



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Evaluación superficial del pavimento flexible utilizando
metodología PCI en la carretera tramo el Muyo – la Libertad,
provincia Bagua, Amazonas - 2018**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Vargas Rubio, Antonio (ORCID: 0000-0002-7279-9830)

ASESOR:

Mg. Cerna Vásquez, Marco Antonio Junior (ORCID: 0000-0002-8259-5444)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

CHICLAYO – PERÚ

2019

Dedicatoria

A Dios, por darme la capacidad y fortaleza para seguir adelante, a mis padres Lila y Fernando, a mis hermanos, a mis tíos Miguel y Magaly, quienes me brindaron su apoyo incondicional en mi formación profesional.

Agradecimiento

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Cesar Vallejo por habernos brindado oportunidades y forjado conocimientos en el proceso de nuestra formación profesional, a los ingenieros Marco Cerna, Wesley Salazar y Efraín Ordinola por guiarnos con profesionalismo y dedicación en el desarrollo de la presente tesis.

Índice de contenidos

| | |
|------------------------------------------------------------|------|
| Carátula..... | i |
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Índice de contenidos | iv |
| Índice de tablas | v |
| Índice de figuras | vi |
| Resumen..... | vii |
| Abstract..... | viii |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 4 |
| III.METODOLOGÍA | 16 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación..... | 16 |
| 3.2. Variables y operacionalización. | 16 |
| 3.3. Población y muestra. | 16 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. | 17 |
| 3.5. Procedimientos..... | 17 |
| 3.6. Métodos de análisis de datos. | 17 |
| 3.7. Aspectos éticos..... | 18 |
| IV. RESULTADOS..... | 19 |
| V. DISCUSIÓN | 25 |
| VI. CONCLUSIONES | 29 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 30 |
| REFERENCIAS..... | 31 |
| ANEXOS | 35 |

Índice de tablas

| | | |
|----------------|------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 | Método VIZIR | 10 |
| Tabla 2 | Calificación de la Condición del Pavimento PCI | 10 |
| Tabla 3 | Esquema de investigación | 16 |
| Tabla 4 | Coordenadas | 19 |
| Tabla 5 | Localización de calicatas | 19 |
| Tabla 6 | Localización de las 03 calicatas extraídas | 19 |
| Tabla 7 | Evaluación del pavimento Flexible | 22 |
| Tabla 8 | Formato del índice de condición de pavimento | 23 |
| Tabla 9 | Categoría según el ICP | 24 |

Índice de figuras

| | | |
|-----------------|----------------------------------------|----|
| Figura 1 | Esquema del pavimento | 6 |
| Figura 2 | Sección del pavimento flexible. | 7 |
| Figura 3 | Sección del pavimento rígido. | 7 |
| Figura 4 | Sección del pavimento semi-rígido..... | 8 |
| Figura 5 | Número de valores deducidos “m” | 14 |
| Figura 6 | Cálculo del PCI..... | 15 |

Resumen

Estudio investigativo sobre "Evaluación superficial del pavimento flexible utilizando metodología PCI en la Carretera Tramo El Muyo - La Libertad, Provincia Bagua, Amazonas - 2018" cuyo objetivo fue evaluar el estado superficial del pavimento manejando el método PCI. Tipo de investigación descriptiva, Diseño no experimental –trasversal, los resultados arrojan En Cálculo del PCI en la evaluación superficial está cuantificado según el índice de condición se ha obtenido: el índice Muy bueno son 9 unidades de muestra, mientras que 12 unidades están en condición bueno, en condición regular encontramos 14 muestras, siete muestras están en condición malo, 4 unidades condición muy malo y finalmente y fallados son 5 unidades. Llegando a determinar como conclusión que el tramo del pavimento, teniendo en cuenta los cálculos se obtiene un pavimento en condición regular y se propone un mantenimiento que se le debe de dar es correctivo

Palabras clave: Mantenimiento, severidad, evaluación, pavimento, relevamiento.

Abstract

Research study on "Surface evaluation of the flexible pavement using PCI methodology on the El Muyo - La Libertad Highway, Bagua Province, Amazonas - 2019" whose objective was to evaluate the surface condition of the pavement using the PCI method. Type of descriptive research, non-experimental design - transversal, the results show In Calculation of the PCI in the surface evaluation is quantified according to the index of condition has been obtained: the index Very good are 9 sample units, while 12 units are in good condition, in regular condition we found 14 samples, seven samples are in bad condition, 4 units are in very bad condition and finally and failed are 5 units. The conclusion is that the pavement section, taking into account the calculations, has a pavement in fair condition and the proposed maintenance to be given is corrective.

Keywords: Maintenance, severity, evaluation, pavement, survey.

I. INTRODUCCIÓN

La problemática de contar con pavimentos en buen estado es escasa hoy en día, plasmando que en la región Amazonas el mal estado en el que las carreteras se encuentran es sinónimo de incomodidad para la población, debido que lo frecuente es encontrar grietas, deterioros en ellas la cual dificultan la circulación eficiente de un vehículo, en las distintas partes de la región ya sea en pavimentos rígidos o flexibles, donde la problemática más vistosa se da en dichos pavimentos flexibles a nivel de la región.

En el Perú es importante resaltar que existe un problema de infraestructura vial plasmado en la realidad por no contar con pavimentos adecuados y el riesgo de accidentes que ocurre por esta causa y aparte de eso no se le da un mantenimiento adecuado es más muchas veces ni se lleva a cabo estas actividades por tal razón la estatura de la vía no se conserva, y su deterioro es más acelerado.

Para identificar las técnicas empleadas de mantenimiento para una mejor eficiencia, del pavimento, se debe tener en cuenta primeramente que se debe efectuar una estimación del pavimento, para conocer el estado real en el que se halla, por lo general hay varios métodos de evaluación de pavimento: para esta investigación se empleara el método PCI, para la evaluación de la vía en estudio.

Valverde, (2016), expresa que la mayoría del pavimento ya está en desuso por lo que el agua infiltrada genera cambio en las propiedades del terreno, los materiales calificados deben compactarse para reducir la humedad. Como resultado se construye una sub-base cuyo espesor vario desde 20 cm hasta más de un metro. Cuanto más grueso es, mayor es la resistencia. A continuación, se ubica una capa base y una acera. Ambos se compactan, y al no tener contacto con el agua, se llena las micro partículas de líquido y transita por estos espacios, trasladando las partículas más finas (p. 32), por lo que cuando se realiza una ejecución de un asfalto en todo camino se debe considerar en el proyecto la mejora del suelo con un afirmado de buen material y al mismo tiempo una buena compactación consideraciones que se deben realizar al momento de la elaboración del expediente técnico.

Vega (2018), En la prensa se ha puesto de manifiesto que las avenidas y las calles de la ciudad de la Libertad, se encuentran como campos de batalla que exigen atrevimiento al volante. Las vías degradadas son catastróficas y causan molestias a los transportistas y propietarios de buses, quienes diariamente deben sortear baches y baches que ponen en peligro sus vehículos. Además, también expresa incomodidad en las personas que se trasladan de un lugar a otro. El asfalto salta a la vista. (p. 24), lo manifestado es un problema no solo en esta ciudad si no en varias ciudades del país debido a que las calles presentan este tipo de problemática enfocándose todo ello en la pésima transitabilidad del usuario, problema que ninguna autoridad asume y cada día los pavimentos se van deteriorando por falta de presupuesto del gobierno en la realización de dicho mantenimiento para dar solución a esta problemática generada por la destrucción de pavimentos.

Este proyecto beneficiará a más de 130.000 habitantes donde dicho proyecto contempla un mantenimiento permanente durante 5 años, de los cuales se han invertido s/ 50 000 000 000, incluyendo capacitación en operación y mantenimiento vial y seguridad vial. (p. 21), todo ello contemplado en la elaboración y ejecución de obras de pavimentación el gobierno regional destina presupuesto para mantenimiento de dichas obras, pero las entidades encargadas de dicho proceso no lo ejecutan y solo se encargan de ejecutar la obra y entregarla y es allí que los pavimentos si no tienen un mantenimiento debido se van a deteriorar presentando cada vez más problemas para el tránsito y los usuarios.

Toda esta problemática enfocada desde el inicio de la investigación nos lleva a proponer la siguiente pregunta redactada de la siguiente manera, ¿De qué manera se realizará la evaluación superficial del pavimento flexible utilizando metodología PCI en Carretera El Muyo - La Libertad?

El trabajo de investigación es justificada técnicamente porque al realizar las evaluaciones de las fallas que presenta el tramo carretera el muyo- la libertad, se podrá obtener información de su estado situacional del pavimento nivel de daños y con respecto a eso se podrá plantear soluciones de mantenimiento o rehabilitación para mejorar su viabilidad y también mejorar la calidad de vida del

usuario, además se justifica socialmente ya que si bien se sabe la región tiene un gran parque automotor y por lo tanto las vías terrestres son más utilizados y por ahí transitan camiones, tráiler etc. que transportan verduras frutas, para el desarrollo económico es por lo cual se necesita tener o contar con un pavimento en buenas condiciones que garantice seguridad y conforma para la población, también se realizará la justificación económica porque al emplear esta metodología del PCI se podrá plantear maneras o formas más económicas de mejoramiento en el mantenimiento de las vías en estudio,

El objetivo general es estimar el estado superficial del pavimento utilizando el método PCI, para lograr dicho objetivo se propuso Objetivos Específicos, como diagnosticar tipos de fallas superficiales del asfalto, efectuar el relevamiento de la severidad de las fallas, determinar el estado en que se encuentra el pavimento en términos de su integridad y del nivel de servicio que ofrece al usuario, determinar el índice de condición del pavimento de la vía en estudio, a partir de la presencia de fallas y evaluación de patologías.

Frente a la pregunta planteada se plantea la hipótesis, la evaluación superficial del Pavimento, aplicando el Método PCI, determinará el estado actual del pavimento.

II. MARCO TEÓRICO

Para el mayor sustento de la investigación sobre la aplicación del método PCI, en pavimentos flexibles se buscó trabajos previos relacionados a las dos variables de estudio, la cual permitirá más adelante relacionar o discutir sus hallazgos con los resultados encontrados en la investigación.

Armijos (2009), desarrolló su investigación sobre “evaluación superficial de algunas calles de Loja” cuyo propósito es evaluar dicho pavimento, presentando una metodología que consiste en la evaluación metodológica (PCI), el puntaje promedio entre los dos bandos es de 51, de esta manera la vía se encuentra en un estado normal, destacando que es la vía la que debe ser vista en revisión, mantenimiento o rehabilitación. en zonas críticas o degradadas, de importancia para prolongar la vida del pavimento Cabe señalar que este tramo no está sujeto a cargas de tráfico pesado, pero ya presenta defectos de pavimento, en calles de ciudad se debe cuantificar el valor del ICH y se debe determinar qué tipo de conservación se espera y, en general, poder minimizar la degradación de la calle (p. 4)

Vergara, (2015,) su investigación denominado “Evaluación del estado funcional y estructural de pavimentos flexibles mediante el método PCI”, Su objetivo es determinar las actividades de mantenimiento y restauración necesarias para reflejar el estado real del pavimento; usando un método de inspección visual del estado del pavimento, se deduce que a partir del estado real del pavimento, los daños más severos por la condición anterior y con el valor PCI, se puede seleccionar el tipo de mantenimiento (p. 4)

Leguía & Pacheco (2016) realizó la evaluación superficial del pavimento por el método PCI, en la ciudad de Lima, se realizó a través de encuestas, aplicando dicho método, concluyendo que “realizó detección visual de tipos de defectos, presentando 3 categorías de severidad: baja, moderada y alta, desarrollada con el método (PCI) en el que se diagnosticó que en PCI fue de 51.8 y en un estado conservado estable, con la aplicación (PCI), se identifica el estado conservado del software de pavimento y los tipos de defectos para corregir estos defectos” (p. 16).

Choque, (2019) En un estudio titulado A Comparative Study Between the PCI Method and the MTC Road Maintenance Manual in the Evaluation of Soft Sidewalks, su principal objetivo fue establecer la evaluación de carreteras en pavimento blando, el método PCI más popular evaluar la infraestructura vial del país, se concluyó que al comparar estos métodos, argumentan que el método PCI tiene una mejor confiabilidad que emplear el método TCM manual (p. 14)

Cárdenas, (2017) efectuó el diseño del pavimento rígido, con el fin de mejorar la transitabilidad de los usuarios del distrito de Colcama - provincia de Luya – Amazonas, con el objetivo de “identificar las características de la zona, tráfico, ubicación, clima para diagnosticar los parámetros necesarios a utilizar para los diseños estructurales de pavimento duro, pavimento y drenaje pluvial a través de diversos métodos (PCI)”. (p. 4)

Cantuarias y Watanabe (2017,) Estudio denominado “Aplicación del método PCI a la apariencia del pavimento plástico”, tiene como objetivo principal obtener un índice para determinar el deterioro o condición del pavimento asfáltico, utilizando el número único de la condición del pavimento (PCI) basado en la norma ASTM D6 3303; Concluimos que la carga vehicular ha aumentado, por lo que no está dentro del alcance del estudio de flujo en el expediente técnico, determinamos que la causa del mal estado del pavimento se refiere a la parte prematura del mismo (p. 7)

El pavimento según Montes, (2018) expresa que el estándar AASHTO, define que los pavimentos desde dos puntos de vista: vista técnica y el del usuario donde, técnicamente, el pavimento está soportado en su totalidad. La superficie sobre la condición de suelo estable se denomina sótano (p.34)

Figura 1

Esquema del pavimento



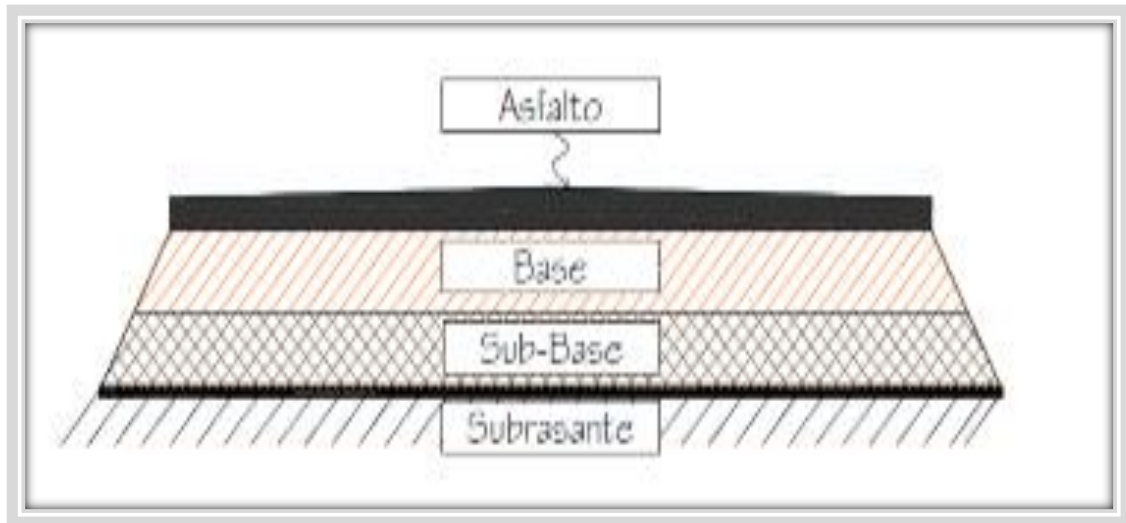
Fuente: Imagen de Google.

Rodríguez, (2018) Expresa que las distintas capas de materiales que componen estructuralmente acogen las cargas del tráfico de forma directa y las distribuyen de forma precisa a las plantas inferiores, de manera que el pavimento es suficientemente resistente a las cargas del tráfico y otros factores como la abrasión y el punzonado (esfuerzo de corte) compatible sur (p. 25)

Los tipos de pavimentos: Pavimentos flexibles, para Rodríguez, (2018) “compuesto por un manto de asfalto sobre la superficie de rodadura provocando ligeras deformaciones provocando daños, este pavimento, este pavimento está integrado por un conjunto de estructuras formado por una manto de asfalto, una capa de partículas elementales y una capa base” (p. 32)

Figura 2

Sección del pavimento.

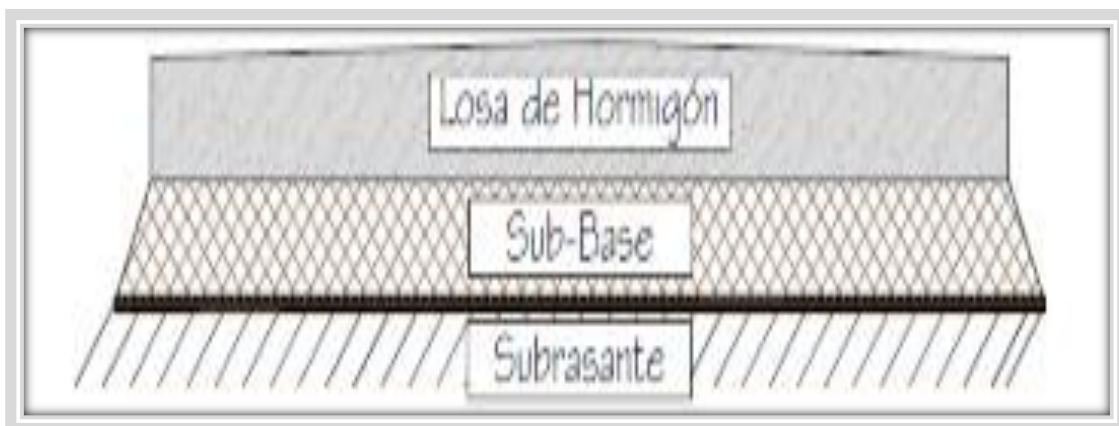


Fuente: Armijos 2009.

Otro tipo de pavimento es el rígido que según Rodríguez, (2018), expresa que el pavimento en estudio es una superficie de carretera que forma una losa de hidrohormigón, en algunos casos con refuerzo colocado en la sub-base y encima de la sub-capa” (p. 33)

Figura 3

Sección del pavimento rígido.

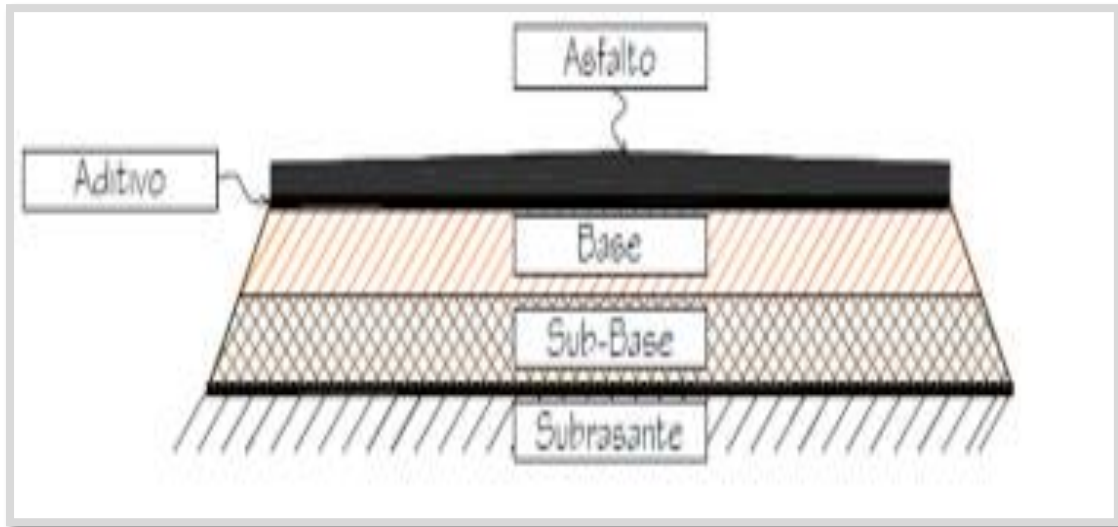


Fuente: Armijos 2009.

Por otro parte tenemos los pavimentos semi-rígidos que según Gregorio, (2016,) muestra que se define como un tipo de pavimento estructuralmente similar a un pavimento flexible con una variante de endurecimiento de capa aditiva: asfalto, cal, cemento, pavimento duro o flexible incorporado a la pendiente. Este pavimento suele ser una capa dura. Bajo la capa flexible (p. 29)

Figura 4

Sección del pavimento semi-rígido.



Fuente: Armijos 2009.

En las siguientes líneas detallamos los elementos que integran el paquete estructural de pavimentos asfálticos, Según Rodríguez, (2018), tenemos la Subrasante: esta es la capa más profunda que constituye el pavimento, son suelos con un CBR igual o superior al 6% según normativa de suelo. La Sub-base: conformada por una capa específica de material que soporta el sustrato y la capa de asfalto, utilizado como una capa de drenaje que controla la capacidad de agua. La Base-granular: sostiene, distribuye y transmite las cargas de tránsito, de material granular con un CBR >80%, cuya capa es de mejor calidad en el proceso de granulometría. La carpeta asfáltica: es una capa calificada que ofrece propiedades como drenaje, fricción y control de ruido.

Evaluación de Pavimentos según Ávila, (2015), indica que: “La evaluación del pavimento involucra la actividad cualitativa y cuantitativa del deterioro del pavimento observado. A los efectos de encontrar soluciones y superarlas, se considera que la evaluación es a través de métodos procedimentales que permitan intervenir en las condiciones funcionales y estructurales del pavimento, se observa la observación del estado situacional de deterioro del pavimento, dado que de manera que generaliza una estimación de la condición del pavimento durante su vida útil, una estructura de mantenimiento debidamente construida y mantenida considerará desde la puesta en marcha hasta que se

alcance el final del ciclo de vida, el proceso es relativo a la línea de base y se acelera hacia la terminación. (p. 41)

Métodos de Evaluación Superficial, según Leguía expresa que existen diversas formas de evaluar el estado superficial de un pavimento, para ellas se realizan con los lineamientos que marca la norma, con el tipo y grado de daño que llamamos gravedad y estos métodos han estado en uso desde los años 90, por lo que la evaluación del pavimento determina la superficie y textura del mismo” (p. 25)

Departamento nacional de infraestructura de transportes (DNIT), adopta la norma (DNIT 006/2003PRC), procedimientos y condiciones detallados para evaluar los pavimentos asfálticos, semirrígidos a través del número y organización que se produce y la medida de su deformación se encuentra en la “carpeta rodante”, para identificar el estado de un pavimento, el método considera el tipo de fallas y el nivel de daño, todo ello se plasma en la siguiente tabla, se determina como un programa de acción. (Leguía & Pacheco, 2016, p. 51)

Inspección Visual de Daños en Carreteras (VIZIR). Salazar, (2019), expresa que en la década de 1960 se ha desarrollado en el país de Francia, para pavimentos flexibles; el cual fue publicado por el Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, el algoritmo VIZIR cuantifica y determina la extensión del daño al inspeccionarlo visualmente.

Características del método VIZIR, método que determina el nivel de daño de los pavimentos asfálticos tomando en cuenta las categorías de deterioro de tipo A y B principalmente del tipo funcional, para registros de deterioro se propone implementar en las vías, vehículos a baja velocidad 30km/h con el objetivo de obtener datos específicos que ayuden a dar solución a la problemática proponiendo la regla que consiste en diagnosticar el pavimento que presentan el defecto tipo dado y extensión (Leguía & Pacheco, 2016, p. 53)

Identificación de los deterioros con el método VIZIR, la identificación de las fallas con dicha metodología donde se determina mediante un muestreo, reconocimiento los defectos en el pavimento y con ello caracterizar el tramo analizado.

Tabla 1*Método VIZIR*

| NOMBRE DEL DETERIORO | | | CÓDIGO | UNIDAD DE MEDIDA |
|-----------------------------------|---|--------------|--------|------------------|
| Ahuellamiento | | | AH | m |
| Depresiones | o | hundimientos | DL | m |
| Depresiones | o | hundimientos | DT | m |
| Fisuras longitudinales por fatiga | | | FLF | m |
| Fisuras piel de cocodrilo | | | FPC | m |
| Bacheos y zanjas reparadas | | | BZR | 81 |








Fuente: Adaptación de Manual INVIAS

Degradación tipo B: Son funcionales, por lo tanto, su rehabilitación no incluye estructura de pavimentación por lo cual está relacionado a la mala calidad de la elaboración y ejecución del proyecto.

El método VIZIR, presenta dos índices para estimar el desperfecto superficial del pavimento: de las cuales se detallan a continuación, índice de deformación (Id), deterioro superficial.

El PCI, según Díaz (2014), evalúa la situación del pavimento, a partir de fallas encontradas en la extensión del mismo, y también indica, la condición estructural y operativa de la estructura, la seguridad y confort, y genera la manera de conservación a partir de mantenimientos, la necesidad de conservar y reparación del mismo.

Tabla 2*Calificación de la Condición del Pavimento PCI*

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

Fuente: Procedimiento estándar PCI según ASTM D 6433-03

Se fundamenta a partir de una relación visual donde se establece tipo de severidad y el conjunto de daños localizados, los datos de los daños emanados, bajo el inventario presenta las causas de otros factores, detallando cada una de ellas:

Piel de cocodrilo, según Medina Brito, (2014): conjunto de grietas interconectadas formando polígonos irregulares en el lado más largo hasta 0.5 m similar a al animal terrestre mencionado de ahí su nombre, se crea en el final del pavimento asfáltico, al inicio del pavimento luego se extiende a la parte exterior.

Exudación, según Medina Brito, (2014): manifiesta que esta falla crea una superficie brillante resbaladiza la cual llega a hacer pegajosa, es determinada por distintos factores.

Fisuras en bloque, según Medina Brito, (2014): son grietas formadas por piezas rectangulares de tamaño variable, esta clase de falla ocurre en porciones largas de la zona del asfalto.

Abultamientos y hundimientos, Chumacero, (2018): son deslices pequeños, bruscos, hacia arriba y abajo la cual genera distorsión en los extremos de la vía, no es causado por inestabilidad de suelo si no de factores como levantamiento de losas e infiltración (p. 41)

Corrugación, Corcoles, (2015): son sucesiones de desniveles muy cercanas entre sí, a lo largo del asfalto, que son contrarias al sentido del tránsito.

Depresión, son puntos de desnivel local en las zonas altas de la pista que producen desniveles ligeramente bajos a su alrededor, estos defectos se pueden observar después de la lluvia por acumulación en la superficie de la pista, creando rugosidades y cuando se profundiza esta degradación, provocando la formación de depósitos, que afecta directamente a los neumáticos (Leguía y Pacheco, 2016, p. 68).

Fisuras de borde, la línea de costa de las grietas es paralela al borde del asfalto, grieta que se ensancha por el peso del tráfico y se produce por la débil cimentación o subcapa, por factores climáticos, todo ello creando descamación que conduce a la desintegración (Rodríguez, 2009, p.16)

Fisuras longitudinales, son grietas al eje de la calzada o al sentido en que se construye, estas fallas son ocasionadas por la mala construcción de las juntas o su ausencia, también por el uso insuficiente del aglutinante se crean fases de dilatación (Leguía y Pacheco, 2016, p.61)

Desplazamientos, son deslizamientos longitudinales y constantes de una zona del asfalto creando una forma de cordones laterales, esta falla se constituye a partir de acciones repetidas de cargas vehiculares, esto ocurre en pavimentos asfálticos, otras causas son: Abundancia de asfalto en las mezclas inestables e inadecuada adherencia de ligante o de imprimación.

Hinchamiento, esta falla se genera por el hinchamiento de las sub-rasante consta de dimensiones de 3.00m” en la siguiente figura vemos un agrietamiento superficial en el pavimento o levantamiento proporcionando deformación de vía.

Método PCI (Pavement Condition Index) para pavimentos flexibles:

Es un procedimiento que se desarrolla al analizar las fallas por medio de un catálogo que lo plantea el método PCI, este análisis de fallas se hace por medio de reconocimiento visual, donde se halla la clase de fallas, el nivel de deterioro y el número de fallas. Todo ello desarrollado a través de la inspección visual haciendo uso de guías de observación ya establecidas ejecutadas al pavimento registrando las distintas fallas encontradas o que presenta el pavimento, generadas por el deterioro del mismo.

Los materiales que se utilizan para una buena inspección son el Odómetro Manual, regla o cordel, conos y planos.

Medina y de la cruz (2015), detalla que el muestro se lleva a cabo siguiendo un método que se describe en las siguientes líneas: Dividir cada tramo en secciones, reconocer las unidades de muestra individual al ser estudiadas.

Seleccionar las muestras que serán evaluadas.

$$n = \frac{NS^2}{\left(\frac{e^2}{4}\right)N - 1 + S^2} \dots \dots \dots (Ec. 1)$$

Dónde:

e = error admisible en el cálculo del PCI de la sección, comúnmente, e=+/- 5 puntos del PCI.

S = desviación estándar del PCI.

N = número total de muestras

Si teniendo la confiabilidad de un pavimento 95% es grave el total de unidades evaluados debe ser verificada. Para calcular la desviación estándar se presenta la formula siguiente:

$$s = \left(\sum_{i=1}^n \frac{PCI_i - PCI_s^2}{N - 1} \right)^{1/2} \dots \dots \dots (Ec. 2)$$

Dónde:

PCI_i: valor de las muestras analizadas.

PCI_s: valor del pci del tramo.

N: total de muestras inspeccionadas.

Las unidades que son evaluadas se deberá calcular de la siguiente manera con la fórmula que detallamos a continuación

$$i = \frac{N}{n} \dots \dots \dots (Ec. 3)$$

Dónde:

N: Total de unidades de muestra en la sección

n : Muestras inspeccionadas

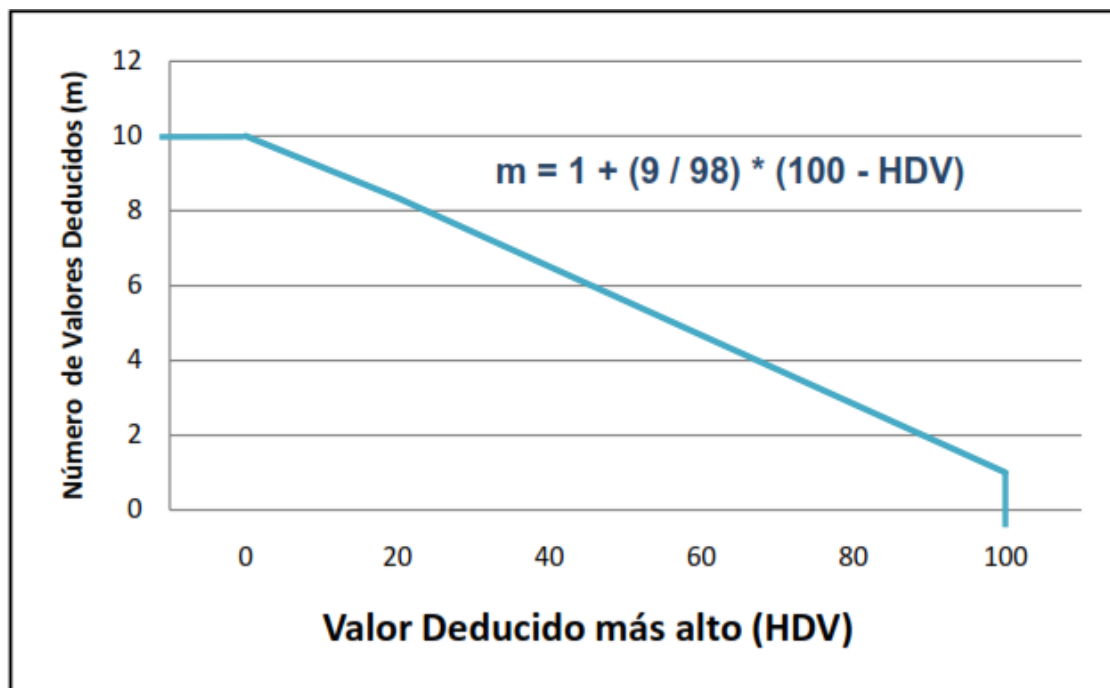
Procedimiento de inspección según Conza, (2016), expresa que se hace el análisis individualmente de cada muestra separada, reconocer el tramo y número

sección, evaluar la muestra con el odómetro, efectuar el control de deterioros cuantificando daño y anotar los datos adquiridos y el método de medición de cada falla.

Cálculo del PCI según Robles, (2015), se determinará según la unidad de muestra es decir, suma la cantidad de muestras evaluadas para todo clase de falla, total de severidad, las unidades debe ser en metro línea o número de ocurrencia” (ASTM D4643-33). Desarrollando según los aspectos que se, fragmenta la conjunto del total de cada fallas en cada nivel, determina el valor reducido para la combinación de la clase de falla y nivel de daño y diagnosticar máximo valor reducido corregido.

Figura 5

Número de valores deducidos “m”



Fuente: Procedimiento según ASTM D6433-03

Figura 6

Cálculo del PCI

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 25.1) = 7.9 < 8.0$$

$$7.9 - 7.0 = 0.9 \quad 0.9 \times 5.3 = 4.8$$

| # | Valor Deducido | | | | | | | | Total | q | CDV |
|---|----------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-------|---|-----|
| 1 | 25.1 | 23.4 | 17.9 | 11.2 | 7.9 | 7.5 | 6.9 | 4.8 | 104.7 | 8 | 51 |
| 2 | 25.1 | 23.4 | 17.9 | 11.2 | 7.9 | 7.5 | 6.9 | 2 | 101.9 | 7 | 50 |
| 3 | 25.1 | 23.4 | 17.9 | 11.2 | 7.9 | 7.5 | 2 | 2 | 97 | 6 | 46 |
| 4 | 25.1 | 23.4 | 17.9 | 11.2 | 7.9 | 2 | 2 | 2 | 91.5 | 5 | 47 |
| 5 | 25.1 | 23.4 | 17.9 | 11.2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 85.6 | 4 | 48 |
| 6 | 25.1 | 23.4 | 17.9 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 76.4 | 3 | 48 |
| 7 | 25.1 | 23.4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 60.5 | 2 | 49 |
| 8 | 25.1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 39.1 | 1 | 38 |
| 9 | | | | | | | | | | | |

Max CDV = 51

PCI = 49

Rating = REGULAR

Fuente: Procedimiento según norma ASTM D6433-03

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación.

Enfoque: enfoque cuantitativo que según Mendoza & Monroy, (2018), expresa que este enfoque constituye de manera general los procesos para el camino de la investigación.

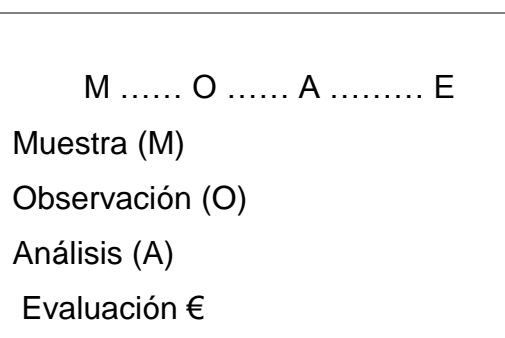
Tipo de investigación.

Según Sabino, (2014), es descriptiva y el diseño no experimental de nivel transversal

Diseño de investigación: Según Hernández Sampieri et al., (2014), que expresa que los diseños que se usan en este tipo de investigaciones son los diseños no experimentales por lo que se utiliza la observación como técnica y la utilidad de registros para su desarrollo.

Tabla 3

Esquema de investigación



Fuente: Elaboración propia

3.2. Variables y operacionalización.

Variable 1: Método PCI

Variable 2: Evaluación superficial de pavimento.

3.3. Población y muestra.

Población: Comprende todo el tramo longitudinal de la carretera El Muyo – La Libertad.

Muestra: Del tramo pavimento flexible el muyo-la libertad provincia Bagua, serán evaluadas, analizadas 51 unidades de muestreo.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Son utilizadas para realizar el proceso donde existen diferentes metodologías según Mendoza y Avila, (2020), expresa que para hacer la recolección de datos son: la entrevista, la observación y la encuesta; en este trabajo, se usará la Observación Visual que consiste en caminar y conducir para realizar un relevamiento del incidente y estar aptos para aplicar la Metodología PCI.

En relación al proceso de la observación se debe tener en cuenta los siguiente: La observación de acuerdo con los Medios empleados, Según el papel o modo de participación del observador, de acuerdo al lugar donde se va a ejecutar y se realizará la observación estructurada.

Instrumentos de recolección de datos según (Torres, 2019), expresa que estos instrumentos son: el cuaderno o libro de campo, planos de sitio de la vía en estudio, regla o Cordel, cinta métrica de 40m, odómetro manual, cámara Fotográfica, cono de seguridad vial, y manual de Fallas PCI.

3.5. Procedimientos.

El procedimiento se realizó en dos grandes etapas: la primera fue trabajo de campo y la segunda trabajo en gabinete:

El trabajo de campo se realizó a través de la inspección del levantamiento topográfico en la zona de estudio, luego para la realización de la observación se hizo con la hoja de registro observando cada falla existente.

Mientras que el trabajo de gabinete se realizó una vez recogida toda la información se contrastó las fallas registradas con las hojas de registro para hallar la falla y el tipo de mantenimiento a realizar.

3.6. Métodos de análisis de datos.

“La información recopilada de campo de estudio se procesará mediante programas de ayuda, mediante tablas, hoja de cálculo Excel”

Recolectar los estudios estadísticos integra presentar resultados confiables con naturales del estudio. Con el fin de establecer conclusiones confiables del estudio de esta investigación.

3.7. Aspectos éticos.

Para la redacción de todo párrafo del documento completo de la investigación será respetando el estilo APA 7^o edición, además se hizo uso de gestores bibliográficos de Zotero y Mendeley, con los resultados arrojados se procederá a obtención de datos arrojados del PCI que nos permitirá analizar la discusión de resultados con los antecedentes encontrados y la contrastación con el marco teórico compuesto por teorías, conceptos, paradigmas y hechos relacionadas a las dos variables en estudio.

IV. RESULTADOS

Estudio topográfico

Se realizó a través del levantamiento topográfico con GPS

Tabla 4

Coordenadas

| PUNTO DE INICIO | PUNTO FINAL | COORDENADAS |
|-----------------|-------------|-------------|
| 0782368 | 0778298 | Este |
| 9399908 | 9396889 | Norte |

Fuente: Elaborado por el investigador

Estudio de suelo

Se realizó siguiendo la secuencia de Localización, numeración y registro de las muestras.

La localización: 03 calicatas.

Tabla 5

Localización de calicatas

| NÚMERO | ABREVIATURA | TIPO |
|---------------|-------------|-------------|
| 01 - 03 | C | Calicata |
| 000 – 2.00 m. | P | Perforación |
| 01 | M | Muestra |

Fuente: Elaborado por el investigador

Numeración de la muestra.

Tabla 6

Localización de las 03 calicatas extraídas

| DESCRIPCIÓN | PROFUNDIDAD | CALICATA |
|-------------|--------------|----------|
| | 000 – 2:00 m | C-01 |
| muestras | 000 – 2:00 m | C-02 |
| | 00 – 2:00 m | C-03 |

Fuente: Elaboración propia

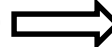
Resultados de la evaluación.

Los resultados se desarrollaron de acuerdo al procedimiento que se desarrolló.

Datos básicos:

Longitud de vía  5.00 Km.

Sección de vía  6.60 m.

Unidad de muestreo  40 m.

Rango de área de unidad de muestreo.

Esta parte se desarrolla de la siguiente manera:

Ancho de calzada (6.60 m)

Por la longitud de muestra (40 m).

137.00m² 264.00m² 323.00m²

Total de unidades de muestreo: (N)

$$N = (\text{longitud de vía} * \text{sección de vía})$$

$$N = (5000 * 6.60) \div 264$$

$$N = 125$$

Número mínimo de las unidades: (n)

$$n = \frac{NS^2}{\left(\frac{e^2}{4}\right)(N - 1) + S^2} \dots \dots \dots (Ec. 1)$$

Dónde:

e = error admisible en el cálculo del PCI de la sección, (e= +/- 5 %)

S = desviación estándar del PCI.

N = Total de muestras

$$n = 14 \text{ UM}$$

$$n = 14.286$$

El resultado muestra serán 51 UM.

Intervalo de muestras: (i)

$$n = 51 \text{ UM}$$

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

$$i = 2.45$$

Teniendo en cuenta al método PCI las muestras debe ser cada 2.45 UM, cada 100 m; pero con la opción a que el investigador por su propia propuesta realice las muestras que se dará cada 2.5 UM, a (60 m)

$$i = 2.5$$


Cálculo del PCI:

Datos, nivel y número de fallas se realizó a través de medidas correspondientes a la falla y se formuló en el formato que genera el PCI, luego del diagnóstico se desarrolló el trabajo de gabinete trabajando de acuerdo al procedimiento del método PCI.

Datos recogidos en campo, siguiendo la secuencia del formato:

Tabla 7

Evaluación del pavimento flexible

|  | | EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----|------------------------------|------------------|--------|-------|--------------|---------------|
| | | METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX) | | | | | | | | |
| | | INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTOS EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE | | | | | | | | |
| PROYECTO | | "EVALUACIÓN SUPERFICIAL APLICANDO METODOLOGÍA PCI AL PAVIMENTO DE LA CARRETERA EL MUYO - LA LIBERTAD, PROVINCIA DE BAGUA, REGIÓN AMAZONAS" | | | | | | | | |
| NOMBRE DE LA VIA | RRETERA EL MUYO-LA LIBERT | ANCHO DE VIA | 6.6m | | | SEVERIDAD | | | | |
| UNIDAD DE MUESTRA | UM1 | AREA DE LA UNIDAD | 264m2 | | | LOW (Baja) L | | | | |
| PROGRESIVA INICIAL | km 0+000 | EVALUADOR | Antonio Vargas | | | MEDIUM (Media) M | | | | |
| PROGRESIVA FINAL | km 0+040 | FECHA | 08/06/2018 | | | HIGH (Alta) H | | | | |
| N° | TIPO DE FALLA | Cód. | Unidad | N° | TIPO DE FALLA | Cód. | Unidad | | | |
| 1 | Piel de Cocodrilo | PC | m2 | 11 | Parqueo | PA | m2 | | | |
| 2 | Exudación | EX | m2 | 12 | Pulimiento de Agregados | PU | m2 | | | |
| 3 | Agrietamiento en bloque | BLO | m2 | 13 | Huecos/Baches | HUE | und | | | |
| 4 | Abultamientos y Hundimientos | ABH | m2 | 14 | Cruce de Vía Férrea | CVF | m2 | | | |
| 5 | Corrugación | COR | m2 | 15 | Ahuellamientos | AHU | m2 | | | |
| 6 | Depresión | DEP | m2 | 16 | Desplazamientos | DES | m2 | | | |
| 7 | Grieta en borde | GB | m | 17 | Grieta Parabólica | GP | m2 | | | |
| 8 | Grieta de Reflexión en Junta | GR | m | 18 | Hinchamiento | HN | m2 | | | |
| 9 | Desnivel Carril/Berma | BN | m | 19 | Desprendimiento de Agregados | DAG | m2 | | | |
| 10 | Grietas Longitudinales y Transversales | GLT | m | | | | | | | |
| Falla | Severidad | Cantidades parciales | | | | | | Total | Densidad d % | Valor Deducid |
| 10 | H | 20 | 6.6 | 18 | | | | 44.6 | | |
| 12 | H | 264 | | | | | | 264 | | |
| 18 | M | 6.93 | 5.25 | | | | | 12.2 | | |


Fuente: Método PCI

Cálculo del PCI:

Una vez obtenida la información se determinó las fallas por cada capa y los valores corregidos y con lo cual se adquiere el ICD¹.

Tabla 8

Formato del ICD

|  | | EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------|------------------------------|------|----------------|-------|--------------|----------------|
| | | METODO PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX) | | | | | | | | |
| | | INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTOS EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE | | | | | | | | |
| PROYECTO | | "EVALUACIÓN SUPERFICIAL APLICANDO METODOLOGÍA PCI ALPAVIMENTO DE LA CARRETERA EL MUYO - LA LIBERTAD, PROVINCIA DE BAGUA, REGIÓN AMAZONAS" | | | | | | | | |
| NOMBRE DE LA VIA | RRETERA EL MUYO-LA LIBERT | ANCHO DE VIA | 6.6m | | SEVERIDAD | | | | | |
| UNIDAD DE MUESTRA | UM4 | AREA DE LA UNIDAD | 264m ² | | LOW (Baja) L | | | | | |
| PROGRESIVA INICIAL | km 0+300 | EVALUADOR | Antonio Vargas | | MEDIUM (Media) M | | | | | |
| PROGRESIVA FINAL | km 0+340 | FECHA | 09/06/2018 | | HIGH (Alta) H | | | | | |
| N° | TIPO DE FALLA | Cód. | Unidad | N° | TIPO DE FALLA | Cód. | Unidad | | | |
| 1 | Piel de Cocodrilo | PC | m ² | 11 | Parqueo | PA | m ² | | | |
| 2 | Exudación | EX | m ² | 12 | Pulimiento de Agregados | PU | m ² | | | |
| 3 | Agrietamiento en bloque | BLO | m ² | 13 | Huecos/Baches | HUE | und | | | |
| 4 | Abultamientos y Hundimientos | ABH | m ² | 14 | Cruce de Vía Férrea | CVF | m ² | | | |
| 5 | Corrugación | COR | m ² | 15 | Ahuellamientos | AHU | m ² | | | |
| 6 | Depresión | DEP | m ² | 16 | Desplazamientos | DES | m ² | | | |
| 7 | Grieta en borde | GB | m | 17 | Grieta Parabólica | GP | m ² | | | |
| 8 | Grieta de Reflexión en Junta | GR | m | 18 | Hinchamiento | HN | m ² | | | |
| 9 | Desnivel Carril/Berma | BN | m | 19 | Desprendimiento de Agregados | DAG | m ² | | | |
| 10 | Grietas Longitudinales y Transversales | GLT | m | | | | | | | |
| Falla | Severidad | Cantidades parciales | | | | | | Total | Densidad d % | Valor Deducido |
| 4 | H | 4 | 5 | 2.5 | | | | 11.5 | 4.36 | 56 |
| 10 | H | 9 | 18 | 25.8 | | | | 52.8 | 20.00 | 50 |
| 12 | M | 210 | | | | | | 210 | 79.55 | 17 |
| Total VD | | | | | | | | | | 123 |
| Valor deducido más alto (HVDi) | | 56 | | | | | | | | |
| Número admisible de deducidos | | 5.04 | | | | | | | | |
| CALCULO DEL PCI | | | | | | | | | | |
| N° | valores deducidos | | | | | | | VD T | q | vdc |
| 1 | 56 | 50 | 17 | | | | | 123 | 3 | 74.5 |
| 2 | 56 | 50 | 2 | | | | | 108 | 2 | 74.5 |
| 3 | 56 | 2 | 2 | | | | | 60 | 1 | 60 |
| 4 | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | |
| PCI = 100 - max VDC | | | | | | | | | | |
| PCI = | | 25.5 | | | | MALO | | | | |

Fuente: Catálogo del Método PCI

¹ ICD: Índice de condición del pavimento

Condición del pavimento.

Según el análisis realizado con la metodología PCI es regular como se muestra en el anexo 02 de la investigación.

Tipo de intervención.

Se debe realizar un mantenimiento correctivo, resultado según la categoría de acuerdo al ICP². Como muestra la tabla 10.

Tabla 9

Categoría según el ICP

| CATEGORÍA DE ACCIÓN | RANGO DE PCI |
|--------------------------------------------------|---------------------|
| Rehabilitación – Reconstrucción | Menor a 25 |
| Rehabilitación – Refuerzo Estructural | 40 a 25 |
| Mantenimiento Correctivo | 60 a 40 |
| Mantenimiento Preventivo Rutinario y/o Periódico | 85 a 60 |
| Mantenimiento Preventivo o Mínimo | 100 a 85 |

Fuente: Traducción del libro “PAVEMENT CONDITION INDEX METHOD”

V. DISCUSIÓN

En el capítulo anterior se detalló los resultados que están directamente relacionados con los objetivos descritos en la parte de introducción encontramos la problemática, los antecedentes donde muestras los trabajos que tienen mucha similitud con las variables en estudio y además en el marco teórico encontramos las teorías que sustentan la investigación algunos conceptos y paradigmas relacionadas a la variable de estudio todo ello permitió contrastar con los resultados obtenidos dando un punto de vista en donde se relaciona el trabajo de investigación.

En lo que respecta a los datos en la cual se calculó las unidades de muestra, se desarrolló el análisis correspondiente a las 51 muestras la cual se calificó teniendo en cuenta la avería detectada, y los distintos daños, y la cota de daño que sufre el pavimento de acuerdo a lo plasmado en el método PCI.

Dicho resultado esta correlacionado con el trabajo de Armijos, (2009), donde desarrolló un estudio sobre evaluación visual de calles de Loja. Donde concluye una vez realizada la metodología (PCI), Manuel Carrión, su promedio es de 51, es así que la calzada se halla en un estado regular puntualizando que es la vía se debe tener en cuenta, un mantenimiento o rehabilitación en zonas críticas o de deterioro, siendo de vital importancia para alargar el periodo de vida del pavimento (p. 4), estudio de mucha similitud a la investigación desarrollada por lo que al aplicar el método del PCI, se tiene como resultados que dan como propuesta realizar un mantenimiento correctivo en dicho pavimento, situación por el cual el pavimento no está deteriorado a un 100%.

Asimismo se relaciona con la investigación de Choque, (2019) en su investigación denominada "Un estudio comparativo entre el método PCI y el manual de mantenimiento vial del MTC en la evaluación de la superficie del asfalto", llegando a concluir que mediante la comparación de estos métodos determinó el estado del pavimento asfáltico del tramo vial estudiado, concluyendo que el método PCI es más confiable en comparación con el TCM manual (p. 14), tiene mucha relación con los resultados encontrados en la investigación que tiene como resultados un nivel regular y propone un mantenimiento correctivo datos obtenidos a través del método PCI. Además,

podemos determinar que la relación de estudio entre este autor con la investigación desarrollada se relaciona muy de cerca debido a que la aplicación de la metodología es muy importante para la evaluación de dichos pavimentos.

En cuanto al cálculo de la información obtenida en campo se estableció la condición de la vía en un determinado tiempo, fecha y método de evaluación haciendo uso del catálogo de fallas del método PCI.

Resultado relacionado con los datos definitivos de su investigación de Cárdenas, (2017) donde realizó la tesis denominado diseño del pavimento rígido, para el mejoramiento en los usuario dándoles una mejor calidad de vida en la transitabilidad en Amazonas, dicho pavimento fue estudiado con la finalidad de mejorar el tránsito y a la misma vez mejorar la transitabilidad y una mejor opción de manejo en el peatón, en ello se fue desarrollando el estudio a diversos factores como clima, veredas y drenaje pluvial concluyendo que para el estudio de esta vías se tomara en cuenta los parámetros a través del Método del PCI, para su estudio y a la misma vez dar solución con el planteamiento de diseño de la estructura del pavimento, estudio con mucha similitud con la investigación llevada a cabo en la cual en una de sus conclusiones muestra que el PCI, sirve para la evaluación del pavimento y a la vez proponer en el pavimento un tipo de mantenimiento o determinar la construcción de un nuevo pavimento.

Referente al método PCI se encuentra normado por la ASTM N° D6433-03 debido a ello determinar que es necesario tener en cuenta los resultados obtenidos del análisis desarrollado en la inspección de fallas del pavimento, en consecuencia se dispone que los expertos en el tema podrá identificar la falla y el daño del pavimento, en el diagnóstico de las 17 unidades e muestra se pudo observar que el pavimento en estudio fue afectada por la falla de pulido de agregados en un 100%, realizándolo a través del método PCI y evaluando la parte superficial. Dicho estudio nos ayudó a determinar dichas fallas y a proponer de manera adecuada un tipo de mantenimiento necesario para ayudar en su tiempo de uso del pavimento y es así que este método solo permitió diagnosticar las fallas mas no nos permitió determinar otros factores en la vía del pavimento.

El presente resultado está relacionado con lo que manifiesta el autor Leguía & Pacheco, (2016) realizó la evaluación superficial del pavimento flexible aplicando el método PCI, concluyendo que la visualización realizada se halló 14 tipos de fallas, presentando una severidad, baja, media y alta la cual se desarrolló con el método (PCI) de la cual se diagnosticó de que la av. Se encuentra en un PCI de 51.84 y se encuentra en estado de conservación estable, (p. 16). Encontrando en si a través de la aplicación de este método la severidad y tipos de fallas ya comentadas, además estudia que tiene mucha similitud al trabajo de investigación realizada toda vez que en la aplicación de este método se puede detectar los tipos de fallas y el tipo de mantenimiento que se va ha registrar en este estudio, por lo que teniendo en cuenta todo ello podemos determinar que es de mucha ayuda aplicar este método cuando observamos a simple vista el deterioro de las vías de un pavimento.

También lo relaciona Vergara, (2015,) Realizó la evaluación del estado utilizable y estructural de pavimentos flexibles a través del método PCI”, concluyendo que, del estado real del asfalto, viendo los daños más severos por la condición del PCI se determina el tipo de mantenimiento y la restauración efectiva que logrará el pavimento en buen estado, ofreciendo una buena comodidad y seguridad a los ocupantes (p. 4), estudio que se relaciona muy directamente con la investigación realizada y de mucha similitud en sus conclusiones que esta evaluación permite plantear un tipo de mantenimiento para ofrecer en los usuario una buena comodidad en ese traslado que realizan mostrando así en el pavimento mejoras y el rápido acceso a los vehículos.

Teniendo clasificada la consistencia se procedió a tener el tipo de intromisión que se plantea en el pavimento de estudio y se describe de la siguiente manera:

La clase de incursión se plasma según la metodología, de escala de clasificación de la carretera, de ser excelente, buena, regular, mala, muy mala y fallida.

Debido a este resultado concuerda con la teoría de Cantuarias y Watanabe (2017) Aplicó el método PCI a la apariencia del pavimento plástico”, llegando a concluir que la carga del vehículo había aumentado, por lo tanto, al no estar dentro del alcance del estudio de flujo en el perfil técnico, determinamos que fue la causa del deterioro prematuro del pavimento blando en el estudio (p.7). por lo

que en la investigación desarrollada tiene mucha similitud con los datos encontrados en sus resultados donde se expresa que para realizar una construcción de un pavimento flexible se debe hacer los estudios bien realizados y por buenos laboratorios al realizar sus estudios de muestras para que más adelante no se tengan pavimentos en mal estado, todo ello se debe a las consecuencias que sufren los pavimentos al momento que sean abordados por camiones con pesos excesivos y a través de ello sufren desperfectos.

Con respecto al tercer objetivo específico que nos expresa sobre la determinación del índice del pavimento desarrollado en la investigación partiendo de la presencia de fallas y patologías que presenta el pavimento flexible y con los resultados obtenidos luego de su aplicación de cada registro que estuvo determinado por el método en desarrollo , donde cada registro sirvió para llegar al resultado de que la evaluación del pavimento flexible a través de la aplicación de registro del método PCI, tuvimos como resultado que dicho pavimento se encuentra en un estado regular, pero si es necesario que se realice un mantenimiento correctivo situación por lo que lo relacionamos con las investigaciones encontradas de Armijos (2009), que en su investigación concluye que el pavimento flexible necesita de un mantenimiento cada cierto tiempo.

VI. CONCLUSIONES

En el trabajo de investigación se desarrolló de manera adecuada donde el procedimiento nos plantea las siguientes conclusiones:

1. Longitud del tramo en estudio es 5km, con un área de 3 3000 m² y se han considerado 51 muestras según el cálculo y criterio técnico del investigador.
2. El trabajo se cuantificó en grupos donde se aplicó el PCI y se obtuvo, nueve muestras arrojando un índice MUY BUENO, doce muestras que arrojaron un índice BUENO, catorce unidades con un índice regular, siete esta malo, cuatro muy malo y 5 muestras con el índice de condición fallado.
3. La condición del pavimento en estudio, teniendo en cuenta el desarrollo de los estudios hechos con la metodología PCI está en un estado regular y el mantenimiento que se le debe de dar es correctivo.
4. El método PCI, permite desarrollar de manera práctica y eficiente la evaluación y las distintas fallas del pavimento flexible, previo a una inversión que garantice la vida útil y la optimización de recursos.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar la evaluación del pavimento cada dos años con el propósito de establecer un pavimento con un ciclo de vida más largo y que cumpla con los parámetros para la cual fue construida.
2. A partir de los deterioros encontrados en el pavimento se sugiere un estudio de factores que ocasionan daños y prever el deterioro de forma eficiente.
3. Teniendo en cuenta la evaluación superficial en estudio se recomienda mantenimiento a todo el pavimento con la finalidad de promover el tránsito eficiente del tramo en estudio.
4. Se recomienda la aplicabilidad del método para una evaluación de manera superficial, para una intervención de mayor magnitud donde intervenga la estructura del pavimento es necesario otra metodología que permita un procedimiento de mantenimiento y rehabilitación más adecuado.

REFERENCIAS

- Armijos, C. R. (2009). Evaluación superficial de algunas calles de la ciudad de Loja. <http://dspace.utpl.edu.ec/jspui/handle/123456789/1484>.
- Ávila, E., Albarracín, F., & Bojorque, J. (2015). Evaluación de pavimentos en base a métodos no destructivos y análisis inverso. *Maskana*, 6(1), 149-167. <https://doi.org/10.18537/mskn.06.01.11>.
- Cantuarias, L. C., & Watanabe, J. R. (2017). Aplicación del método PCI para la evaluación superficial del pavimento flexible de la avenida Camino Real de la urbanización La Rinconada de Trujillo. Universidad Privada Antenor Orrego. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/3589>.
- Cardenas, J. A. (2017). Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la calle Jatun Mayo tramos 1 - 4 apv La Victoria y la calle 30 urbanización Jaquijahuana y jirón Túpac Amaru apv La Victoria del distrito de Anta provincia de Anta región Cusco. <https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/4587>.
- Choque, J. A. (2019). Estudio comparativo del método PCI y el manual de conservación vial MTC en la evaluación superficial de pavimento flexible, Tramo Emp.Pe-3s—Atuncolla, 2017.”. Universidad Nacional del Altiplano. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9908>.
- Chumacero, D. N. (2018). Determinación y evaluación de las patologías en pavimento flexible de la Av. Marcavelica con Prolongación Miguel Grau y Av. Circunvalación, octubre 2017. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/2360>.

- Conza Ccopa, D. G. (2016). Evaluación de las fallas de la carpeta asfáltica mediante el método PCI en la Av. Circunvalación de Juliaca. Universidad Peruana Unión. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/647>.
- Corcoles, J. I., Belmonte Toledo, J. F., Molina Navarro, A., & Almendros-Ibáñez, J. A. (2015). Influencia de la corrugación en tubos de intercambiadores de calor mediante simulación numérica. Universidad Politécnica de Cartagena. <https://repositorio.upct.es/handle/10317/9830>.
- Díaz Cárdenas, J. M. (2014). Evaluación de la metodología PCI como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones de los pavimentos flexibles. <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/121>.
- Gregorio, R. K. (2016). Análise mecanicista comparativa de estruturas de pavimentos para uso em corredores de autocarros. <https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/9312>.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Pilar Baptista Lucio, M. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill.
- Leguía, P. B., & Pacheco, H. F. (2016). Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima). Repositorio Académico USMP. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/22>.
- Medina Brito, M. del P., Bolívar Cruz, A. M., & Lemes Hernández, A. I. (2014). Un paso más en la investigación de la intención emprendedora del estudiante universitario: GUESSS. Revista de Estudios Empresariales. Segunda época [ISSN 1988-9046], n. 2, p. 63-80, (2014). <https://accedacris.ulpgc.es/jspui/handle/10553/71685>.

- Mendoza, S. H., & Avila, D. D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA, 9(17), 51-53. <https://doi.org/10.29057/icea.v9i17.6019>.
- Mendoza, S. L. H., & Monroy, T. I. S. (2018). Enfoques de la Investigación. Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA, 7(13), 67-68. <https://doi.org/10.29057/icea.v7i13.3519>.
- Montes Macedo, J. K. (2018). Diseño del Pavimento a Nivel de Afirmado de la Rehabilitación y Mejoramiento del Camino Vecinal Alto Cuñumbuza – Puerto Bermúdez Tramo Km 0+000 – Km 9+000, L=9.00 Km, Provincia de Mariscal Cáceres y Bellavista, Región San Martín. Universidad Nacional de Tarapoto. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2949>.
- Robles Bustios, R. (2015). Cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) Barranco-Surco – Lima. Universidad Ricardo Palma. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2399>.
- Rodriguez, I. R. (2018). Determinación y evaluación de las patologías de la capa de rodadura del pavimento flexible de la avenida Marcavelica cuadras 01 a la cuadra 09, del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, región Piura – marzo 2017. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/4959>.
- Sabino, C. (2014). El proceso de investigación. Editorial Episteme.
- Salazar Tello, A. A. (2019). Evaluación de las patologías del pavimento flexible aplicando el método PCI, para mejorar la transitabilidad de la carretera Pomalca—Tumán. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/40648>.

- Torres, M., Salazar, F. G, & Paz, K. (2019). Métodos de recolección de datos para una investigación. <http://148.202.167.116:8080/xmlui/handle/12345>.
- Valverde, M. (2013). El aprendizaje del Conocimiento del Medio a través de la experimentación: Estudio de la Tierra. <https://uvadoc.uva.es/handle/1034>.
- Vega, V. G. (2018). Diseño para el mejoramiento de la vía urbana de las calles del AAHH Las Lomas de Wichanza, Distrito de la Esperanza, Trujillo-La Libertad. Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe>.
- Vergara, L. V. A. (2015). Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI tramo Quichuay -Ingenio del km 0+000 al km 1+000 2014. Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/421>.

ANEXOS

Anexo 01: Operacionalización de Variables

| Variables | Definición Conceptual | Definición Operacional | Dimensiones | Indicadores |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Variable dependiente:</p> <p>Evaluación Superficial del Pavimento.</p> | <p>Método PCI</p> <p>“evaluación superficial de condición del Pavimento de inspecciones visuales en la superficie de rodadura donde se clasifica el tipo de deterioro, severidad y cantidad de fallas”</p> | <p>La evaluación superficial del pavimento flexible consiste en realizar el relevamiento de fallas teniendo en cuenta el tipo de fallas encontradas IN SITU y detallar el nivel de severidad con criterio técnico.</p> | <p>Relevamiento de fallas</p> | <p>Identificación de tipo de fallas en pavimento.</p> <p>Determinación de daño de fallas del pavimento.</p> <p>Clasificación de fallas en pavimentos flexibles</p> |
| <p>Variable independiente:</p> <p>Método PCI</p> | <p>ASTM D6433-03</p> <p>El método PCI procedimiento que consiste en la evaluación de la condición del pavimento por medio de inspección visual, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas</p> | <p>El método PCI se encarga de hacer el respectivo cálculo del índice de condición del pavimento para tener en cuenta el tipo de intervención en la vía evaluada.</p> | <p>Cálculo del PCI</p> <p>Condición del pavimento flexible</p> | <p>Cálculo de valores deducidos.</p> <p>Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos.</p> <p>Calculo del máximo valor deducido corregido CDV.</p> <p>Escala de clasificación PCI.</p> <p>Condición del pavimento según la escala.</p> <p>Selección del Tipo de intervención.</p> |

Fuente: Elaborado por el investigador

Anexo 02: Ubicación del proyecto



Fuente: Vista en planta de Google Earth

Coordenadas de los puntos de inicio y final del tramo

| COORDENADAS | PUNTO DE INICIO | PUNTO FINAL |
|-------------|-----------------|-------------|
| Este | 0782368 | 0778298 |
| Norte | 9399908 | 9396889 |

Fuente: Elaborado por el investigador

Anexo 03: Hoja de Registro

| METODO PCI | | | | | | | ESQUEMA | | |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|-----|--------------------|--------------------------------------------------------------|-------|---------|----------|----------------|
| INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO | | | | | | | | | |
| HOJA DE REGISTRO | | | | | | | | | |
| NOMBRE DE LA VIA: | | SECCION: | | UNIDAD DE MUESTRA: | | U1 | | | |
| EJECUTOR: | | FECHA: | | AREA: | | 230.9 | | | |
| 1. Piel de cocodrilo | 6. Depresión | 11. Parches y parches de cortes utilitarios | | | 16. Fisura parabólica o por deslizamiento | | | | |
| 2. Exudación | 7. Fisura de borde | 12. Agregado pulido | | | 17. Hinchamiento | | | | |
| 3. Fisuras en bloque | 8. Fisura de reflexión de junta | 13. Baches | | | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados | | | | |
| 4. Abultamientos y hundimientos | 9. Desnivel carril-berma | 14. Ahuellamiento | | | | | | | |
| 5. Corrugación | 10. Fisuras longitudinales y | 15. Desplazamiento | | | | | | | |
| FALLA | CANTIDAD | | | | | | TOTAL | DENSIDAD | VALOR REDUCIDO |
| 1L | 0.25 | 0.55 | 0.4 | | | | 1.2 | 0.52 | 7.90 |
| 1M | 0.72 | 0.57 | | | | | 1.29 | 0.56 | 23.40 |
| 7L | 5 | 6 | 1 | | | | 12 | 5.20 | 7.50 |
| 8M | 4 | 3 | 2.5 | 1 | 2.7 | | 13.2 | 5.72 | 25.10 |
| 11H | 1 | 1.03 | | | | | 2.03 | 0.88 | 17.90 |
| 13L | 0.09 | | | | | | 0.09 | 0.04 | 11.20 |
| 14L | 1.04 | 0.9 | | | | | 1.94 | 0.84 | 6.90 |
| 18L | 23.1 | | | | | | 23.1 | 10.00 | 5.30 |

Fuente: Procedimiento según ASTM D6433-0

Anexo 04: Cuadro de resumen de PCI

| RESUMEN PCI TRAMO EVALUADO CARRETERA EL MUYO - LA LIBERTAD | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|----------|-------------|-------|----------------------|
| SECCION | UNIDAD DE MUESTRA | AREA DE MUESTRA (A) | PCI DE LA MUESTRA (B) | A x B | PCI UNTARIO | D/C | ESTADO DE LA SECCION |
| UNICA | UM1 | 264 | 42 | 11088 | REGULAR | 47.16 | REGULAR |
| | UM2 | 264 | 75 | 19800 | MUY BUENO | | |
| | UM3 | 264 | 40 | 10560 | REGULAR | | |
| | UM4 | 264 | 25.5 | 6732 | MALO | | |
| | UM5 | 264 | 45 | 11880 | REGULAR | | |
| | UM6 | 264 | 43 | 11352 | REGULAR | | |
| | UM7 | 264 | 21 | 5544 | MUY MALO | | |
| | UM8 | 264 | 49 | 12936 | REGULAR | | |
| | UM9 | 264 | 21 | 5544 | MUY MALO | | |
| | UM10 | 264 | 49 | 12936 | REGULAR | | |
| | UM11 | 264 | 50.2 | 13252.8 | REGULAR | | |
| | UM12 | 264 | 29.5 | 7788 | MALO | | |
| | UM13 | 264 | 73.5 | 19404 | MUY BUENO | | |
| | UM14 | 264 | 47 | 12408 | REGULAR | | |
| | UM15 | 264 | 59.99 | 15837.36 | BUENO | | |
| | UM16 | 264 | 36 | 9504 | MALO | | |
| | UM17 | 264 | 28 | 7392 | MALO | | |
| | UM18 | 264 | 38 | 10032 | MALO | | |
| | UM19 | 264 | 65.5 | 17292 | BUENO | | |
| | UM20 | 264 | 55.5 | 14652 | BUENO | | |
| | UM21 | 264 | 0 | 0 | FALLADO | | |
| | UM22 | 264 | 29.98 | 7914.72 | MUY MALO | | |
| | UM23 | 264 | 17 | 4488 | MUY MALO | | |
| | UM24 | 264 | 63 | 16632 | BUENO | | |
| | UM25 | 264 | 59.95 | 15826.8 | BUENO | | |
| | UM26 | 264 | 57.5 | 15180 | BUENO | | |
| | UM27 | 264 | 63.95 | 16882.8 | BUENO | | |
| | UM28 | 264 | 48 | 12672 | REGULAR | | |
| | UM29 | 264 | 36 | 9504 | MALO | | |
| | UM30 | 264 | 0 | 0 | FALLADO | | |
| | UM31 | 264 | 52 | 13728 | REGULAR | | |
| | UM32 | 264 | 65.5 | 17292 | BUENO | | |
| | UM33 | 264 | 62 | 16368 | BUENO | | |
| | UM34 | 264 | 79 | 20856 | MUY BUENO | | |
| | UM35 | 264 | 76 | 20064 | MUY BUENO | | |
| | UM36 | 264 | 72 | 19008 | MUY BUENO | | |
| | UM37 | 264 | 68 | 17952 | BUENO | | |

| | | | | |
|--------------------|-------|-----------------------|-----------|-----------|
| UM38 | 264 | 73 | 19272 | MUY BUENO |
| UM39 | 264 | 0 | 0 | FALLADO |
| UM40 | 264 | 4 | 1056 | FALLADO |
| UM41 | 264 | 67 | 17688 | BUENO |
| UM42 | 264 | 79 | 20856 | MUY BUENO |
| UM43 | 264 | 56.2 | 14836.8 | BUENO |
| UM44 | 264 | 47 | 12408 | REGULAR |
| UM45 | 264 | 51 | 13464 | REGULAR |
| UM46 | 264 | 43 | 11352 | REGULAR |
| UM47 | 264 | 80 | 21120 | MUY BUENO |
| UM48 | 264 | 36 | 9504 | MALO |
| UM49 | 264 | 72 | 19008 | MUY BUENO |
| UM50 | 264 | 47.5 | 12540 | REGULAR |
| UM51 | 264 | 6 | 1584 | FALLADO |
| sumatoria de A (C) | 13464 | sumatoria de Ax B (D) | 634991.28 | |

Fuente: Elaborado por el investigador

Anexo 05: Resultado del estudio de suelo

| ESTUDIO DE SUELO | | | | | | | | | |
|------------------|------------|---------------------------|-------|------|---------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|
| CALICATA | PROF. | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | | | | | | ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO | |
| | | LL | LP | IP | Clasificación SUCSS | Clasificación AASHTO | Contenido de humedad (%) | Máxima densidad seca (gr/cm3) | Óptimo contenido de humedad (%) |
| C1 | 000 a 2.00 | 30.11 | 21.56 | 11.3 | SC | A-2-6(0) | 11.65 | 1.79 | 13.10 |
| C2 | 000 a 2.00 | 34.42 | 19.34 | 10.4 | CL | A-6(3) | 13.23 | 1.80 | 14.70 |
| C3 | 000 a 2.00 | 30.18 | 21.36 | 11.9 | CL | A-6(4) | 12.43 | 1.78 | 10.20 |

Fuente: Elaboración propia

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN

| MÉTODO DE COMPACTACIÓN SEGÚN ASTM D1557 | | | | | |
|-----------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| CALICATA | Máxima densidad seca (gr/cm3) al 100% | Máxima densidad seca (gr/cm3) al 95 % | Óptimo contenido de humedad | C.B.R al 100% de la máxima densidad seca | C.B.R al 95 % de la máxima densidad seca |
| C1 | 1.657 | 1.673 | 11.20 % | 12.20% | 9.18% |
| C2 | 1.894 | 1.632 | 13.30% | 12.20% | 8.79% |
| C3 | 1.764 | 1.546 | 12.20% | 10.68% | 8.63% |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 06: Unidad de muestreo






Fuente: Elaboración propia

Anexo 07: Matriz de consistencia

| Formulación del problema | Objetivos de la investigación | Hipótesis | variables | Población y muestra | Enfoque/nivel (alcance)/ diseño | Técnica/ instrumento |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| ¿De qué manera se realizará la evaluación superficial del pavimento flexible utilizando metodología PCI en carretera El Muyo – La Libertad? | <p><u>Objetivo principal</u> Estimar el estado superficial del pavimento flexible utilizando metodología PCI</p> <p><u>Objetivos específicos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Como diagnosticar los tipos de fallas superficiales que posee el pavimento, efectuar el relevamiento de la severidad de las fallas encontradas. - Determinar el estado en que se encuentra el pavimento en términos de su integridad y del nivel de servicio que ofrece el usuario. - Determinar el índice de condición del pavimento de la vía de estudios, a partir de la presencia de fallas y evaluación de patologías. | La evaluación del pavimento flexible es buena, según la metodología del PCI en carretera el Muyo – La libertad. | <p style="text-align: center;">VI: Evaluación superficial del pavimento</p> <p style="text-align: center;">VD: Método del PCI</p> | <p>Población: Carretera tramo Muyo – La Libertad.</p> <p>Muestra: 51 unidades de muestra</p> | <p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Nivel: descriptivo</p> <p>Diseño: No experimental</p> | <p>Método: PCI</p> <p>Instrumento: Tablas de registro</p> |

Fuente: Elaborado por el investigador

Anexo 07: Resumen PCI del tramo evaluado

| RESUMEN PCI TRAMO EVALUADO CARRETERA EL MUÑO - LA LIBERTAD | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|-------|-------------|
| VISTA DE SECCION | UNIDAD DE MUESTRA | AREA DE MUESTRA (A) | PCI DE LA MUESTRA (B) | A x B | PCI UNTARIO |
|  | UM1 | 264 | 42 | 11088 | REGULAR |
|  | UM2 | 264 | 75 | 19800 | MUY BUENO |
|  | UM3 | 264 | 40 | 10560 | REGULAR |



UM4

264

25.5

6732

MALO



UM5

264

45

11880

REGULAR



UM6

264

43

11352

REGULAR

Anexo 08: Evidencias fotográficas

TOMA 02:



OBSERVACIONES:

En la toma 01 se puede mostrar el inicio del tramo en estudio y podemos observar que se presenta grietas longitudinales y peldura por interperismo de una severidad media. En la toma 02 se observan grietas longitudinales y transversales, corrugación en la parte costado derecho de la toma.

TOMA 04:



OBSERVACIONES:

En la toma 03 se puede observar grieta parabólica, pulimiento de agregados, exudación. En la toma 04 se presentan fallas como: huecos, agrietamiento en bloque, depresiones, hundimientos e inchamientos, ahuellamiento, pulimiento de agregados, grieta en borde.

TOMA 06:



OBSERVACIONES:

En la toma 05 se puede observar habultamientos y hundimientos, desnivel carril/berma, grietas longitudinales y transversales. En la toma 06 se presenta piel de cocodrilo, fisuras longitudinales y transversales, huecos/baches, desprendimiento de agregados, desnivel carril/berma, ahuellamiento, depresiones, grieta en bloque.

TOMA 08:



OBSERVACIONES:

En la toma 07 se presenta huecos/baches, pulimiento de agrgados, ahuellamiento. En la toma 08 presenta parcheo, peladura por interperismo, bacheo, abultamiento y hundimiento.

Anexo 09: Planos

