2024.

2.10 Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento

Es un proceso técnico que tiene como objetivo determinar el estado funcional y estructural de un pavimento para evaluar su capacidad de servicio y durabilidad. Este procedimiento se utiliza para identificar daños, analizar el desempeño del pavimento y planificar estrategias de mantenimiento o rehabilitación. Entre los métodos más comunes para esta evaluación se encuentra el Índice de Condición del Pavimento (PCI, por sus siglas en inglés) (Valeriano, 2021).

2.10.1 Unidades de muestreo

La vía se segmenta en partes denominadas "unidades de muestreo", cuyo tamaño depende del tipo de vía y de la capa de rodadura. En carreteras con capa de rodadura asfáltica y un ancho inferior a 7.30 m, el área de cada unidad de muestreo debe estar comprendida entre $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$. En el Cuadro 2 se detallan diversas relaciones entre la longitud y el ancho de la calzada pavimentada.

Tabla 5: Longitudes de unidades de muestreo para carreteras asfálticas.

Ancho de calzado(m)	Longitud de la unidad de muestreo(m)
5,0	46,0
5,5	41,8
6,0	38,3
6,5	35,4
7,3(máximo)	31,5

Nota: Las longitudes de unidades de muestreo para carreteras asfálticas varían según el método de evaluación, asegurando una representación precisa del estado del pavimento.

En carreteras con capa de rodadura compuesta por losas de concreto de cemento Pórtland y con losas de longitud menor a 7.60 m, el área de las unidades de muestreo debe oscilar entre 20 ± 8 losas. Es aconsejable utilizar el valor promedio de este rango y evitar definir unidades que se encuentren fuera de los límites establecidos. Para cada pavimento evaluado, se recomienda

elaborar esquemas que representen el tamaño y la ubicación de las unidades, los cuales servirán como referencia en el futuro.

2.11 Determinación de las unidades de muestreo para evaluación

En la evaluación de una red vial, es posible que exista una gran cantidad de unidades de muestreo, lo que implicaría un considerable consumo de tiempo y recursos para su inspección. Por esta razón, resulta necesario implementar un proceso de muestreo. En la evaluación de un proyecto, todas las unidades deberían ser inspeccionadas; no obstante, si esto no es viable, el número mínimo de unidades de muestreo requeridas puede determinarse utilizando la Ecuación 1. Esta fórmula proporciona una estimación del PCI con un margen de error de ± 5 respecto al promedio verdadero y con un nivel de confianza del 95% (Tellez, 2018).

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

Nota: el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse, según las dimensiones del tramo y las especificaciones técnicas para garantizar resultados representativos.

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

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

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial, se considera una desviación estándar del PCI de 10 para pavimentos asfálticos (rango PCI de 25) y de 15 para pavimentos de concreto (rango PCI de 35).

En inspecciones posteriores, se utilizará la desviación estándar real o el rango PCI obtenido en la evaluación previa para calcular el número mínimo de unidades a evaluar. Si este número es menor a cinco ($n < 5$), se deben inspeccionar todas las unidades.

2.12 Selección de las unidades de muestreo para inspección

Se sugiere que las unidades seleccionadas estén distribuidas de manera uniforme a lo largo de la sección de pavimento, eligiendo la primera unidad de forma aleatoria (aleatoriedad sistemática) según el siguiente procedimiento:

El intervalo de muestreo (i) se define utilizando la variable.

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

Nota: Las unidades seleccionadas deben distribuirse uniformemente a lo largo del pavimento elegido, y la unidad inicial se selecciona al azar (aleatoriedad sistemática). (Vargas, 2014).

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

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

El inicio del muestreo se selecciona de manera aleatoria entre la unidad 1 y el intervalo de muestreo i . Por ejemplo, si $i = 3$, la unidad inicial puede ser 1, 2 o 3.

Las unidades de muestreo a evaluar se identifican como (S), (S+i), (S+2i), etc. Siguiendo el ejemplo, si la unidad inicial seleccionada es 2 y $i = 3$, las unidades subsecuentes serían 5, 8, 11, 14, y así sucesivamente. No obstante, si se requieren datos precisos para licitaciones de rehabilitación, todas las unidades deben ser inspeccionadas.

2.12.1 Selección de unidades de muestreo adicionales

Uno de los problemas del método aleatorio es que puede excluir unidades de muestreo en mal estado o incluir unidades con daños únicos (como un cruce de línea férrea) de manera inapropiada. Para solucionar esto, se deben identificar y evaluar estas unidades inusuales como "unidades adicionales", en lugar de considerarlas dentro del muestreo aleatorio. Cuando se incorporan unidades adicionales, el cálculo del PCI se ajusta para evitar que las condiciones atípicas se extrapolen a toda la sección.

2.12.2 Evaluación de la condición

La evaluación de la condición del pavimento varía según su tipo de superficie y debe seguir las definiciones del manual para obtener un valor confiable del PCI. La evaluación incluye:

Equipo:

- Odómetro manual para medir longitudes y áreas de los daños.
- Regla y cinta métrica para medir profundidades de ahuellamientos o depresiones.
- Manual de Daños del PCI y suficientes formatos.

Procedimiento: Se inspecciona cada unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños, registrando la información en los formatos correspondientes. Es esencial seguir estrictamente las definiciones y procedimientos del manual. Se utiliza una "hoja de información de exploración de la condición" para cada unidad, donde cada línea se destina a registrar un daño, su extensión y severidad.

Medidas de seguridad: El equipo de inspección debe tomar precauciones de seguridad en la vía, incluyendo dispositivos de señalización para los vehículos y personal.

2.13 Cálculo del PCI de las unidades de muestreo

Una vez completada la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI, ya sea de forma manual o computarizada. El cálculo se basa en los "Valores Deducidos" de cada daño, según la cantidad y severidad reportadas.

2.14 Cálculo para pavimentos con capa de rodadura en concreto de cemento portland

Etapas 1. Cálculo de los valores deducidos.

Registre el número de losas en las que aparece cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad en el formato PCI-02.

Divida el número de losas contabilizadas entre el total de losas de la unidad y exprese el resultado como un porcentaje. Este es el índice de densidad por unidad de muestreo para cada combinación de tipo y severidad de daño.

Determine los valores deducidos para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad utilizando la curva correspondiente de "Valor Deducido de Daño" proporcionada en el documento.

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

Siga el mismo procedimiento que se indicó previamente para las vías con capa de rodadura asfáltica.

Etapas 3. Cálculo del "Valor Deducido Máximo Corregido", CDV.

Siga el mismo procedimiento que se aplica a las vías con capa de rodadura asfáltica, pero utilizando la curva correspondiente a los pavimentos de concreto.

Etapas 4. Calcule el PCI restando de 100 el máximo CDV.

Tabla 8 muestra un formato para llevar a cabo el proceso iterativo para obtener el "Valor Deducido Máximo Corregido", CDV.

Tabla 6: Formato para la obtención del máximo valor deducido corregido

No.	Valores Deducidos										Total	q	CDV
1													
2													
3													
4													

Nota: Formato para las iteraciones del cálculo del valor deducido corregido (CDV), (Vasquez, 2002)

2.15 Cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) de una sección

Una sección de pavimento está compuesta por varias unidades de muestreo. Si todas las unidades son inventariadas, el PCI de la sección se obtiene promediando los PCI de las unidades. Si se utilizó la técnica de muestreo, el procedimiento varía: si las unidades se seleccionaron mediante muestreo aleatorio sistemático o por representatividad, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades inspeccionadas. Si se incorporaron unidades adicionales, se calcula un promedio ponderado (Vasquez, 2002).

$$PCI_s = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N}$$

Nota: se realiza evaluando los deterioros presentes, determinando su densidad y severidad, y aplicando la fórmula PCI, para clasificar el estado del pavimento.

Donde:

PCI_S: PCI de la sección del pavimento.

PCI_R: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

PCI_A: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

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

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

2.16 Tipos y descripción general de los trabajos de mantenimiento en losas de hormigón

Se describen los trabajos para remediar deterioros en pavimentos de hormigón, detallando los materiales y equipos más recientes, aunque también se mencionan los tradicionales que han demostrado su efectividad. Se abordan técnicas de reparaciones locales y globales, que servirán para desarrollar estrategias de conservación a integrar en los sistemas de gestión de conservación.

2.16.1 Capas de sellado

Las capas de moderado o finas de hormigón se utilizan para reparar daños como descascarillado, irregularidades o superficies dañadas por causas mecánicas. Para averías de menos de 30 mm, se recomienda el uso de morteros con una relación arena-cemento de 3/1, y para mayores profundidades, hormigón con una mezcla de arena y gravilla. La preparación de la superficie es crucial para asegurar una aplicación efectiva. Los pasos incluyen marcar, cortar, limpiar, aplicar lechada de cemento, y compactar el material. El tiempo de curado varía según las condiciones ambientales, y se pueden usar morteros y hormigones de resina para acelerar el proceso, aunque su comportamiento en exteriores puede ser limitado.

2.16.2 Reparación de grietas

La reparación de grietas en pavimentos depende del tipo, tamaño y severidad de las fisuras. Para grietas pequeñas o fisuras plásticas, si son estrechas, se curan solas, pero si son más grandes, deben sellarse con emulsión de látex. Las fisuras transversales pequeñas, si son causadas por diseño o ejecución inadecuada, podrían requerir demoler la losa y reconstruirla. En losas de hormigón armado, si las grietas son ligeras, solo se debe vigilar, pero si crecen, se debe aplicar lechada de cemento o sellantes. El proceso de reparación incluye limpiar, aplicar lechada o sellante y, en casos graves, realizar una reparación en toda la profundidad o reconstruir la losa.

2.16.3 Grietas longitudinales

Las grietas en las juntas longitudinales del pavimento deben repararse según su tamaño y ubicación. Si son estrechas o medianas en el tercio central de las barras de cocido, no se requiere reparación, solo vigilancia. Si son anchas, se sellan como las grietas transversales. Fuera de este tercio y si son anchas, se debe reparar toda la losa. Si las grietas provienen de tensiones de tracción o soportes irregulares, se realiza un cosido de grietas, que consiste en colocar barras de unión para evitar la apertura de la grieta. Este proceso incluye la creación de ranuras, perforación, limpieza, impregnación con resina, y la colocación de barras de acero y mortero para reforzar la grieta. Además, si hay soporte irregular, debe nivelarse antes de realizar la reparación.

2.16.4 Grietas de esquina

Si se detectan vacíos debajo de la losa, se debe calzar la misma. La reparación puede abarcar todo el espesor de la losa, marcando un área rectangular al menos 300 mm más allá de las grietas, y colocando pasadores en las juntas transversales si su ausencia causó el agrietamiento. En

casos de agrietamiento por tensiones elevadas debido a un ángulo agudo en la losa, se recomienda el cocido de las grietas. Este proceso incluye serrar para retirar el hormigón afectado, perforar la losa para insertar barras de acero, y rellenar con mortero de resina. La reparación busca reducir las tensiones en la nueva losa. Alternativamente, puede considerarse reemplazar la losa.

2.16.5 Otras grietas lineales

En el caso de grietas relacionadas con elementos presentes en la vía, como los registros tragantes, si son severas se recomienda reconstruir la losa y separar las tapas de registros con un elemento de formación de junta longitudinal sellada, utilizando hormigón armado. Si las grietas son leves, no se requiere intervención, solo monitorear su evolución. En grietas medianas, se puede optar por el cocido.

2.16.6 Losas con balanceo y losas asentadas

El balanceo de las losas ocurre cuando se construyen sobre una subbase no estabilizada y sin pasadores, lo que provoca el efecto de "bombeo", donde el material de la subbase se desplaza hacia arriba, generando incomodidad en la circulación. Si no se resuelve a tiempo, la losa puede fracturarse debido a la irregularidad del soporte. Este problema se detecta con un deflectómetro de impacto o por la aparición de fallos como escalonamiento y rotura de esquina. El asiento diferencial de las losas, causado por la consolidación de la explanada, también puede llevar a agrietamientos.

- Para reparar estos problemas, se pueden considerar las siguientes opciones:
- Colocación de un drenaje eficaz.
- Levantamiento de las losas y estabilización de la base con relleno de hormigón o lechada.

- Inyección de mortero a presión para rellenar huecos, aunque no previene futuros movimientos del soporte.
- Recalzado de la losa, que implica perforaciones y la inyección de lechada hasta levantar la losa, seguido de la restauración de la transferencia de carga entre las losas y la aplicación de sellado en la junta.

2.16.7 Reparación de juntas

La reparación de juntas desconchadas depende de la gravedad del desconchado. Si es superficial y no ha afectado al interior de la losa, se puede reparar serrando a lo largo de una línea exterior al límite del desconchado, lo que amplía la junta. Si esto no es posible, se realiza una reparación de la arista mediante los siguientes pasos:

- Golpear la superficie del hormigón con una barra de acero para marcar el área a reparar (100 mm más allá de las zonas huecas o 150 mm desde la junta si se usa cemento, o 100 mm si se usan resinas).
- Realizar un corte profundo igual al mayor desconchado para formar una base plana.
- Eliminar el material de sellado y el hormigón defectuoso, dejando el fondo nivelado y horizontal.
- Instalar una tira de material para formar la junta, asegurando que el material de reparación no haga puente sobre la junta.
- Limpiar y humedecer el hueco.
- Aplicar una lechada adherente de cemento.

- Colocar el material de reparación (cemento Portland recomendado).
- Compactar por vibración, prestando especial atención a los bordes y esquinas.
- Retirar el material en exceso y dar textura.
- Aplicar curado.
- Retirar el encofrado o serrar la junta si es necesario y sellarla.

2.16.8 Sellantes y cuidados a tener en el sellado de juntas y grietas

Existen dos tipos principales de sellantes: preformados y de aplicación. Los sellantes preformados tienen una forma de tubo y están hechos de materiales elásticos. Para asegurar su efectividad, la ranura de la junta debe tener un ancho uniforme, lo que puede ser difícil de garantizar en el momento de la aplicación.

Los sellantes de aplicación se dividen en dos tipos: los que deben calentarse antes de su uso y los que pueden aplicarse a temperatura ambiente. Los de aplicación en frío suelen ser mezclados antes de aplicarse y fraguan por reacción química. Son preferidos en reparaciones locales ya que no requieren equipo especializado. Los de aplicación en caliente incluyen PVC y betún-caucho, entre otros, y deben seguir estrictamente las instrucciones del fabricante para evitar su degradación.

Para aplicar correctamente un sellante, se deben seguir ciertos cuidados:

- Limpiar bien la ranura a sellar usando herramientas adecuadas, sin solventes para remover sellos anteriores.

- Asegurarse de que las juntas y grietas estén secas antes de comenzar, salvo indicaciones del fabricante.
- Sellar solo cuando la temperatura ambiental esté entre 5°C y 30°C.
- Imprimir la cavidad si es necesario según el material de sellado.
- Colocar una lámina de respaldo para evitar que el sellante se adhiera a la base de la ranura.

2.17 Caso de los pavimentos continuamente reforzados

Los pavimentos sin juntas han sido principalmente utilizados en Norteamérica desde la década de 1980, aunque aún no son comunes en otros países. El principal tipo de deterioro que puede aparecer en estos pavimentos es la rotura.

3 CAPITULO III - METODOLOGÍA

3.1 MARCO METODOLÓGICO

3.1.1 Diseño de la investigación

La investigación se aborda de manera tanto cualitativa como cuantitativa, utilizando un enfoque no experimental. Una vez definido el problema de investigación de forma clara y precisa, se establece la línea de estudio, centrada en la evaluación superficial del pavimento. A continuación, se procede a recolectar datos mediante observación y medición de las áreas y secciones afectadas por los daños, realizando una descripción detallada de las fallas. Esta descripción se convierte en un valor numérico a través de la metodología del índice de condición del pavimento (PCI). A partir de la interpretación de los resultados, se determina el estado actual del pavimento y se establece el nivel de intervención necesario para cada sección.

3.1.2 Nivel de investigación

Esta investigación se clasifica como descriptiva, ya que se basa en la inspección y análisis de las fallas o deterioros presentes en el pavimento de la calle 47 S-E, desde la planta Fabril S.A. hasta la Av. Domingo Comín.

3.1.3 Método de investigación

Para el desarrollo de la investigación, se seleccionó un método de observación visual, en función del problema a resolver. Este método se utilizará como herramienta para recopilar y analizar los datos obtenidos durante la inspección. Posteriormente, se aplicarán enfoques cualitativos y cuantitativos para el análisis de la información recabada en la inspección del pavimento de la calle 47 S-E, lo que permitirá que el estudio sea descriptivo y severidad. El proceso

comienza con la identificación de las fallas y su gravedad, lo que resulta en el cálculo del PCI, lo cual facilita la determinación de las acciones necesarias para intervenir en el tramo de la Calle.

3.2 Población

Se encuentran cuatro empresas en el tramo desde la planta Fabril S.A. hasta la Av. Domingo Comín. Esta vía es crucial para la conectividad de la zona y es utilizada con frecuencia por estas empresas como Gasolinera Primax, FADESA, Swissoil del Ecuador S.A., y la planta Fabril S.A. Dada su relevancia, se hace necesaria una evaluación de la calle para garantizar la calidad y seguridad del tránsito en el área.

Figura 6: Ubicación de la calle 47 S-E



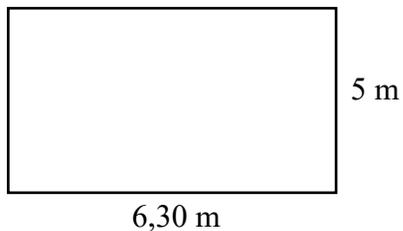
Nota. La calle 47 S-E se encuentra ubicada en el sector industrial de Guayaquil, Ecuador, comprendiendo el tramo desde la planta Fabril S.A. hasta la intersección con la Av. Domingo Comín, en una zona donde operan diversas empresas como Gasolinera Primax, FADESA, y Swissoil del Ecuador S.A, tomado de Google Earth, 2025.

3.3 Muestra

Para determinar de la muestra se basa en la norma ASTM D 6433-03, La calle 47 S-E está constituida por dos carriles. El tramo para evaluar es la sección central de sentido Este -Oeste, está conformado por una capa de pavimento Rígido.

Numero de Losas = 16

Paño 1

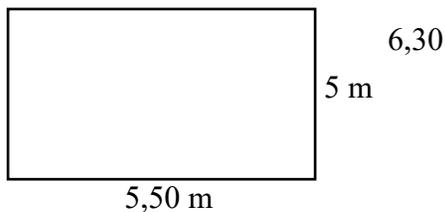


$$\text{Área} = \text{Base} * \text{Altura}$$

$$\text{Área} = 6,30 \text{ m} * 5 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 31,5 \text{ m}^2$$

Paño 2



$$\text{Área} = \text{Base} * \text{Altura}$$

$$\text{Área} = 5,50 \text{ m} * 5 \text{ m}$$

$$\text{Área} = 27,50 \text{ m}^2$$

Tabla 7: Información de la vía

Longitud de la vía:	475 metros
Ancho de la vía:	11,8 metros
(Paño 1) Carril Izquierdo:	6,30 x 5 m
(Paño 2) Carril Derecho:	5,50 x 5 m
Nº de losa de ancho:	2
Nº de losa de largo:	95
Coordenadas abscisa 0+000:	2°14'12"S, 79°53'11"W
Coordenadas abscisa 0+475:	2°14'11"S, 79°53'26"W

Nota: La tabla presenta datos generales de la calle 47 S-E, ubicándola en un área industrial clave para el transporte y acceso a empresas relevantes de la zona, elaborado por Lema & Figueroa, 2024.

3.4 Inventario

A continuación, se presenta un cronograma de ejecución de actividades para la evaluación del pavimento rígido utilizando el método PCI (Pavement Condition Index).

Tabla 8: Cronograma de ejecución

Actividad	Duración (días)
Revisión preliminar y delimitación del tramo	4 días
Levantamiento de unidades de muestreo	5 días
Inspección visual y clasificación de fallas	5 días
Medición de la severidad de fallas	7 días
Análisis de datos y cálculo del PCI	14 días

Nota: Para actividades de campo como levantamiento de unidades de muestreo e inspección visual, elaborado por Lema & Figueroa, 2025.

Se trata de llevar a cabo un inventario de las fallas presentes de manera manual en el lugar, con el fin de obtener datos más exactos. La sección de muestreo se realiza cada 40 metros, comenzando el primer tramo desde el 0+000 hasta el 0+040.

Tabla 9: Tipos de fallas en la calle 47 S-E

Abscisa	Tipo de Falla de pavimento rigido	Fallas, Fotos
0+000 – 0+040	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Grieta de Esquina ➤ Losa Dividida ➤ Escala ➤ Grieta Lineal ➤ Pulimientto de Agregados ➤ Parcheo (Grande) ➤ Popouts ➤ Descascaramiento de junta 	
0+040 – 0+080	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Grieta de Esquina ➤ Losa Dividida ➤ Grieta lineal ➤ Parcheo pequeño ➤ Pulimientto de Agregados ➤ Desconchamiento ➤ Descascaramiento de junta 	
0+080 – 0+120	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Grieta de Esquina ➤ Losa Dividida ➤ Grieta de ductilidad "D" ➤ Parcheo (Grande) ➤ Pulimientto de Agregados ➤ Popouts ➤ Desconchamiento ➤ Descascaramiento de junta 	

0+120 – 0+160	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Grieta de esquina ➤ Grieta Lineal ➤ Parcheo Grande ➤ Parcheo pequeño ➤ Pulimiento de Agregados ➤ Punzonamiento ➤ Desconchamiento ➤ Descascaramiento de junta 	
0+160 – 0+200	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Grieta Lineal ➤ Parcheo (Grande) ➤ Pulimiento de Agregados ➤ Desconchamiento 	
0+200 – 0+240	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Grieta lineal ➤ Parcheo Grande ➤ Pulimiento de Agregados ➤ Popouts ➤ Desconchamiento ➤ Descascaramiento de esquina 	
0+240 – 0+280	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Grieta de esquina ➤ Losa dividida ➤ Grieta de ductilidad "D" ➤ Grieta lineal ➤ Parcheo grande ➤ Pulimiento de agregados ➤ Descascaramiento de junta 	

0+280 – 0+320	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Grieta de esquina ➤ Grieta de ductilidad "D" ➤ Grieta Lineal ➤ Parcheo Grande ➤ Pulimiento de Agregados 	
0+320 – 0+360	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Losa Dividida ➤ Grieta Lineal ➤ Parcheo pequeño ➤ Pulimiento de Agregado ➤ Desconchamiento 	
0+360 – 0+400	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Grieta de Esquina ➤ Losa Dividida ➤ Grieta lineal ➤ Pulimiento de Agregados ➤ Poputs 	
0+400 – 0+440	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Poputs ➤ Desconchamiento 	
0+440 – 0+475	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Parcheo grande ➤ poputs ➤ desconchamiento 	

Elaborado por Lema & Figueroa, 2025.

Observaciones: Gran Parte de la calle como podemos ver presenta con frecuencia la Falla de pavimento 31. Pulimiento de Agregados, una severidad Alta en la mayoría de las Fallas, esto se debe a que existe la circulación diaria de vehículos que ingresan vehículos livianos para conectar con el centro de la ciudad y los vehículos pesados ya que se encuentran fábricas en el tramo esta calle.

Tabla 10: Instrumentos para la evaluación

Instrumento	Fotos
Flexómetro (Cinta Métrica Retráctil)	
Regla de Aluminio	
Equipo de Protección Personal (EPP)	
Cámara Fotográfica / Celular	

3.4.1 Instrumentos de recolección de datos

Se requiere el uso de una serie de instrumentos técnicos y de apoyo que aseguren una recolección de datos precisa y detallada. Cada instrumento tiene un rol fundamental en la identificación, medición y registro de los deterioros del pavimento, y su correcta utilización garantizará la fiabilidad de los resultados obtenidos.

3.4.2 Procedimiento

La ASTM (Asociación Americana de Ensayo de Materiales) define en su procedimiento para calcular el PCI como un índice numérico cuyo propósito es reflejar el nivel de deterioro del pavimento y su estado funcional. Este valor oscila entre 0 y 100, donde 0 representa pavimentos muy deteriorados y 100 pavimentos en excelente estado (ASTM International, 2003). La investigación se enfoca en una descripción detallada y evaluación del estado del pavimento. Para determinar el método de intervención más adecuado según las características específicas de la vía, se llevará a cabo la evaluación siguiendo la norma ASTM D6433-03. Este trabajo se encargará de seguir las siguientes etapas de manera ordenada:

Etapa 1: El objetivo es identificar los tipos y severidades de las fallas o deterioros mediante la recolección de información en campo, registrando las cantidades, tipos y severidades de cada fallo presente.

Etapa 2: calcular el valor del PCI para las unidades de muestra seleccionadas, luego para toda la sección en estudio, y finalmente para toda la Calle 47 S-E.

Etapa 3: Exposición de los resultados derivados del análisis y su interpretación.

Etapa 4: El PCI calculado para la Calle 47 S-E de Guayaquil, se establecerá la necesidad de aplicar medidas de intervención de acuerdo con su nivel de prioridad, tomando en cuenta que la vía debe mantener un servicio de alta calidad. Se determinará el tipo de mantenimiento requerido y se creará una matriz de consolidación con las opciones de intervención sugeridas para cada falla detectada en la evaluación.

3.4.3 Técnicas de procesamiento de datos

La información recopilada a través de la inspección visual, registrada en la hoja correspondiente, se procesa de forma manual. El PCI se calcula utilizando un método numérico descrito en el capítulo anterior, aplicado a cada muestra, sección y al total de la Calle 47 S-E de Guayaquil.

3.5 Identificar los tipos y severidades de las fallas

3.5.1 Grieta de esquina

Se presenta un ejemplo de una grieta de esquina localizada en el tramo 1 con un nivel de severidad media, presenta fracturas en las esquinas de la losa que se extiende a las juntas. Esta grieta indica un daño intermedio.

Foto 1: Grieta de esquina, del tramo 1 de la calle 47 S-E



Nota: la severidad es media, Se describe como una grieta de severidad media o el área comprendida entre la grieta y las juntas muestra una grieta de severidad media (M), tomado por Lema & Figueroa, 2025.

3.5.2 Losa dividida

Podemos ver que la losa totalmente se encuentra dividida en más de 8 pedazos, los cuales muestran cada sección agrietada en fragmentos más pequeños, además de una carencia de material y un ancho de grieta superior a 30 mm.

Foto 2: Losa dividida, se encuentra en el tramo 2



Nota: severidad alta (H), tomado por Lema & Figueroa, 2025.

3.5.3 Escala

Presenta un escalonamiento inferior a 9 mm, por lo que se clasifica con una severidad baja(L).

Foto 3: Escala, tramo 1



Nota: severidad baja, lo que indica revisando la tabla la elevación esta entre el rango de 3 a 10 mm, tomado por Lema & Figueroa, 2025.

3.5.4 Grietas lineales

Se observa una grieta lineal transversal de severidad media, ya que el ancho de la grieta es inferior a 51 mm y no tiene ningún tipo de sellante.

Foto 4: Grieta Lineal, Tramo 1



Nota: tiene una severidad media(M), tomado por Lema & Figueroa, 2025.

3.5.5 Pulimiento de agregados

Este tipo de daño está presente a lo largo de gran parte del pavimento rígido de la calle 47 S-E. Aunque no afecta significativamente la funcionalidad del pavimento, en este caso se ha considerado como un ejemplo representativo del deterioro ilustrado en la foto 2.

Foto 5: Pulimiento de agregados, se encuentra en el tramo 1



Nota: No se establecen niveles de severidad. No obstante, el grado de pulimento debe ser considerable antes de ser incluido en un inventario de condiciones y catalogado como un defecto, tomado por Lema & Figueroa, 2025.

3.5.6 Descascaramiento de junta

Se observa un descascaramiento de severidad baja, ya que la junta no muestra un daño significativo, y la zona afectada es pequeña.

Foto 6: Descascaramiento de junta, tramo 1



Nota: consta de una severidad baja(L), tomado por Lema & Figueroa, 2025.

3.6 Valor deducido

A continuación, se muestran los datos obtenidos en campo donde se registran las fallas. El número de veces que aparece en el tramo según su nivel de severidad, unidad de muestreo 1.

EVALUADO POR:	Lema Alex & Figueroa Santo	ZONA:	Calle 47 S - E		FECHA: 10/01/2025
ABSCISA INICIAL:	0 + 000	UNIDAD DE MUESTREO:	1		ESQUEMA
ABSCISA FINAL:	0 + 040	NUMERO DE LOSAS:	16		
TIPOS DE FALLAS					
21. Blow up/ buckling 22. Grieta de esquina 23. Losa dividida 24. Grieta de ductilidad "d" 25. Escala 26. Sello de junta 27. Desnivel carril/berma 28. Grieta lineal 29. Parcheo (grande) 30. Parcheo (pequeño)		31. Pulimiento de agregados 32. Popouts 33. Bombeo 34. Punzonamiento 35. Cruce vía férrea 36. Desconchamiento 37. Retracción 38. Descascaramiento de esquina 39. Descascaramiento de junta			
Nº FALLA	SEVERIDAD	NO. DE LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
22	L	1	6,25	5,1	
22	M	3	18,75	28,7	
22	H	1	6,25	18,5	
23	L	2	12,5	13,1	
23	M	4	25	41,1	
25	L	2	12,5	3,5	
28	L	4	25	13	
28	M	5	31,25	20,05	
29	L	6	37,5	13,5	
31	*	16	100	10	
32	*	3	18,75	4,5	
39	L	1	6,25	3,1	



Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

Procedemos a calcular la densidad (%), se lo calcula de la siguiente manera:

$$Densidad (\%) = \frac{\# \text{ de losas afectadas por cada deterioro}}{\# \text{ total de losas evaluadas}} * 100$$

$$D (\%) = \frac{1}{16} * 100$$

$$D = 6,25 \%$$

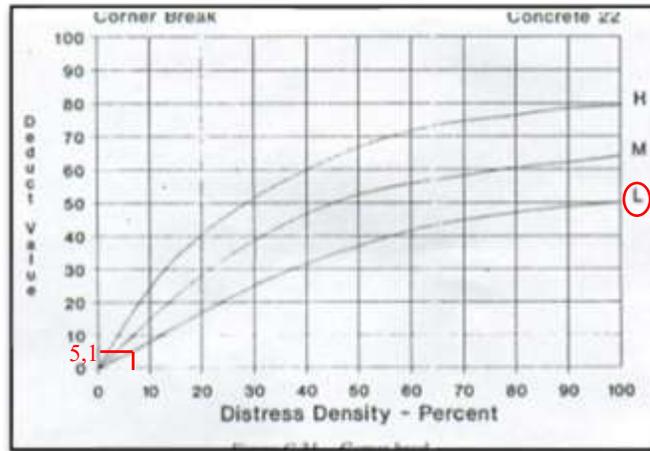
Tabla 11: Resultados de aplicar la ecuación de la densidad

N ° FALLA	SEVERIDAD	N° DE LOSAS	DENSIDAD (%)
22	L	1	6,25
22	M	3	18,75
22	H	1	6,25
23	L	2	12,5
23	M	4	25
25	L	2	12,5
28	L	4	25
28	M	5	31,25
29	L	6	37,5
31	*	16	100
32	*	3	18,75
39	L	1	6,25

Nota: El valor que nos sale en la densidad, buscamos en la curva que nos indica el manual, en este caso se requiere el número de falla para definir el nivel de severidad, elaborado por Lema & Figueroa, 2024.

En este ejemplo, donde en el eje de las X se busca el valor de densidad (6,25%) se intercepta con la curva y luego se busca el valor en el eje de las Y, como podemos ver el valor deducido es 5,1.

Figura 7: Curva para el valor de deducción del deterioro “Grieta de esquina”



Fuente: AASHTO (1993)

Nota: la falla 22 grieta de esquina, con densidad de 6,25%, y con una severidad leve (L), se obtiene un “valor de deducción” de 5,1.

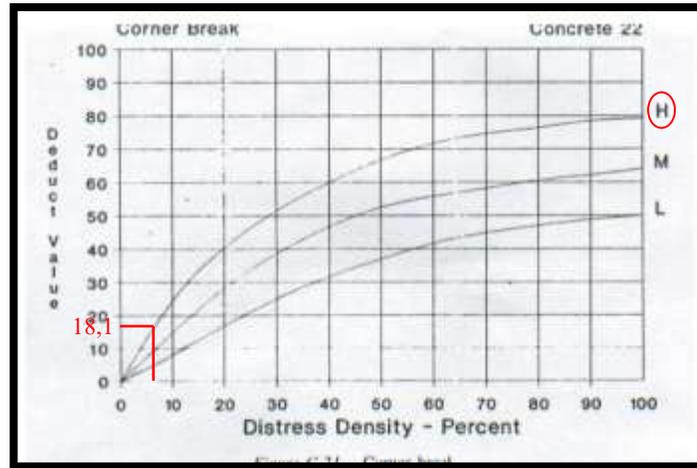
Figura 8: Curva para el valor de deducción del deterioro “losa dividida”



Fuente: AASHTO (1993)

Nota: La falla 23 (losa dividida), con una densidad de 25% y una severidad media (M), se obtiene un “valor de deducción” de 41,1.

Figura 9: Curva para el valor de deducción del deterioro “Grieta de esquina”



Fuente: AASHTO (1993)

Nota: falla (grieta de esquina), tiene una densidad de 6,25 y una severidad alta(H), se obtiene un “valor de deducción” de 18,1.

Procedemos a presentar la Tabla 12, donde muestra los “valores de deducción” que se obtuvieron.

Tabla 12: Resultados de “valores de deducción”

Nº FALLA	SEVERIDAD	NO. DE LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
22	L	1	6,25	5,1
22	M	3	18,75	28,7
22	H	1	6,25	18,5
23	L	2	12,5	13,1
23	M	4	25	41,1
25	L	2	12,5	3,5
28	L	4	25	13
28	M	5	31,25	20,05
29	L	6	37,5	13,5
31	*	16	100	10
32	*	3	18,75	4,5
39	L	1	6,25	3,1

Nota: Los resultados muestran los valores de deducción aplicados según el tipo y severidad de las fallas identificadas en la superficie, siguiendo los parámetros establecidos en el método PCI para la evaluación del pavimento, elaborado por Lema & Figueroa, 2024.

Para el Cálculo del valor de deducción total (VDT), lista de los valores deducidos.

VALOR DEDUCIDO
5,1
28,7
18,5
13,1
41,1
3,5
13
20,05
13,5
10
4,5
3,1
174,15

Determinar el “número máximo admisible de valores deducidos” (m) es 41,1. Utilizando

la Ecuación (m).

$$m = 1,00 + \frac{9}{98} (100 - 41,1)$$

$$m = 6,41$$

Este valor indica el número de intervalos en donde se hace la evaluación, es por eso por lo que el cálculo del valor de deducción corregido (VDC), en función del VDT y del número de valores de VDT.

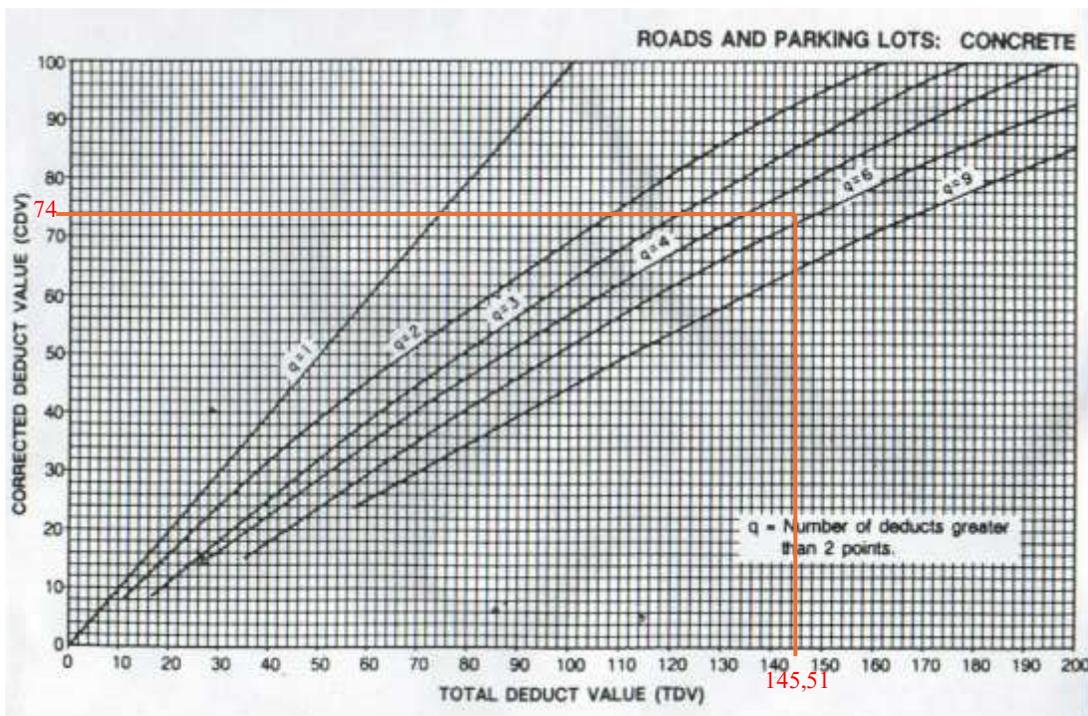
Tabla 13: Resultado del cálculo de valor de deducción corregido VDC

CALCULOS DEL PCI															
#	VALORES DEDUCIDOS												TOTAL	Q	VDC
1	41,1	28,7	20,05	18,5	13,5	13,1	5,33	4,1	2,09	1,85	1,44	1,27	151,022	9	67
2	41,1	28,7	20,05	18,5	13,5	13,1	5,33	4,1	2	1,85	1,44	1,27	150,94	8	67
3	41,1	28,7	20,05	18,5	13,5	13,1	5,33	2	2	1,85	1,44	1,27	148,84	7	66
4	41,1	28,7	20,05	18,5	13,5	13,1	2	2	2	1,85	1,44	1,27	145,51	6	74
5	41,1	28,7	20,05	18,5	13,5	2	2	2	2	1,85	1,44	1,27	134,41	5	68
6	41,1	28,7	20,05	18,5	2	2	2	2	2	1,85	1,44	1,27	122,91	4	69
7	41,1	28,7	20,05	2	2	2	2	2	2	1,85	1,44	1,27	106,41	3	66
8	41,1	28,7	2	2	2	2	2	2	2	1,85	1,44	1,27	88,36	2	62
9	41,1	2	2	2	2	2	2	2	2	1,85	1,44	1,27	61,66	1	62
													MAX VDC		74
PCI=100- Max VDC															

Cálculo del índice de condición del pavimento (PCI). Se utiliza la gráfica de “valor de deducción corregida”, donde se buscará el valor de VDC, el cual será finalmente restado de 100.

En la figura 10 se muestra un ejemplo del uso de la curva para encontrar el valor de deducción.

Figura 10: Ejemplo del uso de las curvas “Valor de deducción corregida”



Fuente: AASHTO (1993)

Se tiene el valor mayor del VDC en nuestra primera muestra es de 74, por lo tanto, para calcular el método PCI, usamos la fórmula:

$$PCI = 100 - 74 = 26$$

Es decir que la condición funcional de este pavimento es “**Malo**”, De acuerdo con la metodología aplicada se exponen los resultados obtenidos para cada uno de los 12 tramos analizados desde la Planta Fabril S.A hasta la intersección de la Avenida Domingo Comín.

4 CAPITULO IV

4.1 Análisis de resultados

El estado del pavimento de la calle 47 S-E, comprendido entre la planta Fabril S.A. y la intersección de la Avenida Domingo Comín. Este capítulo incluye la aplicación del método del Índice de Condición del Pavimento (PCI), donde se evalúan diversas fallas estructurales que afectan el pavimento, para cada tipo de falla, se calcula la densidad de los daños y se obtiene un valor de deducción, que se correlaciona con la severidad del daño y la extensión de las losas afectadas. Los valores de deducción se suman para determinar el valor total de deducción, y mediante un proceso de corrección, se calcula el índice final de condición del pavimento. Los resultados obtenidos en este capítulo permiten clasificar el estado del pavimento.

4.2 Tramo 1 – abscisa desde 0+000 / 0+040

EVALUADO POR:	Lema Alex & Figueroa Santo	ZONA:	Calle 47 S - E		FECHA: 10/01/2025											
ABSCISA INICIAL:	0 + 000	UNIDAD DEMUESTREO:	1		ESQUEMA											
ABSCISA FINAL:	0 + 040	NUMERO DE LOSAS:	16													
TIPOS DE FALLAS																
21. Blow up/ buckling 22. Grieta de esquina 23. Losa dividida 24. Grieta de ductilidad "d" 25. Escala 26. Sello de junta 27. Desnivel carril/berma 28. Grieta lineal 29. Parcheo (grande) 30. Parcheo (pequeño)			31. Pulimiento de agregados 32. Popouts 33. Bombeo 34. Punzonamiento 35. Cruce vía férrea 36. Desconchamiento 37. Retracción 38. Descascaramiento de esquina 39. Descascaramiento de junta													
Nº FALLA	SEVERIDAD	NO. DE LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO												
22	L	1	6,25	5,1												
22	M	3	18,75	28,7												
22	H	1	6,25	18,5												
23	L	2	12,5	13,1												
23	M	4	25	41,1												
25	L	2	12,5	3,5												
28	L	4	25	13												
28	M	5	31,25	20,05												
29	L	6	37,5	13,5												
31	*	16	100	10												
32	*	3	18,75	4,5												
39	L	1	6,25	3,1												
CALCULOS DEL PCI																
#	VALORES DEDUCIDOS													TOTAL	Q	VDC
1	41,1	28,7	20,05	18,5	13,5	13,1	5,33	4,1	2,09	1,85	1,44	1,27	151,022	9	67	
2	41,1	28,7	20,05	18,5	13,5	13,1	5,33	4,1	2	1,85	1,44	1,27	150,94	8	67	
3	41,1	28,7	20,05	18,5	13,5	13,1	5,33	2	2	1,85	1,44	1,27	148,84	7	66	
4	41,1	28,7	20,05	18,5	13,5	13,1	2	2	2	1,85	1,44	1,27	145,51	6	74	
5	41,1	28,7	20,05	18,5	13,5	2	2	2	2	1,85	1,44	1,27	134,41	5	68	
6	41,1	28,7	20,05	18,5	2	2	2	2	2	1,85	1,44	1,27	122,91	4	69	
7	41,1	28,7	20,05	2	2	2	2	2	2	1,85	1,44	1,27	106,41	3	66	
8	41,1	28,7	2	2	2	2	2	2	2	1,85	1,44	1,27	88,36	2	62	
9	41,1	2	2	2	2	2	2	2	2	1,85	1,44	1,27	61,66	1	62	
													MAX VDC		74	
PCI=100- 74= 26																



Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO: **MUY MALO**



4.2.1 Observaciones muestra 1 – abscisa 0+000/0+040

- En esta muestra visualizamos las siguientes fallas del pavimento rígido son: grieta de esquina, losa dividida, escala, grieta lineal, parcheo Grande, pulimiento de agregados, popouts, descascaramiento de junta.
- El valor deducido de condición máximo es 74, usando la gráfica del uso de las curvas “Valor de deducción corregida”.
- Se observa un índice de condición de pavimento de 26, que revisando el manual del Pci, los rangos de calificación del Pci nos indica que es Malo.
- En la figura 11 que se presenta a continuación, se puede apreciar la falla más representativa de la unidad de muestra 1. Que es pulimiento de agregados.

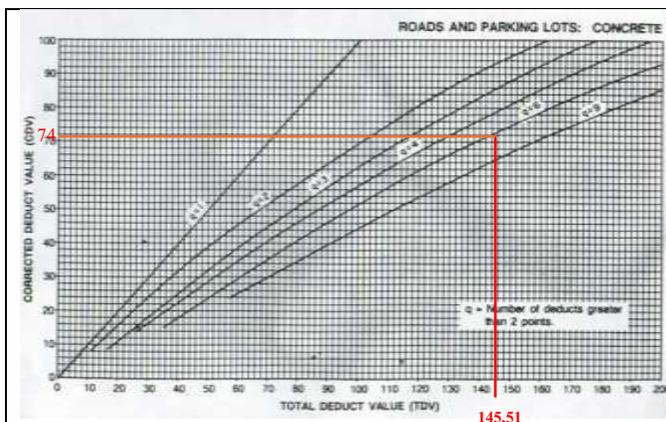


Ilustración 1: Valor deducido total vs Valor deducido corregido

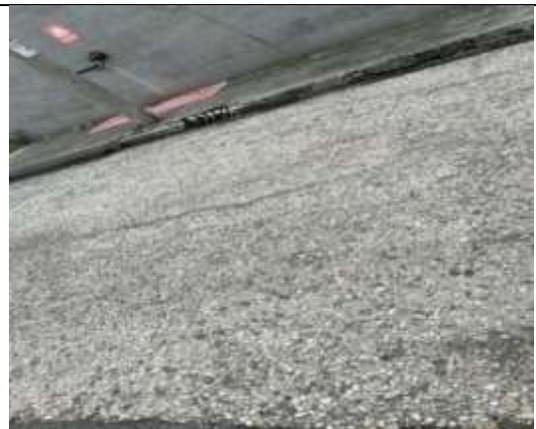


Figura 11: Pulimiento de agregados

Elaborado por Lema & Figueroa, 2025.

4.3 Tramo 2 – abscisa desde 0+040 / 0+080

EVALUADO POR:	Lema Alex & Figueroa Santo	ZONA:	Calle 47 S - E	FECHA: 10/01/2025											
ABSCISA INICIAL:	0 + 040	UNIDAD DE MUESTREO:	2	ESQUEMA											
ABSCISA FINAL:	0 + 080	NUMERO DE LOSAS:	16												
TIPOS DE FALLAS															
21. Blow up/ buckling 22. Grieta de esquina 23. Losa dividida 24. Grieta de ductilidad "d" 25. Escala 26. Sello de junta 27. Desnivel carril/berma 28. Grieta lineal 29. Parcheo (grande) 30. Parcheo (pequeño)		31. Pulimiento de agregados 32. Popouts 33. Bombeo 34. Punzonamiento 35. Cruce vía férrea 36. Desconchamiento 37. Retracción 38. Descascaramiento de esquina 39. Descascaramiento de junta													
N° FALLA	SEVERIDAD	NO. DE LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO											
21	M	1	6,25	11,2											
22	H	1	6,25	12,5											
23	M	2	12,5	26,5											
23	H	4	25	57,1											
28	L	1	6,25	1,5											
28	M	10	62,5	32,1											
28	H	3	18,75	28,1											
30	L	1	6,25	0,3											
31	*	16	100	10											
36	M	2	12,5	9,8											
36	H	1	6,25	14,5											
39	M	1	6,25	2,1											
CALCULOS DEL PCI															
#	VALORES DEDUCIDOS												TOTAL	Q	VDC
1	57,1	32,1	28,1	26,5	14,5	11,75	10,53	9,40	9,21	1,97	1,41	0,28	202,85	9	86
2	57,1	32,1	28,1	26,5	14,5	11,75	10,53	9,40	2	1,97	1,41	0,28	195,64	8	84
3	57,1	32,1	28,1	26,5	14,5	11,75	10,53	2	2	1,97	1,41	0,28	188,24	7	81
4	57,1	32,1	28,1	26,5	14,5	11,75	2	2	2	1,97	1,41	0,28	179,71	6	86
5	57,1	32,1	28,1	26,5	14,5	2	2	2	2	1,97	1,41	0,28	169,96	5	83
6	57,1	32,1	28,1	26,5	2	2	2	2	2	1,97	1,41	0,28	157,46	4	84
7	57,1	32,1	28,1	2	2	2	2	2	2	1,97	1,41	0,28	132,96	3	80
8	57,1	32,1	2	2	2	2	2	2	2	1,97	1,41	0,28	106,86	2	73
9	57,1	2	2	2	2	2	2	2	2	1,97	1,41	0,28	76,76	1	77
													MAX VDC		86

Elaborado por Lema & Figueroa, 2025.

PCI=100- 86= 14

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO: MUY MALO

4.3.1 Observaciones muestra 2 - abscisa 0+040 / 0+080

- En esta muestra visualizamos las siguientes fallas del pavimento rígido son: Blow up, grieta de esquina, losa dividida, grieta lineal, parcheo(pequeño), pulimiento de agregados, desconchamiento, descascaramiento de junta.
- El valor deducido de condición máximo es 86, usando la gráfica del uso de las curvas “Valor de deducción corregida”.
- Se observa un índice de condición de pavimento de 14, que revisando el manual del Pci, los rangos de calificación del Pci nos indica que es Muy Malo.
- En la figura 12 que se presenta a continuación, se puede apreciar la falla más representativa de la unidad de muestra 2. Que es la grieta lineal.

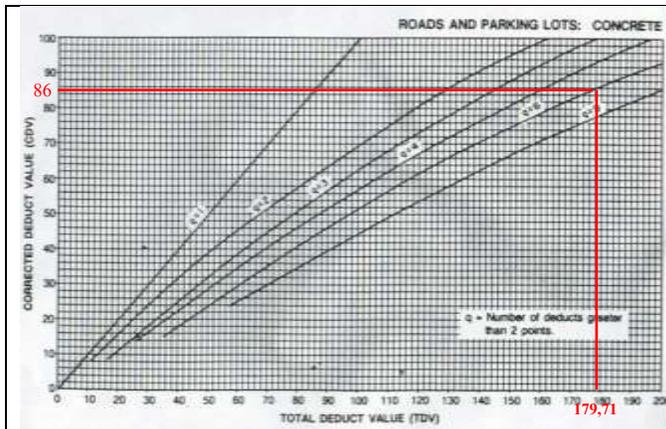


Ilustración 2: Valor deducido total vs Valor deducido corregido



Figura 12: Grieta Lineal

Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

4.4 Tramo 3 – abscisa desde 0+080 / 0+0120

EVALUADO POR:	Lema Alex & Figueroa Santo	ZONA:	Calle 47 S - E		FECHA: 10/01/2025								
ABSCISA INICIAL:	0 + 080	UNIDAD DE MUESTREO:	3		ESQUEMA								
ABSCISA FINAL:	0 + 120	NUMERO DE LOSAS:	16										
TIPOS DE FALLAS													
21. Blow up/ buckling 22. Grieta de esquina 23. Losa dividida 24. Grieta de ductilidad "d" 25. Escala 26. Sello de junta 27. Desnivel carril/berma 28. Grieta lineal 29. Parcheo (grande) 30. Parcheo (pequeño)			31. Pulimiento de agregados 32. Popouts 33. Bombeo 34. Punzonamiento 35. Cruce vía férrea 36. Desconchamiento 37. Retracción 38. Descascaramiento de esquina 39. Descascaramiento de junta										
Nº FALLA	SEVERIDAD	NO. DE LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO									
22	M	1	6,25	10,5									
23	L	1	6,25	7,1									
23	M	1	6,25	11,1									
24	H	1	6,25	13,1									
29	L	1	6,25	3,5									
31	*	15	93,75	9,99									
32	*	2	12,5	3,5									
36	M	2	12,5	9,7									
36	H	1	6,25	12,9									
39	M	2	12,5	3,8									
CALCULOS DEL PCI													
#	VALORES DEDUCIDOS										TOTAL	Q	VDC
1	13,1	12,9	11,1	10,5	9,99	9,7	7,1	3,8	3,5	0,35	82,04	9	36
2	13,1	12,9	11,1	10,5	9,99	9,7	7,1	3,8	2	0,35	80,54	8	35
3	13,1	12,9	11,1	10,5	9,99	9,7	7,1	2	2	0,35	78,74	7	34
4	13,1	12,9	11,1	10,5	9,99	9,7	2	2	2	0,35	73,64	6	38
5	13,1	12,9	11,1	10,5	9,99	2	2	2	2	0,35	65,94	5	32
6	13,1	12,9	11,1	10,5	2	2	2	2	2	0,35	57,95	4	34
7	13,1	12,9	11,1	2	2	2	2	2	2	0,35	49,45	3	32
8	13,1	12,9	2	2	2	2	2	2	2	0,35	40,35	2	32
9	13,1	2	2	2	2	2	2	2	2	0,35	29,45	1	29
											MAX VDC		38
PCI=100- 38= 62													



Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO: **BUENO**



4.4.1 Observaciones muestra 3 – abscisa 0+080 / 0+120

- En esta muestra visualizamos las siguientes fallas del pavimento rígido son: grieta de esquina, losa dividida, grieta de ductilidad "D", parcheo (Grande), pulimiento de agregados, popouts, desconchamiento, descascaramiento de junta.
- El valor deducido de condición máximo es 38, usando la gráfica del uso de las curvas “Valor de deducción corregida”.
- Se observa un índice de condición de pavimento de 62, que revisando el manual del Pci, los rangos de calificación del Pci nos indica que es Bueno.
- En la figura 13 que se presenta a continuación, se puede apreciar la falla más representativa de la unidad de muestra 3. Que es Desconchamiento.

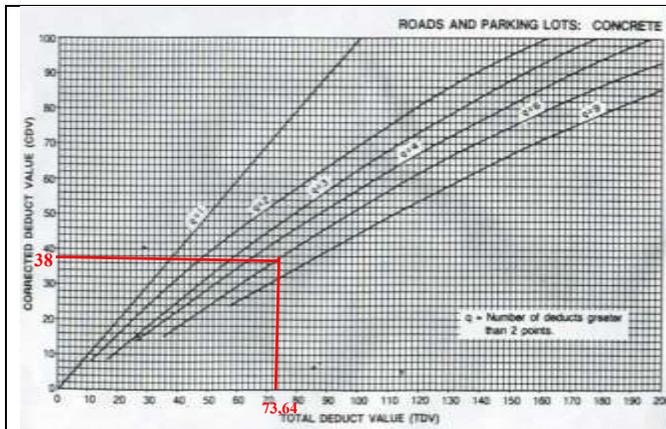


Ilustración 3: Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido



Figura 13: Desconchamiento

Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

4.5 Tramo 4 – abscisa desde 0+120 / 0+160

EVALUADO POR:	Lema Alex & Figueroa Santo	ZONA:	Calle 47 S - E	FECHA: 10/01/2025									
ABSCISA INICIAL:	0 + 120	UNIDAD DE MUESTREO:	4	ESQUEMA									
ABSCISA FINAL:	0 + 160	NUMERO DE LOSAS:	16										
TIPOS DE FALLAS													
21. Blow up/ buckling 22. Grieta de esquina 23. Losa dividida 24. Grieta de ductilidad "d" 25. Escala 26. Sello de junta 27. Desnivel carril/berma 28. Grieta lineal 29. Parcheo (grande) 30. Parcheo (pequeño)			31. Pulimiento de agregados 32. Popouts 33. Bombeo 34. Punzonamiento 35. Cruce vía férrea 36. Desconchamiento 37. Retracción 38. Descascaramiento de esquina 39. Descascaramiento de junta										
N° FALLA	SEVERIDAD	NO. DE LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO									
22	L	1	6,25	5,1									
22	M	1	6,25	10,5									
28	L	4	25	13,1									
28	M	1	6,25	6,3									
29	L	3	18,75	7,1									
29	M	2	12,5	7,9									
30	L	1	6,25	0,2									
31	*	16	100	10									
34	L	1	6,25	9,5									
36	L	1	6,25	1,5									
39	M	2	12,5	5,1									
CALCULOS DEL PCI													
#	VALORES DEDUCIDOS										TOTAL	Q	VDC
1	13,1	10,5	10	9,5	7,9	7,1	6,3	5,1	0,15	0,02	69,67	8	30
2	13,1	10,5	10	9,5	7,9	7,1	6,3	2	0,15	0,02	66,57	7	29
3	13,1	10,5	10	9,5	7,9	7,1	2	2	0,15	0,02	62,27	6	32
4	13,1	10,5	10	9,5	7,9	2	2	2	0,15	0,02	57,17	5	28
5	13,1	10,5	10	9,5	2	2	2	2	0,15	0,02	51,27	4	30
6	13,1	10,5	10	2	2	2	2	2	0,15	0,02	43,77	3	28
7	13,1	10,5	2	2	2	2	2	2	0,15	0,02	35,77	2	29
8	13,1	2	2	2	2	2	2	2	0,15	0,02	27,27	1	29
											MAX VDC		32



Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

PCI=100- 32 = 68

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO: BUENO



4.5.1 Observaciones muestra 4 – abscisa 0+120 / 0+160

- En esta muestra visualizamos las siguientes fallas del pavimento rígido son: grieta de esquina, grieta lineal, parcheo(grande), pulimiento de agregados, punzonamiento, desconchamiento y descascaramiento de junta.
- El valor deducido de condición máximo es 32, usando la gráfica del uso de las curvas “Valor de deducción corregida”.
- Se observa un índice de condición de pavimento de 68, que revisando el manual del Pci, los rangos de calificación del Pci nos indica que es Bueno.
- En la figura 14 que se presenta a continuación, se puede apreciar la falla más representativa de la unidad de muestra 4. Que es Parcheo(grande).

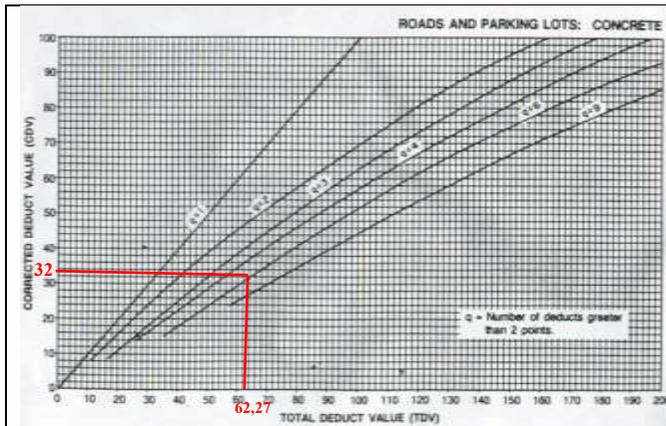


Ilustración 4: Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido



Figura 14: Parcheo (grande)

Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

4.6 Tramo 5 – abscisa desde 0+160 / 0+200

EVALUADO POR:	Lema Alex & Figueroa Santo	ZONA:	Calle 47 S - E	FECHA: 10/01/2025							
ABSCISA INICIAL:	0 + 160	UNIDAD DE MUESTREO:	5	ESQUEMA							
ABSCISA FINAL:	0 + 200	NUMERO DE LOSAS:	16								
TIPOS DE FALLAS											
21. Blow up/ buckling 22. Grieta de esquina 23. Losa dividida 24. Grieta de ductilidad "d" 25. Escala 26. Sello de junta 27. Desnivel carril/berma 28. Grieta lineal 29. Parcheo (grande) 30. Parcheo (pequeño)			31. Pulimiento de agregados 32. Popouts 33. Bombeo 34. Punzonamiento 35. Cruce vía férrea 36. Desconchamiento 37. Retracción 38. Descascaramiento de esquina 39. Descascaramiento de junta								
N. FALLA	SEVERIDAD	NO. DE LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO							
23	L	2	12,5	13,1							
28	L	2	12,5	8,1							
29	L	1	6,25	0,2							
30	L	2	12,5	0,2							
31	*	16	100	10							
36	L	1	6,25	0,1							
36	M	2	12,5	9,5							
36	H	2	12,5	19,5							
CALCULOS DEL PCI											
#	VALORES DEDUCIDOS								TOTAL	Q	VDC
1	19,5	13,1	10	9,5	8,1	0,1	0,1	0,05	60,45	5	30
2	19,5	13,1	10	9,5	2	0,1	0,1	0,05	54,35	4	30
3	19,5	13,1	10	2	2	0,1	0,1	0,05	46,85	3	30
4	19,5	13,1	2	2	2	0,1	0,1	0,05	38,85	2	31
5	19,5	2	2	2	2	0,1	0,1	0,05	27,75	1	28
									MAX VDC		31
PCI=100- 31 = 69											



Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO: **BUENO**



4.6.1 Observaciones muestra 5 – abscisa 0+160 / 0+200

- En esta muestra visualizamos las siguientes fallas del pavimento rígido son: Losa dividida, grieta lineal, parcheo(grande), pulimiento de agregados, deshinchamiento.
- El valor deducido de condición máximo es 31, usando la gráfica del uso de las curvas “Valor de deducción corregida”.
- Se observa un índice de condición de pavimento de 69, que revisando el manual del Pci, los rangos de calificación del Pci nos indica que es Bueno.
- En la figura 16 que se presenta a continuación, se puede apreciar la falla más representativa de la unidad de muestra 5. Que es Desconchamiento.

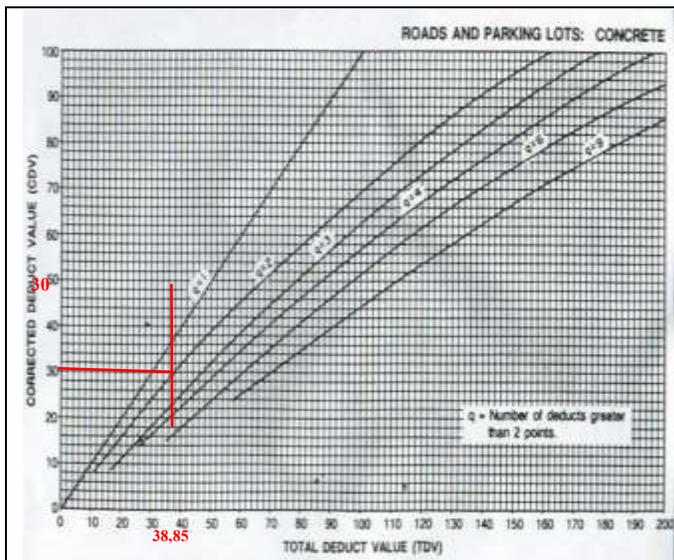


Ilustración 5: Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido



Figura 16: Desconchamiento

Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

4.7 Tramo 6 – abscisa desde 0+200 / 0+240

EVALUADO POR:	Lema Alex & Figueroa Santo	ZONA:	Calle 47 S - E	FECHA: 10/01/2025					
ABSCISA INICIAL:	0 + 200	UNIDAD DE MUESTREO:	6	ESQUEMA					
ABSCISA FINAL:	0 + 240	NUMERO DE LOSAS:	16						
TIPOS DE FALLAS									
21. Blow up/ buckling 22. Grieta de esquina 23. Losa dividida 24. Grieta de ductilidad "d" 25. Escala 26. Sello de junta 27. Desnivel carril/berma 28. Grieta lineal 29. Parcheo (grande) 30. Parcheo (pequeño)			31. Pulimiento de agregados 32. Popouts 33. Bombeo 34. Punzonamiento 35. Cruce vía férrea 36. Desconchamiento 37. Retracción 38. Descascaramiento de esquina 39. Descascaramiento de junta						
Nº FALLA	SEVERIDAD	NO. DE LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO					
28	L	5	31,25	15,1					
29	L	11	68,75	26,1					
31	*	13	81,25	9,9					
32	*	4	25	3,5					
36	M	2	12,5	9,1					
38	L	1	6,25	0,4					
CALCULO PCI									
#	VALORES DEDUCIDOS						TOTAL	Q	VDC
1	26,1	15,1	9,9	9,1	3,5	0,04	63,74	5	32
2	26,1	15,1	9,9	9,1	2	0,04	62,24	4	36
3	26,1	15,1	9,9	2	2	0,04	55,14	3	35
4	26,1	15,1	2	2	2	0,04	47,24	2	36
5	26,1	2	2	2	2	0,04	34,14	1	32
							MAX VDC		36
PCI=100- 36 = 64									

Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO: **BUENO**



4.7.1 Observaciones muestra 6 – abscisa 0+200 / 0+240

- En esta muestra visualizamos las siguientes fallas del pavimento rígido son: grieta lineal, parcheo(grande), pulimiento de agregados, popouts, desconchamiento, descascaramiento de esquina.
- El valor deducido de condición máximo es 36, usando la gráfica del uso de las curvas “Valor de deducción corregida”.
- Se observa un índice de condición de pavimento de 64, que revisando el manual del Pci, los rangos de calificación del Pci nos indica que es Bueno.
- En la figura 17 que se presenta a continuación, se puede apreciar la falla más representativa de la unidad de muestra 6. Que es popouts.

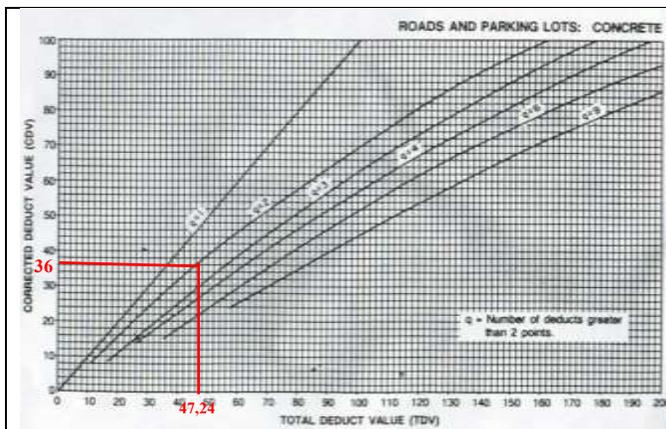


Ilustración 6: Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido



Figura 17: Popouts

Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

4.8 Tramo 7 – abscisa desde 0+240 / 0+280

EVALUADO POR:	Lema Alex & Figueroa Santo	ZONA:	Calle 47 S - E	FECHA: 10/01/2025							
ABSCISA INICIAL:	0 + 240	UNIDAD DE MUESTREO:	7	ESQUEMA							
ABSCISA FINAL:	0 + 280	NUMERO DE LOSAS:	16								
TIPOS DE FALLAS											
21. Blow up/ buckling 22. Grieta de esquina 23. Losa dividida 24. Grieta de ductilidad "d" 25. Escala 26. Sello de junta 27. Desnivel carril/berma 28. Grieta lineal 29. Parcheo (grande) 30. Parcheo (pequeño)			31. Pulimiento de agregados 32. Popouts 33. Bombeo 34. Punzonamiento 35. Cruce vía férrea 36. Desconchamiento 37. Retracción 38. Descascaramiento de esquina 39. Descascaramiento de junta								
Nº FALLA	SEVERIDAD	NO. DE LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO							
22	L	3	18,75	12,5							
23	L	2	12,5	12,1							
24	H	1	6,25	18,5							
28	L	3	18,75	9,1							
29	L	6	37,5	12,1							
31	*	16	100	10							
39	L	1	6,25	2,1							
39	M	1	6,25	3,9							
CALCULO PCI											
#	VALORES DEDUCIDOS								TOTAL	Q	VDC
1	18,5	12,5	12,1	12,1	10	9,1	3,9	2,1	80,3	8	34
2	18,5	12,5	12,1	12,1	10	9,1	3,9	2	80,2	7	34
3	18,5	12,5	12,1	12,1	10	9,1	2	2	78,3	6	40
4	18,5	12,5	12,1	12,1	10	2	2	2	71,2	5	37
5	18,5	12,5	12,1	12,1	2	2	2	2	63,2	4	36
6	18,5	12,5	12,1	2	2	2	2	2	53,1	3	34
7	18,5	12,5	2	2	2	2	2	2	43	2	34
8	18,5	2	2	2	2	2	2	2	32,5	1	32
									MAX VDC		40
PCI=100- 40 = 60											



Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO: BUENO



4.8.1 Observaciones muestra 7 – abscisa 0+240 / 0+280

- En esta muestra visualizamos las siguientes fallas del pavimento rígido son: grieta de esquina, losa dividida, grieta de ductilidad "D", grieta lineal, parcheo(grande), pulimiento de agregados, descascaramiento de junta.
- El valor deducido de condición máximo es 40, usando la gráfica del uso de las curvas “Valor de deducción corregida”.
- Se observa un índice de condición de pavimento de 60, que revisando el manual del Pci, los rangos de calificación del Pci nos indica que es Bueno.
- En la figura 18 que se presenta a continuación, se puede apreciar la falla más representativa de la unidad de muestra 7. Que es descascaramiento de junta.

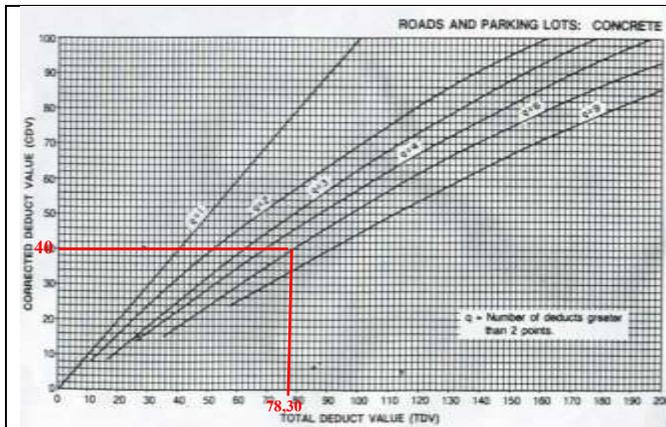


Ilustración 7: Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido



Figura 18: Descascaramiento de Junta

Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

4.9 Tramo 8 – abscisa desde 0+280 / 0+320

EVALUADO POR:	Lema Alex & Figueroa Santo	ZONA:	Calle 47 S - E	FECHA: 10/01/2025				
ABSCISA INICIAL:	0 + 280	UNIDAD DE MUESTREO:	8	ESQUEMA				
ABSCISA FINAL:	0 + 320	NUMERO DE LOSAS:	16					
TIPOS DE FALLAS								
21. Blow up/ buckling		31. Pulimiento de agregados						
22. Grieta de esquina		32. Popouts						
23. Losa dividida		33. Bombeo						
24. Grieta de ductilidad "d"		34. Punzonamiento						
25. Escala		35. Cruce vía férrea						
26. Sello de junta		36. Desconchamiento						
27. Desnivel carril/berma		37. Retracción						
28. Grieta lineal		38. Descascaramiento de esquina						
29. Parcheo (grande)		39. Descascaramiento de junta						
30. Parcheo (pequeño)								
Nº FALLA	SEVERIDAD	NO. DE LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO				
22	L	1	6,25	6,1				
24	M	2	12,5	12,1				
28	L	6	37,5	17,1				
29	L	5	31,25	12,1				
31	*	16	100	10				
CALCULO PCI								
#	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	Q	VDC
1	17,1	12,1	12,1	10	6,1	57,4	5	28
2	17,1	12,1	12,1	10	2	53,3	4	30
3	17,1	12,1	12,1	2	2	45,3	3	28
4	17,1	12,1	2	2	2	35,2	2	28
5	17,1	2	2	2	2	25,1	1	25
						MAX VDC		30
PCI=100- 30 = 70								

Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO: **MUY BUENO**



4.9.1 Observaciones muestra 8 – abscisa 0+280 / 0+320

- En esta muestra visualizamos las siguientes fallas del pavimento rígido son: grieta de esquina, grieta de ductilidad "D", grieta lineal, parcheo (grande), pulimiento de agregados.
- El valor deducido de condición máximo es 30, usando la gráfica del uso de las curvas “Valor de deducción corregida”.
- Se observa un índice de condición de pavimento de 70, que revisando el manual del Pci, los rangos de calificación del Pci nos indica que es Muy Bueno.
- En la figura 19 que se presenta a continuación, se puede apreciar la falla más representativa de la unidad de muestra 8. Que es pulimiento de agregado.

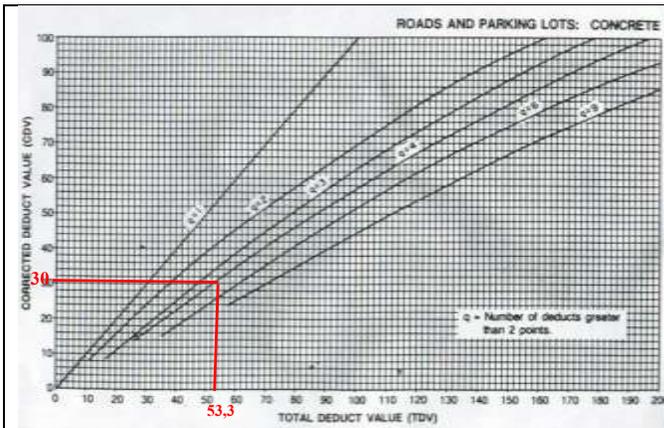


Ilustración 8: Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido



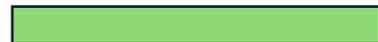
Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

4.10 Tramo 9 – abscisa desde 0+320 / 0+360

EVALUADO POR:	Lema Alex & Figueroa Santo	ZONA:	Calle 47 S - E	FECHA: 10/01/2025					
ABSCISA INICIAL:	0 + 320	UNIDAD DE MUESTREO:	9	ESQUEMA					
ABSCISA FINAL:	0 + 360	NUMERO DE LOSAS:	16						
TIPOS DE FALLAS									
21. Blow up/ buckling 22. Grieta de esquina 23. Losa dividida 24. Grieta de ductilidad "d" 25. Escala 26. Sello de junta 27. Desnivel carril/berma 28. Grieta lineal 29. Parcheo (grande) 30. Parcheo (pequeño)		31. Pulimiento de agregados 32. Popouts 33. Bombeo 34. Punzonamiento 35. Cruce vía férrea 36. Desconchamiento 37. Retracción 38. Descascaramiento de esquina 39. Descascaramiento de junta							
Nº FALLA	SEVERIDAD	NO. DE LOSAS	DENSIDAD (%)			VALOR DEDUCIDO			
22	L	1	6,25			7,1			
28	L	7	43,75			18,5			
29	L	1	6,25			1,5			
30	L	1	6,25			0,1			
31	*	9	56,25			7,5			
39	M	1	6,25			2,1			
CALCULO PCI									
#	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	Q	VDC	
1	18,5	7,5	7,1	2,1	0,75	0,1	36,05	4	20
2	18,5	7,5	7,1	2	0,75	0,1	35,95	3	22
3	18,5	7,5	2	2	0,75	0,1	30,85	2	24
4	18,5	2	2	2	0,75	0,1	25,35	1	25
							MAX VDC		25
PCI=100 – 25 = 75									

Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO: **MUY BUENO**



4.10.1 Observaciones muestra 9 – abscisa 0+320 / 0+360

- En esta muestra visualizamos las siguientes fallas del pavimento rígido son: grieta de esquina, grieta lineal, parcheo(grande), pulimiento de agregados y descascaramiento de junta.
- El valor deducido de condición máximo es 25, usando la gráfica del uso de las curvas “Valor de deducción corregida”.
- Se observa un índice de condición de pavimento de 75, que revisando el manual del Pci, los rangos de calificación del Pci nos indica que es Muy Bueno.
- En la figura 20 que se presenta a continuación, se puede apreciar la falla más representativa de la unidad de muestra 9. Que es grieta lineal.

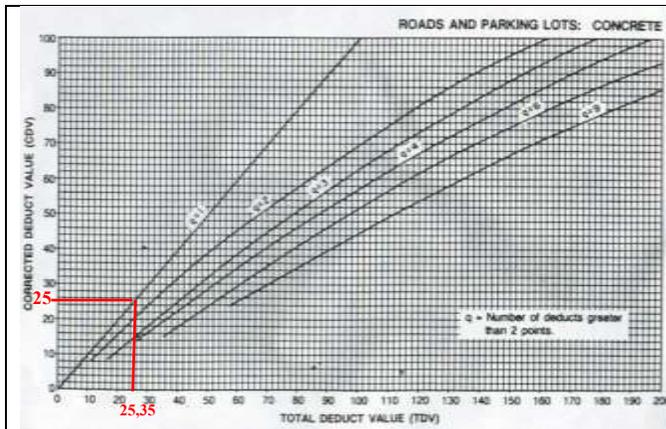


Ilustración 9: Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido



Figura 20: Grieta lineal

Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

4.11 Tramo 10 – abscisa desde 0+360 / 0+400

EVALUADO POR:	Lema Alex & Figueroa Santo	ZONA:	Calle 47 S - E		FECHA: 10/01/2025			
ABSCISA INICIAL:	0 + 360	UNIDAD DE MUESTREO:	10		ESQUEMA			
ABSCISA FINAL:	0 + 400	NUMERO DE LOSAS:	16					
TIPOS DE FALLAS								
21. Blow up/ buckling 22. Grieta de esquina 23. Losa dividida 24. Grieta de ductilidad "d" 25. Escala 26. Sello de junta 27. Desnivel carril/berma 28. Grieta lineal 29. Parcheo (grande) 30. Parcheo (pequeño)			31. Pulimiento de agregados 32. Popouts 33. Bombeo 34. Punzonamiento 35. Cruce vía férrea 36. Desconchamiento 37. Retracción 38. Descascaramiento de esquina 39. Descascaramiento de junta					
Nº FALLA	SEVERIDAD	NO. DE LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO				
22	L	3	18,75	12,1				
23	L	1	6,25	3,5				
28	L	3	18,75	7,9				
31	*	2	12,5	2,1				
32	L	3	18,75	3,5				
CALCULO PCI								
#	VALORES DEDUCIDOS					TOTAL	Q	VDC
1	12,1	7,9	3,5	3,5	2,1	29,1	5	11
2	12,1	7,9	3,5	3,5	2	29	4	26
3	12,1	7,9	3,5	2	2	27,5	3	27
4	12,1	7,9	2	2	2	26	2	21
5	12,1	2	2	2	2	20,1	1	20
						MAX VDC		27
PCI=100 – 27 =73								

Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO: **MUY BUENO**



4.11.1 Observaciones muestra 10 – abscisa 0+360 / 0+400

- En esta muestra visualizamos las siguientes fallas del pavimento rígido son: grieta de esquina, losa dividida, grieta lineal, pulimiento de agregados y popouts.
- El valor deducido de condición máximo es 27, usando la gráfica del uso de las curvas “Valor de deducción corregida”.
- Se observa un índice de condición de pavimento de 73, que revisando el manual del Pci, los rangos de calificación del Pci nos indica que es Muy Bueno.
- En la foto 10 que se presenta a continuación, se puede apreciar la falla más representativa de la unidad de muestra 10. Que es losa dividida.

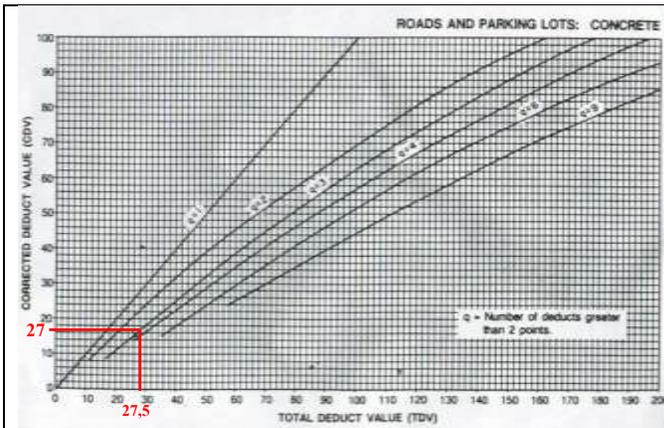


Ilustración 10: Valor Deducido Total vs Valor Deducido Corregido



Figura 21: Losa Dividida

Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

4.12 Tramo 11 – abscisa desde 0+400 / 0+440

EVALUADO POR:	Lema Alex & Figueroa Santo	ZONA:	Calle 47 S - E	FECHA: 10/01/2025	
ABSCISA INICIAL:	0 + 400	UNIDAD DE MUESTREO:	11	ESQUEMA	
ABSCISA FINAL:	0 + 440	NUMERO DE LOSAS:	16		
TIPOS DE FALLAS					
21. Blow up/ buckling 22. Grieta de esquina 23. Losa dividida 24. Grieta de ductilidad "d" 25. Escala 26. Sello de junta 27. Desnivel carril/berma 28. Grieta lineal 29. Parcheo (grande) 30. Parcheo (pequeño)			31. Pulimiento de agregados 32. Popouts 33. Bombeo 34. Punzonamiento 35. Cruce vía férrea 36. Desconchamiento 37. Retracción 38. Descascaramiento de esquina 39. Descascaramiento de junta		
Nº FALLA	SEVERIDAD	NO. DE LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
32	L	4	25	4,5	
36	M	2	12,5	19,1	
CALCULO PCI					
#	VALORES DEDUCIDOS		TOTAL	Q	VDC
1	19,1	4,5	23,6	2	19
2	19,1	2	21,1	1	21
			MAX VDC		21
PCI=100 – 21 = 79					



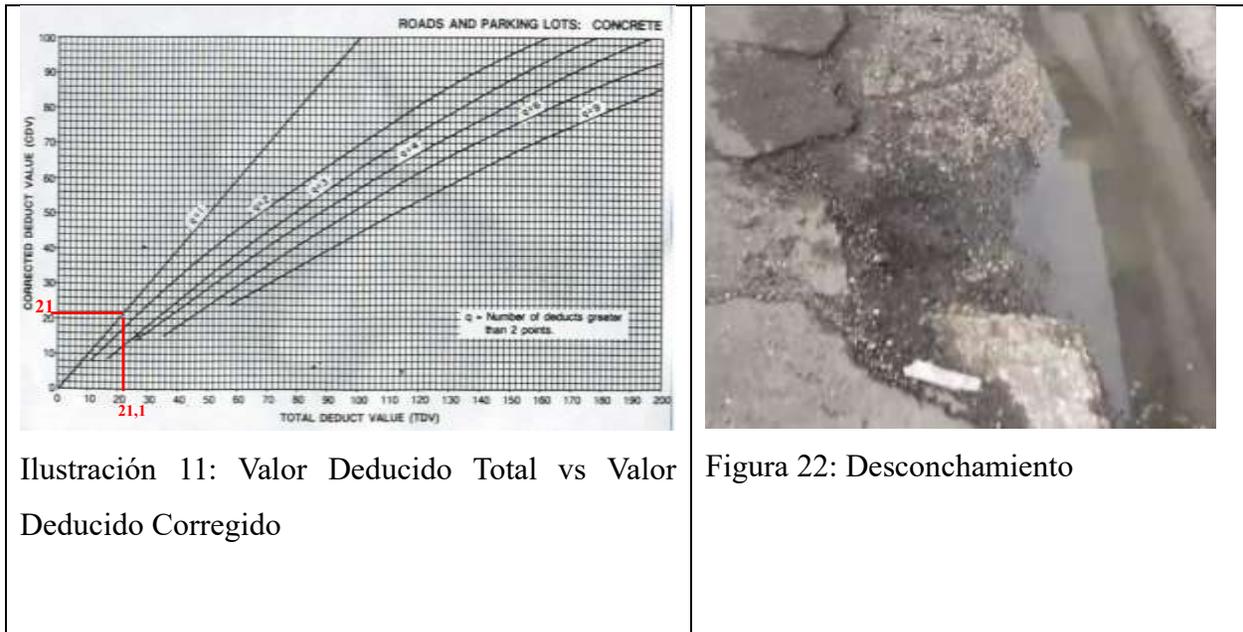
Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO: **MUY BUENO**



4.12.1 Observaciones muestra 11 – abscisa 0+400 / 0+440

- En esta muestra visualizamos las siguientes fallas del pavimento rígido son: Popouts y desconchamiento.
- El valor deducido de condición máximo es 21, usando la gráfica del uso de las curvas “Valor de deducción corregida”.
- Se observa un índice de condición de pavimento de 79, que revisando el manual del Pci, los rangos de calificación del Pci nos indica que es Muy Bueno.
- En la figura 22 que se presenta a continuación, se puede apreciar la falla más representativa de la unidad de muestra 11. Es desconchamiento.



Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

4.13 Tramo 12 – abscisa desde 0+440 / 0+475

EVALUADO POR:	Lema Alex & Figueroa Santo	ZONA:	Calle 47 S - E		FECHA:	10/01/2025		
ABSCISA INICIAL:	0 + 440	UNIDAD DE MUESTREO:	12		ESQUEMA			
ABSCISA FINAL:	0 + 475	NUMERO DE LOSAS:	14					
TIPOS DE FALLAS								
21. Blow up/ buckling 22. Grieta de esquina 23. Losa dividida 24. Grieta de ductilidad "d" 25. Escala 26. Sello de junta 27. Desnivel carril/berma 28. Grieta lineal 29. Parcheo (grande) 30. Parcheo (pequeño)		31. Pulimiento de agregados 32. Popouts 33. Bombeo 34. Punzonamiento 35. Cruce vía férrea 36. Desconchamiento 37. Retracción 38. Descascaramiento de esquina 39. Descascaramiento de junta						
Nº FALLA	SEVERIDAD	NO. DE LOSAS	DENSIDAD (%)					VALOR DEDUCIDO
29	L	7	50,00					19,1
32	L	4	28,57					4,5
36	L	1	7,14					2,1
CALCULO PCI								
#	VALORES DEDUCIDOS			TOTAL	Q	VDC		
1	19,1	4,5	2,1	25,7	3	15		
2	19,1	4,5	2	25,6	2	20		
3	19,1	2	2	23,1	1	22		
				MAX VDC		22		
PCI=100 – 22 = 78								

Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO: **MUY BUENO**



4.13.1 Observaciones muestra 12 – abscisa 0+440 / 0+475

- En esta muestra visualizamos las siguientes fallas del pavimento rígido son: parcheo Grande, popouts y desconchamiento.
- El valor deducido de condición máximo es 22, usando la gráfica del uso de las curvas “Valor de deducción corregida”.
- Se observa un índice de condición de pavimento de 78, que revisando el manual del Pci, los rangos de calificación del Pci nos indica que es Muy Bueno.
- En la figura 23 que se presenta a continuación, se puede apreciar la falla más representativa de la unidad de muestra 12. Es desconchamiento.

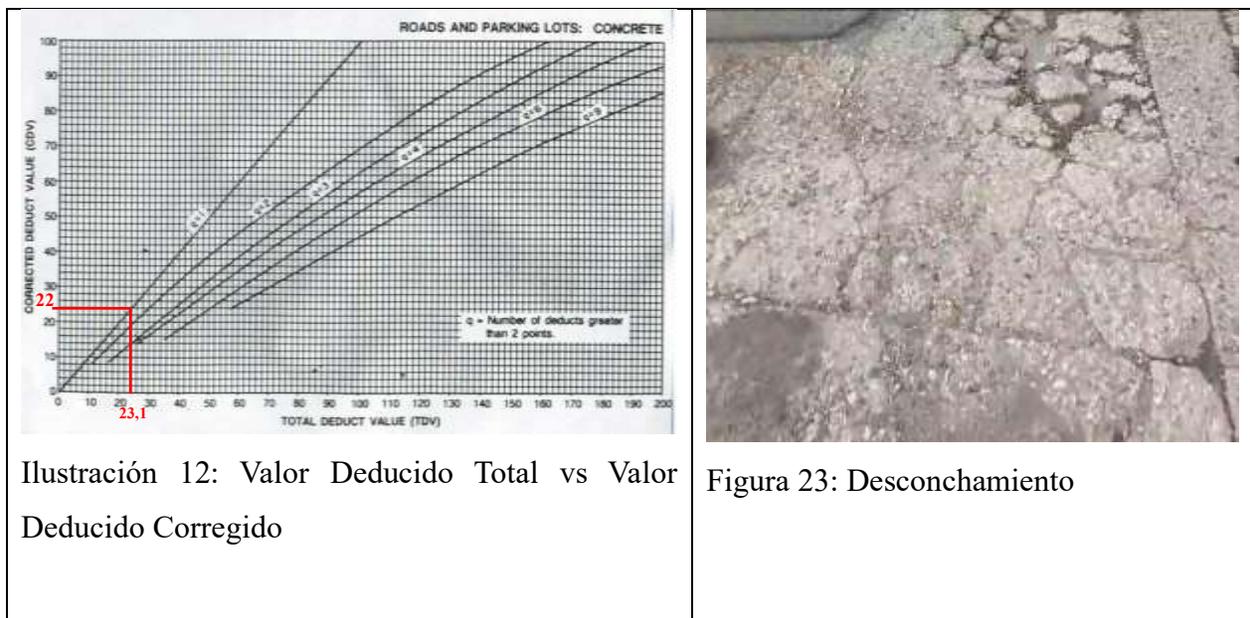


Figura 23: Desconchamiento

Elaborado por Lema & Figueroa, 2025

4.14 Recopilación de información de campo

La información obtenida en campo sobre las diferentes fallas presentes en la calle analizada, donde se realizó un análisis visual de las fallas en el tramo de esta calle, utilizando el formato del tramo que se encuentra detallado en el capítulo 3, este formato podemos ver los diferentes tipos de fallas y sus características.

Parqueo Grande (12.68%) y Grieta Lineal (12.68%): Estas dos fallas son las más frecuentes en el análisis, lo que sugiere que las reparaciones y el desgaste estructural son recurrentes. El parqueo grande, que representa una porción significativa, implica que hay áreas donde las intervenciones mayores son necesarias para asegurar la durabilidad de la pavimentación. La grieta lineal también es preocupante, ya que puede reflejar problemas en la distribución de cargas o en la resistencia del material a esfuerzos prolongados.

Foto 7: Parqueo grande



Nota: Se refiere a reparaciones extensas en el pavimento que cubren áreas significativas afectadas por daños severos, tomado por Lema & Figueroa, 2025

Pulimiento de Agregados (14.08%): Esta falla, que es la de mayor porcentaje, sugiere que los agregados en la mezcla están siendo sometidos a desgaste o alteración, probablemente debido a las condiciones ambientales o al uso excesivo. El pulimiento de agregados puede llevar a una pérdida de adherencia entre los materiales, afectando la estabilidad de la pavimentación y requiriendo reparaciones frecuentes.

Foto 8: Pulimiento de agregados



Nota: podemos identificar en gran parte de la calle con este tipo de falla, tomado por Lema & Figueroa, 2025

Grieta de Esquina (11.27%): Este tipo de falla se presenta con una frecuencia considerable, lo que indica que las esquinas de la estructura o pavimentación no están resistiendo adecuadamente las tensiones y cargas. Las grietas en las esquinas son áreas de alta vulnerabilidad que pueden propagarse rápidamente si no se reparan a tiempo, lo que podría resultar en daños más extensos.

Foto 9: Grieta de Esquina



Nota: es un tipo de falla que se presenta en las losas de pavimento rígido, caracterizada por fracturas que inician en una esquina y suelen extenderse debido a cargas pesadas, tomado por Lema & Figueroa, 2025.

Desconchamiento (9.86%): El desconchamiento es otro problema significativo que afecta la durabilidad de la superficie. Esta falla puede ser resultado de la exposición continua a factores climáticos, como humedad o temperaturas extremas, que afectan la cohesión del material.

Foto 10: Desconchamiento



Nota: El desconchamiento es una falla superficial del pavimento, caracterizada por la pérdida de pequeñas porciones del material, generalmente alrededor de juntas o grietas, causada por desgaste, tráfico pesado o condiciones climáticas extremas, tomado por Lema & Figueroa, 2025.

Losa Dividida (8.45%) y Popouts (8.45%): Ambos son tipos de fallas estructurales que pueden indicar una deficiencia en la calidad del material o en la ejecución de la obra. Las losas divididas pueden ser consecuencia de movimientos térmicos o de expansión, mientras que los popouts son pequeños desprendimientos del concreto, a menudo relacionados con la presencia de agregados de baja calidad o con condiciones de exposición extremas.

Foto 11: Losa dividida



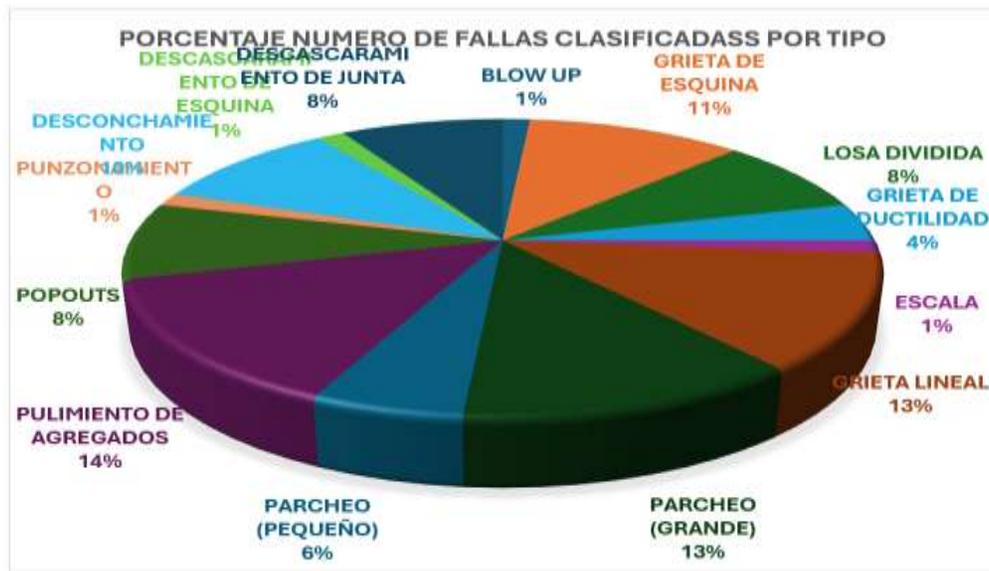
Nota: ocurre cuando una losa de pavimento rígido se fractura en dos o más partes debido a cargas excesivas, retracción por cambios de temperatura, o fallas en la base que generan movimientos diferenciales, tomado por Lema & Figueroa, 2025.

Grieta de Ductilidad (4.23%): Esta es una falla menos común, pero no menos relevante. Las grietas de ductilidad se producen cuando el material ya ha alcanzado su límite de deformación sin haber alcanzado su punto de ruptura. Este tipo de daño puede ser más común en pavimentaciones sometidas a esfuerzos repetidos o cambios bruscos en las condiciones climáticas.

Parcheo Pequeño (5.63%): Aunque el porcentaje es menor, las reparaciones pequeñas siguen siendo importantes, ya que indican áreas donde se están realizando intervenciones para mantener la funcionalidad de la pavimentación. Estos parches pequeños, si se dejan sin atención, pueden acumularse y generar un desgaste generalizado.

Descascaramiento de Esquina (1.41%) y Blow Up (1.41%): Estas son fallas menores, pero aun así pueden indicar problemas con la resistencia y la durabilidad de las esquinas y los puntos críticos del pavimento. Un "blow up" es una expansión repentina de concreto, generalmente provocada por el calor o la humedad, y el descascaramiento de esquina refleja un daño estructural en las áreas de contacto de la pavimentación.

Figura 24: Porcentaje número de fallas clasificadas por tipo



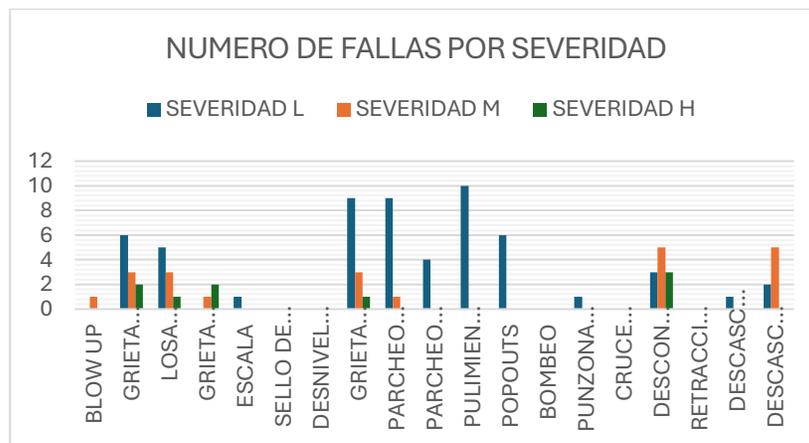
Nota: se puede observar que los niveles de severidad (L) son las que presentan en gran cantidad, mientras que con un nivel de severidad alto(H) es casi escaso o nulo en los tipos de fallas observadas, elaborado por Lema & Figueroa, 2025.

Tabla 14: Fallas de Pavimento Rígido por su Severidad

FALLAS DE PAVIMENTO RIGIDO	SEVERIDAD		
	L	M	H
BLOW UP	0	1	0
GRIETA DE ESQUINA	6	3	2
LOSA DIVIDIDA	5	3	1
GRIETA DE DUCTILIDAD	0	1	2
ESCALA	1	0	0
SELLO DE JUNTA	0	0	0
DESNIVEL CARRIL	0	0	0
GRIETA LINEAL	9	3	1
PARCHEO (GRANDE)	9	1	0
PARCHEO (PEQUEÑO)	4	0	0
PULIMIENTO DE AGREGADOS	10	0	0
POPOUTS	6	0	0
BOMBEO	0	0	0
PUNZONAMIENTO	1	0	0
CRUCE VIA FERREA	0	0	0
DESCONCHAMIENTO	3	5	3
RETRACCION	0	0	0
DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA	1	0	0
DESCASCARAMIENTO DE JUNTA	2	5	0

Elaborado por (Lema & Figueroa, 2025)

Figura 25: Numero de daños clasificado por su severidad



Elaborado por (Lema & Figueroa, 2025)

5 CONCLUSIONES

En cumplimiento con el objetivo general de este trabajo de titulación, relacionado con los deterioros del pavimento rígido de la calle 47 S-E, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

Se llevó a cabo una inspección visual general de la carretera en evaluación, la cual había sido restaurada previamente utilizando técnicas inadecuadas. En lugar de haber resuelto los problemas existentes, las intervenciones aplicadas generaron nuevos deterioros, lo que plantea serias dudas sobre la efectividad y seguridad de la ruta. Esto subraya la importancia de seguir las normativas y procedimientos adecuados para realizar una reparación eficiente y duradera del pavimento.

Se utilizó el método del índice de condición del pavimento (PCI) para determinar la condición del pavimento, que proporciona una evaluación y clasificación integral del pavimento. La inspección visual tiene una desventaja inherente al método, a saber, que se pesa toda la pieza que se inspecciona, lo que puede pasar por alto cualquier daño importante. Por lo tanto, se decidió evaluar un área de la calle 47 S-E y considerar doce muestras. Durante la inspección visual se identificaron algunos signos específicos de daños que fueron relevantes e importantes de resaltar.

En términos generales, se identificaron tres tipos de deterioros que han afectado principalmente el área de estudio, los cuales son: pulimiento de agregados (14%), grieta lineal (13%) y losa dividida (8%), como podemos ver el pulimiento de agregados se encuentra presente en la mayoría de los tramos evaluados, No se ha considerado significativo debido a su bajo valor de deducción, además de que es un deterioro que no compromete la estructura del pavimento.

El área de investigación es de 5605 m², en la apreciación de las fallas del pavimento rígido se realizó 12 muestras de estudio y cálculos, se determinó las fallas más comunes son:

El pulimiento de agregados, sin embargo no se ha considerado relevante debido a su bajo impacto en los valores de deducción y porque se trata de un deterioro que no compromete la estructura del pavimento.

Losa dividida con un nivel de severidad alta, media y baja.

Grieta Lineal con su nivel de severidad alta, media y baja.

De los resultados obtenidos en el tramo de la calle 47 S-E, se tiene la siguiente información:

Indicando que el Método de índice de condición de pavimento de esta calle es de: 62, lo que sugiere que es necesario llevar a cabo intervenciones de mantenimiento o rehabilitación para evitar un mayor daño. Este valor refleja que, aunque no es el peor estado posible, el pavimento requiere atención urgente para asegurar su funcionalidad y prolongar su vida útil.

Existe dos muestras del índice de condición del pavimento muy bajos son: Muestra 2: 14 “Muy Malo” y muestra 1: 26 “Malo”, esto se debe a la circulación de vehículos pesados para la distribución de la planta Fabril S-E.

De las alternativas propuestas, se concluyó que el método de reparación más económico es el sellado de grietas y costuras, ya que este proceso ayuda a frenar la progresión del deterioro del pavimento. Al sellar las grietas, se previene la entrada de agua y otros agentes que podrían agravar el daño. Una vez realizadas estas reparaciones, se puede proceder con la colocación de una capa de asfalto, lo que mejora la resistencia y la durabilidad del pavimento, optimizando los costos de mantenimiento a largo plazo.

Cabe señalar que al final de esta evaluación, quedó claro que la alternativa de parcheo de asfalto se había utilizado para reparar varios daños en la calle 47 S-E. Sin embargo, este método

crea obstáculos en el camino e incómoda a los usuarios porque no se siguen los procedimientos correctos. La falta de trabajos de reparación integral y completos ha provocado un deterioro progresivo del estado de las carreteras, lo que afecta a la calidad y seguridad de estas.

6 RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar inspecciones periódicas de las vías para evaluar el nivel de severidad de los daños que puedan surgir, con el propósito de aplicar un plan de mantenimiento preventivo o rutinario. En este caso la calle 47 S-E se recomienda con mayor prioridad la evaluación y reparación desde la abscisa 0+000 hasta la abscisa 0+320 Debido a la baja calificación obtenida mediante el método PCI, es necesario tomar medidas para prevenir que los deterioros de alta severidad aumenten el riesgo de condiciones peligrosas.

Para asegurar una evaluación funcional adecuada de la avenida, es fundamental que el inspector tenga un conocimiento sólido del método y esté familiarizado con las normativas nacionales que una vía debe cumplir para su correcto funcionamiento. Durante el proceso de reparación de la vía, se debe implementar un control riguroso para garantizar la calidad del trabajo y confirmar que se ha resuelto la causa del deterioro.

La reparación mediante parcheo con material asfáltico, elegida debido al alto tráfico en la vía, debe ser reconsiderada cuidadosamente, ya que es una solución superficial que no aborda todos los daños presentes. Para futuros trabajos en la vía, se sugiere utilizar hormigón con características similares en calidad y resistencia al existente, dado que muchos de los deterioros actuales se originan a partir de reparaciones previas del alcantarillado. Además, es esencial contar con expedientes técnicos, considerar los factores ambientales y mantenerse actualizado con nuevas técnicas para la construcción y mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Agrio, A. d.-L. (2011). <https://repositoriobe.espe.edu.ec/server/api/core/bitstreams/adb76888-f356-4da3-8e4a-7a548b99f77d/content>. Obtenido de Se identifican y analizan los factores que contribuyen al deterioro de los pavimentos en esta vía específica. .
- Anuncio del proyecto “Mantenimiento y provisión de infraestructura vial, e. e. (2024). <https://www.guayaquil.gob.ec/anuncio-proyecto-mantenimiento-provision-infraestructura-vial-electrica-hidrosanitaria-desarrollo-urbano-sostenible-pascuales>. Obtenido de municipio de guayaquil.
- Bobadilla Delgado, M. I.-0.-8.-7. (2021). https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/70288/Bobadilla_DMI-Vasquez_VSDC-SD. Obtenido de Evaluación del pavimento rígido utilizando el método PCI en la avenida San Ignacio y jirón Comercio, San Ignacio, Cajamarca, 2021.
- Briones, E. d. (2024). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/28716/1/UPS-GT005592>. Obtenido de Este documento analiza las fallas presentes en la vía mencionada y propone soluciones basadas en la metodología PCI. .
- Cañar, E. d.-Z. (27 de septiembre de 2017). https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/08/LOTAIP_7_ESTUDIOS-ZHUD_BIBLIAN. Obtenido de Se plantea la necesidad de establecer las posibles causas del deterioro existente en la vía y validar los resultados obtenidos en estudios previos. .
- Castillo Castillo, L. V. (2018). *Studocu*. Obtenido de Studocu: <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-tecnica-particular-de-loja/suelos/capa-subbase/3722986>
- Chauca Chauca, M. A., & Pomatoca Guamán, B. R. (2021). *Tesis*. Obtenido de Tesis: [file:///C:/Users/USER/Downloads/Chauca%20Chauca,%20%20M%20y%20Pomatoca%20Guam%C3%A1n%20Byron%20R%20,%20\(2022\)%20Evaluaci%C3%B3n%20del%20ciclo%20de%20vida%20del%20pavimento%20r%C3%ADgido%20y%20flexible%20en%20v%C3%ADas%20arteriales%20y%20colectoras%20de%20](file:///C:/Users/USER/Downloads/Chauca%20Chauca,%20%20M%20y%20Pomatoca%20Guam%C3%A1n%20Byron%20R%20,%20(2022)%20Evaluaci%C3%B3n%20del%20ciclo%20de%20vida%20del%20pavimento%20r%C3%ADgido%20y%20flexible%20en%20v%C3%ADas%20arteriales%20y%20colectoras%20de%20)
- Cuenca, P. d. (31 de marzo de 2021). <https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/a214b1cb-9bd3-4a78-a4d2-081f10889081>. Obtenido de Universidad de Cuenca. Este trabajo propone un plan de intervención vial basado en la evaluación funcional del pavimento rígido y asfáltico en Cuenca, considerando la implementación de metodologías como el PCI.
- Deere, J. (2024). *Writgen Group*. Obtenido de Writgen Group: <https://www.wirtgen-group.com/es-ec/aplicaciones/construccion-de-carreteras/nueva-construccion-de-carreteras/construccion-de-capas-de-base/#:~:text=La%20capa%20base%20sirve%20como,permanecer%20%C3%BAtiles%20por%20muchas%20d%C3%A9cadas>.

- Ecuador., P. d. (2024). <https://www.presidencia.gob.ec/presidente-de-la-republica-asegura-el-mantenimiento-de-la-red-vial-estatal>. Obtenido de Presidente de la República asegura el mantenimiento de la red vial estatal.
- Esparza Villalba, C. A. (15 de Junio de 2009). *Slideshare*. Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/slideshow/capas-de-rodadura-semana-14/1588288#3>
- Evaluación superficial de pavimento flexible, M. P. (11 de octubre de 2022). <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4294>. Obtenido de El objetivo principal de este proyecto es evaluar el estado actual del pavimento flexible de la calle mencionada utilizando el método PCI.: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4294>
- Flexible, A. c. (2024). Obtenido de Se determinan las condiciones del pavimento flexible a través del Índice de Condición del Pavimento (PCI) y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI).: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/27921>
- Giordani, C., & Leone, D. (s.f.). *Pavimentos*. Obtenido de Pavimentos: https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_ano/civil1/files/IC%20I-Pavimentos.pdf
- Gobierno, N. (8 de diciembre de 2016). *Un cambio integral en la vialidad del Ecuador El camino continúa*. Obtenido de https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/12/PR_Vialidad-del-Ecuador.pdf?utm_source
- Gualli Yuquilema, T. (Mayo de 2023). *Tesis*. Obtenido de Tesis: <file:///C:/Users/USER/Desktop/TESIS/TESIS.pdf>
- Guaranda, E. d. (2019). <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/789455a2-d807-4f5c-b07b-e1a025d0705e/content>. Obtenido de Se utiliza el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para determinar el estado superficial de la capa de rodadura. .
- Guayaquil., M. d. (2024). <https://www.guayaquil.gob.ec/obras-infraestructura-urbanismo-desarrollo-guayaquil>. Obtenido de Obras para 2025: Infraestructura, urbanismo y desarrollo en Guayaquil. .
- Guayaquil., M. d. (2025). <https://www.guayaquil.gob.ec/obras-infraestructura-urbanismo-desarrollo-guayaquil>. Obtenido de Obras para 2025: Infraestructura, urbanismo y desarrollo en Guayaquil.
- Jipijapa, E. s.-N. (20 de septiembre de 2023). https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5849?utm_source. Obtenido de Universidad Estatal del Sur de Manabí. Este proyecto de investigación determina el estado del pavimento en la avenida Quito de Jipijapa mediante el método PCI,

identificando las fallas presentes y proponiendo soluciones.:
<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5849>

Juan, U. d. (2024).

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/14008/2/IV_FIN_105_TE_Alonzo_Lanado_2023. Obtenido de El estudio adopta un diseño de investigación mixta, integrando enfoques tanto cuantitativos como cualitativos para evaluar la funcionalidad del pavimento.

Lucero Caiminagua, W. P. (2022). *Metodología para evaluación de pavimentos flexibles de vías urbanas, estudio de caso Ciudad de Pasaje año 2020 [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Machala.*

Martinez Alarcon, C. A. (2 de Diciembre de 2015). *Articulo*. Obtenido de Articulo:
<https://core.ac.uk/download/pdf/143452144.pdf>

Martinez Celis, L. E. (27 de Noviembre de 2024). *El Ingeniero*. Obtenido de El Ingeniero:
<https://noticiaselingeniero.com/que-es-el-pavimento-rigido/>

Martínez, F. L. (25 de Junio de 2009). *Dialnet*. Obtenido de Dialnet:
[file:///C:/Users/USER/Downloads/Dialnet-AnalisisCualitativoDelFlujoDeAguaDeInfiltracionPar-5051954%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/Dialnet-AnalisisCualitativoDelFlujoDeAguaDeInfiltracionPar-5051954%20(1).pdf)

Maura, C. A. (2019). *Factores que inciden en la siniestralidad vial en el Ecuador*. Obtenido de
<http://portal.amelica.org/ameli/journal/438/4382760013/>

Modelo de predicción de la condición de pavimento en base al PCI, t. y. (2018).
<https://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/21813>. Obtenido de Se desarrolla un modelo de predicción de la condición del pavimento considerando el PCI, el tiempo y el volumen de tráfico. : <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/21813>

Moreira, J. J. (enero de 2021). Obtenido de
https://www.researchgate.net/publication/334432924_Impact_of_traffic_loads_on_flexible_pavements_considering_Ecuador%27s_traffic_and_pavement_condition

Mtop, m. d. (2020). *Operación y Mantenimiento del corredor*. Obtenido de
https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/BFBJ_MTOP_Anexo-2-Indicadores-de-calidad.pdf

P. M. (13 de enero de 2025). Obtenido de <https://conexion.puce.edu.ec/carreteras-de-ecuador-en-mal-estado-cuales-son-las-causas/>

Paredes Alvarez, J. W. (2024). *TESIS*. Obtenido de TESIS:
http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/13075/1/Paredes%20A%2C%20Jorge%20W.%282024%29_An%C3%A1lisis%20del%20deterioro%20de%20las%20v%C3%ADas%20urbanas%20de%20asfalto%20del%20cant%C3%B3n%20Riobamba.pdf

- Pavimento, e. d. (2021). Obtenido de Este artículo analiza cómo la variabilidad en los datos iniciales puede afectar la evaluación de la condición del pavimento.: <https://novasineria.unach.edu.ec/index.php/novasineria/article/view/>
- PCI, D. d. (17 de octubre de 2022). <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4329>. Obtenido de Universidad Estatal del Sur de Manabí. Este estudio aplica la metodología PCI para evaluar el estado del pavimento en la calle Macará de Jipijapa, proporcionando datos para futuras intervenciones. : <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4329>
- Pérez, F. (11 de Diciembre de 2023). *CEMENTOS TORICES*. Obtenido de CEMENTOS TORICES: <https://cementostorices.com/blog/construccion/que-es-el-pavimento-tipos-y-caracteristicas/>
- Portoviejo, E. f. (2023). <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/ARTICULO+14+YACHASUN+2023-2>. Obtenido de El propósito de este estudio es evaluar la condición de los pavimentos flexibles en la red vial de Portoviejo utilizando técnicas de evaluación funcional.
- Públicas., M. d. (2024). <https://www.appecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2024/12/2024.09.30-Viaducto-Sur>. Obtenido de Viaducto Sur de Guayaquil.
- Públicas., M. d. (2024). <https://www.obraspublicas.gob.ec/mantenimiento-preventivo-en-la-via-guayaquil-santa-elena>. Obtenido de Mantenimiento preventivo en la vía Guayaquil – Santa Elena.
- Puga Álvarez, C. N. (2018). *Universidad de Cuenca*. Obtenido de Universidad de Cuenca: [file:///C:/Users/USER/Desktop/Lema%20Alex/Integracion%20curricular/tesis%20a%20borrador/tesis%20de%20guia/Trabajo-de-Titulaci%C3%B3n%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USER/Desktop/Lema%20Alex/Integracion%20curricular/tesis%20a%20borrador/tesis%20de%20guia/Trabajo-de-Titulaci%C3%B3n%20(1).pdf)
- Quevedo, E. f. (2023). <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/ARTICULO+14+YACHASUN+2023-2%20>. Obtenido de Publicado en Yachasun, Revista Científica Pluridisciplinaria, Vol. 5, Núm. 1, pp. 1-15. Este artículo presenta una evaluación funcional del pavimento en la parroquia San Cristóbal, utilizando la metodología PCI para determinar su estado y necesidades de m.
- Riobamba, E. d. (2024). <https://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10104>. Obtenido de Se analizan los ciclos de vida de diferentes tipos de pavimentos en vías urbanas para determinar su durabilidad y eficiencia. .
- Rodríguez Triviño Melania Salomé, S. L. (13 de noviembre de 2024). *Evaluación del pavimento flexible mediante método PCI y fotogrametría aérea en la vía San Antonio – Chone. Dominio De Las Ciencias*. Obtenido de <https://doi.org/10.23857/dc.v10i4.4093>.
- Salomé, R. T. (13 de noviembre de 2024). Obtenido de Evaluación del pavimento flexible mediante método PCI: <https://doi.org/10.23857/dc.v10i4.4093>

- Sevan, P. (9 de Mayo de 2019). *SCRIBD*. Obtenido de SCRIBD:
<https://es.scribd.com/document/409330160/Manual-PCI-ASTM-D-6433-pdf>
- Sucre, D. d. (20 de julio de 2017). <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000>. Obtenido de Este trabajo aplica la metodología PCI para evaluar el estado del pavimento en la zona mencionada. .
- Tellez, L. (18 de Septiembre de 2018). *Slideshare*. Obtenido de Slideshare:
<https://es.slideshare.net/slideshow/evaluacion-superficial-de-pavimentos-flexibles/115254431>
- Toscano, J. (28 de noviembre de 2024). *Infraestructuras vial en Ecuador: proyectos en cursos y desafios futuros*. Obtenido de <https://www.pucesa.edu.ec/infraestructura-vial-en-ecuador/>.
- Valeriano, W. (2021). *UDocZ*. Obtenido de UDocZ:
<https://www.udocz.com/apuntes/716602/indice-de-condicion-del-pavimento>
- Vargas, Y. (17 de Octubre de 2014). *Slideshare*. Obtenido de Slideshare:
<https://es.slideshare.net/slideshow/presentacion-pavement-condition-index-pci/40422400>
- Vasquez, L. (Febrero de 2002). *Articulo*. Obtenido de Articulo:
<https://sjnavarro.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/08/manual-pci1.pdf>
- Vizir, E. d. (2024). Obtenido de Este estudio compara dos metodologías de inspección visual para evaluar pavimentos asfálticos en sectores del cantón Salinas.:
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6505>

8 ANEXOS

Anexo 1: Formato para evaluar el estado de carreteras con pavimento asfáltico.

	Universidad Politécnica Salesiana				
	María Auxiliadora				
	Guayaquil				
	APLICACIÓN DEL METODO DEL PCI EN LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CALLE 47 S-E DESDE LA PLANTA FABRIL S.A. HASTA LA AV. DOMINGO COMIN EN EL CANTON GUAYAQUIL				
ZONA:		ABSCISA INICIAL		FECHA:	
CODIGO VIA:		ABSCISA FINAL			
UNIDAD DE MUESTREO:				ESQUEMA	
AREA MUESTREO(M2):					
INSPECCIONADA POR:					
TIPOS DE FALLAS					
1. Piel de cocodrilo. 2. Exudación. 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y hundimientos. 5. Corrugación. 6. Depresión. 7. Grieta de borde. 8. Grieta de reflexión de junta. 9. Desnivel carril I berma. 10. Grietas Long y transversal.		11. Parcheo. 12. Pulimento de agregados. 13. Huecos. 14. Cruce de vía férrea. 15. Ahuellamiento. 16. Desplazamiento 17. Grieta parabólica (slippage) 18. Hinchamiento. 19. Desprendimiento de agregados.			
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO

Elaborado por (Lema & Figueroa, Formato Pci, 2024)

Anexo 2: Formato para evaluar el estado de carreteras con pavimento rígido.

	Universidad Politécnica Salesiana						
	María Auxiliadora						
	Guayaquil						
	APLICACIÓN DEL METODO DEL PCI EN LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA CALLE 47 S-E DESDE LA PLANTA FABRIL S.A. HASTA LA AV. DOMINGO COMIN EN EL CANTON GUAYAQUIL						
EVALUADO POR:		ZONA:		FECHA:			
ABSCISA INICIAL:		UNIDAD DE MUESTREO:		ESQUEMA			
ABSCISA FINAL:		NUMERO DE LOSAS:					
TIPOS DE FALLAS							
21. BLOW UP/ BUCKLING 22. GR IETA DE ESQUINA. 23. LOSA DIVIDIDA 24. GR IETA DE DUCTILIDAD "D" 25. ESCALA 26. SELLO DE JUNTA 27. DESNIVEL CARRIL/BERMA 28. GR IETA LINEAL 29. PARCHEO (GRANDE) 30. PARCHEO (PEQUEÑO)			31. PULIMIENTO DE AGREGADOS 32. POPOUTS 33. BOMBEO 34. PUNZONAMIENTO 35. CRUCE VÍA FERREA 36. DESCONCHAMIENTO 37. RETRACCIÓN 38. DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA 39. DESCASCARAMIENTO DE JUNTA				
N. FALLA	SEVERIDAD	NO. DE LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO			
					O+0		
CALCULOS DEL PCI							
#	VALORES DEDUCIDOS				TOTAL	Q	CD
					MAX CDV		
PCI=100- Max CDV PCI= 100							

Elaborado por (Lema & Figueroa, Formato Pci, 2024)

Anexo 3: Fotografías de la Calle 47 S-E



Ilustración 13: Pulimiento de agregados – m 0+000 – 0+010



Ilustración 14: Grieta lineal – m 0+000 – 0+010



Ilustración 15: Grieta de Esquina – m 0+000 – 0+010



Ilustración 16 : Losa dividida – m 0+000 – 0+010



Ilustración 17 : Grieta Lineal – m 0+010 – 0+020



Ilustración 18 : Pulimiento de agregados m 0+010 – 0+020



Ilustración 19 : Pulimiento de agregados – m 0+020 – 0+030



Ilustración 20 : Grieta lineal – m 0+020 – 0+030



Ilustración 21 : Losa dividida – m 0+030 – 0+040



Ilustración 22 : pulimiento de agregados – m 0+030 – 0+040



Ilustración 23 : Grieta Lineal – m 0+030 – 0+040



Ilustración 24 : Pulimiento de agregados m 0+040 – 0+050



Ilustración 25 : Grieta Lineal – m 0+040 – 0+050



Ilustración 26 : Losa dividida – m 0+040 – 0+050



Ilustración 27 : Grieta de Esquina – m 0+040 – 0+050



Ilustración 28 : Desconchamiento – m 0+040 – 0+050



Ilustración 29 : Grieta Lineal – m 0+050 – 0+060



Ilustración 30 : parcheo grande m 0+050 – 0+060



Ilustración 31 : Desconchamiento – m 0+050 – 0+060



Ilustración 32 : Losa dividida – m 0+050 – 0+060



Ilustración 33 : pulimiento de agregados – m 0+060 – 0+080



Ilustración 34 ;; Grieta de esquina – m 0+060 – 0+080



Ilustración 35 : Grieta Lineal – m 0+060 – 0+080



Ilustración 36 : Pulimiento de agregados m 0+080 – 0+100



Ilustración 37 : grieta Lineal – m 0+080 – 0+100



Ilustración 38 : Desconchamiento – m 0+080 – 0+100



Ilustración 39 : Ilustración 25: pulimiento de agregados – m 0+100 – 0+120



Ilustración 40: Desconchamiento – m 0+100 – 0+120



Ilustración 41 : parqueo grande – m 0+120 – 0+140

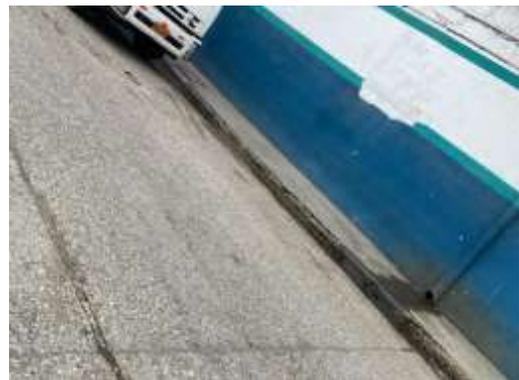


Ilustración 42 : Pulimiento de agregados m 0+120 – 0+140



Ilustración 43 : desconchamiento – m 0+120 – 0+140



Ilustración 44 : Descascaramiento de junta– m 0+120 – 0+140



Ilustración 45 : Desconchamiento – m 0+140 – 0+160



Ilustración 46 : pulimiento de agregados– m 0+140 – 0+160



Ilustración 47 : parcheo grande – m 0+140 – 0+160



Ilustración 48 : Pulimiento de agregados
m 0+160 – 0+180



Ilustración 49 : Grieta Lineal – m 0+160 –
0+180



Ilustración 50 : Pulimiento de agregados– m
0+180 – 0+220



Ilustración 51 : Desconchamiento – m 0+180 – 0+220



Ilustración 52 : Descascaramiento de junta – m 0+180 – 0+220



Ilustración 53 : Popouts – m 0+180 – 0+220



Ilustración 54 : Descascaramiento de junta - m 0+220 – 0+240



Ilustración 55 : parche grande – m 0+220 – 0+240



Ilustración 56 : Grieta lineal m 0+240 – 0+260



Ilustración 57 : pulimiento de agregados – m 0+240 – 0+260

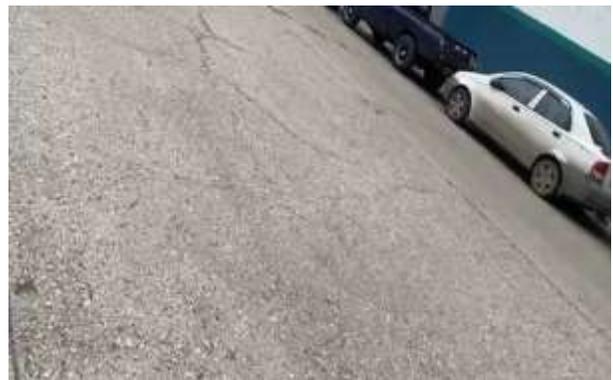


Ilustración 58 : pulimiento de agregados – m 0+260 – 0+280



Ilustración 59 : Grieta lineal – m 0+ 260 – 0+280



Ilustración 60 : parcheo grande - m 0+260 – 0+280



Ilustración 61 : Pulimiento de agregados – m 0+280 – 0+320



Ilustración 62: Descascaramiento de junta m 0+280 – 0+320



Ilustración 63 : Parcheo Grande – m 0+320 – 0+360



Ilustración 64 : pulimiento de agregados – m 0+360 – 0+400



Ilustración 65 : Grieta lineal – m 0+ 400 – 0+440



Ilustración 66 : Losa dividida - m 0+400 – 0+440



Ilustración 67 : Desconchamiento – m 0+440 – 0+475



Ilustración 68 : Popouts m 0+440 – 0+475



Ilustración 69 :Visualización de Fallas



Ilustración 70: Visualización de Fallas