



UCT

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

**DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS
PATOLOGÍAS DEL CONCRETO PARA OBTENER
EL ÍNDICE DE INTEGRIDAD ESTRUCTURAL Y
CONDICIÓN OPERACIONAL DEL PAVIMENTO
RIGIDO EN EL JR. AYACUCHO DEL DISTRITO DE
CARMEN ALTO PROVINCIA DE HUAMANGA Y
DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, MAYO – 2019.**

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

AUTOR:

**CUBA ESCALANTE, PIO
ORCID: 0000-0001-9648-0106**

ASESOR:

**RETAMOZO FERNÁNDEZ, SAÚL WALTER
ORCID: 0000-0002-3637-8780**

**AYACUCHO - PERÚ
2020**

TÍTULO DE LA TESIS

DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL CONCRETO PARA OBTENER EL ÍNDICE DE INTEGRIDAD ESTRUCTURAL Y CONDICIÓN OPERACIONAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN EL JR. AYACUCHO DEL DISTRITO DE CARMEN ALTO PROVINCIA DE HUAMANGA Y DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, MAYO – 2019.

EQUIPO DE TRABAJO

AUTOR

Cuba Escalante, Pio
ORCID: 0000-0001-9648-0106
Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote
Estudiante de Pregrado
Ayacucho-Perú

ASESOR

Retamozo Fernández, Saúl Walter
ORCID: 0000-0002-3637-8780
Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote
Facultad de Ingeniería
Escuela profesional de Ingeniería Civil
Ayacucho-Perú

JURADO

Purilla Velarde, Jesús Luis
ORCID: 0000-0002-2103-3077
Esparta Sánchez, José Agustín
ORCID: 0000-0002-7709-2279
Sánchez Quiñones, Víctor Andrés
ORCID: 0000-0002-6949-864X

FIRMA DE JURADO Y ASESOR

Retamozo Fernández, Saúl Walter
ORCID: 0000-0002-3637-8780
Asesor

Purilla Velarde, Jesús Luis
ORCID: 0000-0002-2103-3077
Presidente

Esparta Sánchez, José Agustín
ORCID: 0000-0002-7709-2279
Miembro

Sánchez Quiñones, Víctor Andrés
ORCID: 0000-0002-6949-864X
Miembro

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por el don de la vida y por derramar muchas bendiciones, sabiduría e inteligencia, los cuales me han permitido concluir con mis objetivos y metas, sobre todo por haberme dado la fortaleza en los momentos difíciles.

Agradezco a mi tutor, el Ing. Saúl Walter Retamozo Fernández por su paciencia, dedicación, motivación, criterio y aliento, los cuales han hecho fácil lo difícil, de esta manera ha sido un privilegio poder contar con su ayuda y guía.

Agradezco a mis compañeros de estudio de la universidad y la carrera profesional de ingeniería civil por el acompañamiento, comprensión e interacción en los momentos y situaciones de aprendizaje y equipos de trabajo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primordialmente a Dios, por haberme dado la vida y permitido llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis queridos padres Oscar y Eulogia, quienes me dieron la fortaleza para continuar a través de sus oraciones y por el apoyo espiritual y moral.

Al Ing. Saúl Walter Retamozo Fernández por su comprensión y paciencia en conducirme, **“hasta lograr los objetivos y las metas trazadas.”**

RESUMEN

El pavimento del jr. Ayacucho cuadras del 1 al 6, tienen una antigüedad aproximada de 8 a 9 años de construcción, no presenta deterioros mayores, por lo cual está apto para el transporte pesado. El presente trabajo de tesis tiene como objetivo determinar el Índice de integridad estructural y condición operacional del pavimento rígido en el jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, mayo 2019, y que nos permita otorgar una rápida solución para la conservación y rehabilitación del mismo, a un costo mínimo y con los resultados más eficientes. El marco teórico que contiene esta tesis detalla los antecedentes históricos de estudios similares en el ámbito local, nacional e internacional, así como la definición y clasificación de los distintos tipos de pavimentos, también incluye el manual de daños donde podemos detallar las patologías existentes en los pavimentos de concreto rígido, su nivel de severidad, forma de medición y las opciones para su reparación. Esta tesis especifica la metodología, técnicas y los instrumentos que se utilizó para poder desarrollar el trabajo de forma eficiente, en la representación de los análisis de las muestras a través de esquemas y desarrollo de la inspección para la determinación del Índice de condición del pavimento rígido. En conclusión, se determinó que el pavimento rígido presenta 46% con patologías y 54% sin patologías, dando como resultado una calificación final del pavimento de **REGULAR** con **46.27%**.

Palabras clave: PCI, Pavimentos, Patologías.

ABSTRACT

The pavements of Jr. Ayacucho blocks from 1 to 6, have an approximate age of 8 to 9 years of construction, have no major deterioration for which they are suitable for heavy transport. This thesis work aims to determine the Index of structural integrity and operational condition of the rigid pavement in jr. Ayacucho of the district of Carmen Alto, province of Huamanga, department of Ayacucho, May 2019, and that allows us to grant a rapid solution for the conservation and rehabilitation of the same, at a minimum cost and with the most efficient results. The theoretical framework that contains this thesis details the historical background of similar studies at the local, national and international level, as well as the definition and classification of the different types of pavements, also includes the manual of damages where we can detail the existing pathologies in the Rigid concrete flooring, its severity level, measurement method and options for repair. In this thesis we specify the methodology, techniques and instruments that were used to carry out the work efficiently, in the representation of the analysis of the samples through schemes and development of the inspection for the determination of the Condition Index of the rigid pavement In conclusion, it was determined that the rigid pavement presents 46% with pathologies and 54% without pathologies, resulting in a final grade of the pavement **REGULAR** with **46.27%**.

Keywords: PCI, pavements, pathologies.

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO DE LA TESIS	i
EQUIPO DE TRABAJO	ii
FIRMA DE JURADO Y ASESOR	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
I INTRODUCCIÓN.	1
II REVISIÓN DE LA LITERATURA.	3
2.1 Antecedentes.	3
2.1.1 Antecedentes Locales.	3
2.1.2 Antecedentes Nacionales.	6
2.1.3 Antecedentes Internacionales.	15

	R. Descascaramiento de Esquina.	39
	S. Descascaramiento De Junta.	40
2.2.3	Tipos de Evaluación.	42
2.2.3.1	Evaluación superficial.	42
2.2.3.2	Evaluación funcional.	42
2.2.3.3	Evaluación estructural.	43
2.2.4	Método PCI (Pavement Condition Index).	43
2.2.4.1	Objetivos del método PCI (Pavement Condition Index).	43
2.2.4.2	Índice de condición de Pavimento (Pavement Condition Index).	44
2.2.4.3	Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento.	45
	A. Unidades de Muestreo.	47
	B. Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación.	47
	C. Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección.	48
	D. Evaluación de la Condición.	49
2.2.4.4	Cálculo del PCI de las unidades de muestreo.	49
	A. Cálculo para Pavimentos con Capa de Rodadura en Concreto de Cemento Pórtland.	50
2.2.4.5	Desarrollo del método PCI (Pavement Condition Index).	51
2.2.4.6	Procedimiento de Evaluación de la condición del pavimento.	52
2.2.4.7	Hoja de Inspección de Unidad de muestra.	53

III HIPÓTESIS.	54
3.1 Hipótesis general.	54
3.2 Hipótesis específicas.	54
IV METODOLOGÍA.	55
4.1 Diseño de la investigación.	55
4.2 Población y muestra.	55
4.2.1 Población.	55
4.2.2 Muestra.	55
4.3 Definición y operacionalización de variables e indicadores.	55
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	57
4.4.1 Técnicas.	57
4.4.1.1 Técnicas de evaluación visual.	57
4.4.2 Instrumentos.	57
4.4.2.1 Cámara fotográfica.	57
4.4.2.2 Cuaderno para la toma de apuntes.	57
4.4.2.3 Planos de Planta.	57
4.4.2.4 Wincha.	57
4.4.2.5 Libros y/o manuales de referencia.	57
4.4.2.6 Equipos topográficos.	58
4.5 Plan de análisis.	58
4.6 Matriz de consistencia.	58
4.7 Principios éticos.	60
V RESULTADOS.	61
5.1 Resultados.	61
5.2 Análisis de resultados.	75
VI CONCLUSIONES.	77

ASPECTOS COMPLEMENTARIOS.	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXOS	81

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1	Etapas importantes que lo componen como lo son la auscultación estructural y el retro cálculo en pavimento rígido. Fuente: (Sergio Blass, 2015).	20
2.2	Presencia de Blowup-Buckling en Pavimento Rígido. Fuente: (Elaboración Propia).	23
2.3	Presencia de Grieta de esquina en Pavimento Rígido. Fuente: (Elaboración Propia).	24
2.4	Presencia de Losa dividida en Pavimento Rígido. Fuente: (Elaboración Propia).	25
2.5	Presencia de escala en Pavimento Rígido. Fuente: (Elaboración Propia).	27
2.6	Presencia de daño de la junta en Pavimento Rígido. Fuente: (Elaboración Propia).	29
2.7	Presencia de Grietas lineales en Pavimento Rígido. Fuente: (Elaboración Propia).	31
2.8	Presencia de parche grande en Pavimento Rígido. Fuente: (Elaboración Propia).	33
2.9	Presencia de parche pequeño en Pavimento Rígido. Fuente: (Elaboración Propia).	34
2.10	Presencia de Punzonamiento en Pavimento Rígido. Fuente: (Elaboración Propia).	37
2.11	Hoja de Inspección de Unidad de muestra, con este formato se puede evaluar los daños en el Pavimento. Fuente: (Elaboración Propia).	46
2.12	Hoja de Inspección de Unidad de muestra, con este formato se puede evaluar los daños en el Pavimento. Fuente: (Elaboración Propia).	53
5.1	Índice de condición operacional del pavimento rígido de la muestra N° 01. Fuente: (Elaboración Propia).	65
5.2	Distribución de patologías en la Muestra N° 01. Fuente: (Elaboración Propia).	65

5.3	Índice de condición operacional del pavimento rígido de la muestra N°	
	02. Fuente: (Elaboración Propia).	69
5.4	Distribución de patologías en la Muestra N° 02. Fuente: (Elaboración Propia). .	69
5.5	Índice de condición operacional del pavimento rígido de la muestra N°	
	03. Fuente: (Elaboración Propia).	74
5.6	Distribución de patologías en la Muestra N° 03. Fuente: (Elaboración Propia). .	74
5.7	Pavimentos con patología y sin Patología. Fuente: (Elaboración Propia).	75
5.8	Porcentaje de patologías. Fuente: (Elaboración Propia).	76
5.9	Nivel de severidad de muestras. Fuente: (Elaboración Propia).	76

ÍNDICE DE TABLAS

2.1	Niveles de severidad en losa dividida. Fuente: (Luis Vasquez, 2015).	26
2.2	Escala de los niveles de severidad. Fuente: (Luis Vasquez, 2002).	28
2.3	Niveles de severidad de punzonamiento Fuente: (Luis Vasquez, 2002).	37
2.4	Niveles de severidad de descascaramiento de esquina Fuente: (Luis Vasquez, 2002).	40
2.5	Niveles de Severidad de descascaramiento de junta Fuente: (Luis Vasquez, 2002).	41
2.6	Rangos de Calificación del PCI Fuente: (Luis Vasquez, 2002).	45
2.7	Valor de reducción corregido. Fuente: (Luis Vasquez, 2002).	51
4.1	Matriz de operacionalización de variables. Fuente: Elaboración propia.	56
4.2	Matriz de consistencia. Fuente: Elaboración propia.	59
5.1	Evaluación de la muestra N° 01 (cuadra 02) del pavimento rígido del Jr. Ayacucho. Fuente: (Elaboración Propia).	62
5.2	Patología de la muestra N° 01 (cuadra 02) del pavimento rígido del jr. Ayacucho. Fuente: (Elaboración Propia).	63
5.3	Presencia de Grieta de esquina en Pavimento Rígido. Fuente: (Elaboración Propia).	64
5.4	Evaluación de la muestra N° 02 (cuadra 04) del pavimento rígido de jr. Ayacucho. Fuente: (Elaboración Propia).	66
5.5	Patología de la muestra N° 02 (cuadra 04) del pavimento rígido del jr. Ayacucho. Fuente: (Elaboración Propia).	67

5.6	Interpolación del valor deducido corregido para la unidad de la muestra N° 02 (cuadra 04) del pavimento rígido de jr. Ayacucho. Fuente: (Elaboración Propia).	68
5.7	Evaluación de la muestra N° 03 (cuadra 06) del pavimento rígido del Jr. Ayacucho. Fuente: (Elaboración Propia).	70
5.8	Patología de la muestra N° 03 (cuadra 06) del pavimento rígido del jr. Ayacucho. Fuente: (Elaboración Propia).	71
5.9	Patología de la muestra N° 03 (cuadra 06) del pavimento rígido de jr. Ayacucho. Fuente: (Elaboración Propia).	72
5.10	Interpolación del valor deducido corregido para la unidad de la muestra N° 03 (cuadra 06) del pavimento rígido del jr. Ayacucho. Fuente: (Elaboración Propia).	73

I. INTRODUCCIÓN.

El pavimento rígido es considerado un bien público de mucha ayuda para la población y para el desarrollo social de cada ciudad, son usadas para el tránsito vehicular, es por eso que se da la necesidad de ejecutar estudios concernientes a su elaboración, ejecución, y mantenimiento.

Por tal motivo en la presente tesis se planteó el siguiente **problema** de Investigación: ¿Cuál es el índice de integridad estructural y condición operacional del pavimento rígido en el jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, mayo 2019?.

El **objetivo general** es determinar el Índice de integridad estructural y condición operacional del pavimento rígido en el jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, mayo 2019. Los **objetivos específicos** son: determinar y evaluar las patologías del concreto que presenta el pavimento rígido del jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto, determinar el índice de condición operacional en el pavimento rígido del jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto y obtener el Índice de integridad estructural para dicho pavimento rígido del jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto.

La presente investigación se **justifica** por la necesidad de conocer el estado actual de la superficie del pavimento rígido, el índice de integridad estructural y condición operacional del pavimento rígido en el jr. Ayacucho en las cuadras del 1 al 6. El índice de integridad estructural del pavimento rígido en estudio presenta un promedio de **52** de PCI, según el rango de clasificación del PCI la estructura se encuentra en un nivel de severidad **BUENA**.

La **metodología** que se ha utilizado es correlacional, no experimental, transversal descriptivo; se utilizó el método del PCI para determinar el Índice de integridad estructural y Condición del pavimento rígido, de las pistas en el jr. Ayacucho en las cuadras del 1 al 6, aplicando las evaluaciones y determinando los tipos de fallas patológicas en dichos pavimentos. Los tipos de patologías que han sido identificadas, y las causas que lo originan tienen un grado de severidad el cual nos indicará el grado de afectación de cada clase de daño, nivel de severidad y densidad que tiene sobre la condición de la superficie del pavimento rígido en el jr. Ayacucho, distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento Ayacucho. Los pavimentos del jr. Ayacucho cuadras del 1 al 6, tienen una antigüedad aproximada de 8 a 9 años de construcción, es por tal motivo que las muestras (01,02,03) no tienen deterioros mayores, éstas muestras están aptas para el transporte pesado, según su análisis, dando como resultado una calificación final del pavimento de **REGULAR** con **46.27%**.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA.

2.1 Antecedentes.

2.1.1 Antecedentes Locales.

DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL CONCRETO PARA OBTENER EL ÍNDICE DE INTEGRIDAD ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO Y CONDICIÓN OPERACIONAL EN LA AVENIDA PERÚ DEL DISTRITO DE CARMEN ALTO, PROVINCIA DE HUAMANGA, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, AGOSTO - 2016. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal determinar el Índice de integridad estructural y así tener la condición operacional de la superficie del pavimento, a través de la evaluación de patologías presentadas en la vía, para lo cual se basó en investigaciones nacionales e internacionales relacionadas a la presente investigación, todo ello aportó para dar solución a la problemática de la investigación. Su metodología fue del tipo descriptivo porque describen los hechos como son observados, sin alterarla, predominantemente cuantitativo porque permite examinar los datos de manera numérica, sobre todo en el campo de la estadística, y además el diseño de investigación fue no experimental porque se estudia el problema y se analiza sin recurrir a laboratorio. Finalmente, la presente investigación concluyó que la avenida Perú presentó un Índice de integridad estructural de **14**, la misma que según los rangos de condición operacional, nos muestra un pavimento en estado **MUY MALO** [1].

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. 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 [2].

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN OPERACIONAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO, APLICANDO EL MÉTODO DEL PCI, EN LAS PISTAS DEL JR. CALLAO CUADRA 3 Y 4, Y PROLG. JR. CALLAO CUADRA 5 Y 6 DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, JUNIO – 2017. La presente tesis tuvo como objetivo general: determinar la condición actual del pavimento rígido del jr. Callao cuadra 3 y 4, y

Prolg. jr. Callao cuadra 5 y 6, del distrito de Ayacucho de la provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho. La metodología de investigación utilizada fue de tipo básico y nivel descriptivo con un enfoque cuantitativo y con un diseño no experimental transversal. En la investigación realizada se determinó siguiendo procedimientos de identificación, clasificación y evaluación de las patologías, a través de una inspección visual de las cuatro unidades de muestras investigadas, el análisis de los registros de las patologías y el cálculo del Índice de condición del pavimento, obteniendo los siguientes resultados: la determinación del porcentaje de fallas más frecuentes en la secuencia siguiente; 31,50% con la falla de la grieta lineal, 21,50% con la falla de parcheo grande; 17,00% con la falla de losa dividida; 4,00% con la falla de descascaramiento de juntas; 10,00% con la falla de grieta de esquina y 4,00% con la falla de punzonamiento, respectivamente. Así mismo la unidad de Muestra U1 obtuvo un PCI de 44,00, le corresponde un estado de condición Regular; la Muestra U2 tiene una condición Bueno con un PCI de 59,00; Muestra U3 presenta una condición Regular con un PCI 52,00; Muestra U4 obtuvieron un PCI 24,00 de condición Muy Malo, respectivamente. Finalmente, concluimos que la condición actual del pavimento rígido promedio a través del cálculo del índice de condición del pavimento es de PCI = 45, lo cual nos permite determinar que se encuentra dentro del rango de clasificación regular [3].

DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, PARA OBTENER EL ÍNDICE DE INTEGRIDAD ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y CONDICIÓN OPERACIONAL DE LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LA AVENIDA CARLOS LA TORRE CORTÉZ, DISTRITO DE HUANTA, PROVINCIA DE HUANTA, REGIÓN AYACUCHO, AGOSTO – 2016. La presente tesis, evaluó cada una de las patologías del pavimento flexible, determinando la obtención del índice de integridad estructural “PCI” y la condición operacional de la superficie de rodadura de la avenida Carlos la Torre Cortéz, del distrito de Huanta, provincia de Huanta, región Ayacucho al mes de

agosto del año 2016; cuyo objetivo principal estuvo relacionada con el estudio de las patologías en cada unidad de muestra y determinación del PCI para dichas unidades permitiéndonos determinar la condición operacional de la superficie de rodadura en el tramo vial estudiado; para lo cual se tomó de base las investigaciones nacionales e internacionales relacionadas a la presente investigación, que aportó a dar solución a la problemática de la investigación. Del mismo modo, la metodología utilizada en el presente trabajo fue del tipo descriptivo porque describe la realidad sin alterarla, predominantemente cuantitativo porque permitió generar datos de campo para su evaluación y con un nivel de diseño de investigación no experimental, porque estudia el problema y analiza sin recurrir a un análisis de laboratorio y transversal porque se analiza en el periodo agosto 2016.; finalmente se concluyó que los primeros 500 metros de la avenida Carlos la Torre cortéz presentó un índice de integridad estructural de 34, clasificado en la escala de gradación como un pavimento en estado malo [4].

2.1.2 Antecedentes Nacionales.

DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL CONCRETO PARA OBTENER EL ÍNDICE DE INTEGRIDAD ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO Y LA CONDICIÓN OPERACIONAL DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JIRÓN CAHUIDE, DISTRITO DE CALLERIA, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO, DEPARTAMENTO DE UCAYALI. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal: determinar y evaluar las patologías del pavimento para obtener el índice de integridad estructural y condición operacional de la superficie del pavimento rígido del jirón Cahuide, en el distrito de Calleria, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali. La metodología que se ha utilizado es correlacional, no experimental, transversal-descriptivo; se utilizó el método del PCI. El jirón Huáscar posee siete (7) cuadras; dos (2) de ellas son de rodadura asfáltica; se evaluaron las cinco (5) cuadras, con un total de 254 losas y un área evaluada de $6985 m^2$. El autor llega al resultado;

consta de diez (10) unidades de muestras; dichas muestras evaluadas, son: muestra 01 un PCI 73.00 de condición Muy bueno, muestras 06 y 07 con PCI de 58.00 y 08 un PCI 68.00 de condición Bueno, las muestras 02, 04, 05 y 09 de condición Malo y las muestras 03 con PCI de 16.00 y 10 con PCI 19.00 de condición Muy malo. El estudio ha llegado a la siguiente conclusión: el jirón Huáscar presenta una condición **REGULAR** con PCI promedio de **42.00**; el 40.00% representa una condición Muy buena, 33.00% condición Bueno, 17.00% condición Malo y 10.00% de condición Muy malo. El mayor PCI es 73.00 y le corresponde a muestra 01 la menor le corresponde a muestra 03 con un PCI de 16.00 [1].

ANÁLISIS DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA DE EVITAMIENTO NORTE, UTILIZANDO EL MÉTODO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO, CAJAMARCA - 2014. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal el análisis del estado de conservación del pavimento, realizar el inventario de los diferentes tipos de fallas, determinar el nivel de severidad de cada uno de los tipos de fallas y determinar el índice de condición del pavimento para cada tramo homogéneo. Finalmente, tomando todas las unidades de muestra sin distinción de tramos, se calcula el PCI ponderado de los 2400 metros de la Vía de Evitamiento Norte, resultado igual a **49**, es decir, que el estado real del pavimento de la vía analizada es **REGULAR**. Llegando a la conclusión que el pavimento flexible de la vía de Evitamiento Norte entre el Jirón San Ginez y la Antigua Vía de Evitamiento Norte de la ciudad de Cajamarca en el año 2014, tiene un valor de pci = 49 y en concordancia con la escala de evaluación del pci, se concluye que el estado actual de dicho pavimento es Regular. Se recomienda ampliar el estudio de evaluación de fallas en los pavimentos flexibles de la ciudad de Cajamarca para detectar los tramos más deteriorados y así poder tomar medidas de reparación y mantenimiento de acuerdo a los tipos de falla que presenten. Se recomienda realizar una rehabilitación integral de la vía en estudio, ya que se necesita hacer que nuestra vía vuelva a tener las mismas o mejores condiciones de servicio que las que tenía cuando comenzó su

vida útil. Teniendo en cuenta el nivel de tráfico de la vía en estudio, se debe realizar un ensanche de vía de 1m. Aproximadamente a cada lado correspondiente a la berma o plantear un mejoramiento de las bermas, para así evitar la presencia de grietas de borde. Se debe plantear obras de drenaje, para evitar la colmatación y sedimentación a lo largo de la vía como son cunetas, Badenes, alcantarillas. Para una mayor precisión en los resultados se recomienda tomar todas las unidades de muestra en el cálculo del PCI [5].

DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL NIVEL DE INCIDENCIA DE LAS PATOLOGÍAS DEL CONCRETO EN LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS DE LA PROVINCIA DE HUANCABAMBA, DEPARTAMENTO DE PIURA. Uno de los objetivos primordiales de los organismos encargados de planificar y/o ejecutar obras, concernientes al mejoramiento y conservación de la red vial con superficies de rodadura a nivel afirmado, asfaltado, pavimentos rígidos, debería ser básicamente mejorar la superficie de rodadura de estos caminos a través de la ejecución de soluciones innovadoras, que beneficien a zonas de alto impacto social y productivo, siendo además estas soluciones de bajo costo si se compara con las obras de mantenimiento periódico tradicionales. Teniendo como resultado principal: la determinación y ubicación del área de estudio, determinación de los tipos de patologías existentes en las plataformas deportivas de las instituciones educativas estatales del nivel secundario del distrito de Castilla, determinación del Índice de condición de pavimento para cada plataforma deportiva de las instituciones educativas estatales del nivel secundario del distrito de Castilla. Se concluye que el Índice promedio de condición del pavimento de la provincia de Huancabamba es del 50% correspondiendo a un nivel de regular o estado regular. Los pavimentos sufren grandes desperfectos por la mala ejecución, la calidad de los agregados de la zona, la inclemencia del tiempo [6].

DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL CONCRETO PARA OBTENER EL ÍNDICE DE INTEGRIDAD ESTRUCTURAL Y CONDICIÓN OPERACIONAL DE LA SUPERFICIE DE LA PISTA EN LA

AVENIDA TUPAC AMARU, DISTRITO DE MANANTAY, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO, DEPARTAMENTO DE UCAYALI -ABRIL 2016. El presente trabajo de investigación tuvo como problema de investigación: ¿En qué nivel de la determinación y evaluación de las patologías de concreto para obtener el índice de integridad estructural del pavimento y condición operacional de la superficie de la pista de la avenida Túpac Amaru, Distrito de Manantay, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali?. La metodología de la investigación empleada fue descriptivo, no experimental y de corte transversal. Nivel de investigación, descriptivo, explicativo y correlacionado. Su objetivo general fue determinar el tipo y nivel de las patologías y el índice de integridad estructural del pavimento y condición operacional de la superficie de la pista en estudio, a partir de la determinación y evaluación de las patologías encontradas en dicho pavimento. Concluyéndose que el pavimento rígido en estudio presenta patologías, siendo los más recurrentes pulimentos de agregados, daño de sello de junta, grietas en esquina, punzonamiento y descascamiento de junta, obteniendo un PCI promedio de 39.21 que nos indica que la condición operacional del pavimento es malo. El trabajo se realizó con mucha dedicación y esperamos que sirva como material de consulta a estudiantes de Pregrado y Posgrado, respecto a los procedimientos a considerar a la hora de determinar y evaluar la condición de un pavimento [7].

DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO EN EL BARRIO DE VILLON ALTO – DISTRITO DE HUARAZ – PROVINCIA DE HUARAZ – REGIÓN ANCASH. La presente investigación tiene el propósito de determinar y evaluar las patologías del pavimento rígido para así conocer el estado actual en que se encuentre dicha estructura. Luego de la inspección visual realizada a las calles del barrio de Villón Alto, se encontró en total 12 de las patologías estimadas por el método del PCI. Son 04 las patologías y/o lesiones que tienen mayor presencia los cuales podemos nombrar: grieta lineal con una incidencia del 23%, descascamiento de junta con

una incidencia del 17%, seguido por el descascaramiento de esquina con incidencia del 15% y finalmente el pulimento de agregados con incidencia de 12%. En menor grado de incidencia son las siguientes: grieta de esquina y losa dividida con 7.7% cada uno, grieta de durabilidad "D" con 5.8% y Blow up / Buckling, escala, parcheo grande, Popouts, punzonamiento y desconchamiento con 1.9% cada uno. Las grietas lineales (grietas longitudinales, transversales y diagonales) que tienen el mayor porcentaje de incidencia, es debido al tránsito constante de vehículos livianos y pesados, principalmente en las avenidas Pedro Villón y Mrcl Toribio de Luzuriaga en dichas vías es evidente la presencia de estas lesiones. El Descascaramiento de junta se ha observado casi en todas las avenidas y jirones los cuales han sido causados por (1) la repetida carga de vehículos pesados en las avenidas de mayor tráfico y (2) en los jirones podemos presumir a que estas calles no han sido diseñadas para resistir cargas elevadas repentinamente, el concreto que se utilizo fue pobre y finalmente por algunos agentes químicos y orgánicos. El descascaramiento de esquina ocurre también por lo descrito en el párrafo anterior y a su vez por disminución del sello asfáltico entre los paños de los pavimentos que al entrar en contacto con algún vehículo por acciones mecánicas hacen que se debilite, originando la fatiga y el desgaste de los vértices. El pulimento de agregados, originado por la acción mecánica de los vehículos (tonelaje y frenado) las cuales al friccionarse con 128 la superficie del pavimento disminuyen los finos haciendo notar las partículas gruesas que a su también son debilitados; también podemos considerar que estas lesiones son producidos por fenómenos naturales es decir por las precipitaciones pluviales de gran avenida los cuales son acompañados de lodo y material pétreo los mismos que erosionan la superficie del pavimento. Las grietas de esquina, la losa dividida, los Popouts, y punzonamiento, son lesiones que se producen generalmente cuando los pavimentos están sometidos a cargas. Los hundimientos producto de la falta una adecuada compactación, además de la mala calidad del suelo en ciertos sectores que no garantizan el soporte a las cargas que van estar sometidas los pavimentos. La Escala, es producido por la inadecuada o baja

compactación de los suelos (Sub-base), es decir aquello acarrea al asentamiento del pavimento. También la presencia de diversas fluctuaciones de temperatura origina el debilitamiento e interacción molecular interna como las heladas (congelamiento y descongelamiento) hace q se produzca el fenómeno de Grieta de Durabilidad “D” [8].

EVALUACIÓN ECONÓMICA EN EL CICLO DE VIDA DEL PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE EN LAS VÍAS ARTERIALES Y COLECTORAS DEL DISTRITO DE AYACUCHO. Los actuales criterios de conservación desarrollados por la MPH a través de la UGRS para los pavimentos, hace que la capacidad funcional de las vías sea deficiente frente a los factores característicos propios de la zona, debido a esto, el propósito del presente trabajo es determinar un tipo de pavimento que otorgue mayor serviciabilidad con menor costo económico, tanto para la entidad administradora de los pavimentos como para los usuarios. Para ello, se evalúa ocho calles entre arteriales y colectoras del distrito de Ayacucho, considerando para cada vía analizada, dos alternativas de pavimentos correspondientes al pavimento rígido y flexible, ambas propuestas bajo un criterio de conservación que garantice las características superficiales de los pavimentos exigidos por el MTC (2013), y una alternativa base que corresponde a un pavimento flexible bajo las condiciones actuales de conservación realizado por la MPH respecto al cual se harán las evaluaciones través del software HDM-4, haciendo uso de los modelos mecánicos empíricos desarrollados por el Banco Mundial, para determinar el progreso del deterioro y efectos de las actividades de mantenimiento sobre la vía, así como también determinar los costos por actividades de conservación y los efectos económicos en los usuarios por costo de operación vehicular y pérdidas en el tiempo de viaje, este flujo de costos, permite determinar que el pavimento rígido es la mejor alternativa frente a un pavimento flexible según los indicadores de rentabilidad obtenidos. Sobre la base del estudio realizado, se concluye que: en el 87.5% de los casos evaluados, la construcción de un pavimento rígido (alternativa 1) es más rentable que la construcción de un pavimento flexible (alternativa 2) para las vías arteriales y colectoras del distrito de Ayacucho [9].

EVALUACIÓN DEL EMPLEO DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO EN LOS PAVIMENTOS: IMPACTO TÉCNICO Y ECONÓMICO. En la presente investigación se ha desarrollado el estudio del concreto compactado con rodillo en los pavimentos, para ello se ha realizado el diseño de mezcla CCR empleando la filosofía de compactación de suelos (Proctor Modificado Método C), con los mismos materiales que se viene usando en el Proyecto Pistas y Veredas en el sector Villa San Cristóbal - Jesús Nazareno - Ayacucho, el cual se toma como proyecto de aplicación. Para el diseño de mezcla CCR se determinó la granulometría del agregado grueso y fino, en base a estos se estimó la combinación más favorable a usar, luego se determinó el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca, variando los contenidos de cemento (12%, 14% y 16%), finalmente se confecciona los especímenes cilindros que serán ensayados a la resistencia a compresión. De los resultados obtenidos con el concreto compactado con rodillo, se elige la proporción de mezcla que cumpla con la resistencia de diseño del pavimento de la aplicación práctica ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$), luego se procede a calcular los costos unitarios de las partidas para el pavimento CCR, que al ser evaluadas y comparadas frente a la alternativa de concreto convencional, se obtiene un ahorro de 10.7%, considerando que en el tratamiento de juntas del CCR, se propuso el empleo de sellantes elásticos de poliuretano, que tienen un mejor comportamiento y resultan más costosas que las juntas asfálticas del proyecto en aplicación. Con el desarrollo de esta investigación se concluye que: el empleo de concreto compactado con rodillo en los pavimentos es relativamente nueva, si bien hay experiencias que datan de hace mucho, en nuestro medio aún no es de conocimiento masivo. Los altos rendimientos de colocación y la economía lograda frente a los pavimentos de concreto convencional, como se demostró en la investigación, hacen del CCR una alternativa potencial de aplicación [10].

EVALUACIÓN DEL DISEÑO DE LOSAS CORTAS (TCP) EN PAVIMENTOS SEGÚN TENSIONES. En la presente investigación se desarrollo el estudio las losas cortas TCP, para ello se realizó la recolección de información

del material de préstamo, diseño de mezcla y resultados de resistencia de rotura del concreto. A si mismo se realizaron cálculos para determinar los coeficientes de balasto k de la subbase según el Manual de Carreteras (sección suelos y pavimentos) y las variaciones de temperatura con las fórmulas empleadas en E.E U.U las cuales están ajustadas a su realidad, pero para la presente investigación se usaron datos de la realidad de la región. Con ello se determinó los gradientes de temperatura c/cm positiva y negativa, y por último se realizó la distribución de cargas por eje del camión C3. Para el diseño TCP se verifico que las propiedades que deben de cumplir los materiales de préstamo es contener material fino menor o igual al 8% esto se logra cuando el material se encuentra dentro de la gradación 'A', la cantera analizada para el proyecto Villa San Cristóbal cumple con estas propiedades por ello fue considerado como apto para el presente diseño. Con todos los datos recabados se realizaron los análisis con el software SAP 2000 encontrándose resultados de tensiones para el diseño TCP menores que al diseño de AASHTO ello se logro con la reducción de las dimensiones de .las losas esto permitió a que las ruedas o un set de ruedas actúen de manera independiente en cada losa lo cual no ocurre en el AASHTO. Estas reducciones de tensiones permitieron reducir los espesores en 3 cm con ello se logro obtener tensiones semejantes a los obtenidos en losas tradicionales. En cuanto a deformaciones por carga resultar: on ser mayores, mientras para las deformaciones por alabeo resultaron ser menores a los obtenidos por diseño tradiciona. Basándose en la información recopilada, el análisis de ésta y el diseño comparativo planteado en un tramo de prueba, se puedo concluir que el empleo del diseño 'TCP' en los pavimentos es relativamente nueva, si bien hay experiencias en los países de Chile, Guatemala y obras privadas en Perú. A pesar de ello en nuestro medio aún no es de conocimiento masivo. El alto rendimiento de colocación y la economía lograda frente a los pavimentos de concreto convencional, debido a la reducción de espesores con la misma vida útil como se demostró en la investigación, hacen del Diseño TCP una alternativa potencial de aplicación [11].

DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CALLE LIMA DEL ASENTAMIENTO HUMANO SAN PEDRO, DISTRITO PIURA, PROVINCIA DE PIURA Y DEPARTAMENTO DE PIURA, NOVIEMBRE 2017. La presente tesis tiene como finalidad la evaluación y la determinación de las incidencias de las patologías existentes en el pavimento flexible de la calle Lima del asentamiento humano San Pedro del distrito de Piura, Provincia de Piura, Departamento de Piura. La cual permitirá obtener un índice de condición y estado actual del pavimento. La calle Lima del asentamiento humano San Pedro se ubica entre la av. Don Bosco y la calle Pisco. Teniendo una longitud de 800m y un ancho de calzada de 6m con un área de $4800m^2$ de pavimento asfáltico a evaluar, la cual presenta diversos tipos de fallas como huecos, parches, desprendimientos de agregados, pulimento de agregados, piel de cocodrilo, etc. Para la determinación y evaluación de las patologías del pavimento flexible de la calle Lima el área de estudio a evaluar se dividió en 21 unidades de muestreo cada una con un área de $228.6m^2$. Dichas unidades de muestreo fueron evaluadas mediante el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI), donde se realizó un estudio visual descriptivo para identificar cada tipo de patología presente en el pavimento, teniendo en cuenta el área afectada y grado de severidad. El pavimento asfáltico de la calle Lima del A.H. San Pedro del distrito Piura de la provincia de Piura obtuvo como resultado por el método Índice de condición del pavimento (PCI) un valor de 56.14 con una clasificación de pavimento en buen estado. Y la patología más predominante en el pavimento flexible es pulimento de agregados, que tiene una severidad leve en la afectación al deterioro del pavimento. las patologías como mayor incidencia en el pavimento asfaltico son: pulimento de agregados con un 11.84% de afectación, ahuellamiento con un 3.98% de afectación, desprendimiento de agregados con un 6.5% de afectación. Se concluye que la solución a la problemática, sería reparar las patologías existentes en el pavimento. Para lograrlo es necesario conocer el estado real en el que se encuentra, para aplicar procedimiento correspondiente. Pero el problema

no termina ahí. No basta sólo con reparar las fallas, sino que es necesario evaluar el comportamiento de la vía para darle el mantenimiento continuo correspondiente para evitar repararlo nuevamente e incurrir a gastos innecesarios [12].

2.1.3 Antecedentes Internacionales.

PATOLOGÍA DE PAVIMENTOS RÍGIDOS DE LA CIUDAD DE ASUNCIÓN-PARAGUAY. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal realizar una evaluación de diversos pavimentos rígidos construidos en calles y avenidas de la comuna asuncena, con el fin de determinar el estado en que se encuentran, así como recomendar las propuestas de solución a sus patologías, si las hubiere. En Conclusión, el estudio del aporte estructural del pavimento empedrado, realizado en otros trabajos de investigación, ha demostrado que el empedrado posee un coeficiente de balasto (k) variando de 19 a 180 kg/cm^3 . Aun asumiendo el valor menor, para cálculos de dimensionamiento de pavimento rígido, sigue siendo un valor considerablemente alto, pero los resultados arrojan también la falta de uniformidad de dicho coeficiente para distintos sectores evaluados, siendo su uniformidad y no la alternancia de valores elevados la situación ideal para el soporte de un pavimento rígido. Así también, las bases de elevada rigidez (como es el caso del empedrado) no acompañan las deformaciones de las losas de hormigón hidráulico y son causantes de mayores esfuerzos en las mismas. Por último, otra condición que se debe cumplir para el buen desempeño del pavimento rígido es la regularidad de la base, situación que los empedrados en la mayoría de los casos no presentan [?].

DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal: identificar las fallas que sufren los pavimentos flexibles y rígidos, y otorgar soluciones para la conservación y rehabilitación de los mismos, al mínimo costo y con el más eficiente resultado posible. El autor detalla los resultados: contracción o expansión diferencial de losas debido a la ausencia de barras de anclajes entre carriles adyacentes, desplazamiento

lateral de las losas motivado por un asentamiento diferencial en la subrasante, grietas Longitudinales, fracturamiento de la losa que ocurre aproximadamente paralela al eje de la carretera, dividiendo la misma en dos planos. Las conclusiones: que aún no se toma verdadera conciencia de que hacer mantención o conservación de pavimentación es mucho más barato que reparar el mismo pavimento, además de ahorrarnos millones de pesos, se puede ofrecer más serviciabilidad y confortabilidad a los conductores. La conservación de pavimentos requiere de personal capacitado, es decir, que dominen ampliamente el tema. Se concluye que: Un mantenimiento oportuno y continuo es necesario para preservar la inversión y mantener el pavimento en completo servicio al público [13].

EVALUACIÓN Y PATOLOGÍA DE PAVIMENTOS DE CONCRETO, CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA, AGOSTO DE 2012. El presente trabajo de investigación se aprecia que el deterioro predominante es el agrietamiento transversal, seguido por el longitudinal. Se encontraron 112 losas que ya habían sido reparadas, la mayoría de ellas por agrietamiento transversal. Fisuras transversales por carril: Los carriles 2 al 7 tienen un espesor de concreto de 21 cm. Los carriles 1 y 8 tienen un espesor de concreto de 25 cm. la Mayor cantidad de fisuras se encuentran en los carriles que tienen espesor de 21 cm. Carriles 4 y 5 son los de transporte masivo, y los carriles 2 y 7, son los carriles centrales de tráfico mixto. Además, las losas presentan una gran variación en el espesor construido, esto quiere decir que no hay un buen control durante la ejecución [14].

RUNOFF ON PAVEMENTS OF SOIL-CEMENT BLOCKS – AN EXPERIMENTAL BOARDING. El artículo evalúa la reducción del escurrimiento superficial en pavimentos construidos con bloques rectangulares de suelo - cemento. Los ensayos fueron realizados en un pavimento piloto con bloques de suelo - cemento, asentados en una caja metálica de 50 cm 50 cm (área = 2500 cm²), con pendientes de 1, 3 y 5%. Se utilizaron intensidades medias de 76.9 mm/h y 117.7 mm/h, valores próximos a las intensidades calculadas por la curva intensidad-duración-frecuencia

(i-d-f) de la ciudad del Salvador, Brasil, para tiempo de retorno de 2 y 5 años, respectivamente. El coeficiente de escurrimiento medio fue $C = 0.61$, este valor es cercano al coeficiente de pavimento con bloques rectangulares ($C = 0.6$) y es inferior al valor del coeficiente de pavimento de bloque de concreto ($C = 0.78$). Por otro lado, si consideramos que las áreas mayores que 2500 cm^2 son compuestas por el acoplamiento de unidades de área de 50×50 centímetros, entonces, las pérdidas por salpicamiento forman parte del escurrimiento superficial, obteniendo el coeficiente superficial + salpicamiento, el cual presentó valores en la faja de 0.74 a 0.89; estos valores se encuentran cerca del coeficiente de pavimento de bloque de cemento ($C = 0.78$) y son inferiores al de pavimento de concreto ($C = 0.95$), pero considerando factores como tiempo de desplazamiento del escurrimiento sobre la superficie, depresiones en la superficie, evaporación y rugosidad del pavimento, entre otros, este valor debe disminuir. Se concluye que el pavimento de bloques de suelo-cemento puede considerarse dentro de la categoría de semipermeable para las dimensiones de área utilizadas [15].

PAVEMENT EVALUATION AND MAINTENANCE DECISIONS BASED ON FUZZY INFERENCE SYSTEMS. Las decisiones de conservación y la vida remanente de pavimentos en servicio, dependen en buena parte de la condición estructural que exhiben durante su operación. Con el ánimo de proveer una metodología que permita caracterizar el pavimento de manera rápida, con los niveles de detalle que se deseen, en este trabajo se plantean tres sistemas basados en la lógica difusa, para inferir la condición de rigidez y deterioro, así como las decisiones de conservación. Para esos fines, se utilizaron datos de auscultación no destructiva registrados en sistemas de pavimento de tres y cuatro capas, incluyendo estructuras tradicionales y estructuras invertidas (con capa de sub-base rigidizada). Las bases de datos incluyen información sobre magnitud y severidad de daños estructurales y parámetros e indicadores de rigidez, derivados de pruebas de deflexión por impacto. Los sistemas desarrollados, permitieron integrar directamente en la caracterización

estructural de los pavimentos, tanto el conocimiento y criterios de expertos, como las variables de carácter subjetivo y cualitativo, que se utilizan comúnmente para describir los niveles de severidad del deterioro. Asimismo, permitieron expresar los resultados mediante palabras o adjetivos cuantificadores del lenguaje, facilitando su interpretación y comprensión. En virtud de los resultados alcanzados, resulta razonable concluir que los sistemas propuestos pueden utilizarse con confianza para evaluaciones rápidas y toma de decisiones a nivel global o detallado en corredores viales [16].

2.2 Marco teórico.

2.2.1 Pavimentos.

Constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. También se conocen como una estructura de las vías de comunicación terrestre, formada por una o más capas de materiales, que tiene como función permitir el tránsito de vehículos [17].

Generalmente se conocen dos tipos de pavimentos:

- Los pavimentos flexibles.
- Los pavimentos rígidos.

2.2.1.1 Pavimento rígido.

Los pavimentos rígidos se integran por una capa (losa) de concreto de cemento Portland que se apoya en una capa de subbase, constituida por grava; esta capa

descansa en una capa de suelo compactado, llamada subrasante. La resistencia estructural depende principalmente de la losa de concreto [17].

La clasificación por comportamiento de los pavimentos de concreto de cemento hidráulico en cualquiera de sus formas o modalidades (losas de concreto simple con juntas, losas de concreto reforzado con juntas, suelo-cemento, concreto compactado con rodillo, etc) [18].

Los elementos que conforman el pavimento rígido son [19]:

- **Subrasante.** Es la capa de terreno que resiste la estructura del pavimento, se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto [19].
- **Subbase.** Capa de la estructura de pavimento predestinada a cargar, transmitir y distribuir uniformemente las cargas a la superficie de rodadura de pavimento, la función de la subbase es de controlar los cambios de volumen y elasticidad que son perjudiciales para el pavimento [19].
- **Superficie de rodadura.** Capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base [19].

A. Evaluación estructural del pavimento rígido. La evaluación estructural de pavimentos consiste básicamente en la determinación de la capacidad resistente del sistema en una estructura vial existente, en cualquier momento de su vida de servicio, para establecer y cuantificar las necesidades de rehabilitación, cuando el pavimento se acerca al fin de su vida útil o cuando el pavimento va a cambiar su función de demanda de tráfico. En general la evaluación estructural está comprendida por la auscultación estructural y el retrocálculo, entendiéndose por auscultación estructural las técnicas de recolección de información del pavimento (deflexiones) y la segunda la aplicación de

la metodología a utilizar para definir los resultados finales de la evaluación estructural. Al final, la evaluación estructural puede proveer resultados partiendo de las dos etapas importantes que lo componen como lo son la auscultación estructural y el retrocálculo (Fig 2.1). Para la evaluación estructural son tan importantes las condiciones actuales del pavimento como las condiciones bajo las que se concibió el mismo, entre las que se pueden mencionar: las solicitaciones principales del pavimento, modelos de comportamiento del pavimento, métodos de evaluación estructural, etc [20].

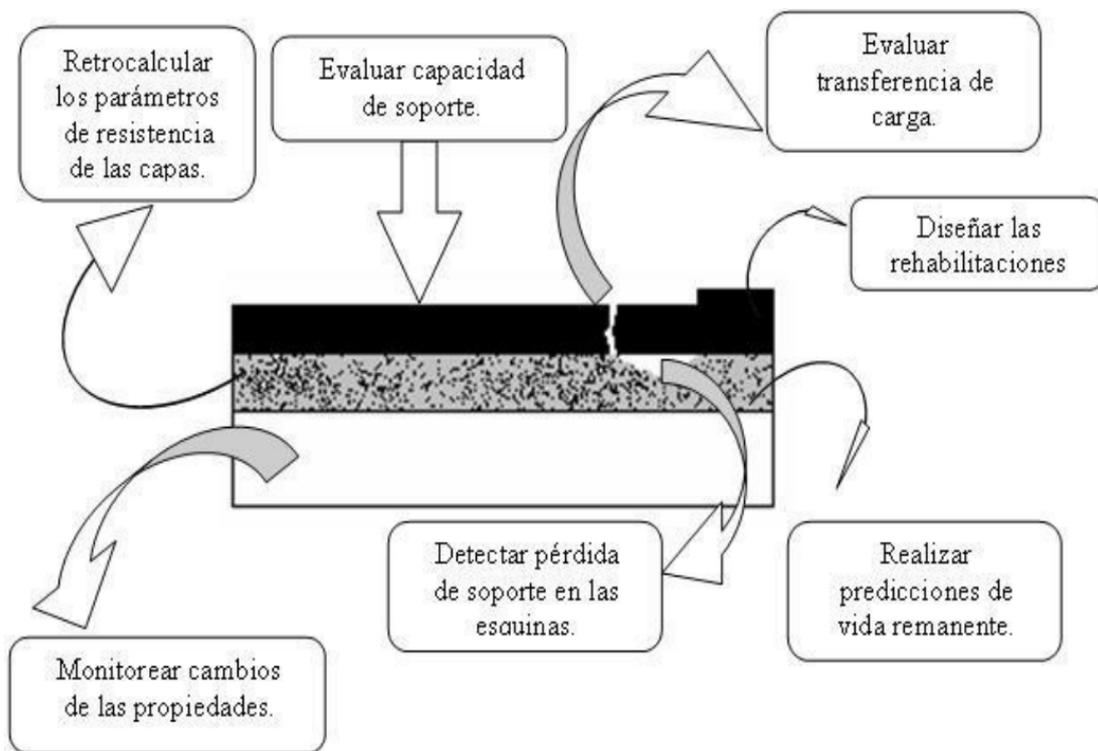


Figura 2.1: Etapas importantes que lo componen como lo son la auscultación estructural y el retrocálculo en pavimento rígido.

Fuente:(Sergio Blass, 2015).

2.2.2 Patología.

La patología del concreto es el estudio de los defectos y daños que sufre el concreto, sus consecuencias, sus causas. En otras palabras, patología es aquella parte de la durabilidad que se refiere a los signos, causas posibles y diagnóstico del deterioro que pueden experimentar las estructuras de concreto [20].

2.2.2.1 Patologías en Pavimento rígido.

La patología es la parte de la durabilidad que se refiere a los signos, causas posibles y diagnósticos del deterioro que experimentan las estructuras de concreto [21].

A. Patología estructural del pavimento. Cuyo origen es una falla en la estructura del pavimento, es decir, de una o más capas constitutivas que deben resistir el complejo juego de solicitaciones que imponen el tránsito y el conjunto de factores climáticos. Los factores que influyen en la aparición de patologías en la estructura del pavimento son: el tráfico, repetición de carga, construcción y mantenimiento (deficiencia de la compactación de la sub-rasante), durabilidad del agregado, etc [21].

B. Patología superficial del pavimento. Son las fallas en la superficie de rodamiento, debido a las fallas en la capa de rodadura y que no guardan relación con la estructura de la calzada. Los factores que influyen en la aparición de patologías en la parte superficial del pavimento son: el clima (contracción y expansión) y fallas de juntas [21].

2.2.2.2 Manual de daños.

La severidad, representa la criticidad del deterioro en términos de su progresión; entre más severo sea el daño, más importantes deberán ser las medidas para su corrección. De esta manera, se deberá valorar la calidad del viaje, ósea, la percepción que tiene el usuario al transitar en un vehículo a velocidad normal; es así que se describe una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito [21].

- **L: (Low: Bajo):**

Se perciben vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones), pero no es necesaria la reducción de velocidad en aras de la comodidad o la seguridad.

Los abultamientos y hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo, pero no provoca incomodidad.

- **M: (Medium: Medio):** Las vibraciones del vehículo son significativas y se requiere una reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; 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; 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.

Según el manual de daños en vías con superficie en concreto de cemento Portland las patologías se clasifican en:

A. Blowup-Buckling. Los Blowups o Buckles ocurren en tiempo cálido, usualmente en una grieta o junta transversal que no es lo suficientemente amplia para permitir la expansión de la losa. Por lo general, el ancho insuficiente se debe a la infiltración de materiales incompresibles en el espacio de la junta, cuando la expansión no puede disipar suficiente presión, ocurrirá un movimiento hacia arriba de los bordes de la losa (Bucklin) o fragmentación en la vecindad de la junta, también pueden ocurrir en los sumideros y en los bordes de las zanjas realizadas para la instalación de servicios públicos [21].



Figura 2.2: Presencia de Blowup-Buckling en Pavimento Rígido.

Fuente:(Elaboración Propia).

Niveles de Severidad.

- **L:** Causa una calidad de tránsito de baja severidad.
- **M:** Causa una calidad de tránsito de severidad media.
- **H:** Causa una calidad de tránsito de alta severidad.

Medida.

En una grieta, un Blowup se cuenta como presente en una losa, sin embargo, si ocurre una junta y afecta a dos losas se cuenta en ambas. Cuando la severidad del Blowup deja el pavimento inutilizable, este debe repararse de inmediato.

Opciones de Reparación.

- **L:** No se hace nada. Parcheo profundo o parcial.
- **M:** Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.
- **H:** Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.

B. Grieta de Esquina. 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 [21].

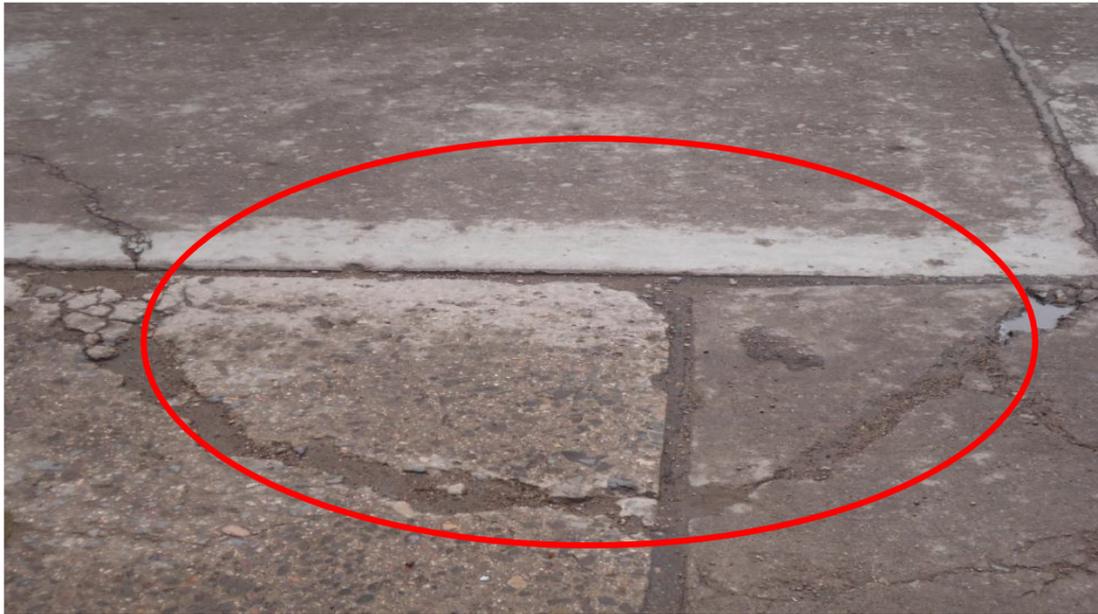


Figura 2.3: Presencia de Grieta de esquina en Pavimento Rígido.

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 cuando el área entre la junta y las grietas está muy agrietada.

Medida.

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

- Solo tiene una grieta de esquina.
- Contiene más de una grieta de una severidad particular.

- Contiene dos o más grietas de severidades diferentes.

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.

C. Losa dividida. La losa es dividida por grietas en cuatro o más pedazos debido a sobrecarga o al soporte inadecuado. Si todos los pedazos o grietas están contenidos en una grieta de esquina, el daño se clasifica como una grieta de esquina severa [21].



Figura 2.4: Presencia de Losa dividida en Pavimento Rígido.

Fuente:(Elaboración Propia).

Niveles de Severidad.

Severidad de la mayoría de las grietas	Numero de pedazos en la losa agrietada		
	4 a 5	6 a 8	8 o más
L	L	L	M
M	M	M	H
H	M	M	H

Tabla 2.1: Niveles de severidad en losa dividida.

Fuente:(Luis Vasquez, 2015).

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.

D. Grieta de durabilidad “D”. Las grietas de durabilidad “D” son causadas por la expansión de los agregados grandes debido al proceso de congelamiento y descongelamiento, el cual, con el tiempo, fractura gradualmente el concreto [21].

Niveles de Severidad.

- **L:** Las grietas “D” cubren menos del 15% del área de la losa. La mayoría de las grietas están cerradas pero unas pocas piezas pueden haberse desprendido.
- **M:** Existe una de las siguientes condiciones: Las grietas “D” cubren menos del 15% del área de la losa y la mayoría de los pedazos se han desprendido o pueden removerse con facilidad. Las grietas “D” cubren más del 15% del área. La mayoría de las grietas están cerradas, pero unos pocos pedazos se han desprendido o pueden removerse con facilidad.

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

Medida.

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

Opciones de Reparación.

- **L:** No se hace nada.
- **M:** Parcheo profundo. Reconstrucción de juntas.
- **H:** Parcheo profundo. Reconstrucción de juntas. Reemplazo de la losa

E. Escala. Escala es la diferencia de nivel a través de la junta. Algunas causas comunes que la originan son: asentamiento debido una fundación blanda, bombeo o erosión del material debajo de la losa y alabeo de los bordes de la losa debido a cambios de temperatura o humedad [21].



Figura 2.5: Presencia de escala en Pavimento Rígido.

Fuente:(Elaboración Propia).

Niveles de Severidad.

Se definen por la diferencia de niveles a través de la grieta o junta como se indica en la tabla 2.2

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

Tabla 2.2: Escala de los niveles de severidad.

Fuente:(Luis Vasquez, 2002).

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.

F. Daño del sello de la junta. Es cualquier condición que permite que el suelo o roca se acumule en las juntas, o que permite la infiltración de agua en forma. La acumulación de material incompresible impide que la losa se expanda y pueda resultar en fragmentación, levantamiento o descascaramiento de los bordes de la junta [21].



Figura 2.6: Presencia de daño de la junta en Pavimento Rígido.

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:** Esta 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:** Esta 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 si no 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.

G. Desnivel carril/berma. El desnivel carril/berma es la diferencia entre el asentamiento o erosión de la berma y el borde del pavimento. La diferencia de niveles puede constituirse como una amenaza para la seguridad. También puede ser causada por el incremento de la infiltración del agua [21].

Niveles de Severidad.

- **L:** La diferencia entre el borde del pavimento y la berma es de 25 mm a 51 mm.
- **M:** La diferencia de niveles es de 51mm a 102 mm.
- **H:** La diferencia de niveles es mayor que 102mm.

Medida.

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

Opciones de reparación.

- **L, M, H:** Renivelación y llenado de bermas para coincidir con el nivel del carril.

H. Grietas Lineales (Grietas longitudinales, transversales y diagonales). Estas grietas, que dividen la losa en dos o tres pedazos, son causadas usualmente por una combinación de la repetición de las cargas de tránsito y el alabeo por gradiente térmico o de humedad. Las losas divididas en cuatro o más pedazos se contabilizan como losas divididas [21].



Figura 2.7: Presencia de Grietas lineales en Pavimento Rígido.

Fuente:(Elaboración Propia).

Niveles de severidad.

a. Losas sin refuerzo.

- **L:** Grietas no selladas (incluye llenante inadecuado) con ancho menor que 12.0 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escala [21].
- **M:** Existe una de las siguientes condiciones:
 - Grieta no sellada con ancho entre 12.0 mm y 51.0 mm.
 - Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 51.0 mm con escala menor que 10.0 mm.
 - Grieta sellada de cualquier ancho con escala menor que 10.0 mm.
- **H:** Existe una de las siguientes condiciones:
 - Grieta no sellada con ancho mayor que 51.0 mm.
 - Grieta sellada o no de cualquier ancho con escala mayor que 10.0mm.

b. Losas con refuerzo.

- **L:** Grietas no selladas con ancho entre 3.0 mm y 25 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escala [21].
- **M:** Existe una de las siguientes condiciones:
 - Grieta no sellada con ancho entre 25.0 mm y 76.0 mm y sin escala
 - Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 76.0 mm con escala menor que 10.0 mm.
 - Grieta sellada de cualquier ancho y con escala mayor que 10.0 mm.
- **H:** Existe una de las siguientes condiciones:
 - Grieta no sellada de más 76.0 mm de ancho
 - Grieta sellada o no de cualquier ancho y con escala mayor que 10.0 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 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.

I. Parche grande (Mayor de 0.45 m²) y acometidas de servicios públicos. Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por material nuevo [21].

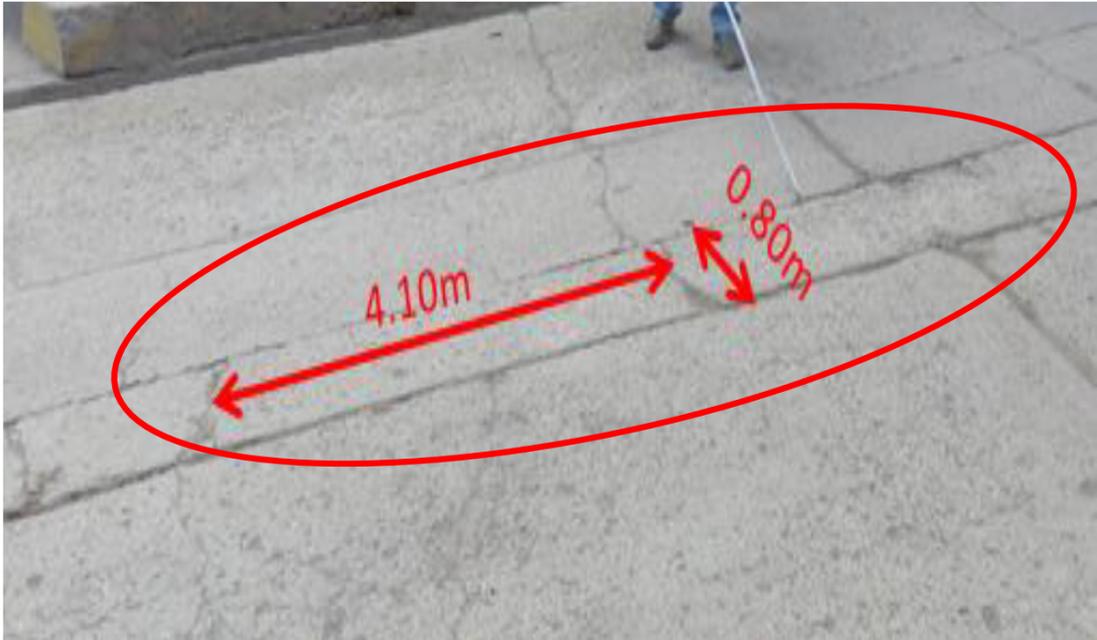


Figura 2.8: Presencia de parche grande en Pavimento Rígido.
Fuente:(Elaboración Propia).

Niveles de severidad.

- **L:** El parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.
- **M:** El parche esta moderadamente deteriorado o moderadamente descascarado en sus bordes. El material 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 con una losa que tiene ese daño.

Opciones de reparación.

- **L:** No se hace nada.

- **M:** Sellado de grietas. Reemplazo del parche.
- **H:** Reemplazo del parche.

J. Parche pequeño (Menor de 0.45 m²). Es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por un material de relleno [21].

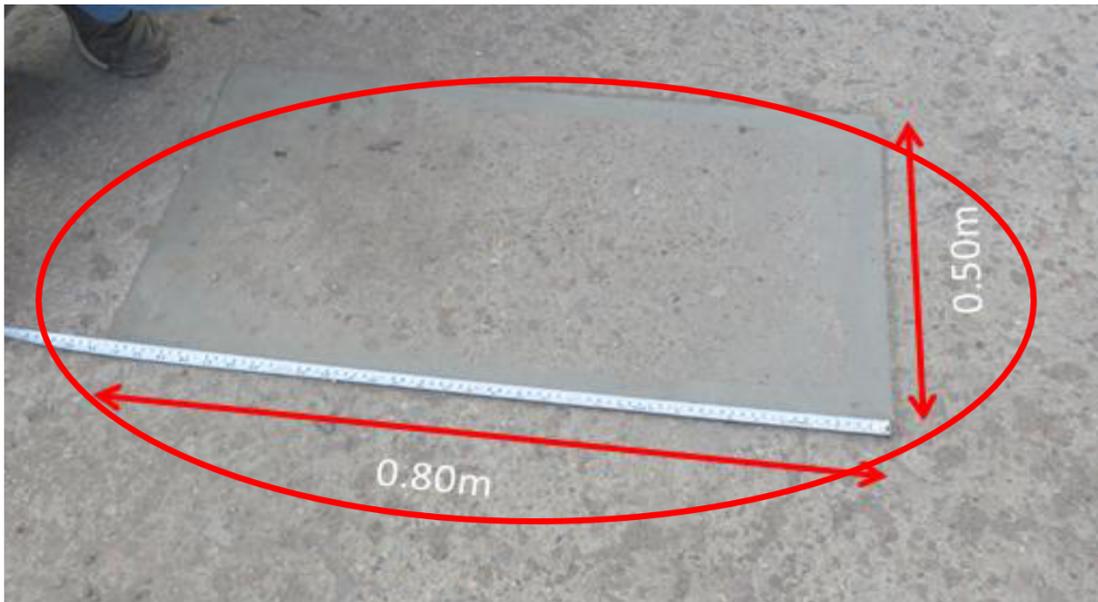


Figura 2.9: Presencia de parche pequeño en Pavimento Rígido.

Fuente:(Elaboración Propia).

Niveles de severidad.

- **L:** El parche está funcionando bien, con poco o ningún daño.
- **M:** El parche esta 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 de reparación.

- **L:** No se hace nada.
- **M:** No se hace nada. Reemplazo del parche.
- **H:** Reemplazo del parche.

K. Pulimiento de Agregados. Este daño se causa por aplicaciones repetidas de cargas del tránsito. Cuando los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto, se reduce considerablemente la adherencia con las llantas [21].

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. Sobre carpeta.

L. Popouts. Un popouts es un pequeño pedazo de pavimento que se desprende de la superficie del mismo. Puede deberse a partículas blandas o fragmentos de madera rotos y desgastados por el tránsito. Varían en tamaño con diámetros entre 25.0 mm y 102.0 mm y en espesor de 13.0 mm a 51.0 mm [21].

Niveles de Severidad.

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

Medida.

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

Opciones de reparación.

- **L, M y H:** No se hace nada.

M. Bombeo. El bombeo es la expulsión de material de la fundación de la losa a través de las juntas o grietas. Esto se origina por la deflexión de la losa debida a las cargas. Cuando una carga pasa sobre la junta entre las losas, el agua es primero forzada bajo losa delantera y luego hacia atrás bajo la losa trasera [21].

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.

N. Punzonamiento. Este daño es un área localizada de la losa que está rota en pedazos. Puede tomar muchas formas y figuras diferentes, pero, usualmente, está definido por una grieta y una junta o dos grietas muy próximas, usualmente con 1.52 m entre sí [21].



Figura 2.10: Presencia de Punzonamiento en Pavimento Rígido.

Fuente:(Elaboración Propia).

Medida.

Si la losa tiene uno o más punzonamientos, se contabiliza como si tuviera uno en el mayor nivel de severidad que se presente, en la Tabla 2.3 se muestra el nivel de severidad.

Severidad de las grietas	Numero de pedazos		
	2 a 3	3 a 5	Más de 5
L	L	L	M
M	L	M	H
H	M	H	H

Tabla 2.3: Niveles de severidad de punzonamiento

Fuente:(Luis Vasquez, 2002).

Opciones de reparación.

- **L:** No se hace nada. Sellado de grietas
- **M:** Parcheo profundo.
- **H:** Parcheo profundo.

O. Cruce de vía férrea. El daño de cruce de vía férrea se caracteriza por depresiones o abultamientos alrededor de los rieles [21].

Niveles de Severidad.

- **L:** El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.
- **M:** El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.
- **H:** El cruce de la vía férrea produce calidad de tránsito de alta severidad.

Medida.

Se registra el número de losas atravesadas por los rieles de la vía férrea. Cualquier gran abultamiento producido por los rieles debe contarse como parte del cruce.

Opciones de reparación.

- **L:** No se hace nada.
- **M:** Parcheo parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.
- **H:** Parcheo parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

P. Desconchamiento, Mapa De Grietas, Craquelado. El mapa de grietas o craquelado (cracking) 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 [21].

Niveles de Severidad.

- **L:** El craquelado se presenta en la mayor parte del área de la losa; la superficie está en buena condición con solo un descamado menor presente.
- **M:** La losa está descamada, pero menos del 15% de la losa está afectada.
- **H:** La losa está 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. Sobre carpeta.

Q. Grietas de retracción. Son grietas capilares usualmente de unos pocos pies de longitud y no se extienden a lo largo de toda la losa. Se forman durante el fraguado y curado del concreto y generalmente no se extienden a través del espesor de la losa [21].

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.

R. Descascaramiento de Esquina. Es la rotura de la losa a 0.6 m de la esquina aproximadamente. Un descascaramiento de esquina difiere de la grieta de esquina en que el descascaramiento usualmente buza hacia abajo para interceptar la junta, mientras que la grieta se extiende verticalmente a través de la esquina de losa [21].

Niveles de severidad.

En la Tabla 2.4 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.

Profundidad del descascaramiento	Dimensiones de los lados del descascaramiento	
	127 x 127 mm a 305 x 305 mm	Mayor que 305 x 305
Menor de 25 mm	L	L
25 a 51 mm	L	M
Mayor 51	M	H

Tabla 2.4: Niveles de severidad de descascaramiento de esquina

Fuente:(Luis Vasquez, 2002).

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.

S. Descascaramiento De Junta. 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 [21]:

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

Niveles de severidad.

En la Tabla 2.5 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.

Fragmentos del descascaramiento	Ancho del descascaramiento	Longitud del descascaramiento	
		< 0.6 m	>0.6 m
Duros. No puede removerse fácilmente (pueden faltar 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 25.00 mm	< 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

Tabla 2.5: Niveles de Severidad de descascaramiento de junta

Fuente:(Luis Vasquez, 2002).

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 de reparación.

- **L:** No se hace nada.
- **M:** Parcheo parcial.
- **H:** Parcheo parcial. Reconstrucción de la junta.

2.2.3 Tipos de Evaluación.

Existen tres tipos de poder evaluar un pavimento rígido y esta son [19]:

2.2.3.1 Evaluación superficial.

El deterioro de la estructura del pavimento esta dado en función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento. El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado [20].

2.2.3.2 Evaluación funcional.

Una evaluación funcional proporciona información sobre las características de la superficie que afectan directamente a los usuarios: la seguridad y el confort. Las principales características funcionales de una evaluación son antideslizantes y de resistencia, textura superficial en términos de seguridad, como así términos de rugosidad de servicio. Considerado en un estado de evaluación funcional las principales características de pavimento son: rugosidad, textura, resistencia al deslizamiento, mecánica / propiedades estructurales, peligro de la superficie [20].

2.2.3.3 Evaluación estructural.

Además de los indicadores de deterioro, la capacidad estructural es otro aspecto fundamental para evaluar la condición de un pavimento. Se puede definir a la capacidad estructural como el grado en que un pavimento es capaz de soportar la acción conjunta de cargas del tránsito y factores climáticos con un desarrollo de fallas lo menor posible [20].

2.2.4 Método PCI (Pavement Condition Index).

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad [21].

La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales se presentan a continuación. Se presentan la totalidad de los daños incluidos en la formulación original del PCI, pero eventualmente se harán las observaciones de rigor sobre las patologías que no deben ser consideradas debido a su génesis o esencia ajenas a las condiciones locales. El usuario de esta guía estará en capacidad de identificar estos casos con plena comprensión de forma casi inmediata.

2.2.4.1 Objetivos del método PCI (Pavement Condition Index).

Los objetivos que se esperan con la aplicación del Método PCI son los siguientes [22]:

- Determinar el estado en que se encuentra el pavimento en términos de su integridad estructural y del nivel de servicio que ofrece al usuario. El método permite la cuantificación de la integridad estructural de manera indirecta, a través del Índice de condición del pavimento (ya que no se realizan mediciones que

permiten calcular directamente esta integridad). Cuando se habla de integridad estructural, se hace referencia a la capacidad que tiene el paquete estructural de soportar sollicitaciones externas, como cargas de tránsito o condiciones ambientales. En cambio, el nivel de servicio es la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro al conductor.

- Obtener un indicador que permita comparar, con un criterio uniforme, la condición y comportamiento del pavimento y de esta manera justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación, seleccionando la técnica de reparación más adecuada al estado del pavimento en estudio.

2.2.4.2 Índice de condición de Pavimento (Pavement Condition Index).

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los valores deducidos, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento [21].

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 la tabla 2.6 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

RANGO	CLASIFICACIÓN
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy malo
10 - 00	Fallado

Tabla 2.6: Rangos de Calificación del PCI

Fuente:(Luis Vasquez, 2002).

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 que cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un Índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima [21].

2.2.4.3 Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento.

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos.

Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. Las tablas ilustran los formatos para la inspección de pavimentos asfálticos y de concreto, respectivamente. Las figuras son ilustrativas y en la práctica debe proveerse el espacio necesario para consignar toda la información pertinente [21].

HOJA DE INSPECCION DE CONDICIONES PARA UNIDAD DE MUESTRA												
NOMBRE DE LA VIA			MUESTRA									
CUADRAS			NUMERO DE PAÑOS			TOTAL AREA						
DISTRITO:			PROVINCIA:		DEPARTAMENTO:		EVALUADOR					
ENCARGADO			TIEMPO DE CONSTRUCCION		DIMENSIONES DEL PAÑO		AREA DEL PAÑO					
TIPO DE FALLA					DIAGRAMA DE CUADRAS							
21 BLOW UP/BUKLIN	30 PARCHE PEQUEÑO							16				
22 GRIETAS DE ESCUINA	31 PULIMENTO DE AGREGADOS							15				
23 LOSA DIVIDIDA	32 POPOUTS							14				
24 GRIETAS DE DURABILIDAD "D"	33 BOMBEO							13				
25 ESCALA	34 PUNZONAMIENTO							12				
26 SELLO DE JUNTAS	35 CRUCE DE VIA FERREA							11				
27 DESNIVEL CARRIL/BERMA	36 DESCONCHAMIENTOS/ APAS DE GRIETAS							10				
28 GRIETA LINEAL	37 GRIETAS DE RETRACCION							9				
29 PARCHE GRANDE	38 DESCASCARAMIENTO DE ESCUINA							8				
	39 DESCASCARAMIENTO DE JUNTA							7				
L: BAJA	M: MEDIO	H: ALTA					6					
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	NUMERO DE LOSAS	DENSIDAD	VALOR DE REDUCCION V R				5				
								4				
								3				
								2				
								1				
					H	G	F	E	D	C	B	A

Figura 2.11: Hoja de Inspección de Unidad de muestra, con este formato se puede evaluar los daños en el Pavimento.

Fuente:(Elaboración Propia).

A. Unidades de Muestreo. Carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Pórtland y losas con longitud inferior a 7.60 m. El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 20 ± 8 losas.

Se recomienda tomar el valor medio de los rangos y en ningún caso definir unidades por fuera de aquellos. Para cada pavimento inspeccionado se sugiere la elaboración de esquemas que muestren el tamaño y la localización de las unidades ya que servirá para referencia futura [21].

B. Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación. En la Evaluación de un proyecto se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación 1, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95% [21].

Ecuación N°: 1

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

Donde:

n : Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

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

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

s : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (s) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35) [21].

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.

C. Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección. 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 [21]:

a. El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la Ecuación 2:

Ecuación N°: 2

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

Donde:

N : Número total de unidades de muestreo disponible.

n : Número mínimo de unidades para evaluar.

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

b. El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i . Así, si $i = 3$, la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S + 1), (S + 2), etc. Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, etc. Sin embargo, si se requieren cantidades de daño exactas para pliegos de licitación (rehabilitación), todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas.

D. 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 [21]:

a. Equipo.

- Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos depresiones.
- 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. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida de los daños. Se usa un formulario y una hoja de información de exploración de la condición para cada unidad de muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

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

2.2.4.4 Cálculo del PCI de las unidades de muestreo.

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 [21].

A. Cálculo para Pavimentos con Capa de Rodadura en Concreto de Cemento Pórtland. Son las siguientes etapas [21]:

1. Cálculo de los Valores Deducidos.

Contabilice el número de LOSAS en las cuales se presenta cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad en el formato **PCI-02**. Divida el número de LOSAS contabilizado en 1.a. entre el número de LOSAS de la unidad y exprese el resultado como porcentaje (%). Esta es la DENSIDAD por unidad de muestreo para cada combinación de tipo y severidad de daño. Determine los **VALORES DEDUCIDOS** para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad empleando la curva de “Valor Deducido de Daño” apropiada entre las que se adjuntan a este documento.

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

Proceda de manera idéntica a lo establecido para vías con capa de rodadura asfáltica, como se escribió anteriormente.

3. Cálculo del Máximo Valor Deducido Corregido - CDV.

Proceda de manera idéntica a lo establecido para vías con capa de rodadura asfáltica, pero usando la curva correspondiente a pavimentos de concreto.

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

En la Tabla 2.7 se presenta un formato para el desarrollo del proceso iterativo de obtención del “Máximo Valor Deducido Corregido - CDV.

VALOR DE REDUCCION CORREGIDO (VRC)															
#	VALOR DE REDUCCION											TOTAL	q	VRC	
1															
2															
3															
4															
5															
6															

Tabla 2.7: Valor de reducción corregido.
Fuente:(Luis Vasquez, 2002).

2.2.4.5 Desarrollo del método PCI (Pavement Condition Index).

Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo. Si se utilizó la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas. Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma [21]:

Ecuación N°: 3

$$CIs = \frac{((N - A) * PCIr) + (A * PCIa)}{N}$$

Donde:

PCI_S : PCI de la sección del pavimento.

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

PCI_A : PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

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

A : Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

2.2.4.6 Procedimiento de Evaluación de la condición del pavimento.

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos que pueden ser para pavimento asfalto o de concreto. Teniendo en cuenta que los daños dependen de las condiciones de uso del pavimento, la cantidad de estos pueden variar según consideración del profesional responsable de la inspección cálculo del PCI [21].

2.2.4.7 Hoja de Inspección de Unidad de muestra.

HOJA DE INSPECCION DE CONDICIONES PARA UNIDAD DE MUESTRA									
NOMBRE DE LA VIA			MUESTRA						
CUADRAS			NUMERO DE PAÑOS			TOTAL ARFA			
DISTRITO:			PROVINCIA:		DEPARTAMENTO:		EVALUADOR		
ENCARGADO			TIEMPO DE CONSTRUCCION		DIMENSIONES DEL PAÑO		AREA DEL PAÑO		
TIPO DE FALLA					DIAGRAMA DE CUADRAS				
21	BLOW UP/BUKLIN	30	PARCHE PEQUEÑO						16
22	GRIETAS DE FSOJINA	31	PULIMENTO DE AGRIFICADOS						15
23	LOSA DIVIDIDA	32	POPOUTS						14
24	GRIETAS DE DURABILIDAD "D"	33	BOMBEO						13
25	ESCALA	34	PUNZONAMIENTO						12
26	SELLO DE JUNTAS	35	CRUCE DE VIA FERREA						11
27	DESNIVEL CARRIL/BERMA	36	DESCONCHAMIENTOS/ APAS DE GRIETAS						10
28	GRIETALINEAL	37	GRIETAS DE RETRACCION						9
29	PARCHE GRANDE	38	DESCASCARAMIENTO DE FSOJINA						8
		39	DESCASCARAMIENTO DE JUNTA						7
L: BAJA		M: MEDIO		H: ALTA					6
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	NUMERO DE LOSAS	DENSIDAD	VALOR DE REDUCCION V R					5
									4
									3
									2
									1
					H	G	F	E	D
					C	B	A		

Figura 2.12: Hoja de Inspección de Unidad de muestra, con este formato se puede evaluar los daños en el Pavimento.

Fuente:(Elaboración Propia).

III. HIPÓTESIS.

3.1 Hipótesis general.

Se podrá determinar el índice de condición del pavimento rígido en el jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.

3.2 Hipótesis específicas.

- Se podrán identificar las patologías del pavimento rígido en el jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.
- Se podrán determinar los tipos de fallas del pavimento rígido en el jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.
- Se podrán determinar el nivel de patologías del pavimento rígido en el jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.

IV. METODOLOGÍA.

4.1 Diseño de la investigación.

La presente investigación es descriptivo, no experimental, corte transversal y cuantitativo.

4.2 Población y muestra.

4.2.1 Población.

Pavimento rígido en el distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento Ayacucho.

4.2.2 Muestra.

Pavimento rígido de Jr. Ayacucho (Cuadras 2,4,6) del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento Ayacucho.

4.3 Definición y operacionalización de variables e indicadores.

Ver la Tabla 4.1.

DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL CONCRETO PARA OBTENER EL ÍNDICE DE INTEGRIDAD ESTRUCTURAL Y CONDICIÓN OPERACIONAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN EL JR. AYACUCHO DEL DISTRITO DE CARMEN ALTO PROVINCIA DE HUAMANGA Y DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, MAYO – 2019.		
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>Variable independiente:</p> <p>Patologías presentes en el pavimento rígido en el Jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho - 2019.</p>	<p>Anomalías sobre la superficie del pavimento como son los parches grandes y parches pequeños.</p> <p>Anomalías a lo largo del pavimento rígido como grietas lineales y pulimento de agregados.</p> <p>Anomalías en el interior del pavimento como son las losas divididas.</p>	<p>Nivel de severidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nivel de severidad Baja. - Nivel de severidad Media. - Nivel de severidad Alta. <p>Tipo de presencia de patologías en forma:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vertical. - Horizontal. - Oblicuo. <p>Grado de afectación:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Alta. -Media. -Baja.
<p>Variable dependiente:</p> <p>Índice de integridad estructural y condición operacional del pavimento en el Jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho - 2019.</p>	<p>Tipos de patologías que se presentan en los pavimentos de concreto en el Jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho - 2019.</p>	<p>Rango de Calificación del PCI:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 100-85 (Excelente). - 85-70 (Muy buena). - 70-55 (Buena). - 55-40 (Regular). - 40-25 (Malo). - 25-10 (Muy malo). - 10-0 (Fallado).

Tabla 4.1: Matriz de operacionalización de variables.
Fuente: Elaboración propia.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de datos:

4.4.1 Técnicas.

4.4.1.1 Técnicas de evaluación visual.

Se hará una primera inspección visual del lugar en estudio y las poblaciones que serán beneficiadas.

4.4.2 Instrumentos.

4.4.2.1 Cámara fotográfica.

Nos permitirá tomar imágenes de las anomalías presentadas en el pavimento.

4.4.2.2 Cuaderno para la toma de apuntes.

Para registrar las variables que afectan al estado del pavimento.

4.4.2.3 Planos de Planta.

Para constatar las dimensiones geométricas de las calles pavimentadas.

4.4.2.4 Wincha.

Para realizar las mediciones correspondientes de las características geométricas del pavimento.

4.4.2.5 Libros y/o manuales de referencia.

Para tener información acerca de la descripción, medición y relación del pavimento.

4.4.2.6 Equipos topográficos.

Los equipos topográficos utilizados fueron la estación total, teodolitos y niveles. Fueron utilizados para el realizar el levantamiento de las anomalías del pavimento rígido.

4.5 Plan de análisis.

El análisis de los datos se realizara haciendo uso de técnicas estadísticas descriptivas que permitan a través de indicadores cuantitativos y/o cualitativos la mejora significativa de la condición sanitaria. Para lo cual se cumplirá el siguiente plan de trabajo:

- Ubicación del área de estudio.
- Determinación de los Tipos de patologías existentes en los pavimentos del distrito de Carmen Alto.
- Establecer el nivel de Índice de Integridad estructural y Condición de Pavimento del distrito de Carmen Alto.
- Cuadros del ámbito de la investigación.
- Cuadros estadísticos de las Patologías existentes.
- Cuadros de estados en que se encuentran los pavimentos en el Jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho.

4.6 Matriz de consistencia.

Ver la Tabla 4.2.

DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL CONCRETO PARA OBTENER EL ÍNDICE DE INTEGRIDAD ESTRUCTURAL Y CONDICIÓN OPERACIONAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN EL JR. AYACUCHO DEL DISTRITO DE CARMEN ALTO PROVINCIA DE HUAMANGA Y DEPARTAMENTO DE AYACUCHO, MAYO – 2019.				
PROBLEMA	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA
¿Cómo identificar, clasificar y cuantificar las patologías del pavimento rígido para la obtención del índice de condición del pavimento en el Jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho ?	<p>Objetivo general:</p> <p>Identificar y caracterizar las patologías del pavimento rígido en el Jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar los tipos de patologías en el pavimento rígido en el Jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho. 2. Caracterizar la patología influyente insitu del pavimento rígido del perímetro del Jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho. 	<p>Se aprecia la necesidad que existe en identificar los diferentes tipos patológicos y caracterizar la patología predominante en la superficie de rodadura del Jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho. por el método PCI, lo cual nos permitirá proponer el tipo de intervención en las vías. Además, nos permitirá conocer el tipo de la patología predominante del tramo y las causas originadas, con la que se podrán corregir y prevenir los errores.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>Se podrá identificar y caracterizar las patologías del pavimento rígido en el Jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se podrá identificar los tipos de patologías en el pavimento rígido en el Jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho. 2. Se podrá caracterizar la patología predominante insitu en el Jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho. 	<p>Tipo:</p> <p>El proyecto de investigación es del tipo exploratorio.</p> <p>Nivel:</p> <p>El proyecto de investigación es de nivel cualitativo.</p> <p>Enfoque:</p> <p>La investigación tiene un enfoque descriptivo.</p> <p>Diseño:</p> <p>Elaborar, buscar, analizar y diseñar los instrumentos para evaluar el estado del pavimento rígido en el Jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho.</p> <p>Universo y muestra:</p> <p>El universo o población es indeterminada. La población comprende las diferentes calles del barrio Carmen Alto de la ciudad de Ayacucho.</p>

Tabla 4.2: Matriz de consistencia.

Fuente: Elaboración propia.

4.7 Principios éticos.

Como profesional de Ingeniería Civil, debemos promover y defender la integridad, el honor y la dignidad de nuestra profesión, sirviendo con fidelidad al público, a nuestros empleadores y clientes, esforzándonos por incrementar el prestigio, la calidad y la idoneidad de la ingeniería, además de apoyar a las instituciones profesionales y académicas.

Ingenieros Civiles, estaremos al servicio de la sociedad, teniendo como obligación de contribuir al bienestar humano, dando importancia primordial a la seguridad y adecuada utilización de los recursos en el desempeño de cada tarea profesional que nos sean asignadas.

Como principios éticos, debemos comprometernos son:

- La Relación con el público.
- La Relación con la sociedad.
- El ejercicio profesional.
- Los Deberes con el Colegio.
- La Relación con el público.

V. RESULTADOS.

5.1 Resultados.

Determinación, identificación de los tipos de patologías existentes en los pavimentos rígidos de las diferentes cuadras del jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, región Ayacucho.

Establecer el nivel de índice de condición operacional del pavimento rígido, para las cuadras 02, 04 y 06 del jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, región Ayacucho. Las cuales han sido tomadas aleatoriamente. A continuación, se describirá el cálculo para cada una de ellas.

PATOLOGÍA DE LA MUESTRA N° 01 (CUADRA 2)

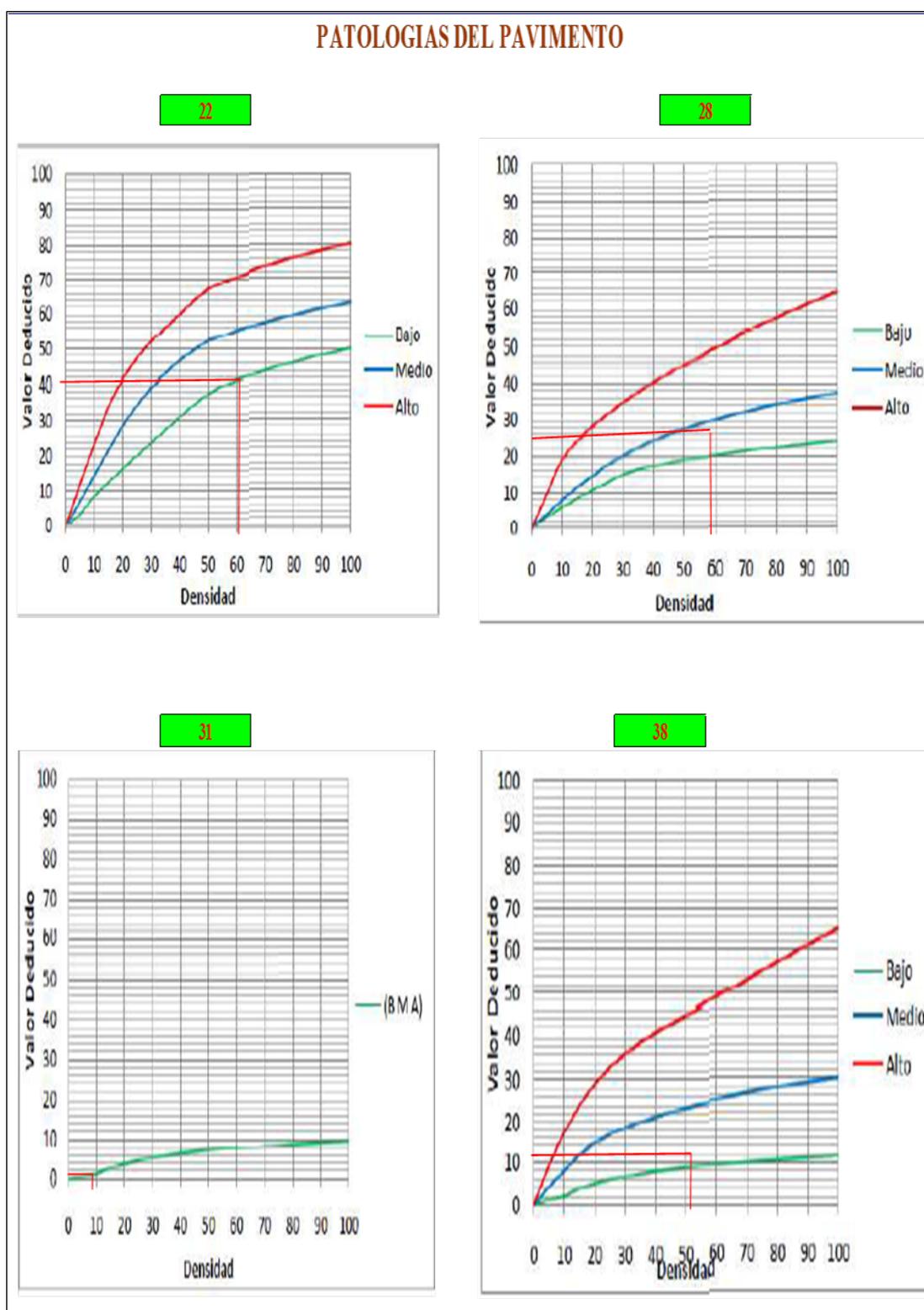


Tabla 5.2: Patología de la muestra N° 01 (cuadra 02) del pavimento rígido del jr. Ayacucho.

Fuente:(Elaboración Propia).

CÁLCULO DE VCR Y PCI MUESTRA N° 01 (CUADRA 2)

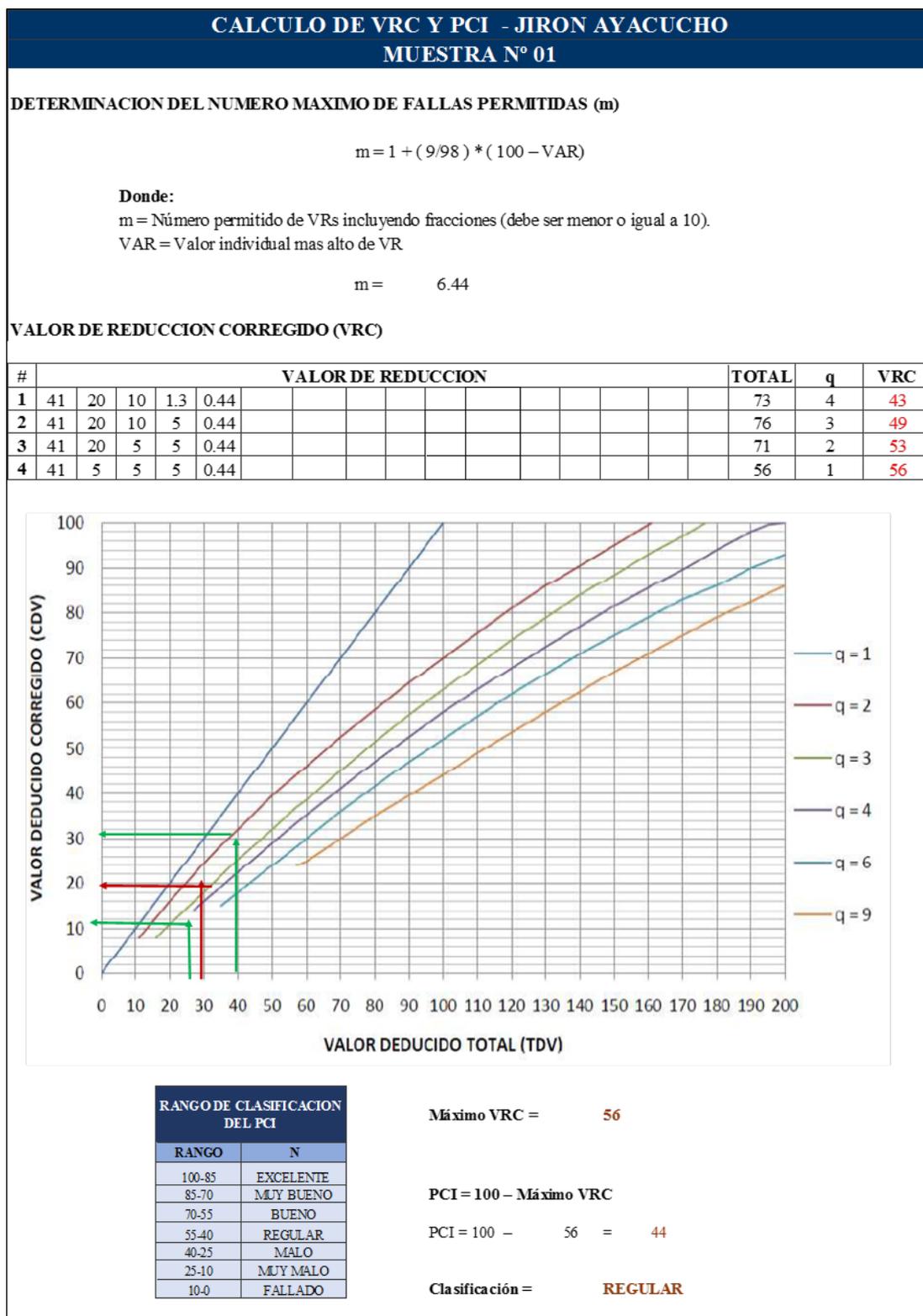


Tabla 5.3: Presencia de Grieta de esquina en Pavimento Rígido.

Fuente:(Elaboración Propia).

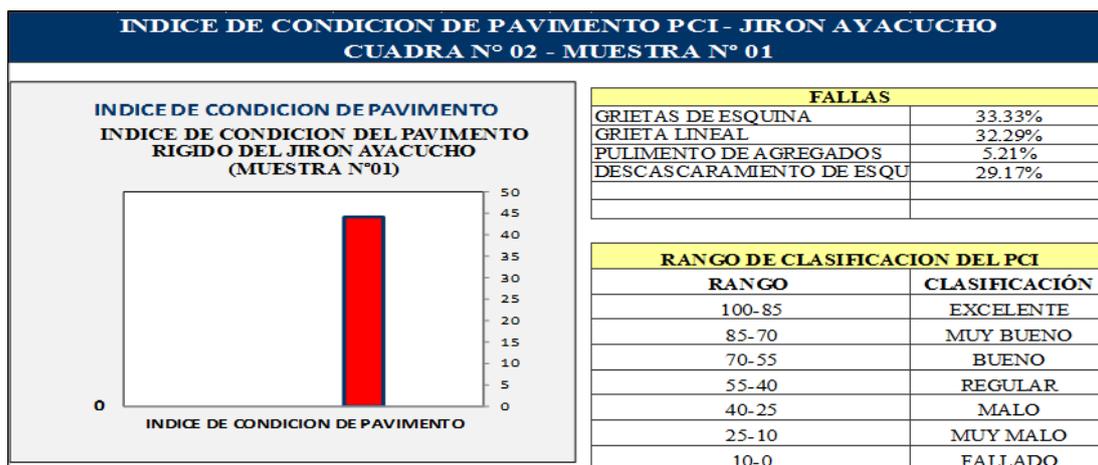


Figura 5.1: Índice de condición operacional del pavimento rígido de la muestra N° 01.

Fuente:(Elaboración Propia).

Descripción e Interpretación: De acuerdo al sistema de clasificación PCI el pavimento de la muestra N° 01 perteneciente a la cuadra 2 del jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto presenta un valor de PCI igual a **44** por lo cual está clasificado como un tipo de pavimento **REGULAR**.

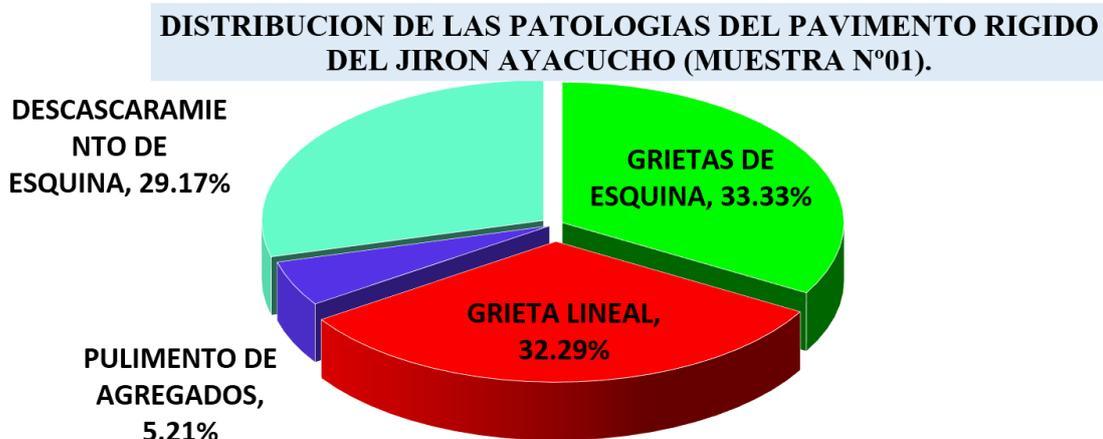


Figura 5.2: Distribución de patologías en la Muestra N° 01.

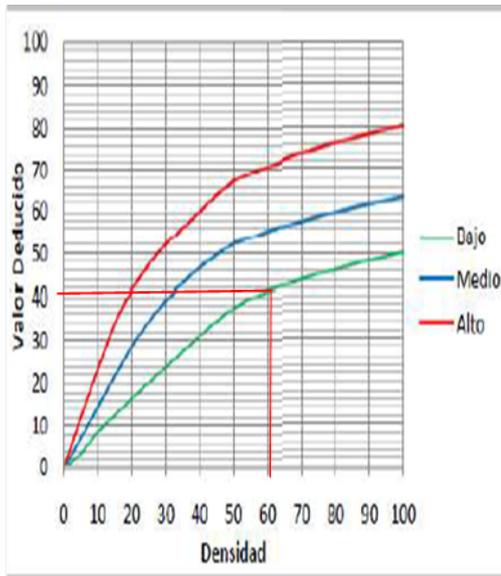
Fuente:(Elaboración Propia).

Descripción e Interpretación: Los tipos la patología encontrada en la unidad de muestra N° 01 perteneciente a la cuadra 2 del jr. Ayacucho presenta cuatro tipos de patología y está dada de la siguiente manera grieta lineal 32.29%, grieta de esquina 33.33%, descascaramiento de esquina 29.17% y pulimiento de agregados 5.21%.

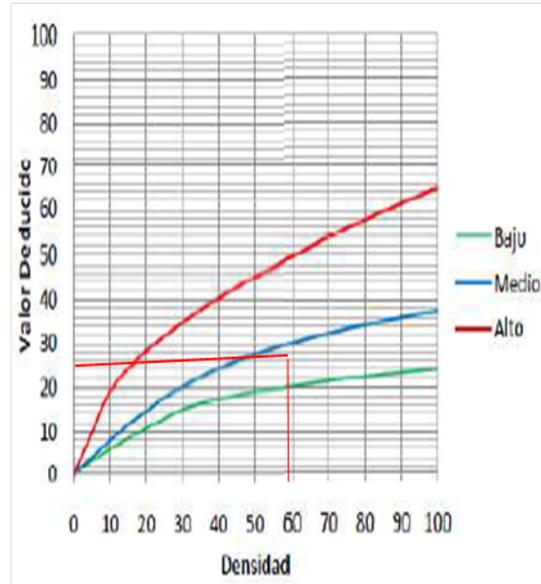
PATOLOGÍA DE LA MUESTRA N° 02 (CUADRA 4)

PATOLOGIAS DEL PAVIMENTO

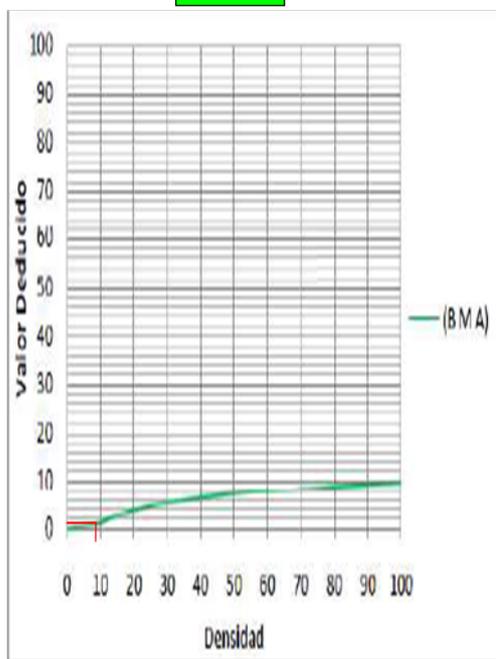
22



28



31



38

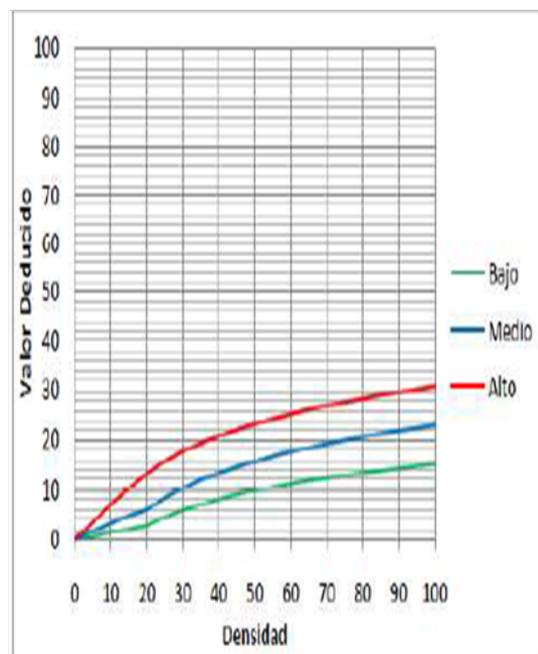
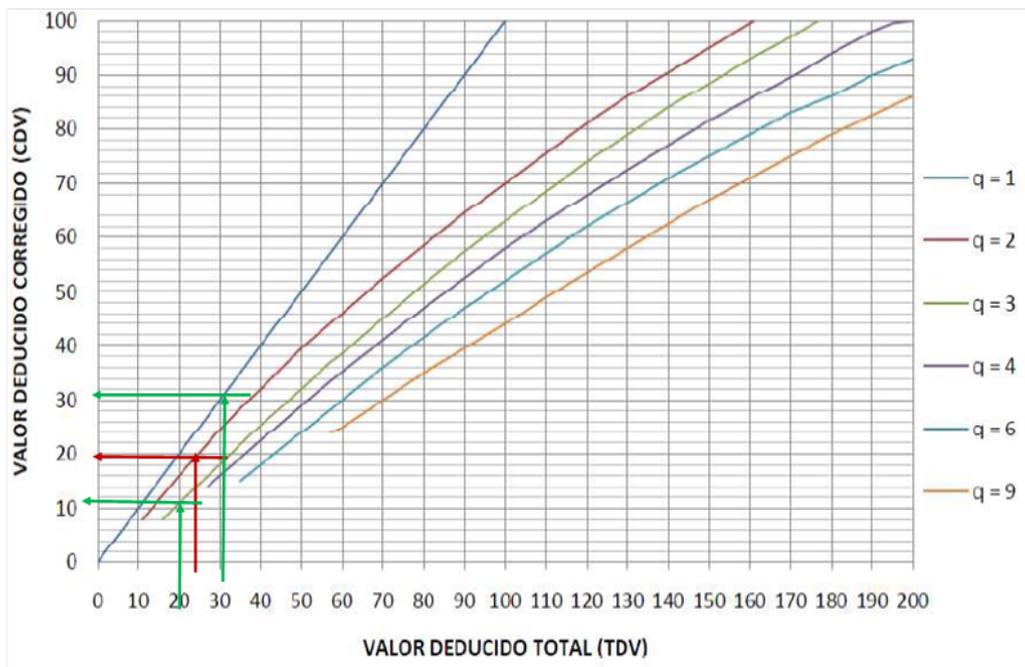


Tabla 5.5: Patología de la muestra N° 02 (cuadra 04) del pavimento rígido del jr. Ayacucho.
Fuente:(Elaboración Propia).

CÁLCULO DE VCR Y PCI MUESTRA N° 02 (CUADRA 4)

CALCULO DE VRC Y PCI - JIRON AYACUCHO											
MUESTRA N°02											
DETERMINACION DEL NUMERO MAXIMO DE FALLAS PERMITIDAS (m)											
$m = 1 + (9/98) * (100 - VAR)$											
Donde:											
m = Número permitido de VRs incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10).											
VAR = Valor individual mas alto de VR											
m = 6.92											
VALOR DE REDUCCION CORREGIDO (VRC)											

#	VALOR DE REDUCCION										TOTAL	q	VRC
1	36	22	10	10	0.9						79	4	46
2	36	22	10	5	0.9						73	3	47
3	36	22	5	5	0.9						68	2	51
4	36	5	5	5	0.9						51	1	51



RANGO DE CLASIFICACION DEL PCI	
RANGO	N
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 = **51**

PCI = 100 - Máximo VRC

PCI = 100 - 51.2 = **49**

Clasificación = **REGULAR**

Tabla 5.6: Interpolación del valor deducido corregido para la unidad de la muestra N° 02 (cuadra 04) del pavimento rígido de jr. Ayacucho.

Fuente:(Elaboración Propia).

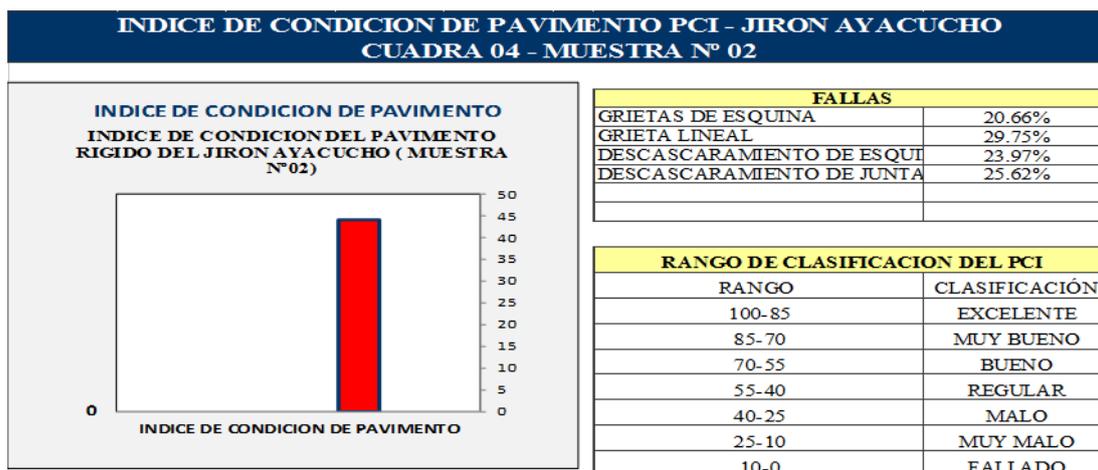


Figura 5.3: Índice de condición operacional del pavimento rígido de la muestra N° 02.

Fuente:(Elaboración Propia).

Descripción e Interpretación: De acuerdo al sistema de clasificación PCI el pavimento de la muestra N° 02 perteneciente a la cuadra 4 del jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto presenta un valor de PCI igual a **49** por lo cual está clasificado como un tipo de pavimento **REGULAR**.

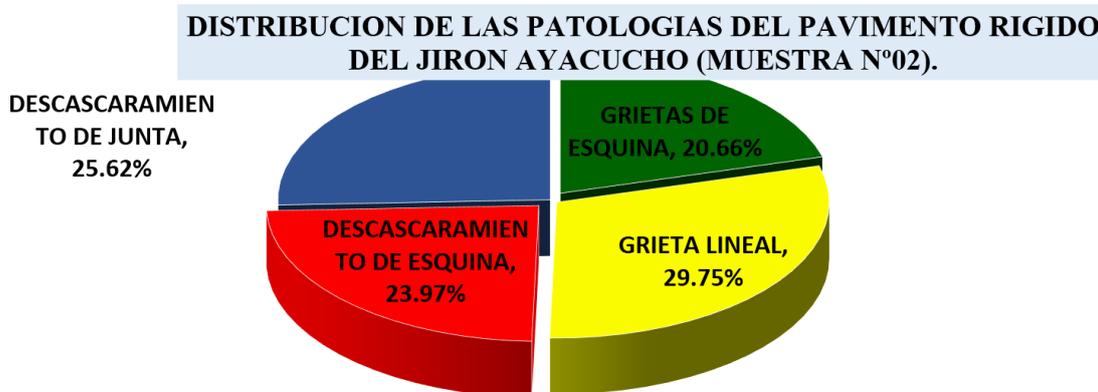


Figura 5.4: Distribución de patologías en la Muestra N° 02.

Fuente:(Elaboración Propia).

Descripción e Interpretación: Los tipos la patología encontrada en la unidad de muestra N° 02 perteneciente a la cuadra 4 del jr. Ayacucho presenta cuatro tipos de patología y está dada de la siguiente manera grieta lineal 29.75%, grieta de esquina 20.66%, descascaramiento de junta 25.62% y descascaramiento de esquina 23.97%.

PATOLOGÍA DE LA MUESTRA N° 03 (CUADRA 6)

PATOLOGIAS DEL PAVIMENTO

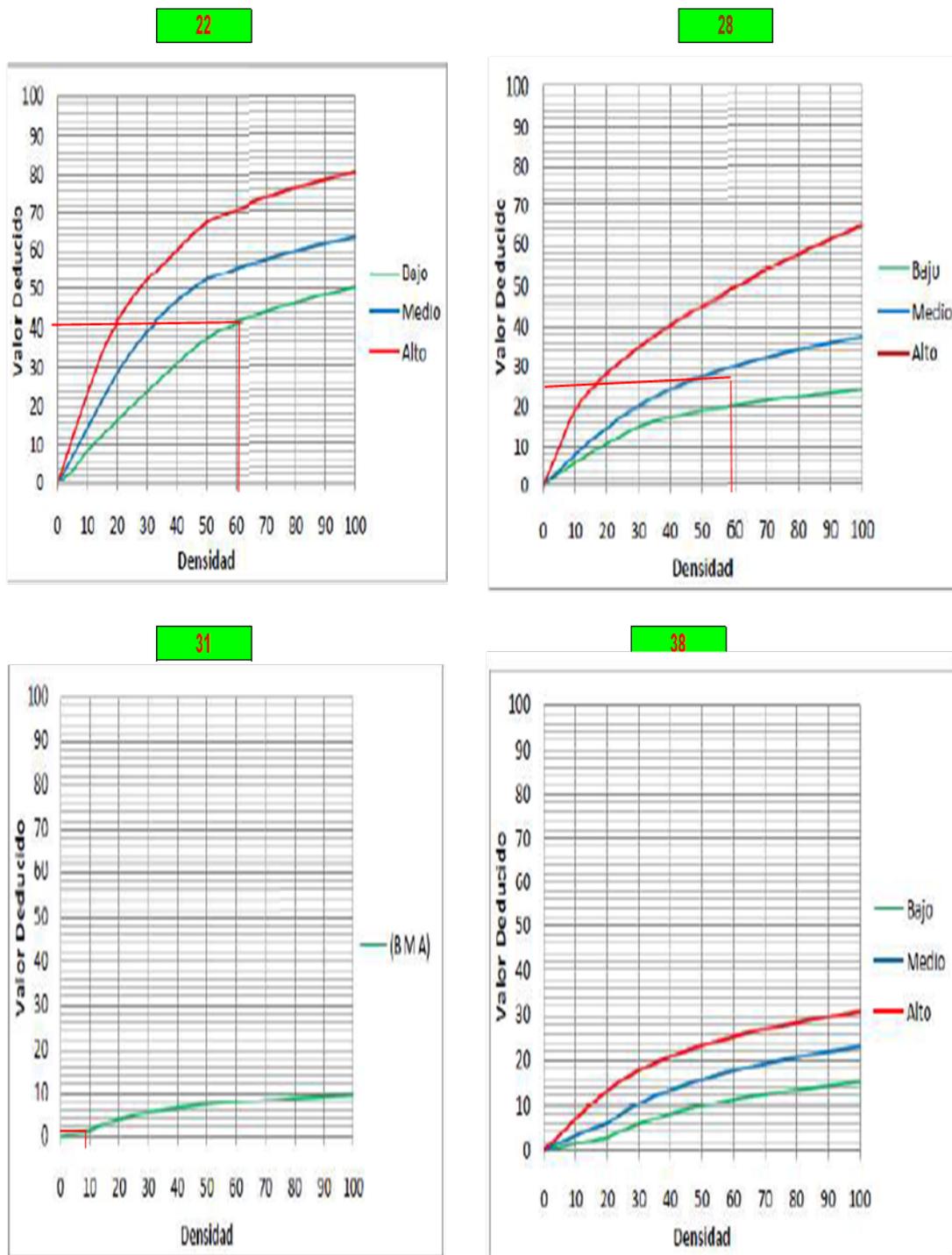


Tabla 5.8: Patología de la muestra N° 03 (cuadra 06) del pavimento rígido del jr. Ayacucho.

Fuente:(Elaboración Propia).

PATOLOGÍA DE LA MUESTRA N° 03 (CUADRA 6)

PATOLOGIAS DEL PAVIMENTO

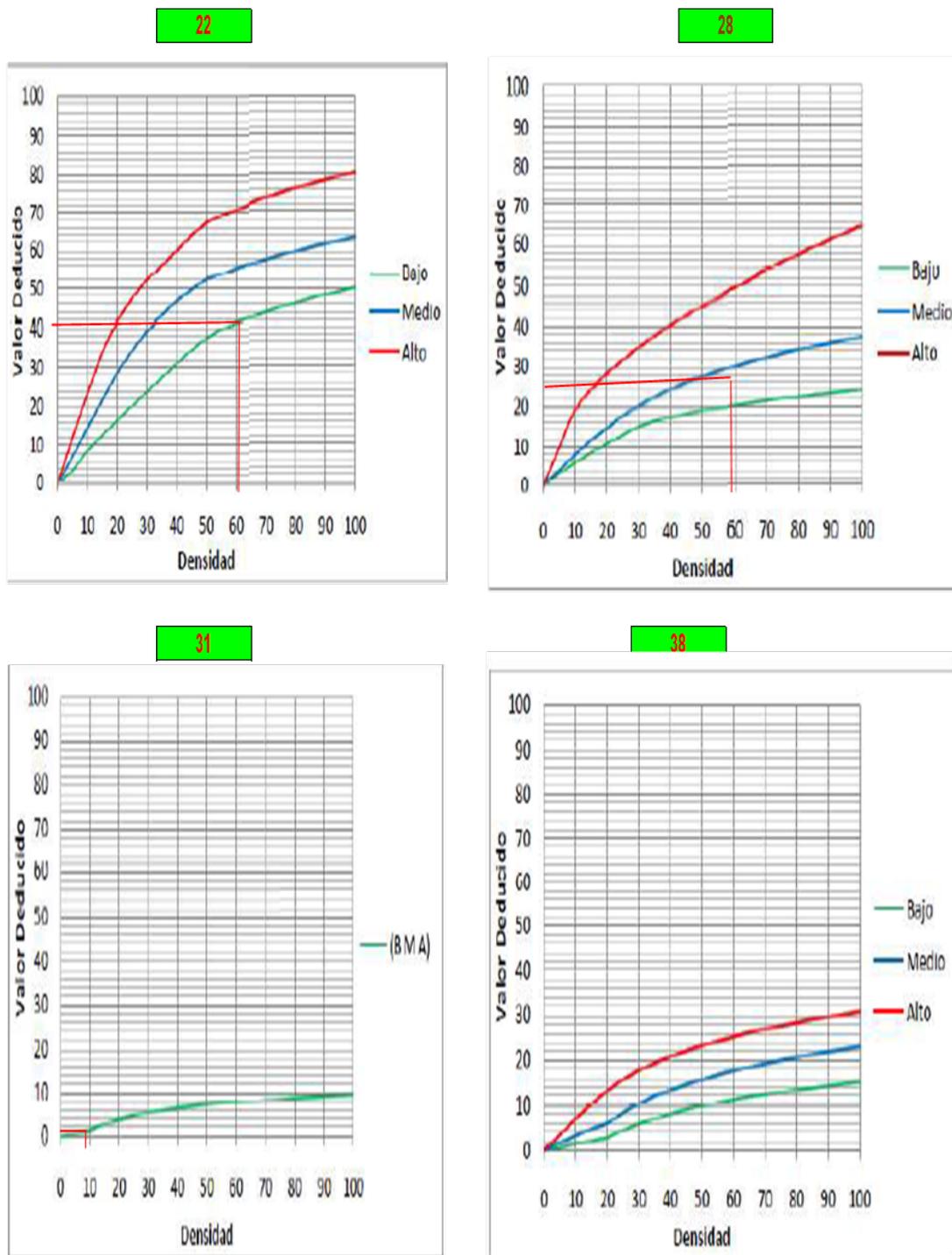


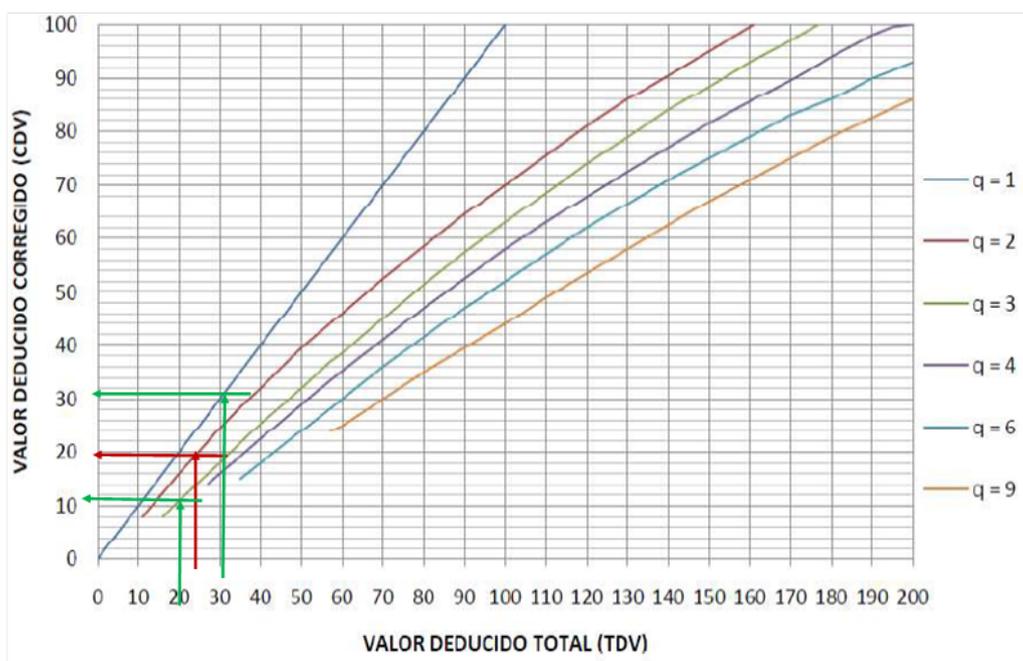
Tabla 5.9: Patología de la muestra N° 03 (cuadra 06) del pavimento rígido de jr. Ayacucho.

Fuente: (Elaboración Propia).

CÁLCULO DE VRC Y PCI MUESTRA N° 03 (CUADRA 6)

CÁLCULO DE VRC Y PCI - JIRON AYACUCHO														
MUESTRA N°03														
DETERMINACION DEL NUMERO MAXIMO DE FALLAS PERMITIDAS (m)														
$m = 1 + (9/98) * (100 - VAR)$														
Donde:														
m = Número permitido de VRs incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10).														
VAR = Valor individual mas alto de VR														
m = 6.62														
VALOR DE REDUCCION CORREGIDO (VRC)														

#	VALOR DE REDUCCION										TOTAL	q	VRC
1	39	19	10	1.2	0.6						70	4	41
2	39	19	10	5	0.6						74	3	48
3	39	19	5	5	0.6						69	2	52
4	39	5	5	5	0.6						54	1	54



RANGO DE CLASIFICACION DEL PCI	
RANGO	N
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 = 54

PCI = 100 - Máximo VRC

PCI = 100 - 54 = 46

Clasificación = REGULAR

Tabla 5.10: Interpolación del valor deducido corregido para la unidad de la muestra N° 03 (cuadra 06) del pavimento rígido del jr. Ayacucho.

Fuente:(Elaboración Propia).

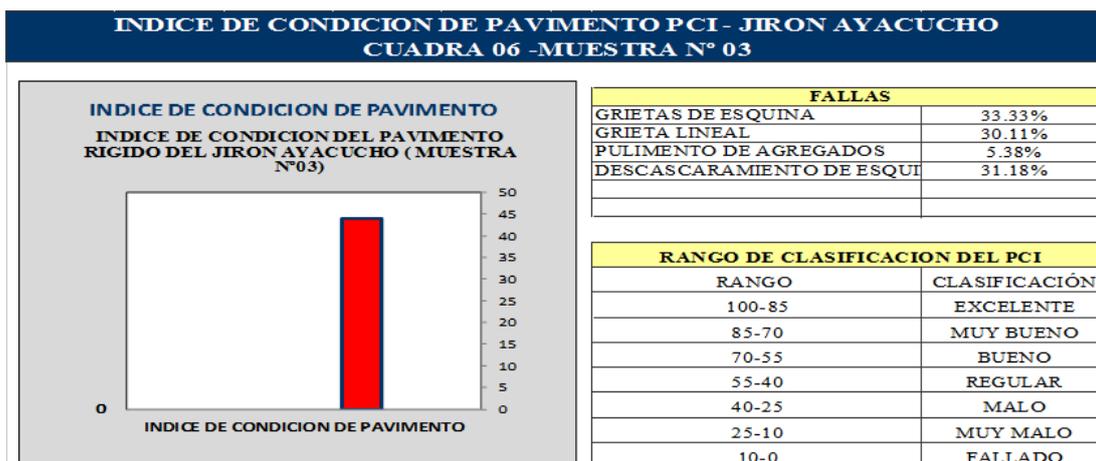


Figura 5.5: Índice de condición operacional del pavimento rígido de la muestra N° 03.

Fuente:(Elaboración Propia).

Descripción e Interpretación: De acuerdo al sistema de clasificación PCI el pavimento de la muestra 03 perteneciente a la cuadra 6 del jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto presenta un valor de PCI igual a **46** por lo cual está clasificado como un tipo de pavimento **REGULAR**.

**DISTRIBUCION DE LAS PATOLOGIAS DEL PAVIMENTO RIGIDO
DEL JIRON AYACUCHO (MUESTRA N°03).**

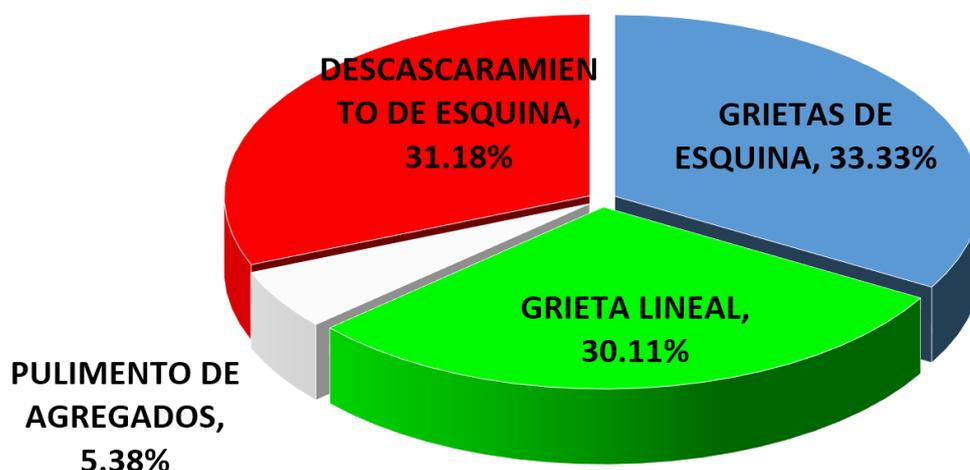


Figura 5.6: Distribución de patologías en la Muestra N° 03.

Fuente:(Elaboración Propia).

Descripción e Interpretación: Los tipos la patología encontrada en la unidad de muestra N° 03 perteneciente a la cuadra 6 del jr. Ayacucho presenta cuatro tipos de patología y está dada de la siguiente manera grieta lineal 30.11%, grieta de esquina 33.33%, descascaramiento de esquina 31.18% y Pulimento de agregados 5.38%.

5.2 Análisis de resultados.

En la superficie de las pistas del Jirón Ayacucho cuadra del 1 al 6 de la ciudad de Carmen Alto, provincia Huamanga, se realizó un análisis en un cuadro de resumen con sus gráficos. Para determinar qué porcentaje del pavimento presentan y no presentan patologías, el porcentaje de pavimento que no presenta patología corresponde al 54%, mientras que el porcentaje que presenta patologías corresponde al 46%.

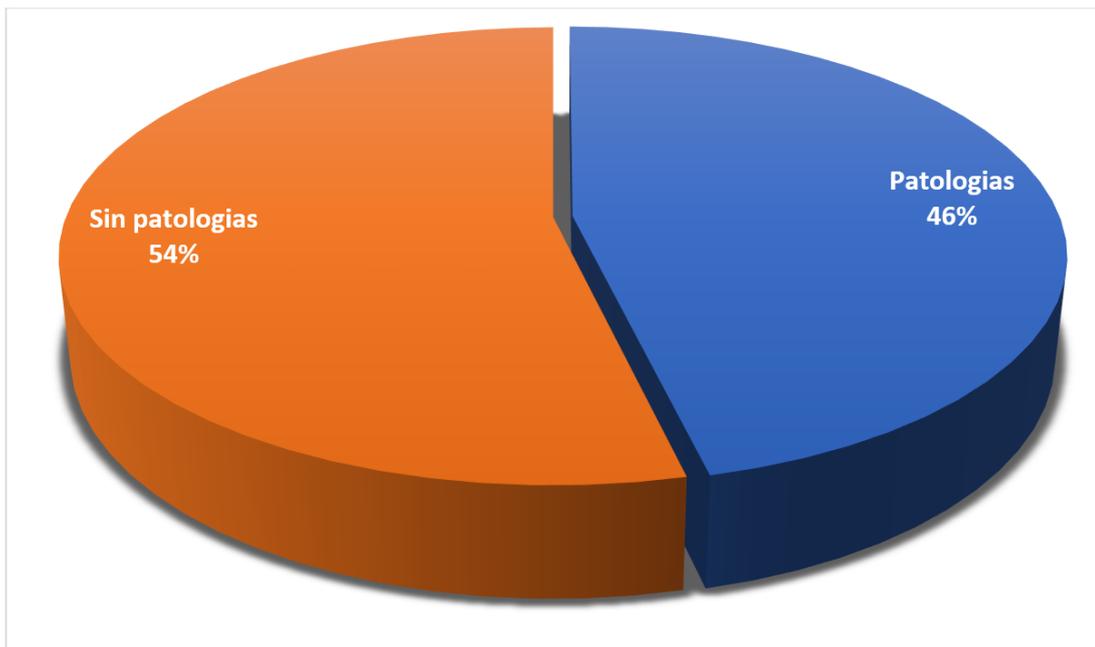


Figura 5.7: Pavimentos con patología y sin Patología.

Fuente:(Elaboración Propia).

Grieta Lineal, Pulimento de Agregado, Grieta de Esquina, descacaramiento de Junta y descacaramiento de esquina. Son las patologías encontradas en dicho pavimento sienten la patología de Grieta Lineal la más relevante sobre la superficie del pavimento del Jirón Ayacucho cuadra del 1 al 6 de la ciudad de Carmen Alto, provincia Huamanga. Agruparemos los valores de las muestras que se obtuvo de los PCI y lo representaremos mediante gráfico con sus respectivos valores.

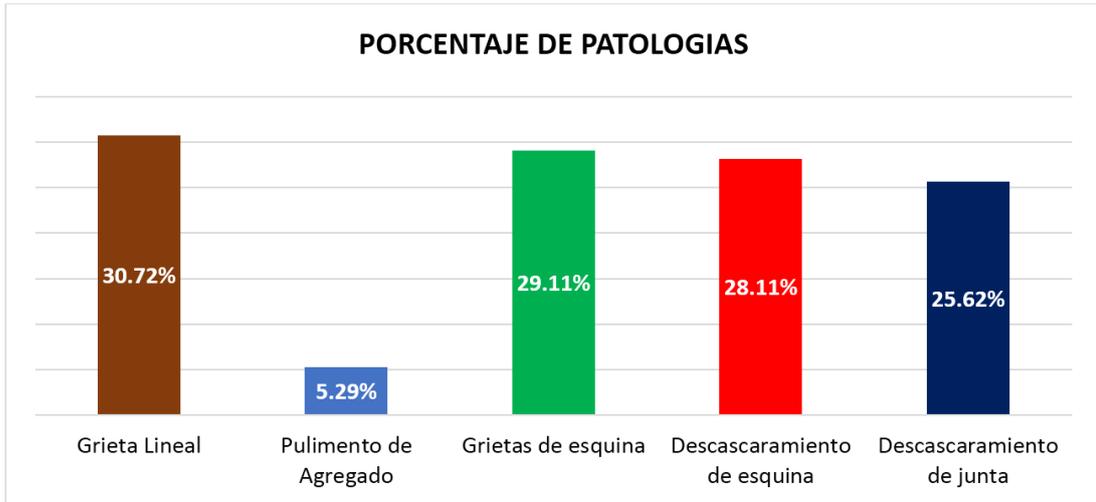


Figura 5.8: Porcentaje de patologías.

Fuente:(Elaboración Propia).

Los pavimentos del jr. Ayacucho cuadras del 1 al 6, tienen una antigüedad aproximada de 8 a 9 años de construcción, es por tal motivo que las muestras (01,02,03) no tienen deterioros mayores por la cual están aptos para el transporte pesado, son los que menos daño presentan es por motivo que dichas patologías han ocasionaron las severidades y según su análisis dando como resultado una calificación final del pavimento de **REGULAR** con 46.27%.

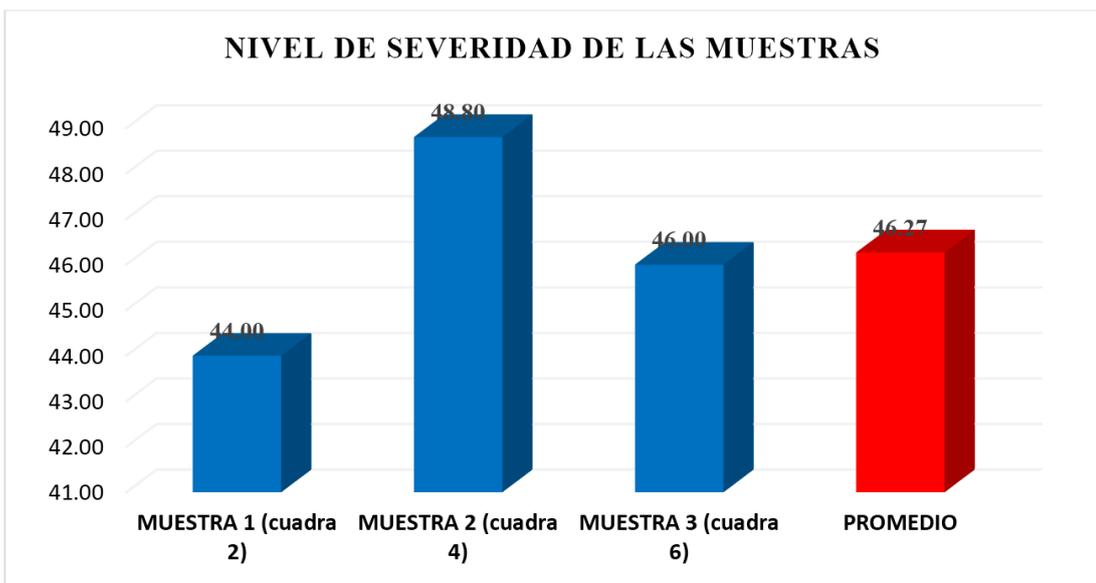


Figura 5.9: Nivel de severidad de muestras.

Fuente:(Elaboración Propia).

VI. CONCLUSIONES.

De acuerdo a las evaluaciones de las unidades de muestras mostradas en los cuadros podemos recomendar tomar medidas necesarias en la muestra N 02, y tener un mantenimiento periódico y en cada uno de las muestras según su severidad, dando de esta forma una pronta solución al estado que se encuentra dichos pavimentos.

En las muestras grupales hemos podido observar los distintos tipos de severidades en el cual se encuentra el Jirón Ayacucho cuadra del 1 al 6 de la ciudad de Carmen Alto, provincia Huamanga, da como resultado general una condición **REGULAR** con **46.27** del pavimento, esto nos indica que dicho pavimento necesita una evaluación y estudio para poder determinar la sustitución completa de algunos paños o de toda la cuadra.

ASPECTOS COMPLEMENTARIOS.

El estudio realizado presenta las fallas presentadas en el pavimento del Jr. Ayacucho del distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho. Este estudio permitirá proponer alternativas de reforzamiento por el cual se evitara daños importantes sobre la estructura. Además, se podrá trazar un plan de prevención de futuros daños que tomen en cuenta las patologías propuestas por el AASHTO. Este plan de prevención permitira evitar futuras rajaduras sobre el pavimento causado principalmente por el uso continuo de vehiculos de alto tonelaje, exposición a fenomenos naturales y falta de mantenimiento preventivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DIMAS TANANTA. Determinacion y evaluacion de las patologías del concreto para obtener el índice de integridad estructural del pavimento y la condición operacional de la superficie del pavimento rígido del jr. Cahuide, distrito Calleria, provincia Coronel Portillo, Ucayali. *ULADECH*, 2016.
- [2] GILMAR QUISPE. 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. *ULADECH*, 2017.
- [3] EDGAR PALOMINO. Evaluación de la condición operacional del pavimento rígido, aplicando el método del PCI, en las pistas del jr. Callao Cuadra 3 y 4, y prolg. jr. Callao Cuadra 5 y 6 del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, junio – 2017. *ULADECH*, 2018.
- [4] JUAN CARDENAS. Determinación y evaluación de las patologías del pavimento flexible, para obtener el Índice de integridad estructural del pavimento flexible y condición operacional de la superficie de rodadura de la Avenida Carlos la Torre Cortés, distrito de Huanta, provincia de Huanta, región Ayacucho – agosto 2016. *ULADECH*, 2017.
- [5] JAIME RABANAL. Análisis del estado de concreto del pavimento flexible de la vía de evitamiento norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento, Cajamarca-2014. *UPN*, 2014.
- [6] TULIO ESPINOZA. Determinación y evaluación del nivel de incidencia de las patologías del concreto en los pavimentos rígidos de la provincia de Huancabamba, departamento de Piura. *ULADECH*, 2010.
- [7] BRYAN ESTRADA. Determinación y evaluación de las patologías del concreto para obtener el índice de integridad estructural y condición operacional de la superficie de la pista en la Avenida Tupac Amaru, distrito de Manantay, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali -abril 2016. *ULADECH*, 2016.
- [8] MAURO GONZALES. Determinación y evaluación de las patologías del pavimento de concreto hidráulico en el barrio de Villon Alto – distrito de Huaraz – provincia de Huaraz – región Ancash. *ULADECH*, 2015.
- [9] FLOR YVALA. Evaluación económica en el ciclo de vida del pavimento rígido y flexible en las vías arteriales y colectoras del distrito de Ayacucho. *UNSCH*, 2019.

- [10] CIRO TOVAR. Evaluación del empleo de concreto compactado con rodillo en los pavimentos: Impacto técnico y económico. *UNSCH*, 2014.
- [11] HAMILTON MENDOZA. Evaluación del diseño de losas cortas (tcp) en pavimentos según tensiones. *UNSCH*, 2015.
- [12] ALEXANDER ZAPATA. Determinación y evaluación de las patologías del pavimento flexible de la calle Lima del asentamiento humano San Pedro, distrito Piura, provincia de Piura y departamento de Piura, noviembre 2017. *ULADECH*, 2019.
- [13] RICARDO MIRANDA. *DETERIORO EN PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RIGIDOS*. UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE, 2010.
- [14] DIEGO JARAMILLO. *EVALUACION Y PATOLOGIA DE PAVIMENTOS DE CONCRETO, CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA*. CEMENTOS PROGRESO, 2012.
- [15] Zegarra-Tarqui Jorge Luis, Santos de Brito Jeferson, and De Fátima-Carvalho Miriam. Escurrimiento en pavimentos de bloques de suelo-cemento: un abordaje experimental. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 16(1):35 – 47, 2015.
- [16] Beltrán-Calvo Gloria Inés and Romo-Organista Miguel Pedro. Evaluación de pavimentos y decisiones de conservación con base en sistemas de inferencia difusos. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 15(3):391 – 402, 2014.
- [17] ALFONSO MONTEJO. Ingeniería de pavimentos fundamentos estudios básicos y diseño. *UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA*, 2006.
- [18] NORMA CE 010. *NORMA CE.010 PAVIMENTOS URBANOS*. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, 2010.
- [19] JUAN CASTILLO. Tipos de patología en pavimento rígido. *UNIVERSIDAD RICARDO PALMA*, 2009.
- [20] SERGIO BLAS. *EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS*. SCRIBD, first edition.
- [21] LUIS VASQUEZ. *PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) PARA PAVIMENTOS ASFALTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS*. INGEPAV, February 2002.
- [22] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING and MATERIALS. *PROCEDIMIENTO ESTANDAR PARA LA INSPECCION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN CAMINOS Y ESTACIONAMIENTOS (ASTM D6433-03)*. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2004.

ANEXOS

Anexo 2: Fotos descriptivas.



Fotografía 1: *Presencia de Grieta lineal.*



Fotografía 2: *Vista de pavimento rígido en el jr. Ayacucho.*



Fotografía 3: *Recolección de datos en la cuadra 2 del jr. Ayacucho.*



Fotografía 4: *Recolección de datos en la cuadra 6 del jr. Ayacucho.*



Fotografía 5: Jr. Sucre muestra N 05 tipo de falla Descascamiento de junta.



Fotografía 6: Presencia de grietas de esquina en la cuadra 6 del Jr. Ayacucho.

