

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL



**“DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
RÍGIDO EN EL JIRÓN COLONIAL DE LA CIUDAD DE
CAJAMARCA”**

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

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
ROBERTH ALBERTO RAICO HUARIPATA**

**ASESOR:
ING. WILLIAM PRÓSPERO QUIROZ GONZALES**

CAJAMARCA - PERÚ

2019

Copyright © 2019 by
Roberth Alberto Raico Huaripata
Todos los derechos reservados.

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme dado la vida, ser mi guía y protección en cada momento del largo camino de mi formación profesional.

A mis padres y toda mi familia

Por sus buenas enseñanzas, consejos y valores, por motivarme y recibir su constante apoyo incondicional a cada momento para poder lograr mis objetivos y metas, durante toda mi carrera universitaria y en mi vida.

A mis amigos y compañeros por su apoyo incondicional en el cumplimiento de esta investigación.

Raico Huaripata, Roberth A.

AGRADECIMIENTO

A Dios y toda mi familia, por su fortaleza y motivación día a día, con sus buenos deseos y ayuda mutua a lo largo de mi formación profesional.

A mi asesor, el Ing. William Próspero Quiroz Gonzales por su apoyo y orientación en el desarrollo de esta investigación.

A mis amigos quienes de una u otra manera me brindaron su ayuda y apoyo durante el desarrollo de esta investigación.

Raico Huaripata, Roberth A.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Hipótesis de la investigación.....	2
1.4. Justificación de la investigación.....	2
1.5. Alcances o delimitaciones de la investigación.....	2
1.6. Limitaciones.....	2
1.7. Objetivos.....	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes teóricos.....	4
2.1.1. Internacionales.....	4
2.1.2. Nacionales.....	5
2.1.3. Locales.....	5
2.2. Bases teóricas.....	7
2.2.1. Definición de pavimento.....	7
2.2.2. Tipos de pavimentos.....	7
2.2.3. Evaluación del pavimento.....	8
2.2.4. Tipo de fallas en pavimentos.....	9
2.2.5. Método del índice de condición del pavimento (PCI).....	10
2.3. Definición de términos básicos.....	37
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
3.1. Antecedentes de la vía a analizar.....	39
3.2. Ubicación de la zona de estudio.....	39
3.2.1. Ubicación política.....	39
3.2.2. Ubicación geográfica.....	40
3.3. Materiales e instrumentos.....	41

3.4. Datos de la vía a analizar.....	41
3.5. Operacionalización de variables.	42
3.6. Matriz de consistencia.....	43
3.7. Método a utilizar.....	44
3.7.1. Método del índice de condición del pavimento (PCI).	44
3.7.2. Ejemplo de aplicación método PCI.	46
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	50
4.1. Resultados.	50
4.1.1. Cálculo de las unidades de muestreo.	50
4.1.2. Selección de las unidades de muestreo.....	50
4.1.3. Evaluación del pavimento de las unidades de muestras.	50
4.1.4. Cálculo del PCI.	74
4.1.5. Fallas más frecuentes encontradas en las unidades de muestreo.	76
4.1.6. Determinación del valor del PCI del Jr. Colonial de la ciudad de Cajamarca.	77
4.2. Análisis y discusión.....	78
4.2.1. Causas que originan las fallas encontradas en la vía en estudio. ...	78
4.3. Propuesta de intervención.	81
4.4. Contrastación de hipótesis.....	82
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	83
5.1. Conclusiones.....	83
5.2. Recomendaciones.	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	84
ANEXOS.....	86
Anexo 1. Hoja de inspección para pavimentos de concreto.....	86
Anexo 2. Formato para las iteraciones del cálculo del CDV.	87
Anexo 3. Curvas para determinar el valor deducido de cada falla para pavimentos de concreto.	87
Anexo 4. Curva de corrección para determinar el valor deducido total CDV ..	90
Anexo 5. Cálculo del pci de las unidades de muestreo.....	91
Anexo 6. Panel fotográfico	106
Anexo 7. Planos	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Rangos de calificación del PCI.	10
Tabla 2: Niveles de severidad para losa dividida.....	14
Tabla 3: Niveles de severidad para falla por escala.	16
Tabla 4: Niveles de severidad para punzonamiento.....	26
Tabla 5: Niveles de severidad para los descascaramientos de esquina.....	30
Tabla 6: Niveles de severidad del descascaramiento de junta.....	31
Tabla 7: Coordenadas geográficas de los puntos de inicio y fin de la vía analizada.	41
Tabla 8: Coordenadas UTM de los puntos de inicio y fin de la vía analizada. .	41
Tabla 9: Características del tramo en estudio.	42
Tabla 10: Operacionalización de variables.....	42
Tabla 11: Matriz de consistencia.....	43
Tabla 12: Fallas encontradas en UM-01.....	46
Tabla 13: Valores deducidos en UM-01.....	47
Tabla 14: Valores deducidos corregido en UM-01.....	49
Tabla 15: Unidades de muestra a evaluar.....	51
Tabla 16: Fallas encontradas en UM-01.....	51
Tabla 17: Fallas encontradas en UM-02.....	53
Tabla 18: Fallas encontradas en UM-03.....	54
Tabla 19: Fallas encontradas en UM-04.....	56
Tabla 20: Fallas encontradas en UM-05.....	57
Tabla 21: Fallas encontradas en UM-06.....	59
Tabla 22: Fallas encontradas en UM-07.....	60
Tabla 23: Fallas encontradas en UM-08.....	62
Tabla 24: Fallas encontradas en UM-09.....	63
Tabla 25: Fallas encontradas en UM-10.....	65
Tabla 26: Fallas encontradas en UM-11.....	66
Tabla 27: Fallas encontradas en UM-12.....	68
Tabla 28: Fallas encontradas en UM-13.....	69
Tabla 29: Fallas encontradas en UM-14.....	71
Tabla 30: Fallas encontradas en UM-15.....	72
Tabla 31: Daños y severidad en cada unidad de muestreo.....	74
Tabla 32: Fallas más frecuentes en las unidades de muestreo.....	76
Tabla 33: Determinación del valor del PCI.....	77
Tabla 34: Tipo de fallas y causas que las producen.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de los elementos que conforman un pavimento rígido.....	7
Figura 2: Esquema de los elementos que conforman un pavimento flexible.	8
Figura 3: Comportamiento del pavimento frente a cargas de tránsito.....	8
Figura 4: Blow up – Buckling.....	12
Figura 5: Grieta en esquina.....	13
Figura 6: Losa dividida.....	14
Figura 7: Grieta de durabilidad “D”.....	15
Figura 8: Falla escala.....	16
Figura 9: Falla daño en el sello de junta.....	17
Figura 10: Falla desnivel carril / berma.....	18
Figura 11: Grietas lineales (longitudinales, transversales y diagonales).....	20
Figura 12: Falla parche grande.....	21
Figura 13: Falla parche pequeño.....	22
Figura 14: Pulimento de agregados.....	23
Figura 15: Popouts.....	24
Figura 16: Manifestaciones de falla por bombeo.....	25
Figura 17: Falla punzonamiento.....	26
Figura 18: Falla cruce en vía férrea.....	27
Figura 19: Falla desconchamiento, mapa de grietas,chaquelado.....	28
Figura 20: Grieta de retracción.....	29
Figura 21: Falla descascaramiento de esquina.....	30
Figura 22: Falla descascaramiento de junta.....	32
Figura 23: Ubicación del distrito de Cajamarca a nivel nacional y departamental.	39
Figura 24: Ubicación del distrito de Cajamarca.....	40
Figura 25: Delimitación del tramo en estudio.....	40
Figura 26: Gráfico de la falla parche grande.....	47
Figura 27: Gráfico de los valores deducidos corregidos.....	49
Figura 28: Densidad de cada una de las fallas de UM-01.....	52
Figura 29: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-01.....	52
Figura 30: Densidad de cada una de las fallas de UM-02.....	53
Figura 31: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-02.....	54
Figura 32: Densidad de cada una de las fallas de UM-03.....	55

Figura 33: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-03.....	55
Figura 34: Densidad de cada una de las fallas de UM-04.	56
Figura 35: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-04.....	57
Figura 36: Densidad de cada una de las fallas de UM-05.	58
Figura 37: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-05.....	58
Figura 38: Densidad de cada una de las fallas de UM-06.	59
Figura 39: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-06.....	60
Figura 40: Densidad de cada una de las fallas de UM-07.	61
Figura 41: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-07.....	61
Figura 42: Densidad de cada una de las fallas de UM-08.	62
Figura 43: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-08.....	63
Figura 44: Densidad de cada una de las fallas de UM-09.	64
Figura 45: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-09.....	64
Figura 46: Densidad de cada una de las fallas de UM-10.	65
Figura 47: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-10.....	66
Figura 48: Densidad de cada una de las fallas de UM-11.	67
Figura 49: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-11.....	67
Figura 50: Densidad de cada una de las fallas de UM-12.	68
Figura 51: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-12.....	69
Figura 52: Densidad de cada una de las fallas de UM-13.	70
Figura 53: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-13.....	70
Figura 54: Densidad de cada una de las fallas de UM-14.	71
Figura 55: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-14.....	72
Figura 56: Densidad de cada una de las fallas de UM-15.	73
Figura 57: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-15.....	73
Figura 58: Fallas que afectan más la vía.....	75
Figura 59: Porcentaje de los estados de la vía.....	75
Figura 60: Fallas más frecuentes.	76
Figura 61: Clasificación de acciones de mantenimiento según PCI.....	81
Figura 62: Inspección y registro del tipo de fallas que existe en el jirón Colonial.	106
Figura 63: Toma de datos y determinación del tipo de falla en el pavimento por parte del asesor.	106

Figura 64: Visualizando para determinar el tipo de falla y midiendo para ver su nivel de severidad.	106
Figura 65: Pulimento de agregados existente en la mayoría de las losas.	107
Figura 66: Parche grande existente en las losas de severidad baja.	107
Figura 67: Parche grande existente en las losas de severidad media.	107
Figura 68: Descascaramiento de esquina existente en las losas de severidad baja.	108
Figura 69: Descascaramiento de esquina existente en las losas de severidad media.	108
Figura 70: Descascaramiento de junta existente en las losas de severidad baja.	108
Figura 71: Descascaramiento de junta existente en las losas de severidad media.	108
Figura 72: Grieta de esquina existente en las losas de severidad baja.	109
Figura 73: Grieta de esquina existente en las losas de severidad media.	109
Figura 74: Grieta de esquina existente en las losas de severidad alta.	109
Figura 75: Grieta longitudinales existente en las losas de severidad baja.	110
Figura 76: Grieta longitudinales existente en las losas de severidad media. ..	110
Figura 77: Grieta de retracción existente en las losas.	110
Figura 78: Parche pequeño existente en las losas de severidad baja.	111
Figura 79: Parche pequeño existente en las losas de severidad media.	111

RESUMEN

La presente tesis se realizó a raíz de que la mayoría de las calles de la ciudad de Cajamarca no se encuentran en las mejores condiciones, esto es debido a las cargas repetitivas del tránsito, un mal sistema constructivo, de la utilización de los materiales de mala calidad, factores ambientales entre otros. A causa de esta problemática se tuvo como objetivo principal determinar el índice de condición del pavimento rígido en el jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca, entre la Av. San Martín de Porres y Av. Vía de Evitamiento Sur, utilizándose la metodología del índice de condición del pavimento (PCI), para identificar cuál es el estado del pavimento, diferentes fallas y su severidad. Las fallas encontradas fueron: Pulimento de agregados, con una incidencia del 64.95%, parche pequeño con 8.68%, parche grande con 6.75%, descascaramiento de juntas con 6.11%, descascaramiento de esquina con 4.82%, grieta de esquina con 4.50%, grieta longitudinal con 2.89% y grieta de retracción con 1.29%. Así mismo, se determinó el nivel de severidad de dichas fallas con respecto a las 15 unidades de muestra inspeccionadas, llegándose a la conclusión de que la condición del pavimento es muy buena, con un PCI promedio de 81.52.

Palabras clave: índice de condición del pavimento, pavimento rígido, fallas, severidad.

ABSTRACT

This thesis was made because most of the streets of the city of Cajamarca are not in the best conditions, this is due to the repetitive loads of traffic, a bad constructive system, the use of bad materials quality, environmental factors among others. Because of this problem, the main objective was "to determine the condition index of the rigid pavement in the Colonial shred of the city of Cajamarca", between Av. San Martín de Porres and Av. Vía de Evitamiento Sur, using the methodology of the pavement condition index (PCI), to identify the state of the pavement, different faults and their severity. The faults found were: Polishing of aggregates, with an incidence of 64.95%, small patch with 8.68%, large patch with 6.75%, joint peeling with 6.11%, corner peeling with 4.82%, corner crack with 4.50%, crack longitudinal with 2.89% and retraction crack with 1.29%. Likewise, the level of severity of these failures was determined with respect to the 15 sample units inspected, reaching the conclusion that the condition of the pavement is very good, with an average PCI of 81.52.

Keywords: pavement condition index, rigid pavement, faults, severity.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema.

Actualmente, uno de los problemas que tiene la ciudad de Cajamarca es que el pavimento de sus calles o vías no se encuentran en las mejores condiciones; sea cual sea el tipo de pavimento.

El jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca cuenta con una calzada de pavimento rígido, con el pasar del tiempo la superficie de rodadura se va deteriorando poco a poco, tal es el motivo que afecta o dificulta la circulación del tránsito vehicular y peatonal generado la incomodidad a los usuarios y al público en general.

El mal estado del pavimento de este jirón es debido a la existencia de diferentes factores como un mal sistema constructivo, cargas repetitivas de tránsito, de la mala calidad de los materiales utilizados, factores ambientales entre otros. Y que a la vez producen las múltiples fallas, las cuales generan que dichos pavimentos no cumplan su vida útil o de diseño. Es en la solución de este problema en donde se enfoca la temática de la investigación.

Sería preciso determinar y evaluar los daños de los pavimentos con anticipación de tal manera que las reparaciones resultantes correspondan a trabajos de mantenimiento rutinario, y no de reconstrucción. De esta forma, se genera ahorro en un proceso de mantenimiento y no generar un gasto elevado en el proceso de la reconstrucción.

Utilizamos el método PCI (Pavement Condition Index); que por medio de inspecciones visuales determina el estado en que se encuentra una vía, dependiendo del tipo, cantidad y severidad de las fallas presentes. Por lo anteriormente dicho presento la tesis titulada "Determinación del índice de condición del pavimento rígido en el jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca".

La presente tesis se desarrolló en cinco capítulos:

El capítulo I: Contiene el planteamiento del problema, la justificación de la investigación, los alcances de la investigación y sus objetivos. El capítulo II: Contiene los antecedentes teóricos de la investigación, bases teóricas y definición de términos básicos. El capítulo III: Se brinda la ubicación geográfica

donde se realizó la investigación, se describe el procedimiento de la metodología PCI, el análisis de datos y la presentación de resultados. El capítulo IV: Contiene análisis y discusión de resultados. Se describe, explica y discute los resultados de la investigación presentados en el capítulo III. El capítulo V: Contiene las conclusiones y recomendaciones.

1.2. Formulación del problema.

¿Cuál es el índice de condición del pavimento rígido en el jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca?

1.3. Hipótesis de la investigación.

El índice de condición del pavimento rígido en el jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca, utilizando el método del PCI, es regular.

1.4. Justificación de la investigación.

La presente investigación se justifica con la necesidad de conocer las diferentes fallas que presenta el pavimento rígido en el jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca, con ello determinar el índice de condición de pavimento (PCI), lo cual permitirá la toma de decisiones en su rehabilitación o reconstrucción por parte de la entidad correspondiente.

1.5. Alcances o delimitaciones de la investigación.

La investigación se realizará en el jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca, en el tramo comprendido entre la Av. San Martín de Porres y Av. Vía de Evitamiento Sur.

1.6. Limitaciones.

Las limitaciones de la investigación es que no se realizará ensayos estructurales sino más bien se centrará en la inspección visual, la que nos permitirá conocer en que condición se encuentra el jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca, utilizando el método de índice de condición del pavimento (PCI).

1.7. Objetivos.

- Objetivo general.
 - Determinar el índice de condición del pavimento rígido en el jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca.

- Objetivos Específicos.
 - Determinar las diferentes fallas superficiales existentes en el jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca.

 - Determinar el grado de severidad de las diferentes fallas superficiales existentes en el jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos.

2.1.1. Internacionales.

Godoy, Álvaro (2006), desarrolló una tesis cuyo objetivo fue evaluar los diversos pavimentos construidos en las calles y avenidas de la comuna asuncena con el fin de determinar el estado patológico de los pavimentos rígidos de Asunción. Se llegó a las siguientes conclusiones; de acuerdo a los tramos analizado algunos presentan deterioros prematuros que no son coincidentes en las expectativas de desempeño de los pavimentos rígidos (larga vida útil con mínimo mantenimiento). El mayor porcentaje de daños a los pavimentos son causados directamente por la ruptura de cañerías, en la cual estas producen asentamiento y pérdida de sustentación del pavimento rígido. Para esto se constató que, en las intersecciones de algunas avenidas de la ciudad de asunción, las consecuencias son los levantamientos localizados de cada paño del pavimento los cuales los más transitables son deteriorados y que más afectan la comodidad de dicho pavimento

Altamirano K. (2007), en su trabajo de investigación tuvo como objetivo, determinar los deterioros de pavimentos rígidos, metodología de medición, posibles causas de deterioro y reparaciones, se presentó una descripción general de los pavimentos rígidos con las posibles causas de deterioros. Se concluyó que la mayoría de los deterioros encontrados corresponden al fisuramiento de las estructuras de pavimentos que por falta o inadecuado mantenimiento, estas progresan hasta tal grado de generar a través de su evolución deterioros mayores como fisuramiento en bloques; baches de profundidad que afecta el tráfico circundante y propicio para acumulación de agua; grietas longitudinales y transversales con longitudes que atraviesan en ocasiones más de un tablero de losa; deficiencia en los materiales de sellos producto del alabeo de las losas por los cambios volumétricos debido a las temperaturas permitiendo esfuerzos de flexión en el interior de las grietas y ocasionando fracturamiento superior y descascaramientos.

2.1.2. Nacionales.

Gonzáles. (2011), elaboró una investigación que tuvo como objetivo determinar los tipos de fallas y su grado de incidencia de los pavimentos rígidos de las principales avenidas del distrito de Huaraz. El método que utilizó fue del PCI básicamente visual, la metodología establece un rango que va de 0 a 100 y una clasificación del estado del pavimento de fallado a excelente. Se obtuvieron las siguientes fallas; grietas de esquina representando un 11.90 % de las muestras en estudio, losas divididas representando un 7.14% de las muestras en estudio, escala de severidad baja, representando un 3.57 % de las muestras de estudio, sello de junta con severidad media, representando 11.94% de las muestras en estudio. Se concluyó que el PCI calculado es de 22 % en la avenida Antonio Raymondi y 40% en la Toribio Luzuriaga clasificando las avenidas de mal estado.

Camposano, J. E. (2012), en su trabajo de investigación buscó determinar y evaluar las fallas del pavimento rígido, debido a las cargas de tránsito y el proceso constructivo incorrecto, el cual se encuentra en la Av. Argentina y Av. 24 de junio del departamento de Huancayo. Se concluyó que los principales factores que causaron el deterioro de los pavimentos fueron condiciones climáticas, cargas de tránsito, materiales de baja calidad y base inestable. Las fallas encontradas en la vía en estudio fueron: Abultamiento y hundimiento, corrugación, grieta de borde, grieta longitudinal y transversal, parcheo, pulimiento de agregado, huecos, ahuellamientos, y desprendimientos de agregados.

2.1.3. Locales.

Tafur, (2013), elaboró una tesis de investigación en la ciudad de Cajamarca, que tuvo como objetivo evaluar la resistencia y calidad de las losas de concreto rígido de los jirones Arcomayo cuadra N°1 y Sánchez Hoyos cuadra N°2. El procedimiento consistió en la extracción de probetas de concreto con diamantina, con broca de cuatro pulgadas, para determinar la resistencia del concreto, también se midió el espesor de la

losa, el tamaño máximo de los agregados y finalmente la determinación de la calidad del concreto mediante un cuadro comparativo y el expediente técnico. Se concluyó que el 43% de los testigos son de excelente calidad, el 57% de los testigos son de mala calidad. Se recomendó a la Municipalidad Provincial de Cajamarca realizar una adecuada supervisión en el proceso constructivo.

Sánchez M. (2018), desarrolló un trabajo de investigación en la ciudad de Cajamarca, donde se aplicó la metodología PCI para determinar identificar las fallas existentes y cuantificar su estado del pavimento.

Las fallas más frecuentes encontradas fueron: pulimiento de superficie, descascamiento de juntas, parche grande deteriorado y descascamiento de esquina, con porcentajes de 48%, 18%, 15% y 7% respectivamente. Un 52% de las fallas por parche grande deteriorado fueron provocadas por la rotura de las losas en el proceso de reposición de instalaciones públicas después de la puesta en operación de la vía. Así mismo, se determinó el nivel de incidencia de las patologías del concreto con respecto a las 54 unidades de muestra inspeccionadas, las patologías más incidentes fueron: el pulimiento de superficie en 60.4%, descascamiento de juntas en 23.2% y parches grandes deteriorados en 18.7%.

En el cálculo del PCI se identificó el tipo de daño, su severidad y la cantidad o densidad del mismo, llegándose a la conclusión de que la condición del pavimento es muy buena, con un PCI ponderado de 81.3, y las fallas encontradas son del tipo funcional.

2.2. Bases teóricas.

2.2.1. Definición de pavimento.

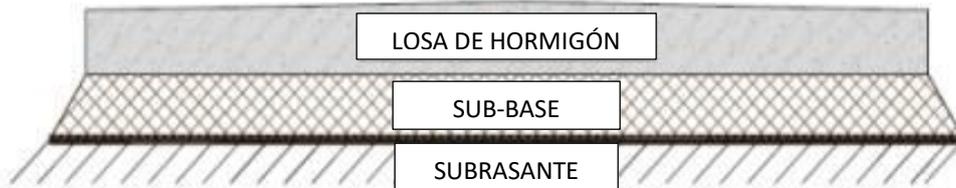
Velásquez, (2009), el pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado subrasante. Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado período de tiempo.

2.2.2. Tipos de pavimentos.

Rodríguez, (2009), existen dos clases de pavimentos: Pavimento rígido y pavimento flexible.

El pavimento rígido: Llamado también pavimento hidráulico, se compone de losas de concreto hidráulico que algunas veces presentan acero de refuerzo. Tiene un costo inicial más elevado que el pavimento flexible y su período de vida varía entre 20 y 40 años. El mantenimiento que requiere es mínimo y se orienta generalmente al tratamiento de juntas de las losas.

Figura 1: Esquema de los elementos que conforman un pavimento rígido.



Fuente: Bermúdez – 2006

Rodríguez, (2009), el pavimento flexible: También llamado pavimento asfáltico, está conformado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento. Resulta más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida de entre 10 y 15 años, la desventaja es que requiere mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil.

Figura 2: Esquema de los elementos que conforman un pavimento flexible.



Fuente: Bermúdez – 2006

Figura 3: Comportamiento del pavimento frente a cargas de tránsito.



 Distribución de la carga en pavimentos flexibles (izquierda) y rígidos (derecha)

Fuente: Recuperado de Rodríguez, EV, pág. 16

2.2.3. Evaluación del pavimento.

2.2.3.1. Evaluación funcional.

Morales, (2005), se entiende por evaluación funcional la inspección superficial realizada en una vialidad con el objeto de determinar los deterioros que afectan al usuario, pero que no comprometen la capacidad estructural del pavimento. Existen diferentes indicadores para establecer el estado superficial de un pavimento. Cada indicador generalmente es expresado a través de fórmulas, en las que se recoge una serie de parámetros del pavimento. Para cada indicador existen tablas en las cuales se dan valores que indican en que condición se encuentra el pavimento, generalmente cada país en su norma de pavimentos establece estos límites.

2.2.3.2. Evaluación estructural.

Morales, (2005), la evaluación estructural se refiere a una apreciación de los tramos cuyo estado de deterioro ha decaído hasta un nivel en el cual el pavimento ha reducido su capacidad de resistir cargas; y cualquier programa de mantenimiento tradicional ya no es factible. Por lo tanto, dichos tramos deben ser rehabilitados para que vuelvan a ser transitables. El principal objetivo de la evaluación estructural es determinar la capacidad estructural efectiva del pavimento existente, ya que de ella va depender que el refuerzo sea correctamente diseñado. Hay tres maneras de determinar la capacidad estructural del pavimento existente:

- Capacidad estructural basada en la observación visual y ensayo de materiales.
- Capacidad estructural basada en ensayos no destructivos (NDT).
- Capacidad estructural basada en la vida remanente.

2.2.4. Tipo de fallas en pavimentos.

2.2.4.1. Fallas superficiales.

Montejo, (2006), son las fallas en la superficie de rodamiento, debidos a las fallas en la capa de rodadura y que no guardan relación con la estructura de la calzada. La corrección de estas se fallas se efectúa con solo regularizar su superficie y conferirle la necesaria impermeabilidad y rugosidad.

2.2.4.2. Fallas estructurales.

Montejo, (2006), comprende los defectos de la superficie de rodamiento, cuyo origen es una falla en la estructura del pavimento, es decir, de una o más capas constitutivas que deben resistir el complejo juego de solicitaciones que imponen el tránsito y el conjunto de factores climáticos. Para corregir este tipo de fallas es necesario un refuerzo sobre el pavimento existente para que el paquete estructural responda a las exigencias del tránsito presente y futuro estimado.

2.2.5. Método del índice de condición del pavimento (PCI).

Vásquez, (2002), el deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los valores deducidos, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado.

Tabla 1: Rangos de calificación del PCI.

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 71	Muy bueno
70 – 56	Bueno
55 – 41	Regular
40 – 26	Malo
25 – 11	Muy malo
10 – 0	Fallado

Fuente: (ASTM D6433-07, 2007)

2.2.5.1. Objetivos del PCI

Los objetivos que se buscan con la aplicación del método PCI son:

- ✓ Determinar el estado de un pavimento en términos de su integridad estructural y su nivel de servicio.
- ✓ Obtener un indicador que permita comparar con un criterio uniforme la condición y comportamiento de los pavimentos.
- ✓ Obtener un criterio racional para justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.

- ✓ Obtener información relevante de retroalimentación respecto del comportamiento de las soluciones adoptadas en el diseño, evaluación y criterios de mantenimiento de pavimentos.

2.2.5.2. Tipos de fallas en pavimentos rígidos según PCI.

Los pavimentos rígidos presentan y se definirán 19 tipos de fallas. Se definirá cada una de ellas, explicando las razones por las cuales se producen, e indicando formas para identificarlas durante el proceso de visualización. Además, se brindarán pautas para diferenciar los tres niveles de severidad de cada falla y la forma de medir de cada una de ellas, todo según los lineamientos de la norma ASTM D6433-03.

1. Blow up-Buckling (Pandeo)

Descripción:

Los blowups o buckles ocurren en tiempo cálido, usualmente en una grieta o junta transversal que no es lo suficientemente amplia para permitir la expansión de la losa. Por lo general, el ancho insuficiente se debe a la infiltración de materiales incompresibles en el espacio de la junta. Cuando la expansión no puede disipar suficiente presión, ocurrirá un movimiento hacia arriba de los bordes de la losa (Buckling) o fragmentación en la vecindad de la junta. También pueden ocurrir en los sumideros y en los bordes de las zanjas realizadas para la instalación de servicios públicos.

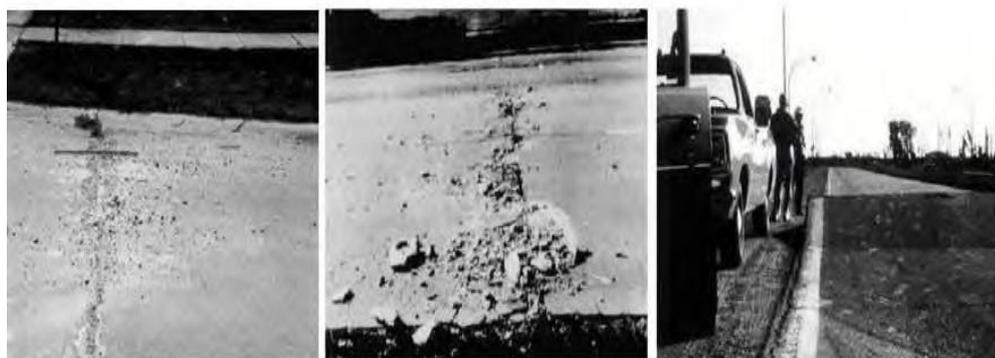
Niveles de severidad:

B – Produce una calidad de tránsito de baja severidad.

M – Produce una calidad de tránsito de mediana severidad.

A – Produce una calidad de tránsito de alta severidad.

Figura 4: Blow up – Buckling.



BAJO

MEDIO

ALTO

Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

En una grieta, un pandeo se cuenta como presente en una losa; sin embargo, si ocurre en una junta y afecta a dos losas se cuenta en ambas.

2. Grieta de esquina

Descripción:

Una grieta de esquina es una grieta que intercepta las juntas de una losa a una distancia menor o igual que la mitad de la longitud de la misma en ambos lados, medida desde la esquina. Una grieta de esquina se diferencia de un descascaramiento de esquina en que aquella se extiende verticalmente a través de todo el espesor de la losa, mientras que el otro intercepta la junta en un ángulo. Generalmente, la repetición de cargas combinada con la pérdida de soporte y los esfuerzos de alabeo originan las grietas de esquina.

Niveles de severidad:

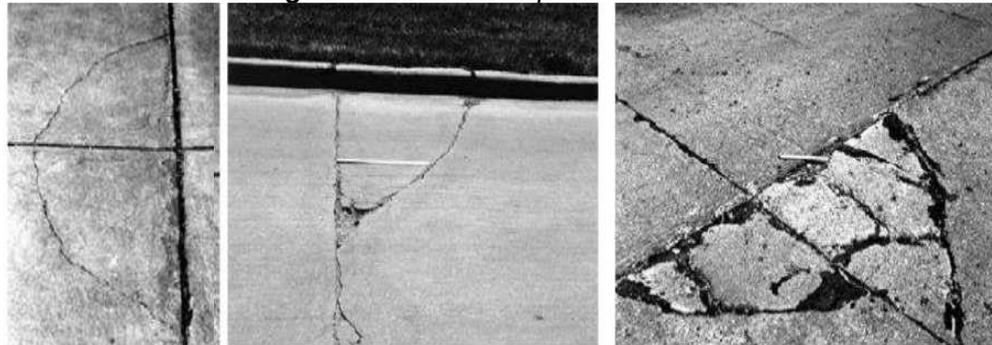
B – La grieta es de baja severidad si tiene un ancho menor a 13 mm, o cualquier fisura rellenada en forma eficiente, sin deterioro. El área entre la fractura y las juntas puede estar no fisurada o ligeramente fisurada.

M – La grieta es de mediana severidad si tiene un ancho mayor a 13 mm y menor a 50 mm, una fisura sin relleno de ancho menor a 50 mm

con deterioro menor a 10 mm, o cualquier fisura con relleno y con deterioro menor a 10 mm.

A – La grieta es de alta severidad si el área entre la fractura y las juntas está severamente fisurada. Puede ser una fisura sin relleno de ancho mayor a 50 mm, o cualquier fisura con o sin relleno con deterioro mayor a 10 mm.

Figura 5: Grieta en esquina.



BAJO

MEDIO

ALTO

Fuente: ASTM D6433-03

Medida:

La losa dañada se registra como una sola losa si se cumple que:

- Sólo tiene una grieta de esquina.
- Contiene más de una grieta de una severidad particular.
- Contiene dos o más grietas de distinta severidad.

3. Losa dividida

Descripción:

La losa es dividida por grietas en cuatro o más pedazos debido a sobrecarga o a soporte inadecuado. Si todos los pedazos o grietas están contenidos en una grieta de esquina, el daño se clasifica como una grieta de esquina severa.

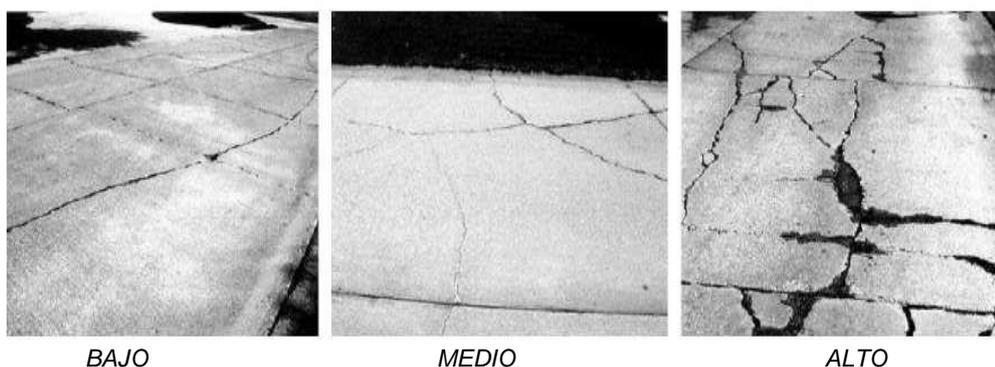
Niveles de severidad:

Tabla 2: Niveles de severidad para losa dividida.

Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos en la losa agrietada.		
	4 a 5	6 a 8	8 a más
Bajo (B)	B	B	M
Medio (M)	M	M	A
Alto (A)	M	M	A

Fuente. Adaptado de ASTM D6433-03.

Figura 6: Losa dividida.



BAJO

MEDIO

ALTO

Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

Si la losa dividida es de severidad media o alta, no se contabiliza otro tipo de daño.

4. Grieta de durabilidad “D”

Descripción:

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

Niveles de severidad:

L: Las grietas "D" cubren menos del 15% del área de la losa. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unas pocas piezas pueden haberse desprendido.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

- Las grietas "D" cubren menos del 15% del área de la losa y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse con facilidad.
- Las grietas "D" cubren más del 15% del área. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unos pocos pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.

H: Las grietas "D" cubren más del 15% del área y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse fácilmente.

Figura 7: Grieta de durabilidad "D".



BAJO

MEDIO

ALTO

Fuente: ASTM D6433-03.

Medida

Cuando el daño se localiza y se califica en una severidad, se cuenta como una losa. Si existe más de un nivel de severidad, la losa se cuenta como poseedora del nivel de daño más alto. Por ejemplo, si grietas "D" de baja y media severidad están en la misma losa, la losa se registra como de severidad media únicamente.

5. Escala.

Descripción:

Escala es la diferencia de nivel a través de la junta. Algunas causas comunes que la originan son:

- Asentamiento debido una fundación blanda.
- Bombeo o erosión del material debajo de la losa.
- Alabeo de los bordes de la losa debido a cambios de temperatura o humedad.

Niveles de severidad:

Se definen por la diferencia de niveles a través de la grieta o junta, como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3: Niveles de severidad para falla por escala.

Nivel de severidad	Diferencia en elevación
Bajo (B)	3 a 10 mm
Medio (M)	10 a 19 mm
Alto (A)	Mayor que 19 mm

Fuente: Manual de daños en vías con superficie en concreto de cemento Portland - "Pavement condition index (PCI)",

Figura 8: Falla escala.



BAJO

MEDIO

ALTO

Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

La escala a través de una junta se cuenta como una losa. Se cuentan únicamente las losas afectadas. Las escalas a través de una grieta no se cuentan como daño, pero se consideran para definir la severidad de las grietas.

6. Daño del sello de junta.

Descripción:

Es cualquier condición que permite que suelo o roca se acumule en las juntas, o que permite la infiltración de agua en forma importante. La acumulación de material incompresible impide que la losa se expanda y puede resultar en fragmentación, levantamiento o descascaramiento de los bordes de la junta. Un material llenante adecuado impide que lo anterior ocurra. Los tipos típicos del daño de junta son:

- Desprendimiento del sellante de la junta.
- Extrusión del sellante.
- Crecimiento de vegetación.
- Endurecimiento del material llenante (oxidación).
- Pérdida de adherencia a los bordes de la losa.
- Falta o ausencia del sellante en la junta.

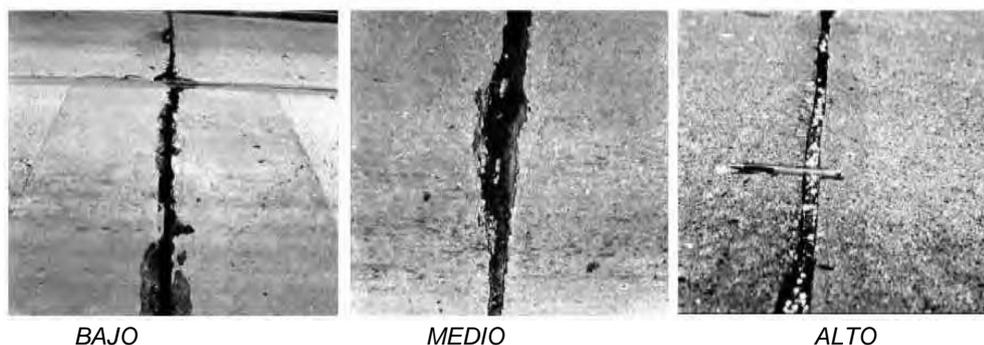
Niveles de severidad:

B – El sellante está en una condición buena en forma general en toda la sección. Se comporta bien, con solo daño menor.

M – Está en condición regular en toda la sección, con uno o más de los tipos de daño que ocurre en un grado moderado. El sellante requiere reemplazo en dos años.

A – Está en condición generalmente buena en toda la sección, con uno o más de los daños mencionados arriba, los cuales ocurren en un grado severo. El sellante requiere reemplazo inmediato.

Figura 9: Falla daño en el sello de junta.



Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

No se registra losa por losa, sino que se evalúa con base en la condición total del sellante en toda el área.

7. Desnivel carril / berma**Descripción:**

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

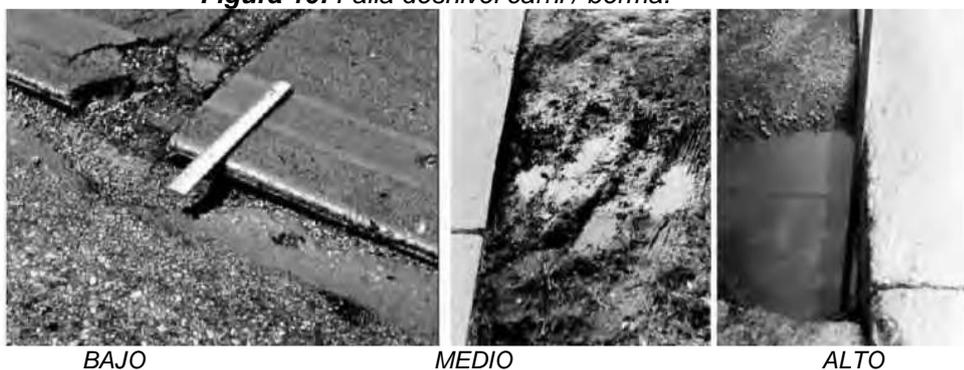
Niveles de severidad:

B – La diferencia entre el borde del pavimento y la berma es de 25 mm a 51 mm.

M – La diferencia de niveles es de 51.0 mm a 102.0 mm.

A – La diferencia de niveles es mayor que 102.0 mm.

Figura 10: Falla desnivel carril / berma.



Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

El desnivel carril / berma se calcula promediando los desniveles máximo y mínimo a lo largo de la losa. Cada losa que exhiba el daño se mide separadamente y se registra como una losa con el nivel de severidad apropiado.

8. Grietas lineales (longitudinales, transversales y diagonales)

Descripción:

Estas grietas, que dividen la losa en dos o tres pedazos, son causadas usualmente por una combinación de la repetición de las cargas de tránsito y el alabeo por gradiente térmico o de humedad. Las losas divididas en cuatro o más pedazos se contabilizan como losas divididas. Comúnmente, las grietas de baja severidad están relacionadas con el alabeo o la fricción y no se consideran daños estructurales importantes. Las grietas capilares, de pocos pies de longitud y que no se propagan en toda la extensión de la losa, se contabilizan como grietas de retracción.

Niveles de severidad:

Losas sin refuerzo.

B – Grietas no selladas (incluye llenante inadecuado) con ancho menor que 12.0 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escala.

M – Existe una de las siguientes condiciones:

- Grieta no sellada con ancho entre 12.0 mm y 51.0 mm.
- Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 51.0 mm con escala menor que 10.0 mm.
- Grieta sellada de cualquier ancho con escala menor que 10.0 mm.

A – Existe una de las siguientes condiciones:

- Grieta no sellada con ancho mayor que 51.0 mm.
- Grieta sellada o no de cualquier ancho con escala mayor que 10.0 mm.

Losas con refuerzo.

B – Grietas no selladas con ancho entre 3.0 mm y 25.0 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escala.

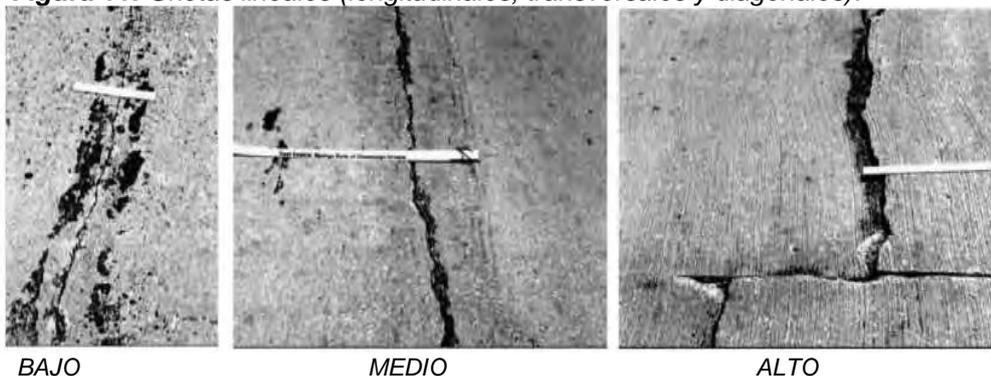
M – Existe una de las siguientes condiciones:

- Grieta no sellada con ancho entre 25.0 mm y 76.0 mm y sin escala.
- Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 76.0 mm con escala menor que 10.0 mm.
- Grieta sellada de cualquier ancho con escala hasta de 10.0 mm.

A – Existe una de las siguientes condiciones:

- Grieta no sellada con ancho más de 76.0 mm.
- Grieta sellada o no de cualquier ancho y con escala mayor que 10.0 mm.

Figura 11: Grietas lineales (longitudinales, transversales y diagonales).



Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

Una vez se ha establecido la severidad, el daño se registra como una losa. Si dos grietas de severidad media se presentan en una losa, se cuenta dicha losa como una poseedora de grieta de alta severidad. Las losas divididas en cuatro o más pedazos se cuentan como losas divididas. Las losas de longitud mayor que 9.10 m se dividen en “losas”

de aproximadamente igual longitud y que tienen juntas imaginarias, las cuales se asumen están en perfecta condición.

9. Parche grande (Mayor de 0.45 m²) y acometidas de servicios públicos.

Descripción:

Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por material nuevo. Una excavación de servicios públicos es un parche que ha reemplazado el pavimento original para permitir la instalación o mantenimiento de instalaciones subterráneas. Los niveles de severidad de una excavación de servicios son los mismos que para el parche regular.

Niveles de severidad:

B – El parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.

M– El parche esta moderadamente deteriorado o moderadamente descascarado en sus bordes. El material del parche puede ser retirado con esfuerzo considerable.

A – El parche está muy dañado. El estado de deterioro exige reemplazo.

Figura 12: Falla parche grande.



BAJO

MEDIO

ALTO

Fuente: ASTM D6433-03.

losa tiene más de un nivel de severidad, se registra como una losa con el mayor nivel de daño. Si la causa del parche es más severa, únicamente se contabiliza el daño original.

11. Pulimento de agregados

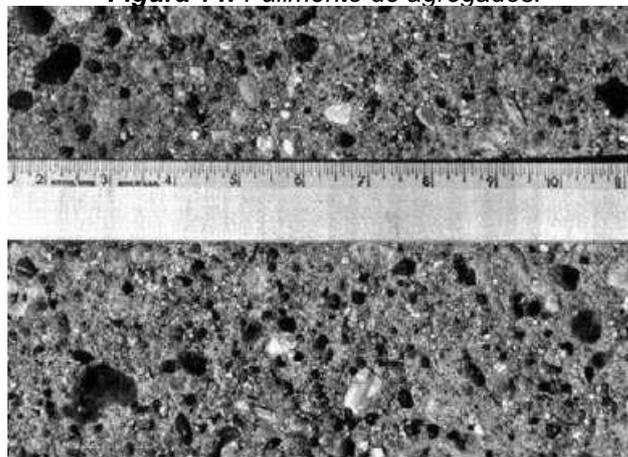
Descripción:

Este daño se causa por aplicaciones repetidas de cargas del tránsito. Cuando los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto, se reduce considerablemente la adherencia con las llantas. Cuando la porción del agregado que se extiende sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye significativamente a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados que se extiende sobre el concreto es despreciable y suave al tacto. Este tipo de daño se reporta cuando el resultado de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha disminuido significativamente respecto a evaluaciones previas.

Niveles de severidad:

No se definen grados de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de incluirlo en un inventario de la condición y calificarlo como un defecto.

Figura 14: Pulimento de agregados.



Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

Una losa con agregado pulido se cuenta como una losa.

12. Popouts**Descripción:**

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

Niveles de severidad:

No se definen grados de severidad. Sin embargo, el popout debe ser extenso antes que se registre como un daño. La densidad promedio debe exceder aproximadamente tres por metro cuadrado en toda el área de la losa.

Figura 15: Popouts.



Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

Debe medirse la densidad del daño. Si existe alguna duda de que el promedio es mayor que tres popout por metro cuadrado, deben revisarse al menos tres áreas de un metro cuadrado elegidas al azar.

Cuando el promedio es mayor que dicha densidad, debe contabilizarse la losa.

13. Bombeo

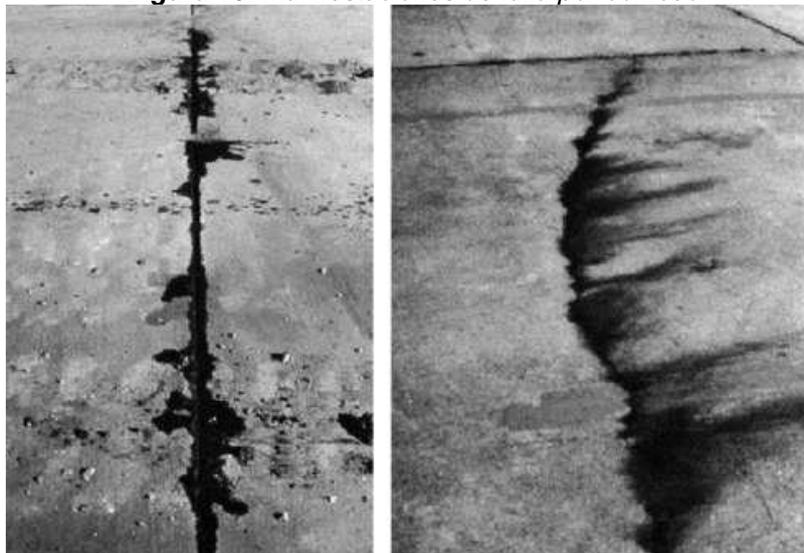
Descripción:

El bombeo es la expulsión de material de la fundación de la losa a través de las juntas o grietas. Esto se origina por la deflexión de la losa debida a las cargas. Cuando una carga pasa sobre la junta entre las losas, el agua es primero forzada bajo losa delantera y luego hacia atrás bajo la losa trasera. Esta acción erosiona y eventualmente remueve las partículas de suelo lo cual generan una pérdida progresiva del soporte del pavimento. El bombeo puede identificarse por manchas en la superficie y la evidencia de material de base o subrasante en el pavimento cerca de las juntas o grietas. El bombeo cerca de las juntas es causado por un sellante pobre de la junta e indica la pérdida de soporte. Eventualmente, la repetición de cargas producirá grietas. El bombeo también puede ocurrir a lo largo del borde de la losa causando pérdida de soporte.

Niveles de severidad:

No se definen grados de severidad. Es suficiente indicar la existencia.

Figura 16: Manifestaciones de falla por bombeo.



Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

El bombeo de una junta entre dos losas se contabiliza como dos losas. Sin embargo, si las juntas restantes alrededor de la losa tienen bombeo, se agrega una losa por junta adicional con bombeo.

14. Punzonamiento

Descripción:

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

Niveles de severidad:

Tabla 4: Niveles de severidad para punzonamiento.

Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos.		
	2 a 3	4 a 5	Más de 5
Bajo (B)	B	B	M
Medio (M)	B	M	A
Alto (A)	M	A	A

Fuente: Manual de daños en vías con superficie en concreto de cemento Portland - "Pavement condition index (PCI)", 2002.

Figura 17: Falla punzonamiento.



BAJO

MEDIO

ALTO

Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

Si la losa tiene uno o más punzonamientos, se contabiliza como si tuviera uno en el mayor nivel de severidad que se presente.

15. Cruce de vía férrea

Descripción:

El daño de cruce de vía férrea se caracteriza por depresiones o abultamientos alrededor de los rieles.

Niveles de severidad:

B - El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.

M - El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.

A - El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de alta severidad.

Figura 18: Falla cruce en vía férrea.



BAJO

MEDIO

ALTO

Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

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.

16. Desconchamiento, mapa de grietas, craquelado.

Descripción:

El mapa de grietas o craquelado (crazing) se refiere a una red de grietas superficiales, finas o capilares, que se extienden únicamente en la parte superior de la superficie del concreto. Las grietas tienden a interceptarse en ángulos de 120 grados. Generalmente, este daño ocurre por exceso de manipulación en el terminado y puede producir el descamado, que es la rotura de la superficie de la losa a una profundidad aproximada de 6.0 mm a 13.0 mm. El descamado también puede ser causado por incorrecta construcción y por agregados de mala calidad.

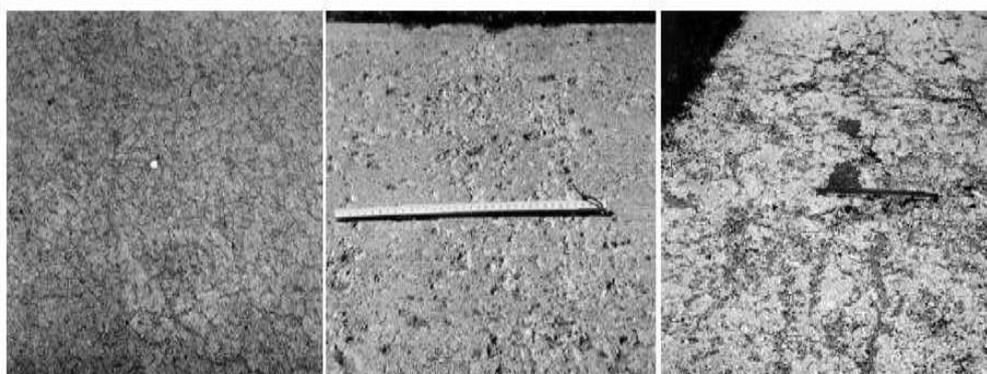
Niveles de severidad:

B – El craquelado se presenta en la mayor parte del área de la losa; la superficie está en buena condición con solo un descamado menor presente.

M – La losa está descamada, pero menos del 15% de la losa está afectada.

A – La losa esta descamada en más del 15% de su área.

Figura 19: Falla desconchamiento, mapa de grietas, chaquelado.



BAJO

MEDIO

ALTO.

Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

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.

17. Grietas de retracción.**Descripción:**

Son grietas capilares usualmente de unos pocos pies de longitud y no se extienden a lo largo de toda la losa. Se forman durante el fraguado y curado del concreto y generalmente no se extienden a través del espesor de la losa.

Niveles de severidad:

No se definen niveles de severidad. Basta con indicar que están presentes.

Figura 20: Grieta de retracción.



Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

Si una o más grietas de retracción existen en una losa en particular, se cuenta como una losa con grietas de retracción.

18. Descascaramiento de esquina.

Descripción:

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

Niveles de severidad:

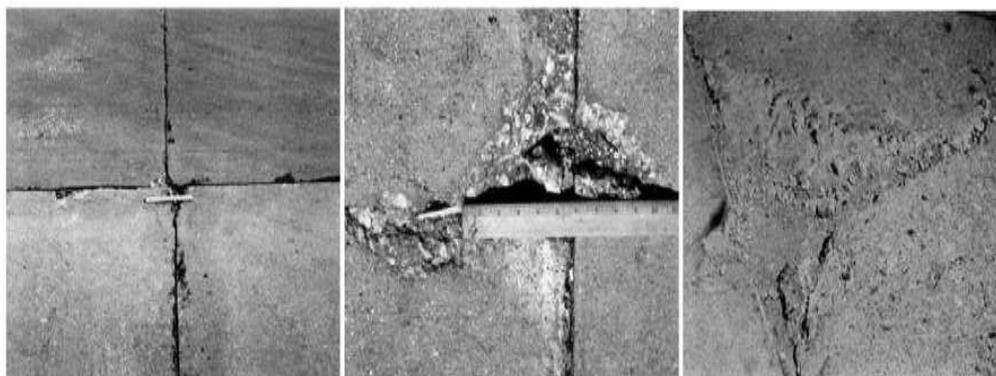
Los descascaramientos con áreas menores a 650 cm² (10 in²) desde la fisura hasta la esquina por ambos lados, no deben ser contados.

Tabla 5: Niveles de severidad para los descascaramientos de esquina.

Profundidad del descascaramiento	Dimensiones de los lados del descascaramiento	
	127.0 x 127.0 mm a 305.0 x 305.0 mm	Mayor que 305.0 x 305.0 mm
Menor de 25.0 mm	B	B
> 25.0 mm a 51.0 mm	B	M
Mayor de 51.0 mm	M	A

Fuente: Manual de daños en vías con superficie en concreto de cemento Portland - "Pavement condition index (PCI)", 2002.

Figura 21: Falla descascaramiento de esquina.



BAJO

MEDIO

ALTO

Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

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.

19. Descascaramiento de junta

Descripción:

Es la rotura de los bordes de la losa en los 0.60 m de la junta. Generalmente no se extiende verticalmente a través de la losa si no que intercepta la junta en ángulo.

Niveles de severidad:

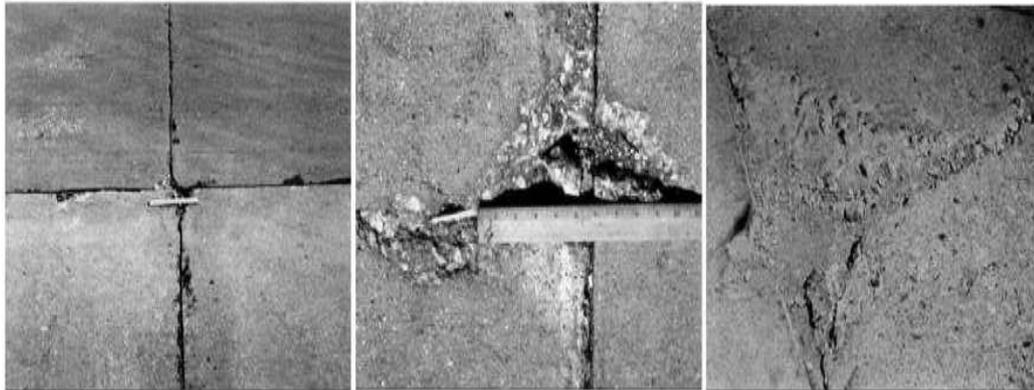
Los niveles de severidad para descascaramiento de junta se muestran en la Tabla 6. Una junta erosionada donde el concreto ha sido removido a lo largo de toda la junta es calificada como de baja severidad.

Tabla 6: Niveles de severidad del descascaramiento de junta.

Fragmento del descascaramiento	Ancho del descascaramiento	Longitud del descascaramiento	
		< 0.6 mm	>0.6 mm
Duros. No puede removerse fácilmente (pueden faltar algunos pocos fragmentos).	<102 mm	B	B
	>102 mm	B	B
Suelos. Pueden removerse y algunos fragmentos pueden faltar. Si la mayoría o todos los fragmentos faltan, el descascaramiento es superficial, menos de 25 mm	<102 mm	B	M
	>102 mm	B	M
Desaparecidos. La mayoría o todos los fragmentos han sido removidos.	<102 mm	B	M
	>102 mm	M	A

Fuente: *Manual de daños en vías con superficie en concreto de cemento Portland - "Pavement condition index (PCI)", 2002.*

Figura 22: Falla descascaramiento de junta.



BAJO

MEDIO

ALTO

Fuente: ASTM D6433-03.

Medida:

Si el descascaramiento se presenta a lo largo del borde de una losa, esta se cuenta como una losa con descascaramiento de junta. Si está sobre más de un borde de la misma losa, el borde que tenga la mayor severidad se cuenta y se registra como una losa. El descascaramiento de junta también puede ocurrir a lo largo de los bordes de dos losas adyacentes. Si este es el caso, cada losa se contabiliza con descascaramiento de junta.

2.2.5.3. Procedimiento de la evaluación de la condición del pavimento mediante el método PCI.

Vásquez, (2002), el procedimiento para la evaluación de un pavimento comprende: Una etapa de trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta su clase, severidad y extensión de cada uno de ellos. Una segunda fase que será el cálculo.

a. División del pavimento en unidades de muestra.

Vásquez, (2002), una unidad de muestra es convenientemente definida por una porción de un pavimento de sección elegida solamente para la inspección del pavimento. Con losas de cemento Portland y losas con longitud inferior a 7.60 m. el área de la unidad de muestreo debe estar en el rango de 20 ± 8 losas. No todas las unidades de muestra requieren tener el mismo tamaño de muestra,

pero deben tener similares patrones para asegurar la exactitud en cálculo del PCI.

b. Determinación de las unidades de muestreo para la evaluación.

Vásquez, (2002), en la evaluación del índice de condición del pavimento (PCI) de acuerdo al tamaño de la muestra y con el fin de optimizar el método, se puede tener la evaluación de un proyecto y la evaluación de una red. En la evaluación de un proyecto se deberán inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible el número mínimo de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la ecuación 01 la cual se produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

c. Determinación de las unidades de muestreo para evaluación.

Con base en la metodología PCI para pavimentos rígidos, expuesta en el manual guía (Vásquez Varela, 2002), lo primero es determinar el número mínimo de unidades de muestreo (n) que debe ser encuestada para obtener un cálculo aproximado del PCI de la sección, es determinado de la siguiente ecuación.

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

Donde:

- n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.
- N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.
- e: Error admisible en el estimado del PCI de la sección (e=5%).
- σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades (15, para pavimento rígido).

d. Selección de las unidades de muestreo para inspección.

Al determinar el número de unidades de muestra a ser inspeccionada, se calculó la separación, intervalo de espaciamiento entre las unidades utilizando un muestreo sistemático y aleatorio, las muestras se distribuyeron de manera uniforme a lo largo de toda la sección a partir de la primera muestra seleccionada al azar. El intervalo de espaciamiento entre las unidades, se calculó a través de la ecuación 2, redondeando al resultado al número entero inmediatamente inferior.

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

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades a evaluar.

i: intervalo de muestreo, se redondea al número entero.

e. Selección de unidades de muestreo adicionales.

Vásquez, (2002), uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por ejemplo, cruce de línea férrea) queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio. Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una unidad adicional en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

f. Cálculo del PCI de las unidades de muestreo.

Para el cálculo del PCI se debe seguir el siguiente procedimiento que consta de cuatro etapas y son las siguientes.

F.1. Cálculo de los valores deducidos.

- Contabilizar las cantidades de losas en las cuales se presenta el tipo de falla y nivel de severidad.
- Dividida la sumatoria de la cantidad total entre el número de losas de la unidad de muestra, expresado el resultado como porcentaje (%). Esta es la 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 empleando las gráficas de valores deducidos para daños (VD).

F.2. Cálculo del número admisible máximo deducidos (m).

- Si ningún o tan solo uno de los valores deducidos es mayor que 2, se usa el valor deducido total en lugar del mayor valor deducido corregido en la etapa (F.3) de lo contrario, deben seguirse los dos pasos siguientes.
- Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.
- Determine el número máximo admisible de los valores deducidos (m_i), utilizando la ecuación 3.

$$m_i = \frac{9}{98} (100 - HDVi) \dots \dots \dots \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

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

$HDVi$: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i .

F.3. Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV).

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

- Determine el número de valores deducidos “**q**”, mayores que 2.
- Determine el valor deducido total sumando todos los valores deducidos individuales.
- Determine el CVD con “**q**” y el valor deducido total en la curva de corrección.
- El máximo CVD es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

F.4. Cálculo del PCI de una unidad de muestra.

Calcule el PCI de la unidad de restado de 100 el máximo CDV obtenido en la etapa D.3.

$$PCI_i = 100 - Máx. CDV \dots \dots \dots \text{(Ecuación 4)}$$

Donde:

PCI_i : PCI de la sección de la muestra *i*.

Máx.CDV: Máximo valor deducido corregido.

F.5. Cálculo del PCI de la sección del pavimento.

Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inspeccionadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo mediante la **Ecuación 5**.

$$PCI_S = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_R * N_R)}{\sum_{i=1}^n N_R} \dots \dots \dots \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

PCI_S : PCI de la sección del pavimento.

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

n: Número de unidades de muestreo inventariadas

N_R : Número de losas inventariadas por unidad de muestreo.

2.3. Definición de términos básicos.

- **Pavimento de hormigón de cemento Pórtland:** Se denomina así a la mezcla de agregados con cemento Pórtland usado como aglomerante e incluye a los pavimentos simples y reforzados con juntas.
- **Fallas del pavimento:** Indicadores externos del deterioro del pavimento causado por cargas, factores atmosféricos, deficiencias en su construcción, o una combinación de estas. Fallas típicas son las fisuras, el ahuellamiento, y peladura superficial del pavimento.
- **Sección de pavimento:** Es un área dentro del pavimento que presenta una construcción uniforme y continua, mantenimiento, historial de uso y condiciones uniformes. Una sección también debe tener el mismo volumen de tránsito e intensidad de carga.
- **Índice de condición de pavimento (PCI):** Es una calificación numérica asociada a la condición del pavimento que varía entre 0 y 100, siendo 0 la peor condición posible y 100 la mejor.
- **Grado de la condición del pavimento:** Es una descripción verbal de la condición del pavimento en función al valor del PCI, varía de malo a excelente.
- **Unidad de muestra del pavimento:** Es una subdivisión de la sección del pavimento que tiene un rango estandarizado de tamaño. Para pavimentos de hormigón (PCC), se constituye de 20 losas continuas (+/- 8 si el total de losas de la sección no es divisible por 20, o para ajustar condiciones de campo específicas.
- **Unidad de muestra adicional:** Una unidad de muestra inspeccionada adicionalmente a las seleccionadas aleatoriamente para incluir unidades de muestra no representativas en la determinación de la condición del pavimento. Estas unidades presentan condiciones extremas, muy pobres

o excelentes, que no son típicas de la sección, y fallas poco comunes, como los cortes en el pavimento para instalaciones.

- **Nivel de severidad:** Es el grado con el que se evalúa las fallas y deficiencias que presenta los pavimentos rígidos en la trayectoria de la vía; esta evaluación se define a través de una severidad baja, media y alta.
- **Mantenimiento de pavimentos:** Es el conjunto de tareas de limpieza, remplazo y reparación que se realizan de manera regular y ordenada en una vía, para asegurar su buen funcionamiento y la prolongación de vida de servicio.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Antecedentes de la vía a analizar.

El tramo de la vía a evaluar fue tomado del proyecto “construcción de la pavimentación del Jr. Colonial de la ciudad de Cajamarca”, ejecutada en el año 2010 por la Municipalidad Provincial de Cajamarca.

La sección típica de la vía estudiada tiene las siguientes especificaciones técnicas.

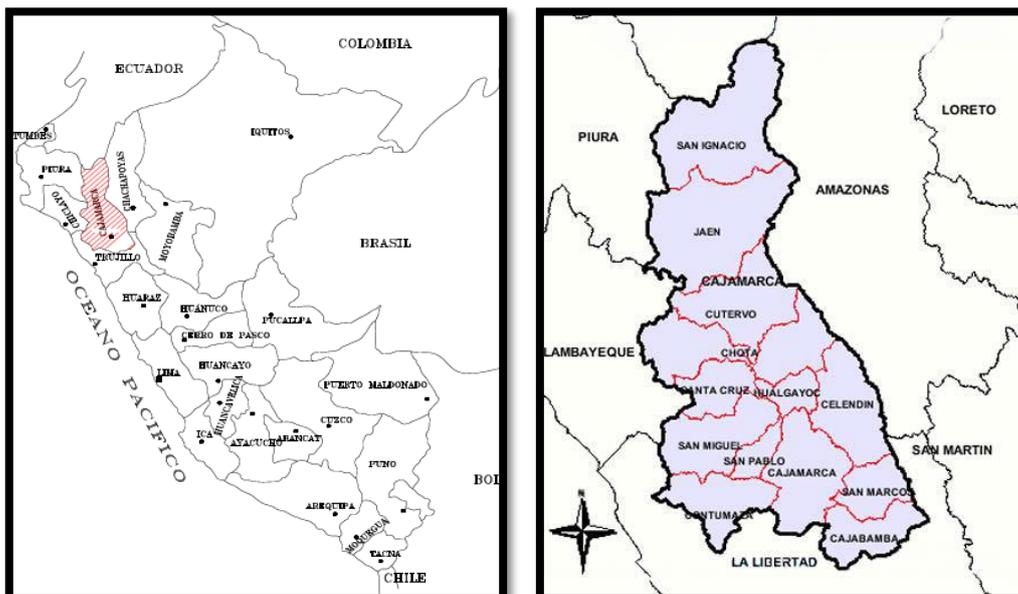
- Losa de concreto simple $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Espesor de la losa $e = 20 \text{ cm}$

3.2. Ubicación de la zona de estudio.

3.2.1. Ubicación política.

País	:	Perú.
Región	:	Cajamarca.
Departamento	:	Cajamarca.
Provincia	:	Cajamarca.
Distrito	:	Cajamarca.

Figura 23: Ubicación del distrito de Cajamarca a nivel nacional y departamental.



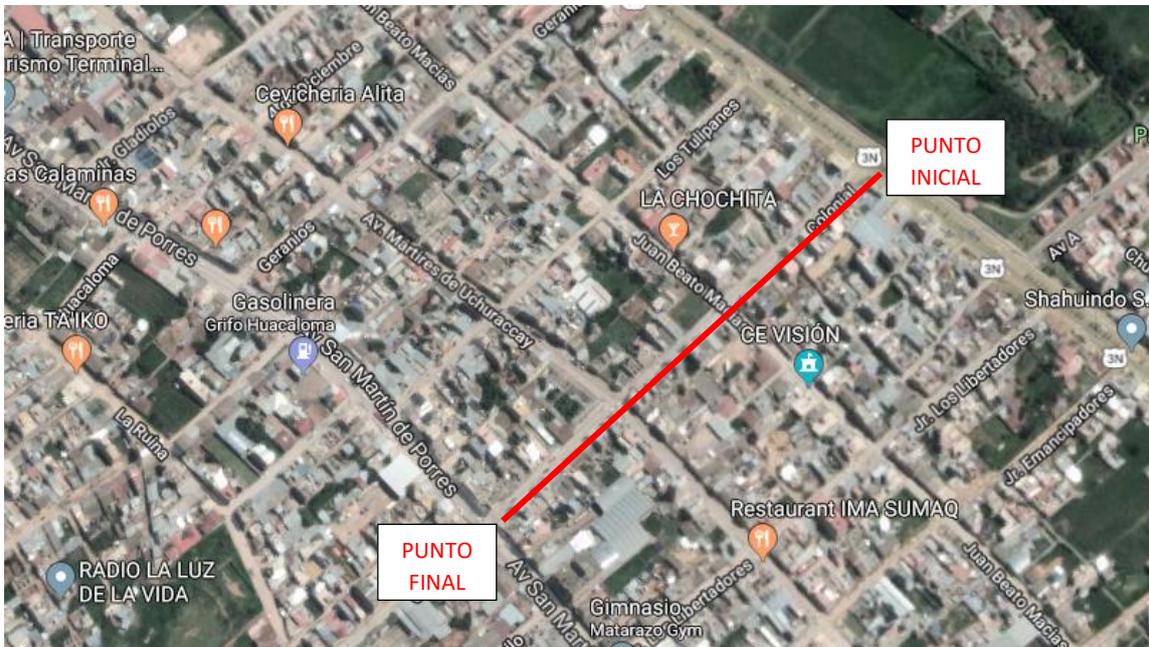
Fuente: Instituto nacional de estadística e informática (INEI).

Figura 24: Ubicación del distrito de Cajamarca.



Fuente: Instituto nacional de estadística e informática (INEI).

Figura 25: Delimitación del tramo en estudio.



Fuente: Imagen digital de google maps.

La zona de estudio se ubica en la zona centro del departamento de Cajamarca, la investigación se realizó en el jirón Colonial de la ciudad, tomando como punto inicial, la Av. Vía de Evitamiento Sur y como punto final la Av. San Martín de Porres.

3.2.2. Ubicación geográfica.

El tramo en estudio presenta las siguientes coordenadas geográficas y coordenadas UTM de referencia.

- Datum : World Geodesic System, Datum 1984-WGS84.

- Proyección : Universal Transversal Mercator – UTM.
- Zona UTM : 17S

Tabla 7: Coordenadas geográficas de los puntos de inicio y fin de la vía analizada.

COORDENADAS GEOGRÁFICAS			
Punto	Latitud sur	Longitud oeste	Cota
Inicio	7° 10' 19.79"	78° 29' 44.59"	2707.900
Final	7° 10' 20.87"	78° 29' 56.22"	2719.501

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8: Coordenadas UTM de los puntos de inicio y fin de la vía analizada.

COORDENADAS UTM			
Punto	Este	Norte	Cota
Inicio	776584.360	9206461.524	2707.900
Final	776226.940	9206430.404	2719.501

Fuente: elaboración propia.

3.3. Materiales e instrumentos.

Los materiales e instrumentos que se utilizaron para la inspección en campo fueron los siguientes:

- Manual de daños para pavimentos rígidos.
- Plano donde se visualiza la red de pavimento que será evaluada.
- Formato de registro de datos método PCI.
- Wincha de 50 m.
- Regla o wincha de 5 m.
- Cámara fotográfica.

3.4. Datos de la vía a analizar.

En la presente tesis sólo se tomó un segmento de la infraestructura del jirón Colonial, constituido por el pavimento rígido de este jirón, comprendido entre la Av. Vía de Evitamiento Sur y la Av. San Martín de Porres. Este segmento de vía está constituido por una calzada con dos carriles.

Descripción del tramo.

Tabla 9: Características del tramo en estudio.

Características del tramo	
Número de carriles.	2
Ancho de carril promedio (m)	3.50
Largo losa promedio (m)	3.45
Longitud del tramo (m).	357.57

Fuente: elaboración propia.

3.5. Operacionalización de variables.

Es la conversión de una variable en un elemento capaz de ser directamente medible a través de un conjunto de operaciones secuenciales. Requiere del establecimiento de dimensiones e indicadores específicos de medición.

Variables dependientes: Estado situacional del pavimento.

Variables independientes: Falla del pavimento, severidad.

Tabla 10: Operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Herramientas
Estado situacional del pavimento.	Condición cualitativa de un pavimento.	Si el valor es 0 es la peor condición y si el valor es 100 es la mejor condición del pavimento.	Rangos de calificación del PCI.	Formato de toma de datos en campo.
Falla del pavimento.	Deterioro o degradación de la estructura del pavimento.	Tipo de falla.	Las 19 fallas consideradas en el método del PCI.	Formatos de inspección de pavimentos rígidos, manuales y toma de datos en campo.
Severidad.	Grado del daño del pavimento.	m, cm, mm.	Alto, medio y bajo.	

Fuente: elaboración propia.

3.6. Matriz de consistencia.

Tabla 11: Matriz de consistencia.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Método de la investigación.
¿Cuál es el índice de condición del pavimento rígido del jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca?	<p>OBJETIVO GENERAL.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Determinar el índice de condición del pavimento rígido en el jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca. <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Determinar las diferentes fallas superficiales existentes en el jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca. ➤ Determinar el grado de severidad de las diferentes fallas superficiales existentes en el jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca. 	<p>El índice de condición del pavimento rígido en el jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca, utilizando el método del PCI, es regular.</p>	<p>Estado situacional del pavimento rígido del jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca. Fallas de pavimento, severidad.</p>	<p>METODOLOGÍA:</p> <p>TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.</p> <p>En general el estudio realizado es del tipo descriptivo, no experimental y de corte transversal.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Descriptivo: porque describe la realidad, sin alteración. ➤ Analítica: porque estudia los detalles de cada falla y establece sus posibles causas. ➤ No experimental: porque estudia el problema y se analiza sin recurrir al laboratorio mediante los ensayos respectivos. ➤ Corte transversal: porque da en un tiempo; es decir en un momento establecido la evaluación será de tipo visual y directa. <p>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.</p> <p>Es una investigación no experimental porque se observan los fenómenos tal como se dan en su contexto natural, como el caso del pavimento rígido del jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca para su posterior análisis.</p>

Fuente: elaboración propia.

3.7. Método a utilizar.

3.7.1. Método del índice de condición del pavimento (PCI).

a). Selección de unidad de muestra.

Se realizó el conteo de losas en ambos sentidos, dio un total de 214, lo que resultó 15 unidades de muestreo con un área de 14 losas cada una (área de unidad de muestreo: **20 ± 8 losas**).

b). Cálculo de unidades de muestreo.

Determinamos el número mínimo de unidades de muestreo estudiadas y el intervalo de espaciamiento entre cada unidad.

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

Datos:

- n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.
- N = 15
- E = 5%.
- $\sigma = 15$ (para pavimento rígido).

Remplazando en la ecuación (1) se obtiene.

$$n = \frac{15 \times 15^2}{\frac{5^2}{4} \times (15 - 1) + 15^2} = 10.94 \cong 11$$

El número mínimo de unidades a evaluar es de 11, ya que se redondeó el resultado (10.94) al número entero superior, garantizando una confiabilidad del 95%.

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

Datos:

$$N = 15.$$

$$N = 11.$$

i: intervalo de muestreo, se redondea al número entero.

Remplazando en la ecuación (2) se tiene.

$$i = \frac{15}{11} = 1.36 \cong 1$$

Como el intervalo de muestreo (i) es 1, entonces todas y cada una de las unidades de muestreo deben ser inspeccionadas.

c). Inspección de campo.

Realizar la medida de cada losa e inspección de las fallas de la unidad de muestreo, registrando todas las fallas presentes, así como también sus niveles de severidad. Repetir este procedimiento para las 15 unidades de muestra a ser inspeccionadas.

d). Procesamiento de datos.

Para el cálculo del PCI se debe seguir el proceso de las cuatro etapas.

D1. Cálculo de los valores deducidos.

D2. Cálculo del número admisible máximo de deducidos (m).

D3. Cálculo del máximo valor deducido corregido, CDV.

D4. Cálculo PCI de cada unidad de muestra restando de 100 el máximo CDV obtenido en D3.

3.7.2. Ejemplo de aplicación método PCI.

UNIDAD DE MUESTREO 01:

Se encontraron las siguientes fallas, después de realizar la inspección visual.

Tabla 12: Fallas encontradas en UM-01.

Tipo de falla	Severidad
1. Grietas longitudinales	Bajo (B)
3. Grietas de esquina	Bajo (B)
3. Grietas de esquina	Medio (M)
7. Descascaramiento de juntas	Bajo (B)
9. Descascaramiento de esquina	Bajo (B)
10. Pulimento de superficie
17. Parche pequeño	Bajo (B)
18. Parche grande	Bajo (B)

Fuente: Elaboración propia

○ Cálculo de los valores deducidos.

Una vez determinadas las fallas en la UM-01, calculamos las densidades de cada tipo de fallas y severidad de cada una de ellas. Por ejemplo, para la falla 18B, se calculó de la siguiente manera:

$$Densidad (\%) = \frac{3 * 100}{14} = 21.43\%$$

Calculando así sucesivamente todas las densidades para cada tipo de falla encontrada.

Determinamos los valores deducidos empleando las gráficas de valores deducidos para daños (VD) y con los datos de tipo de falla y porcentaje de cada uno de ellas.

Por ejemplo, para la falla 18B, se ingresó la densidad de 21.43% y el tipo de falla y nivel de severidad 18B, se obtuvo un valor deducido de 6.80.

Figura 26: Gráfico de la falla parche grande.

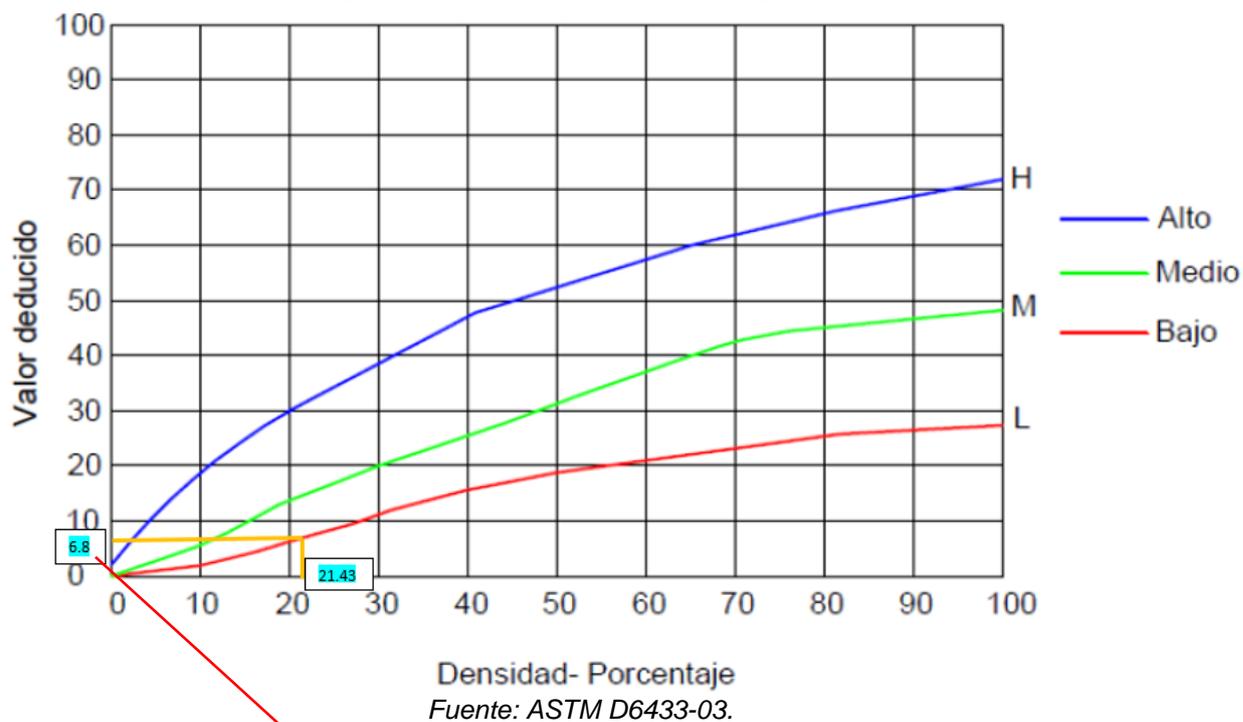


Tabla 13: Valores deducidos en UM-01.

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
1B	1	7.14%	4.45
3B	1	7.14%	5.21
3M	1	7.14%	10.20
7B	1	7.14%	1.64
9B	1	7.14%	1.69
10	8	57.14%	7.97
17B	4	28.57%	1.47
18B	3	21.43%	6.80

Fuente: Elaboración propia

○ **Cálculo del número admisible máximo deducidos (m).**

Se determino el número máximo admisible de los valores deducidos (mi), utilizando la ecuación 3.

$$mi = \frac{9}{98} (100 - HDVi) \dots \dots \dots \text{(Ecuación 3)}$$

Datos:

mi: Número máximo admisible de valores deducidos, incluyendo fracción para la unidad de muestreo i.

$$HDVi = 10.20$$

Remplazando en la ecuación (3) se tiene.

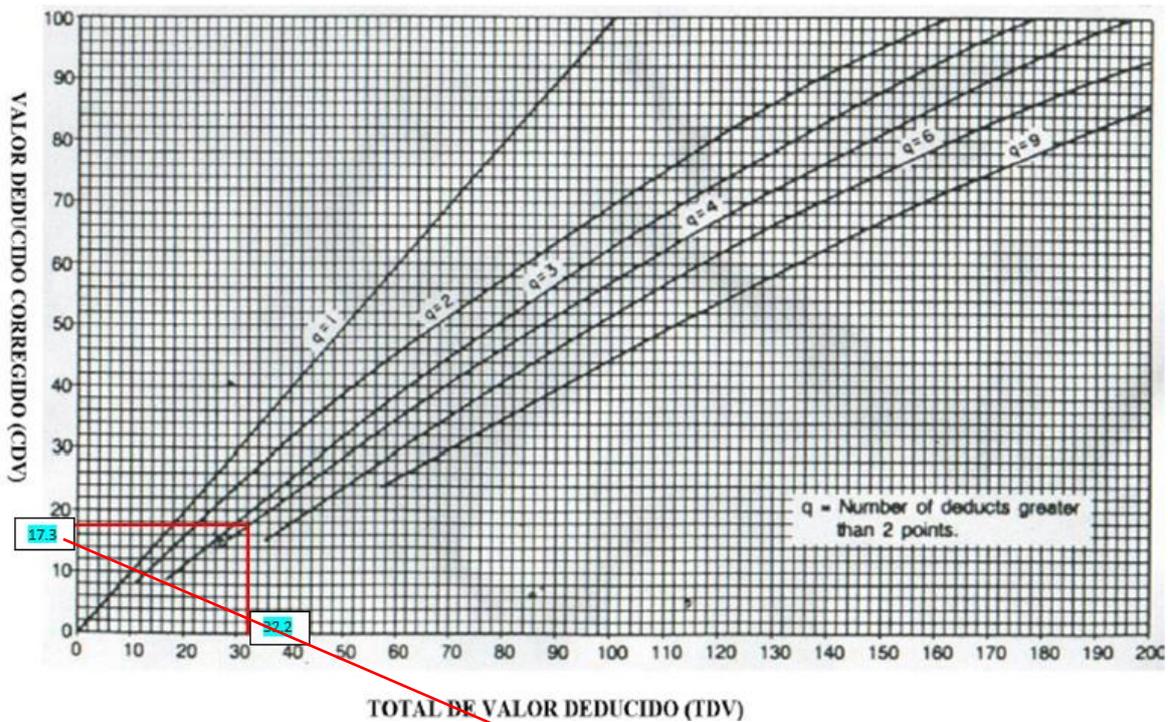
$$mi = \frac{9}{98} (100 - 10.20) = 9.25$$

○ **Cálculo del máximo valor deducido corregido (CDV).**

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

- Determine el número de valores deducidos “q”, mayores que 2. En este caso q=5.
- Determine el valor deducido total sumando todos los valores deducidos individuales:
 $10.20+7.97+6.80+5.21+2 = 32.2$
- Reducir a 2 el menor valor deducido individual mayor a 2 y repetir el procedimiento hasta que q sea igual a 1.
- Determine el valor de CVD con “q” y el valor deducido total utilizando la curva de corrección para pavimentos.

Figura 27: Gráfico de los valores deducidos corregidos.



Fuente: ASTM D6433-03.

Tabla 14: Valores deducidos corregido en UM-01.

#	VALOR DEDUCIDO					TOTAL	q	CDV
1	10.2	7.97	6.80	5.21	4.45	34.6	5	0.00
2	10.2	7.97	6.80	5.21	2.00	32.2	4	17.38
3	10.2	7.97	6.80	2.00	2.00	29.0	3	16.99
4	10.2	7.97	2.00	2.00	2.00	24.2	2	8.97
5	10.2	2.00	2.00	2.00	2.00	18.2	1	7.74

Fuente: Elaboración propia

- El máximo CVD es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

$$\text{Max. CDV} = 17.38$$

- **Cálculo del PCI de una unidad de muestra.**

Calculamos el PCI de dicha unidad, restando de 100 el Max.CDV obtenido.

$$PCI_i = 100 - 17.38$$

$$PCI_i = 82.62$$

CLASIFICACIÓN: MUY BUENO

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

4.1. Resultados.

4.1.1. Cálculo de las unidades de muestreo.

Evaluamos como una sola sección, se realizó el conteo de las losas en ambos sentidos, obteniéndose un total de 214, lo que resulto 15 unidades de muestreo con un número de 14 losas cada una (número de unidad de muestreo: **20 ± 8 losas**).

4.1.2. Selección de las unidades de muestreo.

Determinamos el número mínimo de unidades de muestreo estudiadas y el intervalo de espaciamiento entre cada unidad.

$$n = \frac{15 \times 15^2}{\frac{5^2}{4} \times (15 - 1) + 15^2} = 10.98 \cong 11 \dots \dots \dots \text{(Ecuación 1)}$$

El número mínimo de unidades a evaluar es de 11, ya que se redondeó el resultado (10.94) al número entero superior, garantizando una confiabilidad del 95%.

$$i = \frac{15}{11} = 1.36 \cong 1 \dots \dots \dots \text{(Ecuación 2)}$$

Como el intervalo de muestreo (i) es 1, entonces todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas.

4.1.3. Evaluación del pavimento de cada una de las unidades de muestras.

Una vez de haber realizado la recolección de datos en campo, se procedió a calcular el índice de condición del pavimento para cada una de las unidades de muestreo.

Las unidades de muestreo del jirón en estudio son las siguientes.

Tabla 15: Unidades de muestra a evaluar.

N°	Unidad de muestreo	Cuadra
1	UM-01	4
2	UM-02	4
3	UM-03	4
4	UM-04	4
5	UM-05	3
6	UM-06	3
7	UM-07	3
8	UM-08	3
9	UM-09	2
10	UM-10	2
11	UM-11	2
12	UM-12	2
13	UM-13	1
14	UM-14	1
15	UM-15	1

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se resumen los resultados de todas las unidades de muestreo.

Unidad de muestreo (UM-01)

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se obtiene las siguientes.

Tabla 16: Fallas encontradas en UM-01.

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
1B	1	7.14%	4.45
3B	1	7.14%	5.21
3M	1	7.14%	10.20
7B	1	7.14%	1.64
9B	1	7.14%	1.69
10	8	57.14%	7.97
17B	4	28.57%	1.47
18B	3	21.43%	6.80

Fuente: Elaboración propia

CDV= 17.38
BUENO

PCI= 82.62

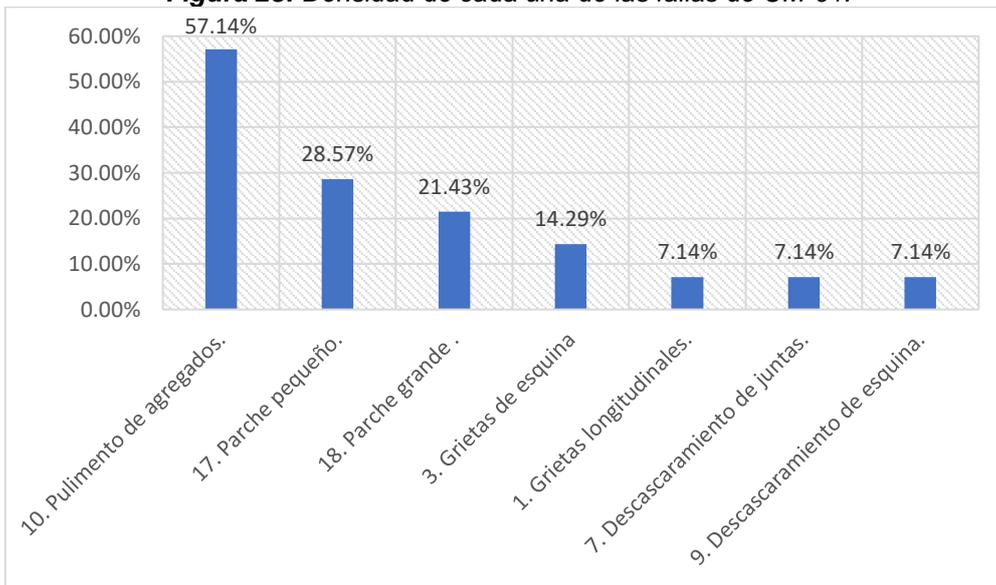
Calificación=

MUY

Las fallas encontradas son: Grieta longitudinal, grieta de esquina, descascaramiento de junta, descascaramiento de esquina, pulimento de agregados, parche pequeño y parche grande. Siendo la falla con mayor incidencia en esta unidad de muestreo la causada por pulimento de agregados con una densidad de **57.14%**.

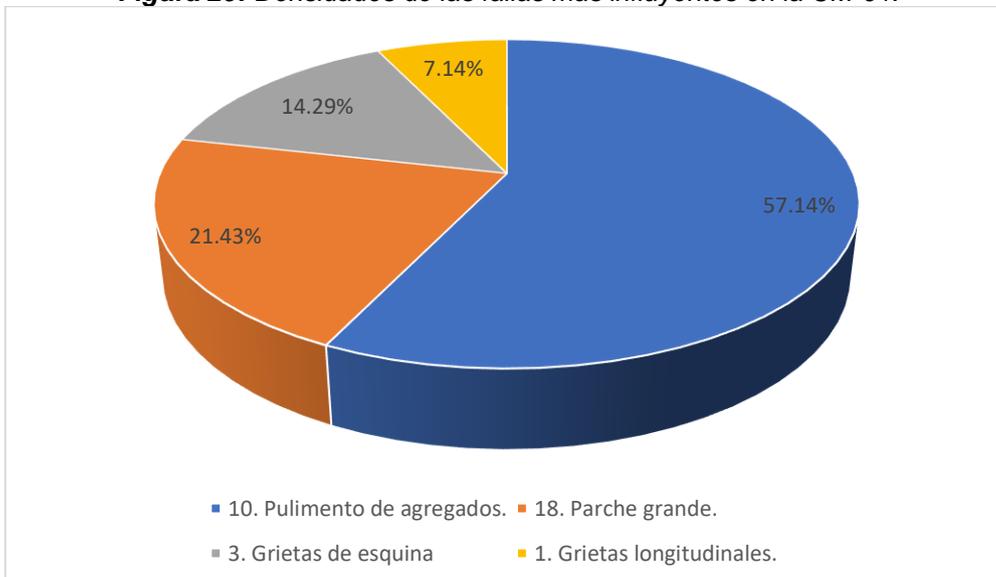
El índice de condición de pavimento es de **82.62%**, lo que representa una clasificación de **MUY BUENO**.

Figura 28: Densidad de cada una de las fallas de UM-01.



Fuente: Elaboración propia

Figura 29: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-01.



Fuente: Elaboración propia

Unidad de muestreo (UM-02)

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se obtienen las siguientes.

Tabla 17: Fallas encontradas en UM-02.

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
7B	1	7.14%	1.64
9B	2	14.29%	2.92
9M	2	14.29%	5.83
10	12	85.71%	9.62
18B	2	14.29%	3.41

Fuente. Elaboración propia.

CDV= 15.12

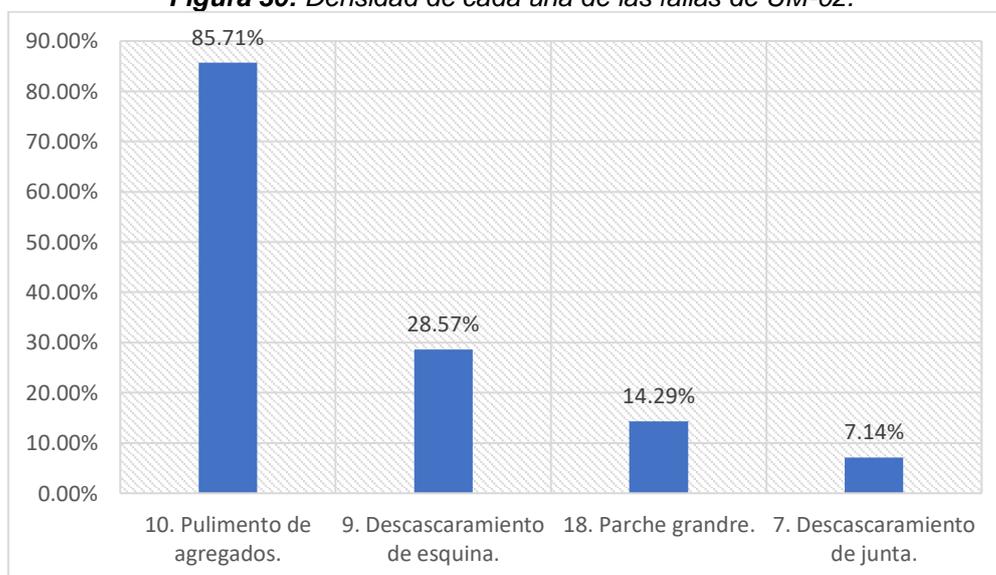
PCI= 84.88%

Calificación= MUY BUENO

Las fallas encontradas son: Descascaramiento de juntas, pulimento de agregados y parche grande. Siendo la falla con mayor incidencia en esta unidad de muestreo la causada por pulimento de agregados con una densidad de **85.71%**.

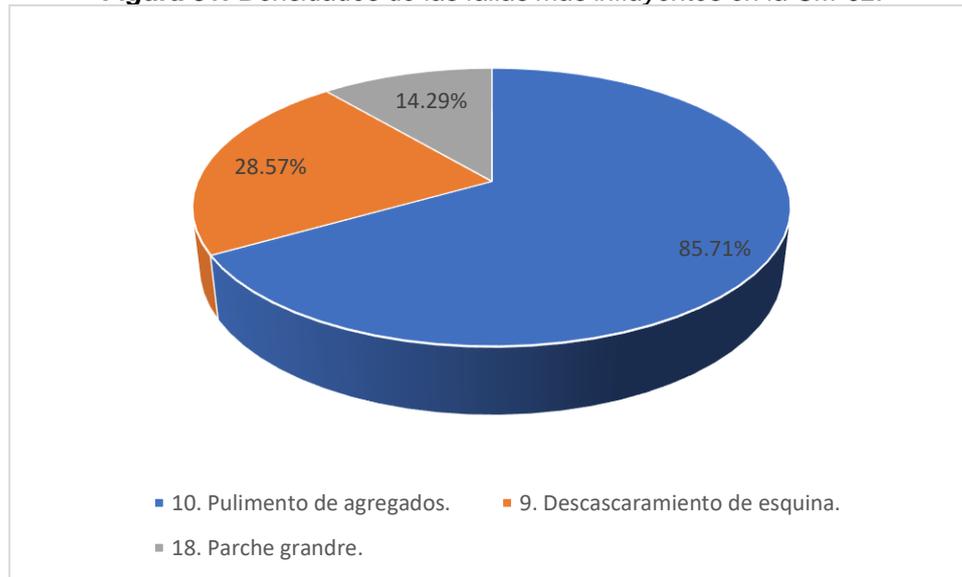
El índice de condición de pavimento es de **84,88%**, lo que representa una clasificación de **MUY BUENO**.

Figura 30: Densidad de cada una de las fallas de UM-02.



Fuente: Elaboración propia

Figura 31: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-02.



Fuente: Elaboración propia

Unidad de muestreo (UM-03).

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se obtiene las siguientes.

Tabla 18: Fallas encontradas en UM-03.

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
7B	3	21.43%	4.77
8	1	7.14%	0.00
10	14	100%	10.00
17B	1	7.14%	0.00

Fuente. Elaboración propia.

CDV= 12.14

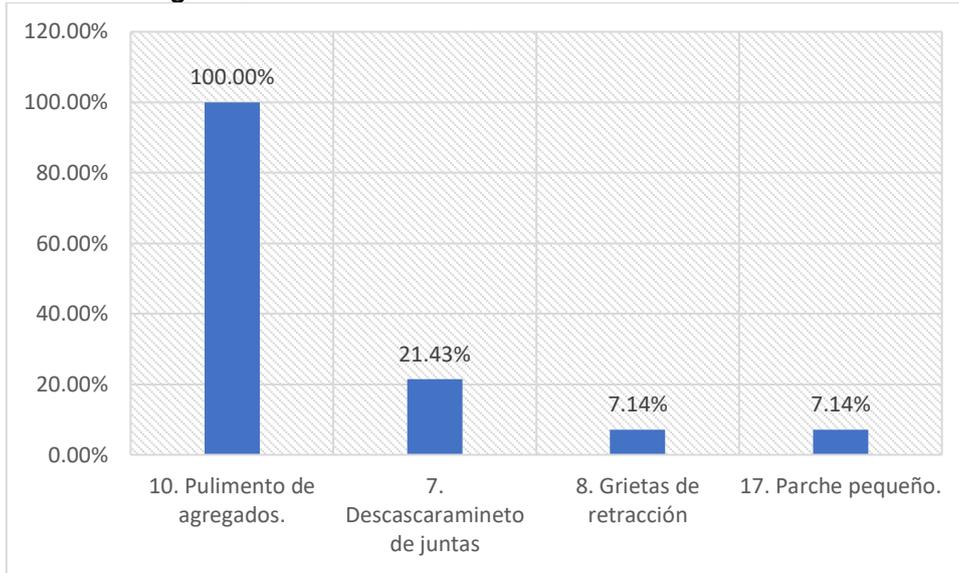
PCI= 87.86%

Calificación= EXCELENTE

Las fallas encontradas son: Descascaramiento de juntas, grietas de retracción, parche pequeño y pulimento de agregados. Siendo la falla con mayor incidencia en esta unidad de muestreo la causada por pulimento de agregados con una densidad de **100%**.

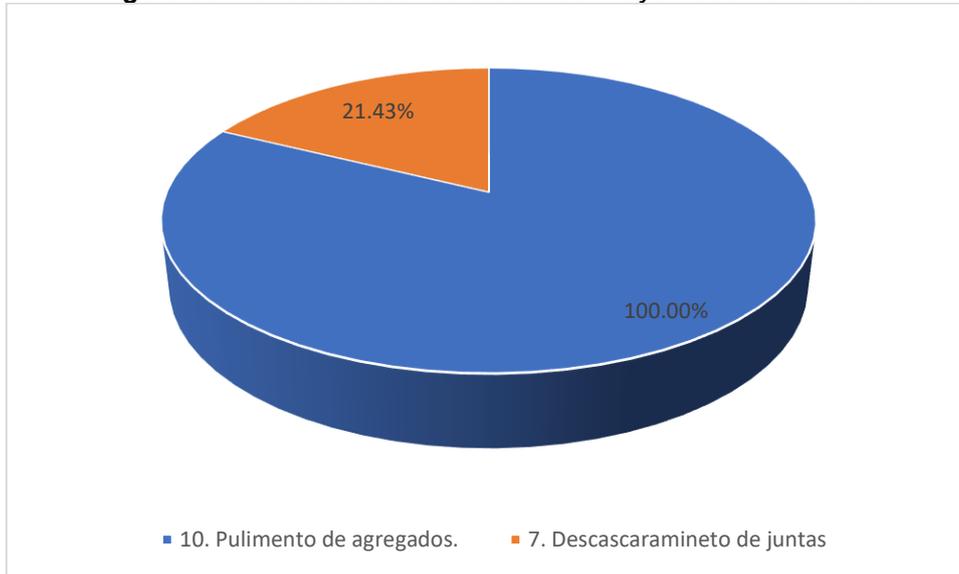
El índice de condición de pavimento es de **87.86%**, lo que representa una clasificación de **EXCELENTE**.

Figura 32: Densidad de cada una de las fallas de UM-03.



Fuente: Elaboración propia

Figura 33: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-03.



Fuente: Elaboración propia

Unidad de muestreo (UM-04)

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se obtiene las siguientes.

Tabla 19: Fallas encontradas en UM-04.

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
1B	1	7.14%	4.45
3B	1	7.14%	5.21
7B	3	21.43%	14.77
10	14	100%	10.00
18B	2	14.29	8.11

Fuente. Elaboración propia.

CDV= 19.09

PCI= 80.91

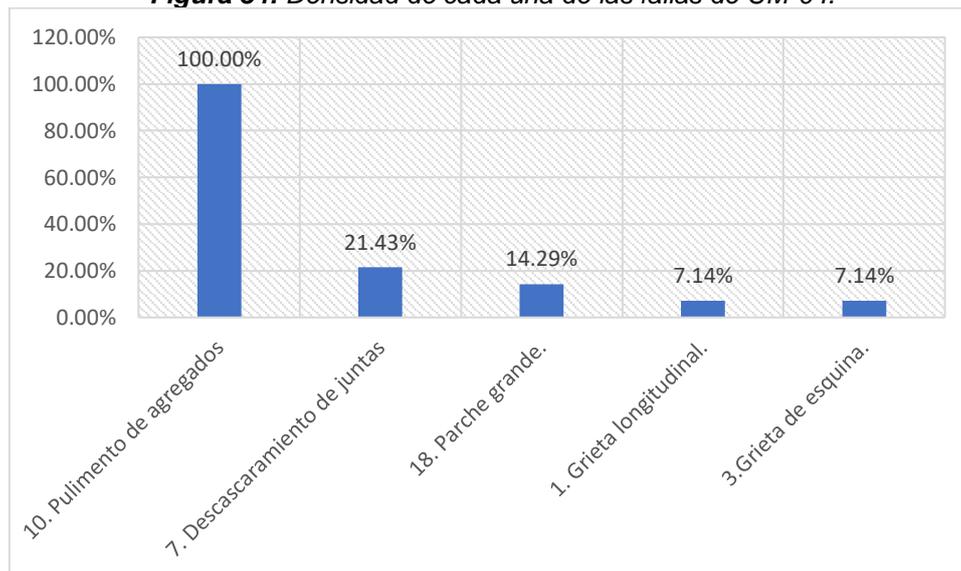
Calificación= MUY

BUENO

Las fallas encontradas son: Grietas longitudinales, grietas de esquina, descascaramiento de juntas, parche grande y pulimento de agregados. Siendo la falla con mayor incidencia en esta unidad de muestreo la causada por pulimento de agregados con una densidad de **100%**.

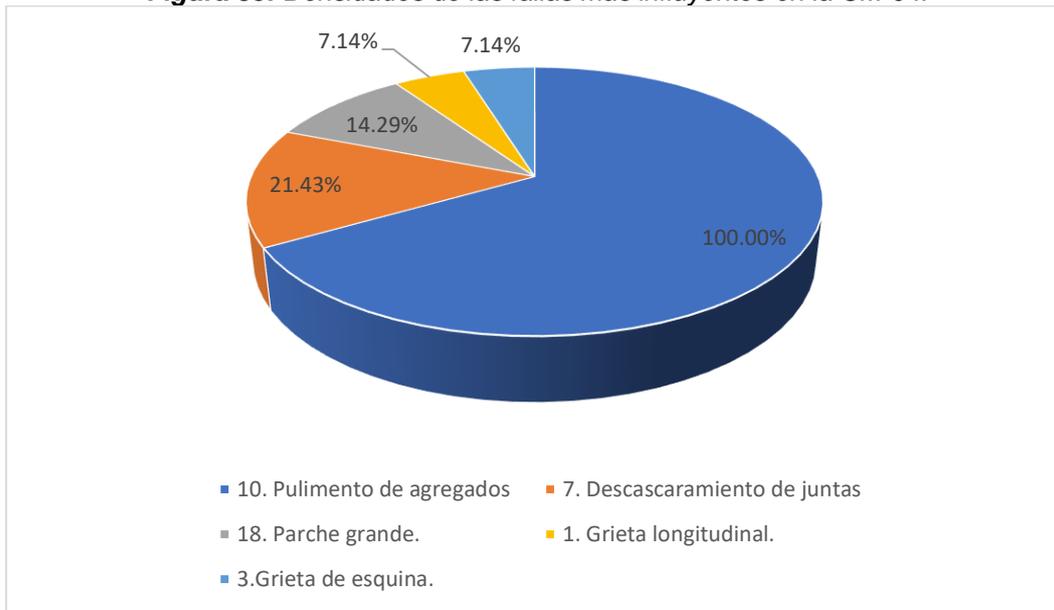
El índice de condición de pavimento es de **80.91%** lo que representa una clasificación de **MUY BUENO**.

Figura 34: Densidad de cada una de las fallas de UM-04.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 35: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-04.



Fuente. Elaboración propia.

Unidad de muestreo (UM-05)

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se obtiene las siguientes.

Tabla 20: Fallas encontradas en UM-05.

Falla	Nº Losas	Densidad (%)	Valor deducido
1B	1	7.14%	4.45
1M	2	14.29%	11.65
3B	1	7.14%	5.21
7B	3	21.43%	4.77
9B	2	14.29%	2.92
9A	1	7.14%	5.75
10	14	100%	10.00
17B	1	7.14%	0.00
18B	1	7.14%	1.20

Fuente. Elaboración propia.

CDV= 25.36

PCI= 74.64%

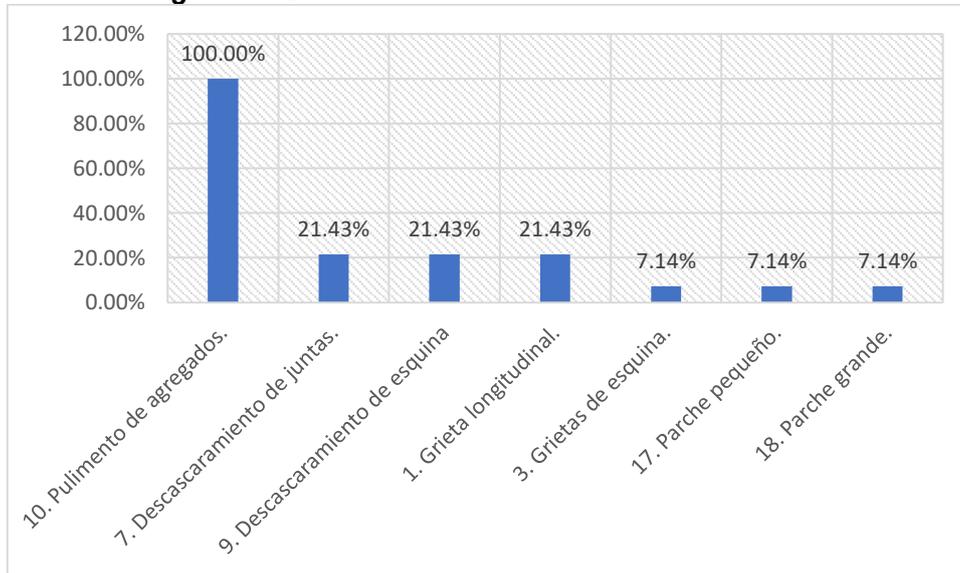
Calificación= MUY BUENO

Las fallas encontradas son: Grietas longitudinales, grietas de esquina, descascaramiento de juntas y esquina, pulimento de agregados y parche grande.

Siendo la falla con mayor incidencia en esta unidad de muestreo la causada por pulimento de agregados con una densidad de **100%**.

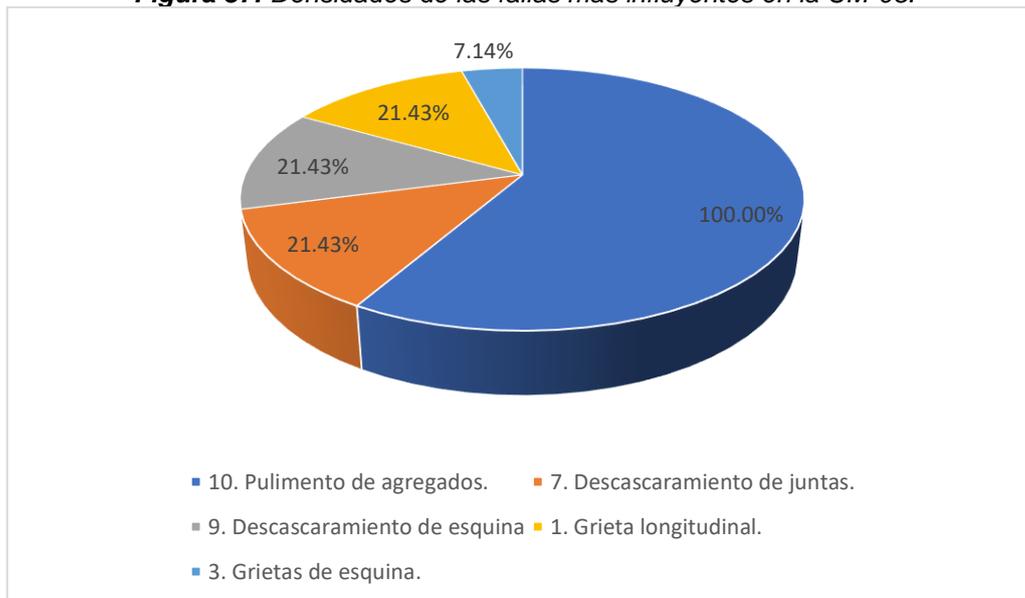
El índice de condición de pavimento es de **74.64%** lo que representa una clasificación de **MUY BUENO**.

Figura 36: Densidad de cada una de las fallas de UM-05.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 37: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-05.



Fuente. Elaboración propia

Unidad de muestreo (UM-06)

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se obtiene las siguientes.

Tabla 21: Fallas encontradas en UM-06.

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
3M	1	7.14%	10.20
9A	1	7.14%	5.75
10	14	100%	10.00
17B	2	14.29%	0.00
18B	2	14.29%	3.41

Fuente. Elaboración propia.

CDV= 19.36

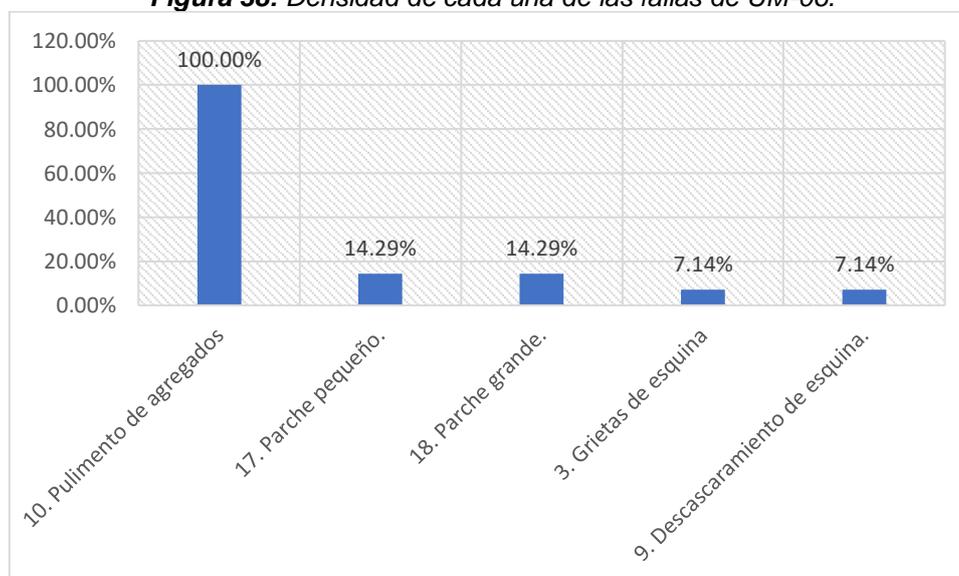
PCI= 80.64%

Calificación= MUY BUENO

Las fallas encontradas son: Grietas de esquina, descascaramiento de esquina, pulimento de agregados, parche pequeño y parche grande. Siendo la falla con mayor incidencia en esta unidad de muestreo la causada por pulimento de agregados con una densidad de **100%**.

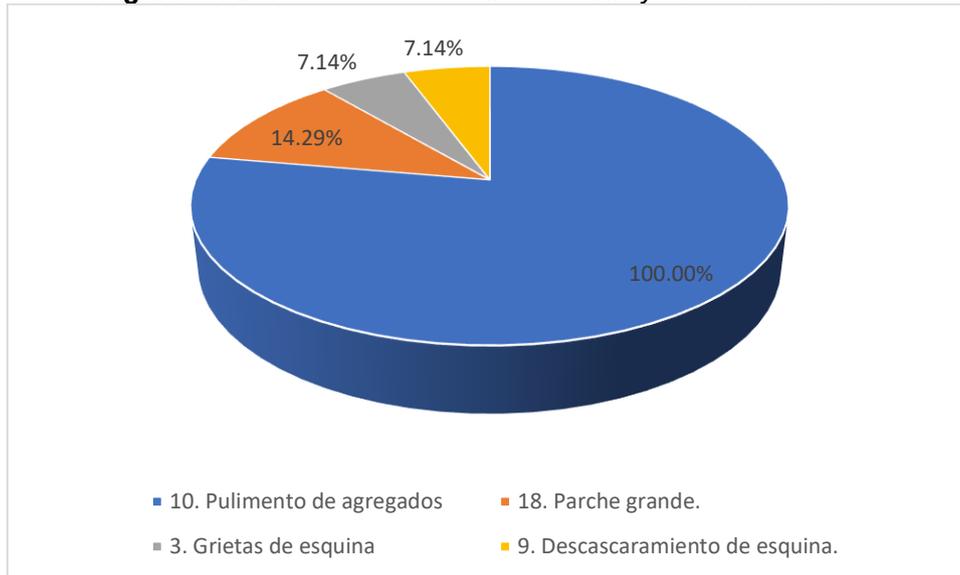
El índice de condición de pavimento es de **80.64%** lo que representa una clasificación de **MUY BUENO**.

Figura 38: Densidad de cada una de las fallas de UM-06.



Fuente. Elaboración propia

Figura 39: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-06.



Fuente. Elaboración propia.

Unidad de muestreo (UM-07)

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se obtiene las siguientes.

Tabla 22: Fallas encontradas en UM-07.

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
3M	1	7.14%	10.20
3A	2	14.29%	12.19
10	14	100%	10.00
17B	4	28.57%	1.47
18B	2	14.29%	3.41

Fuente. Elaboración propia.

CDV= 21.21

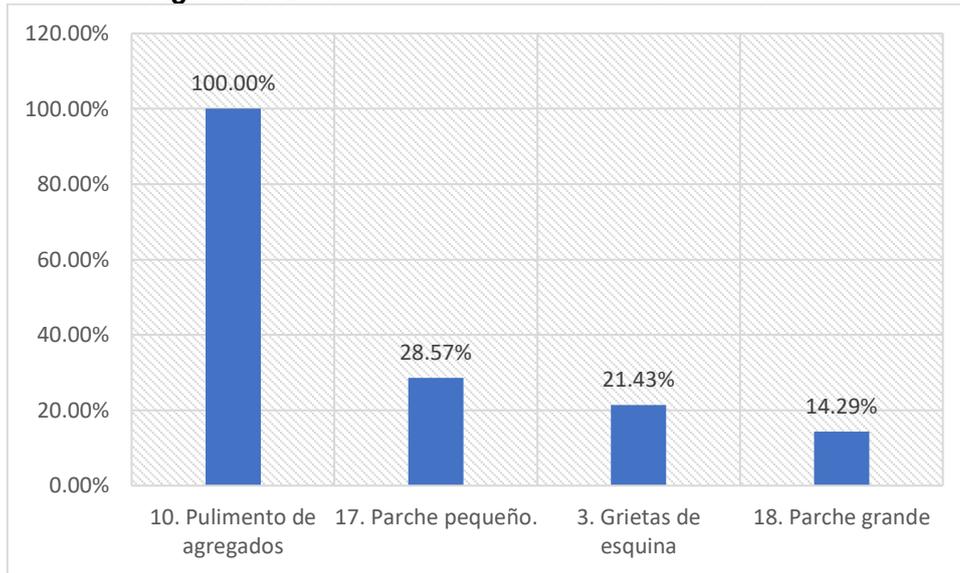
PCI= 78.79%

Calificación= MUY BUENO

Las fallas encontradas son: Grietas de esquina, pulimento de agregados, parche pequeño y parche grande. Siendo la falla con mayor incidencia en esta unidad de muestreo la causada por pulimento de agregados con una densidad de **100%**.

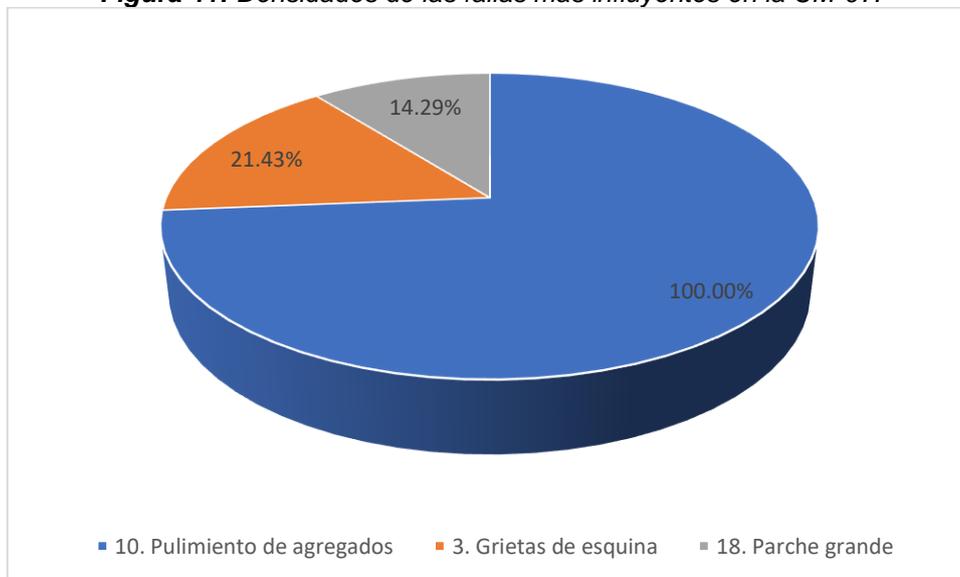
El índice de condición de pavimento es de **78.79%** lo que representa una clasificación de **MUY BUENO**.

Figura 40: Densidad de cada una de las fallas de UM-07.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 41: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-07.



Fuente. Elaboración propia.

Unidad de muestreo (UM-08)

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se obtiene las siguientes.

Tabla 23: Fallas encontradas en UM-08.

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
7B	4	28.57%	6.12
8	2	14.29%	0.00
10	14	100%	10.00
17B	1	7.14%	0.00
18B	1	7.14%	1.20

Fuente. Elaboración propia.

CDV= 12.77

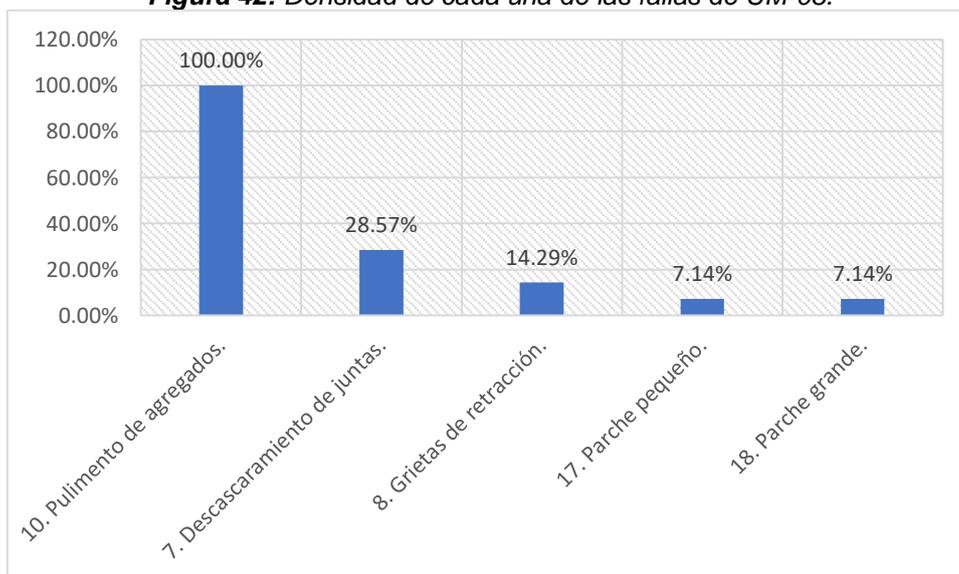
PCI= 87.23%

Calificación= **EXCELENTE**

Las fallas encontradas son: Descascaramiento de junta, pulimento de agregados, grieta de retracción, parche grande y parche pequeño. Siendo la falla con mayor incidencia en esta unidad de muestreo la causada por pulimento de agregados con una densidad de **100%**.

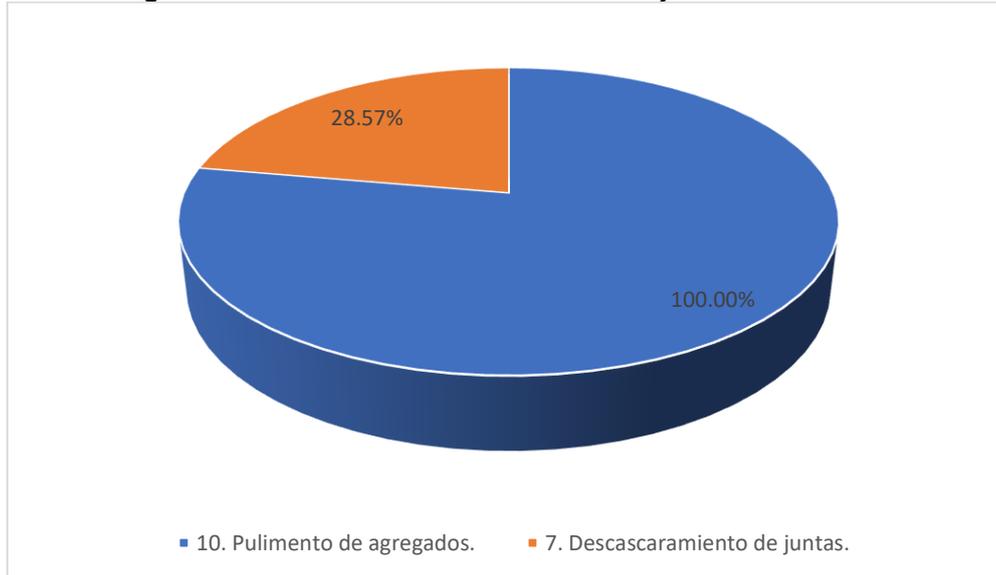
El índice de condición de pavimento es de **87.23%** lo que representa una clasificación de **EXCELENTE**.

Figura 42: Densidad de cada una de las fallas de UM-08.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 43: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-08.



Fuente. Elaboración propia.

Unidad de muestreo (UM-09)

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se obtiene las siguientes.

Tabla 24: Fallas encontradas en UM-09.

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
3M	1	7.14%	10.20
9M	2	14.29%	5.83
10	14	100%	10.00
17B	4	28.57%	1.47
18B	1	7.14%	1.20

Fuente. Elaboración propia.

CDV= 17.96

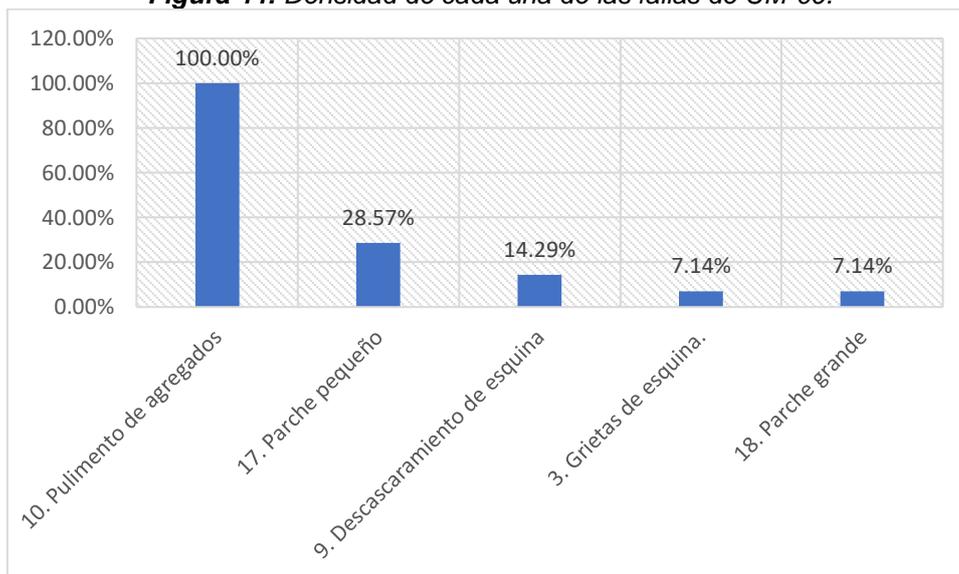
PCI= 82.04%

Calificación= MUY BUENO

Las fallas encontradas son: Grietas de esquina, descascaramiento de esquina, pulimento de agregados, parche grande y parche pequeño. Siendo la falla con mayor incidencia en esta unidad de muestreo la causada por pulimento de agregados con una densidad de **100%**.

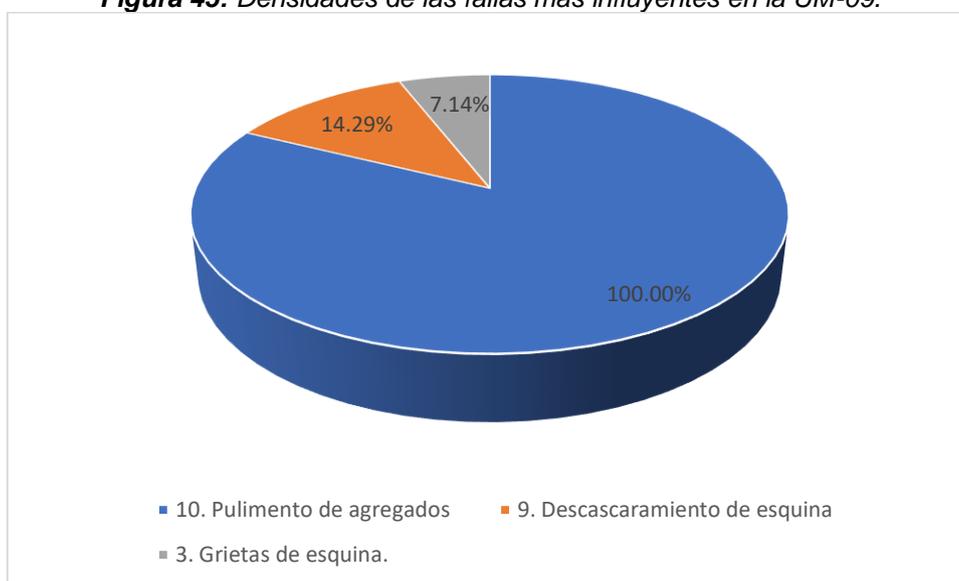
El índice de condición de pavimento es de **82.04%** lo que representa una clasificación de **MUY BUENO**.

Figura 44: Densidad de cada una de las fallas de UM-09.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 45: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-09.



Fuente. Elaboración propia.

Unidad de muestreo (UM-10)

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se obtiene las siguientes.

Tabla 25: Fallas encontradas en UM-10.

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
7B	1	7.14%	1.64
8	1	7.14%	0.00
10	14	100%	10.00
18B	2	14.29%	3.41

Fuente. Elaboración propia.

CDV= 12.03

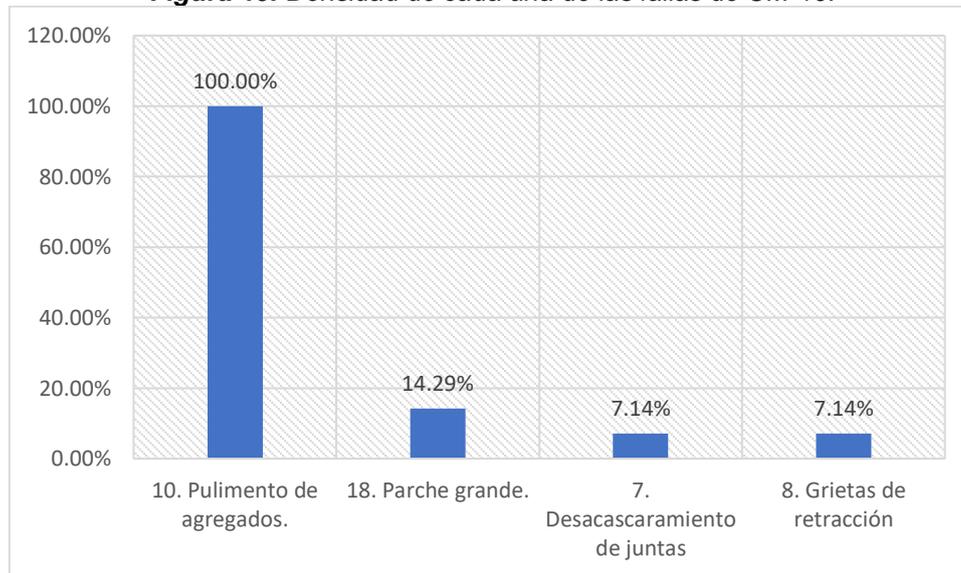
PCI= 87.97%

Calificación= EXCELENTE

Las fallas encontradas son: Descascaramiento de juntas, pulimento de agregados, grietas de retracción y parche grande. Siendo la falla con mayor incidencia en esta unidad de muestreo la causada por pulimento de agregados con densidad de **100%**.

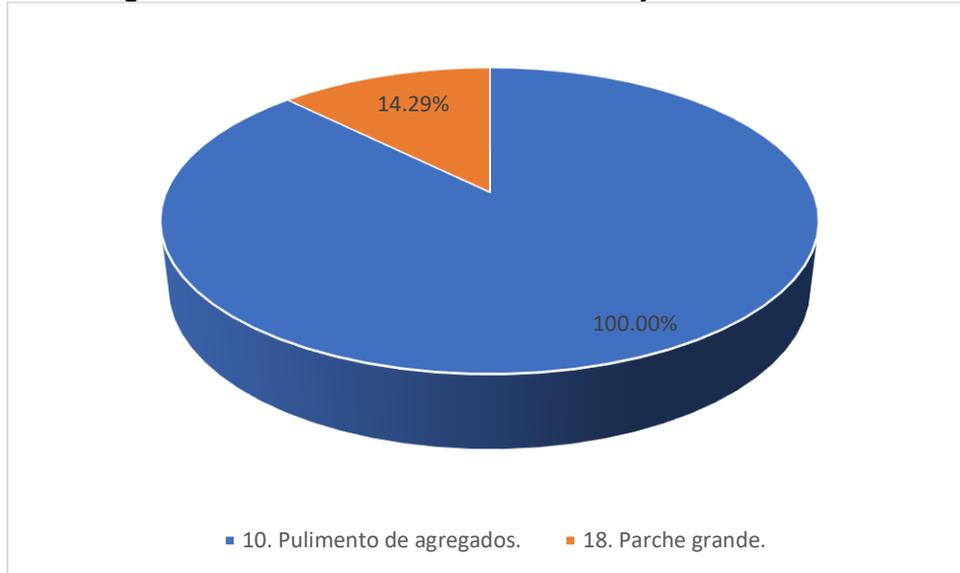
El índice de condición de pavimento es de **87.97%** lo que representa una clasificación de **EXCELENTE**.

Figura 46: Densidad de cada una de las fallas de UM-10.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 47: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-10.



Fuente. Elaboración propia.

Unidad de muestreo (UM-11)

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se obtiene las siguientes.

Tabla 26: Fallas encontradas en UM-11.

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
1M	1	7.14%	3.55
3M	2	14.29%	20.96
10	14	100%	10.00
17B	1	7.14%	0.00
17M	1	7.14%	2.55
18B	1	7.14%	1.20

Fuente. Elaboración propia.

CDV= 29.90

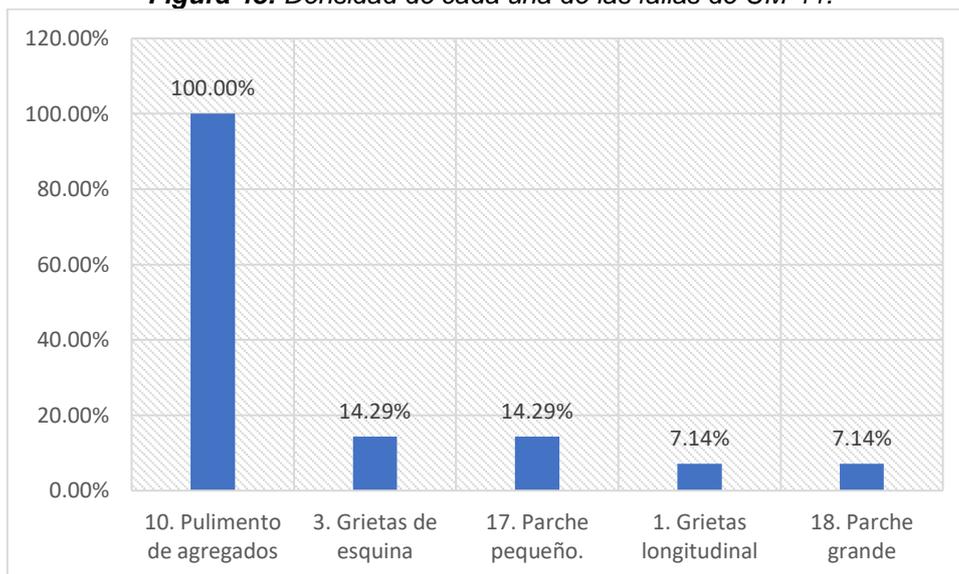
PCI= 72.10%

Calificación= MUY BUENO

Las fallas encontradas son: Grietas longitudinales, grietas de esquina, pulimento de agregados y parche pequeño y grande. Siendo la falla con mayor incidencia en esta unidad de muestreo, la causada por pulimento de agregados con densidad de **100%**.

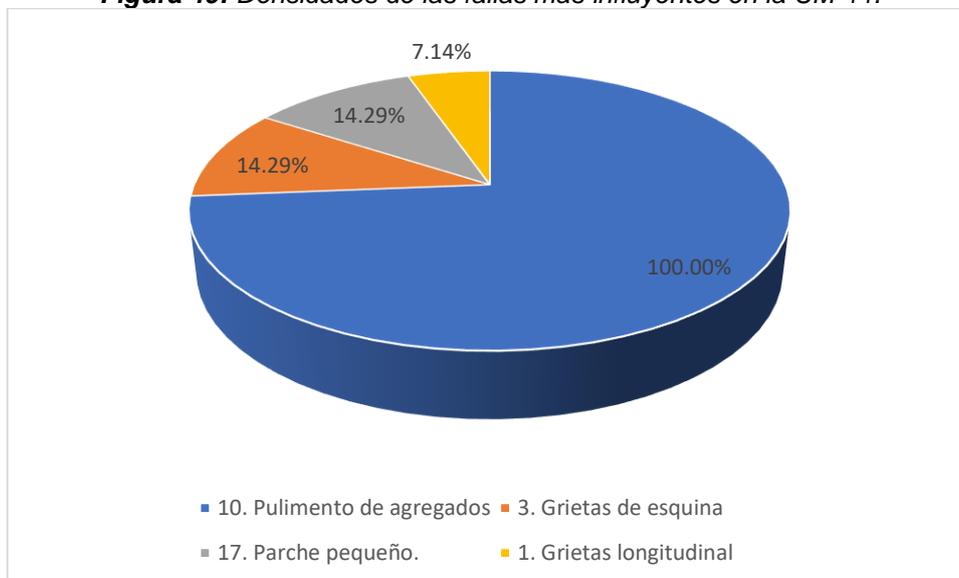
El índice de condición de pavimento es de **72.10%** lo que representa una clasificación de **MUY BUENO**.

Figura 48: Densidad de cada una de las fallas de UM-11.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 49: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-11.



Fuente. Elaboración propia.

Unidad de muestreo (UM-12)

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se obtiene las siguientes.

Tabla 27: Fallas encontradas en UM-12.

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
3B	2	14.29%	12.08
7B	1	7.14%	1.64
10	14	100%	10.00
17B	2	14.29%	0.00
18B	1	7.14%	1.20
18M	1	7.14%	8.31

Fuente. Elaboración propia.

CDV= 19.12

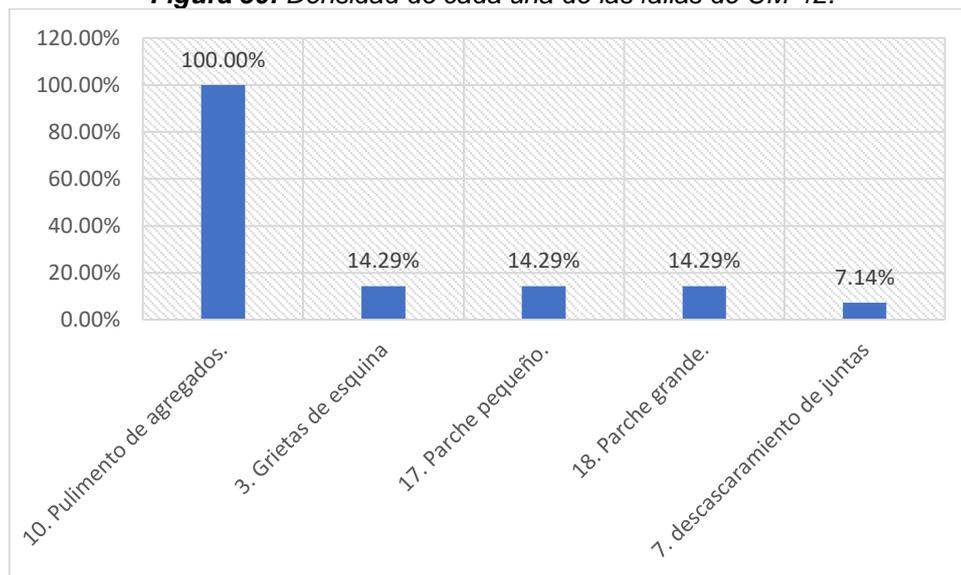
PCI= 80.88%

Calificación= MUY BUENO

Las fallas encontradas son: Grietas de esquina, descascaramiento de juntas, pulimento de agregados y parche pequeño y grande. Siendo la falla con mayor incidencia en esta unidad de muestreo, la causada por pulimento de agregados con densidad de **100%**.

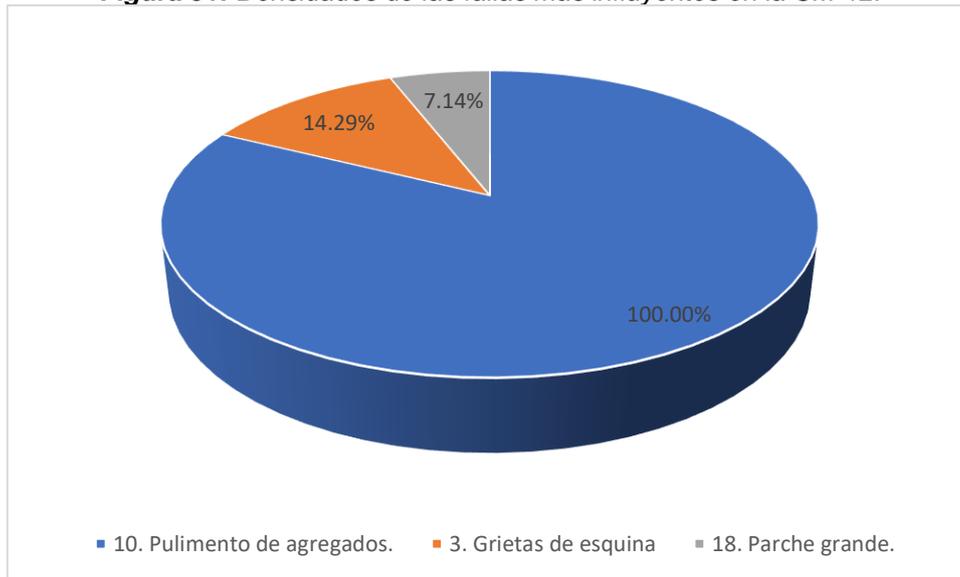
El índice de condición de pavimento es de **80.88%** lo que representa una clasificación de **MUY BUENO**.

Figura 50: Densidad de cada una de las fallas de UM-12.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 51: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-12.



Fuente. Elaboración propia.

Unidad de muestreo (UM-13)

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se obtiene las siguientes.

Tabla 28: Fallas encontradas en UM-13.

Falla	Nº Losas	Densidad (%)	Valor deducido
1M	2	14.29%	11.65
10	14	100%	10.00
17B	2	14.29%	0.00
18B	1	7.14%	1.20

Fuente. Elaboración propia.

CDV= 17.12

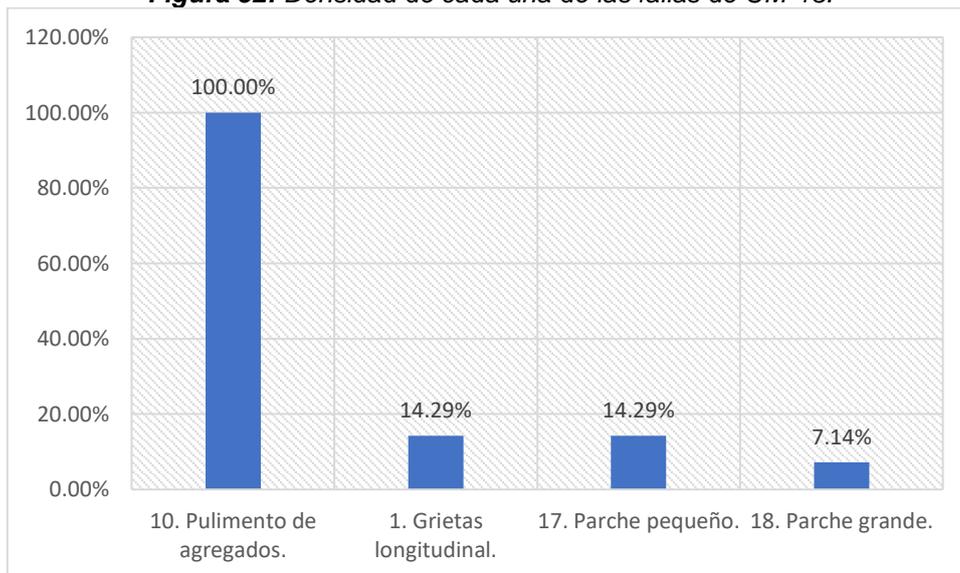
PCI= 82.88%

Calificación= **MUY BUENO**

Las fallas encontradas son: Grietas longitudinales, pulimento de agregados y parche grande y pequeño. Siendo la falla con mayor incidencia en esta unidad de muestreo, la causada por pulimento de agregados con densidad de **100%**.

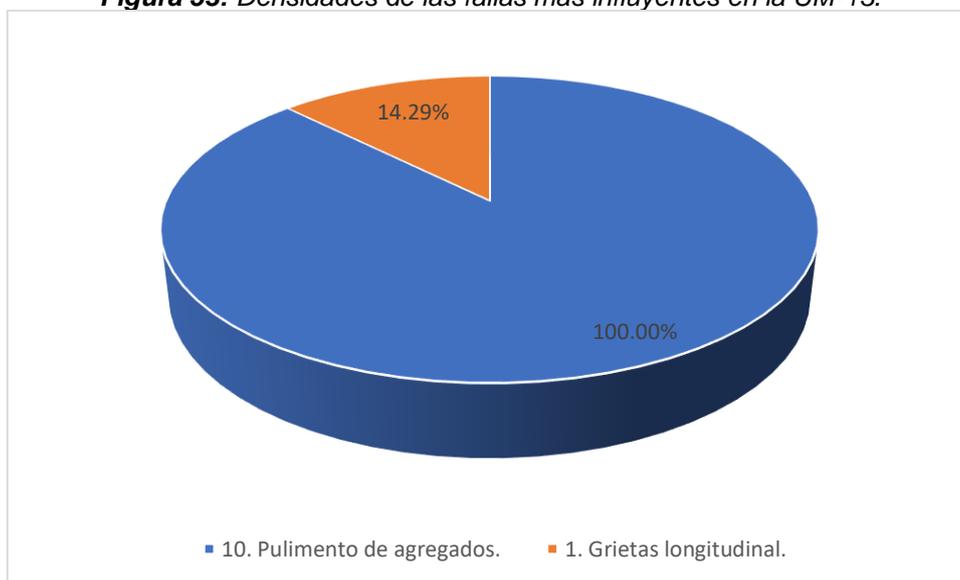
El índice de condición de pavimento es de **82.88%** lo que representa una clasificación de **MUY BUENO**.

Figura 52: Densidad de cada una de las fallas de UM-13.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 53: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-13.



Fuente. Elaboración propia.

Unidad de muestreo (UM-14)

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se obtiene las siguientes.

Tabla 29: Fallas encontradas en UM-14.

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
7B	1	7.14%	1.64
7M	1	7.14%	2.87
9B	1	7.14%	1.69
9M	1	7.14%	5.89
10	14	100%	10.00
17B	1	7.14%	0.00
18B	1	7.14%	1.20

Fuente. Elaboración propia.

CDV= 14.25

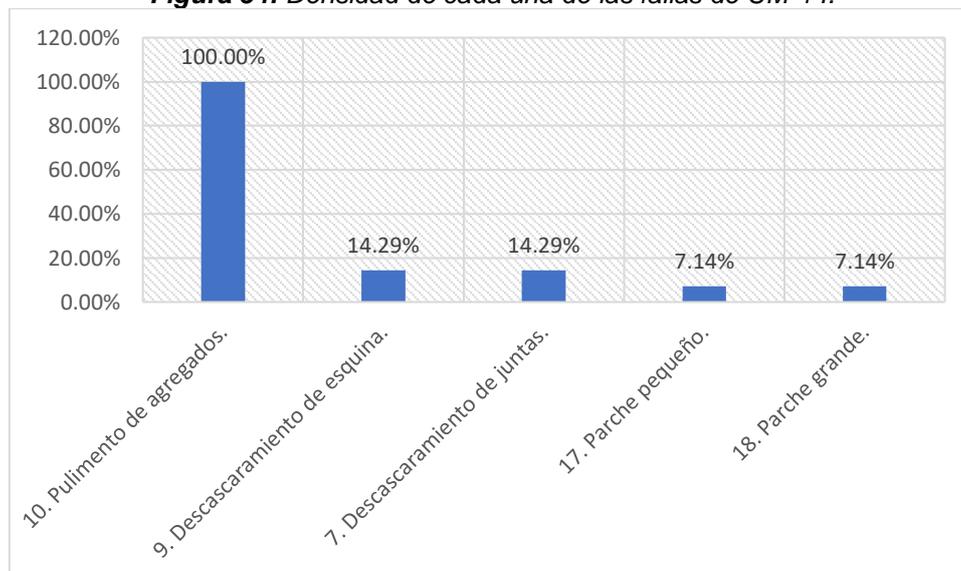
PCI= 85.75%

Calificación= EXCELENTE

Las fallas encontradas son: Descascaramiento de juntas y esquina, pulimento de agregados y parche grande y pequeño. Siendo la falla con mayor incidencia en esta unidad de muestreo, la causada por pulimento de agregados con densidad de **100%**.

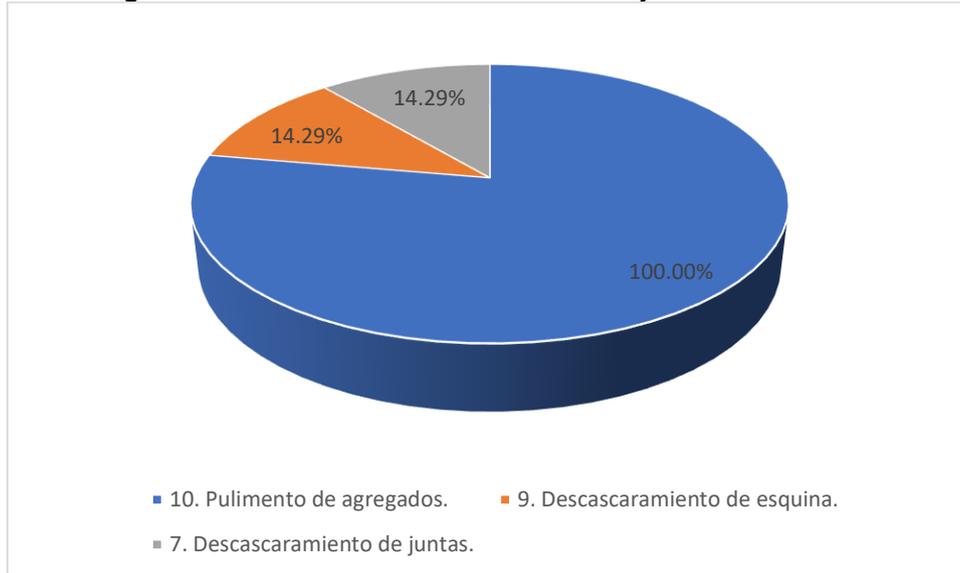
El índice de condición de pavimento es de **85.75%** lo que representa una clasificación de **EXCELENTE**.

Figura 54: Densidad de cada una de las fallas de UM-14.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 55: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-14.



Fuente. Elaboración propia.

Unidad de muestreo (UM-15)

Después de realizar la inspección visual y medición de las fallas en la unidad de muestreo, se obtiene las siguientes.

Tabla 30: Fallas encontradas en UM-15.

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
1A	1	5.56%	11.96
3A	1	5.56%	14.84
9M	2	11.11%	3.42
10	14	100%	10.00
17B	3	16.67%	0.56

Fuente. Elaboración propia.

CDV= 24.61

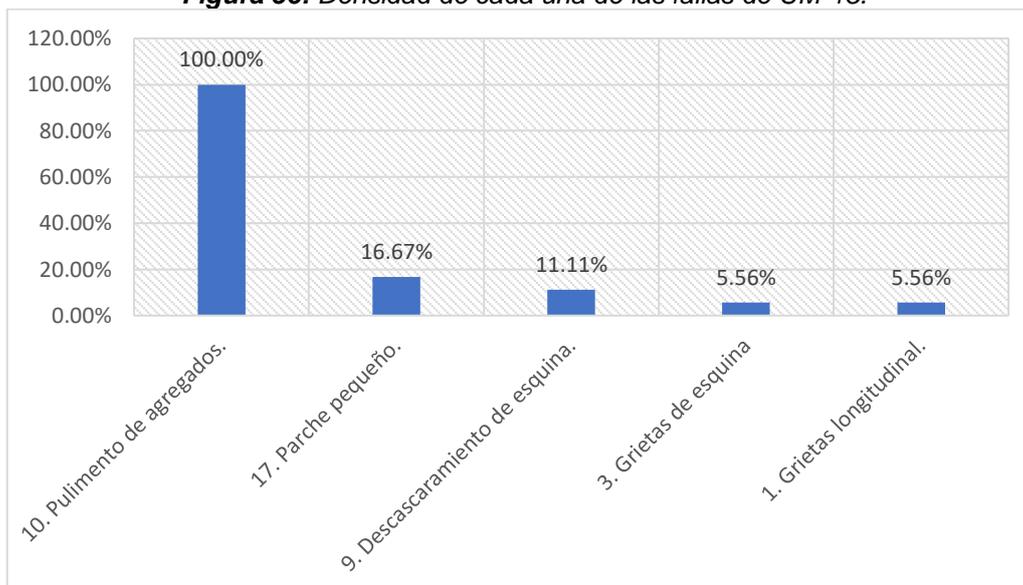
PCI= 75.39%

Calificación= **MUY BUENO**

Las fallas encontradas son: Grietas longitudinales, grietas de esquina, descascaramiento de esquina, pulimento de agregados y parche pequeño. Siendo las fallas con mayor incidencia en esta unidad de muestreo, las causadas por pulimento de agregados con densidad de **100%**.

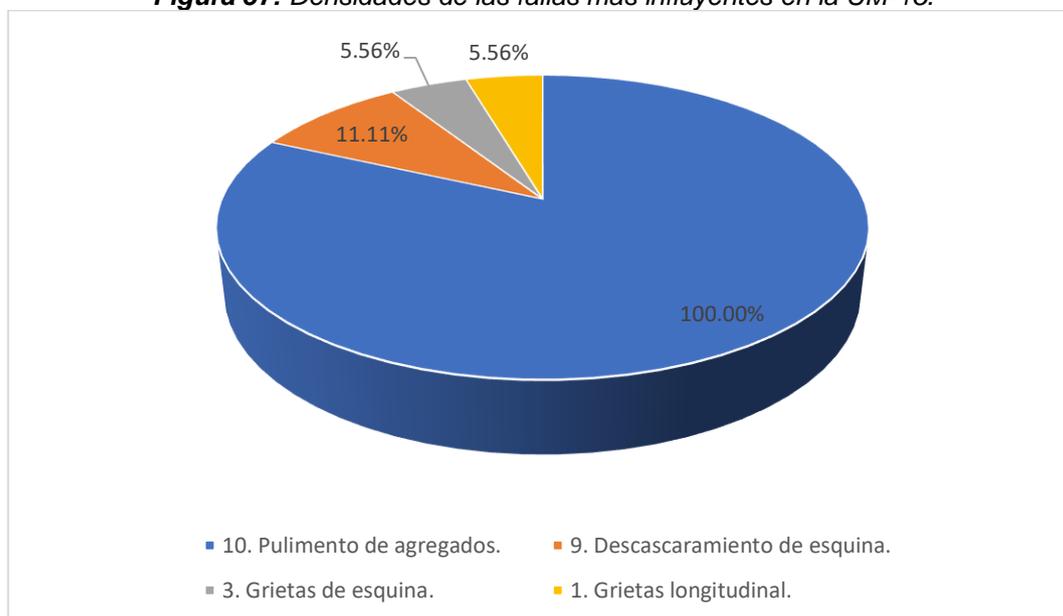
El índice de condición de pavimento es de **75.39%** lo que representa una clasificación de **MUY BUENO**.

Figura 56: Densidad de cada una de las fallas de UM-15.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 57: Densidades de las fallas más influyentes en la UM-15.



Fuente. Elaboración propia.

4.1.4. Cálculo del PCI.

Se determinó el índice de condición del pavimento (PCI), para las 15 unidades de muestra del jirón en estudio, la información recolectada fue registrada en las hojas de inspección diseñadas para tal fin, así como las tablas que consignan el procedimiento para el cálculo del PCI.

A continuación, se muestra el resumen el resultado de cada unidad de muestreo su respectivo mayor valor deducido de daño, su nombre, nivel de severidad, el valor numérico de PCI y el estado.

Tabla 31: Daños y severidad en cada unidad de muestreo.

UM	Máximo VD	Tipo de Daño	Nivel de severidad	Valor de PCI	Estado
UM-01	10.20	Grieta de esquina	Media	82.62	Muy bueno
UM-02	9.62	Pulimento de agregados	-----	84.88	Muy bueno
UM-03	10.00	Pulimento de agregados	-----	87.86	Excelente
UM-04	10.00	Pulimento de agregados	-----	80.91	Muy bueno
UM-05	11.65	Grieta longitudinal	Media	74.64	Muy bueno
UM-06	10.20	Grieta de esquina	Media	80.64	Muy bueno
UM-07	12.19	Grieta de esquina	Alto	78.79	Muy bueno
UM-08	10.00	Pulimento de agregados	-----	87.23	Excelente
UM-09	10.20	Grieta de esquina	Media	82.04	Muy bueno
UM-10	10.00	Pulimento de agregados	-----	87.97	Excelente
UM-11	20.96	Grieta de esquina	Media	72.10	Muy bueno
UM-12	12.08	Grieta de esquina	Bajo	80.88	Muy bueno
UM-13	11.65	Grieta longitudinal	Media	82.88	Muy bueno
UM-14	10.00	Pulimento de agregados	-----	85.75	Excelente
UM-15	14.84	Grieta de esquina	Alto	75.39	Muy bueno

Fuente. Elaboración propia.

Se puede observar que la falla que genera un alto grado de afectación es grieta de esquina de severidad media, ya que se presentó el mayor valor deducido en las siguientes unidades 01, 06, 07, 09, 11, 12 y 15; este valor indica el grado en que cada combinación de deterioro, nivel de severidad y cantidad perjudican la condición del mismo.

Para las unidades 02, 03, 04, 08, 10 y 14 el mayor valor deducido corresponde a pulimento de agregados.

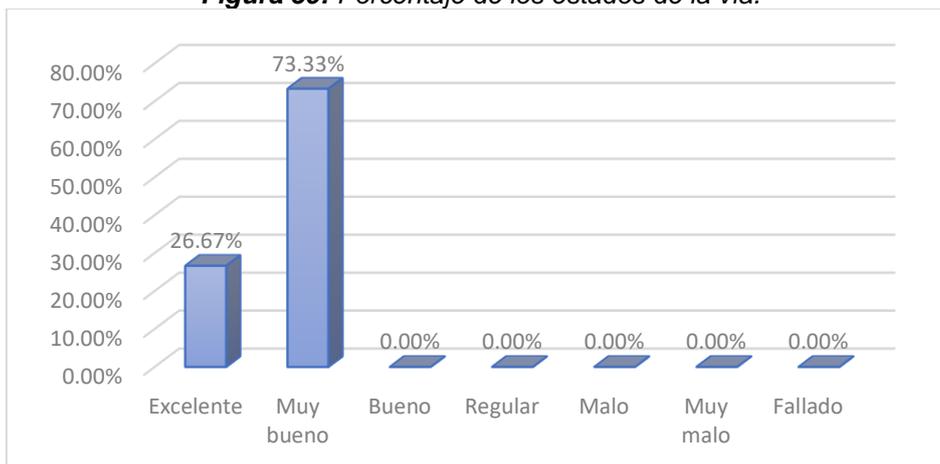
El porcentaje de área que representa cada una de las fallas mencionadas anteriormente respecto al total de unidades de muestreo evaluadas se encuentran definido en el gráfico.

Figura 58: Fallas que afectan más la vía.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 59: Porcentaje de los estados de la vía.



Fuente. Elaboración propia.

4.1.5. Fallas más frecuentes encontradas en las unidades de muestreo.

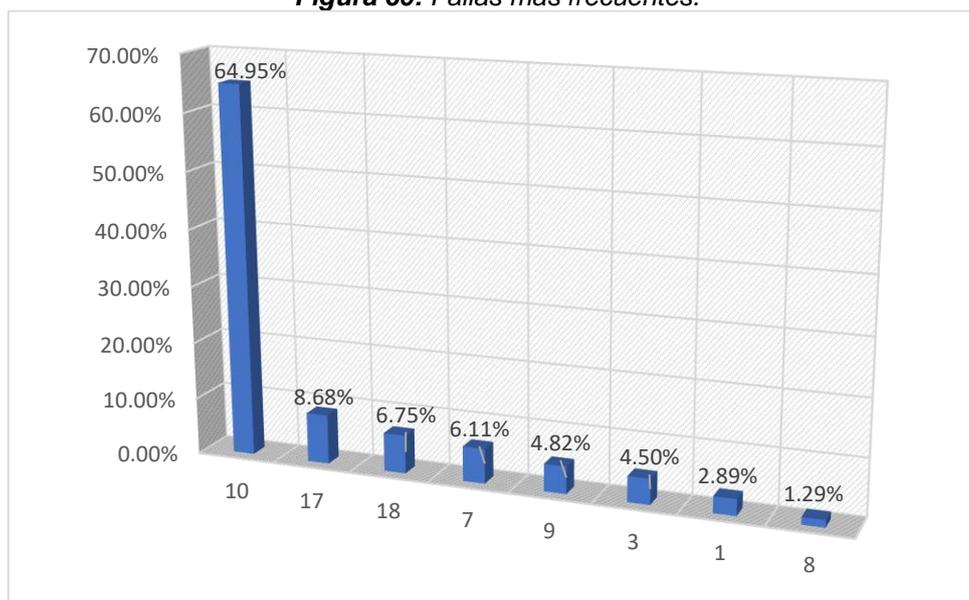
A continuación, se muestra las fallas más frecuentes encontradas en las unidades de muestreo del jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca.

Tabla 32: Fallas más frecuentes en las unidades de muestreo.

N°	Tipo de falla	Cant. de fallas	%
10	Pulimento de agregados.	202	64.95%
17	Parche pequeño.	27	8.68%
18	Parche grande.	21	6.75%
7	Descascaramiento de junta.	19	6.11%
9	Descascaramiento de esquina.	15	4.82%
3	Grieta de esquina.	14	4.50%
1	Grieta longitudinal.	09	2.89%
8	Grieta de retracción.	04	1.29%

Fuente. Elaboración propia.

Figura 60: Fallas más frecuentes.



Fuente. Elaboración propia.

En el jirón en estudio las fallas encontradas son: Pulimento de agregados, con una incidencia del 64.95%, parche pequeño con 8.68%, parche grande con 6.75%, descascaramiento de juntas con 6.11%, descascaramiento de esquina con

4.82%, grieta de esquina con 4.50%, grieta longitudinal con 2.89% y grieta de retracción con 1.29%.

4.1.6. Determinación del valor del PCI del jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca.

Se presenta un resumen del estado, PCI y el número de losas de cada unidad de muestreo. También se presenta el cálculo del PCI promedio.

Tabla 33: Determinación del valor del PCI.

Muestra	PCI	Clasificación	# Losas	PCIR*NR
UM-01	82.62	Muy bueno	14	1156.68
UM-02	84.88	Muy bueno	14	1188.32
UM-03	87.86	Excelente	14	1230.04
UM-04	80.91	Muy bueno	14	1132.74
UM-05	74.64	Muy bueno	14	1044.96
UM-06	80.64	Muy bueno	14	1128.96
UM-07	78.79	Muy bueno	14	1103.06
UM-08	87.23	Excelente	14	1221.22
UM-09	82.04	Muy bueno	14	1148.56
UM-10	87.97	Excelente	14	1231.58
UM-11	72.10	Muy bueno	14	1009.40
UM-12	80.88	Muy bueno	14	1132.32
UM-13	82.88	Muy bueno	14	1160.32
UM-14	85.75	Excelente	14	1200.50
UM-15	75.39	Muy bueno	18	1357.02
SUMA:			214	17445.68
			$\text{PCI: } \frac{17445.68}{214} = 81.52$	

Fuente. Elaboración propia.

4.2. Análisis y discusión.

La sección evaluada tuvo un valor de PCI igual a **81.52**, siendo este el valor promedio de todas las unidades evaluadas, cuya calificación corresponde a un estado **MUY BUENO**.

En la unidad de muestra UM-10 el PCI fue de 87.97%, siendo este el PCI más alto, considerándose la unidad que se encuentra en mejor estado. En la unidad de muestra UM-11 el PCI fue de 72.10%, siendo este el PCI más bajo, considerándose la unidad que se encuentra más deteriorada.

En general, el 26.67% de las unidades de muestreo presentaron un estado excelente y un 73.33% muy bueno.

4.2.1. Causas que originan las fallas encontradas en la vía en estudio.

Se muestran las causas que originan las fallas encontradas con sus alternativas de intervención propuestas por el método PCI en función a cada tipo y severidad de daño, encontradas en el jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca.

Tabla 34. Tipo de fallas y causas que las producen.

Tipo de fallas	Causas que las originan
	<ul style="list-style-type: none">▪ Excesivas repeticiones de cargas pesadas (fatiga).▪ Alabeo por gradiente térmico o humedad.▪ Pérdida de soporte de la fundación.▪ Deficiencia en la ejecución de sus juntas longitudinales.



Grieta en esquina



Pulimento de agregados



Descascaramiento de junta

- Excesivas repeticiones de cargas pesadas (fatiga) combinadas con la acción drenante, que debilita y erosiona el apoyo de fundación.
- Deficiente transferencia de cargas a través de la junta, que promueve que se produzca deflexiones en la esquina.
- Es causada principalmente por el tránsito, el mismo que produce el desgaste superficial de los agregados.
- También se produce cuando la fundición del pavimento rígido se realizó en condiciones climáticas desfavorables lluvia, granizo, etc.
- Entrada de materiales incomprensibles en las juntas o fisuras.
- Excesivo esfuerzo en las juntas causado por las cargas de tránsito.
- Concreto débil en la junta por exceso de manipulación.



Descascaramiento de esquina

- Excesivo esfuerzo en las esquinas causado por las cargas de tránsito.
- Concreto débil en las esquinas por exceso de manipulación.



Grieta de retracción

- Se forma durante el fraguado y curado del concreto.
- Acción del clima o productos químicos.



Parche grande

- En remplazo de nuevas losas de similar espesor al del pavimento existente.
- Por conexiones de servicios públicos, así como agua, desagüe y gas.



- En remplazo de nuevas losas de similar espesor al del pavimento existente.
- Por conexiones de servicios públicos, así como agua, desagüe y gas.

Fuente. Elaboración propia.

4.3. Propuesta de intervención.

Según la clasificación propuesta por la metodología del PCI, de acuerdo a su valor se tiene la siguiente clasificación:

Figura 61: Clasificación de acciones de mantenimiento según PCI.

ZONA DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN	PCI		ESCALA
MENOR	100		EXCELENTE
	85		MUY BUENO
MENOR (RUTINARIO)	70		BUENO
	55		REGULAR
MAYOR (CORRECTIVO)	40		POBRE
MAYOR (CORRECTIVO) RECONSTRUCCIÓN	25		MUY POBRE
	10		MALO

Fuente: ASTM 5340-98 método de evaluación PCI.

El jirón evaluado tuvo un valor de PCI igual a **81.52**, cuya calificación corresponde a un estado **muy bueno**, a dicho estado le corresponde de acuerdo a la figura 60, realizar un mantenimiento **MENOR**.

➤ **Acciones de mantenimiento menor.**

Son aquellas que se aplican en pequeñas áreas del pavimento para corregir las fallas localizadas y prevenir el crecimiento de fallas puntuales, disminuyendo de esta forma el índice de deterioro del pavimento. Las acciones a realizarse son:

- Limpieza de drenes y cunetas, barrido, corte de gras en la calzada y mantenimiento de la señalización.
- Sellado de fisuras y grietas en la calzada.
- Reparación de losas de calzada en espesor parcial.

4.4. Contrastación de hipótesis.

Según los resultados obtenidos, el estado del pavimento rígido en el jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca, desde la Av. Vía de Evitamiento Sur hasta la Av. San Martín de Porres, arrojó un pavimento muy bueno, que contrastando la hipótesis planteada resultó ser diferente, no verificándose la hipótesis establecida inicialmente, resultando la hipótesis nula.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- El índice de condición del pavimento rígido en el jirón Colonial de la ciudad de Cajamarca que se determinó es de 81.52, dentro de la escala de clasificación establecida en la norma ASTM D-6433 07, corresponde a un estado muy bueno por estar dentro del rango (70–85). Este resultado es el promedio ponderado del PCI de las 15 unidades de muestreo presentes en el jirón Colonial.
- Las fallas encontradas en el jirón Colonial son: Pulimento de agregados con una incidencia del 64.95%, parche pequeño con 8.68%, parche grande con 6.75%, descascaramiento de juntas con 6.11%, descascaramiento de esquina con 4.82%, grieta de esquina con 4.50%, grieta longitudinal con 2.89% y grieta de retracción con 1.29%.
- El grado de severidad de las fallas encontradas son: Pulimento de agregados esta falla no cuenta con severidad, parche pequeño con severidad de baja y media, parche grande con severidad baja y media, descascaramiento de juntas con severidad de baja y media, descascaramiento de esquina con severidad de baja y media, grieta de esquina con severidad de baja, media y alta, grieta longitudinal con severidad de baja y grieta de retracción esta falla no tiene severidad.

5.2. Recomendaciones.

- Al obtener como resultado un índice de condición de pavimento muy bueno, se recomienda realizar un mantenimiento rutinario de limpieza en el jirón en estudio, para que de esa manera el pavimento cumpla con su vida útil o de diseño.
- La evaluación superficial realizada mediante el método PCI puede ser complementada con la evaluación de la condición estructural mediante técnicas del tipo destructivas o no destructivas que permitan determinar; la capacidad estructural que presenta el pavimento en estudio.
- Realizar un monitoreo continuo del PCI, que sirve para establecer el ritmo de deterioro del pavimento, a partir del cual se identifica con la debida anticipación las necesidades de rehabilitación y mantenimiento de la vía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- AASHTO, (1993). Capítulo I: Método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos rígidos. V.1, p. 1-10. Recuperado de <https://Diseño de pavimento método AASHTO 93 español 1>
- Altamirano Kauffmann L. F. (2007). Deterioro de pavimentos rígidos. 91 p. Recuperado de <http://deterioro-pavimentos-rigidos/deterioro-pavimentos-rigidos.pdf>
- American Society For Testing and Materials (2004). Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (ASTM D6433-03). Estados unidos. 81 p.
- Bermúdez, V. G. (2006). Evaluación y comparación de metodologías vizir y PCI sobre el tramo de vía en pavimento flexible y rígido de la vía: Museo Quimbaya – CRQ Armenia Quindía (PR 00+000 – PR 02+600). Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/747/1/vivianaceronbermudez.2006.pdf>
- Camposano Olivera JE. (2012). Acerca de nosotros: scrib tesis de pavimentos. Avalible from: Recuperado de <https://es.scrib.com/document/248634925/TESIS-DE-PAVIMENTOS>.
- Godoy, Álvaro (2006). Evaluación de los diversos pavimentos construidos en las calles y avenidas de la comuna asuncena con el fin de determinar el estado patológico de los pavimentos rígidos de Asunción.
- Gonzales Crisostomo P.J. (2011). Determinación del tipo de fallas y su grado de incidencia de los pavimentos rígidos de las principales avenidas del distrito de Huaraz - Ancash. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Católica los Ángeles de Chimbote. Facultad de Ingeniería. 56 p.
- Montejo, A. (2008). "Ingeniería de pavimentos". 38 Ed. Colombia. Tomo 1, 524p. Recuperado de [https://ingenieria-de-pavimentos-fundamentos-estudios-basicos-y diseño](https://ingenieria-de-pavimentos-fundamentos-estudios-basicos-y-diseño).

- Morales, J. P. (2005). Técnicas de rehabilitación de pavimentos de concreto utilizando. Sobre capas de refuerzo. Piura, Perú. 167p. Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1343/ICl_129.pdf
- Pavimentos Duravía, (2012). El pavimento de-concreto. (en línea). Lima, PE. Consultado 23 ene. 2013. Recuperado de <http://www.duravia.com.pe/wpcontent/uploads/Coleccionable-Duravia-V.2.pdf>
- Rodríguez, E. (2009). "Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla". Piura. Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICl_180.pdf
- Sánchez M. C.M. (2018). Incidencia de las patologías del concreto en la obtención del índice de integridad funcional y estructural del pavimento rígido de la Av. San Martín de Porres, entre la Av. Atahualpa y Jr. Los geranios de la ciudad de Cajamarca. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Cajamarca. Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1837>
- Tafur Herrera A. (2013). Evaluación de la resistencia y calidad de la losa de concreto rígido del Jr. Arcomayo Cda. N° 1 y Jr. Sánchez Hoyos Cda. N° 2, de la ciudad de Cajamarca. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de Ingeniería. 82 p. .
- Vásquez Varela, L. R. (2002). Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. Recuperado de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1>.
- Velásquez, E. D. (2009). Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis Montero, distrito de castilla. Piura. Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICl_180.pdf

ANEXOS

ANEXO 1. HOJA DE INSPECCIÓN PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO

HOJA DE INSPECCIÓN DE LA CONDICIÓN DE PAVIMENTO POR UNIDAD DE MUESTREO (UM-)

Nombre de Vía: _____ Cuadra: _____ Código de Vía: _____

Unidad de Muestreo: _____ Número de Losas: _____ Fecha: _____

Abscisa Inicial: _____ Abscisa Final: _____

Inspeccionado por: _____

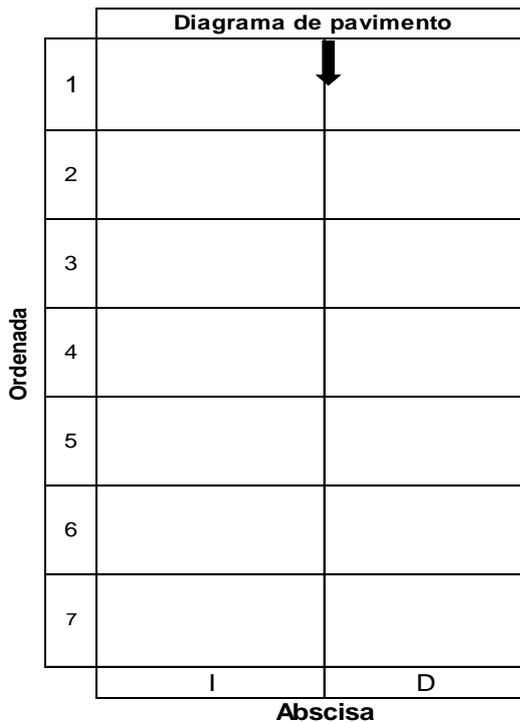
N° TIPO DE FALLA

- 1 Grietas longitudinales.
- 2 Grietas transversales y/o diagonales.
- 3 Grietas de esquina.
- 4 Grietas de durabilidad "D".
- 5 Grietas en bloque.
- 6 Deterioro de sello.
- 7 Descascaramiento de juntas.
- 8 Grietas de retracción.
- 9 Descascaramiento de esquina.
- 10 Pulimento de agregados.
- 11 Desintegración, agujeros (popouts)
- 12 Blow Up (Levantamiento localizado)
- 13 Escala
- 14 Desnivel carril / berma.
- 15 Hundimiento (Punzamiento).
- 16 Exudación y bombeo.
- 17 Parche pequeño.
- 18 Parche grande.

Nivel de severidad

B: Bajo M: Medio. A: Alto.

CÁLCULO DEL PCI	
Númmers deducidos > 2 (q):	
Valor deducido más alto (HDV):	
Núm. Admisibles deducidos (mi):	



Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido

#	VALOR DEDUCIDO			TOTAL	q	CDV

Máximo CDV=

PCI= 100 - Máximo CDV

PCI=

CLASIFICACIÓN= _____

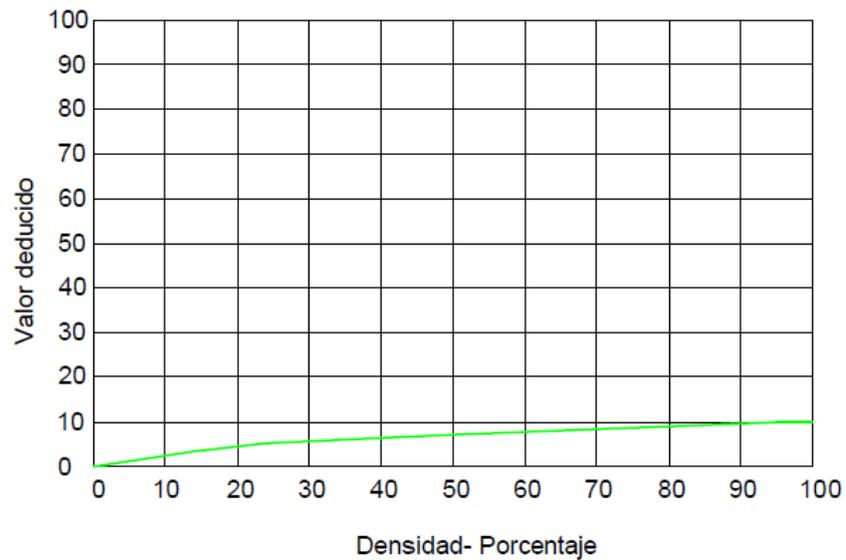
ANEXO 2. FORMATO PARA LAS ITERACIONES DEL CÁLCULO DEL CDV.

#	VALOR DEDUCIDO				TOTAL	q	CDV

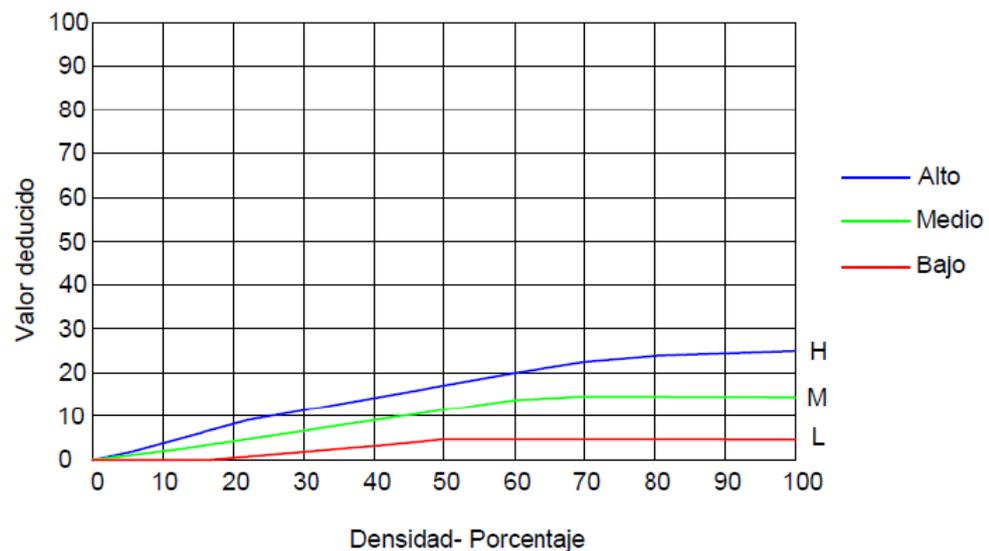
Fuente: Luis Ricardo Vásquez Varela. Editado por autores.

ANEXO 3. CURVAS PARA DETERMINAR EL VALOR DEDUCIDO DE CADA FALLA PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO.

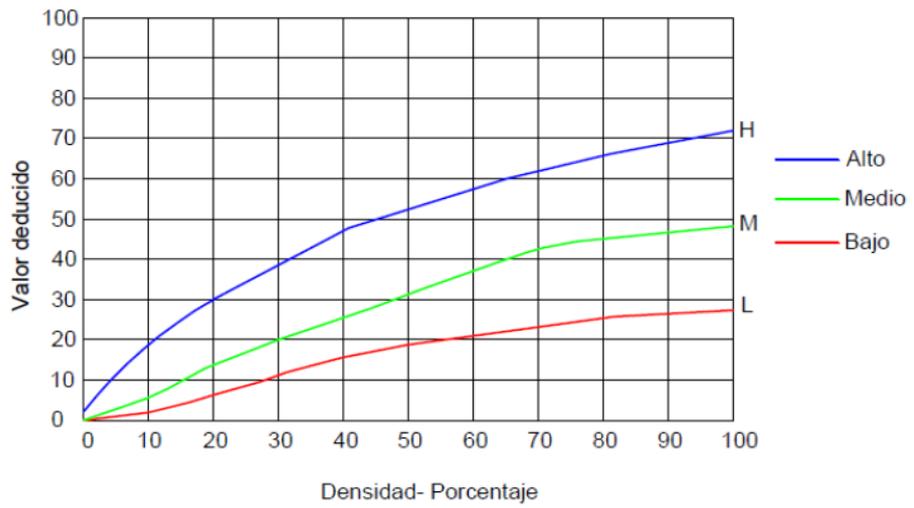
PULIMENTO DE AGREGADOS



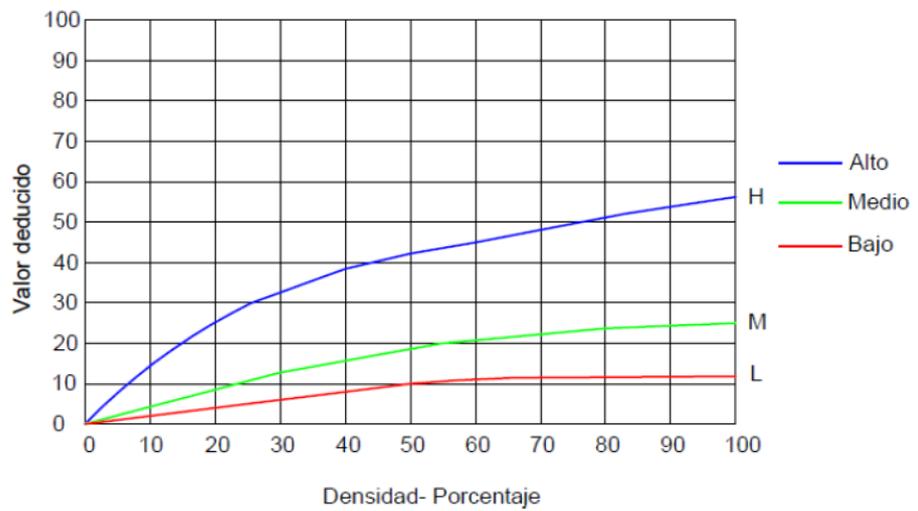
PARCHE PEQUEÑO



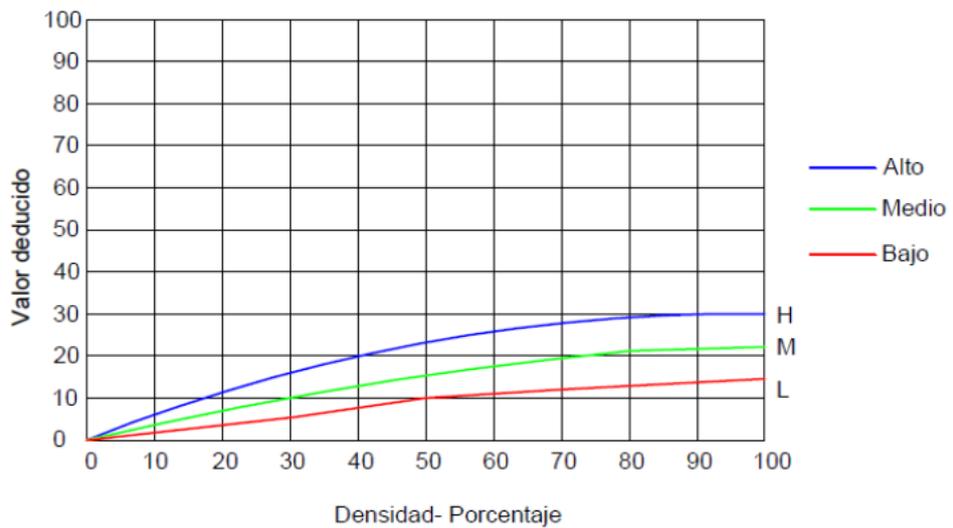
PARCHE GRANDE



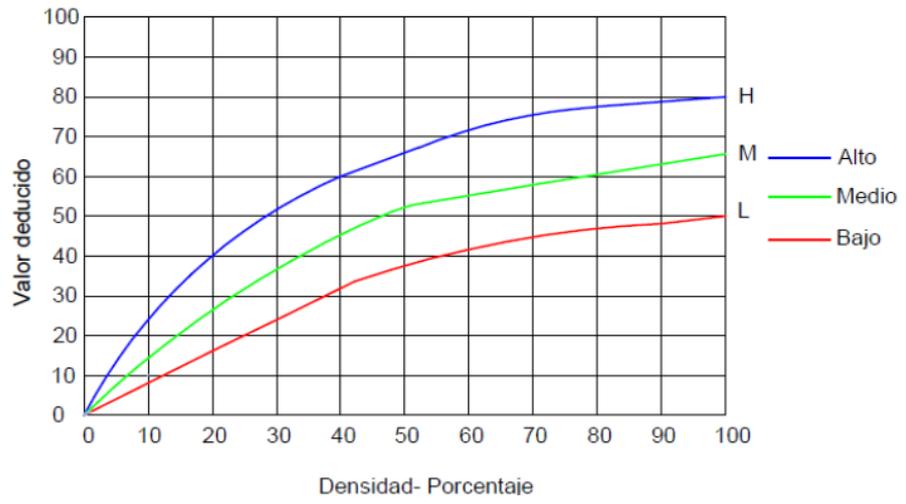
DESCASCARAMIENTO DE JUNTA



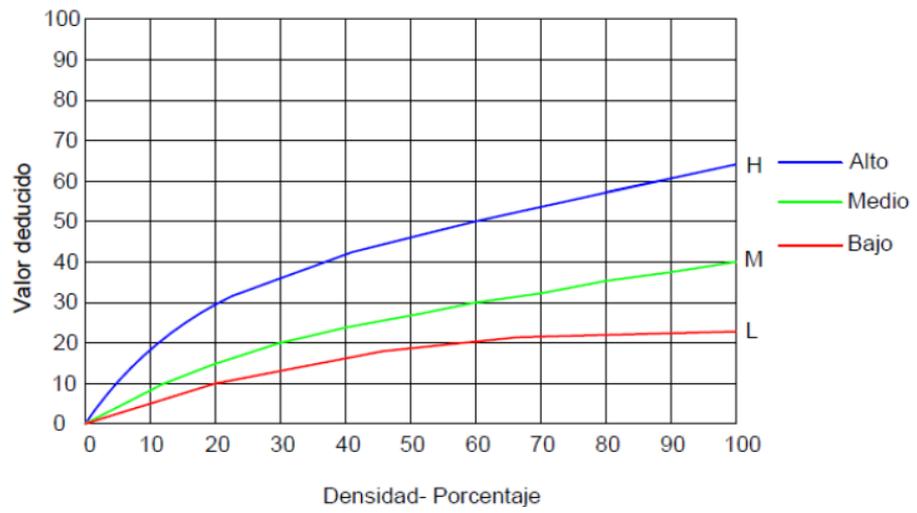
DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA



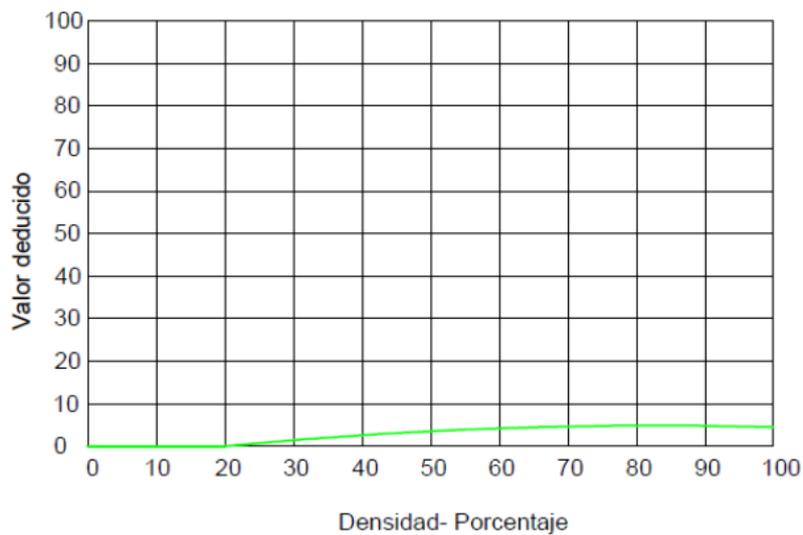
GRIETA DE ESQUINA



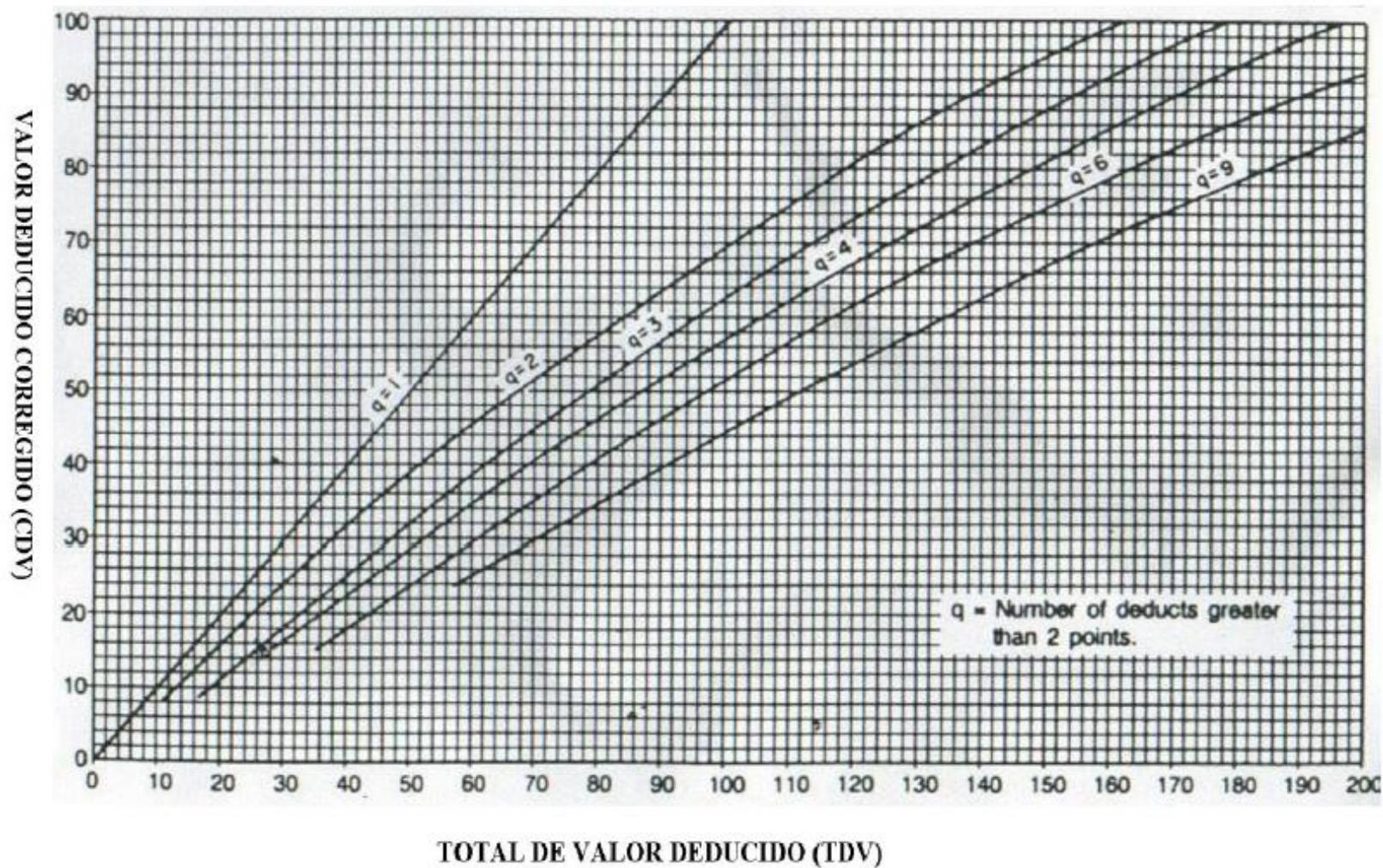
GRIETAS LONGITUDINALES



GRIETAS DE RETRACCIÓN



ANEXO 4. CURVA DE CORRECCIÓN PARA DETERMINAR EL "VALOR DEDUCIDO TOTAL" CDV



ANEXO 5. CÁLCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

HOJA DE INSPECCIÓN DE LA CONDICIÓN DE PAVIMENTO POR UNIDAD DE MUESTREO (UM-01)

Nombre de Vía: Jr. COLONIAL Cuadra: 4 Código de Vía: UM-01

Unidad de Muestreo: U-01 Número de Losas: 14 Fecha: Mar-19

Abscisa Inicial: (I,1);(D,1) Abscisa Final: (I,7);(D,7)

Inspeccionada por: Bach. Roberth Alberto Raico Huaripata.

N° TIPO DE FALLA

- 1 Grietas longitudinales.
- 2 Grietas transversales y/o diagonales.
- 3 Grietas de esquina.
- 4 Grietas de durabilidad "D".
- 5 Grietas en bloque.
- 6 Deterioro de sello.
- 7 Descascaramiento de juntas.
- 8 Grietas de retracción.
- 9 Descascaramiento de esquina.
- 10 Pulimento de agregados.
- 11 Desintegración, agujeros (popouts)
- 12 Blow Up (Levantamiento localizado)
- 13 Escala
- 14 Desnivel carril / berma
- 15 Hundimiento (Punzamiento).
- 16 Exudación y bombeo.
- 17 Parche pequeño.
- 18 Parche grande.

Diagrama de pavimento				
Ordenada	1	1B, 18B	↓	10, 9B
	2	-----		10, 18B
	3	-----		10, 18B, 3B
	4	17B		-----
	5	10, 17B, 3M		10, 17B
	6	10		10, 17B, 7B
	7	-----		10
		I		D

Abscisa

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
1B	1	7.14%	4.45
3B	1	7.14%	5.21
3M	1	7.14%	10.20
7B	1	7.14%	1.64
9B	1	7.14%	1.69
10	8	57.14%	7.97
17B	4	28.57%	1.47
18B	3	21.43%	6.80

Nivel de severidad

B: Bajo M: Medio. A: Alto.

CÁLCULO DEL PCI

Números deducidos > 2 (q):	5
Valor deducido más alto (HDV):	10.2
Núm. admisibles deducidos (mi):	9.25

#	VALOR DEDUCIDO					TOTAL	q	CDV
1	10.2	7.97	6.80	5.21	4.45	34.6	5	0.00
2	10.2	7.97	6.80	5.21	2.00	32.2	4	17.38
3	10.2	7.97	6.80	2.00	2.00	29.0	3	16.99
4	10.2	7.97	2.00	2.00	2.00	24.2	2	8.97
5	10.2	2.00	2.00	2.00	2.00	18.2	1	7.74

Máximo CDV= 17.38

PCI= 100 - Máximo CDV

PCI= 82.62

CLASIFICACIÓN= MUY BUENO

HOJA DE INSPECCIÓN DE LA CONDICIÓN DE PAVIMENTO POR UNIDAD DE MUESTREO (UM-02)

Nombre de Vía: Jr. COLONIAL Cuadra: 4 Código de Vía: UM-02

Unidad de Muestreo: U-02 Número de Losas: 14 Fecha: Mar-19

Abscisa Inicial: (I,1);(D,1) Abscisa Final: (I,7);(D,7)

Inspeccionada por: Bach. Roberth Alberto Raico Huaripata.

N° TIPO DE FALLA

- 1 Grietas longitudinales.
- 2 Grietas transversales y/o diagonales.
- 3 Grietas de esquina.
- 4 Grietas de durabilidad "D".
- 5 Grietas en bloque.
- 6 Deterioro de sello.
- 7 Descascaramiento de juntas.
- 8 Grietas de retracción.
- 9 Descascaramiento de esquina.
- 10 Pulimento de agregados.
- 11 Desintegración, agujeros (popouts)
- 12 Blow Up (Levantamiento localizado)
- 13 Escala
- 14 Desnivel carril / berma
- 15 Hundimiento (Punzamiento).
- 16 Exudación y bombeo.
- 17 Parche pequeño.
- 18 Parche grande.

Nivel de severidad

B: Bajo M: Medio. A: Alto.

Diagrama de pavimento		
Ordenada	1	10, 18B ↓ 10, 7B, 9B
	2	10, 18B 10
	3	----- 10
	4	----- 10
	5	10 10,9B
	6	10 10
	7	10, 9B 10
	I	D
Abscisa		

CÁLCULO DEL PCI	
Números deducidos > 2 (q):	4
Valor deducido más alto (HDV):	9.6
Núm. admisibles deducidos (mi):	9.30

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
7B	1	7.14%	1.64
9B	2	14.29%	2.92
9M	2	14.29%	5.83
10	12	85.71%	9.62
18B	2	14.29%	3.41

#	VALOR DEDUCIDO				TOTAL	q	CDV
1	1.6	5.83	3.41	2.92	13.8	4	0.00
2	1.6	5.83	3.41	2.00	12.9	3	11.44
3	1.6	5.83	2.00	2.00	11.5	2	15.11
4	1.6	2.00	2.00	2.00	7.6	1	15.12

Máximo CDV=
 PCI= 100 - Máximo CDV
 PCI=

CLASIFICACIÓN=MUY BUENO

HOJA DE INSPECCIÓN DE LA CONDICIÓN DE PAVIMENTO POR UNIDAD DE MUESTREO (UM-03)

Nombre de Vía: Jr. COLONIAL Cuadra 4 Código de Vía: UM-03

Unidad de Muestreo U-03 Número de Losas: 14 Fecha: Mar-19

Abscisa Inicial: (I,1);(D,1) Abscisa Final: (I,7);(D,7)

Inspeccionada por: Bach. Roberth Alberto Raico Huaripata.

- N° TIPO DE FALLA**
- 1 Grietas longitudinales.
 - 2 Grietas transversales y/o diagonales.
 - 3 Grietas de esquina.
 - 4 Grietas de durabilidad "D".
 - 5 Grietas en bloque.
 - 6 Deterioro de sello.
 - 7 Descascaramiento de juntas.
 - 8 Grietas de retracción.
 - 9 Descascaramiento de esquina.
 - 10 Pulimento de agregados.
 - 11 Desintegración, agujeros (popouts)
 - 12 Blow Up (Levantamiento localizado)
 - 13 Escala
 - 14 Desnivel carril / berma.
 - 15 Hundimiento (Punzamiento).
 - 16 Exudación y bombeo.
 - 17 Parche pequeño.
 - 18 Parche grande.

Diagrama de pavimento			
Ordenada	1	10, 7b	10
	2	10, 7B	10,7B
	3	10, 8	10, 7B
	4	10	10
	5	10	10
	6	10	10
	7	10	10
	I	D	

Nivel de severidad

B: Bajo M: Medio. A: Alto.

CÁLCULO DEL PCI	
Números deducidos > 2 (q):	2
Valor deducido más alto (HDV):	10.0
Núm. admisibles deducidos (mi):	9.27

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
7B	3	21.43%	4.77
8	1	7.14%	0.00
10	14	100.00%	10.00
17B	1	7.14%	0.00

#	VALOR DEDUCIDO	TOTAL	q	CDV	
1	10.00	4.77	14.8	2	11.33
2	10.00	2.00	12.0	1	12.14

Máximo CDV= 12.14

PCI= 100 - Máximo CDV

PCI= 87.86

CLASIFICACIÓN= EXCELENTE

HOJA DE INSPECCIÓN DE LA CONDICIÓN DE PAVIMENTO POR UNIDAD DE MUESTREO (UM-04)

Nombre de Vía: Jr. COLONIAL Cuadra 4 Código de Vía: UM-04

Unidad de Muestreo U-04 Número de Losas: 14 Fecha: Mar-19

Abscisa Inicial: (I,1);(D,1) Abscisa Final: (I,7);(D,7)

Inspeccionada por: Bach. Roberth Alberto Raico Huaripata.

N° TIPO DE FALLA

- 1 Grietas longitudinales.
- 2 Grietas transversales y/o diagonales.
- 3 Grietas de esquina.
- 4 Grietas de durabilidad "D".
- 5 Grietas en bloque.
- 6 Deterioro de sello.
- 7 Descascaramiento de juntas.
- 8 Grietas de retracción.
- 9 Descascaramiento de esquina.
- 10 Pulimento de agregados.
- 11 Desintegración, agujeros (popouts)
- 12 Blow Up (Levantamiento localizado)
- 13 Escala
- 14 Desnivel carril / berma.
- 15 Hundimiento (Punzamiento).
- 16 Exudación y bombeo.
- 17 Parche pequeño.
- 18 Parche grande.

Nivel de severidad

B: Bajo M: Medio. A: Alto.

		Diagrama de pavimento	
Ordenada	1	10	10
	2	10	10
	3	10	10, 3B
	4	10, 18M	10, 18M
	5	10, 7B	10, 7B
	6	10	10
	7	10, 7B	10, 1B
		I	D
		Abscisa	

CÁLCULO DEL PCI	
Números deducidos > 2 (q):	5
Valor deducido más alto (HDV):	10.0
Núm. admisibles deducidos (mi):	9.27

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
1B	1	7.14%	4.45
3B	1	7.14%	5.21
7B	3	21.43%	4.77
10	14	100.00%	10.00
18M	2	14.29%	8.11

#	VALOR DEDUCIDO					TOTAL	q	CDV
1	10.0	8.11	5.21	4.77	4.45	32.5	5	15.21
2	10.0	8.11	5.21	4.77	2.00	30.1	4	16.16
3	10.0	8.11	5.21	2.00	2.00	27.3	3	16.09
4	10.0	8.11	2.00	2.00	2.00	24.1	2	19.09
5	10.0	2.00	2.00	2.00	2.00	18.0	1	18.23

Máximo CDV=

PCI= 100 - Máximo CDV

PCI=

CLASIFICACIÓN= MUY BUENO

HOJA DE INSPECCIÓN DE LA CONDICIÓN DE PAVIMENTO POR UNIDAD DE MUESTREO (UM-05)

Nombre de Vía: Jr. COLONIAL Cuadra: 3 Código de Vía: UM-05

Unidad de Muestreo: U-05 Número de Losas: 14 Fecha: Mar-19

Abscisa Inicial: (I,1);(D,1) Abscisa Final: (I,7);(D,7)

Inspeccionada por: Bach. Roberth Alberto Raico Huaripata.

N° TIPO DE FALLA

- 1 Grietas longitudinales.
- 2 Grietas transversales y/o diagonales.
- 3 Grietas de esquina.
- 4 Grietas de durabilidad "D".
- 5 Grietas en bloque.
- 6 Deterioro de sello.
- 7 Descascaramiento de juntas.
- 8 Grietas de retracción.
- 9 Descascaramiento de esquina.
- 10 Pulimento de agregados.
- 11 Desintegración, agujeros (popouts)
- 12 Blow Up (Levantamiento localizado)
- 13 Escala
- 14 Desnivel carril / berma
- 15 Hundimiento (Punzamiento).
- 16 Exudación y bombeo.
- 17 Parche pequeño.
- 18 Parche grande.

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
1B	1	7.14%	4.45
1M	2	14.29%	11.65
3B	1	7.14%	5.21
7B	3	21.43%	4.77
9B	2	14.29%	2.92
9A	1	7.14%	5.75
10	14	100.00%	10.00
17B	1	7.14%	0.00
18B	1	7.14%	1.20

Diagrama de pavimento			
Ordenada	1	10, 1B, 18B	10
	2	10, 1M, 9A, 17B	10, 1M
	3	10	10, 9B
	4	10, 7B	10, 7B
	5	10	10, 7B
	6	10, 3B	10, 9B
	7	10	10
	I	D	

Abscisa

Nivel de severidad

B: Bajo M: Medio. A: Alto.

CÁLCULO DEL PCI

Números deducidos > 2 (q):	7
Valor deducido más alto (HDV):	11.7
Núm. admisibles deducidos (mi):	9.11

#	VALOR DEDUCIDO							TOTAL	q	CDV
1	11.65	10	5.75	5.21	4.77	4.45	2.92	44.8	7	18.21
2	11.65	10	5.75	5.21	4.77	4.45	2.00	43.8	6	20.00
3	11.65	10	5.75	5.21	4.77	2.00	2.00	41.4	5	20.69
4	11.65	10	5.75	5.21	2.00	2.00	2.00	38.6	4	21.46
5	11.65	10	5.75	2.00	2.00	2.00	2.00	35.4	3	21.81
6	11.65	10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	31.7	2	25.36
7	11.65	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	23.7	1	23.28

Máximo CDV= 25.36

PCI= 100 - Máximo CDV

PCI= 74.64

CLASIFICACIÓN= MUY BUENO

HOJA DE INSPECCIÓN DE LA CONDICIÓN DE PAVIMENTO POR UNIDAD DE MUESTREO (UM-06)

Nombre de Vía: Jr. COLONIAL Cadra: 3 Código de Vía: UM-06

Unidad de Muestreo U-06 Número de Losas: 14 Fecha: Mar-19

Abscisa Inicial: (I,1);(D,1) Abscisa Final: (I,7);(D,7)

Inspeccionada por: Bach. Roberth Alberto Raico Huaripata.

N° TIPO DE FALLA

- 1 Grietas longitudinales.
- 2 Grietas transversales y/o diagonales.
- 3 Grietas de esquina.
- 4 Grietas de durabilidad "D".
- 5 Grietas en bloque.
- 6 Deterioro de sello.
- 7 Descascaramiento de juntas.
- 8 Grietas de retracción.
- 9 Descascaramiento de esquina.
- 10 Pulimento de agregados.
- 11 Desintegración, agujeros (popouts)
- 12 Blow Up (Levantamiento localizado)
- 13 Escala
- 14 Desnivel carril / berma.
- 15 Hundimiento (Punzamiento).
- 16 Exudación y bombeo.
- 17 Parche pequeño.
- 18 Parche grande.

Nivel de severidad

B: Bajo M: Medio. A: Alto.

		Diagrama de pavimento	
Ordenada	1	10	10,17B
	2	10	10
	3	10	10,3M
	4	10,9A	10
	5	10	10,17B
	6	10	10
	7	10, 18B	10, 18B
		I	D
		Abscisa	

CÁLCULO DEL PCI	
Números deducidos > 2 (q):	4
Valor deducido más alto (HDV):	10.2
Núm. admisibles deducidos (mi):	9.25

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
3M	1	7.14%	10.20
9A	1	7.14%	5.75
10	14	100.00%	10.00
17B	2	14.29%	0.00
18B	2	14.29%	3.41

#	VALOR DEDUCIDO				TOTAL	q	CDV
1	10.20	10.00	5.75	3.41	29.4	4	15.94
2	10.20	10.00	5.75	2.00	28.0	3	16.52
3	10.20	10.00	2.00	2.00	24.2	2	19.36
4	10.20	2.00	2.00	2.00	16.2	1	16.60

Máximo CDV=

PCI= 100 - Máximo CDV

PCI=

CLASIFICACIÓN= MUY BUENO

HOJA DE INSPECCIÓN DE LA CONDICIÓN DE PAVIMENTO POR UNIDAD DE MUESTREO (UM-07)

Nombre de Vía: Jr. COLONIAL Cuadra: 3 Código de Vía: UM-07

Unidad de Muestreo U-07 Número de Losas: 14 Fecha: Mar-19

Abscisa Inicial: (I,1);(D,1) Abscisa Final: (I,7);(D,7)

Inspeccionada por: Bach. Roberth Alberto Raico Huaripata.

N° TIPO DE FALLA

- 1 Grietas longitudinales.
- 2 Grietas transversales y/o diagonales.
- 3 Grietas de esquina.
- 4 Grietas de durabilidad "D".
- 5 Grietas en bloque.
- 6 Deterioro de sello.
- 7 Descascaramiento de juntas.
- 8 Grietas de retracción.
- 9 Descascaramiento de esquina.
- 10 Pulimento de agregados.
- 11 Desintegración, agujeros (popouts)
- 12 Blow Up (Levantamiento localizado)
- 13 Escala
- 14 Desnivel carril / berma.
- 15 Hundimiento (Punzamiento).
- 16 Exudación y bombeo.
- 17 Parche pequeño.
- 18 Parche grande.

Nivel de severidad

B: Bajo M: Medio. A: Alto.

		Diagrama de pavimento	
Ordenada	1	10, 18B	10, 3M
	2	10, 17B	10
	3	10	10,18B
	4	10, 17B	10, 17B
	5	10	10
	6	10, 3A	10, 3A
	7	10,17B	10
		I	D
		Abscisa	

CÁLCULO DEL PCI	
Números deducidos > 2 (q):	4
Valor deducido más alto (HDV):	12.2
Núm. admisibles deducidos (mi):	9.06

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
3M	1	7.14%	10.20
3A	2	14.29%	12.19
10	14	100.00%	10.00
17B	4	28.57%	1.47
18B	2	14.29%	3.41

#	VALOR DEDUCIDO				TOTAL	q	CDV
1	12.19	10.2	10.00	3.41	35.8	4	20.00
2	12.19	10.2	10.00	2.00	34.4	3	21.21
3	12.19	10.2	2.00	2.00	26.4	2	21.17
4	12.19	2.00	2.00	2.00	18.2	1	18.09

Máximo CDV=
 PCI= 100 - Máximo CDV
 PCI=

CLASIFICACIÓN= MUY BUENO

HOJA DE INSPECCIÓN DE LA CONDICIÓN DE PAVIMENTO POR UNIDAD DE MUESTREO (UM-08)

Nombre de Vía: Jr. COLONIAL Cuadra: 3 Código de Vía: UM-08

Unidad de Muestreo U-08 Número de Losas: 14 Fecha: Mar-19

Abscisa Inicial: (I,1);(D,1) Abscisa Final: (I,7);(D,7)

Inspeccionada por: Bach. Roberth Alberto Raico Huaripata.

N° TIPO DE FALLA

- 1 Grietas longitudinales.
- 2 Grietas transversales y/o diagonales.
- 3 Grietas de esquina.
- 4 Grietas de durabilidad "D".
- 5 Grietas en bloque.
- 6 Deterioro de sello.
- 7 Descascaramiento de juntas.
- 8 Grietas de retracción.
- 9 Descascaramiento de esquina.
- 10 Pulimento de agregados.
- 11 Desintegración, agujeros (popouts)
- 12 Blow Up (Levantamiento localizado)
- 13 Escala
- 14 Desnivel carril / berma.
- 15 Hundimiento (Punzamiento).
- 16 Exudación y bombeo.
- 17 Parche pequeño.
- 18 Parche grande.

Nivel de severidad

B: Bajo M: Medio. A: Alto.

Diagrama de pavimento			
Ordenada	1	10	10
	2	10, 7B	10
	3	10	10
	4	10, 7B	10, 7B
	5	10	10, 8, 17B
	6	10	10, 18B
	7	10, 8	10, 7B
	I	D	

Abscisa

CÁLCULO DEL PCI	
Números deducidos > 2 (q):	2
Valor deducido más alto (HDV):	10.0
Núm. admisibles deducidos (mi):	9.27

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
7B	4	28.57%	6.12
8	2	14.29%	0.00
10	14	100.00%	10.00
17B	1	7.14%	0.00
18B	1	7.14%	1.20

#	VALOR DEDUCIDO	TOTAL	q	CDV
1	10.00	6.12	16.1	2
2	10.00	2.00	12.0	1

Máximo CDV=

PCI= 100 - Máximo CDV

PCI=

CLASIFICACIÓN= EXCELENTE

HOJA DE INSPECCIÓN DE LA CONDICIÓN DE PAVIMENTO POR UNIDAD DE MUESTREO (UM-09)

Nombre de Vía: Jr. COLONIAL Cuadra: 2 Código de Vía: UM-09

Unidad de Muestreo U-09 Número de Losas: 14 Fecha: Mar-19

Abscisa Inicial: (I,1);(D,1) Abscisa Final: (I,7);(D,7)

Inspeccionada por: Bach. Roberth Alberto Raico Huaripata.

N° TIPO DE FALLA

- 1 Grietas longitudinales.
- 2 Grietas transversales y/o diagonales.
- 3 Grietas de esquina.
- 4 Grietas de durabilidad "D".
- 5 Grietas en bloque.
- 6 Deterioro de sello.
- 7 Descascaramiento de juntas.
- 8 Grietas de retracción.
- 9 Descascaramiento de esquina.
- 10 Pulimento de agregados.
- 11 Desintegración, agujeros (popouts)
- 12 Blow Up (Levantamiento localizado)
- 13 Escala
- 14 Desnivel carril / berma.
- 15 Hundimiento (Punzamiento).
- 16 Exudación y bombeo.
- 17 Parche pequeño.
- 18 Parche grande.

Nivel de severidad

B: Bajo M: Medio. A: Alto.

Diagrama de pavimento		
Ordenada	1	10 ↓ 10, 17B
	2	10 10, 3M
	3	10 10, 9M
	4	10, 9M 10
	5	10, 17B 10, 17B
	6	10, 17B 10
	7	10, 18B 10
	I	D
Abscisa		

CÁLCULO DEL PCI	
Números deducidos > 2 (q):	3
Valor deducido más alto (HDV):	10.2
Núm. admisibles deducidos (mi):	9.25

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
3M	1	7.14%	10.20
9M	2	14.29%	5.83
10	14	100.00%	10.00
17B	4	28.57%	1.47
18B	1	7.14%	1.20

#	VALOR DEDUCIDO			TOTAL	q	CDV
1	10.20	10.00	5.83	26.0	3	15.28
2	10.20	10.00	2.00	22.2	2	17.96
3	10.20	2.00	2.00	14.2	1	14.20

Máximo CDV= 17.96

PCI= 100 - Máximo CDV

PCI= 82.04

CLASIFICACIÓN= MUY BUENO

HOJA DE INSPECCIÓN DE LA CONDICIÓN DE PAVIMENTO POR UNIDAD DE MUESTREO (UM-10)

Nombre de Vía: Jr. COLONIAL Cuadra: 2 Código de Vía: UM-010

Unidad de Muestreo U-010 Número de Losas: 14 Fecha: Mar-19

Abscisa Inicial: (I,1):(D,1) Abscisa Final: (I,7):(D,7)

Inspeccionada por: Bach. Roberth Alberto Raico Huaripata.

N° TIPO DE FALLA

- 1 Grietas longitudinales.
- 2 Grietas transversales y/o diagonales.
- 3 Grietas de esquina.
- 4 Grietas de durabilidad "D".
- 5 Grietas en bloque.
- 6 Deterioro de sello.
- 7 Descascaramiento de juntas.
- 8 Grietas de retracción.
- 9 Descascaramiento de esquina.
- 10 Pulimento de agregados.
- 11 Desintegración, agujeros (popouts)
- 12 Blow Up (Levantamiento localizado)
- 13 Escala
- 14 Desnivel carril / berma.
- 15 Hundimiento (Punzamiento).
- 16 Exudación y bombeo.
- 17 Parche pequeño.
- 18 Parche grande.

Nivel de severidad

B: Bajo M: Medio. A: Alto.

Diagrama de pavimento		
Ordenada	1	10 ↓ 10
	2	10 10, 8, 7B
	3	10 10, 18B
	4	10 10, 18B
	5	10 10
	6	10 10
	7	10 10
		I D
Abscisa		

CÁLCULO DEL PCI	
Números deducidos > 2 (q):	2
Valor deducido más alto (HDV):	10.0
Núm. admisibles deducidos (mi):	9.27

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
7B	1	7.14%	1.64
8	1	7.14%	0.00
10	14	100.00%	10.00
18B	2	14.29%	3.41

#	VALOR DEDUCIDO	TOTAL	q	CDV
1	10.00	3.41	13.4	2
2	10.00	2.00	12.0	1

Máximo CDV= 12.03
 PCI= 100 - Máximo CDV
 PCI= 87.97

CLASIFICACIÓN= EXCELENTE

HOJA DE INSPECCIÓN DE LA CONDICIÓN DE PAVIMENTO POR UNIDAD DE MUESTREO (UM-11)

Nombre de Vía: Jr. COLONIAL Cuadra: 2 Código de Vía: UM-011

Unidad de Muestreo U-011 Número de Losas: 14 Fecha: Mar-19

Abscisa Inicial: (I,1);(D,1) Abscisa Final: (I,7);(D,7)

Inspeccionada por: Bach. Roberth Alberto Raico Huaripata.

N° TIPO DE FALLA

- 1 Grietas longitudinales.
- 2 Grietas transversales y/o diagonales.
- 3 Grietas de esquina.
- 4 Grietas de durabilidad "D".
- 5 Grietas en bloque.
- 6 Deterioro de sello.
- 7 Descascaramiento de juntas.
- 8 Grietas de retracción.
- 9 Descascaramiento de esquina.
- 10 Pulimento de agregados.
- 11 Desintegración, agujeros (popouts)
- 12 Blow Up (Levantamiento localizado)
- 13 Escala
- 14 Desnivel carril / berma.
- 15 Hundimiento (Punzamiento).
- 16 Exudación y bombeo.
- 17 Parche pequeño.
- 18 Parche grande.

Nivel de severidad

B: Bajo M: Medio. A: Alto.

		Diagrama de pavimento	
Ordenada	1	10	10, 18B
	2	10	10
	3	10, 3M	10, 1M
	4	10, 17M	10
	5	10	10, 17B
	6	10, 3M	10
	7	10	10
		I	D
		Abscisa	

CÁLCULO DEL PCI	
Números deducidos > 2 (q):	4
Valor deducido más alto (HDV):	21.0
Núm. admisibles deducidos (mi):	8.26

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
1M	1	7.14%	3.55
3M	2	14.29%	20.96
10	14	100.00%	10.00
17B	1	7.14%	0.00
17M	1	7.14%	2.55
18B	1	7.14%	1.20

#	VALOR DEDUCIDO				TOTAL	q	CDV
1	20.96	10.00	3.55	2.55	37.1	4	20.43
2	20.96	10.00	3.55	2.00	36.5	3	22.47
3	20.96	10.00	2.00	2.00	35.0	2	27.90
4	20.96	2.00	2.00	2.00	27.0	1	26.49

Máximo CDV=

PCI= 100 - Máximo CDV

PCI=

CLASIFICACIÓN= MUY BUENO

HOJA DE INSPECCIÓN DE LA CONDICIÓN DE PAVIMENTO POR UNIDAD DE MUESTREO (UM-12)

Nombre de Vía: Jr. COLONIAL Cuadra: 2 Código de Vía: UM-012

Unidad de Muestreo U-012 Número de Losas: 14 Fecha: Mar-19

Abscisa Inicial: (I,1);(D,1) Abscisa Final: (I,7);(D,7)

Inspeccionada por: Bach. Roberth Alberto Raico Huaripata.

N° TIPO DE FALLA

- 1 Grietas longitudinales.
- 2 Grietas transversales y/o diagonales.
- 3 Grietas de esquina.
- 4 Grietas de durabilidad "D".
- 5 Grietas en bloque.
- 6 Deterioro de sello.
- 7 Descascaramiento de juntas.
- 8 Grietas de retracción.
- 9 Descascaramiento de esquina.
- 10 Pulimento de agregados.
- 11 Desintegración, agujeros (popouts)
- 12 Blow Up (Levantamiento localizado)
- 13 Escala
- 14 Desnivel carril / berma.
- 15 Hundimiento (Punzamiento).
- 16 Exudación y bombeo.
- 17 Parche pequeño.
- 18 Parche grande.

Nivel de severidad

B: Bajo M: Medio. A: Alto.

		Diagrama de pavimento	
Ordenada	1	10, 7B, 18B	10, 17B
	2	10	10
	3	10	10
	4	10	10
	5	10, 3B	10, 3B
	6	10	10, 18M
	7	10, 17B	10
		I	D
		Abscisa	

CÁLCULO DEL PCI	
Números deducidos > 2 (q):	3
Valor deducido más alto (HDV):	12.1
Núm. admisibles deducidos (mi):	9.07

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
3B	2	14.29%	12.08
7B	1	7.14%	1.64
10	14	100.00%	10.00
17B	2	14.29%	0.00
18B	1	7.14%	1.20
18M	1	7.14%	8.31

#	VALOR DEDUCIDO			TOTAL	q	CDV
1	12.08	10.00	8.31	30.4	3	18.27
2	12.08	10.00	2.00	24.1	2	19.12
3	12.08	2.00	2.00	16.1	1	16.16

Máximo CDV= 19.12

PCI= 100 - Máximo CDV

PCI= 80.88

CLASIFICACIÓN=MUY BUENO

HOJA DE INSPECCIÓN DE LA CONDICIÓN DE PAVIMENTO POR UNIDAD DE MUESTREO (UM-13)

Nombre de Vía: Jr. COLONIAL Cuadra: 1 Código de Vía: UM-013

Unidad de Muestreo U-013 Número de Losas: 14 Fecha: Mar-19

Abscisa Inicial: (I,1);(D,1) Abscisa Final: (I,7);(D,7)

Inspeccionada por: Bach. Roberth Alberto Raico Huaripata.

N° TIPO DE FALLA

- 1 Grietas longitudinales.
- 2 Grietas transversales y/o diagonales.
- 3 Grietas de esquina.
- 4 Grietas de durabilidad "D".
- 5 Grietas en bloque.
- 6 Deterioro de sello.
- 7 Descascaramiento de juntas.
- 8 Grietas de retracción.
- 9 Descascaramiento de esquina.
- 10 Pulimento de agregados.
- 11 Desintegración, agujeros (popouts)
- 12 Blow Up (Levantamiento localizado)
- 13 Escala.
- 14 Desnivel carril / berma.
- 15 Hundimiento (Punzamiento).
- 16 Exudación y bombeo.
- 17 Parche pequeño.
- 18 Parche grande.

Nivel de severidad

B: Bajo M: Medio. A: Alto.

Diagrama de pavimento		
Ordenada	1	10 ↓ 10, 1M
	2	10 10, 1M
	3	10 10
	4	10, 17B 10
	5	10 10
	6	10 10, 18B
	7	10, 17B 10
		I D
Abscisa		

CÁLCULO DEL PCI	
Números deducidos > 2 (q):	2
Valor deducido más alto (HDV):	11.7
Núm. admisibles deducidos (mi):	9.11

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
1M	2	14.29%	11.65
10	14	100.00%	10.00
17B	2	14.29%	0.00
18B	1	7.14%	1.20

#	VALOR DEDUCIDO	TOTAL	q	CDV
1	11.65	10.00	21.7	17.12
2	11.65	2.00	13.7	14.00

Máximo CDV= 17.12

PCI= 100 - Máximo CDV

PCI= 82.88

CLASIFICACIÓN=MUY BUENO

HOJA DE INSPECCIÓN DE LA CONDICIÓN DE PAVIMENTO POR UNIDAD DE MUESTREO (UM-14)

Nombre de Vía: Jr. COLONIAL Cuadra: 1 Código de Vía: UM-014

Unidad de Muestreo U-014 Número de Losas: 14 Fecha: Mar-19

Abscisa Inicial: (I,1);(D,1) Abscisa Final: (I,7);(D,7)

Inspeccionada por: Bach. Roberth Alberto Raico Huaripata.

N° TIPO DE FALLA

- 1 Grietas longitudinales.
- 2 Grietas transversales y/o diagonales.
- 3 Grietas de esquina.
- 4 Grietas de durabilidad "D".
- 5 Grietas en bloque.
- 6 Deterioro de sello.
- 7 Descascaramiento de juntas.
- 8 Grietas de retracción.
- 9 Descascaramiento de esquina.
- 10 Pulimento de agregados.
- 11 Desintegración, agujeros (popouts)
- 12 Blow Up (Levantamiento localizado)
- 13 Escala.
- 14 Desnivel carril / berma.
- 15 Hundimiento (Punzamiento).
- 16 Exudación y bombeo.
- 17 Parche pequeño.
- 18 Parche grande.

Nivel de severidad

B: Bajo M: Medio. A: Alto.

		Diagrama de pavimento	
Ordenada	1	10	10
	2	10	10, 9B
	3	10	10, 7M
	4	10	10, 17B
	5	10	10, 17B
	6	10	10
	7	10, 18B	10, 9M
		I	D
		Abscisa	

CÁLCULO DEL PCI	
Números deducidos > 2 (q):	3
Valor deducido más alto (HDV):	10.0
Núm. admisibles deducidos (mi):	9.27

Falla	N° Losas	Densidad (%)	Valor deducido
7B	1	7.14%	1.64
7M	1	7.14%	2.87
9B	1	7.14%	1.69
9M	1	7.14%	5.89
10	14	100.00%	10.00
17B	1	7.14%	0.00
18B	1	7.14%	1.20

#	VALOR DEDUCIDO			TOTAL	q	CDV
1	10.00	5.89	2.87	18.8	3	10.27
2	10.00	5.89	2.00	17.9	2	14.22
3	10.00	2.00	2.00	14.0	1	14.25

Máximo CDV=
 PCI= 100 - Máximo CDV
 PCI=

CLASIFICACIÓN= EXCELENTE

ANEXO 6. PANEL FOTOGRÁFICO

✓ Inspección y registro de fallas.



Figura 62: Inspección y registro del tipo de fallas que existe en el jirón Colonial.



Figura 63: Toma de datos y determinación del tipo de falla en el pavimento por parte del asesor.

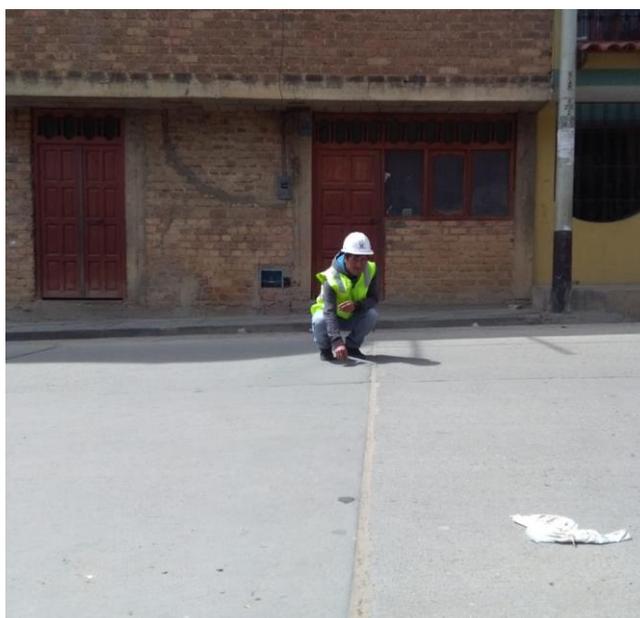


Figura 64: Visualizando para determinar el tipo de falla y midiendo para ver su nivel de severidad.

- ✓ **Fallas encontradas en el jirón Colonial.**
Pulimento de agregados.



Figura 65: Pulimento de agregados existente en la mayoría de las losas.

Parche grande.



Figura 66: Parche grande existente en las losas de severidad baja.



Figura 67: Parche grande existente en las losas de severidad media.

Descascaramiento de esquina.



Figura 68: Descascaramiento de esquina existente en las losas de severidad baja.



Figura 69: Descascaramiento de esquina existente en las losas de severidad media.

Descascaramiento de junta.



Figura 70: Descascaramiento de junta existente en las losas de severidad baja.



Figura 71: Descascaramiento de junta existente en las losas de severidad media.

Grieta de esquina.



Figura 72: Grieta de esquina existente en las losas de severidad baja.



Figura 73: Grieta de esquina existente en las losas de severidad media.



Figura 74: Grieta de esquina existente en las losas de severidad alta.

Grieta longitudinal.



Figura 75: Grieta longitudinales existente en las losas de severidad baja.

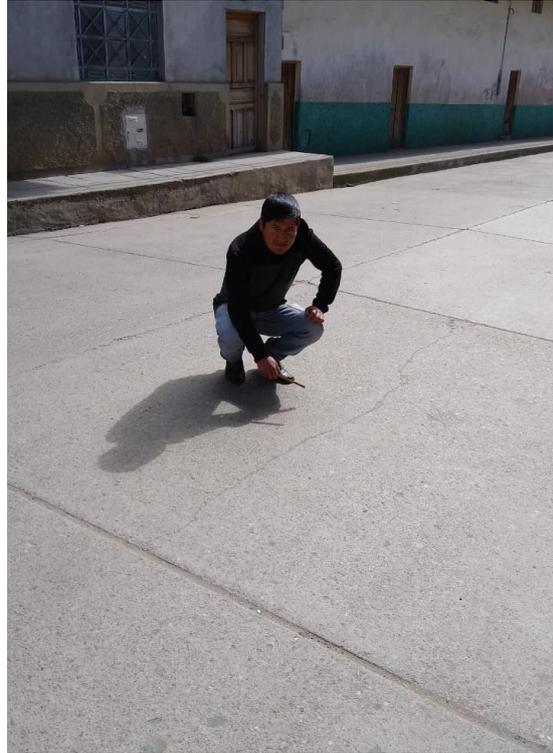


Figura 76: Grieta longitudinales existente en las losas de severidad media.

Grieta de retracción.



Figura 77: Grieta de retracción existente en las losas.

Parche pequeño.



Figura 78: Parche pequeño existente en las losas de severidad baja.

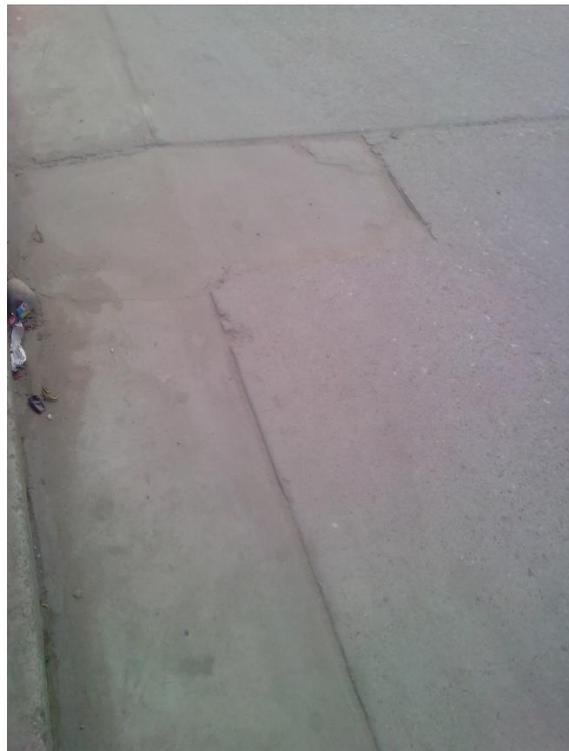


Figura 79: Parche pequeño existente en las losas de severidad media.

ANEXO 7. PLANOS