

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Evaluación del pavimento rígido utilizando la metodología PCI de la
av. los alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo del Distrito
de los Olivos – Lima- 2020**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Rafael Mendoza, Johnny James

Asesor:

Moncada Saucedo, Segundo Francisco (0000-0002-1553-5273)

Huaraz – Perú

2020

Palabras clave

Tema	Evaluación de pavimento
Especialidad	Pavimentos

Keywords

Subject	Pavement evaluation
Specialty	Pavements

Línea de investigación	Transporte
Área	Ingeniería
Subarea	Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería del transporte

Título de la investigación

Evaluación del pavimento rígido utilizando la metodología PCI
de la av. los alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo
del Distrito de los Olivos – Lima- 2020

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como principal propósito evaluar la condición del pavimento rígido en el sector vial de la Av. Los Alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de Mayo del Distrito de los Olivos – Lima, esto se realizó utilizando el método PCI, la metodología utilizada fue de tipo descriptiva, con diseño de investigación no experimental, de acuerdo a los propósitos de este trabajo y la técnica a seguir puede decirse que tuvo un nivel transversal correlacional y explicativo pues se realizó recolección de datos de campo, mediante formatos y aplicando la metodología del PCI. además el trabajo se realizó apoyándose en el método científico, en el que se recolectó los datos a través de la observación en los formatos establecidos por dicho método de estudio, con este trabajo de investigación se obtuvo como resultado el PCI promedio de 51,93 en toda la Av. Los Alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de Mayo, en donde se tuvo un PCI de 49,76, para el tramo 1, un PCI de 48,90, para el tramo 2, un PCI de 44,43, para el tramo 3 y un PCI de 64,64, para el tramo 4, el tipo de clasificación y las patologías que más se influyen y su severidad con las que se presenta en el estado del pavimento rígido en estudio, que ayude a determinar un criterio de ingeniería para la programación del mantenimiento de la vía y plantear soluciones adecuadas para este problema. Llegando a la conclusión que el pavimento rígido del sector vial urbano de la Av. Los Alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de Mayo del distrito Los Olivos – Lima, es REGULAR debido a que cae en el intervalo 55-40 del rango de clasificación del Método PCI.

Abstract

The main purpose of this research work was to evaluate the condition of the rigid pavement in the road sector of Av. Los Alisos between Jaime Bausate and 13 de Mayo streets of the Los Olivos District - Lima, this was done using the PCI method, The methodology used was descriptive, with a non-experimental research design, according to the purposes of this work and the technique to be followed, it can be said that it had a transversal correlational and explanatory level, since field data collection will be carried out, using formats and applying the PCI methodology. In addition, the work was carried out based on the scientific method, in which the data was collected through observation in the formats established by said study method, with this research work the average PCI of 51.93 was obtained as a result in all Av. Los Alisos between Jaime Bausate and 13 de Mayo streets, where there was a PCI of 49.76, for section 1, a PCI of 48.90, for section 2, a PCI of 44.43 , for section 3 and a PCI of 64.64, for section 4, the type of classification and the pathologies that are most influenced and their severity with which it occurs in the state of the rigid pavement under study, which helps to determine an engineering criterion for the scheduling of track maintenance and propose suitable solutions for this problem. Reaching the conclusion that the rigid pavement of the urban road sector of Av. Los Alisos between Jaime Bausate and 13 De Mayo Streets of the Los Olivos district - Lima, is BAD because it falls in the 55-40 interval of the classification range of the PCI Method.

Índice

Tema	Página N°
Palabras clave	i
Título de la investigación.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA.....	27
III. RESULTADOS	30
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	41
V. CONCLUSIONES	44
VI. RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
AGRADECIMIENTOS.....	50
ANEXOS Y APÉNDICE	51

Índice de tablas

Tabla 1 Técnicas e instrumentos de investigación.....	29
Tabla 2. Características geométricas de la Av. Los Alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de Mayo del Distrito de los Olivos – Lima.....	30
Tabla 3. Fallas observadas en el pavimento rígido de la Av. Los Alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de Mayo del Distrito de los Olivos – Lima.....	31
Tabla 4. Valor de daño del tramo de la Av. Bustamante – Av. Hugo Espinoza.....	34
Tabla 5. Tramo de evaluación Calle Hugo Espinoza y Pedro Coronado	35
Tabla 6. Valor de daño del tramo Av. Pedro Coronado – Av. Palmeras.....	36
Tabla 7. Valor de daño del tramo de la Av. Palmeras – Av. 13 de Mayo.	37
Tabla 8. Evaluación del método PCI del tramo Av. Los Alisos - tramo Calle Bausate Meza & Calle H. Espinoza.	39
Tabla 9. Clasificación según índice PCI.....	89
Tabla 10. Tipo de intervención de acuerdo al índice PCI.....	89

Índice de figuras

Figura 1 Densidad de las fallas del tramo Av. Bustamante - Av. Hugo Espinoza	34
Figura 2. Densidad de las fallas del tramo Av. Hugo Espinoza – Av. Pedro Coronado	35
Figura 3. Densidad de las fallas del tramo Av. Pedro Coronado-Av. Palmeras	37
Figura 4. Densidad de las fallas del tramo Av. Palmeras - Av. 13 de Mayo	38
Figura 5. Plano de Ubicación.....	80
Figura 6. Av Los Alisos: Inicio la Evaluación PCI Calle Jaime Bauzate Mesa	81
Figura 7. Av. Los Alisos: Final Calle 13 de mayo.	81
Figura 8. Av. Los Alisos: Final Calle 13 de mayo.	82
Figura 9. Identificación de daños encontrados.	82
Figura 10. Grieta de esquina	83
Figura 11. Losa dividida	83
Figura 12. Grietas lineales	84
Figura 13. Parche grande ($> 0.45m^2$)	84
Figura 14. Parche pequeño ($< 0.45 m^2$).....	85
Figura 15. Desconchamiento / Mapa de grietas / craquelado	85
Figura 16. Descascamiento de Esquina	86
Figura 17. Sello de junta	86
Figura 18. Diagrama para cálculo de valor de deducción (VD)	88
Figura 19. Calculo de “q”	88

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad al referirnos a pavimentos es tener presente la problemática que se vive a nivel mundial, en el cual la mayoría de los países en aras de desarrollo presentan pavimentos rígidos, flexibles y mixto en condiciones no adecuadas para la transitabilidad, en lo cual, el problema más serio que se puede identificar son las fallas superficiales del pavimento ya sea rígido, flexible o mixto, esto se puede evitar con los mantenimientos programados o periódicos que se debe tener presente al momento de la construcción, pero este problema se complica con la falta de programación de tales mantenimientos por falta de estudios que presenten una recomendación técnica para mantener dicha vía, es por ello que muchas veces los pavimentos instalados no cumplen con el tiempo para el cual ha sido diseñado y con ello se crea malestar en las pobladores que deben pagar las consecuencias de una mala gestión en la construcción de los pavimentos.

En el presente trabajo de investigación es el resultado de evaluar las patologías del pavimento rígido del sector vial de la Av. los alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo del Distrito de los Olivos – Lima, para la evaluación se utilizó el método del índice de condición de pavimento (PCI, por sus siglas en ingles). La aplicación del método PCI comprende un análisis de muestreo aleatorio de la unidad analizada que en dicha investigación comprende el sector vial de la Av. Los Alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo del Distrito de los Olivos – Lima, posteriormente se realizó el trabajo de campo necesario para este tipo de trabajo y la determinación final del PCI a través de los gráficos estandarizados por la Norma ASTM-D: 6433-07.

Para ello se estudió a varios investigadores en el ámbito internacional, nacional y local tales como el investigador Salazar (2019), en su trabajo de investigación titulado *Evaluación superficial del pavimento flexible utilizando el método PCI contrastado con la guía PMBOK en la Avenida Independencia, Cajamarca 2017*, en dicho trabajo de investigación el autor tuvo por objetivo general determinar la

evaluación de las características del estado del pavimento flexible en la citada vía, la metodología que utilizo fue un diseño no experimental, descriptiva, la cual lo complemento con el método PCI, además para ello utilizo 75 unidades de muestreo, entre los resultados obtuvo que las fallas que más frecuencia presentan y que inciden en el estado del pavimento flexible de la Avenida Independencia, la calificación del pavimento es regular, con un promedio de PCI 49,09%, para el mejoramiento de la vía se necesita un presupuesto aproximado de S/. 176,076.41, llegando a la conclusión que las principales fallas que presenta el pavimento flexible tiene incidencia con severidad baja y media, lo cual sirve para el mantenimiento del pavimento flexible de la Avenida Independencia, Cajamarca.

Según Fernández (2018), en su trabajo de investigación titulado *Evaluación de la condición de superficie del pavimento rígido de la calle Villanueva Pinillos de la ciudad de Jaén-Cajamarca*, en dicho trabajo de investigación el autor tuvo por objetivo general evaluar la condición en la que se encuentra la superficie del pavimento rígido de la mencionada calle, para ello aplico el método PCI, para lograr este objetivo utilizo la metodología que consistió en un diseño no experimental, estudio descriptivo, transversal, teniendo por población y muestra el pavimento rígido de la calle Villanueva Pinillos de la ciudad de Jaén – Cajamarca, los resultados obtenidos fueron de acuerdo al formato del PCI, destacando la falla de pulimiento de agregados y las demás fallas no inciden en la condición del pavimento rígido pues determino que eran insignificantes de lo cual concluyo que el pavimento rígido que estudio no necesitaba una intervención inmediata y solo necesitaba una intervención programada.

También Vásquez (2018), en su trabajo de investigación titulado *Evaluación del estado de conservación de las calles del sector santa rosa de la ciudad de Bambamarca utilizando los métodos de índice de conservación del pavimento (PCI) Y VIZIR*, en este trabajo de investigación el autor tuvo por objetivo general evaluar la condición superficial de las calles del sector Santa Rosa, además de la comparación de las distintas metodologías PCI y VIZIR, para ello utilizo la metodología con un diseño

no experimental, tipo descriptivo, cuantitativo para ambos métodos de evaluación, para lograr ese objetivo además tuvo como muestra 39 unidades o puntos de muestreo, con lo cual obtuvo como resultado las principales fallas tales como parcheo grande, pulimiento de agregados, grieta lineal, descascamiento de junta, y otros con un porcentaje de 42,30%, 12,70%, 11,90%, 7,00%, 6,70% y 19,40% respectivamente, además obtuvo un índice PCI promedio de 43,92 que de acuerdo a la escala, el pavimento rígido presento una condición regular.

Según Flores (2018), en su trabajo de investigación titulado *Evaluación de la condición operacional del pavimento rígido, aplicando el método PCI – (pavement condition index), en las pistas de la Avenida Unión entre la Avenida Salvador Allende y el Jirón Ica, distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali*, en dicho trabajo el autor tuvo por objetivo general evaluar la condición del pavimento rígido para la transitabilidad del parque automotor, para ello utilizo una metodología tipo descriptiva con un diseño no experimental y corte trasversal, con ello logro los resultados de las principales patologías que presento el pavimento rígido, dentro de las cuales especifico las principales zonas o unidades de muestra para el método PCI promedio un valor de 74,61 y de acuerdo a la escala es “muy bueno” y de lo cual llego a la conclusión que la vía del pavimento rígido no necesita intervención inmediata, pero si una operacionalización programada.

También Sierra y Rivas (2016), en su trabajo de investigación titulada *Aplicación y comparación de las diferentes metodologías de diagnóstico para la conservación y mantenimiento del tramo PR 00+000 – PR 01+020 de la vía al llano (DG 78 BIS SUR – CALLE 84 SUR) en la UPZ Yomasa*, en dicho trabajo de investigación los autores tuvieron por objetivo general analizar las patologías de un tramo de carretera y comparar con diferentes metodologías y con ello contribuir al desarrollo y mantenimiento de la vía, para ello utilizaron la metodología con un diseño no experimental, descriptivo y tipo cuantitativo, además de la forma secuencial de los métodos PCI y VIZIR, encontraron como resultado que en el tramo de la vía PR

00+000 – PR 01+020 en el sector de Yomasa y ello lo hicieron de acuerdo a los métodos mencionados, la calificación que obtuvieron luego del análisis fue de un PCI promedio de 89, que de acuerdo a la escala fue excelente y con el método VIZIR encontraron un $I_s = 2$, que de acuerdo a la escala es bueno, con estos resultados llegaron a la conclusión que la vía no necesita intervención.

Según Rodríguez (2015), en su trabajo de investigación titulado *Evaluación de la condición operacional del pavimento rígido, aplicando el método del pavement condition index (PCI), en las pistas del barrio el Triunfo, distrito de Carhuaz, provincia de Carhuaz, Región Ancash*, el investigador en dicho trabajo de investigación tuvo por objetivo general evaluar la condición operacional del pavimento rígido en las pistas del barrio el Triunfo, la metodología que utilizó fue no experimental, descriptiva, para ello realizó inspecciones al pavimento rígido de donde pudo recolectar los datos, los resultados de dicha investigación indican que se logró el cálculo del PCI para cada una de las calles del barrio el Triunfo a partir de los cálculos del valor de reducción individual (VR), ordenados en forma descendente obtenida mediante el uso de las densidades de cada tipo de patología en sus respectivos ábacos para cada una de las calles, luego se calculó el valor de reducción total (VRT-TDV) en su respectivo ábaco y la determinación del PCI de la calle, siguiendo el procedimiento del manual del PCI; logrando tener el valor general de este índice a través del procesamiento de cuadros estadísticos detallados y resumiendo el total de las patologías encontradas en las cinco calles evaluadas.

Y por último Alvarado y Freire (2015), en su trabajo de investigación titulado *Propuesta de un programa de mantenimiento de la vía Izamba-Píllaro, provincia de Tungurahua*, en dicho trabajo de investigación los autores tuvieron por objetivo general la elaborar una propuesta para definir la mejor opción de mantenimiento preventivo que se pueda aplicar en la vía Izamba-Píllaro para la operatividad de la mencionada carretera, para ello utilizó la metodología, con un diseño no experimental, del tipo descriptiva, con lo que realizaron la evaluación del pavimento flexible,

especificando las fallas presentes, determinando luego la severidad y densidad a fin de establecer el Índice de Condición del Pavimento (PCI), además del Índice de Rugosidad Interna (IRI) y del nivel de servicio (serviciabilidad), como resultados obtuvieron las principales patologías de la vía y con ello concluyeron que dichas patologías influyen en el presupuesto de mantenimiento de la vía, basado en el análisis de precios unitarios de acuerdo a la zona y costos actualizados de los materiales, personal operacional y equipos.

Para ello se debe estudiar las diferentes teorías o **fundamentación científica** del trabajo, entre los cuales tenemos a Montejo (2002), quien definió a los **pavimentos** como el conjunto de capas que se sobrepone de forma relativamente horizontales, los cuales deben realizarse con diseños técnicos y de ingeniería, utilizando para ello materiales apropiados que deben estar adecuadamente compactados los cuales deben estar apoyados sobre la subrasante de la vía, también según el MEF (2015), definió al pavimento como una estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por capa de rodadura, base y subbase y por último según Morales (2005), afirmo que, la principal característica de un pavimento rígido, es que la losa de este tipo de pavimento, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

En ese mismo sentido según Morales (2005), afirmo que los **elementos del pavimento rígido** son variados, pero entre los más representativos se tiene a la subrasante, es la parte fundamental del pavimento rígido en donde se da lugar los tratamientos del terreno tales como la compactación, y labores que contribuyen a la vida útil del pavimento rígido, además sirve como una capa que soporta la distribución uniforme de los esfuerzos que imprimen el parque automotor de diferente categoría que circula por el pavimento rígido, es por ello que se debe tener vital importancia en

los estudios realizados a las características del suelo, tal como su expansión del suelo, y otros elementos como la subbase, este elemento se encuentra entre la losa rígida y la subrasante para darle consistencia y mayor capacidad de soporte a la estructura del pavimento rígido, también Montejo (2002), afirmo que los pavimentos deben tener la característica de ofrecer resistencia a las cargas que se dan a través del tráfico vehicular, ya sea intenso o moderado, además de ser tolerante a los cambios de temperatura, la capa de rodadura debe presentar resistencia a las tracciones de velocidades generadas por el parque automotor de distinta categoría de rodaje, además debe tener la superficie de rodadura con una regularidad superficial con corte mixto ya sea transversal como longitudinal, y por último debe presentar regularidades para las condiciones climatológicas y tener una vida útil que sea sostenible en el tiempo, económicamente factible y que presente seguridad vial a los conductores.

Según Montejo (2017) afirmo que, los **pavimentos se clasifican** en pavimentos flexibles, los cuales están constituidos por una carpeta bituminosa, material granular y un ligante asfáltico, estos elementos son apoyados son dos capas que se les conoce como base y subbase, los pavimentos semirrígidos, son los pavimentos en el cual una capa ha sido rigidizado con otros elementos tales como asfalto, cal, cemento, entre otros, los pavimentos rígidos, los cuales están constituidos principalmente por una losa compuesta de concreto hidráulico, la cual está sobre la subrasante o sobre la subbase de pavimento rígido su principal característica es que presentan alta rigidez y un alto coeficiente de elasticidad y los esfuerzos a la tensión se distribuyen en una área amplia y por último los pavimentos articulados, los cuales lo conforma una capa de rodadura, la cual está constituida principalmente con bloques que están hechos a base de concreto prefabricado, que se conocen generalmente como “adoquines”, cuyas dimensiones son homogéneas es decir iguales entre sí, estos elementos estructurales deben estar asentados sobre arena y de base granular o a veces directamente sobre la subrasante.

En los pavimentos rígidos se sabe que consiste de una o más capas compactas de material granular o estabilizado; la función principal de la subbase es prevenir el

bombeo de los suelos de granos finos. La subbase es obligatoria cuando la combinación de suelos, agua, y tráfico pueden generar el bombeo. Tales condiciones se presentan con frecuencia en el diseño de pavimentos para vías principales y de tránsito pesado y por último la losa, la cual es de concreto de cemento portland. El factor mínimo de cemento debe determinarse en base a ensayos de laboratorio y por experiencia previas de resistencia y durabilidad. Se deberá usar concreto con aire incorporado donde sea necesario proporcionar resistencia al deterioro superficial debido al hielo-deshielo, a las sales o para mejorar la trabajabilidad de la mezcla, esto con el propósito general de mantener unidas las juntas y así disminuir la contracción que se genera por las fisuras del pavimento rígido, así mismo cabe destacar también la inclusión de concreto hidráulico reforzado continuo cuya finalidad es mantener constante las fisuras entre las losas del pavimento rígido; este proceso para la construcción del pavimento se realiza con los estudios técnicos necesarios para la correcta utilización y es reforzado con acero en caso de terrenos con pobre capacidad de soporte de cargas.

También Morales (2005), afirmó que los **tipos de pavimentos** los pavimentos rígidos, pavimentos flexibles, pavimentos mixtos y pavimentos estructurado, dentro del pavimento rígido se realiza a base de concreto hidráulico tipo simple, no siendo necesaria la armadura de la losa y los espaciamientos entre las juntas deben presentar distancias mínimas, además no es de obligación la inclusión de dovelas que se consideran dispositivos para transferir cargas, para tener un control y resistencia sobre juntas de separación mayor a la mínima se debe utilizar concreto reforzado, esto con el propósito general de mantener unidas las juntas y así disminuir la contracción que se genera por las fisuras del pavimento rígido, así mismo cabe destacar también la inclusión de concreto hidráulico reforzado continuo cuya finalidad es mantener constante las fisuras entre las losas del pavimento rígido; este proceso para la construcción del pavimento se realiza con los estudios técnicos necesarios para la correcta utilización y es reforzado con acero en caso de terrenos con pobre capacidad de soporte de cargas.

Además según ASTM (2007), menciono los **materiales necesarios para la construcción de un pavimento rígido**, detallando que son: el cemento o cemento portland que es obtenido de la pulverización o proceso del clinker, en este proceso se debe agregar componentes necesarios y en proporciones que cumplan los requisitos químicos relativos a las máximas cantidades de anhídrido sulfúrico y pérdidas por calcinación, el agua, este elemento debe ser de calidad dependiendo de la obra, debe ser utilizada para hormigones y morteros según el requerimiento, materiales pétreos, estos materiales son necesarios para satisfacer la calidad de los contratantes, el manejo y procesamiento es por parte del contratista, dentro de estos elementos tenemos a la grava, la cual es el resultado de triturar el agregado grueso que no debe presentar sustancias perjudiciales y el resultado debe ser de 38 mm de diámetro y la arena, la cual el diámetro no debe exceder en 9,51 mm con la secuencia granulométrica. De estos elementos depende la resistencia del concreto que se está elaborando para la construcción del pavimento rígido.

También según MTC (2014), se encuentran a los **aditivos**, tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir los aditivos químicos que pueden agregarse al hormigón, para que éste desarrolle ciertas características especiales requeridas en obra, las clases de aditivos más representativos en las obras son: los acelerantes, retardantes de fraguado, los reductores de agua y de alto rango, reductores de agua y acelerantes y/o retardantes, inclusores de aire y los impermeabilizantes; el acero de refuerzo es un elemento necesario y fundamental este elemento es utilizado en las juntas, ya sea como pasadores de cortante o pasa juntas o como barras de amarre para mantener los cuerpos del pavimento unidos y por último el sellador de juntas, el cual es un material que sirve para sellar las juntas transversales como las longitudinales que debe ser elástico, resistente a agentes externos como combustibles y aceites automotrices, además deben presentar propiedades que desarrollen características de durabilidad y trabajabilidad del concreto.

Para el **diseño de pavimentos**, según Espinoza (2016), que existen métodos tales como el **método de diseño de la asociación de cemento Portland (PCA, por sus siglas en inglés)**, el cual se basa principalmente en la cuantificación de las características de ingeniería como el espesor mínimo del pavimento, el cual hace que el pavimento sea económicamente viable tanto en ornato, resistencia, y duración o vida del pavimento evitando mantenimientos más intermitentes que eleven el costo del pavimento, este tipo de diseño es aplicado en pavimentos rígidos de todo tipo, en el cual se tiene en cuenta los parámetros para el diseño tales como el módulo de rotura (MR), a la resistencia a la flexión del concreto, también a la resistencia de la subrasante, o la subbase (K) en donde será asentado el pavimento rígido, además de características físicas que dependen mucho de las características de fluido vehicular o las condiciones meteorológicas, con ello se logra una vida del pavimento de más o menos 20 años de diseño.

Además Espinoza (2016), afirmo que el **método de diseño de la asociación Americana de oficiales de carreteras estatales y transportes (AASHTO por sus siglas en inglés)**, este método se basa fundamentalmente en el nivel de servicio de un pavimento, en el cual el nivel de servicio es alto al momento de la instalación del pavimento y de acuerdo a su uso y transitabilidad el nivel de servicio tiende a disminuir, para ello se fija un nivel de servicio que debe ser igual al tiempo de diseño del pavimento, se utiliza métodos matemáticos que se deben hacer iterar hasta que el espesor haga que la ecuación de diseño llegue al equilibrio, para pavimentos rígidos el tiempo de diseño no debe ser menos de 20 años, los principales factores que se debe tener en cuenta para el diseño es el número de equivalentes de las cargas axiales de aproximadamente 80000 N, el espesor que se desea en la losa, los niveles de confiabilidad y de serviciabilidad del pavimento, también el módulo de rotura del concreto, los coeficientes de drenajes y factores amortiguadores de las condiciones climatológicas.

Según Dávila, Huangal y Salazar (2017), afirmaron que es imprescindible conocer los **tipos de evaluación de pavimentos**, los cuales son importantes para la evaluar los distintos tipos de pavimentos, que identifican las distintas patologías con el propósito de proponer mejoras técnicas para el mantenimiento, reparación o cambio de los distintos pavimentos dependiendo de la severidad de la falla, la evaluación se basa principalmente en tres aspectos que se relacionan íntimamente y es la evaluación funcional, que consiste en las inspecciones superficiales que se realizan directamente al pavimento con el objetivo de determinar las fallas que afectan al conductor, como la comodidad de la rodadura o los costos que se incurre en ello, entre los principales indicadores de la evaluación del estado superficial del pavimento tenemos a la serviciabilidad presente y al índice de regularidad internacional; la evaluación de la capacidad estructural, el cual se enfoca directamente en los tramos de pavimento que ha perdido la capacidad de soportar carga para lo que ha sido diseñado, para ello se pueden realizar ensayos destructivos y no destructivos, y completando la trilogía la técnica observacional a través de una inspección visual.

También dichos autores afirmaron que dentro de los principales métodos de inspección visual se tiene al índice de condición del pavimento (PCI, por sus siglas en ingles), que consiste en determinar todas las fallas de forma superficial del pavimento rígido, el método VIZIR o método desarrollado por el laboratorie central des Ponts et Chaussés, con el cual se puede evaluar las condiciones de los pavimentos flexibles, encontramos también a la evaluación y calificación superficial del pavimento (PASER, por sus siglas en ingles), el consorcio de rehabilitación vial (CONREVIAl), entre otros métodos, los cuales son métodos sencillos que se pueden aplicar en cualquier tipo de vía que sea pavimentada, que no se requiere equipos sofisticados como los de Diamantina, u otros, es ir directamente al pavimento y realizar una inspección visual, que por lo general consiste en dos etapas bien definidas, una inicial de diagnóstico y otro con detalle de todos los aspectos que consiste en caminar sobre el pavimento para identificar in situ todas las fallas o patologías que se presentan en la vía pavimentada,

entre las principales fallas se puede clasificar de acuerdo a la severidad y a su peligrosidad de la patología.

En ese mismo sentido También Armijos (2009), afirmo que existen distintos **tipos de evaluación de pavimentos**, tales como: el VIZIR, el cual es un sistema de simple comprensión y aplicación que establece una distinción clara entre las fallas estructurales y las fallas funcionales y que ha sido adoptado en países en vía de desarrollo y en especial en zonas tropicales, es un es un indicador que se utiliza en países en vías de desarrollo para evaluar los pavimentos de una forma simple que diferencia claramente los tipos de fallas las cuales los clasifica en fallas estructurales y funcionales, este índice además indica la degradación o deterioro del pavimento de forma superficial y susceptible a los sentidos, al ser de fácil aplicación es muy utilizado en países con climas tropicales y de temperaturas cambiantes; con este método se logra diferenciar las falencias que tiene el pavimento desde una perspectiva estructural y funcional, con ello se puede realizar un mantenimiento adecuado al pavimento con la finalidad de aumentar la durabilidad y uso del pavimento rígido construido, otro tipo de evaluación es el FHWA/OH99/004, el cual es un índice que clasifica las fallas del pavimento y realiza una ponderación de acuerdo a la falla que se presenta con mayor frecuencia debido a climas muy definidos a excepción de áreas que presenten climas tropicales y el método ASTM D 6433 – 99, es conocido también como índice de condición del pavimento (PCI por sus siglas en ingles), este índice es de utilidad pues presenta las patologías superficiales que tienen los pavimentos ya sean flexibles, rígidos, mixtos o estructurados.

De los métodos anteriores tenemos al usado en el presente trabajo, el cual es el **método PCI para pavimentos rígidos**, el cual fue desarrollado inicialmente por el cuerpo de ingeniería de la fuerza aérea de los Estados Unidos, el cual fue utilizado por diferentes ingenieros hasta nuestros días, y en la actualidad es considerado como la inspección más detallada para la evaluación de pavimentos rígidos, debido a que es un método que se puede realizar de forma visual sin la necesidad de equipos sofisticados,

y permite determinar el deterioro del pavimento rígido, a través de la práctica estándar para la inspección de los diferentes pavimentos en carreteras y estacionamientos. En ese sentido se puede considerar al método PCI como el más extenso y completo para el estudio detallado de los pavimentos rígidos y flexibles, de lo que se considera solamente las patologías que causan deterioro de los pavimentos en función de la clase, la severidad y la densidad de las distintas fallas.

Según Vásquez (2002), afirmo que el método PCI es un índice que relaciona y determina a través de una escala la calificación de un tipo de pavimento, en el cual es el pavimento rígido, en el cual tiene un intervalo de aplicación el cual va desde un puntaje de 0 hasta un máximo de 100, siendo ese rango de trabajo que se da en una escala cualitativa, de esta escala de trabajo se puede tener una calificación de bueno, satisfactorio, regular, malo, muy malo, grave y por último la calificación de colapsado, los cuales también pueden representarse en colores característicos que van desde un gris hasta un verde oscuro para el pavimento colapsado y bueno respectivamente. Es por ello que se debe indicar que este método es de uso comercial y de fácil aplicación en cualquier pavimento de alto tránsito y bajo tránsito, así mismo su costo de evaluación es bajo y las conclusiones a las que se llega son bastantes utilizadas a la hora de tomar una decisión del tipo de intervención o mantenimiento que se le dará al pavimento que se le aplico el método pavement condition index o comúnmente llamado índice de condición del pavimento.

También Armijos (2009), definió a la **evaluación de pavimentos**, como el conjunto de etapas que se realizan en el pavimento y esto es plasmado en un informe, en el cual se presenta el estado en el que se halla la superficie del mismo, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de reparación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil de los pavimentos y así disminuir el tiempo de transporte, el desgaste del parque automotor, evitar accidentes, entre otros problemas debido al mal estado del pavimento; es por ello que esta inspección y su informe técnico deben ser los más reales posibles y analizados de una manera objetiva

y cuantitativa, de allí la necesidad de utilizar métodos y técnicas que analicen y plasmen de forma objetiva y veraz las condiciones del tramo de pavimento en estudio, pues la decisión que se tome involucra costos de operación y mantenimiento que en muchas ocasiones se recauda de los impuestos de los pobladores y por ello se merecen condiciones de los pavimentos de acuerdo a las necesidades de la población de impacto, evitando así costos excesivos en la construcción, operación y mantenimiento del pavimento.

Según Vásquez (2002) afirmo que el índice de condición del Pavimento se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, es por ello que no se requiere de un alto presupuesto, ni de técnicas experimentales para que se determinen las distintas patologías encontradas en el pavimento y que están enmarcadas en el manual PCI, y además solo basta con determinar o encontrar visualmente la patología o falla presente en un determinado número de losas de un pavimento rígido y con ello determinar la severidad y la frecuencia que se presenta en un determinado tramo del pavimento.

Por otro lado según Vásquez (2002), afirmo que los **daños en vías con superficie de concreto rígido**, son principalmente 19 fallas, de las cuales hace referencia a: **Blowup – Buckling**, estos daños se dan a casusa que no se ha dejado suficiente espacio en la junta transversal para la expansión de la losa en un clima cálido, por ello empieza la dilatación o expansión, la cual al no encontrar espacio lo suficientemente necesario se origina este tipo de falla clasificada en el método PCI, otro factor que también puede ocasionar esta falla es la instalación de algunos servicios básicos, internet, etc, además de presentarse esta falla se debe tener en cuenta el nivel de severidad, entre los principales niveles de severidad se tiene los siguientes: baja severidad (L), severidad media (M) y alta severidad (H), así mismo el autor indica que cuando se encuentra en el pavimento rígido una severidad alta y una alta densidad en una determinada área se debe tomar la decisión de cambiar en su totalidad el pavimento, pues es una falla de consideración y en muchos casos dependiendo de la

severidad deja inservible al tramo de pavimento o losa estudiada y las acciones a tomar para una nivel de severidad baja, media y alta, no se hace nada, parcheo profundo, reemplazo de la losa respectivamente.

Vásquez (2002), también definió a la **grieta de esquina**, la cual 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. característica en pavimentos rígidos que se presenta principalmente cuando al momento de la instalación del pavimento no se ha previsto las juntas de las losas y se da una grieta a una distancia que no debe ser menor a la mitad de ambas losas que se está estudiando, es por ello que se debe tener en consideración de esta falla explicada en el manual PCI, también se debe tener en cuenta que dicha falla se presenta con la frecuencia y la severidad dependiendo del suelo en donde está ubicado el pavimento, indicando que se presentan distintos niveles de severidad de acuerdo a la afectación del pavimentos, entre las cuales son: bajo, medio y alto. Además, también se debe tener presente las medidas de la losa, para ello se presentan los casos tales como identificar una sola grieta de esquina en una determinada losa, dos fallas en la losa o más de tres patologías en la losa, con lo cual se analiza su severidad, y su densidad y con el ello se determina la afectación al pavimento y dependiendo de la afectación se realiza una intervención del área estudiada, es por ello que para un nivel de severidad H se hace un parcheo profundo.

También Menéndez, (2009), para la falla de **losa dividida**, es cuando la losa es dividida por grietas en cuatro o más pedazos debido a sobrecarga o a soporte inadecuado. Si todos los pedazos o grietas están contenidos en una grieta de esquina, el daño se clasifica como una grieta de esquina severa. Para evaluar este tipo de falla se realiza de acuerdo a la severidad de la mayoría de las grietas y el número de pedazos en la losa agrietada, se presentan las situaciones siguientes: L y 4 a 8 pedazos, resulta L; L y 8 ó más resulta M; M y 4 a 8, resulta M; M y 8 ó más resulta H; H y 4 a 8 pedazos resulta M y por último una severidad de H y 8 ó más pedazos en la losa

agrietada resulta H. Se debe tener presente que, si la losa dividida en estudio es de severidad medio o alta, no se contabiliza otro tipo de daño. Las opciones de intervención en el pavimento deben acuerdo al nivel de severidad: L, M y H, no se hace nada. Sellado de grietas que no sean mayores a 3 mm, reemplazo de la losa para ambos, respectivamente.

Vásquez (2002) afirmó que la **grieta de durabilidad “D”**, son fallas que son causadas por la expansión de los agregados grandes debido al proceso de congelamiento y descongelamiento, el cual, con el tiempo, fractura gradualmente el concreto. Usualmente, este daño aparece como un patrón de grietas paralelas y cercanas a una junta o a una grieta lineal. esto se da cuando el concreto sobrepasa la saturación natural y lleva a la fractura y en muchos casos la destrucción del 100% de la losa estudiada y con ello la inoperatividad del pavimento rígido, para ello se pueden presentar distintos tipos de afectación que se expresan a través de niveles de severidad de las patologías, teniendo el nivel de severidad L, las cuales son identificables si en la losa estudiada las grietas D cubren no más del 15,00% del total de la losa estudiada, y además deben cumplir que las grietas se mantengan cerradas, para los niveles de severidad Medio (M) y Alto (H) pueden removerse con facilidad. La intervención para L, M y H es no hacer nada, parcheo profundo y reemplazo de losa, respectivamente.

Según Varela (2018) y Orozco (2004) afirmaron que la falla **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 el alabeo de los bordes de la losa debido a cambios de temperatura o humedad, para los niveles de severidad se debe al nivel de severidad de la muestra y la diferencia en elevación, para una severidad L, M y H se debe a la elevación de 3 a 10 mm, 10 a 19 mm y mayor que 19 mm, respectivamente. la afectación que se presenta en la losa es debido a la severidad y la frecuencia o densidad que se presenta dicha falla o en la muestra que se toma para el análisis y también se calcula la diferencia en la elevación de las juntas lo que contribuye a decir que el nivel de severidad es bajo, medio o alto,

denotado por L, M y H respectivamente, en donde la elevación de las juntas debe estar en el rango desde 3 mm a más de 19 mm, denotando la agresividad de la patología y en donde se tiene la información necesaria para dar mantenimiento o un cambio total del pavimento rígido, es por ello que para la intervención del pavimento rígido se da de acuerdo al nivel de severidad de la falla, las cuales pueden ser L, M y H, y en esos casos no se hace nada o fresado, fresado para ambos casos respectivamente

También Vásquez (2002) afirmó que el **daño del sello de la junta**, Es cualquier condición que permite que suelo o roca se acumule en las juntas, o que permite la infiltración de agua en forma importante. La acumulación de material incompresible impide que la losa se expanda y puede resultar en fragmentación, levantamiento o descascaramiento de los bordes de la junta. para evitar este tipo de falla se debe agregar un sellante de junta de buena calidad y un mantenimiento periódico para analizar la operatividad del pavimento rígido, y esta patología afecta al pavimento de acuerdo al nivel de severidad y la frecuencia o densidad de la falla presente en la losa estudiada, es por ello que se tienen 3 niveles de severidad tales como bajo, medio y alto, se representan por L, M y H, respectivamente en los cuales el sellante cumple correctamente su función y presenta daños que no son considerables los cuales pueden ser reemplazados en máximo 2 años, y el sellante requiere reemplazo inmediato, respectivamente, además un material llenante adecuado impide que lo anterior ocurra. Los tipos típicos del daño de junta son: desprendimiento del sellante de la junta, extrusión del sellante, crecimiento de vegetación, endurecimiento del material llenante (oxidación), pérdida de adherencia a los bordes de la losa y falta o ausencia del sellante en la junta. Los niveles de severidad que se presentan son L, M y H; en los cuales el sellante se comporta bien, solo presenta daño menor, está en condición regular y requiere reemplazo en máximo 2 años, y el sellante requiere reemplazo inmediato, respectivamente. Las medidas de intervención para los niveles de severidad L, M y H son: no se hace nada y resellado de juntas para ambos casos respectivamente.

Según Vásquez (2002) afirmo que la falla **desnivel carril/berma**, la cual es la diferencia entre el asentamiento o erosión de la berma y el borde del pavimento. La diferencia de niveles puede constituirse como una amenaza para la seguridad. También puede ser causada por el incremento de la infiltración de agua. Estas fallas presentan niveles de severidad tales como: L, M y H, para lo cual se tiene desniveles entre el pavimento y la berma de 25 a 51 mm, de 51 a 102 mm y de 102 mm o más, respectivamente. El desnivel carril / berma se calcula promediando los desniveles máximo y mínimo a lo largo de la losa. es por ello que esta falla se debe principalmente a las condiciones climatológicas y erosiones del suelo y son bastante peligrosas para el parque automotor que transita por el pavimento, la afectación de dicha patología se mide por el nivel de severidad de la falla y por la cantidad o frecuencia con la que se presenta en una determinada losa, estas fallas presentan 3 niveles de severidad tales como son el bajo, medio y alto y se representan simbólicamente como: L, M y H, respectivamente y para lo cual se tiene desniveles entre la berma y el pavimento se tiene rango que van desde 25 mm hasta más de 102 mm, generando así una condición no apta para la transitabilidad del pavimento rígido, esto además impulsa al mantenimiento e intervención recomendada para los niveles de severidad, L, M y H son de realizar una inmediata renivelación del pavimento y las bermas con el objetivo de tener el mismo nivel o un desnivel no perceptible para el transporte ligero y pesado

Vásquez (2002) afirmo que la falla de **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. Comúnmente, las grietas de baja severidad están relacionadas con el alabeo o la fricción y no se consideran daños estructurales importantes. afectaciones que ocasionan agrietamientos que causan problemas severos a los vehículos de carga, así mismo se identifican 3 niveles de severidad los cuales son severidad baja, media y alta, representados por L, M y H respectivamente, llegando a la intervención de acuerdo a

este tipo de severidad y densidad de estas fallas en la losa de estudio, teniendo así que los niveles de la severidad se miden para losas que no presentan esfuerzo y para losas con esfuerzo, y se da de acuerdo al ancho de la grieta. La intervención para L, M y H, se debe realizar, con ello dependiendo del nivel de severidad se interviene el pavimento desde sellados superficiales o refacciones a cambios profundos o reemplazo de la losa respectivamente.

Según Dávila, Huangal y Salazar (2017) Para las estructuras de pavimento rígido, la intervención se limita a tareas de restauración o remplazo total, puntual o superficial de los elementos o las losas correspondientes. Dichas actividades están definidas dependiendo del tipo de daño, extensión y severidad del mismo.

La falla **parche grande (mayor a 0,45 m²)** y acometidas de servicios públicos, según Vásquez (2002), afirmo que es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por material nuevo. Una excavación de servicios públicos (utility cut) es un parche que ha reemplazado el pavimento original para permitir la instalación o mantenimiento de instalaciones subterráneas. Los niveles de severidad de una excavación de servicios son los mismos que para el parche regular, además también se presentan niveles de severidad L, M y H, El parche está funcionando bien con poco o ningún daño, el parche esta moderadamente deteriorado o moderadamente descascarado en sus bordes y parche está muy dañado o exige reemplazo respectivamente. Para la medida se debe observar si la losa tiene uno o más parches con el mismo nivel de severidad, si una sola losa tiene más de un nivel de severidad, se cuenta como una losa con el mayor nivel de severidad, la intervención recomendada para L, M y H, no se hace nada, sellado de grietas y reemplazo del parche respectivamente.

También para la falla de **parche pequeño (menor de 0,45 m²)**, según Vásquez (2002), afirmo que, es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por un material de relleno, presenta niveles de severidad L, M y H, en los

cuales se presenta el parche está funcionando bien, el parche esta moderadamente deteriorado y el parche está muy deteriorado respectivamente, para la medida se debe observar la losa que presenta uno o más parches con el mismo nivel de severidad, y luego se debe registrar como una losa que tiene ese daño, además 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. Para las medidas de intervención para niveles de severidad L, M y H, se debe realizar las acciones de no hacer nada, reemplazo del parche para ambos niveles respectivamente.

Según Vásquez (2002), definió a la falla de **pulimento de agregados** como la causada por aplicaciones repetidas de cargas del tránsito. Cuando los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto, se reduce considerablemente la adherencia con las llantas. Cuando la porción del agregado que se extiende sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye significativamente a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados que se extiende sobre el concreto es despreciable y suave al tacto. Este tipo de daño se reporta cuando el resultado de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha disminuido significativamente respecto a evaluaciones previas. Los niveles de severidad no está definido para estas falla, sin embargo el grado de pulimento deberá ser significativo antes de incluirlo en un inventario de la condición y calificarlo como un defecto. La intervención que se realiza de acuerdo al nivel de severidad L, M y H es de ranurado de la superficie y sobrecarpeta en todos los casos.

La falla **popouts**, según Vásquez (2002), 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. Los niveles de severidad para esta falla no están definidos por grados, Sin embargo, el popout debe ser extenso antes que se registre como un daño. La densidad promedio debe exceder aproximadamente tres por metro cuadrado en toda el área de la losa. Esta patología

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. Cuando se presentan estas fallas sin importar el nivel de severidad no se puede realizar ninguna acción.

Según Vásquez (2002), la falla **bombeo** es la expulsión de material de la fundación de la losa a través de las juntas o grietas. Esto se origina por la deflexión de la losa debida a las cargas. Cuando una carga pasa sobre la junta entre las losas, el agua es primero forzada bajo losa delantera y luego hacia atrás bajo la losa trasera. Esta acción erosiona y eventualmente remueve las partículas de suelo lo cual generan una pérdida progresiva del soporte del pavimento. El bombeo puede identificarse por manchas en la superficie y la evidencia de material de base o subrasante en el pavimento cerca de las juntas o grietas. El bombeo cerca de las juntas es causado por un sellante pobre de la junta e indica la pérdida de soporte. Eventualmente, la repetición de cargas producirá grietas. El bombeo también puede ocurrir a lo largo del borde de la losa causando pérdida de soporte. Las acciones de operación para los niveles de severidad L, M y H son el sellado de juntas y grietas o la restauración de la transferencia de cargas.

La falla de **punzonamiento** fue definida según Darío y Fuentes (2015), como el daño que se localiza en un área de la losa que está rota en pedazos. Puede tomar muchas formas y figuras diferentes pero, usualmente, está definido por una grieta y una junta o dos grietas muy próximas, usualmente con 1.52 m entre sí. Este daño se origina por la repetición de cargas pesadas, el espesor inadecuado de la losa, la pérdida de soporte de la fundación o una deficiencia localizada de construcción del concreto. El nivel de severidad está relacionado con la severidad de la mayoría de las grietas y el número de pedazos de la muestra, se realiza la medida identificando si la losa tiene uno o más punzonamientos, se contabiliza como si tuviera uno en el mayor nivel de severidad que se presente. Para las opciones de intervención se debe tener en cuenta el

nivel de severidad de acuerdo a L, M y H, en lo cual no se hace nada o se sella las grietas y parcheo profundo en ambos casos respectivamente.

Por último según Montejo (2017), se presentan otras fallas tales como: **cruce de vía férrea**, causada por depresiones o abultamiento alrededor de los rieles, **desconchamiento**, **mapa de grietas**, **craquelado**, la cual es una red de grietas superficiales en el pavimento las cuales se interceptan en ángulos de 120° , **grietas de retracción**, las cuales son grietas capilares 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, **descascaramiento de esquina**, el cual es la rotura de la losa a 0.6 m de la esquina aproximadamente, y por último se tiene el **descascaramiento de junta**, la cual 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 y su origen radica en la presencia esfuerzos excesivos en la junta causada por las cargas de tránsito o por la infiltración de materiales incompresibles.

Según Armijos (2009), existen **factores que influyen en el óptimo desempeño del pavimento** entre los cuales tenemos a los elementos siguientes: el tráfico, el clima, la geometría del Proyecto (diseño vial), la posición de la estructura, la construcción y mantenimiento, la carga bruta y presión de llanta, las propiedades del terreno de fundación y materiales del pavimento, la repetición de carga, el radio de influencia de carga, la velocidad, el eje y configuración de rueda, la precipitación pluvial, la expansión por congelamiento, el deshielo del inicio de primavera, la contracción y expansión, la distribución del tráfico en el pavimento, las secciones de corte y relleno, la profundidad del nivel freático, la deficiencia en la compactación del terreno de fundación, el escarificado y eliminación de materiales superiores al especificado, la durabilidad de los agregados, entre otros factores más.

Según Vásquez (2002), el procedimiento para el cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada daño presenta. 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, para aplicar esta metodología, inicialmente se debe establecer el inventario de pavimentos; es decir, los pavimentos se separan definiéndose los siguientes conceptos: RED, el cual es el conjunto de pavimentos a ser administrados (todas las calles pavimentadas es una red), RAMA, la cual es la parte fácilmente identificable de la red (por ejemplo las cuadras de una calle), SECCIÓN, la cual es la menor unidad de administración con características homogéneas.

En el mismo sentido según Dávila, Huangal y Salazar (2017), realizaron un procedimiento para la evaluación de los pavimentos, que consiste en el la etapa de trabajo de campo directamente en donde se aprecia e identifica la clase, la severidad y extensión de cada falla ubicada en el pavimento rígido y el trabajo en gabinete que consiste en el cálculo de los datos recolectados en campo. El procesamiento consiste en la clase, la severidad, la cual está representada por lo crítico del deterioro que se relaciona con la valoración del método, de lo que tiene una relación directa entre los daños y la intervención del pavimento rígido, que será más significativa en costos de acuerdo al grado de daño del pavimento rígido. De acuerdo al grado de severidad del pavimento es la percibida por el usuario, y con la calidad de transito puede ser bajo (B), las cuales solo presentan algunas vibraciones de los vehículos menores y mayores, para ello no es necesario una reducción brusca de la velocidad, medio (M), la cual requiere disminuir la velocidad para no sentir las incomodidades del pavimento y la alta (A), se requiere la reducción brusca del vehículo por causa de las vibraciones excesivas del vehículo, ocasionada por la falla en el pavimento rígido.

Para ello se utiliza el procesamiento de los datos a través de una división del pavimento rígido para un mejor estudio, la unidad de muestreo consiste en evaluar la vía, para ello se debe tener en cuenta a los tipos de pavimentos, entre los cuales se tiene a las vías pavimentadas con asfalto de una dimensión con un ancho menor a 7,30m, en este caso se debe proceder a elegir un área de muestreo que debe estar en un rango del pavimento de $230 \pm 93 \text{ m}^2$, esto es de acuerdo a ASTM D 6433, presenta la forma del cálculo del índice PCI, dependiendo de si hay solo uno o ninguno de los valores reducidos mayores a 5, en este caso la sumatoria de los valores reducidos es utilizada para la determinación del índice PCI. Cuando no se presenta este caso, el autor afirma que se debe proceder a calcular el número máximo de fallas permitidas “m”, este valor debe ser menor o igual a un valor de 10, también se debe determinar el valor individual más alto del valor reducido (VAR), luego se calcula el valor de deducción total (VDT), que está determinada por la sumatoria de todos los valores de deducción de cada tipo de falla analizada en la vía correspondiente, por último el cálculo del índice PCI se halla a través de la gráfica de “valor de deducción corregida” y se evalúa de acuerdo a la clasificación PCI (Ver apéndice 1).

La **realidad problemática** se da a causa del desarrollo vial que se vive en la actualidad a nivel mundial a causa de la expansión de nuevos territorios y con ello se necesita la construcción de nuevos pavimentos, el Perú no es ajeno a esta problemática y por ello se necesita la evaluación de dichos pavimentos para conocer su estado y programar su mantenimiento en los tiempos establecidos que generen la optimización de los recursos, en este sentido la interconexión de los pueblos por medio terrestre es la brecha más grande por cerrar, dada que la infraestructura de transportes no ha presentado un avance significativo en los últimos años, la red vial nacional, el conjunto de vías bajo responsabilidad del gobierno central, es la que se encuentra en mejor estado y la que ha mejorado más en los últimos años.

Según indica el Instituto Peruano de Economía (2017), citado por la revista Costos (2017); los principales factores que entorpecen la reducción de la brecha de

infraestructura, se deben a que el Perú no cuenta con un plan nacional de infraestructura (los actuales proyectos tienen la lógica de resolver un problema puntual, y no una solución integral de largo plazo), no existe un adecuado número de gestores públicos de calidad, la formulación de proyectos es inadecuada, falta coordinación gubernamental y existe atomización de proyectos, hay incertidumbre del sistema de control de la inversión pública, todo el escenario anteriormente descrito, ha generado que exista una inadecuada política de mantenimiento de la infraestructura vial, que le generó pérdidas al Estado por US\$ 718,4 millones entre 1991-2007 (IPE, 2008).

Los principales factores que entorpecen la reducción de la brecha de infraestructura, se deben a que el Perú no cuenta con un plan nacional de infraestructura (los actuales proyectos tienen la lógica de resolver un problema puntual, y no una solución integral de largo plazo), Según El Plan de Desarrollo Concertado (2015) del distrito de los Olivos, citado por Coropuna y Huanacchiri (2019) nos mencionan que este distrito tiene una extensión total de 1836 Hectáreas, cuyo 40.1% es usado para fines residenciales, y seguidamente indica que las vías representan un 39.1% lo cual hace un total de 717,88 Ha, estas cifras nos hacen ver lo grande que es la extensión de las vías, esto en su mayoría se debe a que existe una cantidad importante de secciones viales con bermas en el centro por las que son llevadas líneas de alta y mediana tensión eléctrica.

Estos mismos autores afirmaron que la mayoría de las vías del distrito de los Olivos se encuentran en un deterioro notable debiéndose principalmente a años de vida útil, y al incrementos del tráfico debido a un alto tránsito vehicular, pues en su circunscripción se encuentran vías muy importantes como son la Panamericana Norte, La Avenida Universitaria, La Av. Canta Callao y la Avenida Palmeras etc. Por tanto existe un alto tránsito con muchos fines, como pueden ser comerciales, laborales, culturales, educación, salud, entre otros; lo que conlleva a un deterioro o gasto de todas las partes de las carreteras, sus bermas, calzada, veredas y sardinel, esto porque no

existe un adecuado número de gestores públicos de calidad, la formulación de proyectos es inadecuada, falta coordinación gubernamental y existe atomización de proyectos, hay incertidumbre del sistema de control de la inversión pública.

De lo anteriormente descrito se planteó este trabajo de investigación con el objetivo de satisfacer la necesidad de mejorar las condiciones y características de las vías de este distrito, es que se plantea este proyecto de investigación, pues la débil política de mantenimiento rutinario, en el sector vial de la Av. Los Alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo del Distrito de los Olivos, hace que éstas se vayan deteriorando paulatinamente presentando fallas recurrentes y comunes como por ejemplo fallas en las juntas y estas fallas se vienen prolongando más, también se observa que las autoridades no tienen una política orientada al mantenimiento, ya que las medidas tomadas al respecto, han sido insuficientes.

La justificación brindó la importancia de porque se estudió el trabajo de investigación, el cual brinda una base sólida, es por ello que Hernández et al. (2014) afirmaron que la toda investigación debe presentar distintas razones fundamentales que motiven al investigador a efectuar un propósito definido con fuertes motivos que justifiquen la realización del trabajo en estudio y así se comprendido de una forma teoría, epistemológica, práctica y metodológica; estas razones y motivos de justificación deben contribuir a la solución de un problema o a la generación de un conocimiento inédito y a veces completamente nuevo que sea conveniente para la solución de un problema, además debe presentar una amplia relevancia social, es por ello de la importancia de la justificación del trabajo.

A nivel científico el presente trabajo de investigación brinda conocimientos sólidos sobre la evaluación de pavimentos a través del método PCI, para la comunidad científica y para las empresas que se beneficiaran con el mantenimiento programado de las vías de pavimentos, este trabajo incide directamente en la evaluación de las patologías de la vía y su efecto en la optimización de los recursos, todo esto se

desarrolló a través de la aplicación de las herramientas de la ingeniería civil y la metodología del método PCI, esta aplicación fue de una forma racional y seguirá rigurosamente el método científico con el único propósito de obtener datos y resultados de calidad que fueron recopilados de la vía de estudio.

A nivel social el presente trabajo de investigación mejorara las condiciones de estudio de patologías del pavimento, y con ello ayudara a la sociedad a tener estudios más detallados y así proponer a la municipalidad a cumplir con los mantenimientos programados que contribuyan a aumentar la vida útil de la vía pavimentada de en el sector vial urbano de la ciudad de los Olivos - Lima, además de contribuir con las empresas constructoras que les servirá de guía para la evaluación de la citada vía y con ello aumentara su rentabilidad.

Para ello se formuló el siguiente problema expresado en una pregunta ¿Cuál es el efecto de evaluar el pavimento rígido de la av. los alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo del Distrito de los Olivos – Lima, utilizando la metodología PCI?, para ello se planteó la siguiente **hipótesis** La evaluación del pavimento de la av. los alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo del Distrito de los Olivos – Lima, mejora la intervención del pavimento rígido. Así mismo se tuvo el siguiente **objetivo general**: Evaluar el pavimento rígido utilizando la metodología PCI de la av. los alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo del Distrito de los Olivos – Lima, teniendo los siguientes **objetivos específicos**: Diagnosticar la situación actual sobre patologías del pavimento rígido en el sector vial de la Av. los Alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de Mayo, Determinar los niveles de severidad y la cantidad de fallas presentes en el pavimento rígido de la Av. los Alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de Mayo y Propuesta de intervención al pavimento rígido de la Av. los Alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo, a través método PCI.

II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo y diseño de investigación

Según Hernández et al. (2014) afirmaron que el tipo de investigación descriptiva es utilizado en una investigación de tipo cuantitativo con el objetivo de estudiar detalladamente como son y cómo se generan y expresan los fenómenos, o las diversas situaciones y determina sus rasgos más importantes de cualquier evento, para lo cual se selecciona distintas formas de medir y recolectar la información sobre cada variable con el objetivo de describir el comportamiento de un conjunto o una población midiendo los conceptos y las variables presentes en el objeto de estudio, es por ello que el tipo de investigación fue descriptivo para la recolección de la información y análisis de los resultados.

El diseño de investigación en el presente trabajo de investigación fue **no experimental**, además de acuerdo a la recolección de los datos fue **transversal** pues se describieron los fenómenos, las situaciones y algunos eventos, en un solo momento, con el objetivo de detallar sus propiedades o entender su comportamiento. Para ello presento el siguiente esquema de investigación:



De donde:

M: Es la muestra que está representada por el pavimento rígido de la av. los alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo del Distrito de los Olivos – Lima.

O: Es la observación de los datos que generaran los resultados.

Según Hernández et al. (2014) afirmaron que, un diseño de estudio no experimental, no permite la manipulación de las distintas variables que se manejan en el trabajo, y por ello se debe observar de forma convencional los fenómenos que ocurren de forma natural; y definen al corte transversal, pues en este tipo de investigación se recolectaran los datos en un determinado tiempo y lugar, el cual debe

ser único. También afirman que el diseño correlacional mide el grado de asociación que se presentan en las variables de estudio, es por ello que el trabajo de investigación tendrá un diseño no experimental, con un enfoque cuantitativo y el método utilizado será hipotético – deductivo.

2.2. Población, muestra y muestreo

La población Según Hernández et al. (2014), definieron que, es el macro conjunto de las características del objeto de estudio que se va a analizar, dichos elementos deben ser los que engloban a todas las características similares o comunes. Es por ello que la población del presente trabajo fue el **sector vial urbano de la Av. Los Alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de Mayo.**

La muestra según Tamayo y Tamayo (2006), definieron que es el conjunto de elementos seleccionados luego de excluir e incluir las condiciones deseadas para la investigación y además esto debe ser representativo de la población de estudio, es por ello que en el presente trabajo de investigación se utilizó como muestra a la **en la Av. Los Alisos el tramo desde la calle Bausate Meza & calle Hugo Espinoza; el tramo desde la calle Hugo Espinoza & Pedro Coronado, y el tramo desde la calle Pedro Coronado & Av. Palmeras**, para el muestreo se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia con fines de estudio detallado del investigador.

2.3. Técnicas e instrumentos de investigación

Las técnicas e instrumentos de investigación que se utilizó para la recolección de los datos que permitió evaluar las condiciones superficiales del pavimento rígido aplicando el método PCI en el sector vial urbano de la Av. Los Alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo se detalla en la tabla 1.

Tabla 1 Técnicas e instrumentos de investigación

Variable	Técnica	Instrumentos	Fuente
Método PCI	Investigación bibliográfica	Ficha Bibliográfica	Bibliotecas físicas y virtuales
	Diagnóstico	Guía de entrevista	Encargado del pavimento rígido Sector vial urbano de la ciudad del Distrito de los Olivos – Lima.
		Formatos del método PCI	
Intervención del pavimento rígido	Observación	Formatos del método PCI	Investigador
	Investigación bibliográfica	Ficha Bibliográfica	Bibliotecas físicas y virtuales

Fuente: Elaboración propia, basado en el método del proyecto.

2.4. Procesamiento y análisis de la información

Se define procesamiento como la aplicación sistemática de una serie de operaciones sobre un conjunto de datos, para explotar la información que estos datos representan, además el procesamiento de la información se entiende como el procesamiento de la información como la aplicación sistemática de las principales operaciones que son fundamentales aplicar sobre un conjunto de datos para comprenderlos y analizarlos detalladamente, es por ello que se aplica estos procesamientos para maximización de la información obtenida de datos cuantitativos y cualitativos para el estudio de investigación abordado cuyo fin principal es genera datos ordenados y clasificados que faciliten al investigador el análisis de la información según los objetivos, hipótesis y preguntas de la investigación construidas por medio de datos numéricos que ya están formuladas. Para el presente trabajo de investigación se utilizó el Microsoft Excel 2019, para el análisis de los datos recolectados en campo. Además, para una mejor comprensión de los resultados se utilizó la estadística descriptiva, la cual nos permitió recopilar, procesar la información e interpretarla sistemáticamente en tablas estadísticas básicas para verificar el porcentaje de patologías más incidentes, además para visualizar mejor el comportamiento de las variables se construirán gráficos que describa fácil las características esenciales de dichos datos como: gráficos de barras, diagrama circular e histograma de frecuencias.

III. RESULTADOS

3.1. Diagnóstico de la situación actual sobre patologías del pavimento rígido en el sector vial urbano de la Av. los Alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo.

Para el diagnóstico El diagnóstico sobre las patologías del pavimento rígido de la av. los alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo del Distrito de los Olivos – Lima, las cuales se dividieron en calles para un mejor estudio, para lo cual se tuvo en la Av. Los Alisos el tramo desde la calle Bausate Meza & calle Hugo Espinoza; el tramo desde la calle Hugo Espinoza & Pedro Coronado, y el tramo desde la calle Pedro Coronado & Av. Palmeras.

De las características geométricas de la vía de estudio, se obtuvo que es un pavimento rígido con una longitud desde una progresiva 0+000 km hasta la progresiva 0+600km de recorrido lineal de extensión territorial, el cual cubre los tres tramos estudiados. En la tabla 2 se muestra las características geométricas de la vía del lugar en análisis.

Tabla 2. Características geométricas de la Av. Los Alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo del Distrito de los Olivos – Lima

Características	Cantidad
Número de calzadas	1
Número de carriles por calzada	3 (20 losas por cada carril)
Largo	6 ml
Ancho	8,8 ml
Área	14,8 m ²

Fuente: Elaboración propia, basado en la memoria descriptiva del expediente técnico.

Luego de realizar la caracterización geométrica de la Av. los alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo del Distrito de los Olivos – Lima, se procedió a la caracterización del tránsito del pavimento rígido, la cual esta dedica principalmente al

tránsito liviano de vehículos y vehículos no motorizados. Asimismo, se identificó los tipos de fallas, mediante la técnica de la inspección visual.

Tabla 3. Fallas observadas en el pavimento rígido de la Av. Los Alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo del Distrito de los Olivos – Lima

Código	Falla en el tramo I, II, III y IV	Observación
22	Grieta de esquina	Fallas observadas en los tres tramos de la vía
23	Losa dividida	Fallas observadas en algunos tramos del pavimento
28	Grietas lineales	Fallas encontradas en algunos intervalos del pavimento
29	Parche grande	Fallas observadas en gran parte del pavimento
30	Parche pequeño	Falla observada en algunos tramos del pavimento
36	Desconchamiento/Mapa de grietas/craquelado	Falla observada en gran parte del pavimento
38	Descascaramiento de esquina	Falla observada en algunos tramos del pavimento
39	Sello de junta	Falla observada en algunos tramos del pavimento

Fuente: Elaboración propia, basado en la observación visual del pavimento rígido, Lima, 2020.

En la tabla 3 se observa el total de las fallas observadas en todo el pavimento rígido que se ha obtenido de la inspección in situ del pavimento, lo cual se realizó con la técnica de observación directa de la Av. los alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo del Distrito de los Olivos – Lima, dividido en la calle Bausate Meza & calle Hugo Espinoza; el tramo desde la calle Hugo Espinoza & Pedro Coronado, y el tramo desde la calle Pedro Coronado & Av. Palmeras. Al tener patologías en todo el pavimento rígido se procede a evaluar el pavimento a través de la metodología PCI en toda la vía y así determinar los indicadores para la respectiva evaluación del pavimento en estudio y proponer la intervención o mantenimiento programado de la vía.

3.2. Determinación de los niveles de severidad y cantidad de las fallas presentes en el pavimento rígido del sector vial urbano de la ciudad del Distrito Los Olivos, Lima.

De acuerdo al diseño del pavimento rígido y de las mismas condiciones del sector vial a lo largo de todo el tramo estudiado en diagnóstico del sector vial urbano de la Av. los alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo del Distrito de los Olivos – Lima, se evaluó como una sola sección. Para ello se realizó el cálculo del número mínimo de unidades de muestreo, en donde se aplicó la siguiente ecuación:

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

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%).

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades. ($\sigma = 15$)

Remplazando datos se tiene:

$$N = \frac{\text{Numero de lozas de la sección}}{\text{Losas por unidad de muestreo}} = \frac{380}{20} = 19$$

$$n = \frac{19 * 15^2}{\frac{5\%^2}{4} * (19 - 1) + 15^2} = 13$$

Luego se procedió a la selección de las unidades de muestreo in situ para su respectiva inspección visual:

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

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

De la expresión anterior se procede a determinar el intervalo de muestreo.

$$i = \frac{19}{13} = 1$$

Luego de obtener el intervalo de muestreo, se procede a contabilizar

De lo cual se determinó que el número de unidades a estudiar fueron las 19 unidades de muestreo, para ello se utilizó el máximo, dando como resultado 1.

A continuación, se muestra el valor de PCI para cada unidad de muestreo inspeccionada con su respectiva clasificación del tramo:

De acuerdo a las unidades de muestra que fueron inspeccionadas en los tramos de la Av. Los Alisos - tramo Calle Bausate Meza & Calle H. Espinoza, los cuales fueron tomados del tramo lineal, conformado por un kilómetro de espacio territorial. A continuación, se presenta los resúmenes de los PCI de las secciones de pavimento, obtenido por tramos. En la evaluación superficial del pavimento rígido de la Av. Los Alisos - tramo Calle Bausate Meza & Calle H. Espinoza, se obtuvo los siguientes datos que se detallan a continuación.

Tabla 4. Valor de daño del tramo de la Av. Bustamante – Av. Hugo Espinoza.

Tipo de falla	Severidad	Nº de losas	Densidad (%)	Valor de reducción
22	L	8	13.3	11.297
22	M	5	8.33	12.06
23	M	5	8.33	17.893
23	H	2	3.33	11.322
28	L	24	40	27.8
28	M	5	8.33	4.831
29	L	1	1.67	1.402
30	L	3	5	0
36	M	5	8.33	6
39	L	2	3.33	1
Total		60	100	

Fuente: Elaboración propia, basado en las fallas del pavimento rígido de dicha avenida.

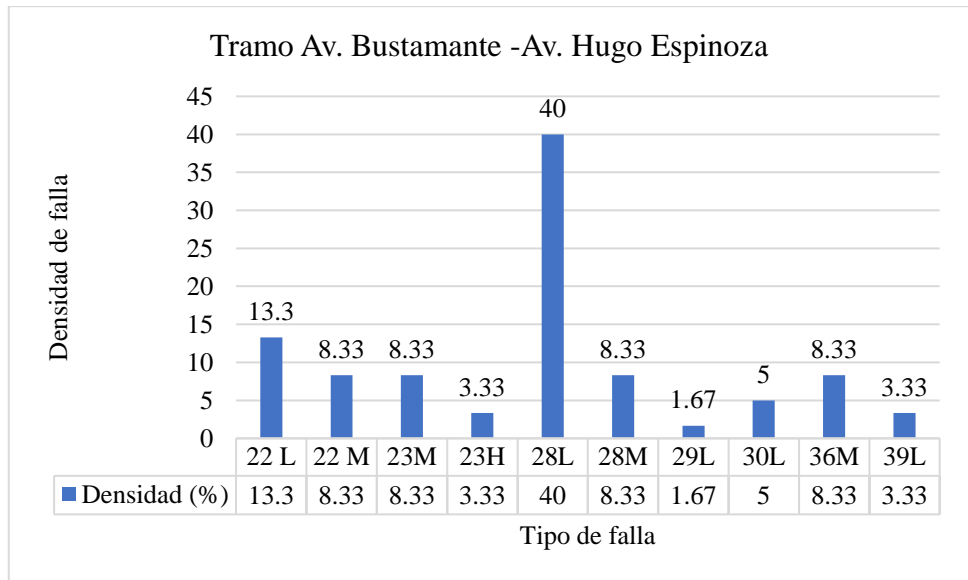


Figura 1 Densidad de las fallas del tramo Av. Bustamante - Av. Hugo Espinoza

Fuente: Elaboración propia, basado en el manual de tipos de fallas

En la Figura 1, se puede observar que en el Tramo de la Av. Bustamante - Av. Hugo Espinoza, el tipo de falla que ocupa la mayor densidad en éste tramo es la falla 28 de severidad baja (Grietas lineales) ocupando el 40% de densidad de las losas inspeccionadas, seguida de la falla 22 de severidad baja (Grietas de esquina), con un 13.33% de densidad de las losas inspeccionadas, asimismo, se tuvo la falla 22 de severidad media (Grietas de esquina), la falla 23 de severidad media (losa dividida), la falla 28 de severidad media (Grietas lineales) y la falla 36 de severidad media

(Desconchamiento) con una densidad de 8.33% de las losas inspeccionadas. También, se tuvo a la falla 30 de severidad baja (Parcheo pequeño), con una densidad de 5% de las losas inspeccionadas, además, se tuvo a la falla 23 de severidad alta (Parcheo grande) y la falla 39 de severidad baja (Sello de junta), con una densidad de 3.33% para ambas fallas inspeccionadas en las losas.

Tabla 5. Tramo de evaluación Calle Hugo Espinoza y Pedro Coronado

Tipo de falla	Severidad	Nº de losas	Densidad (%)	Valor de reducción
22	L	1	1.6	1.170
22	M	6	10	14.5
23	M	1	1.67	3.57
23	H	2	3.33	11.32
28	L	29	48.33	18.45
28	M	14	23.33	15.16
28	H	8	13.33	20.65
29	L	2	3.33	2.11
29	M	2	3.33	2.64
38	L	1	1.67	1.00
39	L	6	10	3.00
39	M	1	1.67	3.00
Total		73	100	

Fuente: Elaboración propia, basado en las fallas del pavimento rígido de dicha avenida.

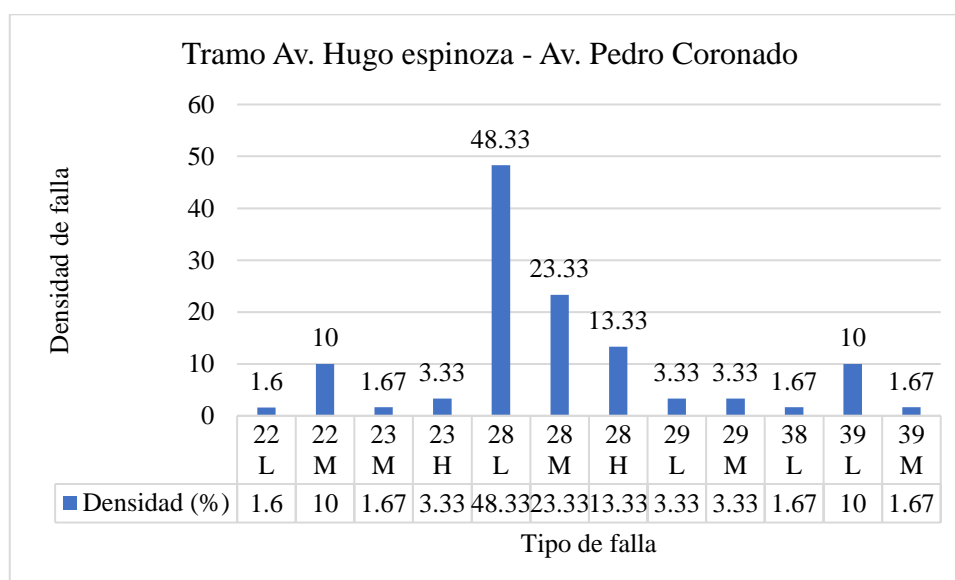


Figura 2. Densidad de las fallas del tramo Av. Hugo Espinoza – Av. Pedro Coronado

Fuente: Elaboración propia, basado en el manual de tipos de fallas

En la Figura 2, se puede observar que en el Tramo de la Av. Hugo Espinoza – Av. Pedro Coronado, el tipo de falla que ocupa la mayor densidad en éste tramo es la falla 28 de severidad baja (Grietas lineales) ocupando el 48.33% de densidad de las losas inspeccionadas, seguida de la falla 28 de severidad media y severidad alta (Grietas lineales), con un 23.33% y 13.33% de densidad de las losas inspeccionadas respectivamente, asimismo, se tuvo la falla 22 de severidad media (Grietas de esquina) y la falla 39 de severidad baja (Sello de junta) con una densidad de 10% de las losas inspeccionadas. También, se tuvo a la falla 23 de severidad alta (Losa dividida), la falla 29 de severidad baja y media (Parcheo grande), con una densidad de 3.33% de las losas inspeccionadas, se aprecia también a la falla 38 y 39 (Descascaramiento de esquina y Sello de junta), con una densidad de 1.67% para la severidad baja y 1.67% para severidad media respectivamente.

Tabla 6. Valor de daño del tramo Av. Pedro Coronado – Av. Palmeras.

Tipo de falla	Severidad	Nº de losas	Densidad (%)	Valor de reducción
22	L	1	1.67	1.17
22	H	2	3.23	2.22
22	M	7	11.29	16.1
23	M	2	3.23	6.78
23	H	1	1.61	5.41
28	L	10	16.13	4.65
28	M	42	67.74	39.57
29	M	5	8.06	6.23
30	L	1	1.61	0.00
30	M	7	11.29	1.90
36	M	10	16.13	12.00
39	M	1	1.61	1.00
Total		89	100	

Fuente: Elaboración propia, basado en las fallas del pavimento rígido de dicha avenida.

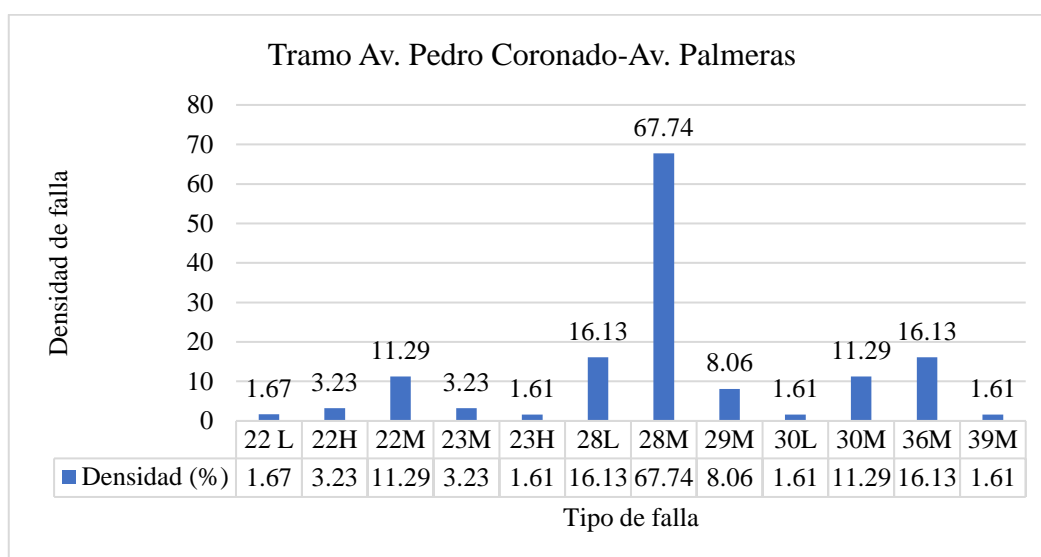


Figura 3. Densidad de las fallas del tramo Av. Pedro Coronado-Av. Palmeras

Fuente: Elaboración propia, basado en el manual de tipos de fallas

En la Figura 3, se puede observar que en el Tramo de la Av. Pedro Coronado – Av. Palmera, el tipo de falla que ocupa la mayor densidad en éste tramo es la falla 28 de severidad media (Grietas lineales) ocupando el 67.74% de las losas inspeccionadas, seguida de la falla 28 de severidad leve y de la falla 36 de severidad media (Grietas lineales y Desconchamiento), con un 16.13% de densidad de las losas inspeccionadas. Asimismo, se tuvo a la falla 22 de severidad media y la falla 30 de severidad media (Grieta de esquina y Parcheo pequeño) con 11.29% de densidad de las losas inspeccionadas, se aprecia también a la falla 23 (Losa dividida), con una densidad de 3.23% para la severidad media y 1.61% para severidad alta.

Tabla 7. Valor de daño del tramo de la Av. Palmeras – Av. 13 de Mayo.

Tipo de falla	Severidad	Nº de losas	Densidad (%)	Valor de reducción
22	L	23	11.62	9.96
22	M	11	5.56	8.02
23	M	7	3.54	7.58
23	H	5	2.53	8.60
28	L	47	23.74	8.62
28	M	30	15.15	8.89
28	H	9	4.55	7.28
29	L	65	32.83	15.64
29	M	2	1.01	0.81
39	L	23	11.62	3.00
39	M	4	2.02	1.00

Fuente: Elaboración propia, basado en las fallas del pavimento rígido de dicha avenida.

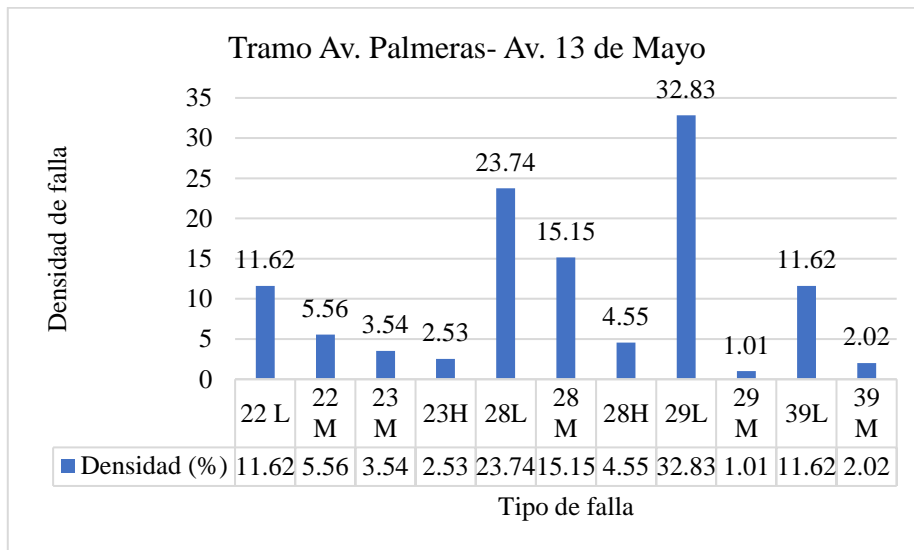


Figura 4. Densidad de las fallas del tramo Av. Palmeras - Av. 13 de Mayo

Fuente: Elaboración propia, basado en el manual de tipos de fallas

En la Figura 4, se puede observar que en el Tramo de la Av. Palmeras – Av. 13 de Mayo, el tipo de falla que ocupa la mayor densidad en éste tramo es la falla 29 (Parche grande) ocupando el 32.83% de las losas inspeccionadas, seguida de la falla 28 (Grietas lineales), con un 23.74% de las losas inspeccionadas. Asimismo, se tuvo a la falla 22 y 39 (Grietas de esquina y Sello de junta), ambas con una densidad de 11.62% de las losas inspeccionadas, se aprecia también a la falla 23 (Losa dividida), con una densidad de 3.54% para la severidad media y 2.53% para severidad alta.

Tabla 8. Evaluación del método PCI del tramo Av. Los Alisos - tramo Calle Bausate Meza & Calle H. Espinoza.

Tramo Av. Bustamante-Av. Hugo Espinoza Av. Pedro Coronado- Av. Palmeras – Av. 13 de Mayo	Progresiva		Número de losas	Resultado PCI
	Punto inicial	Punto final		
1 – 1	0+000	0+120	60	53.13
1 – 2	0+120	0+240	60	48.90
1 – 3	0+240	0+366	62	44.43
1 – 4	0+366	0+564	198	64.64
			PCI promedio	52.775

Fuente: Elaboración propia, basado en la evaluación del método PCI

De la Tabla8, se obtuvo un valor PCI promedio de 52.7751, considerando además la escala de rangos de clasificación del Método del PCI, se clasifica como pavimento regular. Asimismo, se tuvo al tramo Av. Bustamante – Av. Hugo Espinoza con el tipo de daño con mayor incidencia en esta unidad de muestreo a las grietas lineales de severidad baja con una densidad de 40.0%, el Índice de Condición de Pavimento PCI está en el rango de 53-54 que representa una clasificación Regular;

Del mismo modo, se tuvo a la Av. Hugo Espinoza – Av. Pedro Coronado con el tipo de daño con mayor incidencia en esta unidad de muestreo son grietas lineales de severidad baja con una densidad de 48.0%, el Índice de Condición de Pavimento PCI está en el rango de 48-49 que representa una clasificación Regular.

En la Av. Pedro Coronado – Av. Palmeras, se tuvo el tipo de daño con mayor incidencia en esta unidad de muestreo son grietas lineales de severidad media con una densidad de 68.0%, el Índice de Condición de Pavimento PCI está en el rango de 44-45 que representa una clasificación Regular.

Finalmente en el tramo de la Av. Palmeras – Av. 13 de Mayo, se tuvo al tipo de daño con mayor incidencia en esta unidad de muestreo son Parches grandes de severidad

leve y Media con una densidad de 35.0%, el Índice de Condición de Pavimento PCI está en el rango de 64-65 que representa una clasificación bueno.

3.3. Propuesta de intervención al pavimento rígido de la Av. los Alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo, a través método PCI.

Probablemente la causa principal obedece a asentamientos a nivel de subrasante, una forma de poder recuperar su capacidad estructural del pavimento sería el hincado de micro pilotes en todo el pavimento de la vía de la Av. Los Alisos - tramo Calle Bausate Meza & Calle H. Espinoza, para lo cual es necesario efectuar las coordinaciones con la municipalidad distrital del Distrito de Los Olivos, Lima, para lo cual se realice una gestión coordinada con la entidad contratante de la obra, a fin de profundizar con estudios geotécnicos requiriendo permisos especiales, por cuanto en la actualidad la obra se encuentra judicializada.

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En la actualidad se tiene a la metodología PCI con una herramienta que se enfoca en la evaluación superficial de un pavimento rígido, es así que en el presente trabajo de investigación se aplicó la metodología PCI para **evaluar el pavimento rígido aplicando el método PCI en la Av. los Alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo**, para ello se estudió el tramo vial de dichas avenidas en donde determino que

Del diagnóstico realizado a la vía de la **Av. los Alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo**, se evidencio que las fallas de mayor frecuencia presentes en la zona vial fueron losas agrietadas, división de las losas del pavimento, desnivel de los carriles, grietas longitudinales, losa con hoyos, losa con hoyos pequeños, pulimiento de agregado, retracción, descascaramiento de esquina y descascaramiento de junta, asimismo, se tiene a Fernández (2018), en su trabajo de investigación el cual tuvo similares resultados, debido que al evaluar la condición en la que se encontró la superficie del pavimento rígido de la mencionada calle, con la aplicación del método PCI, encontró que la falla de losa agrietada y la grieta longitudinal, ocasionaban que el rango de clasificación del pavimento rígido obtenga una calificación deficiente, además evidencio que la falla de pulimiento de agregados y las demás fallas no inciden en la condición del pavimento rígido pues determino que eran insignificantes de lo cual concluyo que el pavimento rígido que estudio no necesitaba una intervención inmediata y solo necesitaba una intervención programada.

El pavimento rígido que es evaluado a través del método PCI, brinda el estado en el cual se encuentra el pavimento rígido, es por ello que en el presente trabajo de investigación se aplicó la metodología PCI para evaluar las condiciones del pavimento rígido de la **Av. los Alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo**, en donde se tuvo un PCI de 49.76, para el tramo 1, un PCI de 48.90, para el tramo 2, un PCI de 44.43, para el tramo 3 y un PCI de 64.64, para el tramo 4, además se obtuvo a las fallas de mayor frecuencia que ocasionan que el pavimento sea malo, en el cual se obtiene a la falla 22 (Grieta de esquina) con una densidad de 10%, falla 23 (Losa dividida) con

una densidad de 5%, falla 28 (Grieta lineal) con una densidad de 50%, falla 29 (Parcheo grande) con una densidad de 5% y fallas 39, lo que coincide con el investigador Vásquez (2018), en su trabajo de investigación titulado *Evaluación del estado de conservación de las calles del sector santa rosa de la ciudad de Bambamarca utilizando los métodos de índice de conservación del pavimento (PCI) Y VIZIR*, en este trabajo de investigación el autor tuvo por objetivo general evaluar la condición superficial de las calles del sector Santa Rosa, además de la comparación de las distintas metodologías PCI y VIZIR, para ello utilizo la metodología con un diseño no experimental, tipo descriptivo, cuantitativo para ambos métodos de evaluación, para lograr ese objetivo además tuvo como muestra 39 unidades o puntos de muestreo, con lo cual obtuvo como resultado las principales fallas tales como parcheo grande, pulimiento de agregados, grieta lineal, descascamiento de junta, y otros con un porcentaje de 42,30%, 12,70%, 11,90%, 7,00%, 6,70% y 19,40% respectivamente, además obtuvo un índice PCI promedio de 43,92 que de acuerdo a la escala, el pavimento rígido presento una condición regular.

Según Flores (2018), en su trabajo de investigación titulado *Evaluación de la condición operacional del pavimento rígido, aplicando el método PCI – (pavement condition index), en las pistas de la Avenida Unión entre la Avenida Salvador Allende y el Jirón Ica, distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali*, en dicho trabajo el autor tuvo por objetivo general evaluar la condición del pavimento rígido para la transitabilidad del parque automotor, para ello utilizo una metodología tipo descriptiva con un diseño no experimental y corte transversal, con ello logro los resultados de las principales patologías que presento el pavimento rígido, dentro de las cuales especifico las principales zonas o unidades de muestra para el método PCI promedio un valor de 74,61 y de acuerdo a la escala es “muy bueno” y de lo cual llego a la conclusión que la vía del pavimento rígido no necesita intervención inmediata, pero si una operacionalización programada.

Para la propuesta de evaluación económica del pavimento rígido se realiza teniendo en cuenta las característica de diseño del pavimento rígido, es por ello que esta investigación coincide con el investigador Rodríguez (2015), en su trabajo de

investigación *titulado Evaluación de la condición operacional del pavimento rígido, aplicando el método del pavement condition index (PCI), en las pistas del barrio el Triunfo, distrito de Carhuaz, provincia de Carhuaz, Región Ancash,* , los resultados de dicha investigación indican que se logró el cálculo del PCI para cada una de las calles del barrio el Triunfo a partir de los cálculos del valor de reducción individual (VR), ordenados en forma descendente obtenida mediante el uso de las densidades de cada tipo de patología en sus respectivos ábacos para cada una de las calles , luego se calculó el valor de reducción total (VRT–TDV) en su respectivo ábaco y la determinación del PCI de la calle, siguiendo el procedimiento del manual del PCI; logrando tener el valor general de este índice a través del procesamiento de cuadros estadísticos detallados y resumiendo el total de las patologías encontradas en las cinco calles evaluadas.

V. CONCLUSIONES

1. Del diagnóstico superficial que se realizó al sector vial sobre patologías del pavimento rígido del sector vial urbano de la Av. Los Alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo del Distrito de los Olivos – Lima, dividido en la calle Bausate Meza & calle Hugo Espinoza; el tramo desde la calle Hugo Espinoza & Pedro Coronado, y el tramo desde la calle Pedro Coronado & Av. Palmeras. Al tener patologías en todo el pavimento rígido se procede a evaluar el pavimento a través de la metodología PCI en toda la vía y así determinar los indicadores para la respectiva evaluación del pavimento en estudio y proponer la intervención o mantenimiento programado de la vía. se obtuvo que las fallas presentes en la vía del pavimento, fueron la Losa agrietada, División de las losas del pavimento, Desnivel de los carriles, Gritas longitudinales, Losa con hoyos pequeños, Pulimiento de agregados, Retracción, Descascaramiento de esquina y Descascaramiento de juntas, en donde se obtuvo a la grieta lineal como la falla de mayor frecuencia en todo el tramo del sector vial urbano del pavimento.
2. La aplicación de método PCI brindo una escala promedio 51.93 en toda la Av. Los Alisos entre las calles Jaime Bausate y 13 de mayo, en donde se tuvo un PCI de 49.76, para el tramo 1, un PCI de 48.90, para el tramo 2, un PCI de 44.43, para el tramo 3 y un PCI de 64.64, para el tramo 4.
3. Las fallas de mayor frecuencia para Av. Los Alisos - tramo Calle Bausate Meza & Calle H. Espinoza, los cuales fueron tomados del tramo lineal, en la evaluación superficial del pavimento rígido de la Av. Los Alisos - tramo Calle Bausate Meza & Calle H. Espinoza fueron del tipo de falla que ocupa la mayor densidad en éste tramo es la falla 29 (Parche grande) ocupando el 32.83% de las losas inspeccionadas, seguida de la falla 28 (Grietas lineales), con un 23.74% de las losas inspeccionadas. Asimismo, se tuvo a la falla 22 y 39 (Grietas de esquina y Sello de junta), ambas con una densidad de 11.62% de las losas inspeccionadas, se aprecia también a la falla 23 (Losa dividida), con una densidad de 3.54% para la severidad media y 2.53% para severidad alta.

VI. RECOMENDACIONES

1. Implementar el servicio de mantenimiento rutinario o periódico y la señalización en toda la Av. Los Alisos de los Olivos, para así poder prolongar la vida útil de la estructura.
2. Realizar formas geométricas regulares con ángulos rectos y bordes perpendiculares a la superficie, empleando disco diamantado, y reponerlos con materiales de las mismas características que el pavimento original, para la rehabilitación o instalación de servicios públicos futuros la rotura parcial de pavimentos.
3. Realizar investigaciones similares en periodos de 5 años posteriores al presente, para identificar el estado de deterioro superficial que se presentan en las estructuras en el tiempo.
4. Evaluar el estado vial del pavimento, teniendo en cuenta el tiempo o antigüedad de construcción de las estructuras, las dimensiones de los paños, inclemencias del tiempo (temperatura, humedad, precipitaciones pluviales) y tráfico o uso
5. Realizar el análisis económico para la propuesta de evaluación de la metodología PCI en el pavimento rígido del sector al cual se dirige la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armijos, C. (2009). *Evaluación Superficial de Algunas Calles de la Ciudad de Loja*.
- Alvarado, J. y Freile, F. (2015). Propuesta de un programa de mantenimiento de la vía Izamba-Pillaro, provincia de Tungurahua (Bachelor's thesis, PUCE). (Tesis de pregrado) Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/9598/ALVARADO%20FREILE%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ASTM D 6433-03. (2007). *Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. Pensilvania*
- ASTM D 6433-07 (2007) *Standard practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Survey.*
- Darío, W. y Fuentes, L. (2015). *Evaluación de pavimentos flexibles*. (2da edición), España: EAE.
- Dávila, D., Huangal, N. & Salazar, W. (2017). *Aplicación del método del PCI en la evaluación superficial del pavimento rígido de la vía Canal de la Avenida Chiclayo distrito José Leonardo Ortiz provincia de Chiclayo periodo 2016* (Tesis de Maestría) Universidad Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/5855>
- Espinoza, D. & Liñan, M. (2018). Evaluación del pavimento rígido aplicando el método PCI en el Jirón Augusto B. Leguía, Distrito Independencia, Huaraz, 2018. (Tesis de pregrado) Universidad Cesar Vallejo. Huaraz, Perú. Recuperado de

http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/26697/Espinoza_LDJ-Li%C3%B1_VMT.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Fernández, A. (2018). *Evaluación de la condición de superficie del pavimento rígido de la calle Villanueva Pinillos de la ciudad de Jaén-Cajamarca*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú. Recuperado de: <http://190.116.36.86/bitstream/handle/UNC/2572/5.-DESARROLLO%20DE%20TESIS%20ALEX%20100%25%20IICA-CATIE%2C%20APA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Flores, G. (2019). *Evaluación de la condición operacional del pavimento rígido, aplicando el método PCI–(pavementconditionindex), en las pistas de la avenida Unión entre la avenida Salvador Allende y el jirón Ica, distrito de Callería, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali, año–2018*. (Tesis de pregrado). Universidad Católica los Ángeles de Chimbote. Chimbote, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/9274>

García, B. P. (2017). *Contabilidad de costos en la alta gerencia*. Grupo Editorial Nueva Legislación SAS.

Góngora, M. (2017). Instituto Peruano de Economía.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Editorial: McGraw Hill Education, México, sexta edición compressed.

Mendoza, A. (2019). *Evaluación del estado del pavimento rígido mediante la metodología del PCI de la avenida La Paz.*, (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3656>

- Menéndez, J. (2009). *Ingeniería de Pavimentos Materiales, Diseño y Conservación*. Lima, Perú: ICG.
- MTC. (2014). *Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura*. Lima.
- Montejo, A. (2017). *Ingeniería de pavimentos. Fundamentos, estudios básicos y diseño*. (3era edición). Tomo I. Colombia: UCC.
- Morales, J. (2005). *Técnicas de rehabilitación de pavimentos de concreto utilizando Sobre capas de refuerzo*. (Tesis de pregrado), Universidad de Piura, Piura, Perú. Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1343/ICI_129.pdf
- Orozco, J. (2004). *Pavement evaluation system. Version 2.0. Mexico: Secretary of Communications and Transportation*, Mexican Institute of Transportation.
- Rodriguez, Y. (2015). *Evaluación de la condición operacional del pavimento rígido, aplicando el método del pavement condition index (PCI), en las pistas del barrio el Triunfo, distrito de Carhuaz, provincia de Carhuaz, Región Ancash,, Diciembre 2015* (Tesis de pregrado) Universidad Católica los Ángeles Chimbote. Cajamarca, Perú. Recuperado de http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/699/condicion_operacional_rodriguez_minaya_yony_edwin.pdf?sequence=1&isallowed=y
- Salazar, C. (2019). *Evaluación superficial del pavimento flexible utilizando el método PCI contrastado con la guía PMBOK en la Avenida Independencia, Cajamarca 2017*. (Tesis de pregrado) Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23992>

Sierra, C., y Rivas, A. (2016). Aplicación y comparación de las diferentes metodologías de diagnóstico para la conservación y mantenimiento del tramo PR 00+ 000–PR 01+ 020 de la vía al llano (DG 78 Bis Sur–Calle 84 Sur) en la UPZ Yomasa. Curva Deducidas 2 Para Exudación. (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13987/4/TRABAJO%20DE%20GRADO%20VIZIR%20Y%20PCI%202016%20.pdf>

Tamayo y Tamayo, M. (2006). El proceso de la investigación científica; fundamentos de investigación (No. 001.4 T153). Limusa.

Vásquez, A. (2018). *Evaluación del estado de conservación de las calles del sector Santa Rosa de la ciudad de Bambamarca utilizando los métodos de índice de conservación del pavimento (PCI) y VIZIR.* (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú. Recuperado de https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Evaluaci%C3%B3n+del+estado+de+conservaci%C3%B3n+de+las+calles+del+sector+Santa+Rosa+de+la+ciudad+de+Bambamarca+utilizando+los+m%C3%A9todos+de+%C3%ADndice+de+conservaci%C3%B3n+del+pavimento+%28PCI%29+y+VIZIR&btnG=

Vásquez, L. (2002). *Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. Documentos.* Manizales. Universidad Nacional de Colombia, Ingeniería de Pavimentos.

AGRADECIMIENTOS

**A DIOS por todo lo maravilloso que
nos dio en esta vida.**

**A MIS PADRES que me cuidan desde
el cielo.**

Johnny James Rafael Mendoza.

ANEXOS Y APÉNDICE

Anexo 1. Curvas de valores deducidos para pavimentos rígidos, según el método PCI

Elaboración de la Hoja de inspección de Evaluación del índice de Condición del Pavimento Rígido con los datos tomados para la C-01.

Tabla A 1. Descripción de unidad de análisis

Carriles	Losas
Izquierda	20
Central	20
Derecho	20
Total	60
Largo	6 m
Ancho	8.8 m ²
Área	14.8 m ²
Área de total de la unidad de análisis	
1363 m ²	

Fuente: Elaboración propia, basado en la metodología PCI

Tabla A 2. Descripción de unidad de muestreo

Tramo:	Av. Bausate Meza & Av. Hugo. Espinoza
	N= 60
	e= 5
	δ= 15
	n= 23

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

Donde:

n: Número mínimo de unidades de 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%)

σ: Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Determinación de intervalo.

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

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 (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3).

Determinación de PCI:

Elaboración de la Hoja de inspección de Evaluación del índice de Condición del Pavimento Rígido con los datos tomados para la C-01.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO			
HOJA DE INSPECCION DE CONDICIÓN PARA LA UNIDAD DE MUESTRA			
			
DIST/PROV	INSP: FECHA:		
LOS OLIVOS - LIMA	JJRM 25/09/2020		
VIA	TRAMO: C-01		
Av LOS ALISOS	CA. BAUSATE MEZA - CA. HUGO ESPINOZA		
	AREA MUESTRA m2: 1584		
	TOTAL DE LOZAS MUESTRA: 60		
TIPOS DE FALLAS (SEGÚN MANUAL DE DAÑOS EN VIAS CON SUPERFICIE EN CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND)			
No	Daño	No	Daño
21	Blow up / buckling	32	Pulimiento de Agregados
22	Grieta de esquina	33	Popouts
23	Losa dividida	34	Punzonamiento
24	Grieta de durabilidad "d"	35	Cruce de Vía Férrea
25	Escala	36	Desconchamiento / Mapa de grietas / craquelado
26	Daño del sello de la junta	37	Grietas de Retracción
27	Desnivel carril / berma	38	Descascaramiento de Esquina
28	Grietas lineales	39	Sello de junta
29	Parche grande (> 0.45m2)		
30	Parche pequeño (< 0.45 m2)	L: low	M: Medium
31	Pulimientos De Agregados	Bajo	Medio
			H: High
			Alto

Tipos de Falla	Severidad	Número de Losas	% Densidad	Valor de Deducción	ESQUEMA
22	L	8	13.33	11.297	1 23M 28L-22L 23M
22	M	5	8.33	12.060	2 28L 22L 28L
23	M	5	8.33	17.893	3 22L
23	H	2	3.33	11.322	4 39L-22L
28	L	24	40.00	27.800	5 28L 28L-22L 28L
28	M	5	8.33	4.831	6 28L 28L-22L
29	L	1	1.67	1.402	7 23H 23H
30	L	3	5.00	0.000	8 39L-28L 28L 28L-29L
36	M	5	8.33	6.000	9 30L 28L
39	L	2	3.33	1.000	10 28L
				VDT = 93.605	11 28L 28L
					12 28L 28L
					13 22L 28L
					14 28L 28L-22M 28L
					15 28L 28M-39L 30L-28L
					16 28L 28L-39L 30L-28L
					17 36M-23M 22M-23M-36M 22M-28M-36M
					18 22M-22L-36M 22M-36M
					19 28M
					20 28M-30M 23M-30M-28M

Interpolación para cálculo de valor deducido

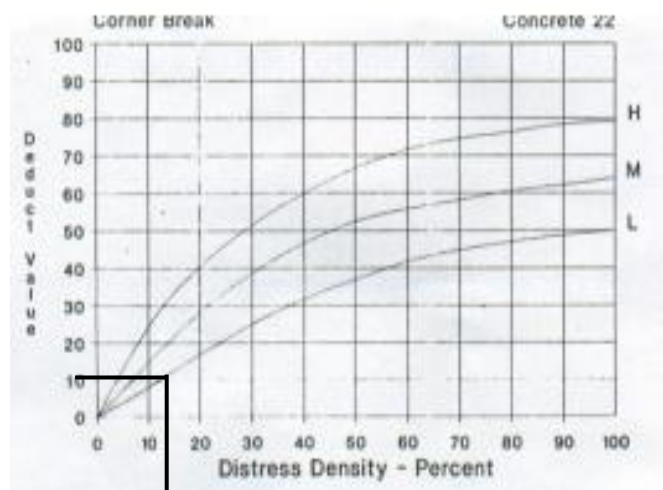
Tipos de Falla	Severidad	% Densidad
22 Grieta de esquina	L	13.33

10	8.7
13.33	11.297
15	12.6

$$X = 8.7 + \left(\frac{12.6 - 8.7}{15 - 10} \right) (13.33 - 10.0) = \mathbf{11.297}$$

Abaco de valores para pavimentos.
22 Grieta de esquina

Valor deducido			
Densidad	L	M	H
0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	3.50	7.20	12.10
10.00	8.70	14.50	23.40
15.00	12.60	21.70	34.00
20.00	16.40	28.70	41.50
25.00	20.20	34.40	47.30
30.00	23.80	39.20	52.10
35.00	27.40	43.10	56.10
40.00	31.00	46.60	60.00
45.00	34.50	49.60	64.00
50.00	37.50	52.30	67.30
55.00	39.70	53.80	69.30
60.00	41.20	55.30	70.90
65.00	42.60	56.60	72.40
70.00	43.90	57.80	73.80
75.00	45.10	58.90	75.00
80.00	46.20	60.00	76.20
85.00	47.30	61.00	77.30
90.00	48.30	61.90	78.30
95.00	49.20	62.80	79.30
100.00	50.10	63.70	80.30



Valor de Deducción
11.3

Interpolación para cálculo de valor deducido

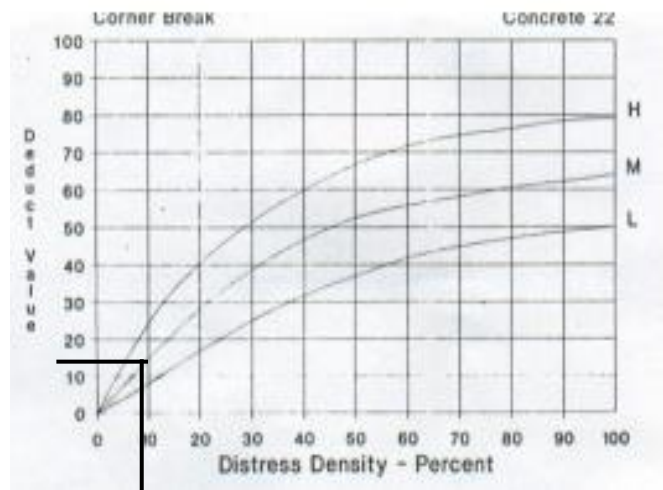
Tipos de Falla	Severidad	% Densidad
22 Grieta de esquina	M	8.33

5	7.2
8.33	12.062

$$X = 7.2 + \left(\frac{14.5}{10} - \frac{7.2}{5} \right) (8.33 - 5.0) = 12.062$$

Abaco de valores para pavimentos.
22 Grieta de esquina

Valor deducido			
Densidad	L	M	H
0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	3.50	7.20	12.10
10.00	8.70	14.50	23.40
15.00	12.60	21.70	34.00
20.00	16.40	28.70	41.50
25.00	20.20	34.40	47.30
30.00	23.80	39.20	52.10
35.00	27.40	43.10	56.10
40.00	31.00	46.60	60.00
45.00	34.50	49.60	64.00
50.00	37.50	52.30	67.30
55.00	39.70	53.80	69.30
60.00	41.20	55.30	70.90
65.00	42.60	56.60	72.40
70.00	43.90	57.80	73.80
75.00	45.10	58.90	75.00
80.00	46.20	60.00	76.20
85.00	47.30	61.00	77.30
90.00	48.30	61.90	78.30
95.00	49.20	62.80	79.30
100.00	50.10	63.70	80.30



Valor de Deducción
12.060

Interpolación para cálculo de valor deducido

Tipos de Falla	Severidad	% Densidad
23 Losa dividida	M	8.33

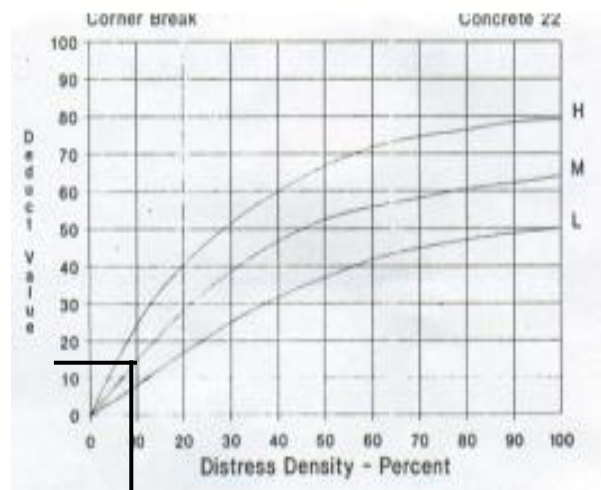
5	7.2
8.33	12.062

$$X = 7.2 + \left(\frac{14.5}{10} - \frac{7.2}{5} \right) (8.33 - 5.0) = 12.062$$

Abaco de valores para pavimentos concreto.

22 Grieta de esquina

Valor deducido			
Densidad	L	M	H
0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	3.50	7.20	12.10
10.00	8.70	14.50	23.40
15.00	12.60	21.70	34.00
20.00	16.40	28.70	41.50
25.00	20.20	34.40	47.30
30.00	23.80	39.20	52.10
35.00	27.40	43.10	56.10
40.00	31.00	46.60	60.00
45.00	34.50	49.60	64.00
50.00	37.50	52.30	67.30
55.00	39.70	53.80	69.30
60.00	41.20	55.30	70.90
65.00	42.60	56.60	72.40
70.00	43.90	57.80	73.80
75.00	45.10	58.90	75.00
80.00	46.20	60.00	76.20
85.00	47.30	61.00	77.30
90.00	48.30	61.90	78.30
95.00	49.20	62.80	79.30
100.00	50.10	63.70	80.30



Valor de Deducción

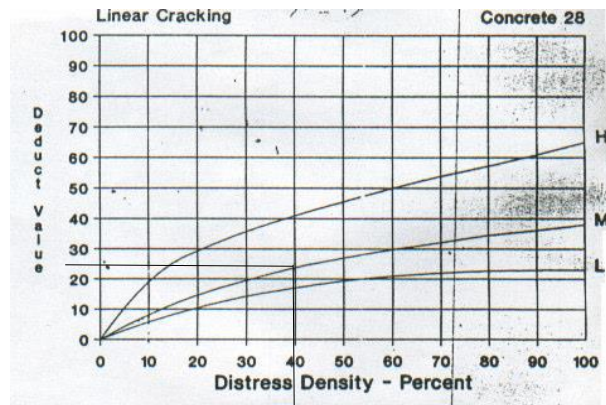
12.060

Abaco de valores para pavimentos concreto.

28 Grietas lineales

Tipos de Falla	Severidad	% Densidad
28 Grietas lineales	L	3.33

Densidad	Valor deducido		
	L	M	A
0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	1.10	2.90	8.00
10.00	2.70	5.80	15.70
15.00	4.30	8.80	23.20
20.00	6.30	11.70	29.50
25.00	9.40	16.90	34.60
30.00	11.90	21.10	39.40
35.00	14.00	24.70	43.50
40.00	15.80	27.80	47.00
45.00	17.50	30.50	50.10
50.00	18.90	33.00	52.90
55.00	20.20	35.20	55.40
60.00	21.40	37.20	57.70
65.00	22.50	39.00	59.80
70.00	23.50	40.70	61.80
75.00	24.50	42.30	63.60
80.00	25.40	43.80	65.30
85.00	26.20	45.20	66.90
90.00	27.00	46.60	68.50
95.00	27.70	47.80	69.90
100.00	28.40	49.00	71.20



Valor de Dedución
27.8

Interpolación para cálculo de valor deducido

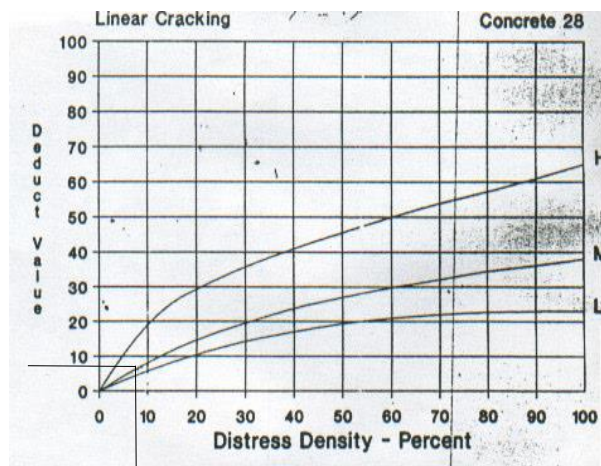
Tipos de Falla	Severidad	% Densidad
28 Grietas lineales	M	8.33

$$\left[\begin{array}{c|c} 5 & 2.9 \\ \hline 8.33 & \mathbf{4.8314} \\ \hline 10 & 5.8 \end{array} \right]$$

$$X = 2.9 + \left(\frac{5.8 - 2.9}{10 - 5} \right) (8.33 - 5.0) = \mathbf{4.8314}$$

**Abaco de valores para pavimentos concreto.
28 Grietas lineales**

Densidad	Valor deducido		
	L	M	A
0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	1.10	2.90	8.00
10.00	2.70	5.80	15.70
15.00	4.30	8.80	23.20
20.00	6.30	11.70	29.50
25.00	9.40	16.90	34.60
30.00	11.90	21.10	39.40
35.00	14.00	24.70	43.50
40.00	15.80	27.80	47.00
45.00	17.50	30.50	50.10
50.00	18.90	33.00	52.90
55.00	20.20	35.20	55.40
60.00	21.40	37.20	57.70
65.00	22.50	39.00	59.80
70.00	23.50	40.70	61.80
75.00	24.50	42.30	63.60
80.00	25.40	43.80	65.30
85.00	26.20	45.20	66.90
90.00	27.00	46.60	68.50
95.00	27.70	47.80	69.90
100.00	28.40	49.00	71.20



Valor de Deducción
4.831

Interpolación para cálculo de valor deducido

Tipos de Falla	Severidad	% Densidad
29 Parche grande	L	1.67

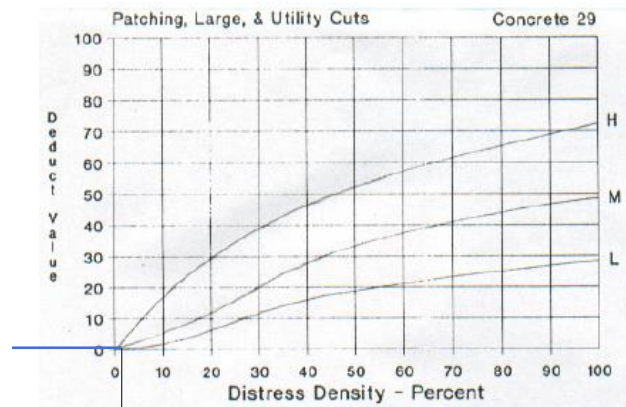
5	3.2
1.67	1.4018
10	5.9

$$X = 3.2 + \left(\frac{5.9 - 3.2}{10 - 5} \right) (1.67 - 5.0) = 1.402$$

Abaco de valores para pavimentos concreto.

29 Parche grande L

Densidad	Valor deducido		
	Leve	Mediana	Alta
0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	3.20	4.00	9.60
10.00	5.90	7.80	19.20
15.00	8.30	11.50	24.20
20.00	10.60	14.40	28.30
25.00	12.80	17.60	31.60
30.00	14.90	20.20	34.70
35.00	16.20	22.40	37.60
40.00	17.20	24.30	40.30
45.00	18.10	26.00	42.80
50.00	18.90	27.50	45.20
55.00	19.60	28.80	47.50
60.00	20.30	30.10	49.70
65.00	20.90	31.20	51.80
70.00	21.40	32.30	53.90
75.00	22.00	33.30	55.80
80.00	22.40	34.20	57.70
85.00	22.90	35.10	59.60
90.00	23.30	35.90	61.40
95.00	23.70	36.70	63.10
100.00	24.10	37.40	64.80

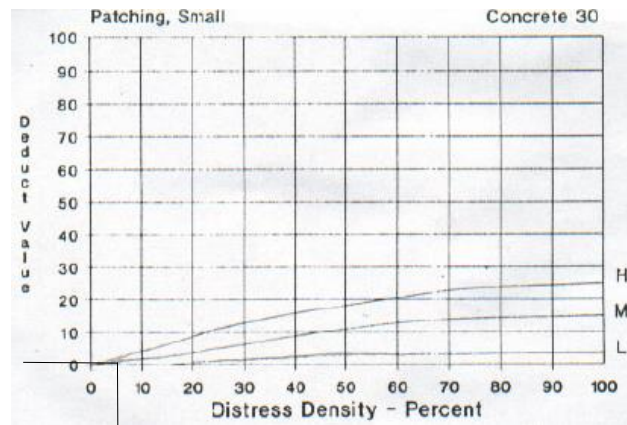


Valor de Deducción
1.402

Abaco de valores para pavimentos concreto.

Tipos de Falla	Severidad	% Densidad
30 Parcheo pequeño	L	5.00

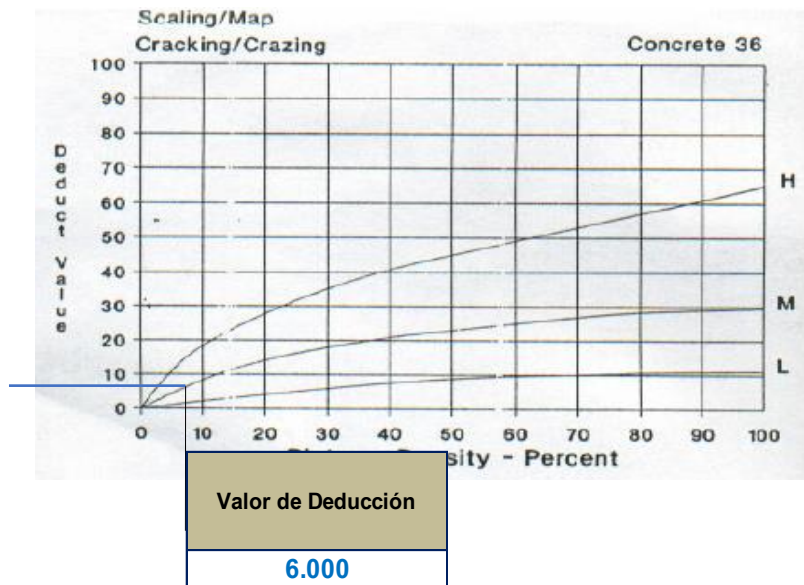
Densidad	Valor deducido		
	L	M	A
0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	0.00	0.90	2.20
10.00	0.00	1.70	4.20
15.00	0.60	2.60	6.30
20.00	1.10	3.00	8.40
25.00	1.50	5.00	10.50
30.00	1.80	6.60	12.90
35.00	2.00	8.00	14.50
40.00	2.20	9.20	15.90
45.00	2.40	10.20	17.10
50.00	2.60	11.20	18.20
55.00	2.70	12.00	19.20
60.00	2.90	12.90	20.10
65.00	3.00	13.50	21.00
70.00	3.10	14.40	21.70
75.00	3.30	14.40	22.40
80.00	3.40	14.50	23.10
85.00	3.50	14.60	23.70
90.00	3.60	14.70	24.30
95.00	3.60	14.80	24.90
100.00	3.70	14.80	25.40



Valor de Dedución
0.000

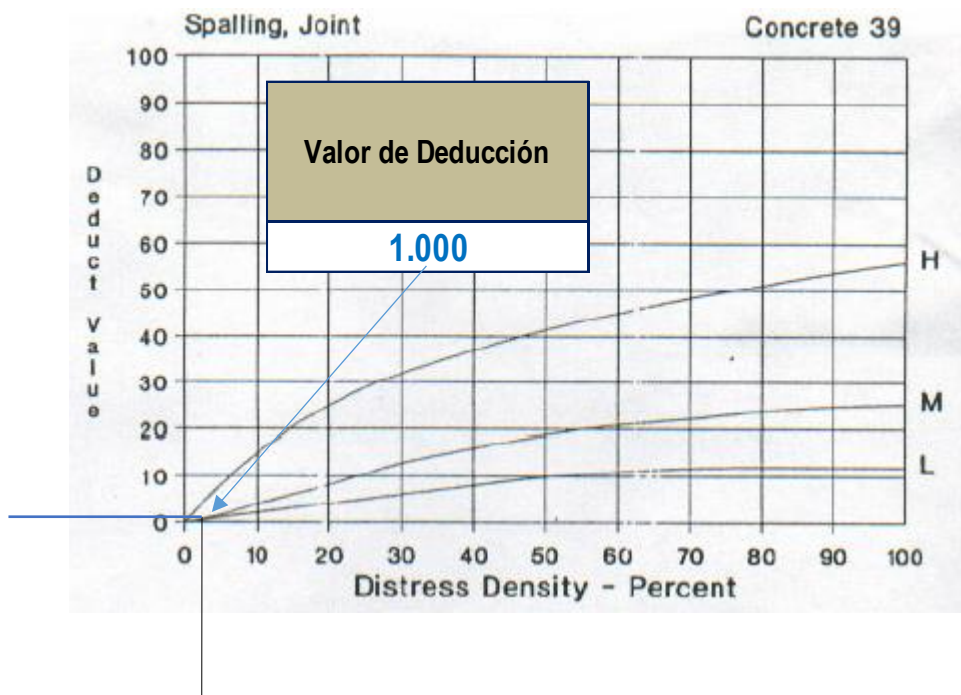
Curvas de valores para pavimentos concreto.
 36 Desconchamiento / mapa de grietas / craquelado

Tipos de Falla	Severidad	% Densidad
36 Desconchamiento	M	8.33



Curvas de valores para pavimentos concreto.

Tipos de Falla	Severidad	% Densidad
39. Sello de junta	L	3.33



Cálculo del número admisible máximo de deducidos (m_i).

Cálculo del número máximo admisible de falla permitida (m)		
$m_i = 1 + (9/98) \times (100 - HDVi)$	$m_i = 1 + (9/98) \times (100 - 27.8) = 7.63$	
$m =$	Numero permitido de VDs incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10)	Numero Deducidos $>2(q)$ 10 Valor Deducido más Alto 27.80
HDVi = valor individual mas alto del VD	Numero Admisible de Valores Deducidos(m):	7.631

Cálculo del máximo valor deducido corregido

Ordenamos los valores individuales en forma horizontal de mayor a menor $q = 7.00$ y luego calculamos en la tabla para cada valor deducido corregido (VDC).

Cálculo del valor deducidos corregidos (VDC)											
N°	Valores deducidos								VDT	q	VDC
1	27.8	17.89	12.06	11.32	11.297	6.00	4.831	1.402	92.61	7	45.75
2	27.8	17.89	12.06	11.32	11.297	6.00	2.00	1.402	89.77	6	46.87
3	27.8	17.89	12.06	11.32	11.297	2.00	2.00	1.402	85.77	5	46.53
4	27.8	17.89	12.06	11.32	2.00	2.00	2.00	1.402	76.48	4	45.06
5	27.8	17.89	12.06	2.00	2.00	2.00	2.00	1.402	67.16	3	43.15
6	27.8	17.89	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.402	57.10	2	44.07
7	27.8	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.402	41.20	1	41.20
									máx. VDC =	312.63	

Tabla A 3. Curva de corrección del valor total deducido

VDT	Valor deducido corregido (VDC)								
	q = 1	q = 2	q = 3	q = 4	q = 5	q = 6	q = 7	q = 8	q = 9
0.00	0.00								
10.00	10.00								
11.00	11.00	8.00							
17.00	17.00	13.30	8.50						
20.00	20.00	16.00	11.00						
27.00	27.00	21.90	15.90	14.00					
30.00	30.00	24.50	18.00	16.00					
35.00	35.00	28.50	21.70	19.20	17.10	15.00			
40.00	40.00	32.00	25.40	22.50	20.20	18.00			
50.00	50.00	39.50	32.00	29.00	26.50	24.00			
57.00	57.00	44.00	36.90	33.40	30.80	28.20	26.80	25.40	23.70
100.00	100.00	70.00	63.00	58.00	55.00	52.00	49.30	46.60	44.00
110.00		75.50	68.50	63.00	60.00	57.00	54.30	51.60	49.00
120.00		81.00	74.00	67.80	64.90	62.00	59.20	56.40	53.50
130.00		86.00	78.90	72.50	69.50	66.50	63.70	60.90	58.00
140.00		90.50	84.00	77.00	74.00	71.00	68.20	65.40	62.50
150.00		95.00	88.40	81.50	78.20	75.00	72.30	69.60	67.00
160.00		99.50	93.00	85.50	82.20	79.00	76.30	73.60	71.00
161.00		100.00	93.40	86.00	82.70	79.40	76.70	74.00	71.40
170.00			97.00	89.60	86.30	83.00	80.30	77.60	75.00
177.00			100.00	92.60	88.80	85.50	82.70	80.30	77.80
180.00				94.00	90.00	86.60	83.70	81.40	79.00
190.00				98.00	94.00	90.00	87.50	85.00	82.50
195.00				100.00	95.50	91.50	89.10	86.70	84.30
200.00					96.50	93.00	90.70	88.40	86.00

Cuadro De Interpolación De Los Valores Deducidos Corregidos Para C – 01

Interpolar q=7	
90.00	44.50
92.61	45.75
100.0	49.30
X =	45.75

Interpolar q=6	
80.00	41.50
89.77	46.87
90.00	47.00
X	46.87

Interpolar q=5	
80.00	42.20
85.77	46.53
90.00	49.70
X =	46.53

Interpolar q=4	
80.00	47.00
76.48	45.06
90.00	52.50
X =	45.06

Interpolar q=3	
60.00	38.50
67.16	43.15
70.00	45.00
X =	43.15

Interpolar q=2	
57.00	44.00
57.10	44.07
60.00	46.00
X =	44.07

Interpolar q=1	
40.00	40.00
41.20	41.20
50.00	50.00
X =	41.20

Determinación del máximo valor de VRC y del PCI del tramo Av. Bausate Meza & Av. Hugo. Espinoza en la av. los Alisos.

$$\text{PCI} = 100 - \text{Max VRC}$$


$$\text{Máximo VRC} = 46.87$$

$$\text{PCI} = 100 - 46.87 \quad \text{PCI} = \mathbf{53.13}$$

Rangos de clasificación del PCI	
Rango	Clasificación
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	<u>Regular</u>
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

El tramo C-01 de evaluación de la Av. los Alisos entre las calles Bausate Meza y Hugo Espinoza, tiene según el Rango de clasificación PCI de ***“REGULAR”***.

Resumen Tramo Av. Bausate Meza – Av. Hugo Espinoza

		UNIVERSIDAD SAN PEDRO			
HOJA DE INSPECCION DE CONDICIÓN PARA LA UNIDAD DE MUESTRA					
DIST/PROV	INSP:	FECHA:			
LOS OLIVOS - LIMA	JJRM	25/09/2020			
VIA	TRAMO: C-01		AREA MUESTRA m2:	1067.67	
Av LOS ALISOS	CA. BAUSATE MEZA - CA. HUGO ESPINOZA		TOTAL DE LOZAS MUESTRA:	60	
TIPOS DE FALLAS (SEGÚN MANUAL DE DAÑOS EN VIAS CON SUPERFICIE EN CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND)					
No	Daño	No	Daño		
21	Blow up / buckling	32	Pulimiento de Agregados		
22	Grieta de esquina	33	Popouts		
23	Losa dividida	34	Punzonamiento		
24	Grieta de durabilidad "d"	35	Cruce de Vía Férrea		
25	Escala	36	Desconchamiento / Mapa de grietas / craquelado		
26	Daño del sello de la junta	37	Grietas de Retracción		
27	Desnivel carril / berma	38	Descascaramiento de Esquina		
28	Grietas lineales	39	Sello de junta		
29	Parche grande (> 0.45m2)	L: low		M: Medium	
30	Parche pequeño (< 0.45 m2)	Bajo		Medio	
31	Pulimientos De Agregados	Alto			

Tipos de Falla	Severidad	Número de Losas	% Densidad	Valor de Deducción	ESQUEMA			
					1	2	3	4
22	L	8	13.33	11.297	23M	28L-22L	23M	
22	M	5	8.33	12.060	28L	22L	28L	
23	M	5	8.33	17.893		22L		
23	H	2	3.33	11.322		39L-22L		
28	L	24	40.00	27.800	28L	28L-22L	28L	
28	M	5	8.33	4.831	28L	28L-22L		
29	L	1	1.67	1.402	23H	23H		
30	L	3	5.00	0.000	39L-28L	28L	28L-29L	
36	M	5	8.33	6.000	30L		28L	
39	L	2	3.33	1.000			28L	
				VDT =	93.605			
					11	28L	28L	
					12	28L	28L	
					13	22L	28L	
					14	28L	28L-22M	28L
					15	28L	28M-39L	30L-28L
					16	28L	28L-39L	30L-28L
					17	36M-23M	22M-23M-36M	22M-28M-36M
					18		22M-22L-36M	22M-36M
					19	28M		
					20	28M-30M	23M-30M-28M	

CÁLCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (VDC)											
Nº	VALORES DEDUCIDOS								VDT	q	VDC
1	27.80	17.89	12.06	11.32	11.30	6.00	4.83	1.40	92.61	7.00	45.75
2	27.80	17.89	12.06	11.32	11.30	6.00	2.00	1.40	89.77	6.00	46.87
3	27.80	17.89	12.06	11.32	11.30	2.00	2.00	1.40	85.77	5.00	46.53
4	27.80	17.89	12.06	11.32	2.00	2.00	2.00	1.40	76.48	4.00	45.06
5	27.80	17.89	12.06	2.00	2.00	2.00	2.00	1.40	67.16	3.00	43.15
6	27.80	17.89	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.40	57.10	2.00	44.07
7	27.80	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.40	41.20	1.00	41.20
									máx. VDC =	312.63	

Cálculo de PCI

$$\text{PCI} = 100 - \text{Max VRC}$$

$$\text{Máximo VRC} = 46.87$$

$$\text{PCI} = 100 - 46.87 \qquad \text{PCI} = 53.13$$

Rangos de clasificación del PCI	
RANGO	CLASIFICACIÓN
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy Bueno
70 - 55	Bueno
<u>55 - 40</u>	<u>Regular</u>
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy Malo
10 - 0	Fallado

El tipo de daño con mayor incidencia en esta unidad de muestreo son grietas lineales de severidad baja con una densidad de 40.0%.

El Índice de Condición de Pavimento PCI es esta en el rango de 53-54 que representa una clasificación **Regular**

Descripción de unidad de análisis

Análisis del PCI- Av. Los Alisos - tramo Av. Hugo Espinoza - Av. Pedro Coronado		
N° de unidades de análisis		
	Carril derecho Este Oeste =	paños
	Izquierda	20
	Central	20
	Derecho	20
	Total	60 uni
Dimension de unidad típica:		
	Largo	6 ml
	Ancho	8.8 ml
	Area	14.8 m2
Área total de la unidad de análisis		1067.67 m2

DESCRIPCION DE UNIDAD DE MUESTREO

TRAMO: CA HUGO ESPINOZA & PEDRO CORONODO

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

N=	60
e=	5
δ=	15
n=	23

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%)

σ: Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Determinacion de intervalo.

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

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 (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3).

Determinación de PCI:

Elaboración de la Hoja de inspección de Evaluación del índice de Condición del Pavimento Rígido con los datos tomados para la C-02.

		UNIVERSIDAD SAN PEDRO			
HOJA DE INSPECCION DE CONDICIÓN PARA LA UNIDAD DE MUESTRA					
DIST/PROV	INSP:	FECHA:	COD: C-02		
LOS OLIVOS - LIMA	JRM	25/09/2020			
VIA	TRAMO: C-02		AREA MUESTRA m2:	1021.22	
Av LOS ALISOS	CA. HUGO ESPINOZA & PEDRO CORONADO		TOTAL DE LOZAS MUESTRA:	60	
TIPOS DE FALLAS (SEGÚN MANUAL DE DAÑOS EN VIAS CON SUPERFICIE EN CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND)					
No	Daño	No	Daño		
21	Blow up / buckling	32	Pulimiento de Agregados		
22	Grieta de esquina	33	Popouts		
23	Losa dividida	34	Punzonamiento		
24	Grieta de durabilidad "d"	35	Cruce de Vía Férrea		
25	Escala	36	Desconchamiento / Mapa de grietas / craquelado		
26	Daño del sello de la junta	37	Grietas de Retracción		
27	Desnivel carril / berma	38	Descascaramiento de Esquina		
28	Grietas lineales	39	Sello de junta		
29	Parche grande (> 0.45m2)	L: low	M: Medium	H: High	
30	Parche pequeño (< 0.45 m2)	Bajo	Medio	Alto	
31	Pulimientos De Agregados				

Tipos de Falla	Severidad	Número de Losas	% Densidad	Valor de Deducción
22	L	1	1.67	1.170
22	M	6	10.00	14.500
23	M	1	1.67	3.570
23	H	2	3.33	11.320
28	L	29	48.33	18.450
28	M	14	23.33	15.160
28	H	8	13.33	20.650
29	L	2	3.33	2.110
29	M	2	3.33	2.640
38	L	1	1.67	1.000
39	L	6	10.00	3.000
39	M	1	1.67	3.000
VDT =				96.570

ESQUEMA			
21	28L	28M,39L	28M
22	28M	22M	28L,38L
23	28M	28M	
24	28M	28L	28L
25	28L	28L	28L
26	28L	28L	28L,28M
27	28L,22L	28L	23M,39L
28		28L	28M
29	28H	28H,39L,39M	28H
30		2M	28M
31	28m,29m	28L,39L	23H,29L
32	29M	28L,39L,39M	29L
33	22M	28H	28H
34	28H,22M	22M,28L	28L
35	28L	22M,28M	28M
36	28M	28H,22M	23H
37	28L	28L	28L
38	28L	28M	28H
39	28L	28L	28L
40	28L	28L	

Interpolación para cálculo de valor deducido

Tipos de Falla	Severidad	% Densidad
22 Grieta de esquina	L	1.67

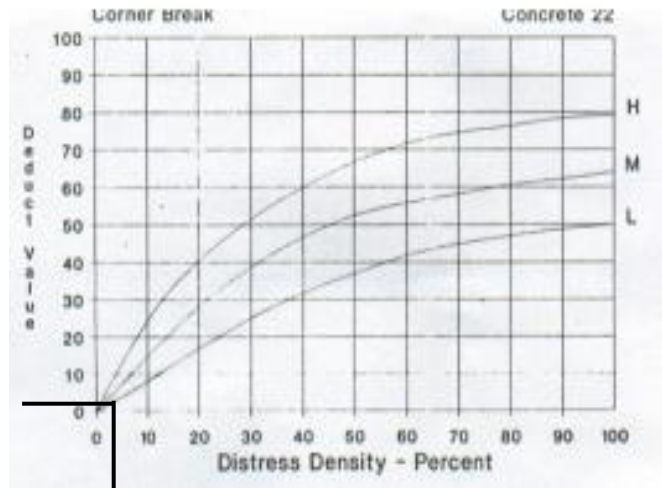
0	0
1.67	1.17
5	3.5

$$X = 0 + \left(\frac{3.5 - 0}{5 - 0} \right) (1.67 - 0.0) = 1.169$$

Abaco de valores para pavimentos.

22 Grieta de esquina

Valor deducido			
Densidad	L	M	H
0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	3.50	7.20	12.10
10.00	8.70	14.50	23.40
15.00	12.60	21.70	34.00
20.00	16.40	28.70	41.50
25.00	20.20	34.40	47.30
30.00	23.80	39.20	52.10
35.00	27.40	43.10	56.10
40.00	31.00	46.60	60.00
45.00	34.50	49.60	64.00
50.00	37.50	52.30	67.30
55.00	39.70	53.80	69.30
60.00	41.20	55.30	70.90
65.00	42.60	56.60	72.40
70.00	43.90	57.80	73.80
75.00	45.10	58.90	75.00
80.00	46.20	60.00	76.20
85.00	47.30	61.00	77.30
90.00	48.30	61.90	78.30
95.00	49.20	62.80	79.30
100.00	50.10	63.70	80.30



Valor de Deducción

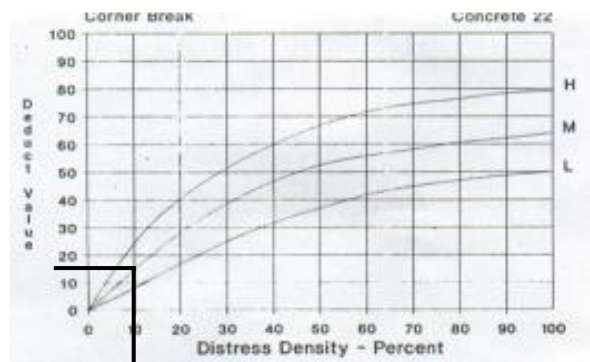
1.170

Interpolación para cálculo de valor deducido

Tipos de Falla	Severidad	% Densidad
22 Grieta de esquina	M	10

Abaco de valores para pavimentos.
22 Grieta de esquina

Valor deducido			
Densidad	L	M	H
0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	3.50	7.20	12.10
10.00	8.70	14.50	23.40
15.00	12.60	21.70	34.00
20.00	16.40	28.70	41.50
25.00	20.20	34.40	47.30
30.00	23.80	39.20	52.10
35.00	27.40	43.10	56.10
40.00	31.00	46.60	60.00
45.00	34.50	49.60	64.00
50.00	37.50	52.30	67.30
55.00	39.70	53.80	69.30
60.00	41.20	55.30	70.90
65.00	42.60	56.60	72.40
70.00	43.90	57.80	73.80
75.00	45.10	58.90	75.00
80.00	46.20	60.00	76.20
85.00	47.30	61.00	77.30
90.00	48.30	61.90	78.30
95.00	49.20	62.80	79.30
100.00	50.10	63.70	80.30



Valor de Deducción
14.500

Interpolación para cálculo de valor deducido

Tipos de Falla	Severidad	% Densidad
23 Losa dividida	M	1.67

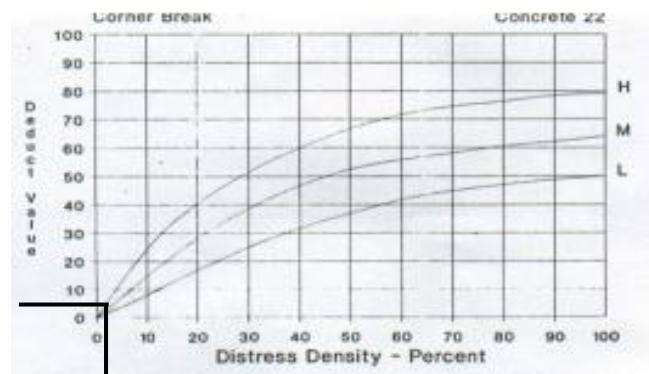
0	0
1.67	3.57
5	10.7

$$X = 0 + \left(\frac{11 - 0}{5 - 0} \right) (1.67 - 0.0) = 3.574$$

Abaco de valores para pavimentos concreto.

23 Grieta de esquina

Densidad	Valor deducido		
	L	M	H
0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	5.10	10.70	17.00
10.00	9.80	21.50	32.00
15.00	14.20	28.20	42.70
20.00	18.60	33.30	50.30
25.00	22.90	37.90	56.20
30.00	27.10	42.20	61.00
35.00	31.00	46.10	65.10
40.00	34.50	49.90	68.60
45.00	36.60	53.40	71.80
50.00	38.50	56.80	74.00
55.00	40.20	59.80	76.30
60.00	41.70	62.00	78.40
65.00	43.10	64.00	80.30
70.00	44.50	65.80	82.10
75.00	45.70	67.50	83.70
80.00	46.80	69.10	85.30
85.00	47.90	70.50	86.80
90.00	48.90	71.90	88.10
95.00	49.90	73.30	89.40
100.00	50.80	74.50	90.70



Valor de Deducción

3.570

Interpolación para cálculo de valor deducido

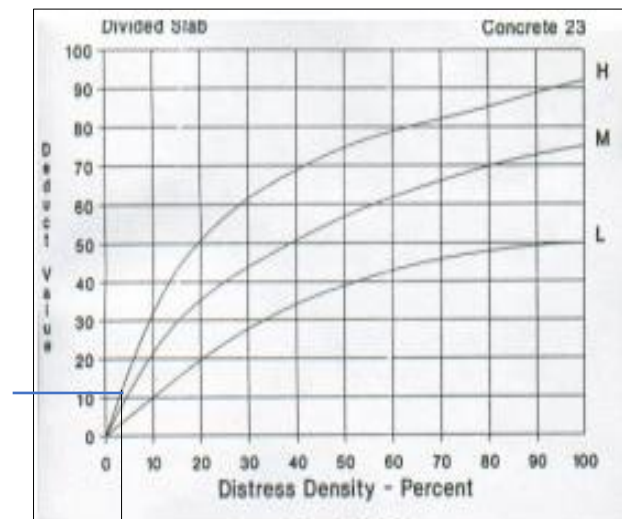
Tipos de Falla	Severidad	% Densidad
23 Losa dividida	H	3.33

$$\left[\begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ \hline 3.33 & 11.32 \\ \hline 5 & 17 \end{array} \right]$$

$$X = 0 + \left(\frac{17 - 0}{5 - 0} \right) (3.33 - 0.0) = 11.322$$

Abaco de valores para pavimentos concreto.
23 Losa dividida

Densidad	Valor deducido		
	L	M	H
0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	5.10	10.70	17.00
10.00	9.80	21.50	32.00
15.00	14.20	28.20	42.70
20.00	18.60	33.30	50.30
25.00	22.90	37.90	56.20
30.00	27.10	42.20	61.00
35.00	31.00	46.10	65.10
40.00	34.50	49.90	68.60
45.00	36.60	53.40	71.80
50.00	38.50	56.80	74.00
55.00	40.20	59.80	76.30
60.00	41.70	62.00	78.40
65.00	43.10	64.00	80.30
70.00	44.50	65.80	82.10
75.00	45.70	67.50	83.70
80.00	46.80	69.10	85.30
85.00	47.90	70.50	86.80
90.00	48.90	71.90	88.10
95.00	49.90	73.30	89.40
100.00	50.80	74.50	90.70



Valor de Deducción

11.320

Abaco de valores para pavimentos concreto.

28 Grietas lineales

Tipos de Falla	Severidad	% Densidad
28 Grietas lineales	L	48.33

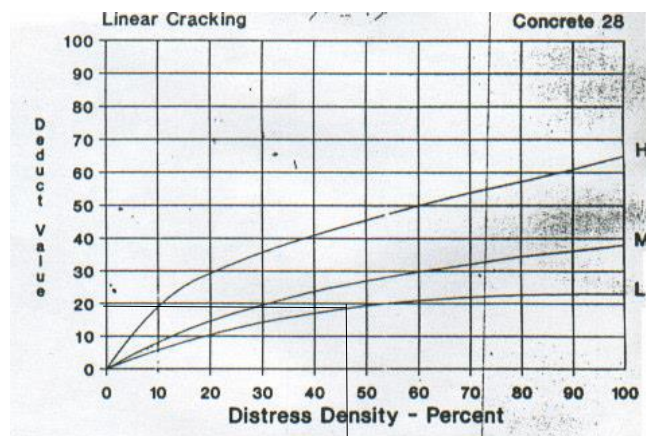
45	17.56
48.33	18.45
50	18.9

$$X = 18 + \left(\frac{18.9 - 18}{50 - 45} \right) (48.33 - 45.0) = \mathbf{18.452}$$

Abaco de valores para pavimentos concreto.

28 Grietas lineales

Densidad	Valor deducido		
	L	M	A
0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	1.10	2.90	8.00
10.00	2.70	5.80	15.70
15.00	4.30	8.80	23.20
20.00	6.30	11.70	29.50
25.00	9.40	16.90	34.60
30.00	11.90	21.10	39.40
35.00	14.00	24.70	43.50
40.00	15.80	27.80	47.00
45.00	17.50	30.50	50.10
50.00	18.90	33.00	52.90
55.00	20.20	35.20	55.40
60.00	21.40	37.20	57.70
65.00	22.50	39.00	59.80
70.00	23.50	40.70	61.80
75.00	24.50	42.30	63.60
80.00	25.40	43.80	65.30
85.00	26.20	45.20	66.90
90.00	27.00	46.60	68.50
95.00	27.70	47.80	69.90
100.00	28.40	49.00	71.20



18.452

Interpolación para cálculo de valor deducido

Tipos de Falla	Severidad	% Densidad
28 Grietas lineales	M	23.33

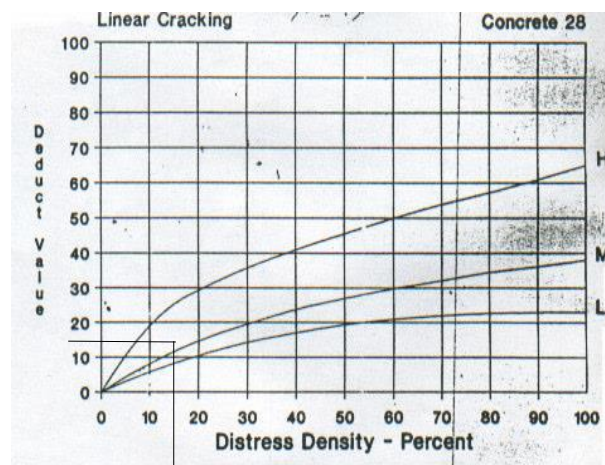
20	11.7
23.33	15.16
25	16.9

$$X = 12 + \left(\frac{16.9 - 12}{25 - 20} \right) (23.33 - 20.0) = \mathbf{15.163}$$

Abaco de valores para pavimentos concreto.

28 Grietas lineales

Densidad	Valor deducido		
	L	M	A
0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	1.10	2.90	8.00
10.00	2.70	5.80	15.70
15.00	4.30	8.80	23.20
20.00	6.30	11.70	29.50
25.00	9.40	16.90	34.60
30.00	11.90	21.10	39.40
35.00	14.00	24.70	43.50
40.00	15.80	27.80	47.00
45.00	17.50	30.50	50.10
50.00	18.90	33.00	52.90
55.00	20.20	35.20	55.40
60.00	21.40	37.20	57.70
65.00	22.50	39.00	59.80
70.00	23.50	40.70	61.80
75.00	24.50	42.30	63.60
80.00	25.40	43.80	65.30
85.00	26.20	45.20	66.90
90.00	27.00	46.60	68.50
95.00	27.70	47.80	69.90
100.00	28.40	49.00	71.20



Valor de Deducción

15.160

Interpolación para calculo de valor deducido

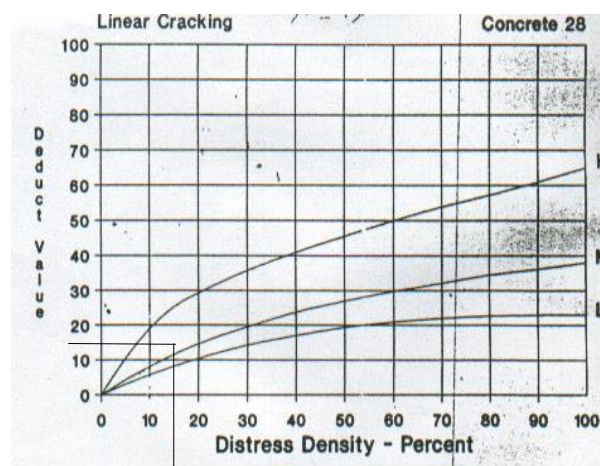
Tipos de Falla	Severidad	% Densidad
28 Grietas lineales	H	13.33

10	15.7
13.3	20.65
15	23.2

$$X = 16 + \left(\frac{23.2 - 16}{15 - 10} \right) (13.33 - 10.0) = 20.65$$

Abaco de valores para pavimentos concreto. 28 Grietas lineales

Densidad	Valor deducido		
	L	M	A
0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	1.10	2.90	8.00
10.00	2.70	5.80	15.70
15.00	4.30	8.80	23.20
20.00	6.30	11.70	29.50
25.00	9.40	16.90	34.60
30.00	11.90	21.10	39.40
35.00	14.00	24.70	43.50
40.00	15.80	27.80	47.00
45.00	17.50	30.50	50.10
50.00	18.90	33.00	52.90
55.00	20.20	35.20	55.40
60.00	21.40	37.20	57.70
65.00	22.50	39.00	59.80
70.00	23.50	40.70	61.80
75.00	24.50	42.30	63.60
80.00	25.40	43.80	65.30
85.00	26.20	45.20	66.90
90.00	27.00	46.60	68.50
95.00	27.70	47.80	69.90
100.00	28.40	49.00	71.20



Valor de Deducción

20.650

Interpolación para cálculo de valor deducido

Tipos de Falla	Severidad	% Densidad
29 Parche grande	L	3.33

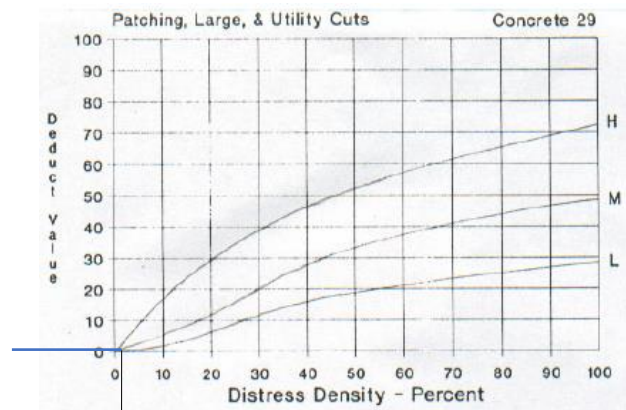
0	0
3.3	2.11
5	3.2

$$X = 0 + \left(\frac{3.2 - 0}{5 - 0} \right) (3.33 - 0.0) = 2.112$$

Abaco de valores para pavimentos concreto.

29 Parche grande L

Densidad	Valor deducido		
	LEVE	MEDIANA	ALTA
0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	3.20	4.00	9.60
10.00	5.90	7.80	19.20
15.00	8.30	11.50	24.20
20.00	10.60	14.40	28.30
25.00	12.80	17.60	31.60
30.00	14.90	20.20	34.70
35.00	16.20	22.40	37.60
40.00	17.20	24.30	40.30
45.00	18.10	26.00	42.80
50.00	18.90	27.50	45.20
55.00	19.60	28.80	47.50
60.00	20.30	30.10	49.70
65.00	20.90	31.20	51.80
70.00	21.40	32.30	53.90
75.00	22.00	33.30	55.80
80.00	22.40	34.20	57.70
85.00	22.90	35.10	59.60
90.00	23.30	35.90	61.40
95.00	23.70	36.70	63.10
100.00	24.10	37.40	64.80



Valor de Deducción
2.110

Interpolación para cálculo de valor deducido

Tipos de Falla	Severidad	% Densidad
29 Parche grande	M	3.33

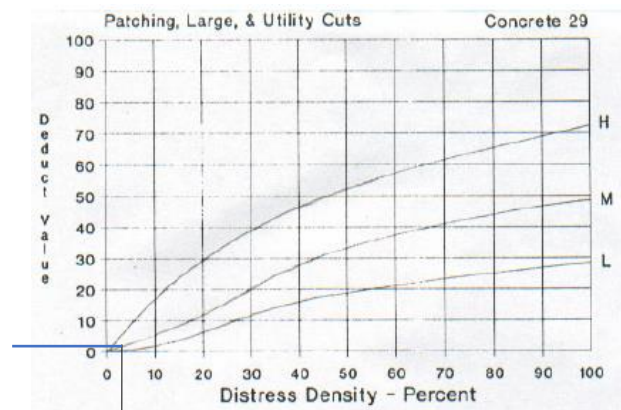
$$\left[\begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ \hline 3.3 & 2.64 \\ \hline 5 & 4 \end{array} \right]$$

$$X = 0 + \left(\frac{4 - 0}{5 - 0} \right) (3.30 - 0.0) = 2.64$$

Abaco de valores para pavimentos concreto.

29 Parche grande M

Densidad	Valor deducido		
	LEVE	MEDIANA	ALTA
0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	3.20	4.00	9.60
10.00	5.90	7.80	19.20
15.00	8.30	11.50	24.20
20.00	10.60	14.40	28.30
25.00	12.80	17.60	31.60
30.00	14.90	20.20	34.70
35.00	16.20	22.40	37.60
40.00	17.20	24.30	40.30
45.00	18.10	26.00	42.80
50.00	18.90	27.50	45.20
55.00	19.60	28.80	47.50
60.00	20.30	30.10	49.70
65.00	20.90	31.20	51.80
70.00	21.40	32.30	53.90
75.00	22.00	33.30	55.80
80.00	22.40	34.20	57.70
85.00	22.90	35.10	59.60
90.00	23.30	35.90	61.40
95.00	23.70	36.70	63.10
100.00	24.10	37.40	64.80



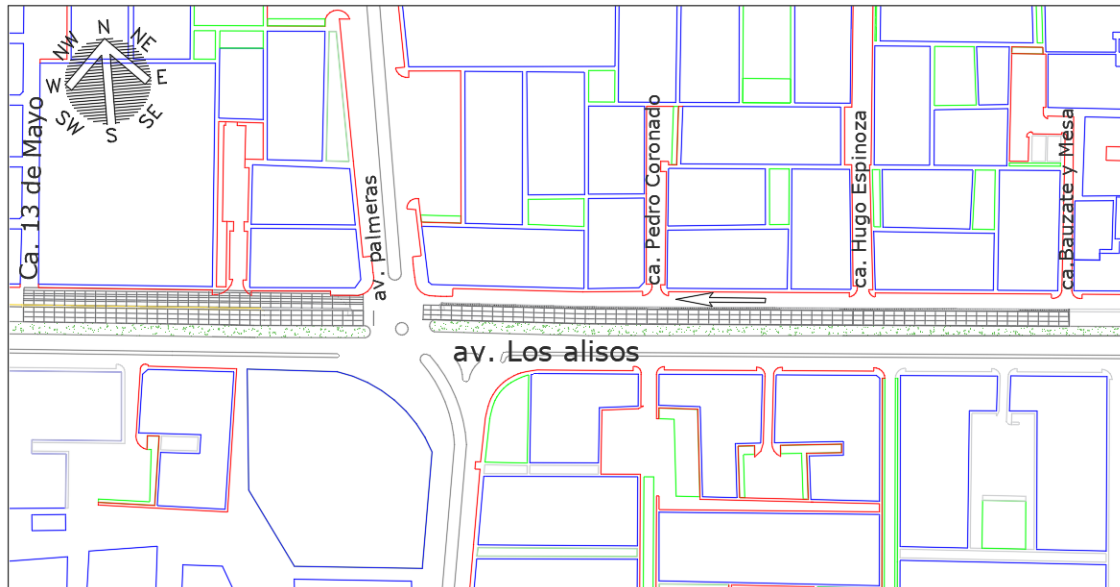
Valor de Deducción
2.640

Conceptualización y operacionalización de las variables

Operacionalización				
Variable 1	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Método PCI	El método PCI es un índice que relaciona y determina a través de una escala la calificación de un tipo de pavimento, en este caso es el pavimento rígido, mismo que tiene un intervalo de aplicación que va desde un puntaje de 0 hasta un máximo de 100, siendo ese rango de trabajo que se da en una escala cualitativa (Vásquez 2002).	Se evaluará y determinarán los daños del pavimento ubicando cada nivel de daño de acuerdo a la escala del método.	Patologías del pavimento rígido	Inspección in situ
				Densidad de las losas inspeccionadas
				Severidad de la falla

Operacionalización				
Variable 2	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Intervención del pavimento rígido	Para las estructuras de pavimento rígido, la intervención se limita a tareas de restauración puntual o superficial de los elementos o las losas correspondientes. Dichas actividades están definidas dependiendo del tipo de daño, extensión y severidad del mismo (Dávila, Huangal y Salazar 2017)	La intervención, según el tipo de daño será de limpieza de juntas y posterior sellado de grietas y sustitución de losas que lo ameriten de acuerdo a la proporción del daño que presenten.	Restauración	Sello de juntas
				Parcheo
				Remplazo de losa

. Panel fotográfico



Datos:	Inicial:	Final:
Av Los Alisos	Ca. Jaime Bauzate Meza	Ca 13 de Mayo
Número de Cuadras	01	04
Progresivas Km	00+000.00	00+604
Coordenadas UTM Este (m)	274745.06	274140.21
Coordenadas UTM Norte (m)	8674364.73	8674420.31
Altitud m.s.n.m.	55.00	55.00
Zona	18 hemisferio sur	18 hemisferio sur
Datum	84 WGS	84 WGS

Figura 5. Plano de Ubicación



Figura 6. Av. Los Alisos: Inicio la Evaluación PCI Calle Jaime Bauzate Mesa



Figura 7. Av. Los Alisos: Final Calle 13 de mayo.



Figura 8. Av. Los Alisos: Final Calle 13 de mayo.



Figura 9. Identificación de daños encontrados.



Figura 10. Grieta de esquina



Figura 11. Losa dividida



Figura 12. Grietas lineales



Figura 13. Parche grande (> 0.45m²)



Figura 14. Parche pequeño ($< 0.45 \text{ m}^2$)



Figura 15. Desconchamiento / Mapa de grietas / craquelado



Figura 16. Descascamiento de Esquina



Figura 17. Sello de junta

Apéndice 1

Cálculo del PCI para pavimentos con capa de rodadura en concreto de cemento portland aplicación de la norma ASTM D5340

Cálculo Del VR

Para cada combinación particular de tipos de fallas y grados de severidad, sumar el número de losas en las cual se presentan.

Dividir el número de losas entre el número total de losas en la unidad de muestra y luego multiplicarlo por 100 para obtener el porcentaje de la densidad de cada combinación de falla y grado de severidad.

Determinar los VALORES REDUCIDOS (VR) para cada combinación de tipo de daño y nivel de severidad empleando la curva de “Valor Deducido de Daño” apropiada.

Cálculo De PCI

Si solo uno o ninguno de los VR es mayor a 5, la suma de los VRs es utilizada en lugar del máximo VRC para la determinación del PCI. De no ser así utilizar el siguiente procedimiento para determinar el máximo VRC.

Determinación de m, el máximo número de fallas permitidas:

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) * (100 - \text{VAR})$$

Donde:

m = Número permitido de VRs incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10).

VAR = Valor individual más alto de VR.

Luego se calcula el valor de deducción total (VDT), que es igual a la sumatoria de todos los valores de deducción de cada tipo de falla individual.

Luego se calcula el valor de deducción corregido (VDC), en función del VDT y del número de valores de VR que sean mayores que cinco (5) (valor “q”)

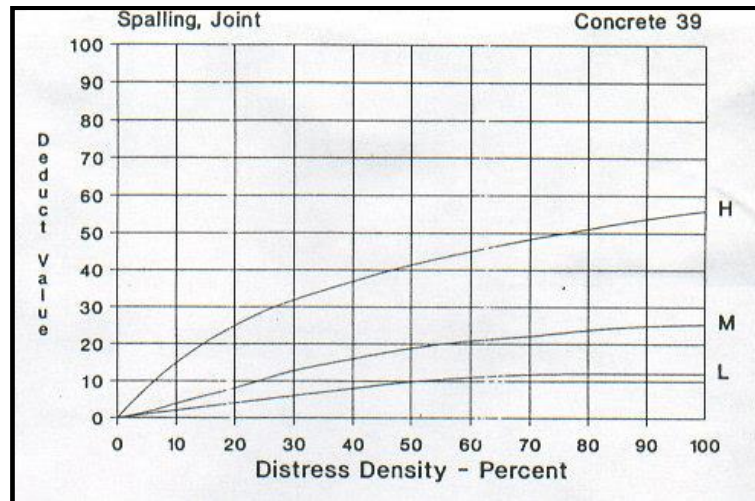


Figura 18. Diagrama para cálculo de valor de deducción (VD)

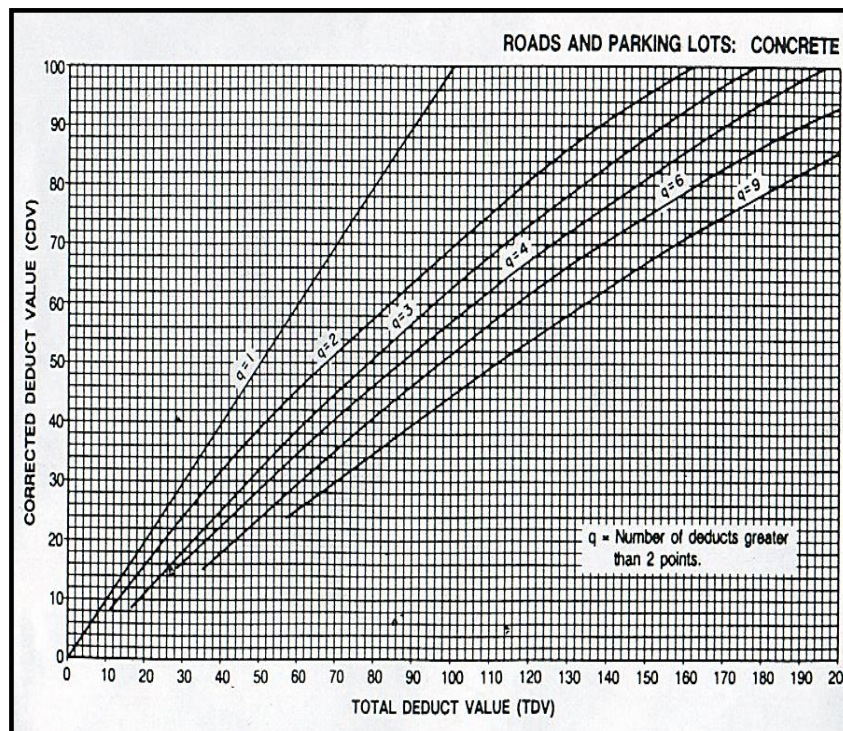


Figura 19. Calculo de “q”

Finalmente para el cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI), se utiliza la gráfica de “VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDA”, a la cual se accede con el VDT y se intercepta la Curva con el “q” correspondiente, leyendo a la izquierda el “Valor de Deducción Corregido (VDC)”, el cual será finalmente restado a 100.

$$PCI = 100 - VDC$$

Esta metodología califica la condición integral del pavimento en base a una escala que varía entre “0” para un estado fallado y un valor de “100” para un estado excelente. Se muestra a continuación los rangos del PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla 9. Clasificación según índice PCI

Índice PCI	Clasificación
85 – 100	Excelente
70 – 85	Muy bueno
55 – 70	Bueno
40 – 55	Regular
25 – 40	Malo
10 – 25	Muy malo
0 – 10	Fallado

Fuente: Elaboración propia, basado en el Procedimiento estándar PCI según ASTM D 6433-03

Y por último para valores de índice de PCI, se propone la intervención de acuerdo a la tabla 10.

Tabla 10. Tipo de intervención de acuerdo al índice PCI

Índice PCI	Estado	Intervención
0 – 30	Malo	Construcción
31 – 70	Regular	Rehabilitación
71 – 100	Bueno	Mantenimiento

Fuente: Elaboración propia, basado en el Procedimiento estándar PCI según ASTM D 6433-03