



UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ANGELES
CHIMBOTE

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL

“AUSCULTACIÓN VISUAL DE LAS PATOLOGÍAS DEL
CONCRETO PARA OBTENER EL ÍNDICE DE
CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN EL TRAMO
PUENTE ALAMEDA DE VALDELIRIOS – ARCO DE
RUDACCASA DEL DISTRITO DE CARMEN ALTO,
PROVINCIA DE HUAMANGA, DEPARTAMENTO DE
AYACUCHO, AGOSTO - 2016”

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

AUTOR

Bach. GILMAR QUISPE YANASUPO

ASESOR

Mgtr. GONZALO MIGUEL LEÓN DE LOS RÍOS

AYACUCHO-PERU

2016

Hoja de Firma del Jurado y Asesor:

Ing. ARÍSTIDES GONZALO VELIZ FLORES

Presidente

Ing. EDWARD LEÓN PALACIOS

Secretario

Dr. RIGOBERTO CERNA CHAVEZ

Miembro

Mgtr. GONZALO MIGUEL LEÓN DE LOS RÍOS

Asesor

DEDICATORIA

A mi madre Dolores por su apoyo moral incondicional y por haberme enseñado los buenos valores de la disciplina y responsabilidad, de quien aprendí la dedicación, el esfuerzo y la perseverancia.

A los estudiantes, técnicos y profesionales de ingeniería civil a quienes les compete el conocimiento del tema del proyecto.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme salud,
fuerza y voluntad para
concluir mi carrera
profesional.

El mayor agradecimiento a la
Universidad Católica Los Ángeles
de Chimbote por permitirme mi
superación en mi vida profesional.

A mi esposa Sonia por su
apoyo moral inagotable del
día a día y a mis amigos de
mi entorno que de alguna
manera me expresaron su
apoyo moral para culminar
este proyecto.

RESUMEN

En la investigación se realizó la auscultación visual de las patologías del concreto para obtener el índice de condición del pavimento rígido del tramo de la vía puente alameda Valdelirios – arco de Rudaccasa, del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho; Con el objetivo de evaluar las patologías del concreto y obtener el índice de condición del pavimento rígido para conocer el estado de conservación actual de la infraestructura vial y proponer el tipo de intervención de reconstrucción o rehabilitación, para lograr el objetivo planteado de la tesis se aplicó la metodología de investigación del tipo descriptivo y analítica de diseño no experimental, siguiendo procedimientos de identificación, clasificación y evaluación de las patologías, a través de una inspección visual de las unidades de muestras, análisis de los registros de las patologías y el cálculo del índice de condición del pavimento; obteniéndose como resultado un valor numérico de **PCI=33**, lo cual nos permitió determinar que el estado de conservación actual del pavimento rígido es **MALO**. En el proceso de evaluación también, se identificaron los daños más frecuentes siendo, las grietas lineales, sello de junta y parche grande, en porcentajes de 69%, 55% y 29% respectivamente, y las patologías de mayor incidencia en el índice de condición del pavimento resultaron ser las losas divididas de alta severidad, media severidad y las grietas lineales de alta severidad, alcanzando valores individuales más altos de los valores deducidos (VAR) de 46, 45 y 31 respectivamente.

Palabras Clave: Patología, PCI, pavimento rígido.

ABSTRACT

In researching the visual auscultation of the pathologies of concrete was performed to obtain the condition index of rigid pavement section of the bridge via mall Valdelirios - arch Rudaccasa, Carmen Alto district, Huamanga province, Ayacucho department; In order to evaluate the pathologies of concrete and obtain the condition index of rigid pavement to meet the current conservation status of road infrastructure and propose the type of intervention reconstruction or rehabilitation, to achieve the stated aim of the thesis was applied research methodology of descriptive and analytical non-experimental design, following procedures of identification, classification and evaluation of diseases, through a visual inspection of units of samples, analysis of records of pathologies and index calculation pavement condition; obtaining as a result a numerical value of **PCI = 33**, which allowed us to determine that the current conservation status of rigid pavement is **BAD**. In the evaluation process also, gasket seal and large patch, in percentages of 69%, 55% and 29% respectively, and the pathologies that most affect the condition index of linear cracks the most frequent damage being identified, paving slabs divided proved high stringency, medium severity and linear cracks of high severity, reaching the highest net values (VAR) of 46, 45 and 31 respectively individual values.

Keywords: Pathology, PCI, rigid pavement.

CONTENIDO

I	INTRODUCCIÓN	16
II	PLANEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN	18
2.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
2.1.1	Caracterización del Problema	18
2.1.2	Formulación del Problema	19
a)	Problema General	19
b)	Problema Específico	19
2.2	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.2.1	Objetivo General	19
2.2.2	Objetivos Específicos	19
2.3	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	20
III	MARCO TEÓRICO	21
3.1	ANTECEDENTES	21
3.1.1	Antecedentes Internacionales	21
3.1.2	Antecedentes Nacionales	22
3.1.3	Antecedentes Locales	23
3.2	BASES TEÓRICAS	24
3.2.1	Pavimentos	24
3.2.2	Patología del Pavimento Rígido	29
3.2.3	Descripción de los Daños en Concreto de Cemento Portland	33
3.2.4	Índice de Condición del Pavimento PCI	49
IV	METODOLOGÍA	57
4.1	Tipo y Nivel de Investigación	57
4.2	Diseño de la Investigación	57
4.3	Población y Muestra	57
4.3.1	Universo o Población	57
4.3.2	Muestra	58
4.4	Definición y Operacionalización de las Variables	58
4.5	Técnicas e Instrumentos	60

4.6	Plan de Análisis.	60
4.7	Matriz de Consistencia	60
4.8	Principios Éticos:	62
V	RESULTADOS.	63
5.1	Resultados.	63
5.2	Análisis de Resultados.	99
VI	CONCLUSIONES.	103
	RECOMENDACIONES.....	105
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	106
	ANEXOS	108

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

	Pag.
Gráfico N° 01: Sección típica de pavimento flexible y sus partes.....	25
Gráfico N° 02: Deformaciones en pavimento flexible.....	25
Gráfico N° 03: Sección típica de pavimento rígido y sus partes.....	26
Gráfico N° 04: Deformaciones en pavimento rígido.....	26
Gráfico N° 05: Transferencia de cargas por dovelas.....	28
Gráfico N° 06: Sección típica de pavimento articulado y sus partes.....	29
Gráfico N° 07: Efectos del clima y el tráfico en el comportamiento del pavimento.....	32
Gráfico N° 08: Obtención del valor deducido.....	54
Gráfico N° 09: Curva para obtención del valor deducido corregido.....	56
Gráfico N° 10: Densidad de daños de unidad de muestra N° 01.....	71
Gráfico N° 11: Índice de condición del pavimento de unidad de muestra N° 01...	71
Gráfico N° 12: Densidad de daños de unidad de muestra N° 02.....	74
Gráfico N° 13: Índice de condición del pavimento de unidad de muestra N° 02...	74
Gráfico N° 14: Densidad de daños de unidad de muestra N° 03.....	77
Gráfico N° 15: Índice de condición del pavimento de unidad de muestra N° 03...	77
Gráfico N° 16: Densidad de daños de unidad de muestra N° 04.....	80
Gráfico N° 17: Índice de condición del pavimento de unidad de muestra N° 04...	80
Gráfico N° 18: Densidad de daños de unidad de muestra N° 05.....	83
Gráfico N° 19: Índice de condición del pavimento de unidad de muestra N° 05...	83
Gráfico N° 20: Densidad de daños de unidad de muestra N° 06.....	86
Gráfico N° 21: Índice de condición del pavimento de unidad de muestra N° 06...	86
Gráfico N° 22: Densidad de daños de unidad de muestra N° 07.....	89
Gráfico N° 23: Índice de condición del pavimento de unidad de muestra N° 07...	89
Gráfico N° 24: Densidad de daños de unidad de muestra N° 08.....	92
Gráfico N° 25: Índice de condición del pavimento de unidad de muestra N° 08...	92
Gráfico N° 26: Densidad de daños de unidad de muestra N° 09.....	95
Gráfico N° 27: Índice de condición del pavimento de unidad de muestra N° 09...	95
Gráfico N° 28: Densidad de daños de unidad de muestra N° 10.....	98

Gráfico N° 29: Índice de condición del pavimento de unidad de muestra N° 10...	98
Gráfico N° 30: Estadística de porcentaje de fallas más frecuentes.....	99
Grafico N° 31: Comparativo de VAR versus PCI.....	100
Grafico N° 32: Estadística del índice de condición del pavimento.....	101
Grafico N° 33: Composición global del PCI.....	104

ÍNDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro N° 01: Niveles de severidad para losa dividida.....	36
Cuadro N° 02: Niveles de severidad para escala.....	37
Cuadro N° 03: Niveles de severidad para punzonamiento.....	45
Cuadro N° 04: Niveles de severidad de descascaramiento de esquina.....	48
Cuadro N° 05: Niveles de severidad de descascaramiento de juntas.....	49
Cuadro N° 06: Rango de calificación del PCI.....	50
Cuadro N° 07: Tipo de intervención por rango de calificación.....	50
Cuadro N° 08: Hoja de inspección por tipo de daño.....	53
Cuadro N° 09: Hoja de inspección de daños con valor de deducción.....	55
Cuadro N° 10: Operacionalización de variables.....	59
Cuadro N° 11: Matriz de consistencia.....	61
Cuadro N° 12: Hoja de inspección de unidad de muestra N° 01.....	69
Cuadro N° 13: Hoja de cálculo del PCI de unidad de muestra N° 01.....	70
Cuadro N° 14: Hoja de inspección de unidad de muestra N° 02.....	72
Cuadro N° 15: Hoja de cálculo del PCI de unidad de muestra N° 02.....	73
Cuadro N° 16: Hoja de inspección de unidad de muestra N° 03.....	75
Cuadro N° 17: Hoja de cálculo del PCI de unidad de muestra N° 03.....	76
Cuadro N° 18: Hoja de inspección de unidad de muestra N° 04.....	78
Cuadro N° 19: Hoja de cálculo del PCI de unidad de muestra N° 04.....	79
Cuadro N° 20: Hoja de inspección de unidad de muestra N° 05.....	81
Cuadro N° 21: Hoja de cálculo del PCI de unidad de muestra N° 05.....	82
Cuadro N° 22: Hoja de inspección de unidad de muestra N° 06.....	84
Cuadro N° 23: Hoja de cálculo del PCI de unidad de muestra N° 06.....	85
Cuadro N° 24: Hoja de inspección de unidad de muestra N° 07.....	87
Cuadro N° 25: Hoja de cálculo del PCI de unidad de muestra N° 07.....	88

Cuadro N° 26: Hoja de inspección de unidad de muestra N° 08.....	90
Cuadro N° 27: Hoja de cálculo del PCI de unidad de muestra N° 08.....	91
Cuadro N° 28: Hoja de inspección de unidad de muestra N° 09.....	93
Cuadro N° 29: Hoja de cálculo del PCI de unidad de muestra N° 09.....	94
Cuadro N° 30: Hoja de inspección de unidad de muestra N° 10.....	96
Cuadro N° 31: Hoja de cálculo del PCI de unidad de muestra N° 10.....	97
Cuadro N° 32: Calculo del porcentaje de fallas más frecuentes.....	99
Cuadro N° 33: Determinación de las patologías más incidentes en el PCI.....	100
Cuadro N° 34: Calculo del PCI global.....	102

ÍNDICE DE IMÁGENES.

	Pag.
Imagen N° 01: Daño de grieta de esquina.....	34
Imagen N° 02: Daño de losa dividida.....	35
Imagen N° 03: Daño de escala.....	36
Imagen N° 04: Daño de sello de juntas.....	38
Imagen N° 05: Daño de grietas lineales.....	39
Imagen N° 06: Daño por parche grande.....	40
Imagen N° 07: Daño por parche pequeño.....	41
Imagen N° 08: Daño por pulimiento de agregado.....	43
Imagen N° 09: Daño por bombeo.....	44
Imagen N° 10: Daño por punzonamiento.....	45
Imagen N° 11: Daño por desconchado y chaquelado.....	46
Imagen N° 12: Daño de grieta de retracción.....	47
Imagen N° 13: Vista satelital de la Av, Carmen Alto cuadra 4.....	63
Imagen N° 14: Vista satelital de la Av. Carmen Alto cuadra 3.....	64
Imagen N° 15: Vista satelital de la Av. Carmen Alto cuadra 2.....	64
Imagen N° 16: Vista satelital de la Av. Carmen Alto cuadra 1.....	64
Imagen N° 17: Vista satelital de la Av. Perú cuadra 1.....	65
Imagen N° 18: Vista satelital de la Av. Mariscal Cáceres cuadra 1.....	66
Imagen N° 19: Vista satelital de la Av. Mariscal Cáceres cuadra 2.....	66
Imagen N° 20: Vista satelital de la Av. Mariscal Cáceres cuadra 3.....	67
Imagen N° 21: Vista satelital de la Av. Mariscal Cáceres cuadra 4.....	67

ÍNDICE DE ANEXOS.

ANEXO N° 01: Ubicación geográfica de la zona de estudio.....	108
ANEXO N° 02: Ubicación local de la zona de estudio.....	109
ANEXO N° 03: Esquema de límite distrital de la zona de estudio.....	110
ANEXO N° 04: Esquema de ubicación de instituciones públicas y privadas que involucra el tramo de vía en estudio	111
ANEXO N° 05: Curvas para determinar los valores deducidos.....	112
ANEXO N° 06: Formato para Inspección Visual	119
ANEXO N° 07: Formato para Cálculo del valor deducido corregido.....	120
ANEXO N° 08: Curvas para determinar el valor deducido corregido.....	120
ANEXO N° 09: Vistas fotográficas de la identificación de los daños más relevantes por niveles de severidad	121
ANEXO N° 10: Panel fotográfico complementario de la inspección y evaluación.....	126

I. INTRODUCCIÓN:

Uno de los problemas urbanos que aquejan al distrito de Carmen Alto es la falta del mantenimiento periódico de los pavimentos rígidos de las vías urbanas o calles por parte de la municipalidad distrital de Carmen Alto como ente responsable, esto conlleva al deterioro progresivo de las pocas calles pavimentadas con que cuenta, es frecuente encontrar en ellos grietas, fisuras, losas divididas, parches, depresiones y baches que dificultan el tránsito normal de los vehículos que circulan generando demora en el transporte urbano y molestias innecesarias en los usuarios.

Los pavimentos rígidos del tramo puente alameda de Valdelirios - Arco de Rudaccasa han sido construidos en distintos periodos a partir del año 1,993 hasta el año 2,004 aproximadamente, constituyendo la vía arterial de mayor tráfico de la zona urbana del distrito Carmen Alto; estos pavimentos a partir de su puesta en servicio han estado sometidos a las cargas repetidas del tránsito de vehículos livianos y pesados, a las inclemencias de los fenómenos naturales como la insolación y precipitaciones pluviales; además al uso inadecuado, sin que se haya realizado un mantenimiento periódico, condiciones que originan la aparición progresiva de las patologías ocasionando el deterioro de las losas de concreto simple del pavimento rígido, en efecto generan congestión vehicular, demora en el transporte urbano, accidentes de tránsito, deterioro frecuente de los vehículos y molestias indebidas en la población usuaria.

El enunciado del problema de la investigación se formuló de la siguiente manera, ¿En qué medida la evaluación de las patologías del concreto y la obtención del índice de condición del pavimento rígido nos permitirá conocer el estado de conservación actual de la infraestructura vial del tramo puente alameda de Valdelirios – Arco de Rudaccasa del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento Ayacucho?.

Para resolver el problema se planteó un objetivo general de evaluar las patologías del concreto y obtener el índice de condición del pavimento rígido para conocer el estado de conservación actual de la infraestructura vial del tramo puente alameda Valdelirios – Arco Rudaccasa del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga departamento de Ayacucho.

Para alcanzar el objetivo general se plantearon dos objetivos específicos. El primero identificar y clasificar las patologías que presentan el concreto del pavimento rígido a través de una auscultación visual, y el segundo obtener el índice de condición del pavimento rígido.

El tramo de la vía puente alameda de Valdelirios – Arco de Rudaccasa del distrito de Carmen Alto están conformado por las calles Av. Carmen Alto de cuatro cuadras, Av. Perú una cuadra, y Av. Mariscal Cáceres de cuatro cuadras, que hacen un total de nueve cuadras sumando una longitud de 1312.40m. Es la vía arterial de mayor tráfico del transporte urbano de Carmen alto y constituye la conexión con la ciudad de Huamanga, en su recorrido interconecta muchas instituciones públicas y privadas del distrito de Carmen Alto. Así mismo esta vía forma parte de acceso principal al mirador turístico del cerro Acuchimay.

La aplicación del método del índice de condición del pavimento, fue muy importante en la investigación, debido a que existen un sin número de combinaciones de deterioros, por niveles de severidad y densidades de las patologías; con la aplicación del método, se resolvieron estas dificultades en vista que el PCI introduce el “valor de deducción” como factor de ponderación para calcular el valor numérico del índice de condición del pavimento y conocer el estado de conservación actual de la infraestructura vial, lo cual nos permitió proponer el tipo de intervención adecuada. Además se identificó los tipos de patologías más frecuentes, las patologías de mayor incidencia en el PCI y las posibles causas del deterioro del pavimento rígido; siendo estos un indicador para prevenir que ocurra en el resto de las vías y promover su mantenimiento oportuno.

II PLANEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN:

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

2.1.1 Caracterización del Problema.

El distrito de Carmen Alto se encuentra ubicada en la provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho (ver anexo N° 01), es uno de los cinco distritos con zona urbana que forma la parte sur de la ciudad de Ayacucho, se encuentra localizada a 2.8 km de la plaza de armas de Sucre, geográficamente a 13°10'33" latitud sur, a 74°13'35" longitud oeste y a una altitud de 2,803 m.s.n.m., datos tomados en la plaza principal de Carmen Alto, (ver el anexo N° 02); tiene un clima variado típico de la región quechua con precipitaciones intensas entre los meses de enero a marzo y frío en los meses de mayo a agosto.

La zona urbana presenta una topografía accidentada, sus calles tienen pendientes pronunciadas variados de 5% a 20%, que descienden desde el cerro Acuchimay hacia las laterales, y del cerro de Campanayocc hacia la ciudad de Carmen Alto, formando cuencas afluentes al río Alameda que atraviesa por la parte central de la ciudad de Ayacucho, delimitando la jurisdicción distrital de Ayacucho, Carmen Alto y San Juan Bautista (ver anexo 3).

Los pavimentos rígidos de la vía urbana tramo puente alameda de Valdelirios - arco de Rudaccasa, han sido construidos en distintos periodos a partir del año 1,993 hasta el año 2,004 aproximadamente, constituyendo la vía de mayor tráfico del transporte urbano del distrito Carmen Alto, sirve de comunicación terrestre con la ciudad de Huamanga, en su recorrido interconecta muchas instituciones públicas y privadas; asimismo forma parte del acceso principal al mirador turístico del cerro Acuchimay. Estos pavimentos a partir de su puesta en servicio han estado sometidos a las cargas repetidas del tránsito de vehículos livianos y pesados, a las inclemencias de los fenómenos naturales como la insolación, precipitaciones pluviales, sin que se haya realizado un mantenimiento periódico por parte de la municipalidad distrital de Carmen Alto; condiciones que originan la aparición progresiva de las patologías ocasionando el deterioro de las losas de concreto simple del pavimento, generando congestión vehicular, demora en el transporte urbano, accidentes de tránsito, deterioro frecuente de los vehículos y molestias en el usuario.

Formulación del Problema.

a) Problema General:

¿En qué medida la evaluación de las patologías del concreto y la obtención del índice de condición del pavimento rígido nos permitirá conocer el estado de conservación actual de la infraestructura vial del tramo puente alameda de Valdelirios – arco de Rudaccasa del Distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento Ayacucho?.

Problemas Específicos:

- ¿Cómo identificar y clasificar las patologías que presenta el concreto del pavimento rígido de la infraestructura vial del tramo puente alameda de Valdelirios – arco de Rudaccasa del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho?.
- ¿De qué manera obtener el índice de condición del pavimento rígido de la infraestructura vial del tramo puente alameda de Valdelirios – arco de Rudaccsa del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho?.

2.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN:

2.2.1 Objetivo General:

Evaluar las patologías del concreto y obtener el índice de condición del pavimento rígido para conocer el estado de conservación actual de la infraestructura vial del tramo puente alameda Valdelirios – arco Rudaccasa del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.

2.2.2 Objetivos Específicos:

- Identificar y clasificar las patologías que presenta el concreto del pavimento rígido, a través de una inspección visual, de la infraestructura vial del tramo puente alameda de Valdelirios – arco de Rudaccasa del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.
- Obtener el índice de condición del pavimento rígido de la infraestructura vial del tramo puente alameda de Valdelirios – arco de Rudaccasa del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga. departamento de Ayacucho.

2.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

La vía urbana del tramo puente alameda de Valdelirios – arco de Rudaccasa de Carmen Alto están conformado por las calles Av. Carmen Alto de cuatro cuadras, Av. Perú una cuadra, y Av. Mariscal Cáceres de cuatro cuadras, que hacen un total de nueve cuadras sumando una longitud de 1312.40m, es la vía arterial de mayor tráfico del transporte urbano de Carmen Alto que sirve de comunicación terrestre con la ciudad de Huamanga, en su recorrido interconecta muchas instituciones públicas y privadas del Distrito de Carmen Alto (ver anexo N° 04). Asimismo esta vía forma parte de acceso principal al mirador turístico del cerro Acuchimay.

Su importancia radica en la obtención del índice de condición del pavimento para conocer el estado de conservación actual de la infraestructura vial, el cual nos permite proponer el tipo de intervención reconstructiva adecuada. Además se identificó los tipos de patología de mayor incidencia, siendo un indicativo para prevenir con mayor énfasis que ocurra en el resto de las calles con pavimento rígido de concreto simple y promover su mantenimiento.

III MARCO TEÓRICO.

3.1 ANTECEDENTES:

3.1.1 Antecedentes Internacionales:

Ramírez R. y Godoy A. (2006)⁽¹⁾, En su trabajo de investigación **“Patología de pavimentos rígidos de la ciudad de Asunción-Paraguay”** El presente trabajo consistió en el estudio de patología presente en la Av. Choferes del Chaco, calle Padre Cassenello, calles del barrio Sajonia, calle Capitán Lombardo del municipio de Asunción – Paraguay. Entre las patologías encontradas en la calle padre Cassenello se tiene agrietamiento extensivo debido a la perdida de soporte provocada por el asentamiento de la sub rasante, grietas, baches, deficiencia de sellado de juntas de alta severidad, siendo calificado la serviciabilidad de la calle Cassenello, el 40% mala, el 30% regular, el 19% buena y el 11% muy buena.

Duque C. y Tibaquira J. (2010)⁽²⁾, en su tesis **“Estudio de la patología presente en el pavimento rígido del segmento de la vía de la carretera 14 entre 15 y 20 con el municipio de Granada departamento del Meta - Colombia”**. El deterioro predominante en todo el segmento de la vía es la fisuración longitudinal, ocasionada aparentemente por deficiente modulación de las losas. El sub-segmento de vía número 1, se ve afectado en su mayoría por la deficiencia en las juntas, y el descascaramiento, seguramente ocasionado por problemas con la mezcla del concreto.

Igualmente el sub-segmento de vía número 2, se ve afectado en su mayoría por la pérdida de material y fisuración longitudinal.

El sub-segmento de vía número 3, se ve afectado en su mayoría por la fisuración longitudinal y fisuración mapeada, que al igual de los demás sub-segmentos posee una deficiente modulación.

El sub-segmento de vía número 4, se ve afectado en su mayoría por la deficiencia en las juntas y el descascaramiento, seguramente ocasionado por problemas con la mezcla de concreto

El sub-segmento de vía número 5, se ve afectado en su mayoría por la deficiencia en las juntas, ocasionado por la misma edad del pavimento y la repetición de cargas pesadas.

(Miranda R. 2010)⁽³⁾, en su tesis **“Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos en Valdivia - Chile”**. La investigación tuvo por objetivo, Identificar las fallas que sufren los pavimentos flexibles y rígidos, otorgar soluciones para la conservación y rehabilitación de los mismos, al mínimo costo y con el más eficiente resultado posible. Finalmente concluye que es necesario determinar primero la causa que produjo el daño en el pavimento, para poder realizar una reparación correcta con mantenimiento oportuno y continuo con la intervención de personal capacitado en la materia, para preservar la inversión y mantener el pavimento en completo servicio al público.

3.1.2 Antecedentes Nacionales:

(Espinoza T. 2010)⁽⁴⁾, en su tesis **“Determinación y evaluación del nivel de incidencia de las patologías del concreto en los pavimentos rígidos de la provincia de Huancabamba, departamento de Piura”**. El índice promedio de condición del pavimento, del distrito y provincia de Huancabamba es de 50% correspondiendo a estado regular.

Los pavimentos sufren grandes desperfectos por la mala ejecución y la calidad de los agregados de la zona y la inclemencia del tiempo y que el suelo tiene bastante responsabilidad en dichas grietas.

El nivel de incidencia de las patologías de los pavimentos hidráulicos del cercado del distrito de la provincia de Huancabamba es: Grietas lineales 40.65%, pulimiento de agregados 29.00%, grietas de esquina 22.77%, escala 7.11%.

(Quiñonez J. 2014)⁽⁵⁾, en su tesis **“Determinación y evaluación de las patologías del concreto para obtener el índice estructural del pavimento y la condición de la superficie de veredas del casco urbano de la localidad de Puerto Maldonado distrito, provincia puerto Maldonado – 2014”**. La investigación tuvo por objetivo determinar y evaluar las patologías del concreto para obtener el índice estructural del pavimento y la condición operacional de la superficie de veredas del casco urbano de la localidad de puerto Maldonado distrito y provincia de Puerto Maldonado, región Madre de Dios.

En este estudio se aplicó el método del PCI para determinar el índice de condición estructural del pavimento de las veredas de ochocientos veinte paños

de vereda, para identificar sus fallas existentes y cuantificar su estado.

La metodología del trabajo es evaluativo visual a través de una hoja de evaluación. Se realizó un registro estadístico de las patologías y valores de PCI obtenidos de muestras de diferentes calles de la ciudad de Maldonado. Finalmente la conclusión de esta investigación muestra que las veredas del casco urbano de puerto Maldonado tienen un pavimento en estado bueno, con un PCI ponderado a 45.42 y las fallas encontradas fueron de tipo funcional, que provocan un tránsito inseguro e incómodo al peatón.

3.1.3 Antecedentes Locales:

(Campos A. 2013)⁽⁶⁾, en su tesis **“Determinación y evaluación de las patologías del concreto para obtener el índice de integridad estructural y condición operacional de la superficie de los pavimentos rígidos del centro poblado de Luricocha - distrito de Luricocha, provincia de Huanta, departamento de Ayacucho, noviembre – 2013”**. El objetivo de la investigación ha sido determinar y evaluar las patologías del concreto para obtener el índice de integridad estructural y la condición operacional de la superficie de los pavimentos rígidos del centro poblado de Luricocha, distrito de Luricocha, provincia de Huanta, departamento de Ayacucho, noviembre 2013”.

En conclusión se ha determinado el estado en que se encuentra la red de pavimento rígido del centro poblado de Luricocha. Se inspeccionaron un total de 10 unidades de muestra obteniendo los siguientes resultados: El 40 % del total de unidades de muestra inspeccionadas presentan un estado de pavimento muy malo (PCI entre 10 y 25); después le sigue un 30 % de unidades en estado malo (PCI entre 25 y 40); un 20 % en estado regular (PCI entre 40 y 55), y un 10% en un estado fallado (PCI entre 0 y 10).

(Jayo N. 2013)⁽⁷⁾, en su tesis **“Determinación y evaluación de las patologías del concreto para obtener el índice de integridad estructural del pavimento y condición operacional del pavimento rígido existente en el AA.HH. Señor de Quinuapata - distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, diciembre – 2013”**. El objetivo de la presente tesis ha sido la de evaluar y determinar las patologías existentes, con la finalidad de obtener el

índice de integridad estructural del pavimento y la condición operacional de la superficie en los pavimentos rígidos en el AA.HH Señor de Quinuapata - distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga , departamento de Ayacucho, diciembre - 2013. En esta tesis se aplicó el método PCI para determinar el Índice de Condición Estructural del Pavimento, en los pavimentos rígidos del AA.HH Señor de Quinuapata.

Concluye que las patologías más frecuentes encontradas son: grietas de esquina, grietas lineales, pulimiento de agregados y las grietas de retracción, con un nivel de severidad media. Casi todas las unidades de muestra se encontraron los tipos de falla de grietas lineales y pulimiento de agregados, pero con densidades variables; concluye que la condición operacional de la superficie de los pavimentos rígidos provoca un tránsito inseguro e incómodo en algunas calles.

3.2 BASES TEÓRICAS

3.2.1 PAVIMENTOS:

Según, Giordani C. y Leone D. (2005)⁽⁸⁾, Definen al pavimento como la estructura de las vías de comunicación terrestre, formada por uno o más capas de materiales elaborados o no, colocados sobre el terreno acondicionado, que tiene como función permitir el tránsito de vehículos con seguridad, comodidad, costo óptimo de operación y debe tener las características de: superficie uniforme, impermeable, color de textura adecuado, resistencia a la repetición de carga, a la acción del medio ambiente y que no transmitan esfuerzos mayores a su resistencia a las capas inferiores.

En Ingeniería de caminos y vías de comunicación. El pavimento es el conjunto de capas que comprende entre la sub rasante y la superficie de rodamiento de la vía, puede estar conformado por diferentes tipos de materiales apropiados, los cuales una vez colocados, nivelados y compactados deben resistir satisfactoriamente el desgaste de la superficie en contacto al servicio durante su vida útil para el cual está diseñado.

Según (Montejo A. 2002)⁽⁹⁾, un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la sub rasante de una vía obtenida por

el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmite durante el periodo para la cual fue diseñada la estructura del pavimento.

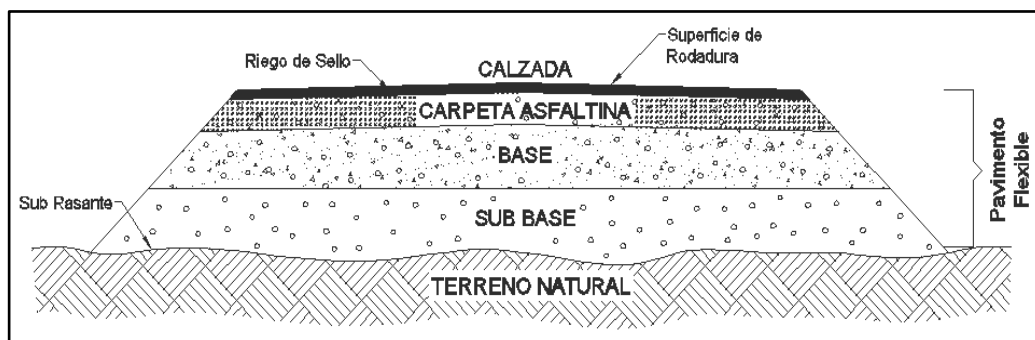
Tipos de Pavimento:

Según (Montejo A. 2002)⁽⁹⁾, los tipos de pavimentos más comunes y utilizados son tres: pavimento flexible, rígido y articulado.

1) Pavimento Flexible:

Se define que el pavimento flexible está formado por una capa bituminosa, apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub base. No obstante puede prescindir de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra (ver gráfico N° 01).

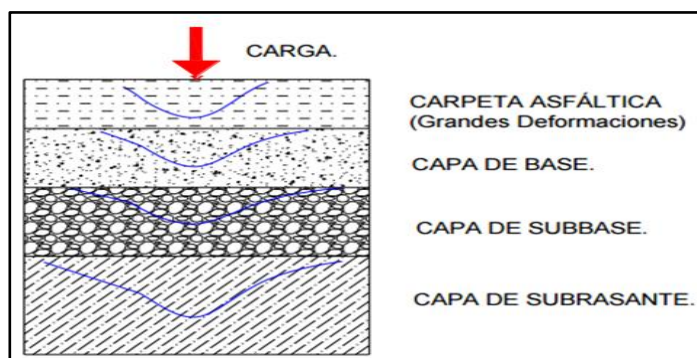
Gráfico N° 01: Sección típica de pavimento flexible y sus partes.



Fuente: Elaboración Propia

(Altamirano L. 2007)⁽¹⁰⁾, considera que en pavimento flexible, la superficie de rodadura al tener menos rigidez, se deforma más y se producen mayores tensiones en la sub rasante (ver gráfico N° 02).

Gráfico N° 02: Deformaciones en pavimento flexible.

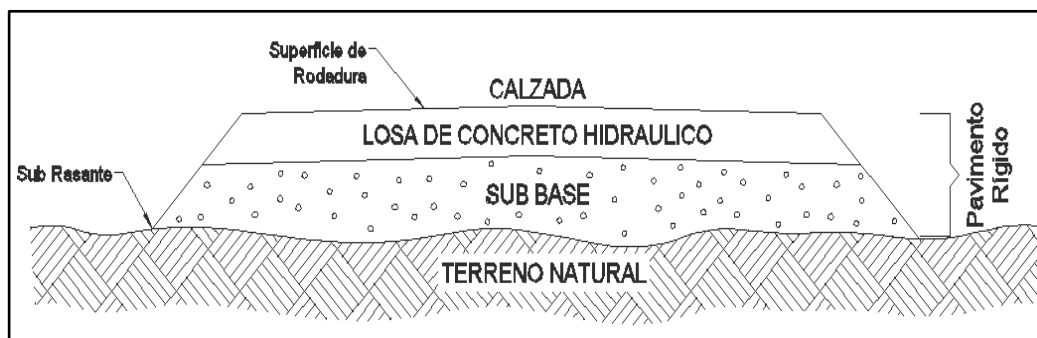


Fuente: (Altamirano L. 2007)⁽¹⁰⁾, deterioro de pavimentos rígidos en Nicaragua

2) Pavimento Rígido:

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la sub rasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina sub base del pavimento rígido (ver gráfico N° 03).

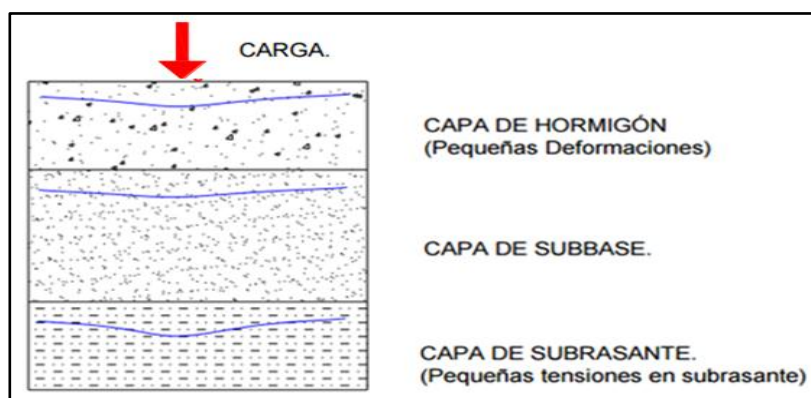
Gráfico N° 03: Sección típica de pavimento rígido y sus partes.



Fuente: Elaboración propia.

(Altamirano L. 2007)⁽¹⁰⁾, considera que en pavimento rígido, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, se produce una buena distribución de las cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la sub rasante (ver gráfico N° 04).

Gráfico N° 04: Deformaciones en pavimento rígido.



Fuente: Altamirano L. (2007)⁽¹⁰⁾, deterior de pavimentos rígidos en Nicaragua

Elementos que Componen el Pavimento Rígido.

Según método AASTHO (1993)⁽¹¹⁾ los elementos que conforman el pavimento de concreto hidráulico (pavimento rígido) son:

a) Sub rasante:

La sub rasante es el soporte natural o capa de fundación, preparado y compactado, en la cual se puede construir un pavimento. La función de la sub rasante es dar un apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en el valor soporte, es decir, mucho más importante es que la sub rasante brinde un apoyo estable a que tenga una alta capacidad de soporte. Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado con la expansión de suelos.

b) Sub base:

La capa de sub base es la porción de la estructura del pavimento rígido, que se encuentra entre la sub rasante y la losa rígida, consiste de una o más capas compactas de material granular o estabilizado; la función principal de la sub base es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos. La sub base es obligatoria cuando la combinación de suelos, agua, y tráfico pueden generar el bombeo. Tales condiciones se presentan con frecuencia en el diseño de pavimentos para vías principales y de tránsito pesado. Entre otras funciones que debe cumplir son:

- Proporcionar uniformidad, estabilidad y soporte uniforme.
- Incrementar el módulo (K) de reacción de la sub rasante.
- Minimizar los efectos dañinos de la acción de las heladas.
- Proveer drenaje cuando sea necesario.
- Proporcionar una plataforma de trabajo para los equipos de construcción.

c) Superficie de rodadura o losa:

Es la capa superior de la estructura de pavimento, la losa es de concreto de cemento portland. El factor mínimo de cemento debe determinarse en base a ensayos de laboratorio y por experiencia previas de resistencia y durabilidad. Se deberá usar concreto con aire incorporado donde sea necesario proporcionar

d) Juntas:

La función de las juntas consiste en mantener las tensiones de la losa provocadas por la contracción y expansión del pavimento dentro de los valores admisibles del concreto; o disipar tensiones debidas a agrietamientos inducidos debajo de las mismas losas.

Son muy importantes para garantizar la duración de la estructura, siendo una de las pautas para calificar la bondad de un pavimento. Por otro lado, deben ser rellenadas con materiales apropiados, utilizando técnicas constructivas específicas. En consecuencia, la conservación y oportuna reparación de las fallas en las juntas son decisivas para la vida útil de un pavimento. De acuerdo a su ubicación respecto de la dirección principal o eje del pavimento, se denominan como longitudinales y transversales. Según la función que cumplen se les denomina de contracción, articulación, construcción expansión y aislamiento.

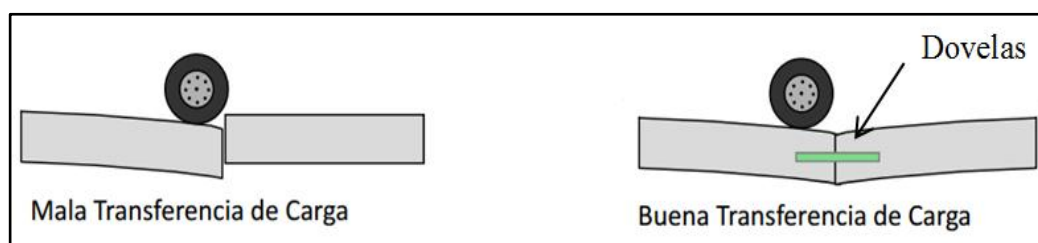
Tipos de Pavimento Rígido:

Según (Coronado. J. 2002)⁽¹²⁾. Los pavimentos rígidos pueden dividirse en tres tipos y son:

a) Concreto hidráulico simple:

No contiene armadura de acero en la losa y el espaciamiento entre juntas es pequeña (entre 2.50m a 4.50m). Las juntas pueden o no tener dispositivos de transferencia de cargas (ver gráfico N° 05).

Gráfico N° 05: Transferencia de cargas por dovelas.



Fuente: Calo D. (2,008),⁽¹³⁾ Diseño y construcción de pavimentos de hormigón

b) Concreto hidráulico reforzado:

Tiene espaciamientos mayores entre juntas (entre 6.10 y 36.60m), y llevan armaduras de acero distribuidas en las losas a efecto de controlar y mantener cerrada las fisuras por contracción.

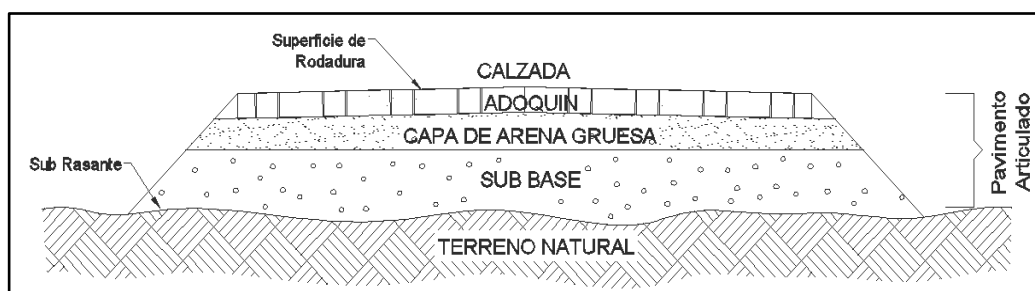
c) Concreto hidráulico reforzado continuo:

Tiene armaduras de acero continuo longitudinal y no tienen juntas transversales, excepto juntas de construcción, la armadura transversal es opcional. El objetivo de las armaduras es mantener un espaciamiento adecuado entre fisuras y que estas permanezcan cerradas.

3) Pavimentos Articulados:

Son pavimentos cuyas capas de rodadura se encuentran conformadas por bloques de concreto prefabricados, que se denominan adoquines (ver gráfico N° 06), son iguales entre si y de un espesor uniforme; y que se colocan sobre una capa delgada de arena gruesa, la cual se encuentra sobre una capa granular o la sub rasante.

Gráfico N° 06: Sección típica de pavimento articulado y sus partes.



Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 PATOLOGÍA DEL PAVIMENTO RÍGIDO.

El pavimento rígido, está formado por losas de concreto hidráulico simple, por lo tanto se aborda las patologías del concreto en pavimentos.

a) Patología del Concreto:

Según (Casas D. 2,001)⁽¹⁴⁾, en su investigación de patología del concreto, define que es la parte de la durabilidad que se refiere a los signos, causas posibles y diagnóstico del deterioro que experimentan las estructuras del concreto. También se le define como el tratamiento sistemático de los defectos y daños del concreto, sus causas, sus consecuencias y sus soluciones.

El concreto puede sufrir, durante su vida, defectos o daños que alteran su estructura interna y comportamiento. Algunos pueden ser congénitos por estar presentes desde su concepción y/o construcción; otros pueden haberlo atacado durante alguna etapa de su vida útil; y otros pueden ser consecuencia de accidentes. Los síntomas que indican que se está produciendo daño en la estructura incluyen manchas, cambios de color, hinchamientos, fisuras, pérdidas de masa u otros.

Durabilidad del Concreto: La durabilidad de los concretos de cemento hidráulico es definida por el Comité 201 del ACI “como su habilidad para resistir la acción del intemperismo, ataque químicos, abrasión, o cualquier otro proceso de deterioro”. Se dice entonces que un concreto se le denomina durable cuando mantiene su forma original, su calidad y sus propiedades de servicio al estar expuesto a su medio ambiente.

Defecto: Se le define como una situación en la que uno o más elementos de una construcción no cumplen la función para la que han sido previstos.

Fallo: Es la finalización de la capacidad de un elemento para desempeñar la función requerida.

Deterioro: Es la disminución de la vida útil del concreto o infraestructura, por razones de uso o efectos ambientales.

b) Evaluación de Patologías del Pavimento:

(Armijos C. 2009)⁽¹⁵⁾. Existen diversos métodos de evaluación de pavimentos, que son aplicables a calles y carreteras, entre ellos se tiene:

VIZIR: Es un índice que representa la degradación superficial de un pavimento, representando una condición global que permitirá tomar algunas medidas de mantenimiento y rehabilitación. Este índice ha sido desarrollado por el Laboratoire Central des Ponts et Chaussées – France o por sus siglas en inglés LCPC. El sistema VIZIR, es un sistema de simple comprensión y aplicación que establece una distinción clara entre las fallas estructurales y las fallas funcionales siendo adoptados en países en vía de desarrollo y en especial en zonas tropicales.

FHWA / OH99 / 004: Este índice presenta una alta claridad conceptual y es de sencilla aplicación, pondera los factores dando mayor énfasis a ciertos deterioros que son muy abundantes o importantes en regiones donde hay estaciones muy marcadas pero no en áreas tropicales.

ASTM D 6433-99: También conocido como Present Condition Index, o por sus siglas PCI. Este índice sirve para representar las degradaciones superficiales que se presentan en los pavimentos flexibles y de hormigón. Este método ha sido aplicado en la presente investigación, debido a que se la adoptado mundialmente por algunas entidades encargadas de realizar la cuantificación de los deterioros en la superficie de pavimentos.

c) Condición del Pavimento:

Representa el nivel de degradación como resultado del proceso de deterioro. La determinación de la condición del pavimento depende de los defectos de la superficie, las deformaciones permanentes, la irregularidad longitudinal, deflexión recuperable, capacidad estructural del pavimento, las sollicitaciones de tráfico y la adherencia entre la rueda y el pavimento, las evaluaciones requeridas se resumen como: Superficial, Estructural, Funcional, Adherencia.

d) Factores que Influyen en el Deterior del Pavimento.

Según la publicación de Transportation Research Board, Washintong (2003)⁽¹⁶⁾. El pavimento de concreto es una estructura de gran superficie expuesta en todo tiempo a la acción del medio ambiente a través de los gradientes térmicos (de ciclo diario) y de los gradientes de humedad (de ciclo estacional). Asimismo, a las sollicitaciones propias del tránsito. Tales factores (clima y tránsito) tienen una acción preponderante y temporal sobre el comportamiento del pavimento.

En el gráfico N° 07, se puede apreciar como el clima, en especial las lluvias afectan los materiales que conforman la estructura del pavimento modificando sus propiedades físicas y mecánicas, que pueden tener cierto efecto sobre la resistencia, estabilidad, durabilidad y capacidad de carga del pavimento y de los suelos de la sub rasante. De igual manera el tráfico, en especial los ejes de carga pesada, ayudan a contribuir a un rápido deterioro de la estructura del pavimento. A medida que pasa el tiempo, el daño causado por estos factores va aumentando, lo que origina fallas a lo largo de la superficie del pavimento, que si no son tratadas o corregidas a tiempo pueden traer como consecuencia el colapso total del pavimento.

Gráfico N° 07: Efectos del clima y el tráfico en el comportamiento de pavimento.



Fuente: Publicación de Transportation Research Board, Washintong (2003)

- **Tráfico:**

Cuando los Ejes cargados transitan sobre el pavimento pasando de una losa a otra producen dos grandes efectos: esfuerzos de flexión en la losa de concreto y deflexiones en la zona de juntas, los que generan grietas en esquinas y borde del pavimento.

Las cargas repetidas del tránsito inducen esfuerzos internos y deformaciones en la estructura del pavimento, en efecto se genera la falla por fatiga de la losa de concreto hidráulica, presentando la losa una deformación de alabeo.

- **Medio Ambiente:**

El medio ambiente puede afectar el comportamiento del pavimento en varias formas. Los cambios de temperatura y humedad pueden tener cierto efecto sobre la resistencia, durabilidad y capacidad de carga del pavimento y de los suelos de la sub rasante. Asimismo, estos gradientes deforman las losas de pavimento produciéndole alabeos que modifican continuamente las condiciones de apoyo y de contorno. Con propiedad puede decirse que el pavimento de concreto es una estructura viva que se mueve al compás de la naturaleza y las cargas de tráfico.

El agua producto de las precipitaciones pluviales es un factor predominante en el deterioro de todo tipo de pavimentos, si estos carecen de un adecuado sistema de

drenaje. El agua fácilmente se infiltra a través de las fisuras, juntas, grietas, o por las laterales no selladas del pavimento. El agua penetra al suelo ocupando los pequeños vacíos con aire, desalojando al contenido de aire del suelo, lo cual produce el incremento de volumen del suelo por el incremento de contenido de humedad.

3.2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS EN CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND.

Calidad de Tránsito (Ride Quality)

(Vásquez L. 2002)⁽¹⁷⁾, menciona que, cuando se realiza la inspección de daños, debe evaluarse la calidad de tránsito para determinar el nivel de severidad de daños tales como las corrugaciones, y el cruce de la vía.

La calidad de tránsito se determina recorriendo la sección de pavimento en un automóvil de tamaño estándar a velocidad normal, para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito se debe tomar en cuenta los siguientes:

L: (Low: Bajo): Se perciben las vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones) pero no es necesaria una reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo pero creando poca incomodidad.

M: (Medium: Medio): Las vibraciones en el vehículo son significativas y se requiere alguna reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un rebote significativo, creando incomodidad.

H: (High: Alto): Las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; o los abultamientos o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo, creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo. La calidad de tránsito se determina recorriendo la sección de pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad establecida por el límite legal.

A continuación se describen los daños y niveles de severidades en el concreto de cemento portland como guía para la identificación y clasificación de los daños propuesto por Vásquez L. (2002)¹⁵.

1.- GRIETAS 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 como muestra la imagen N° 01. Por ejemplo, una losa con dimensiones de 3.70 m por 6.10 m presenta una grieta a 1.50 m en un lado y a 3.70 m en el otro lado, esta grieta no se considera grieta de esquina sino grieta diagonal; sin embargo, una grieta que intercepta un lado a 1.20 m y el otro lado a 2.40 m si es una grieta de 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.

Imagen N° 01: Daño de grieta de esquina.



Fuente: Elaboración propia

Niveles de Severidad:

L: La grieta está definida por una grieta de baja severidad y el área entre la grieta y las juntas está ligeramente agrietada o no presenta grieta alguna.

M: Se define por una grieta de severidad media o el área entre la grieta y las juntas presenta una grieta de severidad media (M).

H: Se define por una grieta de severidad alta o el área entre la junta y las grietas está muy agrietada.

Medida:

La losa dañada se registra como una (1) losa si:

1. Sólo tiene una grieta de esquina.
2. Contiene más de una grieta de una severidad particular.
3. Contiene dos o más grietas de severidades diferentes.

Para dos o más grietas se registrará el mayor nivel de severidad. Por ejemplo, una losa tiene una grieta de esquina de severidad baja y una de severidad media, deberá contabilizarse como una (1) losa con una grieta de esquina media.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Sellado de grietas de más de 3 mm.

M: Sellado de grietas. Parcheo profundo.

H: Parcheo profundo.

2.- LOSA DIVIDIDA:

Descripción:

La losa es dividida por grietas en cuatro o más pedazos debido a sobrecarga o a soporte inadecuado como muestra la imagen N° 02. Si todos los pedazos o grietas están contenidos en una grieta de esquina, el daño se clasifica como una grieta de esquina severa.

Imagen N° 02: Daño de losa dividida



Fuente: Elaboración propia

Niveles de severidad:

En el Cuadro 1, se anotan los niveles de severidad para losas divididas.

Cuadro 01. 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 mas
L	L	L	M
M	M	M	H
H	M	M	H

Fuente: Vásquez Varela-2002 Manual de daños para pavimentos de concreto

Medida:

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

Opciones de reparación:

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

M: Reemplazo de la losa.

H: Reemplazo de la losa.

3.- ESCALA:

Descripción:

Escala es la diferencia de nivel a través de la junta como muestra la imagen N°

03. Algunas causas comunes que la originan son:

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

Imagen N° 03: Daño de escala



Fuente: Elaboración propia

Niveles de Severidad:

Se definen por la diferencia de niveles a través de la grieta o junta como se indica en el Cuadro 2.

Cuadro 02. Niveles de severidad para escala.

Nivel de severidad	Diferencia en elevación
L	3 a 10 mm.
M	10 a 19 mm.
H	Mayor que 19mm.

Fuente: Vásquez Varela-2002 Manual de daños para pavimentos de concreto

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.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Fresado.

M: Fresado.

H: Fresado.

4.- 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 como muestra la imagen N° 04. 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:

1. Desprendimiento del sellante de la junta.
2. Extrusión del sellante.
3. Crecimiento de vegetación.
4. Endurecimiento del material llenante (oxidación).
5. Pérdida de adherencia a los bordes de la losa.
6. Falta o ausencia del sellante en la junta.

Imagen N° 04: Daño de sello de juntas



Fuente: Elaboración propia

Niveles de Severidad:

L: 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.

H: 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.

Medida:

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

Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: Resellado de juntas.

H: Resellado de juntas.

5.- GRIETAS LINEALES (Grietas 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, la imagen N° 05 nos muestra una grieta transversal y longitudinal en la losa.

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 todo la extensión de la losa, se contabilizan como grietas de retracción.

Imagen N° 05: Daño de grietas lineales



Fuente: Elaboración propia

Niveles de severidad:

L: Grietas no selladas (incluye llenante inadecuado) con ancho menor que 12 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escala.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada con ancho entre 12.0 mm y 51 mm.
2. Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 51mm. de escala menor que 10mm.
3. Grieta sellada de cualquier ancho con escala menor que 10 mm.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada con ancho mayor que 51 mm.
 2. Grieta sellada o no de cualquier ancho con escala mayor que 10 mm.
- n escala mayor que 10 mm.

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 que están en perfecta condición.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Sellado de grietas más anchas que 3.0 mm.

M: Sellado de grietas.

H: Sellado de grietas. Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.

6.- PARCHES GRANDES (Mayor de 0.45m²) y Inst. de Servicios Básicos:**Descripción:**

Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por material nuevo. Una excavación de servicios públicos (utility cut) es un parche que ha reemplazado el pavimento original para permitir la instalación o mantenimiento de instalaciones subterráneas, como se muestra en la imagen N° 06. Los niveles de severidad de una excavación de servicios son los mismos que para el parche regular.

Imagen N° 06: Daño por parche grande.



Fuente: Elaboración propia

Niveles de severidad:

L: El parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.

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

H: El parche está muy dañado. El estado de deterioro exige reemplazo.

Medida:

Si una losa tiene uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se cuenta como una losa que tiene ese daño. Si una sola losa tiene más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad. Si la causa del parche es más severa, únicamente el daño original se cuenta.

Opciones para Reparación:

L: No se hace nada.

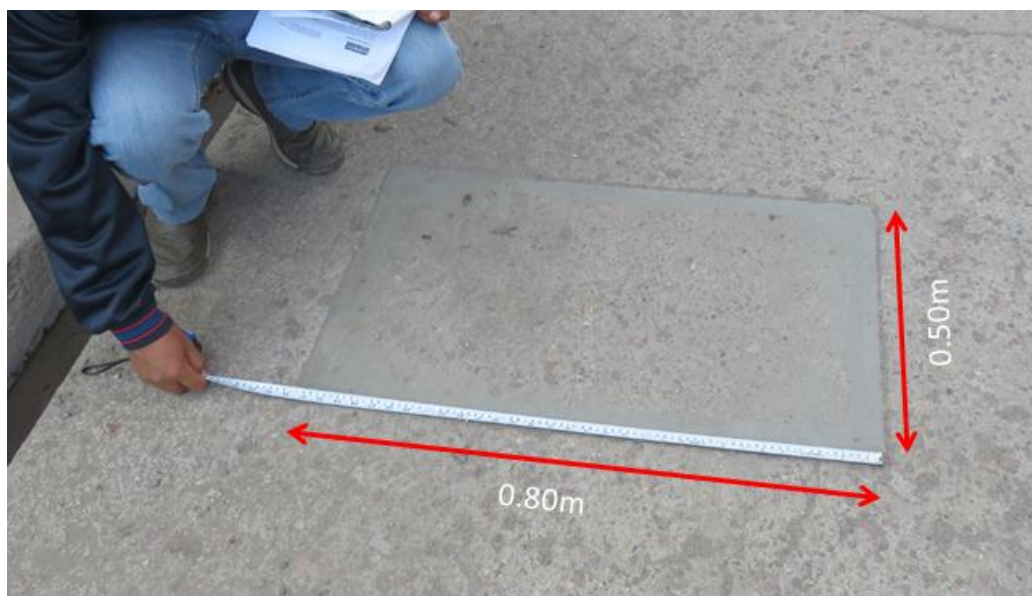
M: Sellado de grietas. Reemplazo del parche.

H: Reemplazo del parche.

7.- PARCHES PEQUEÑOS (Menor que 0.45m²):**Descripción:**

Es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por un material de relleno, como muestra la imagen N° 07.

Imagen N° 07: Daño por parche pequeño.



Fuente: Elaboración propia

Niveles de Severidad:

L: El parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.

M: El parche está moderadamente deteriorado. El material del parche puede ser retirado con considerable esfuerzo.

H: El parche está muy deteriorado. La extensión del daño exige reemplazo.

Medida:

Si una losa presenta uno o más parches con el mismo nivel de severidad, se registra como una losa que tiene ese daño. Si una sola 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.

Opciones para Reparación:

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reemplazo del parche.

H: Reemplazo del parche.

8.- PULIMIENTO 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 como muestra la imagen N° 08, 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.

Imagen N° 08: Daño por pulimiento de agregado.



Fuente: Elaboración propia

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.

Medida:

Una losa con agregado pulido se cuenta como una losa.

Opciones de reparación

L, M y H: Ranurado de la superficie. Sobrecarpeta.

9.- 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 como muestra la imagen N° 09. 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 sub rasante 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.

Imagen N° 09: Daño por bombeo.



Fuente: Elaboración propia

Niveles de Severidad:

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

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.

Opciones de reparación:

L, M y H: Sellado de juntas y grietas. Restauración de la transferencia de cargas.

10.- 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 como muestra la imagen N° 10. 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).

Imagen N° 10: Daño por punzonamiento.



Fuente: Elaboración propia

Niveles de Severidad:

Se definen en el cuadro 3.

Cuadro 3. Nivel de severidad para punzonamiento:

Severidad de la mayoría de las grietas.	Número de pedazos		
	2 a 3	4 a 5	Más de 5
L	L	L	M
M	M	M	H
H	M	M	H

Fuente: Vásquez Varela-2002 Manual de daños para pavimentos de concreto

Medida:

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

Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Sellado de grietas.

M: Parcheo profundo.

H: Parcheo profundo.

11.- DESCONCHAMIENTO, MAPA DE GRIETAS, CHAQUELADO:

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 como se muestra en la imagen N° 11. El descamado también puede ser causado por incorrecta construcción y por agregados de mala calidad.

Niveles de Severidad:

L: El craquelado se presenta en la mayor parte del área de la losa; la superficie esta en buena condición con solo un descamado menor presente.

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

H: La losa esta descamada en más del 15% de su área.

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.

Opciones para Reparación:

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reemplazo de la losa.

H: Parcheo profundo o parcial. Reemplazo de la losa. Sobrecarpeta.

Imagen N° 11: Daño por desconchado y chaquelado.



Fuente: Elaboración propia

12.- GRIETA DE RETRACCIÓN:

Descripción:

Son grietas capilares usualmente de unos pocos pies de longitud y no se extienden a lo largo de toda la losa como muestra la imagen N° 12. 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.

Medida:

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

Opciones de reparación:

L, M y H: No se hace nada.

Imagen N° 12: Daño de grietas de retracción.



Fuente: Elaboración propia

13.- DESCASCARAMIENTO DE ESQUINAS:

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:

En el Cuadro 4, se listan los niveles de severidad para el descascaramiento de esquina. El descascaramiento de esquina con un área menor que 6452 mm² desde la grieta hasta la esquina en ambos lados no deberá contarse.

Cuadro 04. Nivel de severidad del descascaramiento de esquinas

Profundidad del descascaramiento	Dimensiones de los lados del descascaramiento	
	127x127 mm a 305x305mm.	Mayor que 305x305 mm.
Menor de 25mm	L	L
> de 25mm. a 51mm.	L	M
Mayor de 51 mm.	M	H

Fuente: Vásquez Varela-2002 Manual de daños para pavimentos de concreto

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.

Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial

14.- DESCASCARAMIENTO DE JUNTAS:

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. Se origina por:

1. Esfuerzos excesivos en la junta causados por las cargas de tránsito o por la infiltración de materiales incompresibles.
2. Concreto débil en la junta por exceso de manipulación.

Niveles de Severidad:

En el Cuadro 5, se ilustran los niveles de severidad para descascaramiento de junta. Una junta desgastada, en la cual el concreto ha sido desgastado a lo largo de toda la Junta se califica como de baja severidad.

Cuadro 5. Nivel de severidad del descascaramiento de junta:

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

Fuente: Vásquez Varela-2002 Manual de daños para pavimentos de concreto

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.

Opciones para Reparación:

L: No se hace nada.

M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial. Reconstrucción de la junta.

3.2.4 ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI).

Según (Vázquez L. 2002)⁽¹⁷⁾, el Índice de Condición del Pavimento (PCI), constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de los pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de gestión vial disponibles en la actualidad.

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 modelo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En el Cuadro N° 06, se presentan los rangos de PCI con las correspondientes descripciones cualitativas de las condiciones del pavimento.

En el cuadro N° 07, se presenta el tipo de intervención para cada rango de clasificación.

Cuadro N° 06: Rangos de calificación del PCI.

RANGO	CLASIFICACIÓN
100-85	Excelente
85-70	Muy Bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy Malo
10-0	Fallado

Fuente: Vásquez Varela-2002 Manual de daños para pavimentos de concreto

Cuadro N° 07: Tipo de intervención por rango de calificación

RANGO	ESTADO	INTERVENCIÓN
0-10	Fallado	Construcción Nueva
11-25	Muy Malo	Construcción Nueva
26-40	Malo	Construcción Nueva
41-55	Regular	Rehabilitación.
56-70	Bueno	Conservación
71-85	Muy Bueno	Conservación
86-100	Excelente	Ninguna

Fuente: Vásquez Varela-2002
Manual de daños para pavimentos de concreto

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD de cada daño presenta.

Determinación de unidades de muestreo.

En la “Evaluación de una Red” puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos

considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo.

En la "Evaluación de un Proyecto" se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la ecuación 1, la cual produce un estimado del $PCI \pm 5$ del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

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

Dónde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

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

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

s: Desviación estándar del PCI entre las unidades.

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

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

Selección de unidades de muestra

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

a) El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la ecuación N° 2:

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

Dónde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

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

- b) El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo uno (1) y el intervalo de muestreo uno (1).

Evaluación de la condición.

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

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

a. Equipo.

- Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños
- Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades y las depresiones de los baches.
- Manual de daños del PCI, con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

b. Procedimiento.

Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el manual de daños y se registra la información en el formato correspondiente (ver anexo N° 05). Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños. Se usa un formato prediseñado “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la plataforma inspeccionada y para el personal en la plataforma.

c. Seguridad:

El equipo de inspección deberá implementarse todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencias para el vehículo y el personal en la vía.

Cálculo del PCI para pavimentos con capa de rodadura de concreto de cemento portland.

Según la Norma (ASTM D5340 – 98)⁽¹⁸⁾

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “Valores Deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas

a) Cálculo de densidades (D):

Las densidades se han calculado usando la ecuación N° 3, para cada tipo de falla según su nivel de severidad, dividiendo el número de losas cuantificadas entre el número total de losas de la unidad de muestra, multiplicado por cien para obtener la densidad en porcentaje.

$$D = \frac{\text{N}^\circ \text{ Losas de un tipo de falla}}{\text{N}^\circ \text{ Total de Losa de la muestra}} \times 100 \quad \text{Ecuación N}^\circ 3$$

b) Cálculo del valor deducido (VD):

El valor deducido se determina para cada combinación particular de tipos de fallas y grados de severidad, ingresando los porcentajes de densidad en la curva para pavimentos de concreto (ver anexo N° 05).

Se muestra la obtención del valor deducido para la unidad de muestra 01, para un daño de grieta de esquina de severidad baja, media y alta (ver cuadro y grafico N° 08).

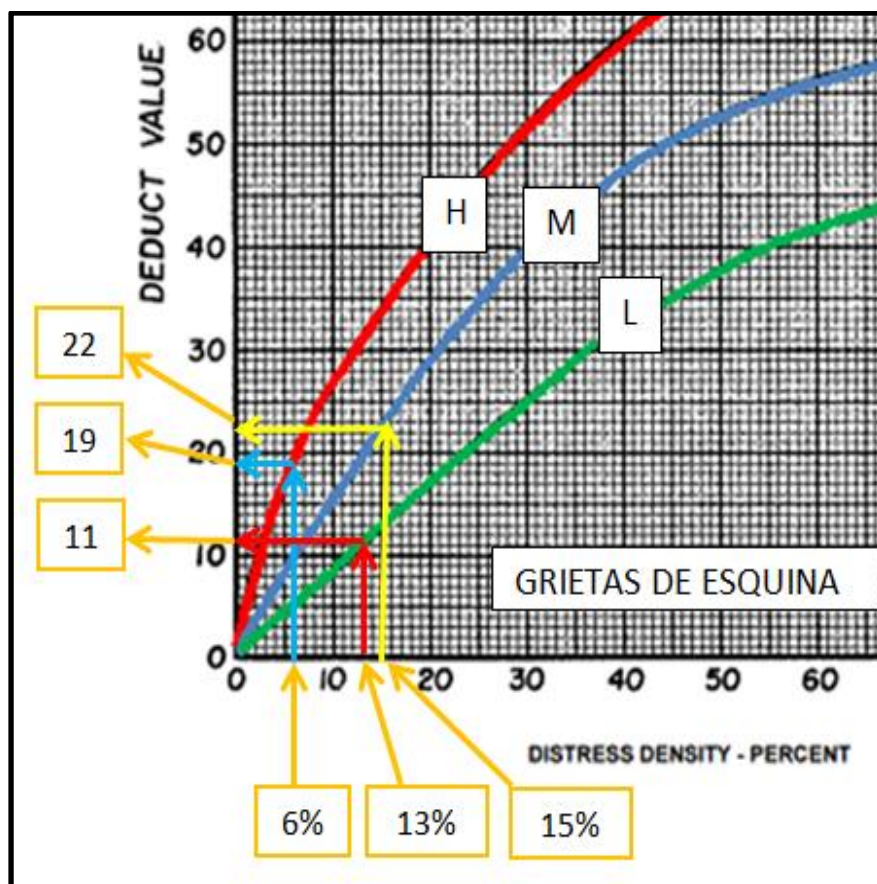
Cuadro N° 08: Hoja de inspección por tipo de daño

Total de paños de la muestra = 68

TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	NUMERO DE LOSAS	DENSIDAD	VALOR DE DEDUCCION
1	L	09	13.00 %	11
	M	10	15.00 %	22
	H	04	6.00 %	19

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 08: Obtención del valor deducido



Fuente: Elaboración propia.

c) **Determinación del máximo número de VDs permitidos “m”.**

Para pavimentos de cemento portland se determina el valor de “m” con la ecuación N° 4, que debe ser menor o igual a 10, para lo cual primero se obtiene el valor individual más alto del valor deducido (VAR), como muestra el ejemplo del cuadro N° 09.

$$m = 1 + \left\{ \left(\frac{9}{95} \right) x (100 - VAR) \right\}$$

Ecuación N° 4

Dónde:

VAR = Valor individual más alto de VD

Cuadro N°-09: Hoja de inspección de daños con valor de deducción

TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	NUMERO DE LOSAS	DENSIDAD		VALOR DE DEDUCCION
1	L	9	13.00	%	11
	M	10	15.00	%	22
	H	4	6.00	%	19
2	L	0	-	%	0
	M	6	9.00	%	24
	H	8	12.00	%	42
3	L	0	-	%	0
	M	0	-	%	0
	H	0	-	%	0
4	L	0	-	%	0
	M	19	28.00	%	4
	H	0	-	%	0
5	L	15	22.00	%	12
	M	26	38.00	%	23
	H	0	-	%	0
6	L	2	3.00	%	0
	M	5	7.00	%	3
	H	0	-	%	0
7	L	2	3.00	%	0
	M	0	-	%	0
	H	0	-	%	0

VAR

Fuente: Elaboración propia

Luego reemplazando valores en la ecuación 3, se obtiene el siguiente resultado del máximo número de VDs permitidos (m), entonces para la unidad de muestra 01 sería:

$$m = 1 + \left\{ \left(\frac{9}{95} \right) \times (100 - 42) \right\}$$

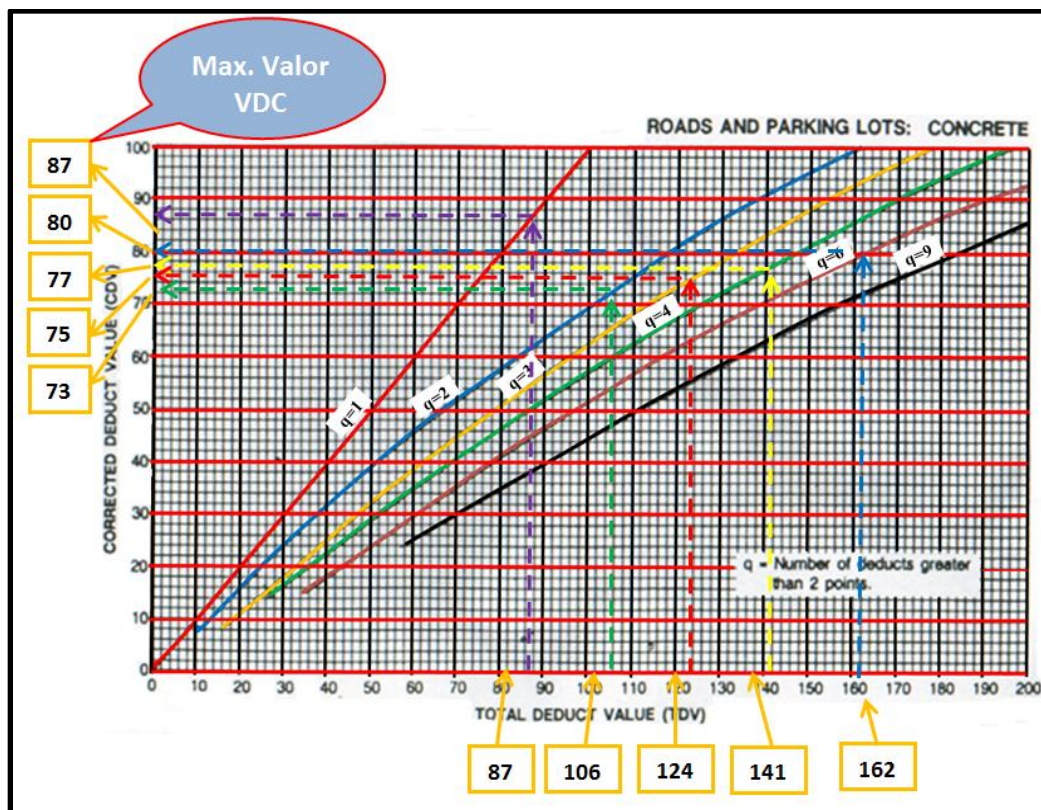
$$m = 6.49$$

Entonces la fracción decimal es = 0.49

d) Cálculo del valor deducido corregido (VDC):

Sumar todos los valores de VDs de la fila y colocar ese valor en la columna de “total”, luego poner en la columna “q” el número de valores de VDs que son mayores a 5. Determinar el VDC con la curva de corrección de valores deducidos para pavimentos de concreto del anexo N° 08, con los valores de “Total” y “q” del formato. Para la obtención del VDC de la unidad de muestra 01 (ver la gráfica N° 09).

Grafico N° 09: Curva para obtención del valor deducido corregido



Fuente: Elaboración Propia.

e) **Determinación del índice de condición del pavimento PCI:**

Una vez calculado el valor deducido corregido, finalmente se determina el PCI de la unidad de muestra o segmento de la vía con la ecuación N° 5.

$$PCI = 100 - Max.VDC$$

Ecuación N° 5

Dónde:

PCI: Índice de condición del pavimento.

VDC: Máximo valor deducido corregido

Para la unidad de muestra 01 tendremos:

$$PCI = 100 - 87$$

$$PCI = 13$$

Como resultado del PCI se obtuvo = 13 este valor se encuentra dentro del rango de calificación entre 25-10 a la que corresponde la clasificación muy malo (ver cuadro N° 06), entonces podemos decir que nuestro estado de conservación actual de nuestra unidad de muestra es **Muy Malo**.

IV METODOLOGÍA:

4.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

La investigación que se realiza es del tipo descriptivo, analítico, predominantemente cuantitativo y de corte transversal.

Es descriptivo por que describe la incidencia de la variable patología del concreto presente en el pavimento rígido de la infraestructura vial del tramo puente alameda de Valdelirios – arco de Rudacsa, sin alterar la realidad.

Es analítico por que estudia los tipos de patología y se establecen las posibles causas y niveles de severidad.

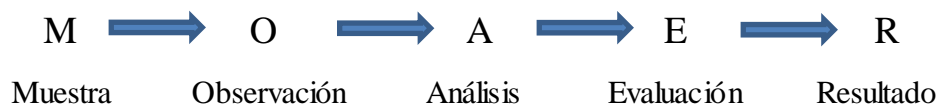
Es cuantitativo por que los daños que presentan se pueden cuantificar y medir según su severidad de las patologías.

Es de corte transversal, porque el análisis del problema se realiza en un periodo determinado Agosto - 2,016.

4.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

Es no experimental, porque se estudia y analiza el problema sin recurrir a resultados de laboratorio y está basada en la auscultación visual, análisis y evaluación de la muestra.

La identificación, clasificación y cuantificación de las patologías fue del tipo visual en base al manual de daños del método de PCI. En la siguiente grafica se muestra la secuencia de la obtención de los resultados de la investigación.



4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.

4.3.1 Universo o Población:

El universo de la investigación está delimitado por las calles que conforman la infraestructura vial del tramo puente alameda de Valdelirios – arco de Rudacsa del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.

4.3.2 Muestra:

Como muestra de la investigación se han tomado todos los paños de losa de concreto del pavimento rígido de la infraestructura vial del tramo puente alameda de Valdelirios – arco de Rudaccasa, que comprenden:

- Av. Carmen Alto las cuatro cuadras.
- Av. Perú, la primera cuadra
- Av. Mariscal Cáceres las cuatro cuadras.

4.4 DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.

La definición operacional de las variables se exponen en el cuadro N° 10.

Cuadro N° 10: Operacionalización de Variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES														
Patologías de concreto del pavimento rígido	Parte de la durabilidad que se refiere a los signos, causas posibles y diagnóstico del deterioro que experimentan las estructuras del concreto. También se le define como el tratamiento sistemático de los defectos y daños del concreto, sus causas, sus consecuencias y sus soluciones.	Los daños o fallas más comunes: <ul style="list-style-type: none"> - Grieta de esquina. - Losa dividida - Escala - Sello de juntas. - Grietas lineales - Parche grande - Parche pequeño - Pulimiento de agregados 	Es la variabilidad en el grado de afectación varía por el tipo de daño y de acuerdo al nivel de severidad de la patología	Tipo y forma de deterioro. Tipos de daño Nivel de Severidad. L=Low (Baja) M=Medium (Medio) H=High (Alta)														
Índice de condición del pavimento	El índice de condición del pavimento es un índice numérico que determina la condición actual de pavimento, varía desde 0 a 100. Es un método basada en la evaluación de la condición superficial del pavimento.	El nivel de deterior que presenta los pavimentos rígidos según el rango	Es la influencia de los daños o fallas que se representan con valor numérico entre 0 a 100, lo cual constituye el rango de calificación	El índice condición se mide en una escala de calificación. <table border="0"> <tr> <td>100-85</td> <td>Excelente.</td> </tr> <tr> <td>85-70</td> <td>Muy bueno</td> </tr> <tr> <td>70-55</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>55-40</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td>40-25</td> <td>Medio</td> </tr> <tr> <td>25-10</td> <td>Muy malo</td> </tr> <tr> <td>10-0</td> <td>Fallado</td> </tr> </table>	100-85	Excelente.	85-70	Muy bueno	70-55	Bueno	55-40	Regular	40-25	Medio	25-10	Muy malo	10-0	Fallado
100-85	Excelente.																	
85-70	Muy bueno																	
70-55	Bueno																	
55-40	Regular																	
40-25	Medio																	
25-10	Muy malo																	
10-0	Fallado																	

Fuente: Elaboración propia (2016)

4.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS:

La técnica utilizada en la investigación, es mediante la inspección visual de todas las unidades de muestra, llevando registro de las patologías del concreto en fichas prediseñadas y utilizando instrumentos de recolección de datos como:

- Manual de daños del PCI.
- Cinta métrica con graduación al milímetro para medir las dimensiones de deterioro.
- Pintura esmalte para identificación de kilometraje.
- Cámara fotográfica digital para evidenciar la recolección de datos e identificación de patologías.
- Computadora personal para el procesamiento de datos y la redacción de la investigación.

4.6 PLAN DE ANÁLISIS:

El plan de análisis comprende la siguiente secuencia.

- Ubicación y determinación de las calles en estudio como unidad de muestra.
- Identificación y cuantificación de las patologías del pavimento a través de una inspección visual y mediciones respectivas en campo, recopilando información en formatos prediseñadas.
- Evaluación y clasificación según el grado de severidad de las patologías y cálculo de PCI en función a la densidad del tipo de falla.

4.7 MATRIZ DE CONSISTENCIA:

La matriz de consistencia de la investigación se expone en el cuadro N° 11

Cuadro N° 11: Matriz de Consistencia

“AUSCULTACIÓN VISUAL DE LAS PATOLOGÍAS DEL CONCRETO PARA OBTENER EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN EL TRAMO PUENTE ALAMEDA DE VALDELIRIOS – ARCO DE RUDACCASA DEL DISTRITO DE CARMEN ALTO, PROVINCIA DE HUAMANGA, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, AGOSTO - 2016”				
PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	METODOLOGÍA	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
<p>Problema General: ¿En qué medida la evaluación de las patologías del concreto y la obtención del índice de condición del pavimento rígido nos permitirá conocer el estado de conservación actual de la infraestructura vial?.</p> <p>Problemas Específicos: - ¿Cómo identificar y clasificar las patologías que presenta el concreto del pavimento rígido?. - ¿De qué manera obtener el índice de condición del pavimento rígido?</p>	<p>Objetivo General: Evaluar las patologías del concreto y obtener el índice de condición del pavimento rígido para conocer el estado de conservación actual de la infraestructura vial.</p> <p>Objetivos Específicos: - Identificar y clasificar las patologías que presenta el pavimento rígido, a través de una inspección visual. - Obtener el índice de condición del pavimento rígido</p>	<p>Antecedentes: Se recurrió a proyectos de investigación de tesis sobre patologías. - Antecedentes internacionales. - Antecedentes nacionales. - Antecedentes locales.</p> <p>Bases Teóricas: - Pavimentos. - Patología de pavimentos rígidos. - Índice de condición del pavimento (PCI).</p>	<p>Tipo y Nivel de la Investigación: Descriptivo, Analítico, cuantitativo y de corte transversal.</p> <p>Diseño de la Investigación: No experimental, basada en la observación, análisis y evaluación de la muestra.</p> <p>Población y Muestra: Población: Todas las calles que forman el tramo Puente Alameda de valdelirios – Arco de Rudaccasa. Muestra: Todos los paños de las losas de concreto del pavimento - Av. Carmen Alto de la primera hasta la cuarta cuadras. - Av. Perú primera cuadra. - Av. Mariscal Cáceres de la primera hasta la cuarta cuadra.</p>	<p>(1) Godoy A. Ramírez R. “Patología de pavimentos rígidos de la ciudad de Asunción-Paraguay” [Tesis para optar título de ingeniero civil]. Universidad Nacional de Asunción - Paraguay – 2006. (2) Montejo F. (2002) Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Universidad Católica de Colombia – Bogotá. (3) Vásquez L. (2002). Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. Universidad Nacional de Colombia.</p>

Fuente: Elaboración propia (2016)

4.8 PRINCIPIOS ÉTICOS:

Ética para el inicio de la evaluación:

Realizar de manera responsable y ordenada los trabajos de nuestra evaluación y/o inspección visual en campo.

Pedir los permisos correspondientes a la entidad competente explicando de manera concisa los objetivos y justificación de nuestra investigación antes de acudir a la zona de estudio, obteniendo la aprobación respectiva para la ejecución del proyecto de investigación.

Ética para la recolección de datos:

Programar la fecha para la toma de datos con anticipación y disponer de todos los instrumentos que nos facilitaran la observación y medición de los daños o patologías del pavimento rígido permitiéndonos el registro de la información con claridad.

Ética para el análisis de los datos:

Tener responsabilidad y eficacia durante el análisis de la información, teniendo presente y en conocimiento del manual de daños para el cálculo del PCI en concreto de cemento portland para obtener una evaluación y análisis acertado.

Ética en la obtención de resultados:

Realizar los cálculos respectivos en base a los registros de campo, cumpliendo los procedimientos de la norma ASTM D5340 metodología de cálculo de PCI, adema verificar a criterio si los cálculos de las evaluaciones concuerdan con lo encontrado en el campo, con el fin de obtener resultados que se ajustan a la condición real del pavimento.

V RESULTADOS.

5.1 RESULTADOS.

Para la obtención de los resultados se realizaron los siguientes procedimientos:

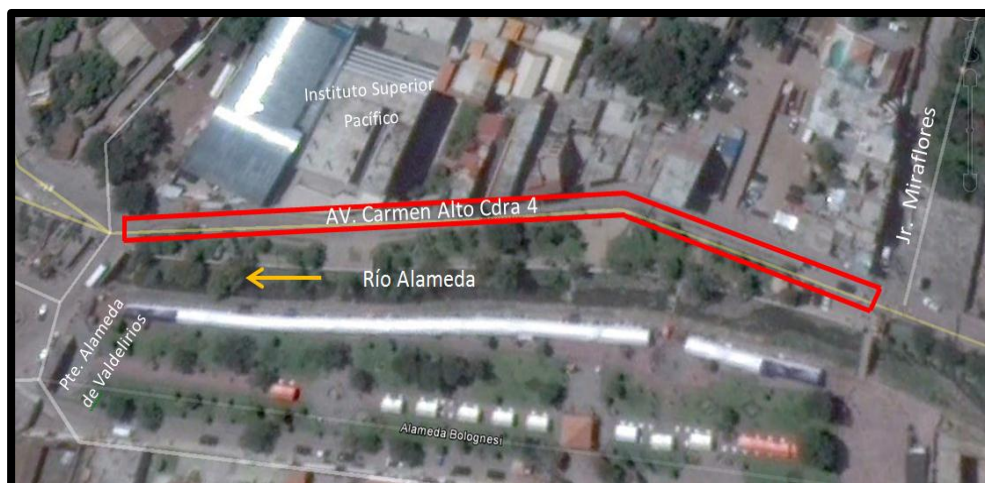
1).- Inspección visual y registro de daños:

Se inspeccionaron todas las unidades de muestra identificando y clasificando las patologías presentes según su nivel de severidad llevando registro en las hojas de inspección y registros fotográficos de la infraestructura vial del tramo puente alameda de Valdelirios – arco Rudaccasa, que está conformado por las siguientes avenidas:

Av. Carmen Alto:

Inicia a media cuadra abajo de la plaza principal de Carmen Alto, exactamente en la intersección con la Av. Perú, prolongándose cuatro cuadras más abajo hasta el puente de la alameda de Valdelirios, donde se inicia la progresiva Km. 0+000, en las imágenes N° 13, 14, 15 y 16 se muestran las cuatro cuadras de la calle que tiene una longitud de 670.40m. y un ancho de calzada de 6.00m.

Imagen N° 13: Vista satelital de la Av. Carmen Alto cuadra 4



Fuente: Google Earth (2013), editada

Imagen N° 14: Vista satelital de la Av. Carmen Alto cuadra 3



Fuente: Google Earth (2013), editada

Imagen N° 15: Vista satelital de la Av. Carmen Alto cuadra 2



Fuente: Google Earth (2013), editada

Imagen N° 16: Vista satelital de la Av. Carmen Alto cuadra 1



Fuente: Google Earth (2013), editada

Av. Perú:

Inicia a media cuadra arriba de la plaza principal de Carmen Alto, exactamente en el en cuentro de la Av. Mariscal Cáceres con Jr. Cangallo, como parte del tramo puente Alameda de Valdelirios – Arco de Rudaccasa se involucra solamente la primera cuadra de la calle, tramo que empalma las avenidas de Carmen alto con la Av. Mariscal Cáceres, como se muestra en la imagen N° 17, tiene una longitud de 150.00m y un ancho de calzada de 5.60m.

Imagen N° 17: Vista satelital de la Av. Perú cuadra 1



Fuente: Google Earth (2013), editada

Calle Av. Mariscal Cáceres:

Inicia a media cuadra arriba de la plaza principal de Carmen Alto, exactamente en el encuentro de la Av. Perú con la Av. Cangallo y se prolonga hasta el Arco de Rudaccasa, tramo final de la vía estudiada, las cuatro cuadras de la avenida se muestran los imágenes N° 18, 19, 20 y 21, tiene una longitud de 492.00m, y un ancho de calzada de 7.00m.

Imagen N° 18: Vista satelital de la Av. Mariscal Cáceres cuadra 1



Fuente: Google Earth (2013), editada

Imagen N° 19: Vista satelital de la Av. Mariscal Cáceres cuadra 2



Fuente: Google Earth (2013), editada

Imagen N° 20: Vista satelital de la Av. Mariscal Cáceres cuadra 3



Fuente: Google Earth (2013), editada

Imagen N° 21: Vista satelital de la Av. Mariscal Cáceres cuadra 4



Fuente: Google Earth (2013), editada

El total del tramo investigada tiene una longitud de 1,312.40m de pavimento rígido, están conformadas por paños de losa de concreto simple con juntas transversales y longitudinales de dimensiones variadas; además constituyen una vía de doble sentido de tránsito vehicular.

2).- Procedimientos de cálculo para obtención del índice de condición del pavimento:

En base a los registros de las hojas de inspección se efectuaron el procesamiento y cálculo del índice de condición del pavimento siguiendo los procedimientos de la norma ASTM D5340-98 basado en el método PCI.

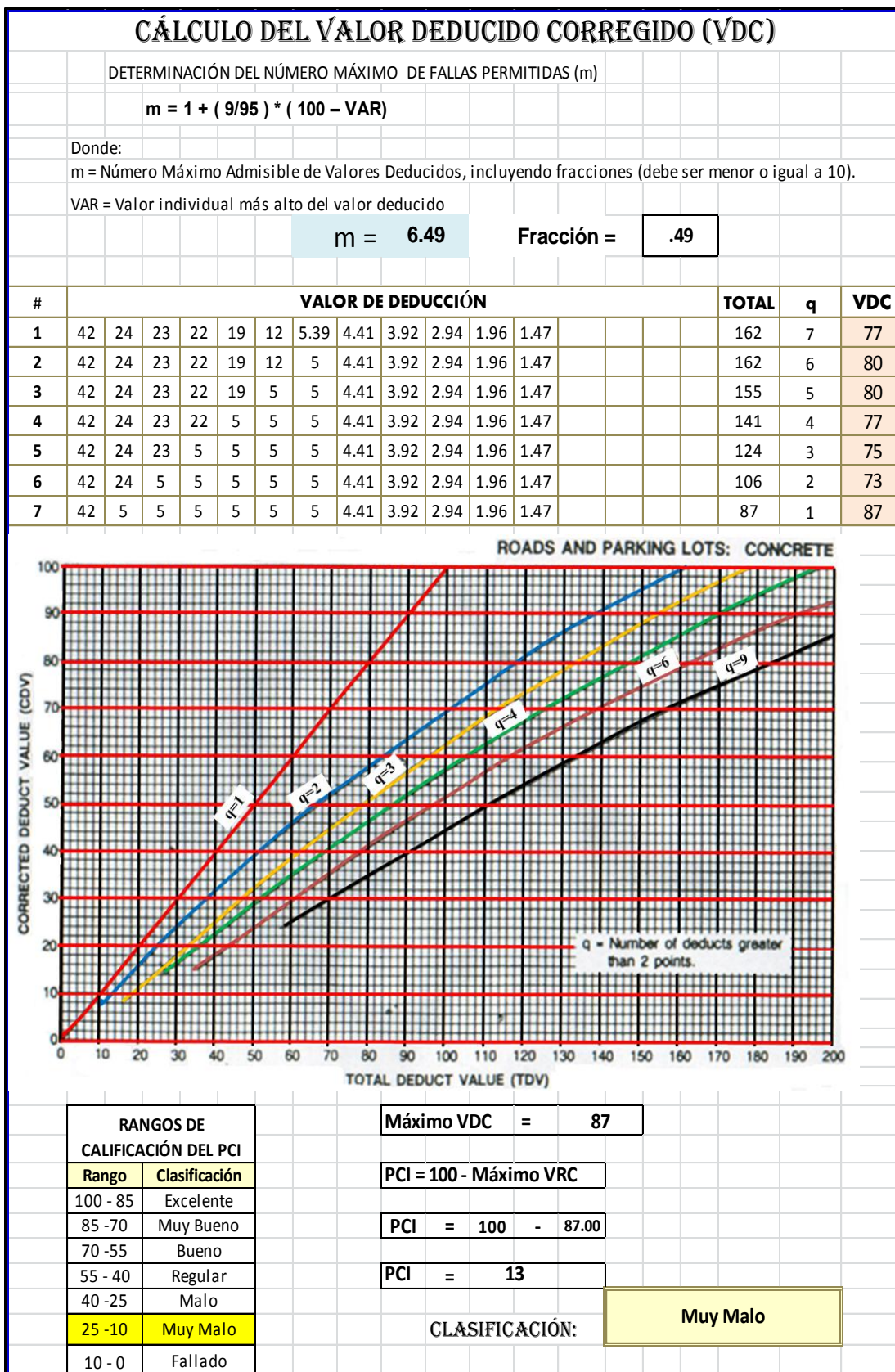
- a) Primeramente se cuantificaron los daños por cada tipo y nivel de severidad, se calculó la densidad en porcentajes con la ecuación N° 03 para cada tipo de falla.
- b) Se determinaron el valor de deducción para cada tipo de falla y nivel de severidad, entrando con los porcentajes de densidad en las curvas del anexo N° 5.
- c) Se calcularon el máximo número de valores deducidos permitidos (m), con la ecuación N° 4 en base al valor deducido individual más alto (VAR).
- d) Se calcularon los valores deducidos corregidos con la matriz de los valores de deducción, totalizando por filas y con ello se entra en la curva que muestra el anexo N° 8.
- e) Luego se calcularon el PCI con la ecuación N° 5 en base al máximo valor deducido corregido y por último con este valor se ingresan en el cuadro N° 06 para la calificar según el rango.

3).- Exposición de Resultados:

Las hojas de inspección de todas las unidades de muestra se exponen en los cuadros N° 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28 y 30 asimismo las hojas de cálculo del PCI están reflejadas en los cuadros N° 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29 y 31; las densidades de los daños se muestran en los gráficos N° 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 y 28, y los resultados del PCI se muestran en los gráficos del N° 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27 y 29,

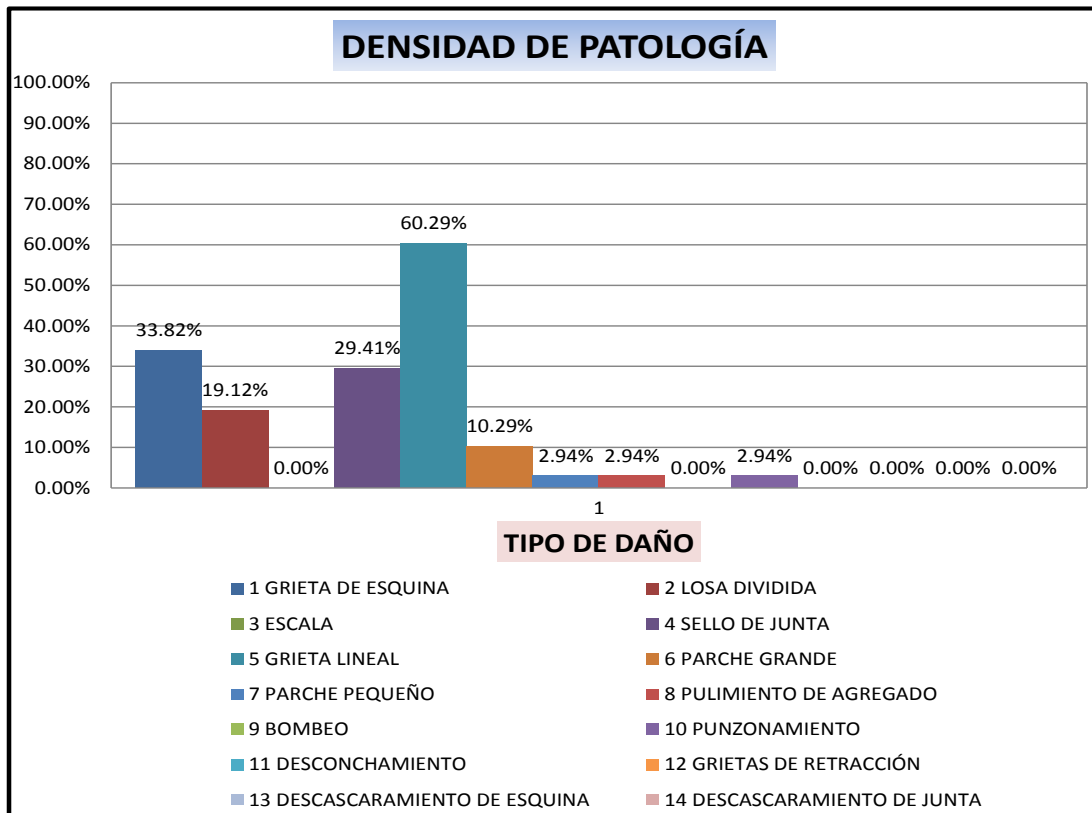
De igual manera las imágenes del anexo N° 09 muestran las patologías más relevantes según su nivel de severidad, identificadas en las unidades de muestra.

Cuadro N° 13: Hoja de cálculo del PCI. de unidad de muestra N° 01



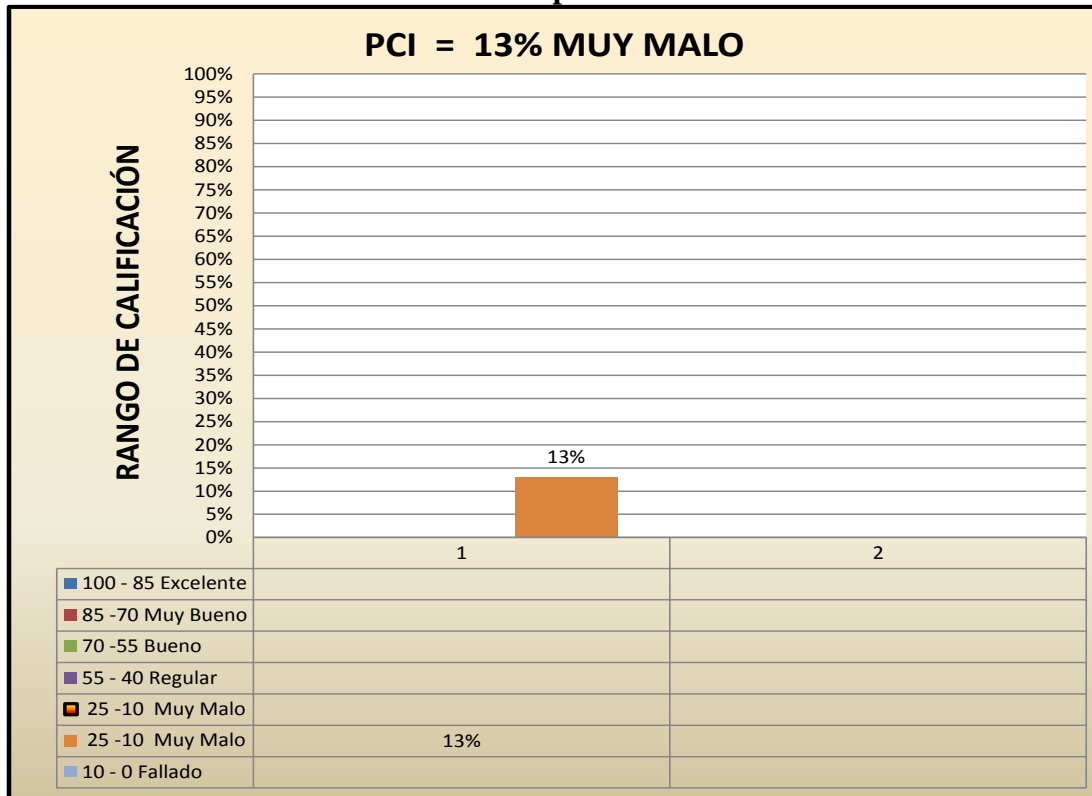
Fuente: Elaboración propia.

Grafico N° 10: Densidad de daños de la unidad de muestra N° 01



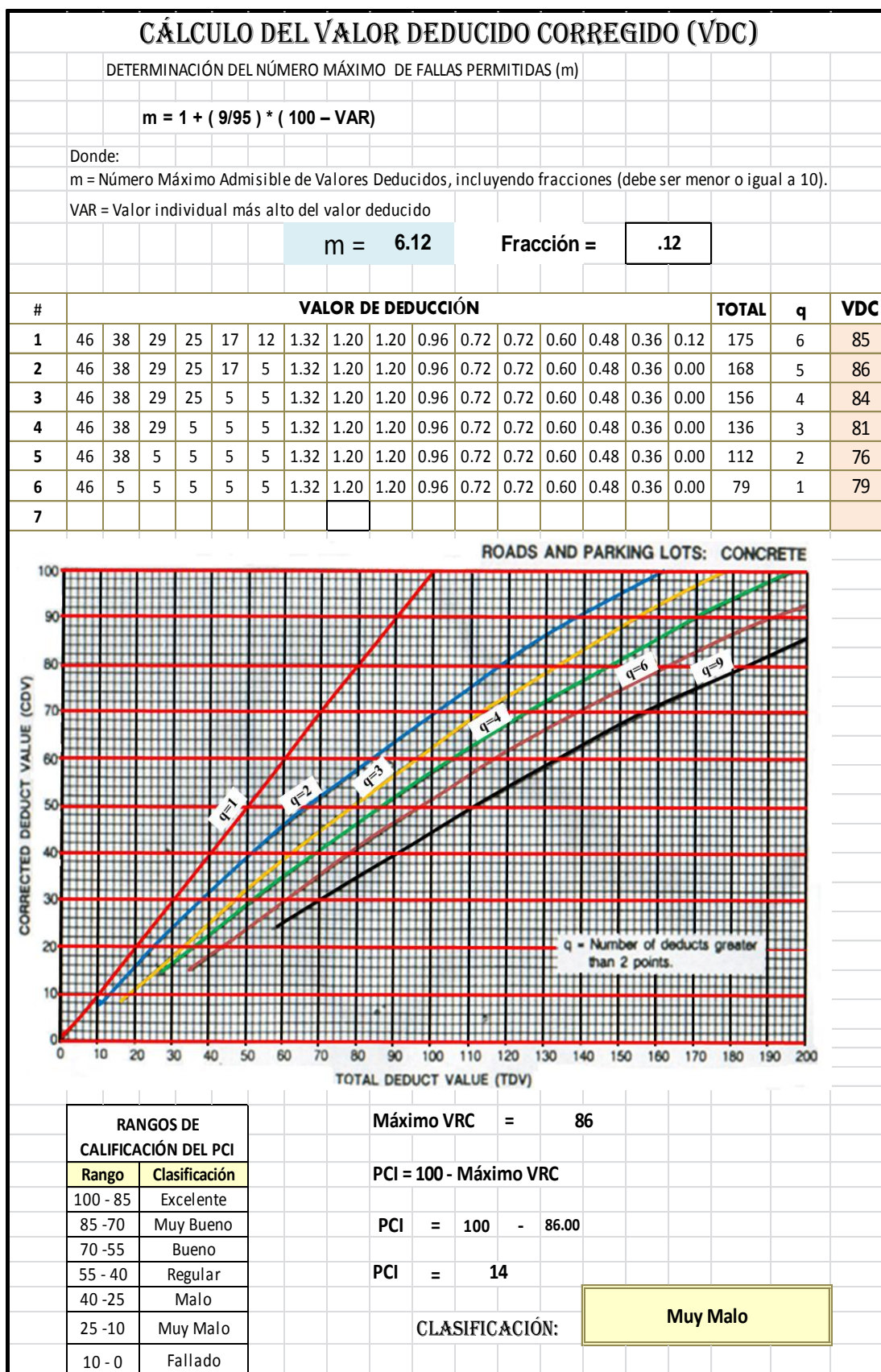
Fuente: Elaboración propia

Grafico N° 11: Índice de condición del pavimento de unidad de muestra N° 01



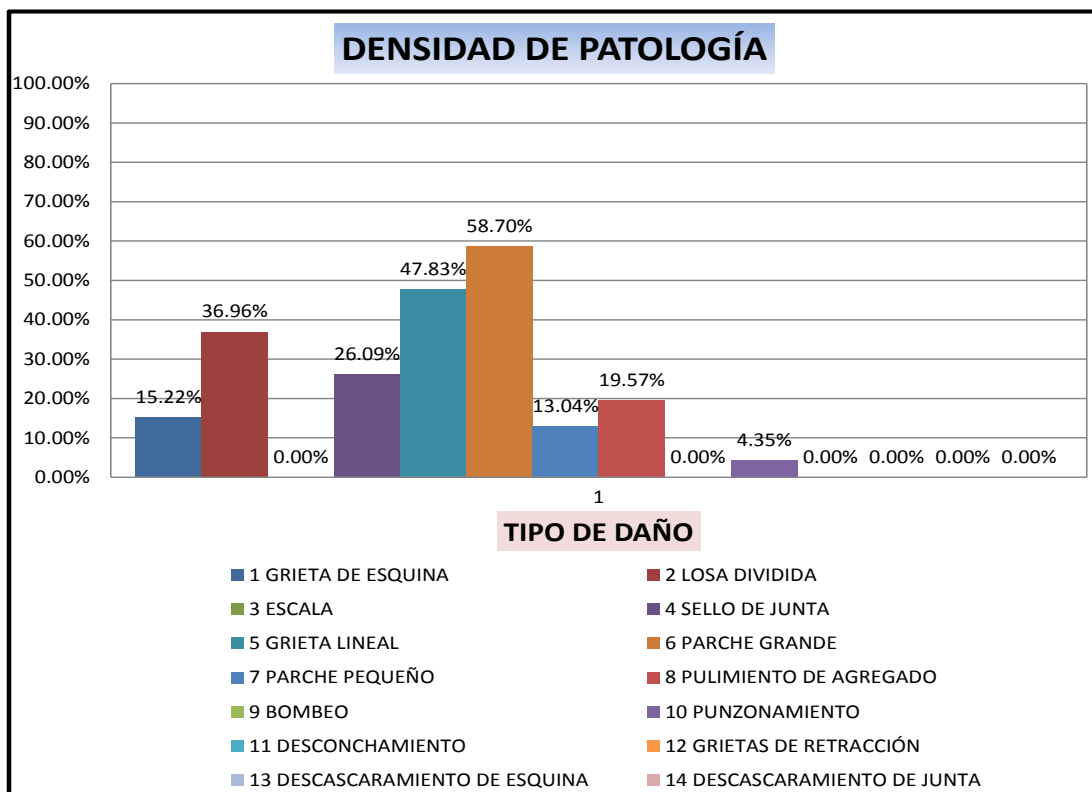
Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 15: Hoja de cálculo del PCI de unidad de muestra N° 02



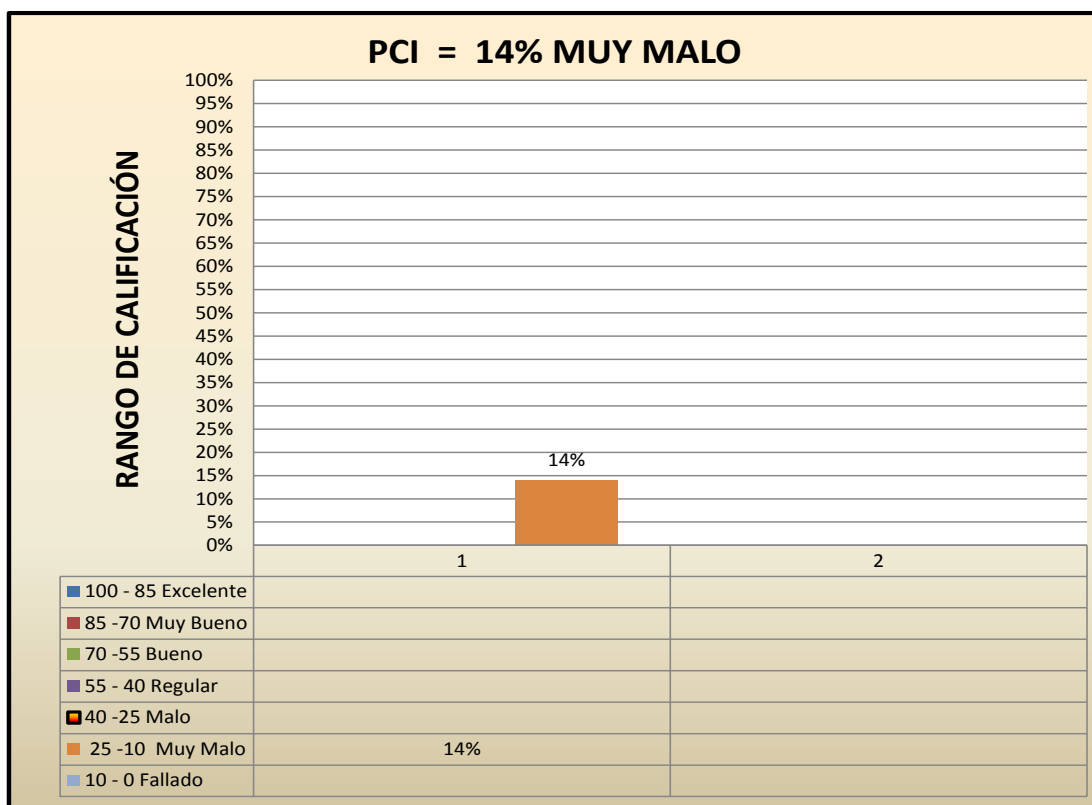
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 12: Densidad de daños de la unidad de muestra N° 02



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 13: Índice de condición del pavimento de unidad de muestra N° 02



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 16: Hoja de inspección de unidad de muestra N° 03

HOJA DE INSPECCIÓN N° 03: AV. CARMEN ALTO CUADRA 2											
CALLE	AV. CARMEN ALTO			CUADRA	2			MUESTRA	03		
DISTRITO	CARMEN ALTO			AÑO DE CONSTRUCCIÓN	1993			LONGITUD DE VÍA	162 m		
PROVINCIA	HUAMANGA			ANTIGÜEDAD DEL PAVIMENTO	23			ÁREA TOTAL	972 m ²		
REGIÓN	AYACUCHO			ANCHO	LARGO	ÁREA	N° DE PAÑOS	54 Und.			
EVALUADOR	GILMAR QUISPE YANASUPO			(m)	(m)	(m)	FECHA	16 DE FEBRERO-2016			
DIMENSIONES DEL PAÑO				3	6	18					
TIPO DE FALLA						DIAGRAMA DE LOSAS					
1	GRIETA DE ESQUINA	8	PULIMIENTO DE AGREGADO								
2	LOSA DIVIDIDA	9	BOMBEO			A	B	A	B	A	B
3	ESCALA	10	PUNZONAMIENTO			IZQ.	DER.	DER.	IZQ.	IZQ.	DER.
4	SELLO DE JUNTA	11	DESCONCHAMIENTO			2M	1M	2M	1M	5L	5L
5	GRIETA LINEAL	12	GRIETAS DE RETRACCIÓN			6L	2H	6M	5M	4M	4M
6	PARCHE GRANDE	13	DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA				6M			6L	
7	PARCHE PEQUEÑO	14	DESCASCARAMIENTO DE JUNTA							8	
						2M	2M	2H	2H	4M	5L
						6M	6L	7M	6M	5L	4M
										6L	
											26
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSAS	DENSIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN							
1	L	0	- %	0	L	LOW					
	M	3	6.00 %	9	M	MEDIUM	4M	2M	2M	2M	2M
	H	0	- %	0	H	HIGH	5H	4M	6H	6L	15
										5M	4M
2	L	8	15.00 %	16			6M	6M		6H	6H
	M	8	15.00 %	30						8	
	H	5	9.00 %	35							
3	L	0	- %	0			5M	2L	5M	2H	
	M	0	- %	0			6M	6M	7M	6M	8
	H	0	- %	0							
4	L	0	- %	0							
	M	9	17.00 %	4			5M	5M	2L	2L	
	H	0	- %	0			6L		6L	6M	
							8				17
5	L	18	33.00 %	15							
	M	11	20.00 %	15			5M	5L	2L	5L	
	H	3	6.00 %	15			6L		7L	6M	
6	L	20	37.00 %	15			8		8	8	18
	M	15	28.00 %	19							
	H	3	6.00 %	12							
7	L	2	4.00 %	0			5M	5L	5L	2L	
	M	3	6.00 %	1			6M	6M	6L	8	19
	H	0	- %	0							
8											
		17	31.00 %	5			5L	5M	6L	2L	
							6L	7L	8	6M	20
9	L	0	- %	0							
	M	0	- %	0			5L	5L	5L	5L	
	H	0	- %	0			6L		6L	8	21
10	L	0	- %	0					8		
	M	0	- %	0							
	H	0	- %	0							
11	L	0	- %	0			5M	5H	5L	5L	
	M	0	- %	6			6L	7M	6L	8	22
	H	0	- %	0					8		
12	L	0	- %	0							
	M	0	- %	0			5M	5H	2L	2H	
	H	0	- %	0			6L	6M	6L	4M	23
13	L	0	- %	0					8	8	
	M	0	- %	0							
	H	0	- %	0							
14	L	0	- %	0							
	M	0	- %	0			2L	5L	4M	5L	
	H	0	- %	0			6L	6L	5L	8	24
									8		36

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 17: Hoja de cálculo del PCI de unidad de muestra N° 03

CÁLCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (VDC)

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO MÁXIMO DE FALLAS PERMITIDAS (m)

$$m = 1 + (9/95) * (100 - VAR)$$

Donde:
 m = Número Máximo Admisible de Valores Deducidos, incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10).
 VAR = Valor individual más alto del valor deducido

m = 7.16 Fracción = .16

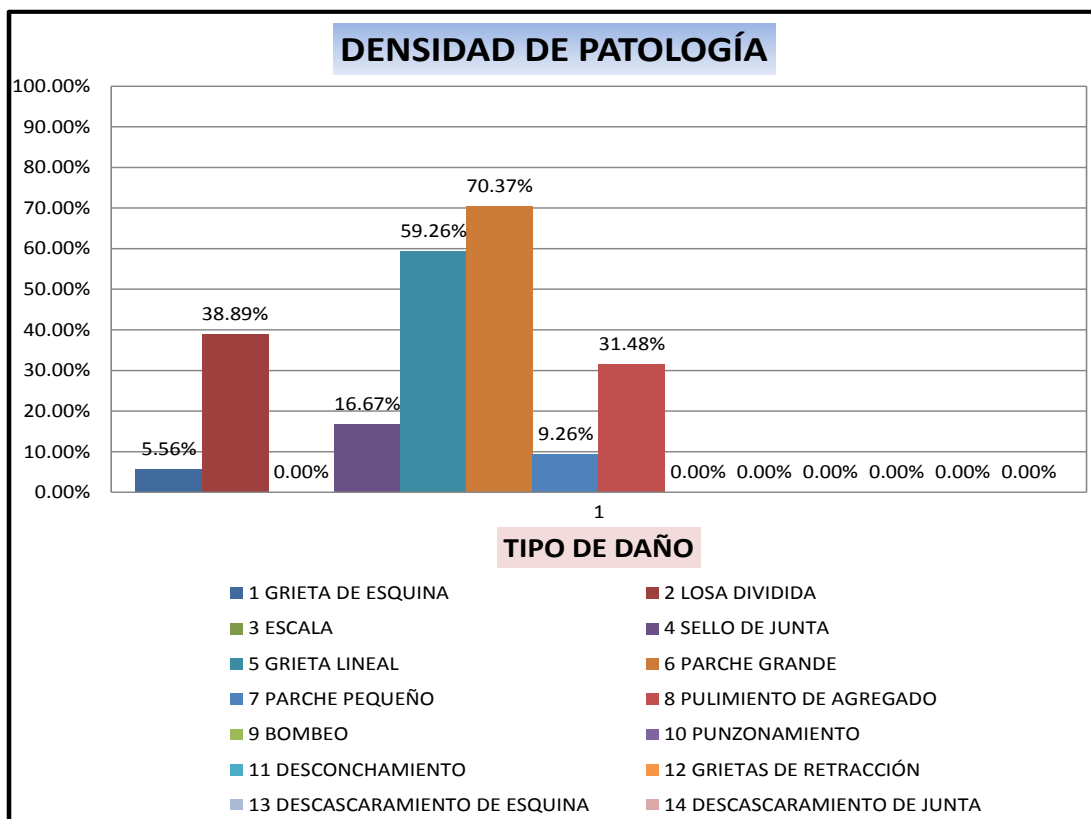
#	VALOR DE DEDUCCIÓN														TOTAL	q	VDC
1	35	30	19	16	15	15	15	2.40	1.92	1.44	0.96	0.80	0.64	0.16	153	7	73
2	35	30	19	16	15	15	5	2.40	1.92	1.44	0.96	0.80	0.64	0.16	143	6	72
3	35	30	19	16	15	5	5	2.40	1.92	1.44	0.96	0.80	0.64	0.16	133	5	70
4	35	30	19	16	5	5	5	2.40	1.92	1.44	0.96	0.80	0.64	0.16	123	4	69
5	35	30	19	5	5	5	5	2.40	1.92	1.44	0.96	0.80	0.64	0.16	112	3	70
6	35	30	5	5	5	5	5	2.40	1.92	1.44	0.96	0.80	0.64	0.16	98	2	68
7	35	5	5	5	5	5	5	2.40	1.92	1.44	0.96	0.80	0.64	0.16	73	1	73

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		Máximo VRC = 73
Rango	Clasificación	PCI = 100 - Máximo VRC
100 - 85	Excelente	PCI = 100 - 73.00
85 - 70	Muy Bueno	PCI = 27
70 - 55	Bueno	
55 - 40	Regular	
40 - 25	Malo	
25 - 10	Muy Malo	
10 - 0	Fallado	

CLASIFICACIÓN: Malo

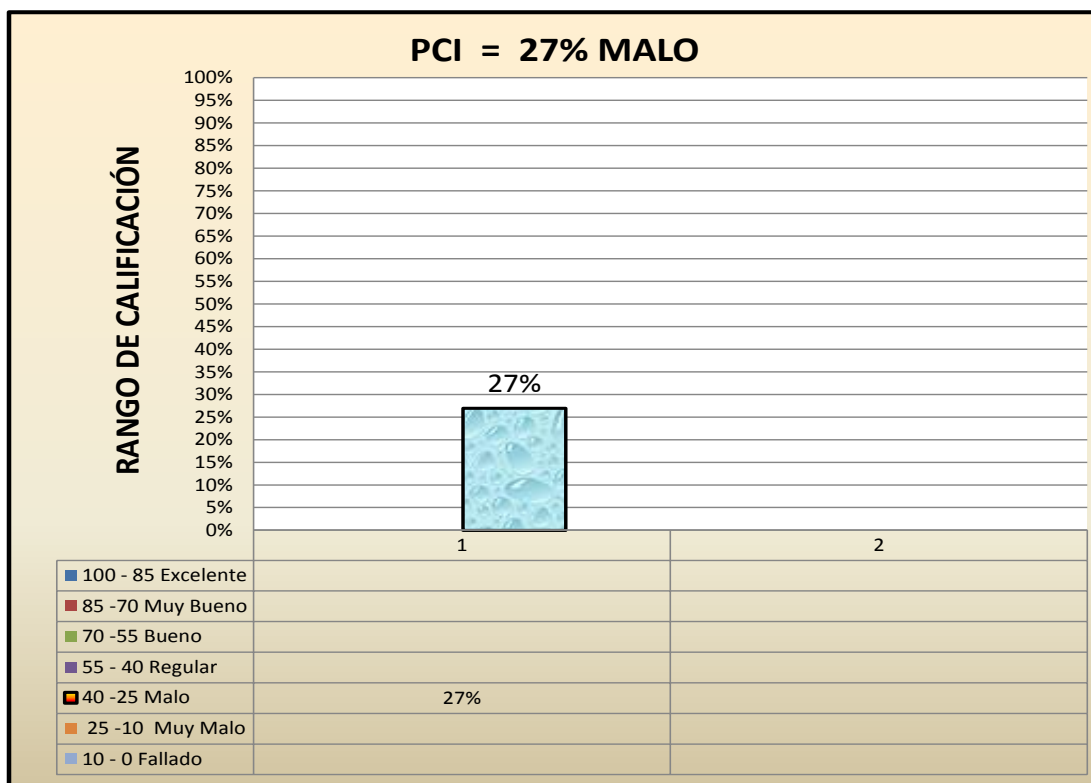
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 14: Densidad de daños de la unidad de muestra N° 03



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 15: Índice de condición del pavimento de unidad de muestra N° 03



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 19: Hoja de cálculo del PCI de unidad de muestra N° 04

CÁLCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (VDC)

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO MÁXIMO DE FALLAS PERMITIDAS (m)

$$m = 1 + (9/95) * (100 - VAR)$$

Donde:
 m = Número Máximo Admisible de Valores Deducidos, incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10).
 VAR = Valor individual más alto del valor deducido

m = 6.21 Fracción = .21

#	VALOR DE DEDUCCIÓN												TOTAL	q	VDC
1	45	32	28	26	24	22	3.78	2.73	2.52	1.68	1.68	0.84	190	6	90
2	45	32	28	26	24	5	3.78	2.73	2.52	1.68	1.68	0.84	173	5	87
3	45	32	28	26	5	5	3.78	2.73	2.52	1.68	1.68	0.84	154	4	83
4	45	32	28	5	5	5	3.78	2.73	2.52	1.68	1.68	0.84	133	3	80
5	45	32	5	5	5	5	3.78	2.73	2.52	1.68	1.68	0.84	110	2	75
6	45	5	5	5	5	5	3.78	2.73	2.52	1.68	1.68	0.84	83	1	83
7															

ROADS AND PARKING LOTS: CONCRETE

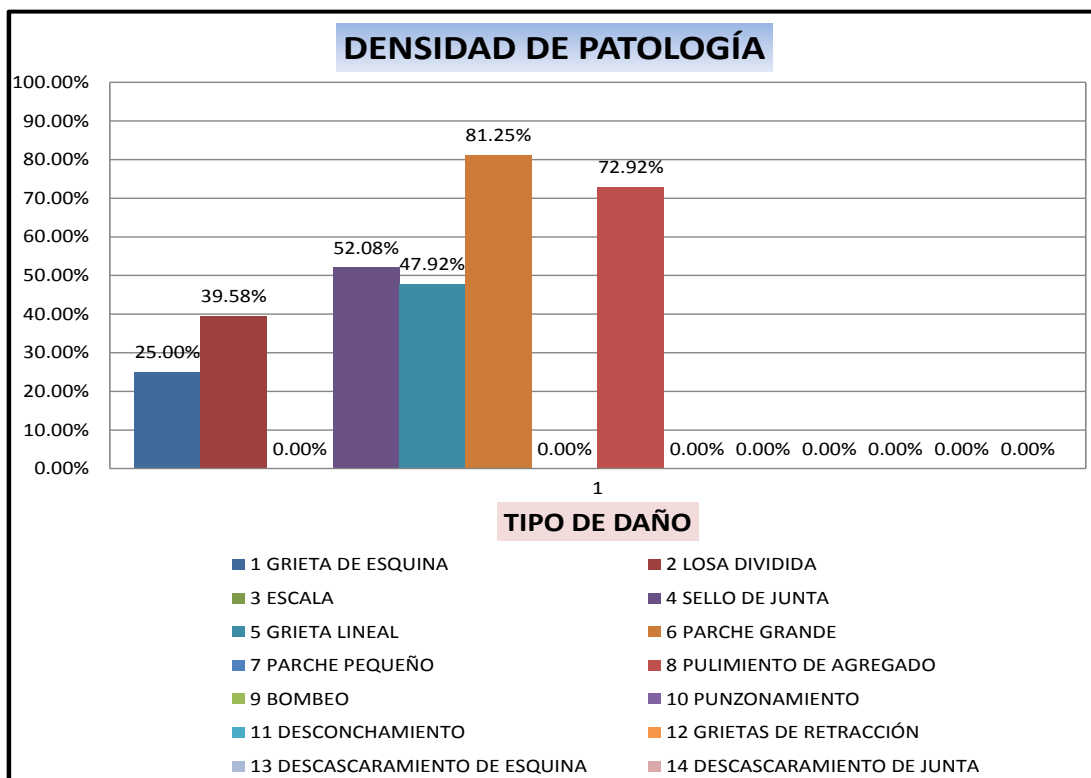
The graph plots Corrected Deduct Value (CDV) on the y-axis (0 to 100) against Total Deduct Value (TDV) on the x-axis (0 to 200). Several curves are shown, labeled with 'q' values: q=1 (steepest), q=2, q=3, q=4, q=6, and q=9 (shallowest). A legend box states: 'q = Number of deducts greater than 2 points.'

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		Máximo VRC = 90
Rango	Clasificación	PCI = 100 - Máximo VRC
100 - 85	Excelente	PCI = 100 - 90.00
85 - 70	Muy Bueno	PCI = 10
70 - 55	Bueno	
55 - 40	Regular	
40 - 25	Malo	
25 - 10	Muy Malo	
10 - 0	Fallado	

CLASIFICACIÓN: Muy Malo

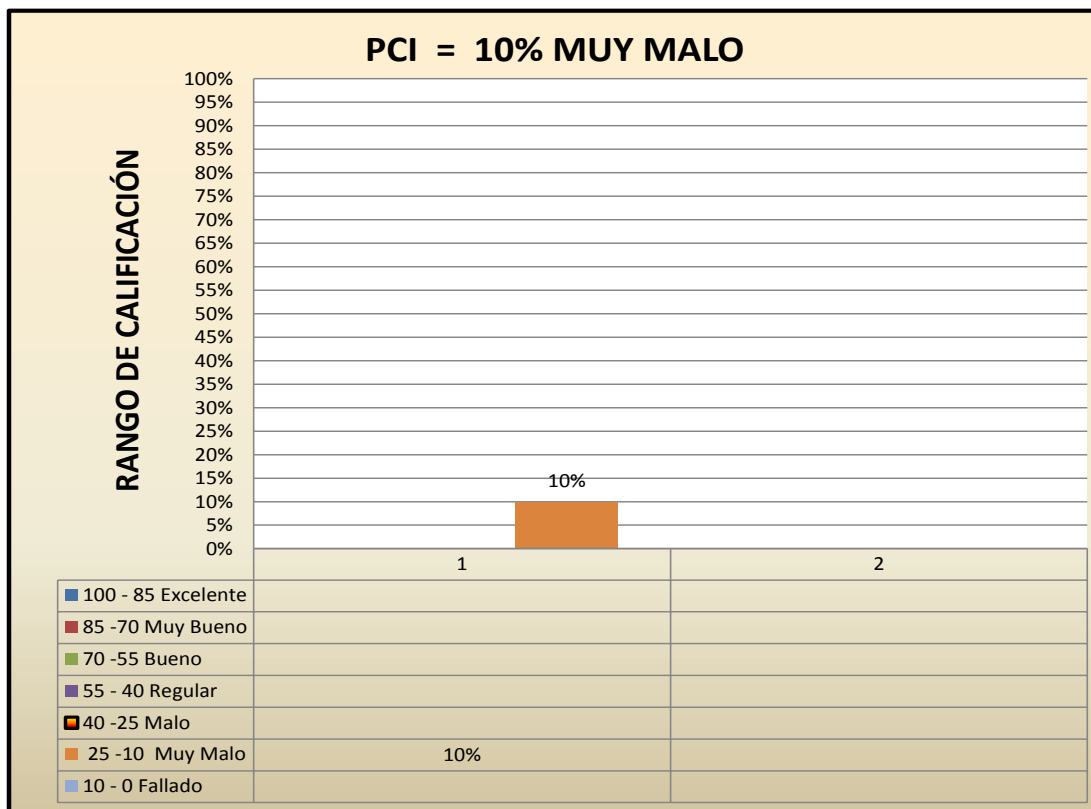
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 16: Densidad de daños de la unidad de muestra N° 04



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 17: Índice de condición del pavimento de unidad de muestra N° 04



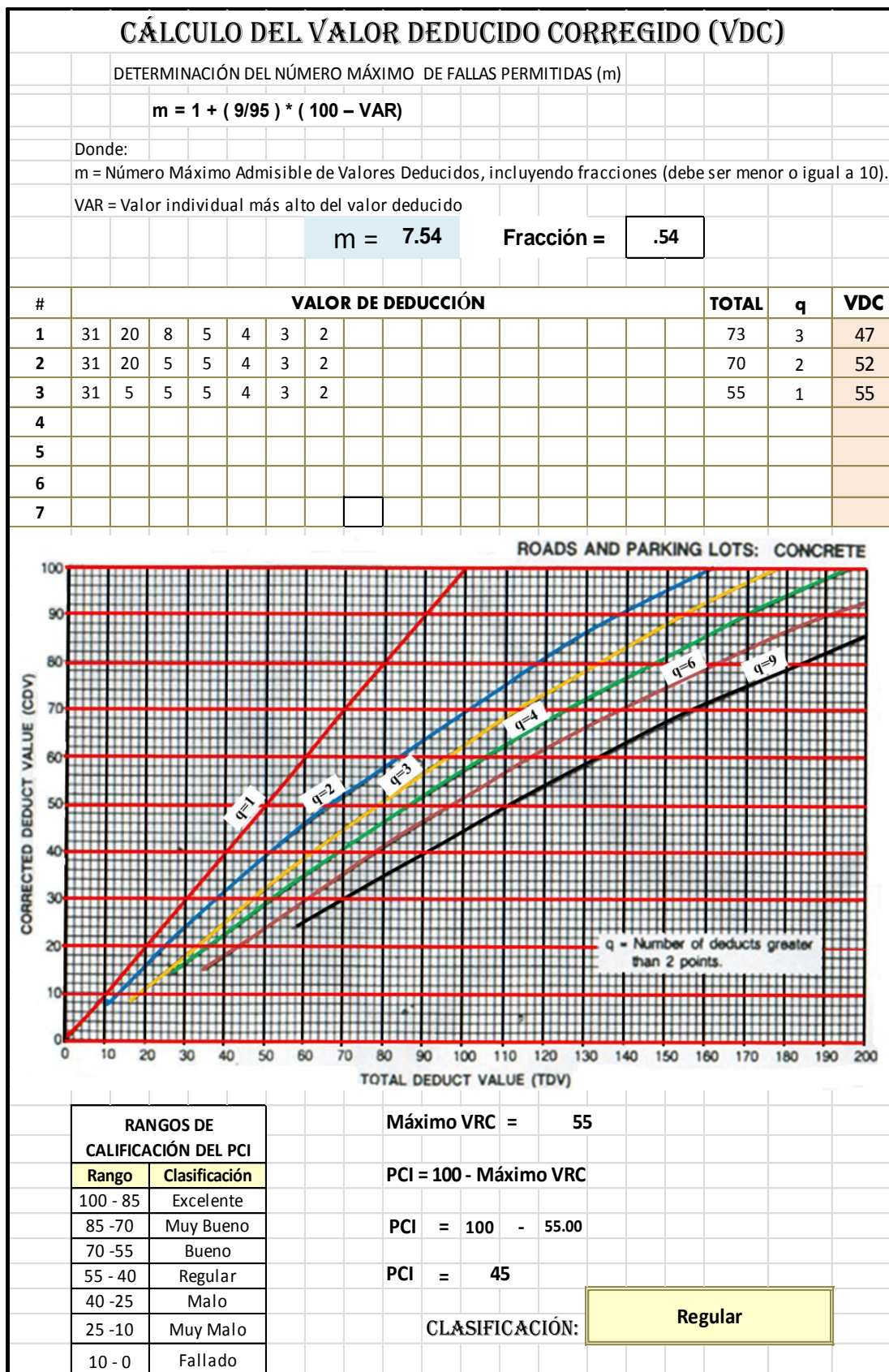
Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 20: Hoja de inspección de unidad de muestra N° 05.

HOJA DE INSPECCIÓN N° 05: AV. CARMEN ALTO CUADRA 1A														
CALLE	AV. CARMEN ALTO				CUADRA	1A			MUESTRA	5				
DISTRITO	CARMEN ALTO				AÑO DE CONSTRUCCIÓN	2004			LONGITUD DE VÍA	80 m				
PROVINCIA	HUAMANGA				ANTIGÜEDAD DEL PAVIMENTO	12			ÁREA TOTAL	480 m2				
REGIÓN	AYACUCHO				ANCHO	LARGO	ÁREA	N° DE PAÑOS	32 Und.					
EVALUADOR	GILMAR QUISPE YANASUPO								(m)	(m)	(m)	FECHA	16 DE FEBRERO-2016	
					DIMENSIONES DEL PAÑO		3.0	5	15					
TIPO DE FALLA														
1	GRIETA DE ESQUINA			8	PULIMIENTO DE AGREGADO			DIAGRAMA DE LOSAS						
2	LOSA DIVIDIDA			9	BOMBEO			A	B	A	B	A	B	
3	ESCALA			10	PUNZONAMIENTO			IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	
4	SELLO DE JUNTA			11	DESCONCHAMIENTO			4M	1L	1	4L	4L	13	25
5	GRIETA LINEAL			12	GRIETAS DE RETRACCIÓN				5M		5L	5M		
6	PARCHE GRANDE			13	DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA				4M	2	4L	4L	14	26
7	PARCHE PEQUEÑO			14	DESCASCARAMIENTO DE JUNTA			4M	5M		5L	5L		
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSAS	DENSIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN	L LOW M MEDIUM H HIGH									
			%											
1	L	1	3.00	%	3	L LOW M MEDIUM H HIGH	4M	4M	3	4L	4L	15	27	
	M	1	3.00	%	5		5M	5M		5L	5L			
	H	0	-	%	0		4M	4M	4	1M	4L	16	28	
2	L	0	-	%	0	L LOW M MEDIUM H HIGH	5M		4	4L	4L	17	29	
	M	0	-	%	0									
	H	0	-	%	0		4L	4L	5			17	29	
3	L	0	-	%	0	L LOW M MEDIUM H HIGH	5M	5M	6			18	30	
	M	0	-	%	0									
	H	0	-	%	0		4L	4L	7			19	31	
4	L	23	72.00	%	2	L LOW M MEDIUM H HIGH	5L	5H	8			20	32	
	M	8	25.00	%	4									
	H	0	-	%	0		4L	4L	9			21	33	
5	L	4	13.00	%	8	L LOW M MEDIUM H HIGH	5H	5H	10			22	34	
	M	10	31.00	%	20									
	H	7	22.00	%	31		4L	4L	11			23	35	
6	L	1	3.00	%	0	L LOW M MEDIUM H HIGH	5L	5H	12			24	36	
	M	0	-	%	0									
	H	0	-	%	0		4L	4L						
7	L	0	-	%	0	L LOW M MEDIUM H HIGH								
	M	0	-	%	0									
	H	0	-	%	0									
8	L	0	-	%	0	L LOW M MEDIUM H HIGH								
	M	0	-	%	0									
	H	0	-	%	0									
9	L	0	-	%	0	L LOW M MEDIUM H HIGH								
	M	0	-	%	0									
	H	0	-	%	0									
10	L	0	-	%	0	L LOW M MEDIUM H HIGH								
	M	0	-	%	0									
	H	0	-	%	0									
11	L	0	-	%	0	L LOW M MEDIUM H HIGH								
	M	0	-	%	0									
	H	0	-	%	0									
12	L	0	-	%	0	L LOW M MEDIUM H HIGH								
	M	0	-	%	0									
	H	0	-	%	0									
13	L	0	-	%	0	L LOW M MEDIUM H HIGH								
	M	0	-	%	0									
	H	0	-	%	0									
14	L	0	-	%	0	L LOW M MEDIUM H HIGH								
	M	0	-	%	0									
	H	0	-	%	0									

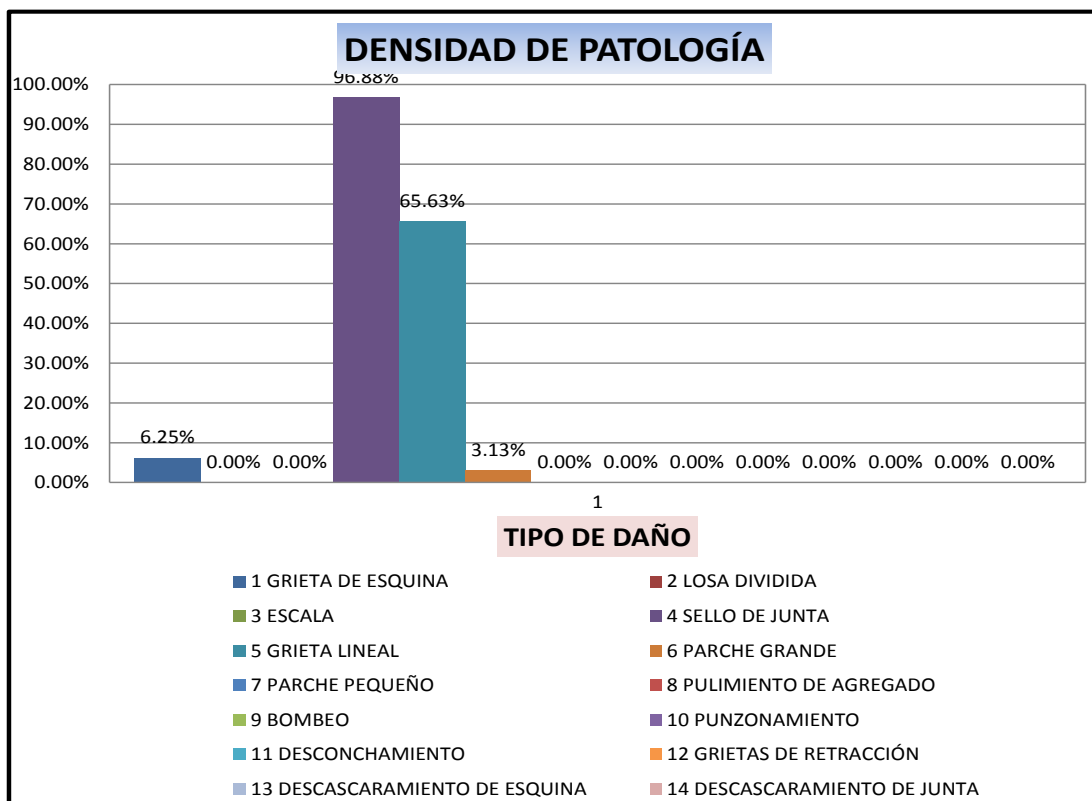
Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 21: Hoja de cálculo del PCI de unidad de muestra N° 05



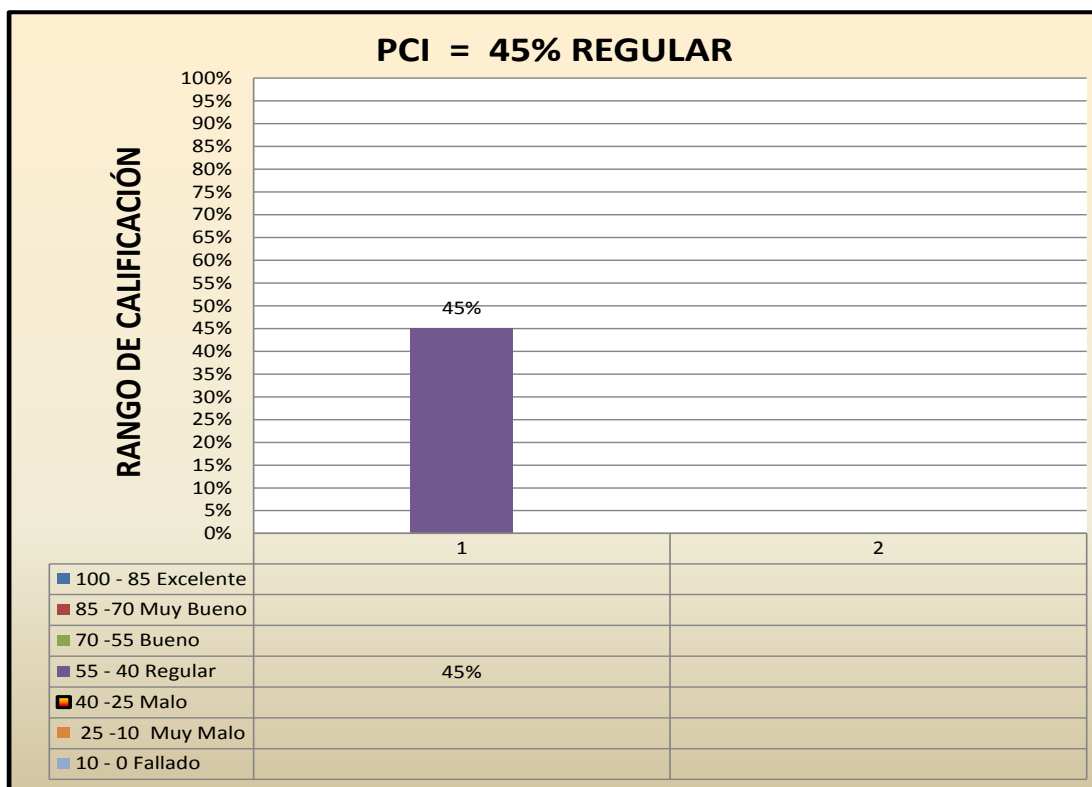
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 18: Densidad de daños de la unidad de muestra N° 05



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 19: Índice de condición del pavimento de unidad de muestra N° 05



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 22: Hoja de inspección de unidad de muestra N° 06

HOJA DE INSPECCIÓN N° 06: AV. PERU CUADRA 1																
CALLE	AV. PERÚ			CUADRA	1			MUESTRA	06							
DISTRITO	CARMEN ALTO			AÑO DE CONSTRUCCIÓN	2004			LONGITUD DE VÍA	150 m							
PROVINCIA	HUAMANGA			ANTIGÜEDAD DEL PAVIMENTO	12			ÁREA TOTAL	840 m2							
REGIÓN	AYACUCHO				ANCHO	LARGO	ÁREA	N° DE PAÑOS	60 Und.							
EVALUADOR	GILMAR QUISPE YANASUPO				(m)	(m)	(m)	FECHA	17 DE FEBRERO-2016							
				DIMENSIONES DEL PAÑO	2.8	5	14									
TIPO DE FALLA																
1	GRIETA DE ESQUIN/			8	PULIMIENTO DE AGREGADO			DIAGRAMA DE LOSAS								
2	LOSA DIVIDIDA			9	BOMBEO			A	B		A	B		A	B	
3	ESCALA			10	PUNZONAMIENTO			IZQ.	DER.		DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	
4	SELLO DE JUNTA			11	DESCONCHAMIENTO			4M	4M		4L	4L		4L	4L	
5	GRIETA LINEAL			12	GRIETAS DE RETRACCIÓN			5L	5L	1	5L	5M	13	5L	5M	25
6	PARCHE GRANDE			13	DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA						13L					
7	PARCHE PEQUEÑO			14	DESCASCARAMIENTO DE JUNTA											
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	NÚMERO DE LOSAS	DENSIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN												
1	L	5	8.00 %	7	L LOW	M MEDIUM	H HIGH	4M	4M	2	4L	4L	14	4L	4L	26
	M	4	7.00 %	11				5M	5M		5L	5M		5L	5L	
	H	0	- %	0												
2	L	0	- %	0				4M	4M	3	4L	4L	15	5L	5L	27
	M	1	2.00 %	5	5M	5M	5L	5L	4L		4L	5L		5M		
	H	0	- %	0												
3	L	0	- %	0				4L	4M	4	1M	4L	16	4M	4L	28
	M	0	- %	0	5M	5M	4L	5L	5M		5M					
	H	0	- %	0	6L		5M									
4	L	43	72.00 %	2				4M	4L	5	4L	4L	17	4M	4M	29
	M	15	25.00 %	4	5M	5M	5L	5M	5L		5M	5L		5M		
	H	0	- %	0												
5	L	22	37.00 %	16						6	4L	4L	18	4M	4M	30
	M	34	57.00 %	29	1M	1L	4L	4L	5L		5M	5L		5M		
	H	0	- %	0	4L	5M	7L	7L								
6	L	1	2.00 %	0				4L	1M	7	1L	1L	19			31
	M	0	- %	0	5M	4L	4L	4L	4L		5M	5M				
	H	0	- %	0		5L	5M	5M								
7	L	3	5.00 %	0				4L	4L	8	4L	4L	20			32
	M	0	- %	0	5L	5M	4L	4L	5L		5L					
	H	0	- %	0	14L											
8	L	0	- %	0						9	4L	4L	21			33
	M	0	- %	0	4M	4L	4L	4L	4L		5M	5M				
	H	0	- %	0	5M	5L										
9	L	0	- %	0						10	4L	4L	22			34
	M	0	- %	0	1L	2M	4L	4L	5M							
	H	1	2.00 %	10	4L	4M	5M	10H								
10	L	0	- %	0						11	4L	4L	23			35
	M	0	- %	0	4L	1M	4L	4L	5M							
	H	0	- %	0	5L	4L	14L	5M	5M							
11	L	1	2.00 %	0						12	4L	4L	24			36
	M	0	- %	0	4L	1L	4L	4L	5M							
	H	0	- %	0	5M	4L	5L	5M								
12	L	2	3.00 %	1						13	4L	4L	25			37
	M	0	- %	0	7L	5L										
	H	0	- %	0												

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 23: Hoja de cálculo del PCI de unidad de muestra N° 06

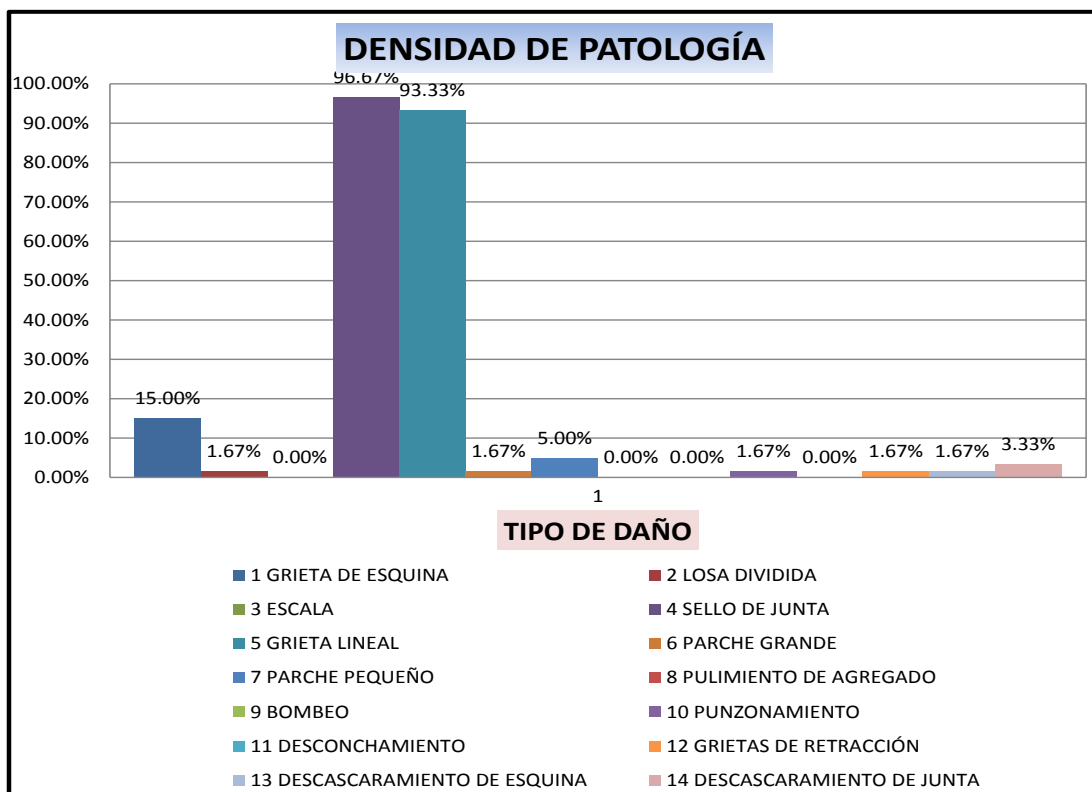
CÁLCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (VDC)														
DETERMINACIÓN DEL NÚMERO MÁXIMO DE FALLAS PERMITIDAS (m)														
$m = 1 + (9/95) * (100 - VAR)$														
Donde:														
m = Número Máximo Admisible de Valores Deducidos, incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10).														
VAR = Valor individual más alto del valor deducido														
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> $m = 7.73$ Fracción = .73 </div>														
#	VALOR DE DEDUCCIÓN										TOTAL	q	VDC	
1	29	16	11	10	7	5	4	1.46	0.73			84	5	46
2	29	16	11	10	5	5	4	1.46	0.73			82	4	48
3	29	16	11	5	5	5	4	1.46	0.73			77	3	49
4	29	16	5	5	5	5	4	1.46	0.73			71	2	52
5	29	5	5	5	5	5	4	1.46	0.73			60	1	60
6														
7														

ROADS AND PARKING LOTS: CONCRETE

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		Máximo VRC = 60
Rango	Clasificación	PCI = 100 - Máximo VRC
100 - 85	Excelente	PCI = 100 - 60.00
85 - 70	Muy Bueno	PCI = 40
70 - 55	Bueno	CLASIFICACIÓN: Regular
55 - 40	Regular	
40 - 25	Malo	
25 - 10	Muy Malo	
10 - 0	Fallado	

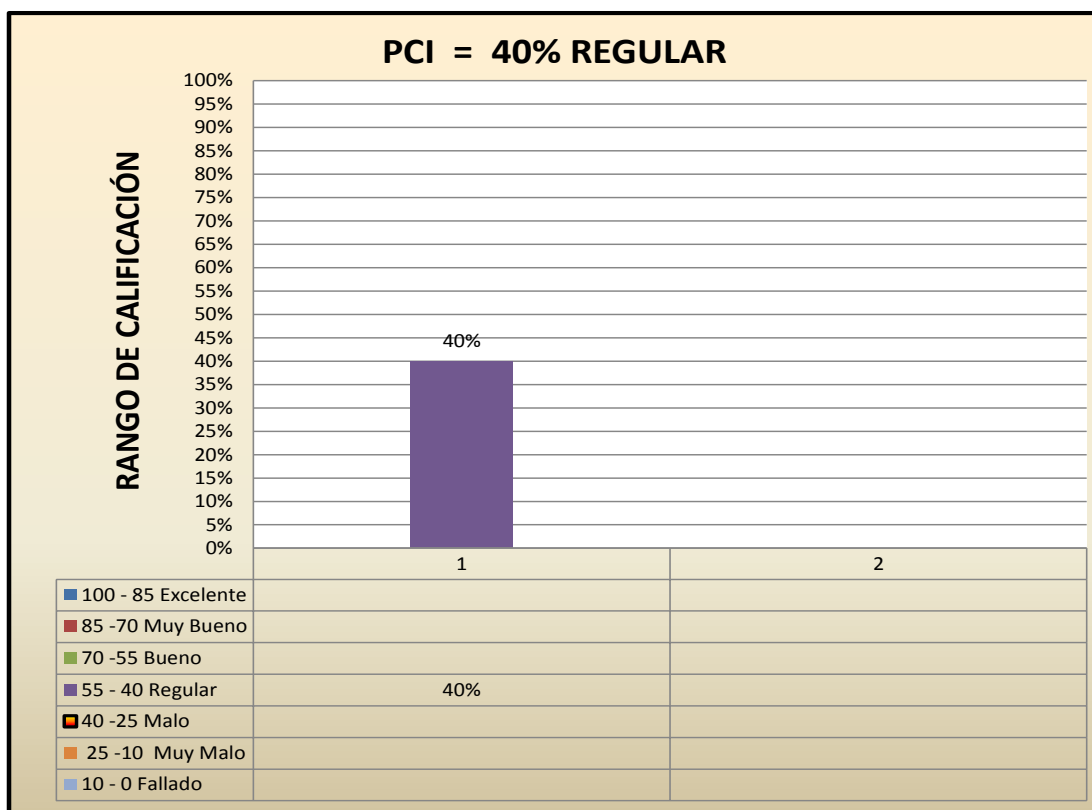
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 20: Densidad de daños de la unidad de muestra N° 06



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 21: Índice de condición del pavimento de unidad de muestra N° 06



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 25: Hoja de cálculo del PCI de unidad de muestra N° 07

CÁLCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (VDC)

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO MÁXIMO DE FALLAS PERMITIDAS (m)

$$m = 1 + (9/95) * (100 - VAR)$$

Donde:
 m = Número Máximo Admisible de Valores Deducidos, incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10).
 VAR = Valor individual más alto del valor deducido

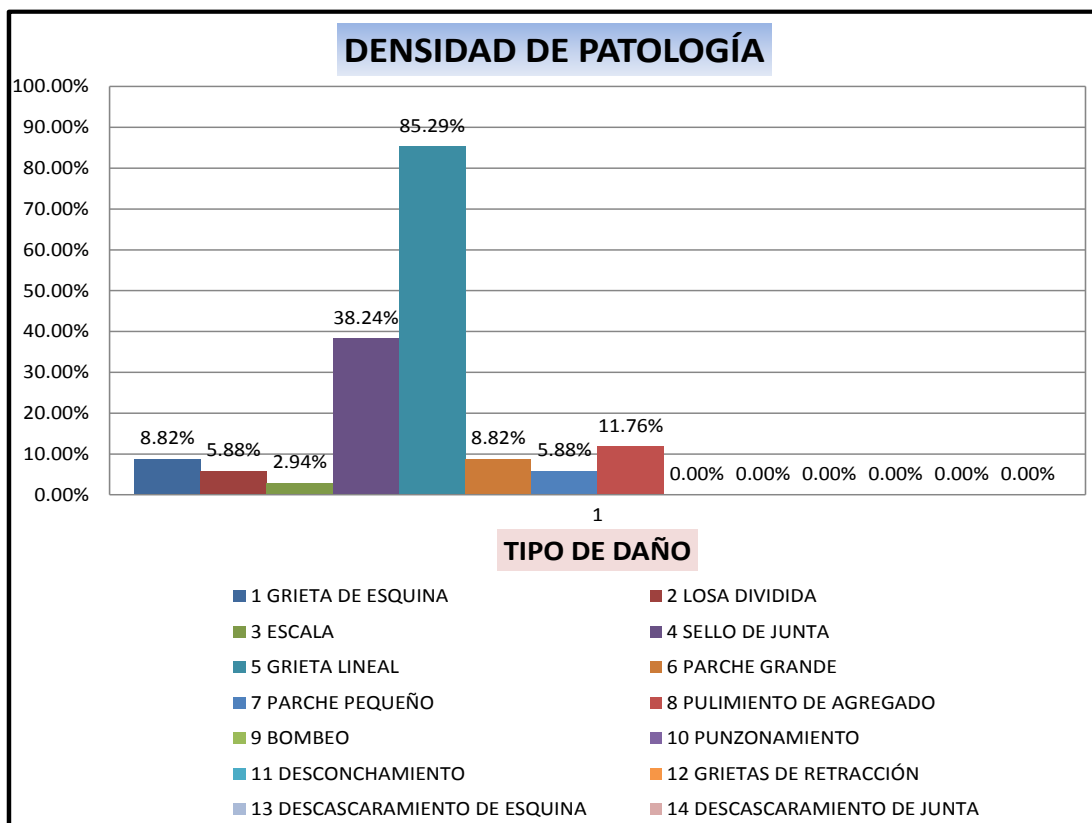
m = 8.48 Fracción = .48

#	VALOR DE DEDUCCIÓN										TOTAL	q	VDC
1	21	20	16	12	10	7	4	2	0.96	0.48	93	6	49
2	21	20	16	12	10	5	5	2	0.96	0.48	92	5	50
3	21	20	16	12	5	5	5	2	0.96	0.48	87	4	50
4	21	20	16	5	5	5	5	2	0.96	0.48	80	3	51
5	21	20	5	5	5	5	5	2	0.96	0.48	69	2	51
6	21	5	5	5	5	5	5	2	0.96	0.48	54	1	54
7													

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		Máximo VRC = 54
Rango	Clasificación	PCI = 100 - Máximo VRC
100 - 85	Excelente	PCI = 100 - 54.00
85 - 70	Muy Bueno	PCI = 46
70 - 55	Bueno	CLASIFICACIÓN: Regular
55 - 40	Regular	
40 - 25	Malo	
25 - 10	Muy Malo	
10 - 0	Fallado	

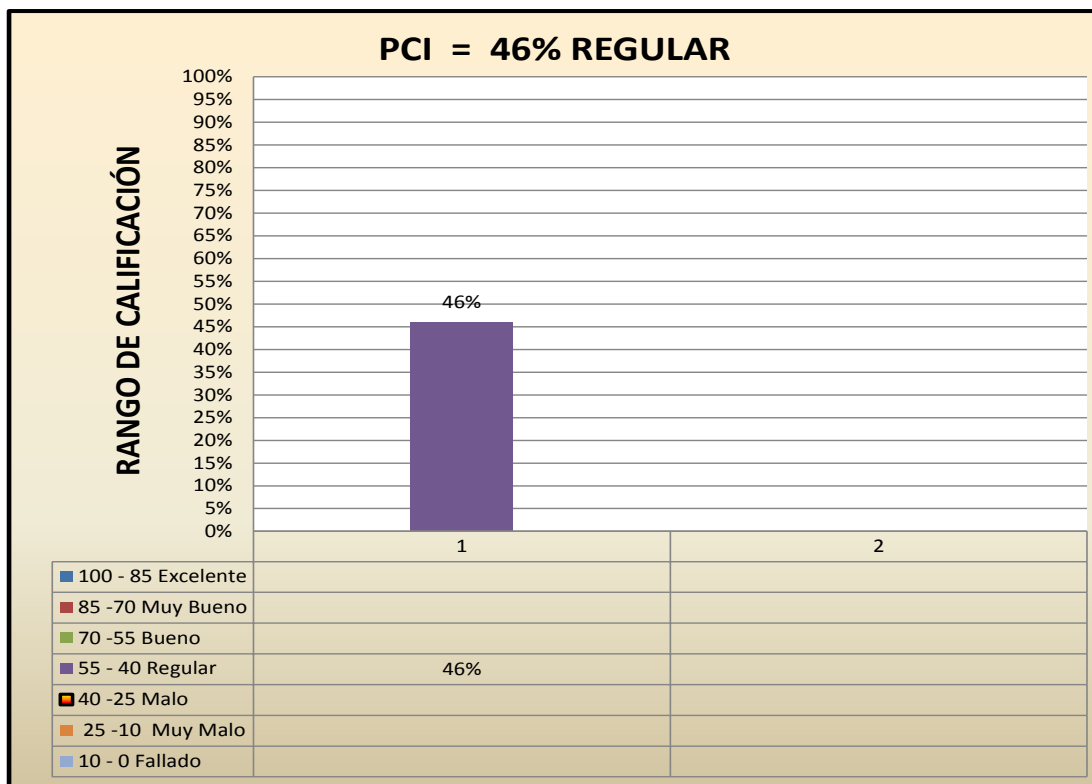
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 22: Densidad de daños de la unidad de muestra N° 07



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 23: Índice de condición del pavimento de unidad de muestra N° 07



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 26: Hoja de inspección de unidad de muestra N° 08

HOJA DE INSPECCIÓN N° 08: AV. MARISCAL CACERES CUADRA 2																		
CALLE	AV. MARISCAL CACERES			CUADRA	2			MUESTRA	08									
DISTRITO	CARMEN ALTO			AÑO DE CONSTRUCCIÓN	1997			LONGITUD DE VÍA	126 m									
PROVINCIA	HUAMANGA			ANTIGÜEDAD DEL PAVIMENTO	19			ÁREA TOTAL	882 m2									
REGIÓN	AYACUCHO			ANCHO (m)	LARGO (m)	ÁREA (m)	N° DE PAÑOS	42 Und.										
EVALUADOR	GILMAR QUISPE YANASUPO						DIMENSIONES DEL PAÑO		3.5	6	21	FECHA	19 DE FEBRERO-2016					
TIPO DE FALLA																		
1	GRIETA DE ESQUINA			8			PULIMIENTO DE AGREGADO			DIAGRAMA DE LOSAS								
2	LOSA DIVIDIDA			9			BOMBEO			A	B	A	B	A	B			
3	ESCALA			10			PUNZONAMIENTO			IZQ.	DER.	DER.	IZQ.	IZQ.	DER.			
4	SELLO DE JUNTA			11			DESCONCHAMIENTO			4L	1M	1	5L	4L	13	25		
5	GRIETA LINEAL			12			GRIETAS DE RETRACCIÓN			5L	4M		7L	5L				
6	PARCHE GRANDE			13			DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA			5L	5L	2	4L	4M	14	26		
7	PARCHE PEQUEÑO			14			DESCASCARAMIENTO DE JUNTA						1M	5L			8	5H
1	SEVERIDAD	NÚMERO	DENSIDAD	VALOR DE	L LOW	M MEDIUM	H HIGH	DE LOSAS	DEDUCCIÓN	8	14L	3	4L	4L	15	27		
	L	0	- %	0														
	M	2	5.00 %	8														
2	L	0	- %	0	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	M	0	- %	0														
	H	0	- %	0														
3	L	0	- %	0	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	M	0	- %	0														
	H	0	- %	0														
4	L	21	50.00 %	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	M	4	10.00 %	4														
	H	0	- %	0														
5	L	21	50.00 %	19	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	M	4	10.00 %	9														
	H	3	7.00 %	16														
6	L	3	7.00 %	1	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	M	2	5.00 %	2														
	H	0	- %	0														
7	L	5	12.00 %	0	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	M	0	- %	0														
	H	0	- %	0														
8	L	0	- %	0	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	M	0	- %	0														
	H	0	- %	0														
9	L	0	- %	0	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	M	0	- %	0														
	H	0	- %	0														
10	L	0	- %	0	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	M	0	- %	0														
	H	0	- %	0														
11	L	0	- %	0	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	M	0	- %	0														
	H	0	- %	0														
12	L	0	- %	0	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	M	0	- %	0														
	H	0	- %	0														
13	L	0	- %	0	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	M	0	- %	0														
	H	0	- %	0														
14	L	3	7.00 %	2	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	M	0	- %	0														
	H	0	- %	0														

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 27: Hoja de cálculo del PCI de unidad de muestra N° 08

CÁLCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (VDC)

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO MÁXIMO DE FALLAS PERMITIDAS (m)

$$m = 1 + (9/95) * (100 - VAR)$$

Donde:
 m = Número Máximo Admisible de Valores Deducidos, incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10).
 VAR = Valor individual más alto del valor deducido

m = 8.67 Fracción = **.67**

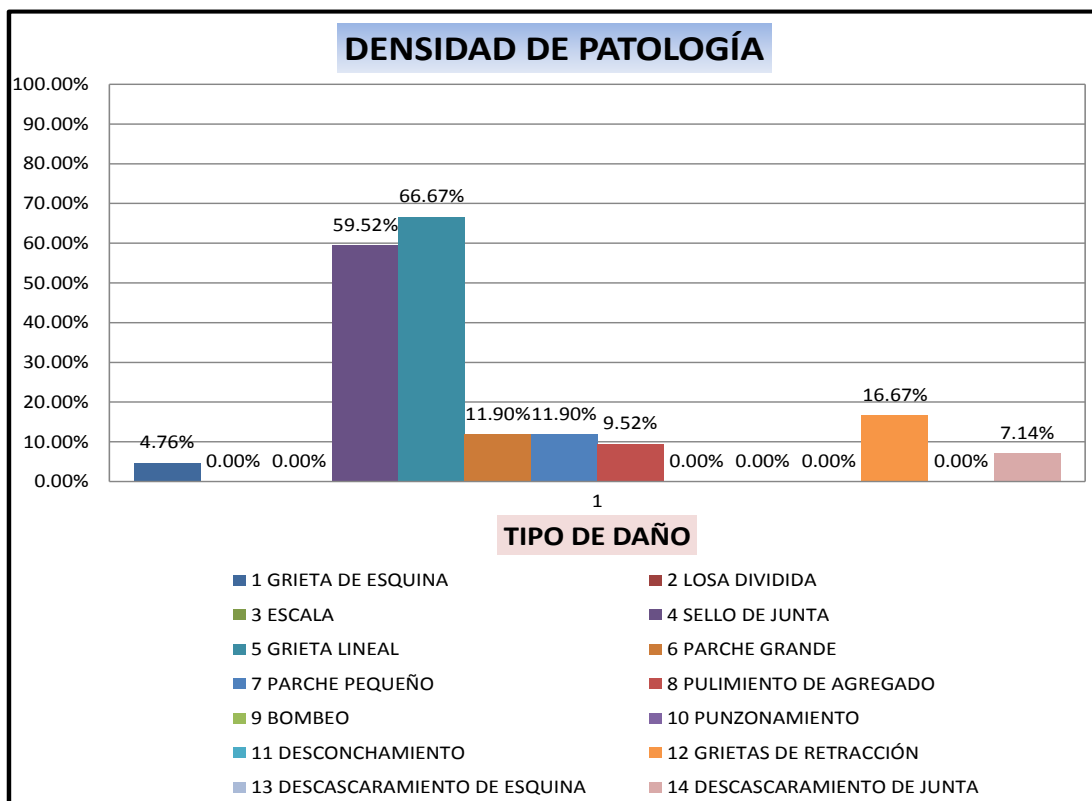
#	VALOR DE DEDUCCIÓN										TOTAL	q	VDC
1	19	16	9	8	4	2	2	2	1.34	0.67	64	4	37
2	19	16	9	5	4	2	2	2	1.34	0.67	61	3	39
3	19	16	5	5	4	2	2	2	1.34	0.67	57	2	44
4	19	5	5	5	4	2	2	2	1.34	0.67	46	1	46
5													
6													
7													

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		Máximo VRC =	46
Rango	Clasificación	PCI = 100 - Máximo VRC	
100 - 85	Excelente	PCI = 100 - 46.00	
85 - 70	Muy Bueno	PCI = 54	
70 - 55	Bueno		
55 - 40	Regular		
40 - 25	Malo		
25 - 10	Muy Malo		
10 - 0	Fallado		

CLASIFICACIÓN: Regular

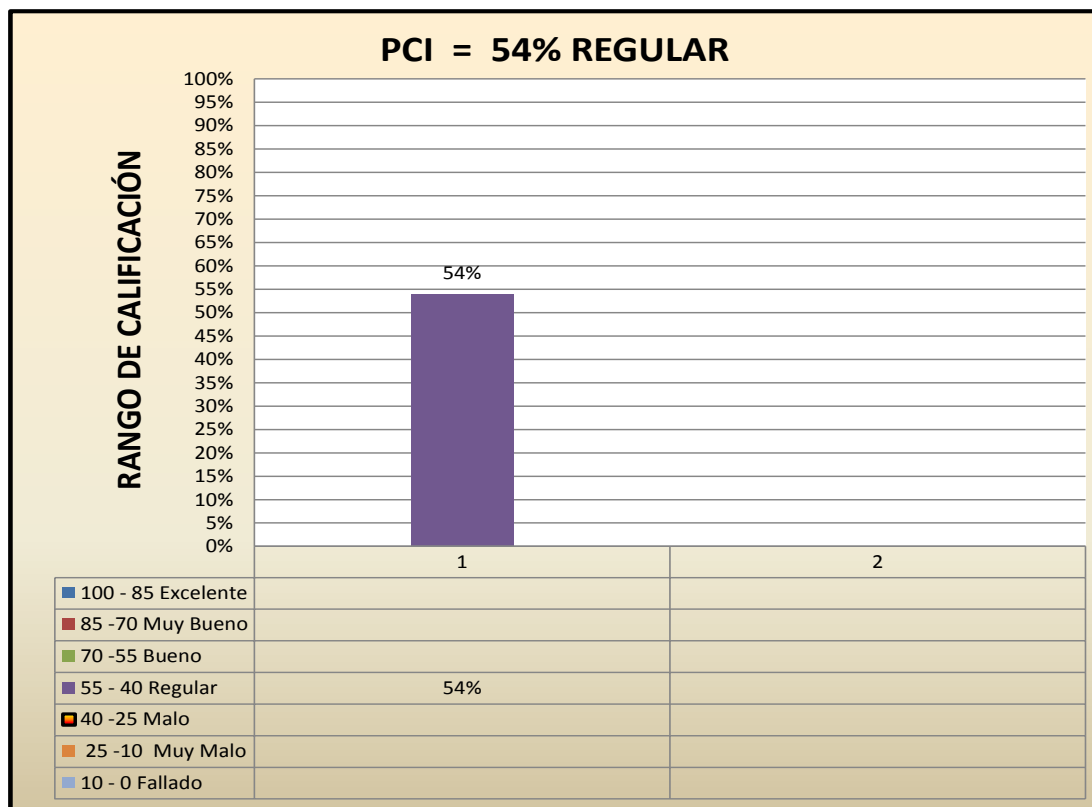
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 24: Densidad de daños de la unidad de muestra N° 08



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 25: Índice de condición del pavimento de unidad de muestra N° 08



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 28: Hoja de inspección de unidad de muestra N° 09

HOJA DE INSPECCIÓN N° 09: AV. MARISCAL CÁCERES CUADRA 9																	
CALLE	AV. MARISCAL CÁCERES			CUADRA	3			MUESTRA	09								
DISTRITO	CARMEN ALTO			AÑO DE CONSTRUCCIÓN	1197			LONGITUD DE VÍA	108 m								
PROVINCIA	HUAMANGA			ANTIGÜEDAD DEL PAVIMENTO	19			ÁREA TOTAL	756 m2								
REGIÓN	AYACUCHO			ANCHO (m)	LARGO (m)	AREA (m)	N° DE PAÑOS	36 Und.									
EVALUADOR	GILMAR QUISPE YANASUPO			DIMENSIONES DEL PAÑO	3.5	6	21	FECHA	20 DE FEBRERO-2016								
TIPO DE FALLA																	
1	GRIETA DE ESQUINA/			8	PULIMIENTO DE AGREGADO			DIAGRAMA DE LOSAS									
2	LOSA DIVIDIDA			9	BOMBEO			A	B	A	B	A	B				
3	ESCALA			10	PUNZAMIENTO			IZQ.	DER.	DER.	IZQ.	IZQ.	DER.				
4	SELLO DE JUNTA			11	DESCONCHAMIENTO			4L	1M	1	4L	5M	13			1	
5	GRIETA LINEAL			12	GRIETAS DE RETRACCIÓN			5M	5H		6L	14L					
6	PARCHE GRANDE			13	DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA			6M									
7	PARCHE PEQUEÑO			14	DESCASCARAMIENTO DE JUNTA			1M	5M	2	8	4L	14			2	
							5L		14L		8	8					
										3	4L	4L	15			3	
							6L	5M	5M		11M	14L					
							5L	4L	4	1M	5L	16				4	
							6L	5L		4L	12						6L
									5	4L	4L	17				5	
							8	5L		5L	5L						6L
							11L			6L	6L						
									6	5H	4L	18				6	
							7L	5L		6M	5M						
							14L	6L		11M							
							4L	4L	7			19				7	
							5L	5L									
									8			20				8	
							4L	4L									
							5L	5L			8						
									9			21				9	
							4L	4L									
							5L	5L			6M						
							4L	5L	10			22				10	
							6L	8									
									11			23				11	
							4L	4L									
							12	6L									
									12			24				12	
							4L	4M									
							6L	5M			8						
									13			24				12	
							8	8									
									14			24				12	
							4L	4M									
							6L	5M			8						
									14			24				12	
							8	8									

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 29: Hoja de cálculo del PCI de unidad de muestra N° 09

CÁLCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (VDC)

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO MÁXIMO DE FALLAS PERMITIDAS (m)

$$m = 1 + (9/95) * (100 - VAR)$$

Donde:
 m = Número Máximo Admisible de Valores Deducidos, incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10).
 VAR = Valor individual más alto del valor deducido

m = 8.58 Fracción = .58

#	VALOR DE DEDUCCIÓN										TOTAL	q	VDC
1	20	16	15	13	10	7	6	4	1.74	1.16	94	7	46
2	20	16	15	13	10	7	5	4	1.74	1.16	93	6	48
3	20	16	15	13	10	5	5	4	1.74	1.16	91	5	49
4	20	16	15	13	5	5	5	4	1.74	1.16	86	4	50
5	20	16	15	5	5	5	5	4	1.74	1.16	78	3	50
6	20	16	5	5	5	5	5	4	1.74	1.16	68	2	50
7	20	5	5	5	5	5	5	4	1.74	1.16	57	1	57

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		Rango	Clasificación
100 - 85	Excelente		
85 - 70	Muy Bueno		
70 - 55	Bueno		
55 - 40	Regular		
40 - 25	Malo		
25 - 10	Muy Malo		
10 - 0	Fallado		

Máximo VRC = 57

PCI = 100 - Máximo VRC

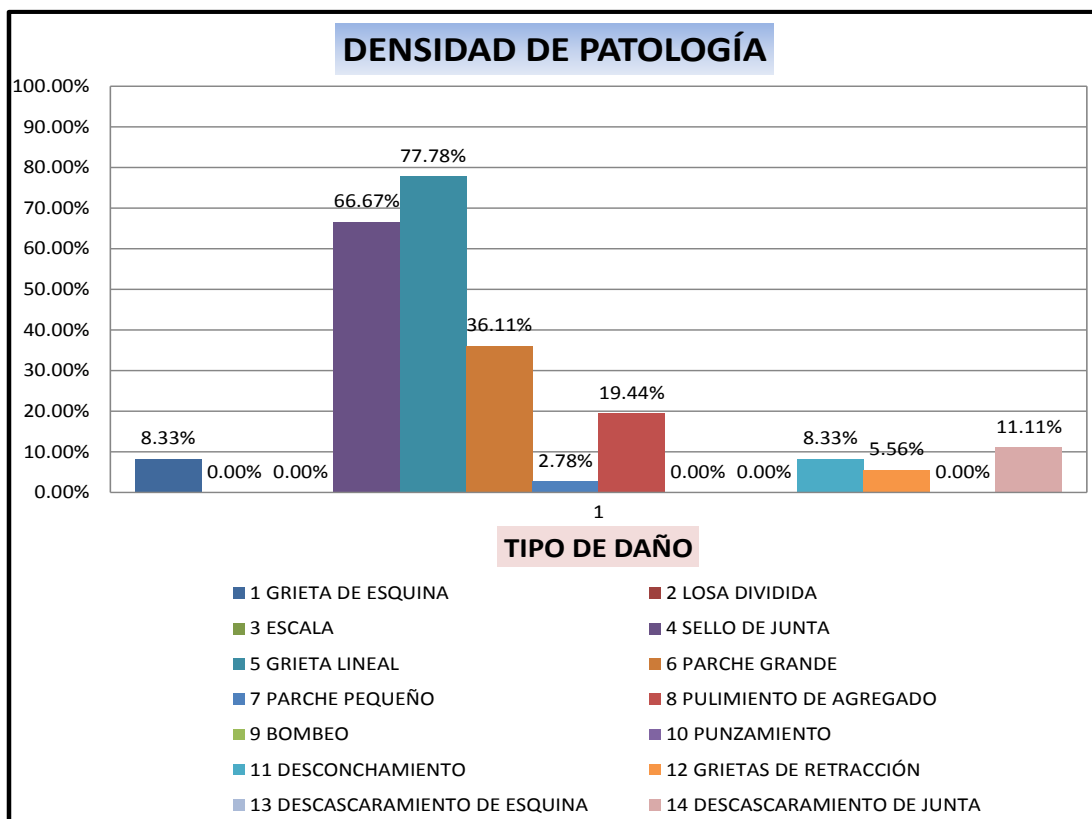
PCI = 100 - 57.00

PCI = 43

CLASIFICACIÓN: Regular

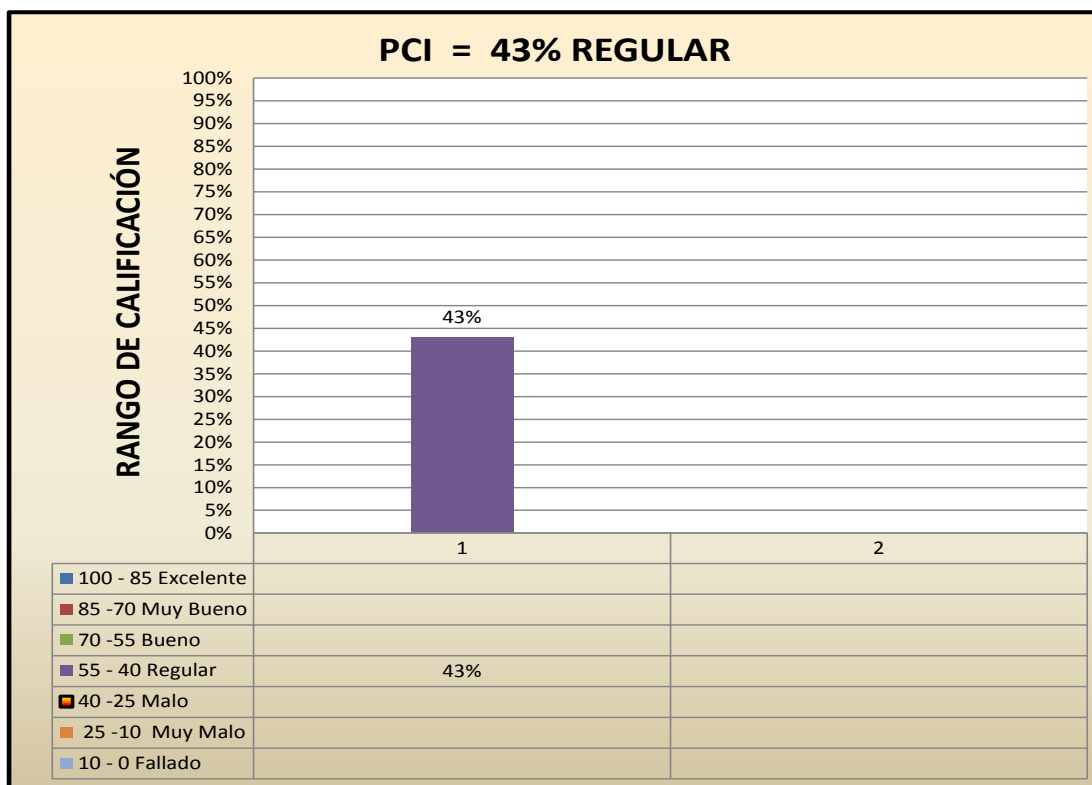
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 26: Densidad de daños de la unidad de muestra N° 09



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 27: Índice de condición del pavimento de unidad de muestra N° 09



Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 31: Hoja de cálculo del PCI de unidad de muestra N° 10

CÁLCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (VDC)

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO MÁXIMO DE FALLAS PERMITIDAS (m)

$$m = 1 + (9/95) * (100 - VAR)$$

Donde:
 m = Número Máximo Admisible de Valores Deducidos, incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10).
 VAR = Valor individual más alto del valor deducido

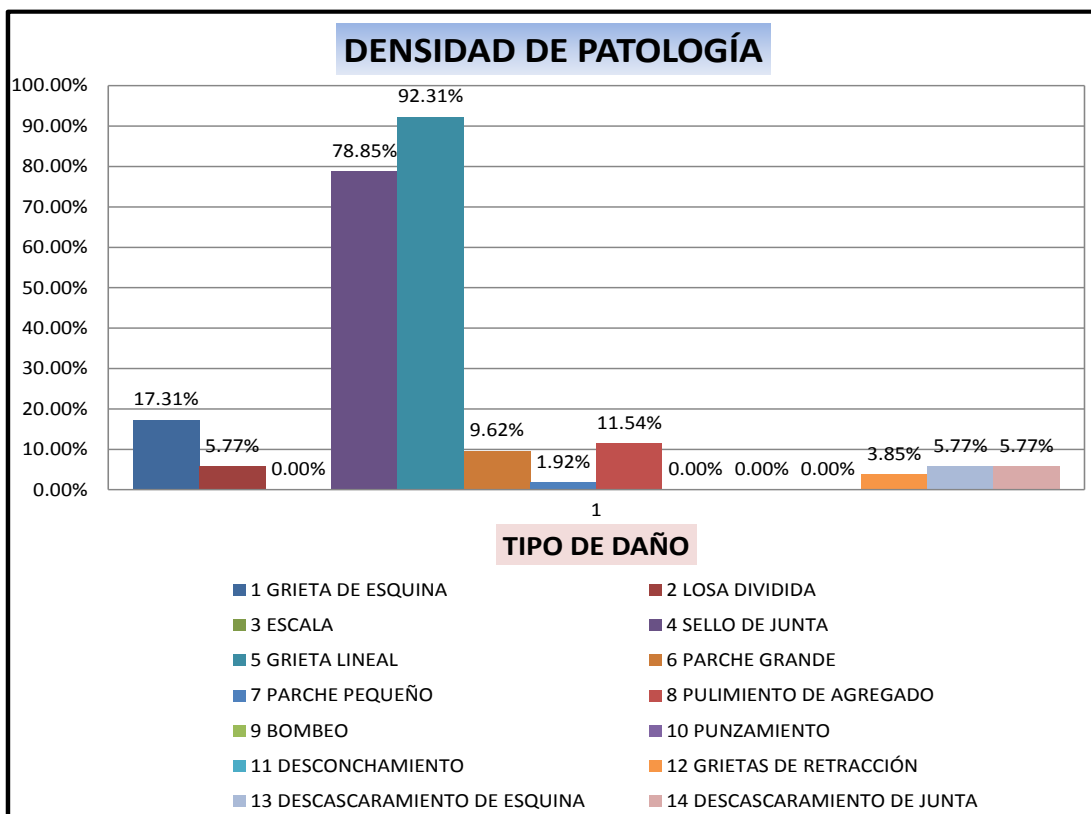
m = 8.11 Fracción = **.11**

#	VALOR DE DEDUCCIÓN												TOTAL	q	VDC
1	25	20	17	18	7	5	4	3	0.22	0.22	0.22		100	5	54
2	25	20	17	18	5	5	4	3	0.22	0.22	0.22		98	4	56
3	25	20	17	5	5	5	4	3	0.22	0.22	0.22		85	3	54
4	25	20	5	5	5	5	4	3	0.22	0.22	0.22		73	2	53
5	25	5	5	5	5	5	4	3	0.22	0.22	0.22		58	1	58
6															
7															

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		Máximo VRC = 58
Rango	Clasificación	PCI = 100 - Máximo VRC
100 - 85	Excelente	PCI = 100 - 58.00
85 - 70	Muy Bueno	PCI = 42
70 - 55	Bueno	CLASIFICACIÓN: Regular
55 - 40	Regular	
40 - 25	Malo	
25 - 10	Muy Malo	
10 - 0	Fallado	

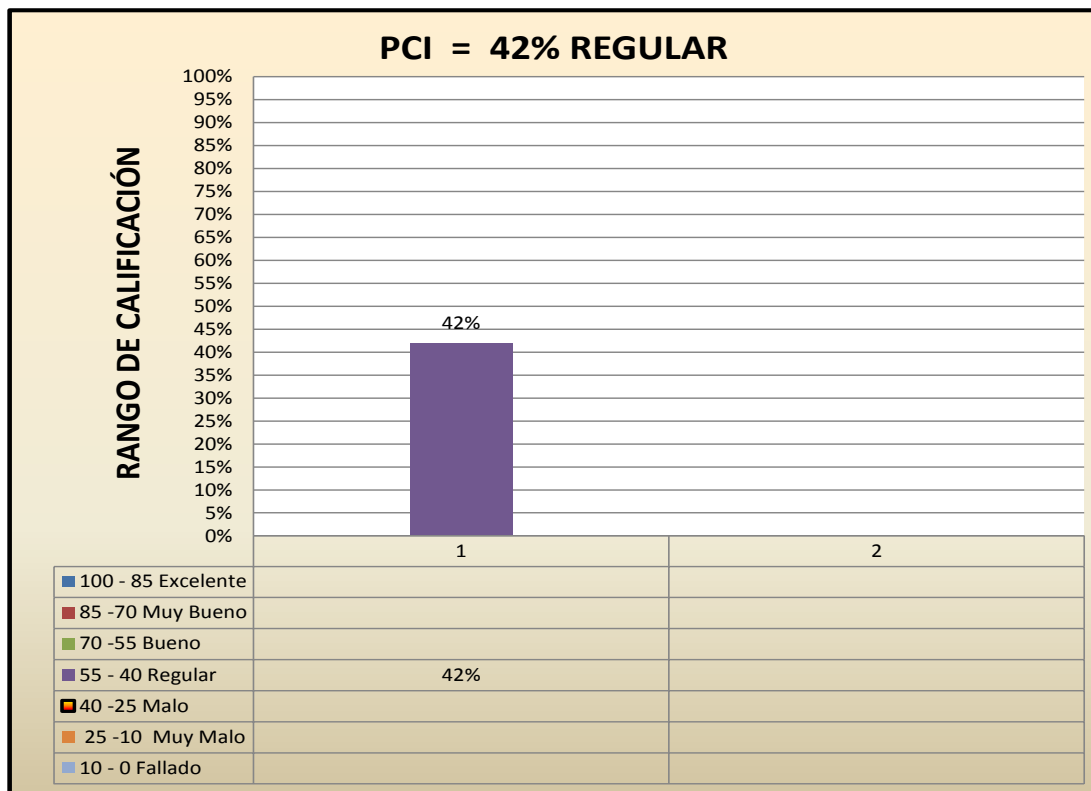
Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 28: Densidad de daños de la unidad de muestra N° 10



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 29: Índice de condición del pavimento de unidad de muestra N° 10



Fuente: Elaboración propia

5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS:

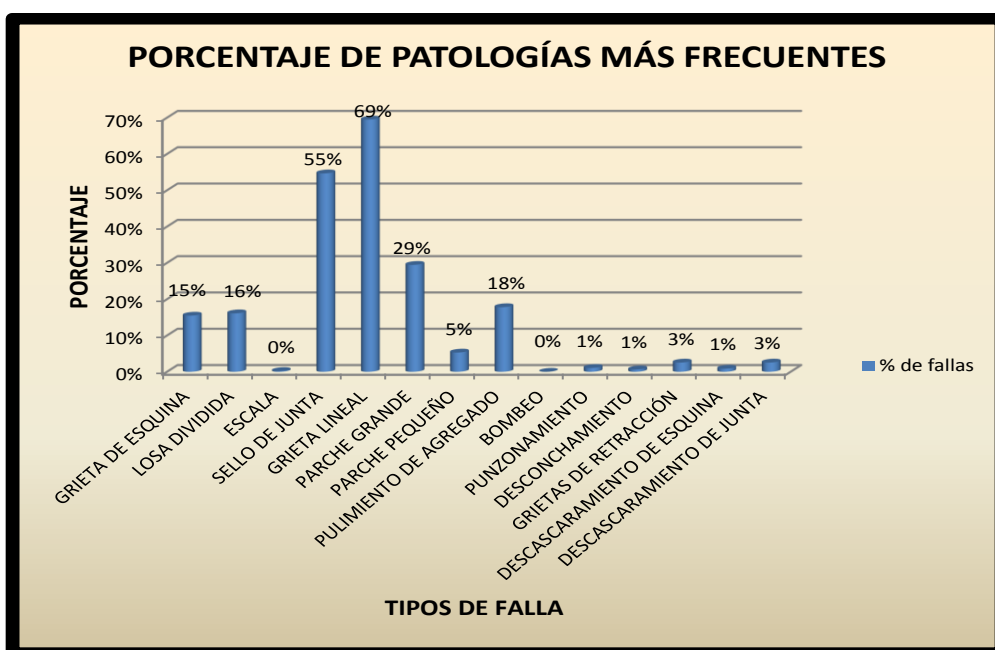
a) Globalizando las unidades de muestra por tipo de falla, se calcularon el número total de losas, con este valor se calculó el porcentaje de fallas por cada unidad de muestra (Ver cuadro N° 32 y grafico N° 30).

Cuadro N° 32: Cálculo del porcentaje de fallas más frecuentes.

UNIDADE DE MUESTRA TIPOS DE FALLA		CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE FALLAS MÁS FRECUENTES										TOTAL	% DE FALLAS FRECUENTES
		Av. Cammen Alto Cdtra 4	Av. Cammen Alto Cdtra 3	Av. Cammen Alto Cdtra 2	Av. Cammen Alto Cdtra 1B	Av. Cammen Alto Cdtra 1A	Av. Penj Cdtra 1	Av. Maniscal Cáceres Cdtra 1	Av. Maniscal Cáceres Cdtra 2	Av. Maniscal Cáceres Cdtra 3	Av. Maniscal Cáceres Cdtra 4		
1	GRIETA DE ESQUINA	23	7	3	12	2	9	3	2	3	9	73	15.47%
2	LOSA DIVIDIDA	13	17	21	19	-	1	2	-	-	3	76	16.10%
3	ESCALA	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	0.21%
4	SELLO DE JUNTA	20	12	9	25	31	58	13	25	24	41	258	54.66%
5	GRIETA LINEAL	41	22	32	23	21	56	29	28	28	48	328	69.49%
6	PARCHE GRANDE	7	27	38	39	1	1	3	5	13	5	139	29.45%
7	PARCHE PEQUEÑO	2	6	5	-	-	3	2	5	1	1	25	5.30%
8	PULMIENTO DE AGREGADO	2	9	17	35	-	-	4	4	7	6	84	17.80%
9	BOMBEO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00%
10	PUNZONAMIENTO	2	2	-	-	-	1	-	-	-	-	5	1.06%
11	DESCONCHAMIENTO	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3	0.64%
12	GRIETAS DE RETRACCIÓN	-	-	-	-	-	1	-	7	2	2	12	2.54%
13	DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA	-	-	-	-	-	1	-	-	-	3	4	0.85%
14	DESCASCARAMIENTO DE JUNTA	-	-	-	-	-	2	-	3	4	3	12	2.54%
TOTALES		110	102	125	153	55	133	57	79	85	121	1,020	216.10%
N° DE LOSAS POR UND. DE MUESTRA		68	46	54	48	32	60	34	42	36	52	472	

Fuente: Elaboración propia

Grafico N° 30: Estadística de porcentajes de fallas más frecuentes.



Fuente: Elaboración propia

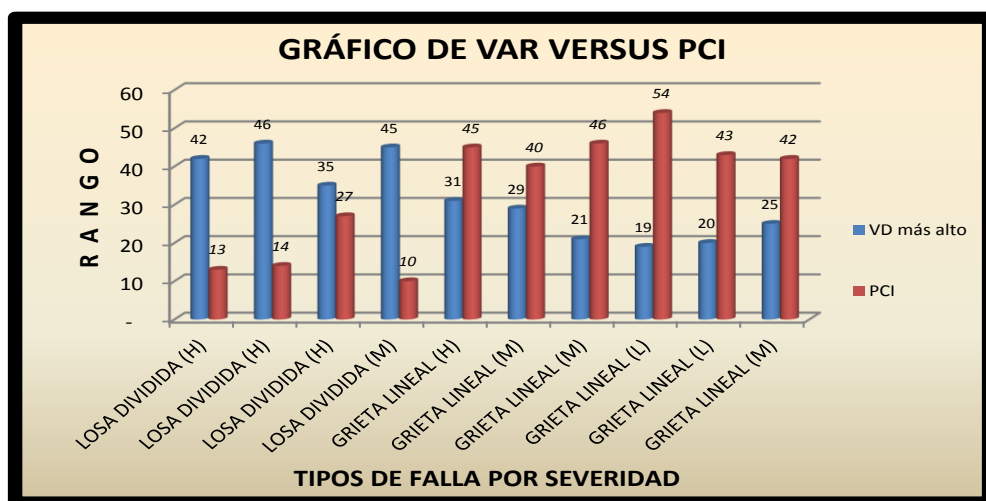
- Las fallas más frecuentes son las grietas lineales, sello de junta y parche grande en porcentajes de 69%, 55% y 29% respectivamente, como se muestra en la gráfica N° 30.
- b) Los valores individuales más altos de valores deducidos (VAR), de cada unidad de muestra son los que determinan y definen la incidencia de las patologías en el índice de condición del pavimento (Ver cuadro N° 33 y grafico N° 31).

Cuadro N° 33: Determinación de las Patologías más incidentes en el índice de condición del pavimento rígido.

UNIDAD DE MUESTRA TIPOS DE FALLA POR SEVERIDAD		Av, Carmen Alto Cdtra 4	Av, Carmen Alto Cdtra 3	Av, Carmen Alto Cdtra 2	Av, Carmen Alto Cdtra 1B	Av, Carmen Alto Cdtra 1A	Av, Perú Cdtra 1	Av, Mariscal Cáceres Cdtra 1	Av, Mariscal Cáceres Cdtra 2	Av, Mariscal Cáceres Cdtra 3	Av, Mariscal Cáceres Cdtra 4
		U-1	U-2	U-3	U-4	U-5	U-6	U-7	U-8	U-9	U-10
1	LOSA DIVIDIDA (H)	42	46	35	32						
2	LOSA DIVIDIDA (M)	24	38	30	45			16			
3	GRIETA LINEAL (M)	23									
4	PARCHE GRANDE (H)				28						
5	PARCHE GRANDE (M)		29	19							
6	GRIETA LINEAL (H)					31					
7	GRIETA LINEAL (H)								16	15	20
8	GRIETA LINEAL (M)					20	29	21	9	16	25
9	GRIETA LINEAL (L)					8	16	20	19	20	
10	GRIETA DE ESQUINA (M)						11				18
	VAR	42	46	35	45	31	29	21	19	20	25
	PCI	13	14	27	10	45	40	46	54	43	42

Fuente: Elaboración propia

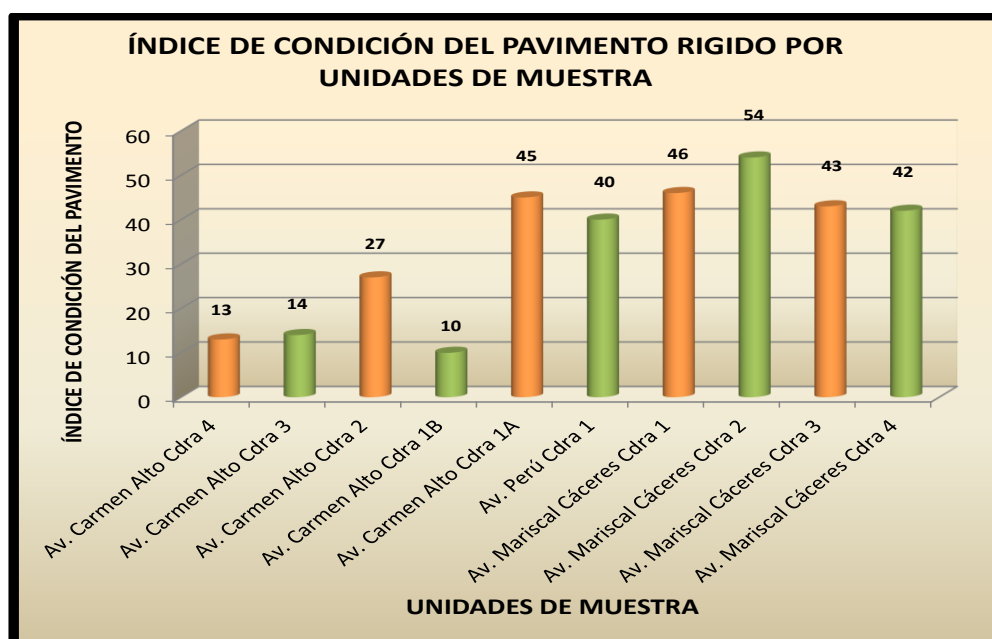
Grafico N° 31: Comparativo de VAR versus PCI.



Fuente: Elaboración propia

- Las patologías más incidentes en el índice de condición del pavimento son las losas divididas de alta severidad, de baja severidad y grieta lineal de alta severidad con VAR numérico de 46, 45 y 31 respectivamente, como se muestra en la gráfica N° 31
- c) Agrupando los resultados de todas las unidades de muestra de U1 hasta U10, se elaboró el cuadro estadístico del índice de condición del pavimento por unidades de muestra (ver gráfico N° 32)

Gráfico N° 32: Estadística del índice de condición del pavimento.



Fuente: Elaboración propia

- El PCI más alto es de 54 con rango de calificación **Regular** y representa la unidad de muestra U-8 que corresponde a la Av. Mariscal Cáceres cuadra 2.
- El PCI más bajo es de 10 con rango de calificación **Muy Malo** y representa la Av. Carmen Alto cuadra 1B.
- Las cuadras 1B, 3ra y 4ta de la Av. Carmen Alto, han resultado con PCI del rango (25-10), de calificación **Muy Malo**.
- La cuadra 2 de la Av. Carmen Alto ha resultado con PCI del rango (40-25), de calificación **Malo**.
- La cuadra 1A de la Av. Carmen Alto, cuadra 1 de la Av. Perú y la 1ra, 2da, 3ra y 4ta cuadra de la Av. Mariscal Cáceres han resultado con PCI del rango (55-40), de calificación **Regulara**

- d) Las falla con valor deducido cero (0), significa que el grado de afectación en el deterioro del pavimento es despreciable.
- e) Finalmente se calculó el índice de condición de pavimento rígido global del tramo: puente alameda de Valdelirios – arco de Rudaccasa del distrito de Carmen Alto en función a los resultados del PCI de las 10 unidades de muestra. (ver cuadro N° 34).

Cuadro N° 34: Cálculo de PCI global.

RESULTADOS PARCIALES				PCI. GLOBAL	
UNIDAD DE MUESTRA	VIA O CALLE	PCI UND. DE MUESTRA	RANGO CLASIFICADO	PCI GLOBAL	CLASIFICACION GLOBAL
U-1	Av. Carmen Alto Cuadra 4	13	Muy Malo	33	MALO
U-2	Av. Carmen Alto Cuadra 3	14	Muy Malo		
U-3	Av. Carmen Alto Cuadra 2	27	Malo		
U-4	Av. Carmen Alto Cuadra 1B	10	Muy Malo		
U-5	Av. Carmen Alto Cuadra 1A	45	Regular		
U-6	Av. Perú cuadra 1	40	Regular		
U-7	Av. Mariscal Cáceres Cuadra 1	46	Regular		
U-8	Av. Mariscal Cáceres Cuadra 2	54	Regular		
U-9	Av. Mariscal Cáceres Cuadra 3	43	Regular		
U-10	Av. Mariscal Cáceres Cuadra 4	42	Regular		
	TOTAL	334			

Fuente: Elaboración propia

El índice de condición del pavimento rígido global del tramo estudiado es PCI= **33** dentro del rango de clasificación **Malo**.

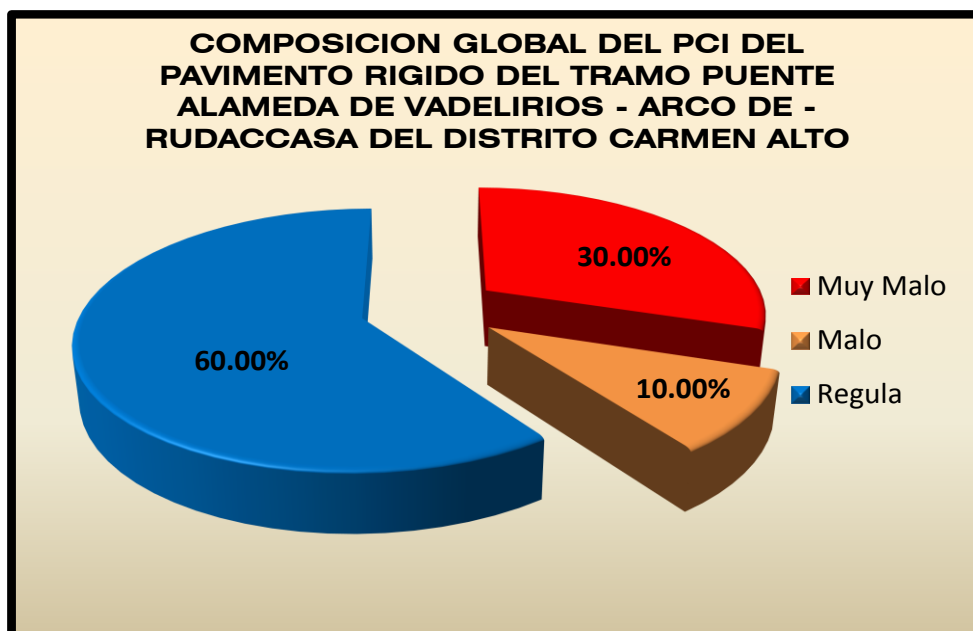
VI CONCLUSIONES:

- 1) Se identificaron las patologías presentes con mayor frecuencia en el concreto del pavimento rígido de la infraestructura vial del tramo puente alameda de Valdelirios – arco Rudaccasa, siendo: Grietas lineales en 69%, sello de junta en 55% y parche grande en 29% (ver gráfico N° 30). Sin embargo las patologías de mayor incidencia en el índice de condición del pavimento, fueron las losas divididas de alta severidad, de media severidad y las grietas lineales de alta severidad, alcanzando valores individuales deducidos (VAR) de 46, 45 y 31 respectivamente como muestra el gráfico N° 31. Además se han identificados como causas del deterioro del pavimento rígido los siguientes:
 - La vida útil cumplida en algunos tramos de la vía por tener 23 años de servicio.
 - Las cargas repetidas de tránsito de los vehículos livianos y pesado a la que están sometidas sin ningún control de tonelaje.
 - La acción de los cambios climáticos producto de los fenómenos naturales como la insolación y las precipitaciones pluviales
 - Cunetas laterales de sección deficiente, con pendientes longitudinales pronunciados mayores a 12% en algunos tramos de la vía por su naturaleza de su topografía local, lo cual produce velocidades altos generando saltos hidráulicos en la evacuación del agua pluvial, permitiendo el ingreso masivo del líquido a la calzada.
 - Cunetas con pendientes muy bajos menores a 1% en algunos tramos de la vía lo cual genera colmatación en la sección produciendo emposamiento del agua e ingreso a la calzada penetrando a la sub base por las juntas con sello deficiente, generando el alabeo y el agrietamiento de las losas en consecuencia se producen las losas divididas.
 - Falta de mantenimiento periódico de los pavimentos rígidos por la entidad responsable

- 2) Se obtuvo el índice de condición del pavimento rígido del tramo Puente Alameda de Valdelirios – arco de Rudaccasa del distrito de Carmen Alto como muestra el grafico N° 33, teniendo como resultado que el 60%

representan a un estado regular con PCI de rango de (55 a 41), el 30 % representan a un estado muy malo con PCI de rango de (25-11) y el 10 % representan a un estado malo con PCI de rango de (40-26).

Grafico N° 33: Composición global del PCI.



Fuente: Elaboración propia

- 3) Globalizando los resultados de los PCIs de las diez unidades de muestra, se obtuvo **PCI=33** (ver cuadro N° 33), el cual nos permitió determinar que el estado de conservación actual del pavimento rígido del tramo puente Alameda de Valdelirios – arco de Rudaccasa del distrito de Carmen Alto, es de condición **Malo**.
- 4) Tomando en consideración los resultados de PCIs de cada cuadra de las calles del tramo Puente Alameda de Valdelirios – Arco de Rudaccasa del distrito de Carmen Alto, se propone que desde la primera cuadra (1B), hasta el final de la cuarta cuadra de la Av. Carmen Alto (puente alameda de Valdelirios), deben ser renovadas en su totalidad por construcción de nuevo pavimento rígido y a partir de la primera cuadra (1A) de la Av. Carmen Alto, más la primera cuadra de la Av. Perú y las cuatro cuadras de la Av. Mariscal Cáceres, se debe intervenir con una rehabilitación y/o refacción. Los tipos de intervención propuesta están basadas en el cuadro N° 07, según los rangos de calificación.

RECOMENDACIONES:

- 1) Se recomienda a los evaluadores de las patologías del pavimento rígido, que la identificación de los daños y la clasificación según su nivel de severidad deben ser de acuerdo al manual de daños, aplicado a cada una de las losas del pavimento, para reflejar como resultado un PCI real.
- 2) A la Municipalidad distrital de Carmen Alto entidad responsable de velar por el mantenimiento de las vías urbanas, se recomienda realizar el mantenimiento periódico de los pavimentos rígido a fin de reducir y controlar las patologías más incidente para alargar la vida útil de la infraestructura vial y garantizar la transitabilidad.
- 3) Conociendo los estados de conservación actual de cada calle se recomienda realizar:
 - Rehabilitación y/o refacción para las calles de estado actual regular.
 - Construcción nueva para las calles de estado actual malo y muy malo
- 4) Se recomienda que la rehabilitación y refacción del pavimento rígido debe consistir en:
 - Sellado de grietas de media severidad y parcheo profundo de las grietas de alta severidad o en caso contrario reemplazo de la losa por nuevo
 - Renovación por nuevo concreto de las losas divididas de media y alta severidad.
 - Resellado de las juntas asfálticas.
 - Reemplazo del parche grande y pequeño de media y alta severidad.
 - Parchado de baches y punzonamientos.
 - Construcción de cunetas laterales con mayor altura, profundizar la base para obtener mayor sección de la cuneta sin alterar los anchos de la berma y la calzada

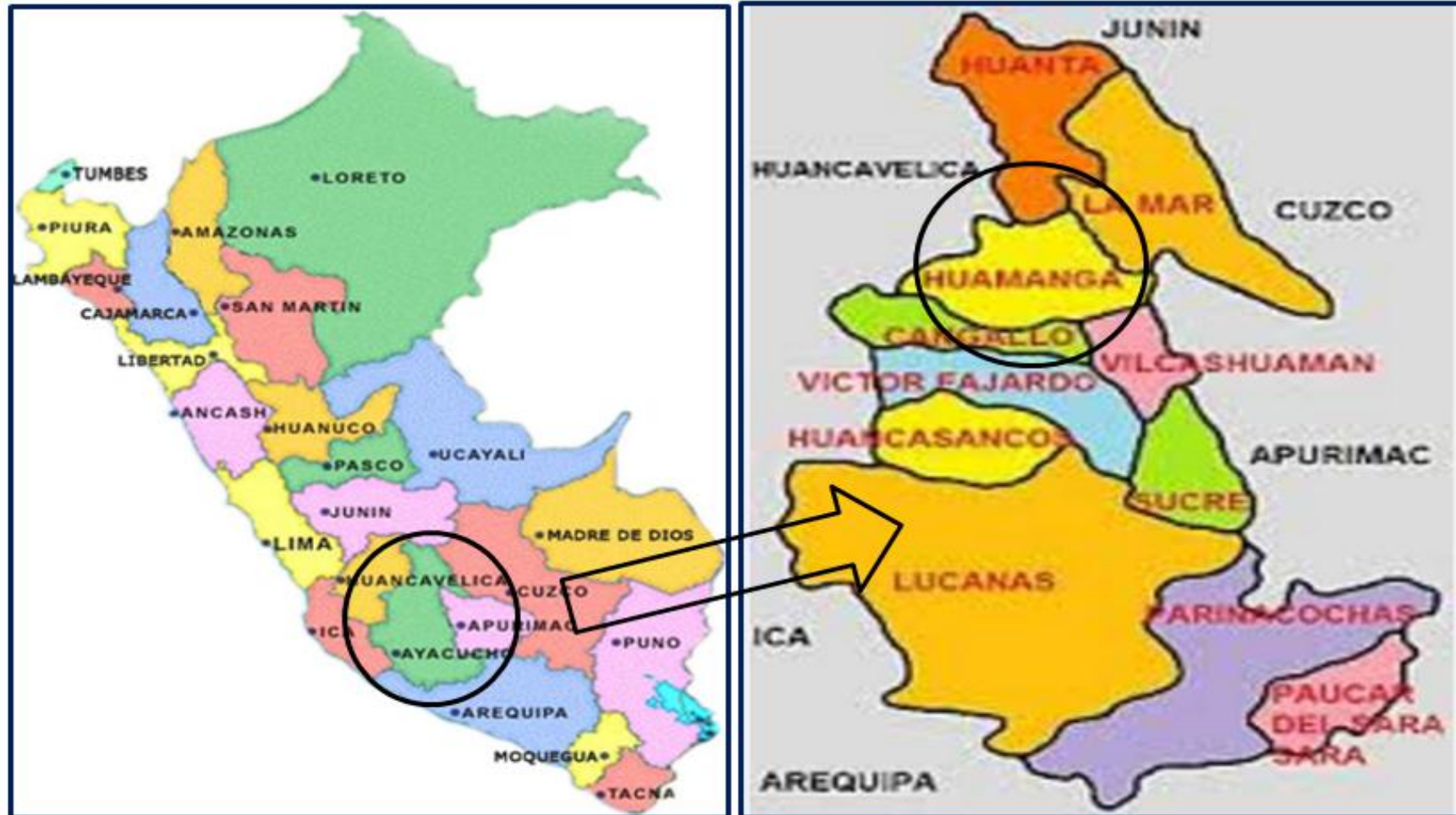
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- (1) Godoy A. Ramírez R. “Patología de pavimentos rígidos de la ciudad de Asunción-Paraguay” [Tesis para optar título de ingeniero civil]. Universidad Nacional de Asunción - Paraguay – 2006.
- (2) Duque C. y Tibaquirá J. “Estudio de la patología presente en el pavimento rígido del segmento de la vía de carretera 14 entre calles 15 y 20 en el municipio de Granada departamento del Meta”. [Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Especialista en Ingeniería de Pavimentos]. Universidad Militar Nueva Granada de Bogotá - 2010.
- (3) Miranda R. “Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos”. [Tesis para optar título de ingeniero constructor]. Universidad Austral de Chile, Valdivia – 2010.
- (4) Espinoza T. “Determinación y evaluación del nivel de incidencia de las patologías del concreto en los pavimentos rígidos de la provincia de Huancabamba, departamento de Piura. [Tesis para optar el título de ingeniero civil]. Universidad Católica los Ángeles de Chimbote, Piura – 2010.
- (5) Quiñonez J. “Determinación y evaluación de las patologías del concreto para obtener el índice estructural del pavimento y la condición de la superficie de veredas del casco urbano de la localidad de Puerto Maldonado. [Tesis para optar el título de ingeniero civil]. Universidad Católica los Ángeles de Chimbote, Puerto Maldonado – 2014.
- (6) Campos A. “Determinación y evaluación de las patologías del concreto para obtener el índice de integridad estructural y condición operacional de la superficie de los pavimentos rígidos del centro poblado de Luricocha – Huanta. [Tesis para optar el título de ingeniero civil]. Universidad Católica los Ángeles de Chimbote, Ayacucho, noviembre – 2013.
- (7) Jayo N. “Determinación y evaluación de las patologías del concreto para obtener el índice de integridad estructural del pavimento y condición operacional del pavimento rígido existente en el AA.HH. Señor de Quinuapata - distrito de

- Ayacucho – Huamanga. [Tesis para optar el título de ingeniero civil].
Universidad Católica los Ángeles de Chimbote, Ayacucho, diciembre – 2013.
- (8) Ing. Giordani C. y Leone D. “Pavimentos” [Cátedra en ingeniería civil].
Universidad Tecnológica Nacional de Santa Fe, Argentina – 2,005.
- (9) Ing. Montejo A. “Ingeniería de pavimentos para carreteras”. Universidad
Católica de Colombia, Bogotá - 2002.
- (10) Ing. Altamirano L. “Deterioro de pavimentos rígidos” - Metodología de
medición, posibles causas de deterioro y reparaciones. Universidad Nacional de
Ingeniería de Nicaragua – 2007.
- (11) Método AASHTO (1,993), “Diseño de pavimentos rígidos”
- (12) Coronado J. “Manual Centroamericano para diseño de pavimentos”. Guatemala -
2,002.
- (13) Ing. Calo D. “Diseño y construcción de pavimentos de hormigón” Córdoba,
Argentina - 2,008.
- (14) Ing. Casas O. “Patología del concreto” Lima, Perú - 2,001.
- (15) Armijos C. Evaluación superficial de algunas calles de la ciudad de Loja [Tesis
para optar el título de ingeniero civil]. Universidad Técnica particular de Loja,
Quito, Ecuador – 2,009.
- (16) Transportation Research Board, Washintong Efectos del clima en el
comportamiento del pavimento. Washintong D.C. – 2,003.
- (17) Ing. Esp. Vásquez L. “Pavement Condition Index(PCI), para pavimentos
asfálticos y de concreto en carreteras. Universidad Nacional de Colombia –
2,002.
- (18) Norma ASTM 5340-98 Método de Evaluación del PCI. - 1998.

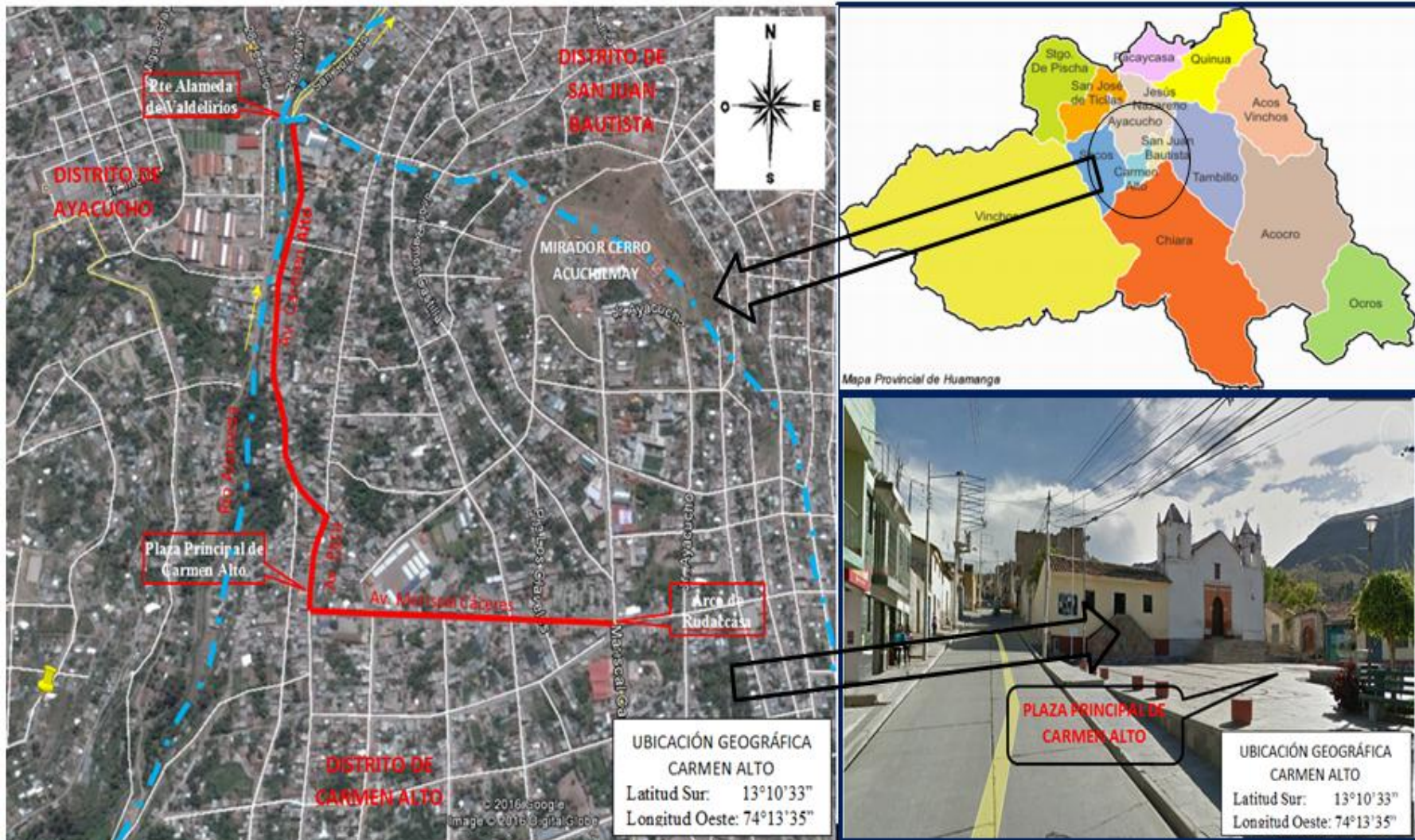
ANEXOS:

ANEXO N° 1: Ubicación Geográfica de la Zona de Estudio



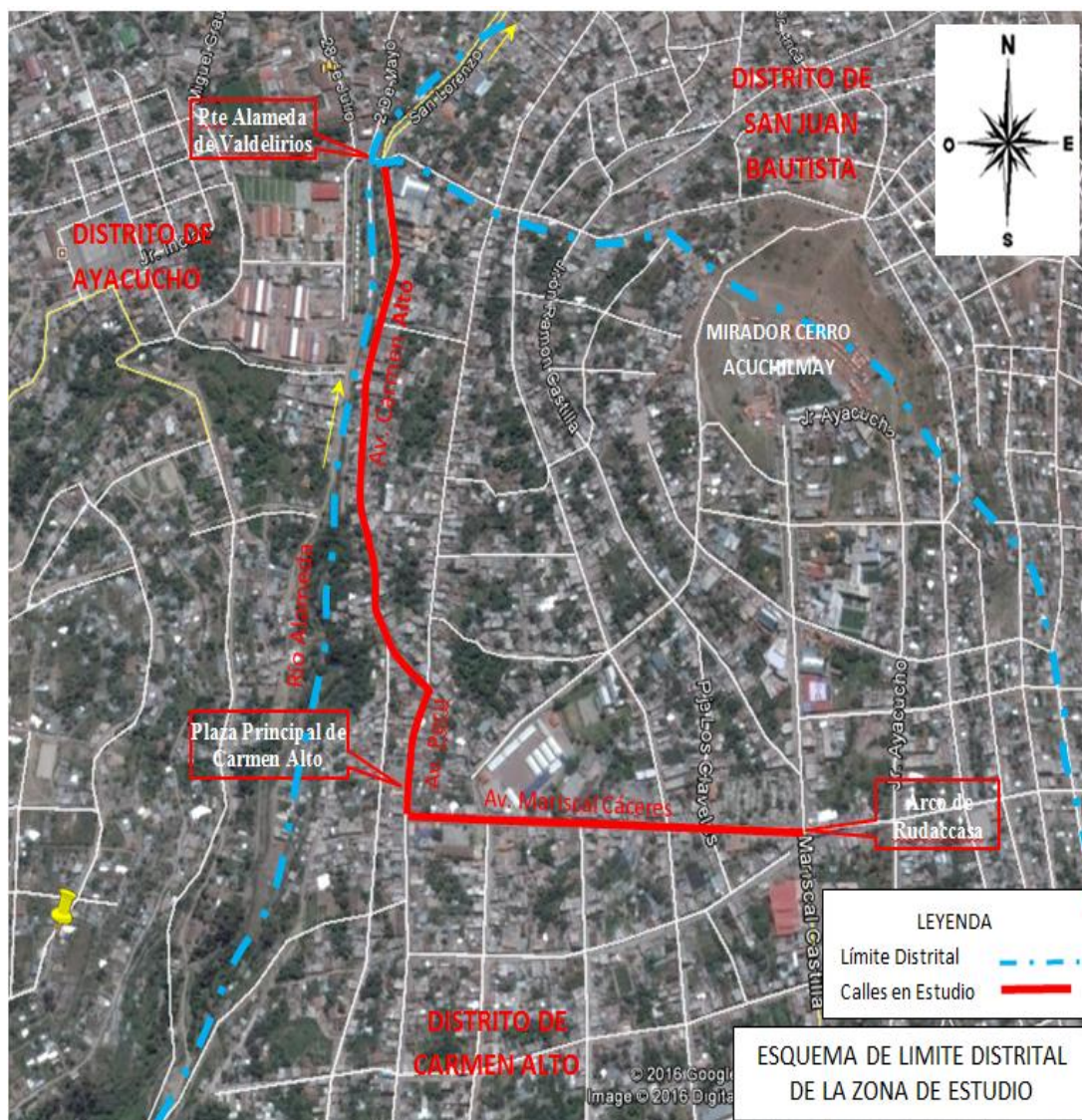
Fuente: Publicación de Palomino M. diciembre – 2013, editado

ANEXO N° 2: Ubicación Local de la Zona de Estudio



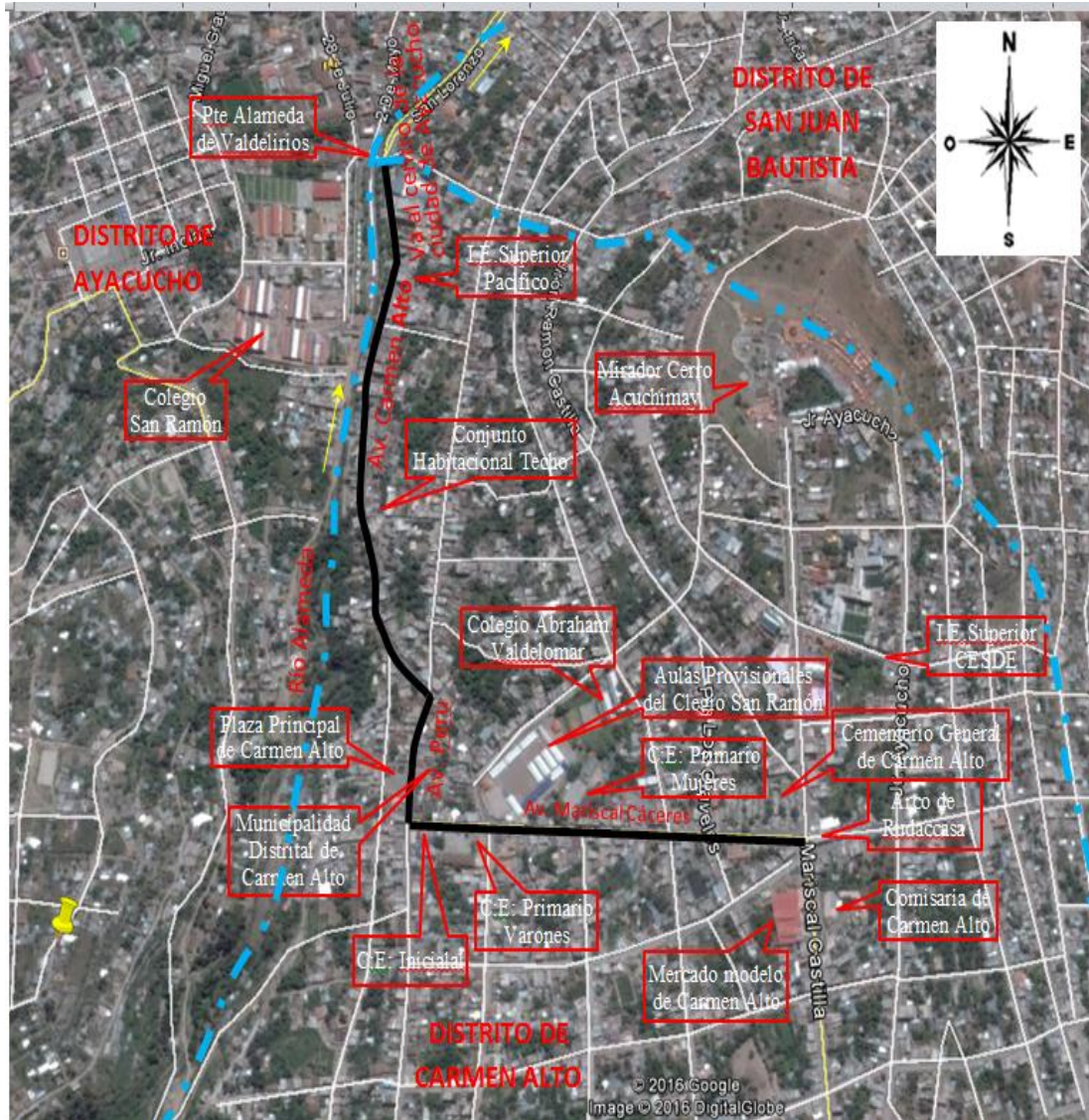
Fuente: Google Earth (2013) y edición propia

ANEXO N° 03: Esquema de Límite Distrital de la Zona de Estudio



Fuente: Google Earth (2013), editada

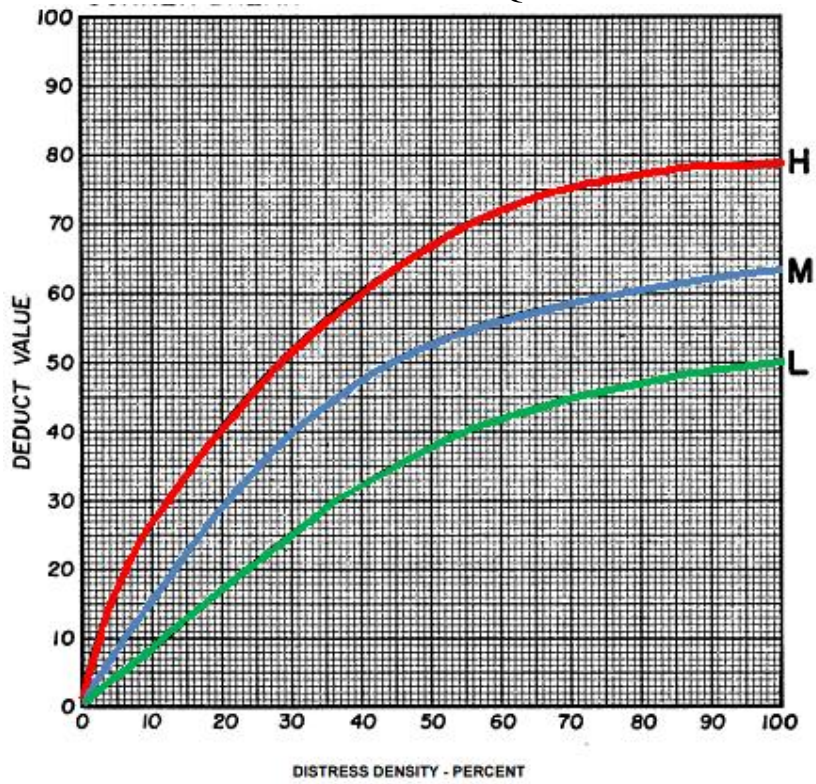
**ANEXO N° 04: Esquema de ubicación de Instituciones
Públicas y Privadas que Involucra el Tramo de Vía en Estudio**



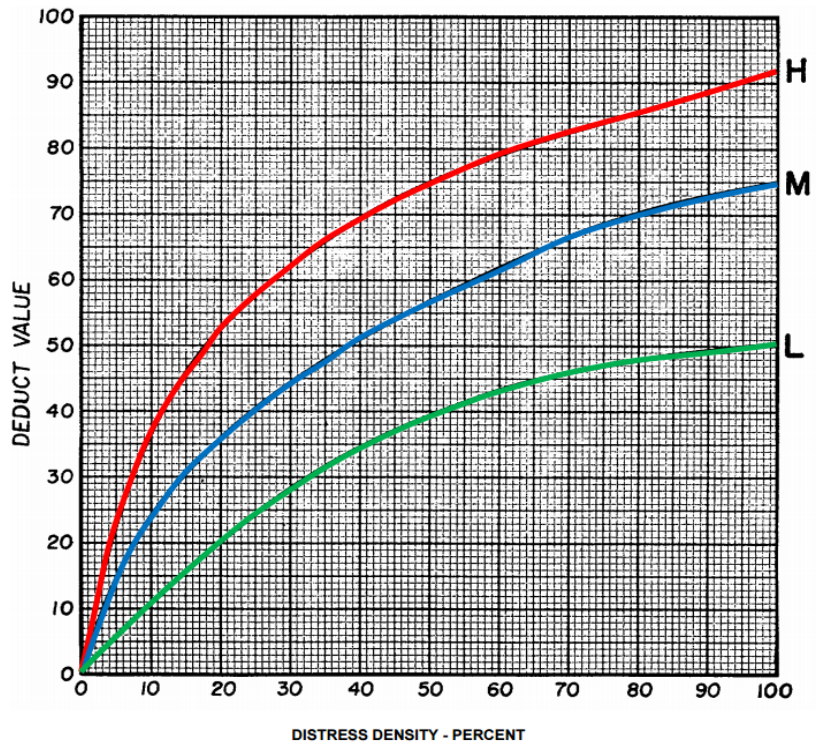
Fuente: Google Earth (2013), editada

ANEXO N° 5: Curvas para Determinar los Valores Deducidos para Pavimentos de Concreto. Fuente: Vásquez L. (2002), editado.

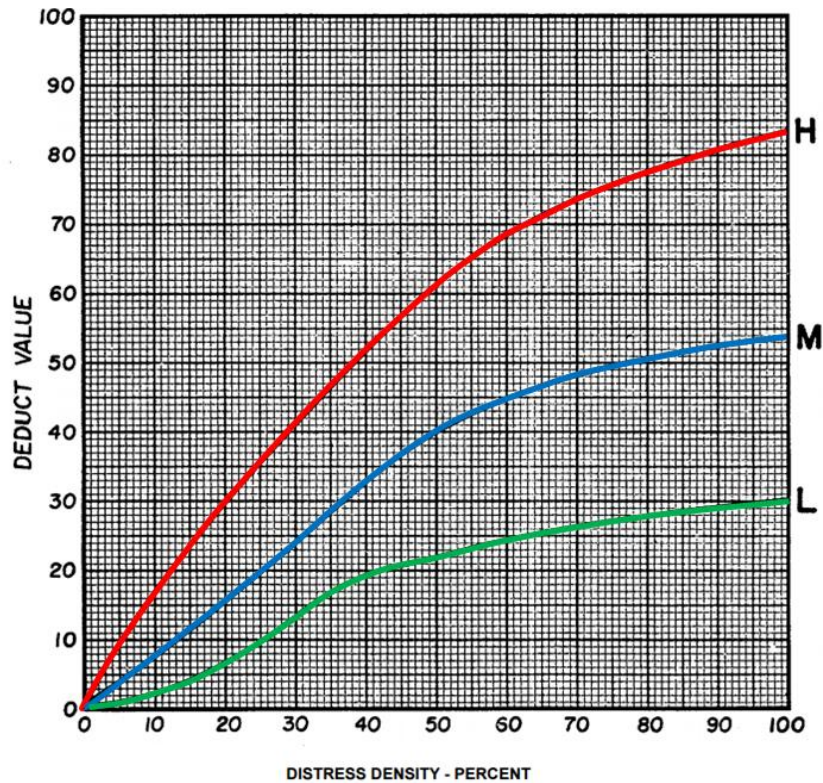
1.- GRIETAS DE ESQUINA



2.- LOSA DIVIDIDA



3.- ESCALA



4.- SELLO DE JUNTA

LOS DAÑOS DE SELLO DE LA JUNTA NO HAN SIDO CALIFICADO POR LA DENSIDAD.
LA SEVERIDAD SE DETERMINA POR SU ESTADO GENERAL DEL SELLADO PARA UNA UNIDAD DE MUESTRA PARTICULAR

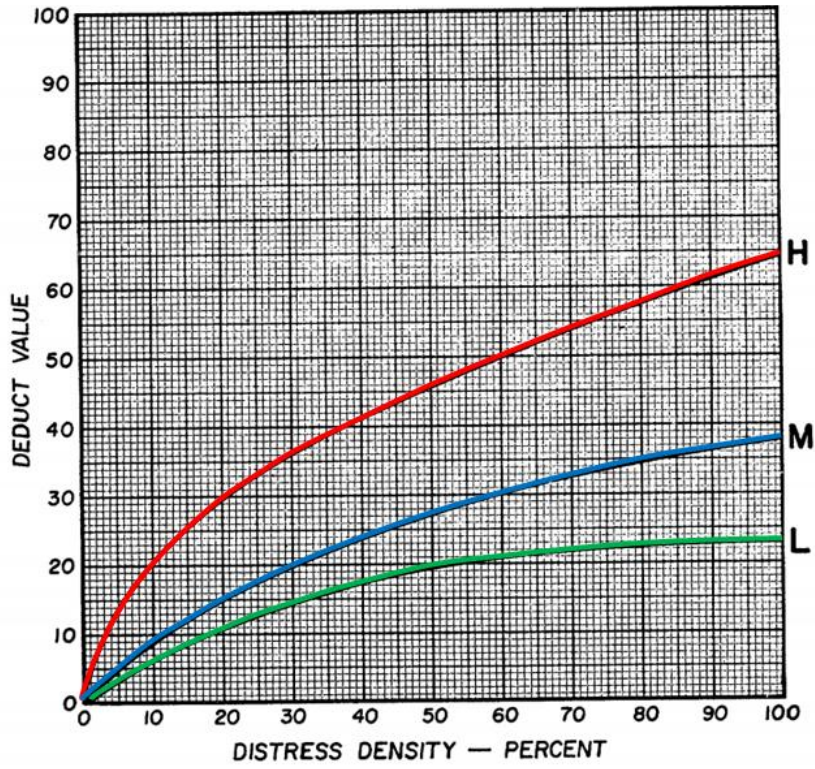
LOS VALORES DEDUCIDOS PARA LOS TRES NIVELES DE SEVERIDAD SON:

LOW (L) : 2 PUNTOS

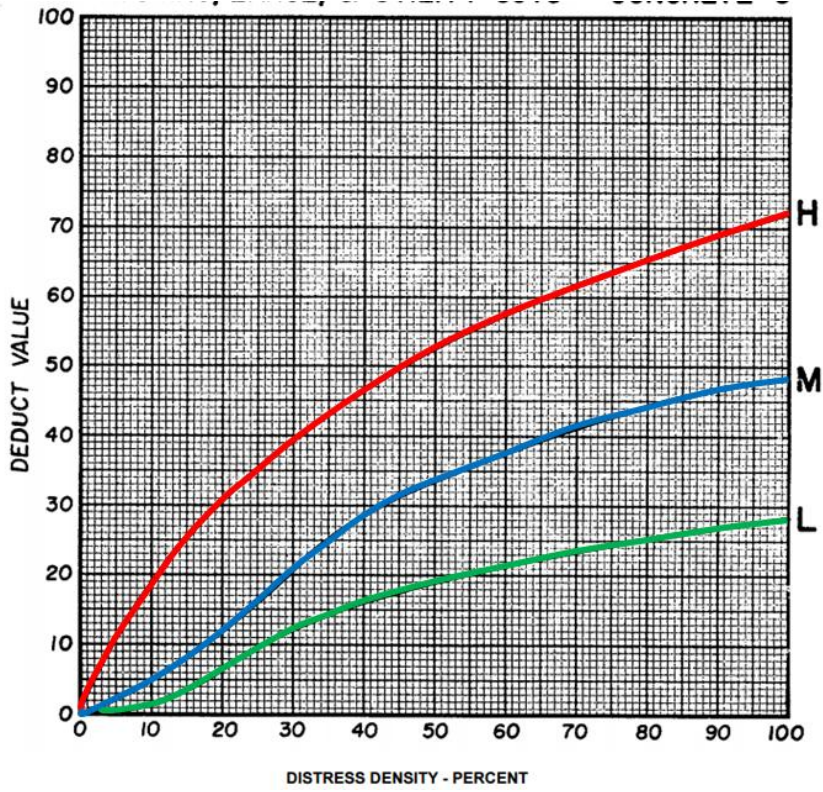
MEDIUM (M) : 4 PUNTOS

HIGH (H) : 8 PUNTOS

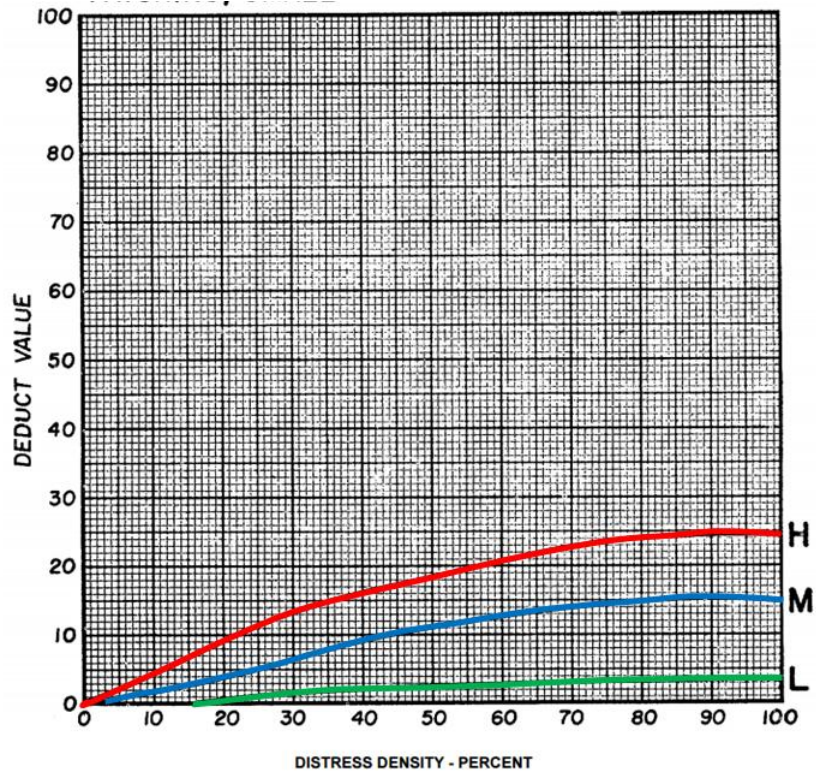
5.- GRIETA LINEAL



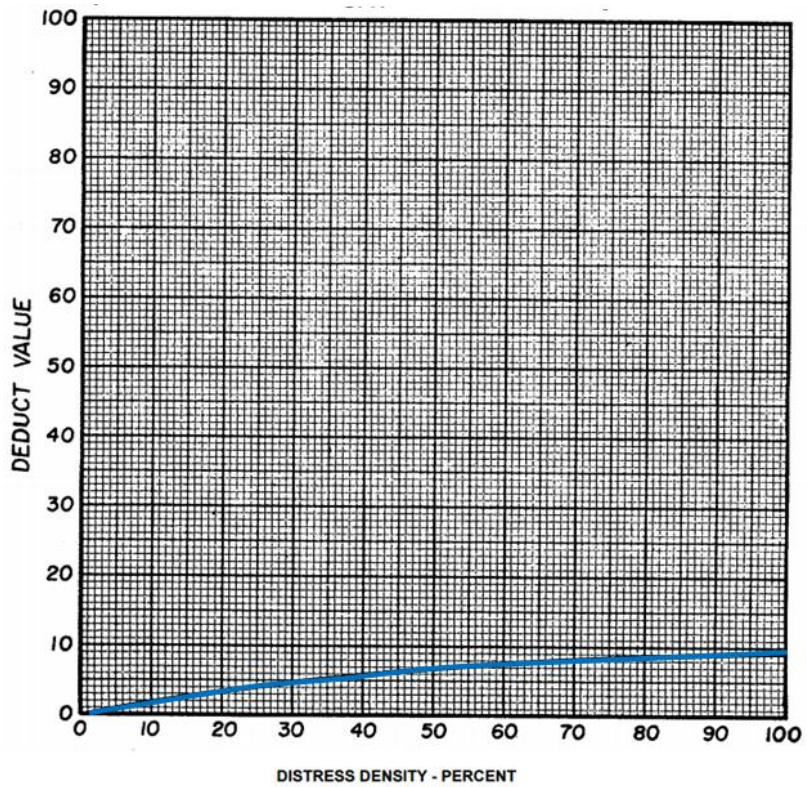
6.- PARCHE GRANDE



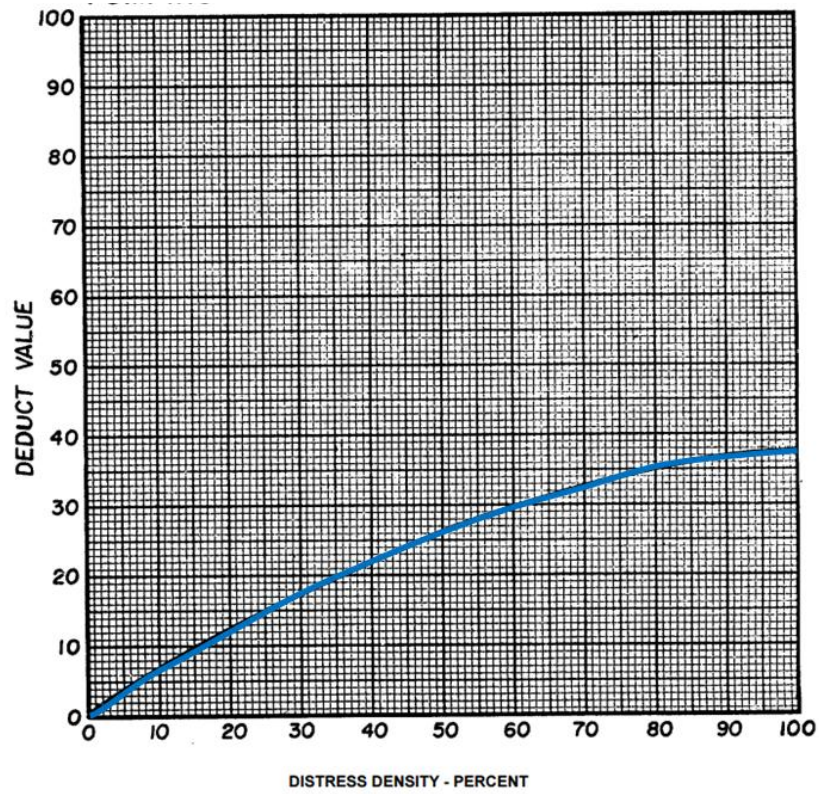
7.- PARCHE PEQUEÑO



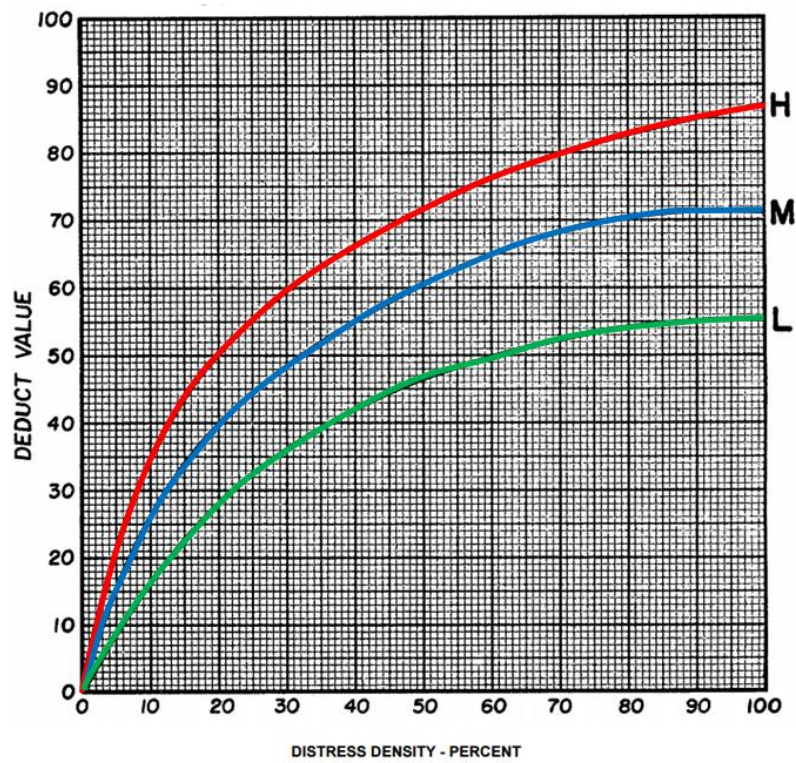
8.- PULIMIENTO DE AGREGADO



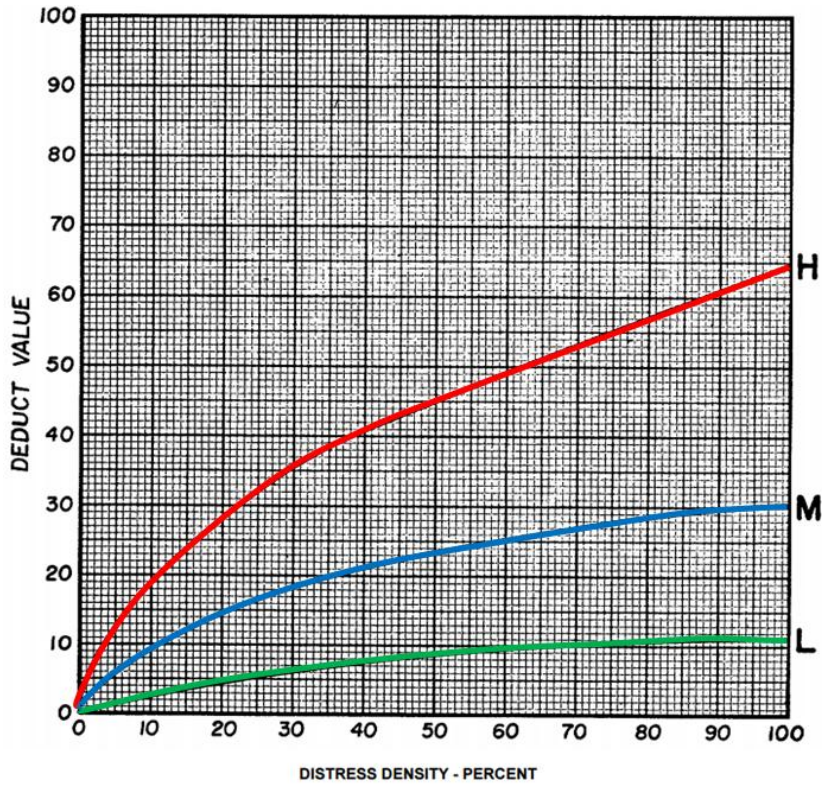
9.- BOMBEO



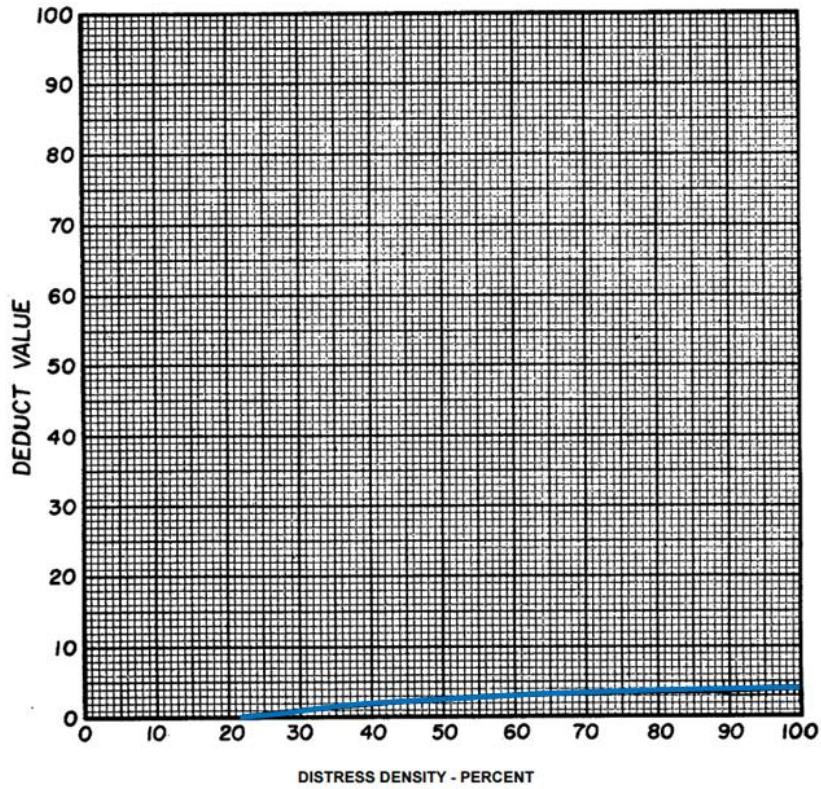
10.- PUNZONAMIENTO



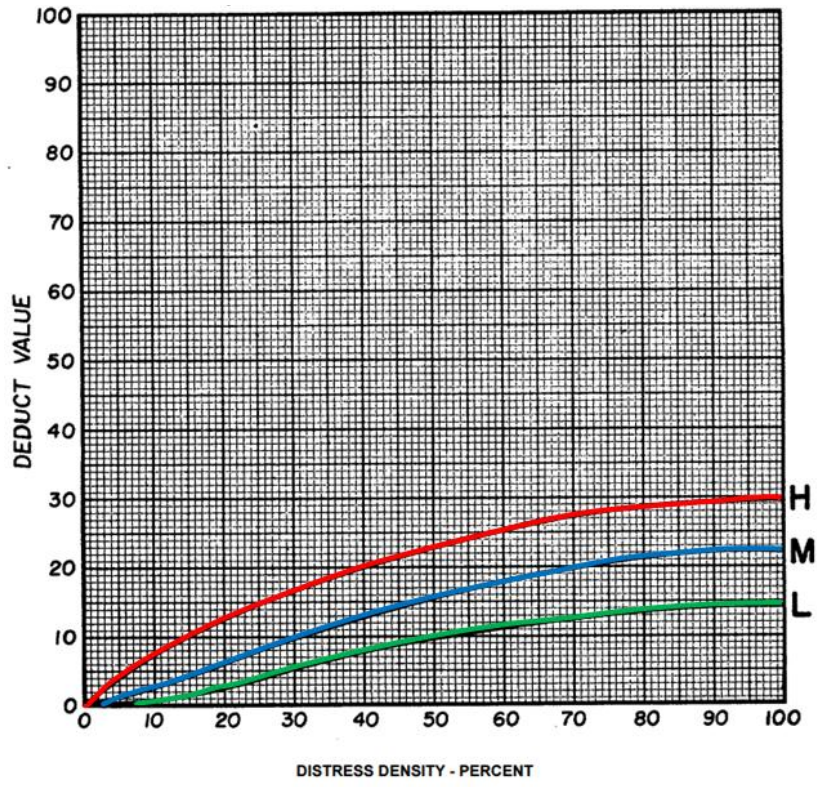
11.- DESCONCHAMIENTO



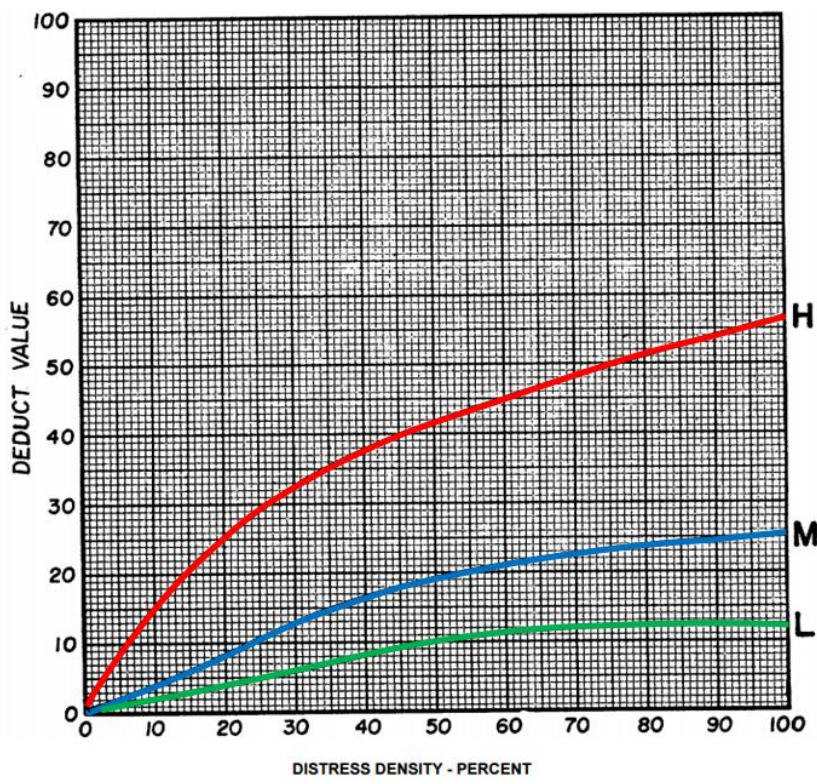
12.- GRIETAS DE RETRACCION



13.- DESCACARAMIENTO DE ESQUINAS



14.- DESCACARAMIENTO DE JUNTA



ANEXO N° 6: Formato para Inspección Visual

HOJA DE INSPECCION DE CONDICIONES PARA UNIDAD DE MUESTRA												
CALLE				CUADRA				MUESTRA				
DISTRITO				AÑO DE CONSTRUCCION				LONGITUD DE VIA	m			
PROVINCIA				ANTIGÜEDAD DEL PAVIMENTO				AREA TOTAL	m ²			
REGION					ANCHO	LARGO	AREA	N° DE PAÑOS	Und.			
EVALUADOR					(m)	(m)	(m)	FECHA				
				DIMENSIONES DEL PAÑO								
TIPO DE FALLA												
1	GRIETA DE ESQUINA	8	PULIMIENTO DE AGREGADO	DIAGRAMA DE CUADRAS								
2	LOSA DIVIDIDA	9	BOMBEO		A	B		A	B		A	B
3	ESCALA	10	PUNZONAMIENTO		IZQ.	DER.		IZQ.	DER.		IZQ.	DER.
4	SELLO DE JUNTA	11	DESCONCHAMIENTO									
5	GRIETA LINEAL	12	GRIETAS DE RETRACCIÓN			1						25
6	PARCHE GRANDE	13	DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA									
7	PARCHE PEQUEÑO	14	DESCASCARAMIENTO DE JUNTA									
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	NUMERO DE LOSAS	DENSIDAD	VALOR DE DEDUCCION								
1	L						2					26
	M											
	H											
2	L						3					27
	M											
	H											
3	L						4					28
	M											
	H											
4	L						5					29
	M											
	H											
5	L						6					30
	M											
	H											
6	L						7					31
	M											
	H											
8							8					32
9	L						9					33
	M											
	H											
10	L						10					34
	M											
	H											
11	L						11					35
	M											
	H											
12							12					36
13	L											
	M											
	H											
14	L											
	M											
	H											

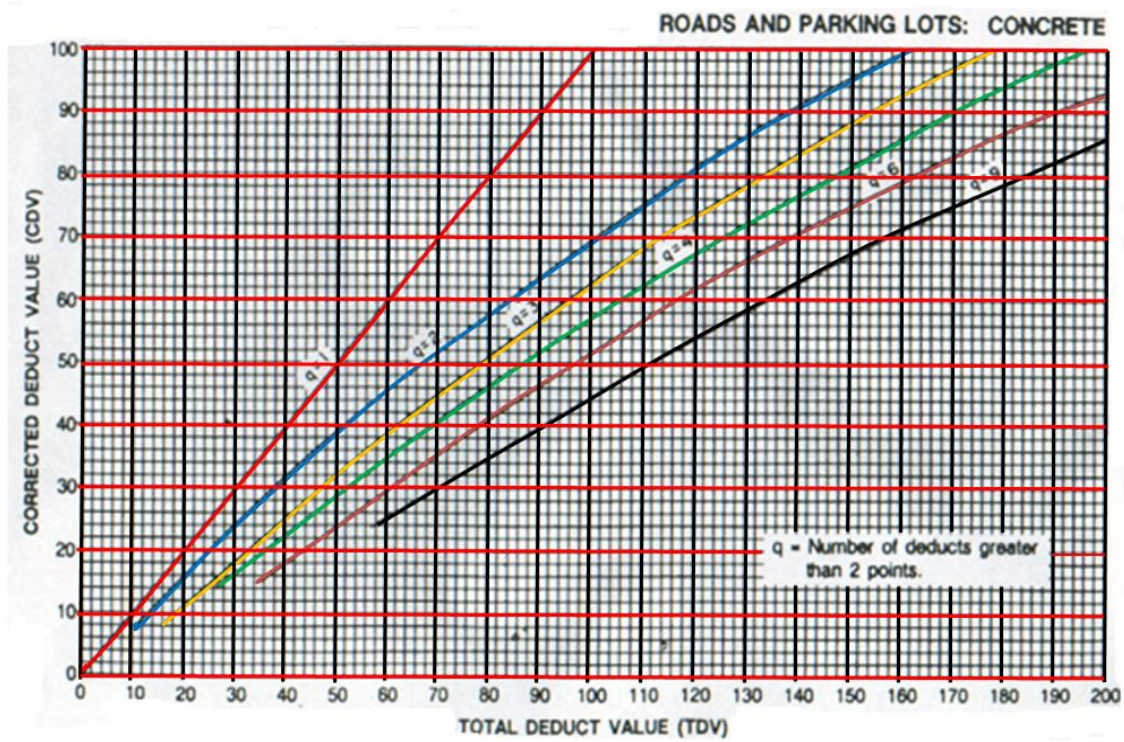
Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 7: Formato para el cálculo del valor deducido corregido

CÁLCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (VDC)											
DETERMINACION DEL NUMEROO MAXIMO DE FALLAS PERMITIDAS (m)											
$m = 1 + (9/95) * (100 - VAR)$											
Donde:											
m = Número Máximo Admisible de Valores Deducidos, incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10).											
VAR = Valor individual mas alto del valor deducido											
m =						Fracción =					
#	VALOR DE REDUCCION						TOTAL	q	VDC		
1	42	24	23	22	19	12	6				
2											
3											
4											
5											
6											
7											

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 8: Curvas para determinar el Valor Deducido Corregido para Concreto de Cemento Portland



Fuente: Vásquez L. (2002), editada

ANEXO N° 9: Vistas fotográficas de la identificación de los daños más relevantes por niveles de severidad

Fuente: Elaboración propia



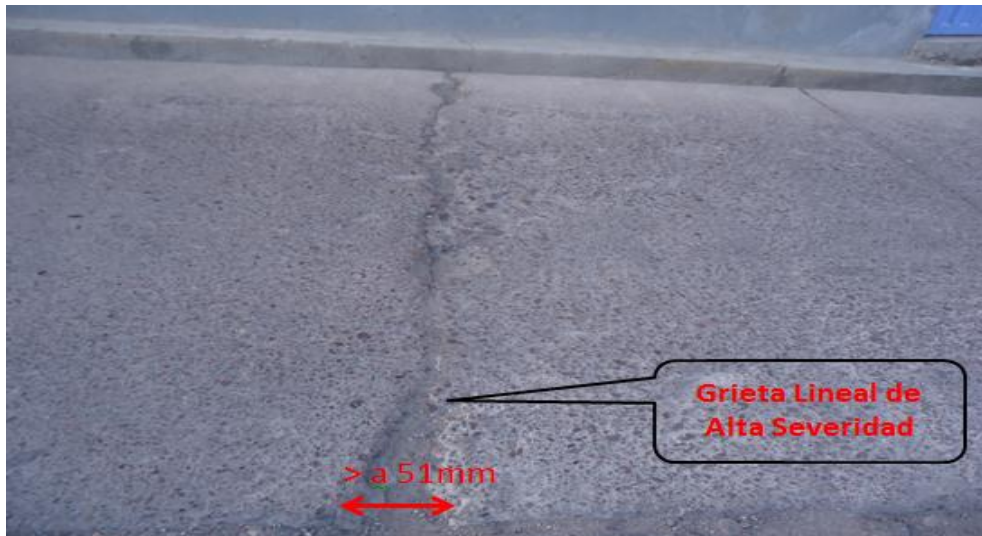
Identificación de la losa dividida de alta severidad



Identificación de losa dividida de media severidad



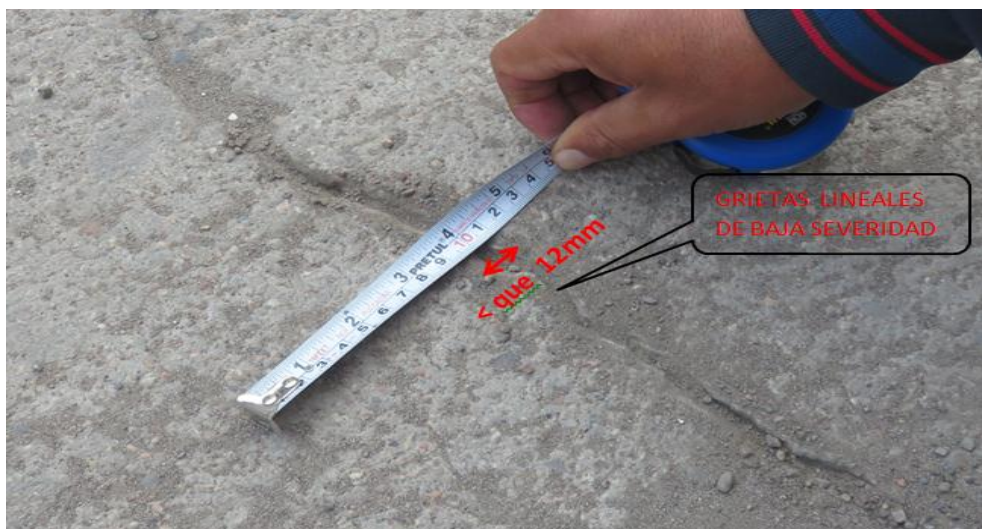
Identificación de losa dividida de baja severidad



Identificación de grieta lineal de alta severidad



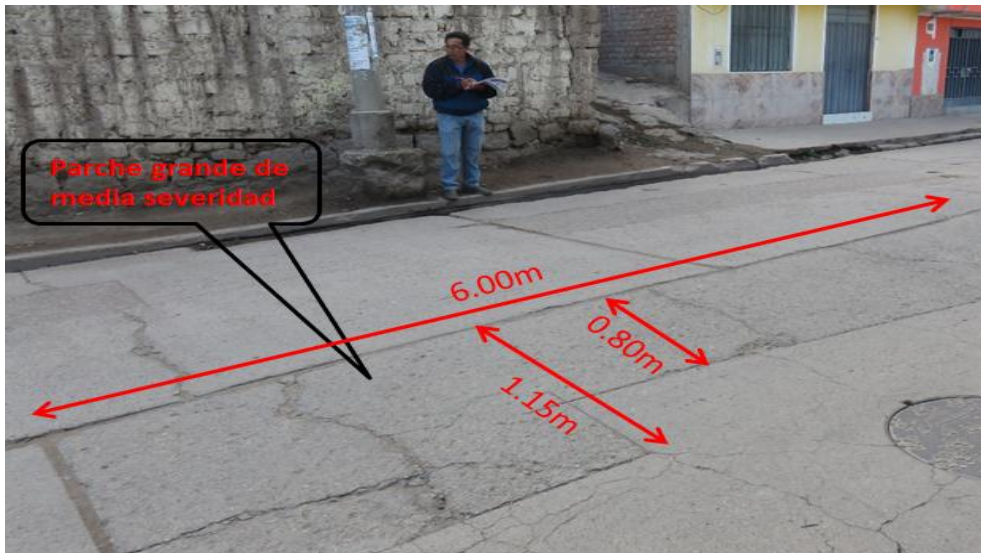
Identificación de grieta lineal de mediana severidad



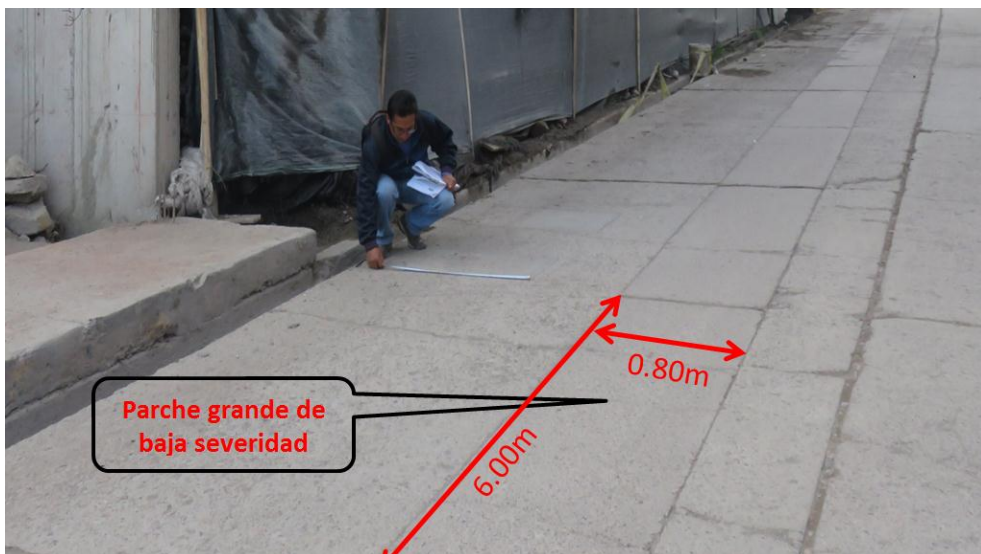
Identificación de grieta lineal de baja severidad



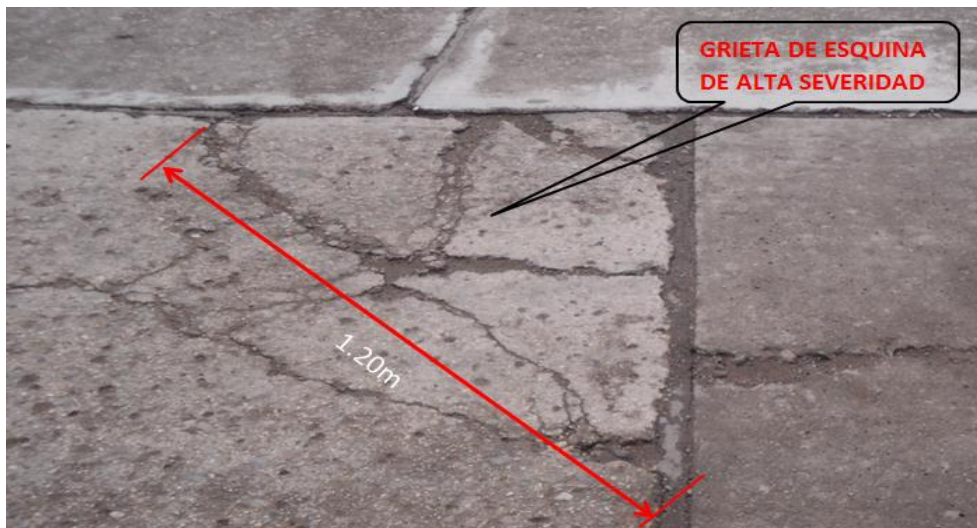
Identificación de parche grande de alta severidad



Identificación de parche grande de media severidad



Identificación de parche grande de baja severidad



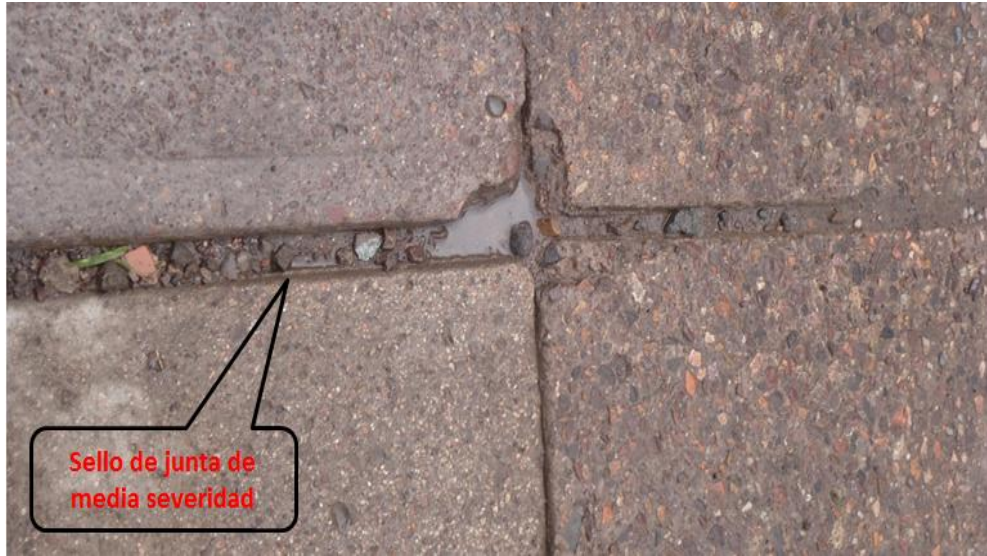
Identificación de grieta de esquina de alta severidad



Identificación de grieta de esquina de media severidad



Identificación de sello de junta de alta severidad



Identificación de sello de junta de media severidad



Identificación de pulimiento de agregado notable

ANEXO N° 10: Panel fotográfico complementario de la evaluación.

Fuente: Edición propia



Vista fotográfica del punto de inicio de la vía en estudio



Vista panorámica 4ta cuadra Av. Mariscal Cáceres



Vista panorámica Av. Carmen Alto 3ra cuadra



Vista panorámica 2da cuadra de la Av. Carmen Alto



Vista panorámica 1ra cuadra de la Av. Carmen Alto



Vista fotográfica del Km. 0+670.40 fin de la Av. Carmen Alto cuadra N° 1 y Inicio de la Av. Perú cuadra N° 1



Vista panorámica 1ra cuadra de la Av. Perú



Vista panorámica de la plazoleta de Carmen Alto



Vista panorámica calle Av. Perú, se muestra el local de la Municipalidad Distrital de Carmen Alto



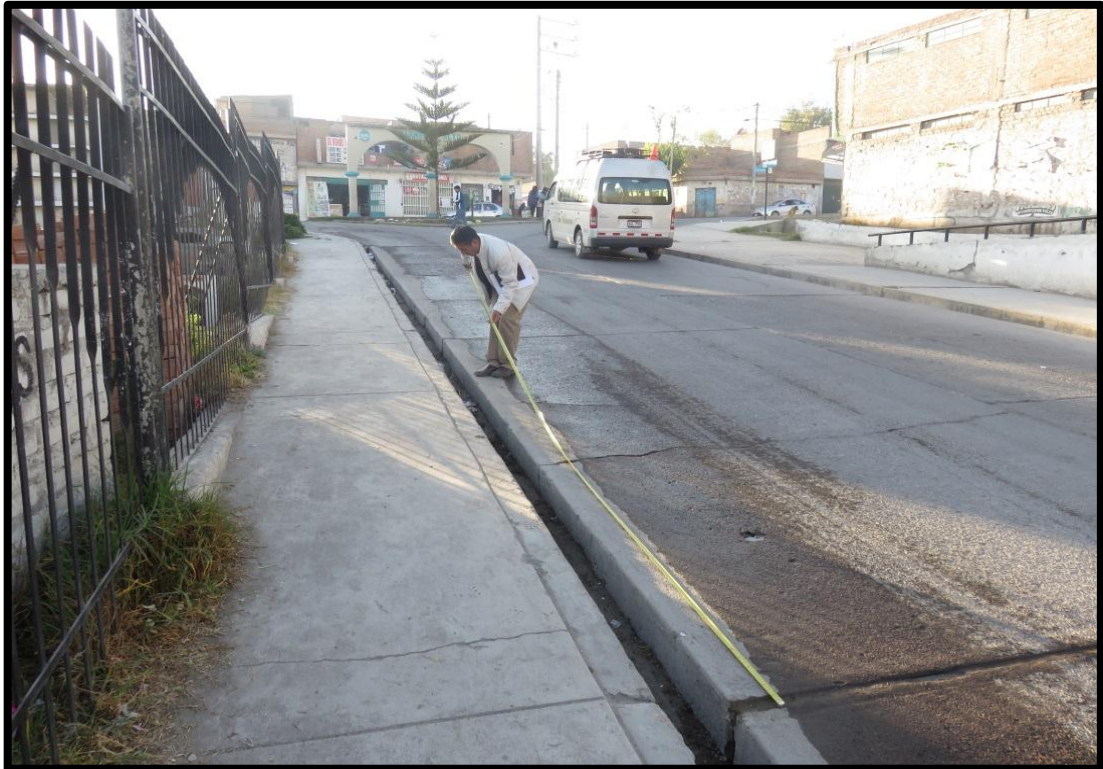
Vista fotográfica del Km. 0+820.40 fin de la Av. Perú cuadra N° 1 y Inicio de la Av. Mariscal Cáceres cuadra N° 1



Medición de grietas de esquina en la av. Mariscal Cáceres cuadra 1



Vista panorámica de la 1ra cuadra de la Av. Mariscal Cáceres.



Medición de los paños en la Av. Mariscal Cáceres.



Vista panorámica de la 4ta cuadra de la Av. Mariscal Cáceres.



Vista fotográfica del Km. 1+312.40 final del tramo de estudio Av. Mariscal Cáceres 4ta cuadra (Arco de Carmen Alto)



Vista panorámica del Arco de Carmen Alto fin del tramo de la vía en estudio