

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Índice de condición del pavimento para la evaluación superficial de pavimentos flexibles en la Región Pasco

Para optar : El Grado Académico de Maestro en Ingeniería Civil Mención en: Ingeniería de Transportes

Autor : Bach. Juan Efraim Eizaguirre Santivañez

Asesor : Mtro. Jeannelle Sofia Herrera Montes

Línea de investigación Institucional : Transporte y urbanismo

Fecha de inicio / y culminación : 01/09/2021 y 30/08/2022

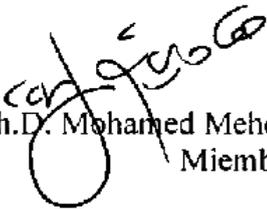
Huancayo – Perú

Diciembre - 2023

MIEMBROS DEL JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



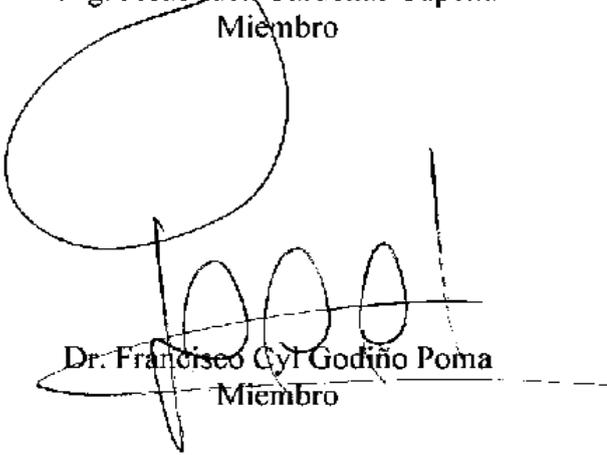
Dr. Manuel Silva Infantes
Presidente



Ph.D. Mohamed Mehdi Hadi Mohamed
Miembro



Mg. Jesús Idén Cárdenas Capcha
Miembro



Dr. Francisco Cyl Godiño Poma
Miembro



Dr. Jaime Humberto Ortiz Fernández
Secretario Académico

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres en el cielo, a mi hermana Janeth, a mi esposa Karina e hijos Nicolas y Valeria.

AGRADECIMIENTO

A mis dos ángeles en el cielo, mi padre y madre por haberme formado con muchos valores, brindándome siempre todo su apoyo y a la vez enseñándome el valor de las cosas, la bendición de ellos ilumina mi camino diariamente, a mi hermana Janeth que siempre confió en mí apoyándome incondicionalmente, a mi esposa que es el pilar más fuerte en nuestra familia, a mi gran amigo y mentor Francisco G. quien me enseñó todo sobre la ingeniería y de la vida propia.

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0081- POSGRADO - 2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la **Tesis**, titulada:

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO PARA LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN LA REGIÓN PASCO

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **Bach. EIZAGUIRRE SANTIVAÑEZ JUAN EFRAIN**

Asesor(a) : **Mtra. HERRERA MONTES JEANNELLE SOFIA**

Fue analizado con fecha **12/04/2024**; con **137 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye Citas.

X

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **19 %**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°11 del Reglamento de uso de Software de Prevención. Se declara, que el trabajo de investigación: ***Sí contiene un porcentaje aceptable de similitud.***

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 12 de abril del 2024.



MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

CONTENIDO

CONTENIDO.....	vi
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	16
1.2. Delimitación del problema.....	20
1.3. Formulación del problema.....	21
1.3.1. Problema General.....	21
1.3.2. Problemas Específicos.....	21
1.4. Justificación.....	21
1.4.1. Social.....	21
1.4.2. Teórica.....	21
1.4.3. Metodológica.....	22
1.5. Objetivos.....	23
1.5.1. Objetivo General.....	23
1.5.2. Objetivos Específicos.....	23
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	25
2.1. Antecedentes (nacionales e internacionales).....	25
2.2. Bases Teóricas o Científicas.....	28
2.3. Marco Conceptual (de las variables y dimensiones).....	33
2.3.1. Evaluación superficial del pavimento flexible.....	33
2.3.2. Clasificación de los pavimentos.....	33
2.3.3. Evaluación de pavimento.....	36

2.3.4. Tipos de evaluación del Pavimento Flexible	37
2.3.5. Fallas en pavimentos flexibles	38
2.3.6. Clasificación de fallas en pavimentos flexibles	39
2.3.7. Cálculo del PCI	56
CAPITULO III: HIPÓTESIS	62
3.1. Hipótesis General	62
3.2. Hipótesis Específicas	62
3.3. Variables (definición conceptual y operacionalización)	62
3.3.1. Definición conceptual	62
3.3.2. Definición Operacional	63
CAPITULO IV: METODOLOGÍA	64
4.1. Método de Investigación	65
4.2. Tipo de Investigación	65
4.3. Nivel de Investigación	65
4.4. Diseño de la Investigación	66
4.5. Población y muestra	67
4.5.1. Población	67
4.5.2. Muestra	67
4.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	69
4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	69
4.8. Aspectos éticos de la Investigación	70
CAPITULO V: RESULTADOS	71
5.1. Exposición de resultados obtenidos	71
5.1.1. La altitud	71
5.1.2. Las condiciones climáticas	72
5.1.3. Las unidades de muestreo	72

5.1.4. Saneamiento de fallas	73
5.1.5. Estado de pavimento: Índice determinado	74
5.1.6. Unidad de muestra 01	74
5.1.7. Síntesis de resultados obtenidos.....	75
5.1.8. Errores presentes: sus causas principales.....	78
5.1.9. Las causas	79
5.1.10. Errores de agrietamiento en bloque	81
5.1.11. Errores de depresión	81
5.1.12. Errores de grietas de borde	82
5.1.13. Errores de grietas longitudinales y transversales.....	82
5.1.14. Errores de parches.....	83
5.1.15. Técnicas de mantenimiento y rehabilitación	85
5.2. Contratación de hipótesis.....	86
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	87
CONCLUSIONES.....	88
RECOMENDACIONES	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
Anexos.....	94
Matriz de consistencia	94
Matriz de operacionalización de variables	95
Instrumento de investigación.....	103
La data de procesamiento de datos	104
Consentimiento informado	129
Fotografías de la muestra para el estudio de PCI	129

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Nivel de severidad de huecos	50
Tabla 2. Tipos de fallas establecidos por el PCI.....	53
Tabla 3. Nivel de severidad establecida por el PCI.....	54
Tabla 4. Longitudes de unidades de muestreo asfáltico.	55
Tabla 5. Rangos de calificación del PCI.	59
Tabla 6. Clasificación práctica de mantenimiento PCI.	60
Tabla 7. Unidades de muestra seccionadas	72
Tabla 8. Unidades de muestreo a evaluar.	73
Tabla 9. Hoja modelo de registro de la unidad de muestra UM 01.	74
Tabla 10. Resumen de resultado de PCI.....	76
Tabla 11. Porcentaje total de condición de pavimento.....	77
Tabla 12. Metrados de fallas.....	78
Tabla 13. Acciones de mantenimiento	85

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Red Vial – Perú	17
Figura 2. Pavimentos flexibles con secciones típicas.....	30
Figura 3. Pavimentos rígidos con secciones típicas	30
Figura 4. Sección transversal del pavimento flexible.....	34
Figura 5. Sección transversal del pavimento rígido.	35
Figura 6. Sección transversal del pavimento semi rígido.....	35
Figura 7. Sección transversal del pavimento articulado.	36
Figura 8. Piel de cocodrilo.....	41
Figura 9. Agrietamiento en bloque	42
Figura 10. Grieta de reflexión de junta.....	42
Figura 11. Grieta de borde.....	43
Figura 12. Grietas transversales y longitudinales.....	43
Figura 13. Grietas parabólicas o por deslizamiento.	44
Figura 14. Abultamientos y hundimientos	44
Figura 15. Corrugación.....	45
Figura 16. Depresión	45
Figura 17. Desnivel carril – berma	46
Figura 18. Ahullamiento.....	46
Figura 19. Desplazamiento.....	47
Figura 20. Hinchamiento	47
Figura 21. Huecos o baches.....	48
Figura 22. Pulimiento de agregados.	49
Figura 23. Peladura y desprendimiento.	49
Figura 24. Exudación.....	50

Figura 25. Porcentaje de condición de pavimento en las unidades de muestra.....	77
Figura 26. Nivel de severidad de piel de cocodrilo.	80
Figura 27. Nivel de severidad de agrietamiento en bloque.	81
Figura 28. Nivel de severidad de depresión.	82
Figura 29. Nivel de severidad de grieta de borde.	82
Figura 30. Nivel de severidad de grietas longitudinales y transversales.	83
Figura 31. Nivel de severidad de parches.....	83
Figura 32. Nivel de severidad de baches.	84
Figura 33 Nivel de severidad de desprendimiento de agregados.	84

RESUMEN

En este estudio se ansió comprobar cómo el método del Índice de Condición del Pavimento, más adelante PCI, afecta la evaluación del daño al pavimento elástico en la Autopista Yanahuanca. El título que se presenta es “Índice de Condición del Pavimento para la Evaluación Superficial de Pavimentos Flexibles en la Región Pasco”, donde el problema general es: ¿Cómo afecta el método PCI la evaluación de la falla del pavimento resiliente de Yanahuanca?, del mismo modo se cuenta con el siguiente objetivo general: Determinar cómo el método PCI afecta la evaluación de daños al pavimento vulnerable en la Autopista Yanahuanca, adoptar una hipótesis general: El método PCI afecta significativamente la evaluación de daños al pavimento vulnerable en la Autopista Yanahuanca; Utilizando el tipo y diseño de este estudio, cuasi-empírico, ya que se analiza la experiencia para ver si las variables independientes afectan a las variables dependientes: esto es de causa a efecto, ya que en este trabajo se intenta mostrar cómo la cobertura del estado de las variables del índice afecta la estimación de la variación superficial de las cubiertas no rígidas. El análisis posterior incluyó rangos de PCI y clasificaciones para la puntuación asignada, determinando así la gravedad de la vía, concluyendo que el PCI tuvo un impacto significativo en los resultados debido a que se calculó que la vía estaba en severidad normal para la planificación del mantenimiento operativo.

Palabras clave: Nivel de existencias, gestión de inventario, rotación de inventario

ABSTRACT

In this study we wanted to check how the Pavement Condition Index method, later PCI, affects the evaluation of elastic pavement damage on the Yanahuanca Highway. The title presented is "Pavement Condition Index for the Surface Evaluation of Flexible Pavements in the Pasco Region", where the general problem is: How does the PCI method affect the evaluation of the failure of the resilient pavement of Yanahuanca, likewise the following general objective: To determine how the PCI method affects the evaluation of damage to the vulnerable pavement in the Yanahuanca Highway, adopting a general hypothesis: The PCI method significantly affects the damage assessment to the vulnerable pavement on the Yanahuanca Highway; Using the type and design of this study, quasi-empirical, since the experience is analyzed to see if the independent variables affect the dependent variables: this is from cause to effect, since in this work we try to show how the state coverage of the index variables affects the estimation of the surface variation of the non-rigid covers. Further analysis included PCI ranges and rankings for the assigned score, thus determining the severity of the roadway, concluding that the PCI had a significant impact on the results because the roadway was calculated to be at normal severity for operational maintenance planning.

Keyword: stock level, inventory management, inventory turnover

INTRODUCCIÓN

El Índice de Condición del Pavimento (PCI), conocido por su acrónimo en inglés, representa una metodología altamente completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, tanto flexibles como rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. Esta metodología se caracteriza por su fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas. Incluye la totalidad de los daños originalmente formulados en el PCI, aunque se hace hincapié en la importancia de realizar observaciones rigurosas para discernir patologías que no deben considerarse debido a su origen o a condiciones locales particulares.

A fin de comprender un poco más sobre la investigación que se realizó, es importante destacar, que el PCI es una herramienta clave para monitorear la condición de las carreteras, determinar la necesidad de intervenciones, y prevenir un deterioro acelerado. A través de la inspección visual y la medición de áreas afectadas, el PCI proporciona una evaluación efectiva y económica de la superficie del pavimento, permitiendo tomar decisiones estratégicas para mantener la infraestructura vial en óptimas condiciones. Este índice, que varía en una escala de 0 a 100, es fundamental para planificar y ejecutar acciones de mantenimiento y rehabilitación en pavimentos flexibles.

Además, esta herramienta es fundamental para evaluar la superficie de pavimentos flexibles en la región de Cerro de Pasco, de esta manera se convertirá en un indicador de garantía que determinará la calidad y durabilidad de las vías, contribuyendo a certificar la seguridad vial y la eficiencia del transporte en esa zona específicamente. La aplicación del PCI en esta región no solo facilita la identificación de áreas que requieren intervención inmediata, sino que también permite establecer estrategias preventivas para preservar y mejorar la infraestructura vial a lo largo del tiempo.

En este estudio se trabajó metodológicamente bajo una investigación aplicada no experimental, pero también se utilizaron métodos que permitieron abordar el fenómeno investigado en la carretera Yanahuanca, ubicada en la Región de Pasco, tales como la inspección visual que se realiza mediante la observación en donde se registraron los eventos originados y se realizaron mediciones de los defectos ocasionados en el pavimento.

Asimismo, la presente investigación se estructura en los siguientes capítulos: En el Capítulo I, se aborda la introducción al estudio, donde se plantean la problemática existente, los límites de la investigación, la descripción del problema, la justificación y los objetivos planteados. El Capítulo II se enfoca en el marco teórico de la investigación, que abarca los antecedentes relevantes, las teorías que respaldan la investigación, así como las definiciones y conceptos clave relacionados con la temática. En el Capítulo III, se presenta la hipótesis y se desarrollan las variables tanto conceptual como operativamente. El Capítulo IV detalla la metodología de la investigación, incluyendo el tipo y nivel de estudio, la técnica de muestreo y el método utilizado para la recopilación de datos. En el Capítulo V se exponen los resultados de la investigación. El Capítulo VI se centra en la discusión de los resultados, seguida de las conclusiones y recomendaciones. Finalmente, se incluyen las referencias bibliográficas y los anexos correspondientes.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

La infraestructura vial representa un elemento fundamental en el patrimonio de una nación, ya que su conexión directa con el progreso económico y social se evidencia a través de la facilitación de la comunicación y la interacción entre comunidades, así como el intercambio de bienes y servicios.

Los pavimentos flexibles han estado en construcción durante un largo período, con sus inicios datando en Europa a finales del siglo XIX. Con el tiempo, la tecnología de pavimentación se ha desarrollado en diferentes países y ha mantenido su eficacia durante muchos años. Según el Manual de Pavimentos, en el pasado, los pavimentos eran mantenidos, pero no administrados, lo que subraya la necesidad actual de una gestión efectiva de las redes de pavimentación en lugar de simplemente aplicar mantenimiento rutinario (p. 375). Dado que los pavimentos están sujetos a considerables tensiones externas, es de vital importancia llevar a cabo evaluaciones continuas para llevar a cabo mantenimiento y conservación acorde a su condición actual.

Según el Informe Global de Competitividad del Foro Económico Mundial, en su edición más reciente, Chile lidera entre los países latinoamericanos en varias mediciones. Destaca especialmente en el ámbito de la infraestructura de carreteras, donde se posiciona como el ganador regional. Chile cuenta con una red de carreteras que abarca 77.764 kilómetros, incluyendo 2.387 kilómetros de autopistas, y se destaca por el mantenimiento de alta calidad que brinda a esta infraestructura.

En la actualidad, la ingeniería vial avanza de manera significativa tanto en la investigación como en la aplicación de nuevas tecnologías. Simultáneamente, se llevan

a cabo proyectos de infraestructura con el propósito de proporcionar un acceso eficiente y sostenible al transporte para la población. Esto contribuye a la integración de los centros urbanos y rurales, promoviendo el progreso del país en su conjunto.

(Campos, 2018) “En nuestro país, es evidente que las vías terrestres presentan un deterioro, posiblemente debido a su antigüedad y al limitado mantenimiento y mejoras que se les ha brindado. Los recursos asignados a los servicios públicos y al desarrollo de infraestructura no siempre han respaldado el crecimiento necesario en esta área. Esto se manifiesta claramente en la presencia de carreteras en mal estado y en el descuido notable de los pavimentos urbanos.”

Al evaluar la situación actual de las carreteras y caminos vecinales en términos de su estado pavimentado, nos encontramos con una marcada falta de vías pavimentadas. Esto nos lleva a cuestionar el papel de la gestión gubernamental y la necesidad de una evaluación exhaustiva de las diversas opciones disponibles para pavimentar estas rutas. Es fundamental que las infraestructuras y los servicios de transporte cumplan con los criterios de eficiencia, rentabilidad, confiabilidad y sostenibilidad ecológica.

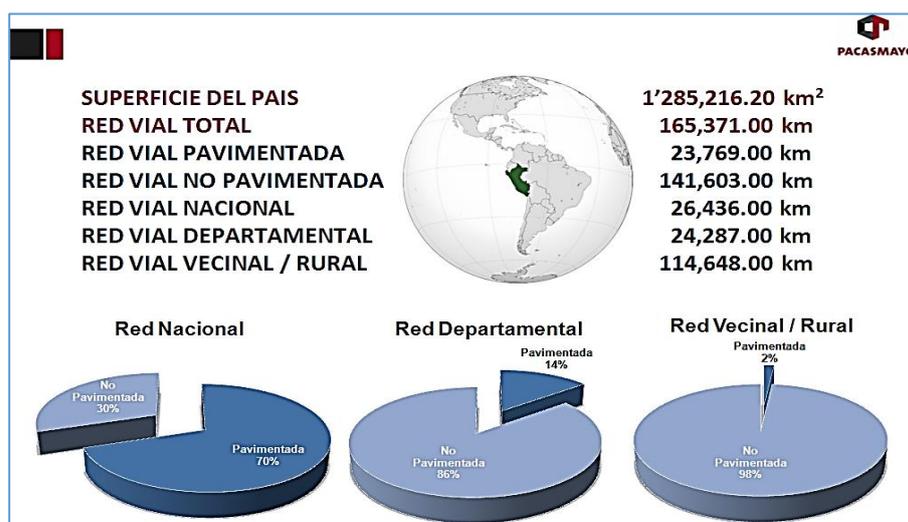


Figura 1. Red Vial – Perú

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Oficina General de Planeamiento y Presupuesto – GTT (2015)

En Perú, es innegable que la calidad de los servicios en las vías está mejorando gradualmente debido a la creciente necesidad de conectar ciudades para el transporte. Estas carreteras también desempeñan un papel fundamental al facilitar la interacción entre comunidades con fines económicos, sociales, culturales, entre otros. La estructura de pavimento es un componente esencial en la infraestructura vial, ya que su objetivo es proporcionar a las personas una experiencia de circulación cómoda, eficiente y económica, además de garantizar la seguridad vial.

Sin embargo, es importante señalar que las carreteras se ven afectadas por diversos factores, principalmente debido a su ubicación en diferentes regiones geográficas. Estos factores pueden dar lugar a fallos en los pavimentos antes de que alcancen su vida útil prevista durante el diseño original.

En la actualidad, el aumento constante de la población ha llevado a un incremento significativo en la cantidad de vehículos en circulación. Este aumento de tráfico a lo largo del tiempo ha provocado el deterioro de las vías, manifestándose a través de degradaciones y deformaciones en los pavimentos.

En la región de Pasco, en particular, el nivel de servicio de las vías ha experimentado un aumento progresivo en la última década. Esto se debe en gran parte al crecimiento de sectores como la agricultura, la ganadería, el turismo, el comercio y, sobre todo, la minería, que se han dinamizado considerablemente. En este contexto, las obras de infraestructura vial desempeñan un papel crucial al facilitar la conexión económica y social, lo que contribuye al desarrollo de la región.

Sin embargo, es importante destacar que estas obras de infraestructura vial tienden a sufrir fallas y deterioros a lo largo de su vida útil debido a la falta de mantenimiento adecuado y a la falta de un plan de gestión a largo plazo para estas vías.

El problema principal radica en que no se realiza una evaluación constante del comportamiento de las vías a medida que pasa el tiempo, y las intervenciones solo se llevan a cabo cuando el deterioro es grave, lo que resulta en la incapacidad de cumplir con el período para el cual fueron originalmente diseñadas.

El objetivo de este estudio se centra en la carretera Yanahuanca, Pasco, una vía de tránsito diario para camiones, tráileres, automóviles, vans y motocicletas. En los últimos años, este tramo ha experimentado daños en su estructura de pavimento debido al peso y la carga del tráfico vehicular pesado, lo que ha resultado en fisuras, grietas tanto transversales como longitudinales, formación de una superficie con apariencia de piel de cocodrilo y depresiones en la superficie del pavimento.

La demanda de un pavimento en condiciones óptimas es esencial para proporcionar un servicio eficiente a los usuarios, considerando los parámetros adecuados para el diseño de un pavimento flexible.

La recomendación principal es anticiparse a la detección y evaluación de los daños en el pavimento, de manera que las reparaciones sean trabajos de conservación o reparaciones menores en lugar de reconstrucciones costosas. Ante esta problemática, se propone gestionar el mantenimiento de las vías como una solución alternativa para abordar este problema.

La situación actual del pavimento flexible en la carretera Yanahuanca es uno de los principales desafíos de la infraestructura vial, que emerge después de la construcción inicial. Esto puede atribuirse a varios factores, como un diseño deficiente de la estructura, la baja calidad de los materiales utilizados, la falta de mantenimiento continuo, el alto volumen de tráfico, las cargas externas y la influencia de factores climáticos, entre otros.

Sin embargo, el problema central radica en la falta de un mantenimiento o rehabilitación adecuados de las vías de acuerdo con el tipo o la naturaleza de las fallas presentadas. A menudo, las intervenciones se realizan cuando los problemas en el pavimento son mucho más graves, sin tener en cuenta la evaluación del comportamiento del pavimento a lo largo del tiempo. En este sentido, la cita de Brown (1988) enfatiza la importancia de un buen mantenimiento práctico para prevenir o retrasar problemas en los pavimentos de asfalto.

Ante esta problemática, es imperativo llevar a cabo labores de mantenimiento o rehabilitación del pavimento. Para hacerlo de manera efectiva, es esencial evaluar la condición real en la que se encuentra el pavimento. Para esta evaluación, se emplean varios métodos, siendo uno de los más utilizados el Índice de Condición del Pavimento (PCI). Este método se basa en la inspección visual del pavimento y depende de factores como el tipo de daño o defecto presente, la gravedad de la afección y la cantidad de imperfecciones presentes en la superficie del pavimento.

El PCI utiliza un sistema de puntuación que va desde 0 hasta 100, donde 0 representa un pavimento en estado fallido y 100 indica un pavimento en condición excelente. Este índice cuantifica de manera precisa la condición del pavimento, permitiendo a las autoridades y profesionales encargados tomar decisiones informadas sobre qué tipo de mantenimiento o rehabilitación es necesario para mantener las vías en un estado adecuado para su uso.

1.2. Delimitación del problema

Esta investigación se centrará en el estudio de las fallas superficiales de los pavimentos flexibles en la carretera Yanahuanca, ubicada en la región de Pasco.

1.3. Formulación del problema

1.3.1 Problema General

¿De qué manera el método PCI influye en la evaluación de fallas de las superficies del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca?

1.3.2 Problemas Específicos

- a. ¿De qué manera los parámetros del PCI influyen en la evaluación superficial del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca?
- b. ¿De qué manera el cálculo del PCI influye en la evaluación superficial del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca?
- c. ¿De qué manera el resultado del PCI influye en la evaluación superficial del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca?

1.4. Justificación

1.4.1 Social

La justificación social de esta investigación radica en su contribución potencial para abordar el deficiente servicio de transitabilidad y las malas condiciones de la carretera Yanahuanca. Los usuarios de esta vía se beneficiarán al contar con una alternativa más eficiente y segura.

1.4.2 Teórica

El objetivo principal de este estudio es aplicar teorías y conceptos fundamentales para analizar la evaluación superficial de los pavimentos flexibles y comprender cómo responden a diversos factores. Siguiendo la perspectiva de (Fonseca, 2001), se reconoce que la influencia de factores de diferentes orígenes

puede causar alteraciones en la superficie de rodadura de los pavimentos, lo que afecta la seguridad, la comodidad y la velocidad a la que debe circular el tráfico vehicular presente y futuro (p. 505). Esta investigación permitirá al investigador examinar y contrastar varios conceptos relacionados con el tema, lo que, a su vez, brindará información valiosa para abordar los problemas en la carretera Yanahuanca.

De acuerdo con (Rajagopal & George, 2006.), las actividades de mantenimiento y rehabilitación (M&R) desempeñan un papel crucial al mejorar el pavimento, lo que contribuye a prolongar su ciclo de vida útil. Establecer prioridades en el mantenimiento de un pavimento implica la implementación de un sistema de gestión que permita llevar a cabo evaluaciones continuas. La relación entre el nivel de actividades de M&R y la condición del pavimento es un aspecto fundamental que influye en la toma de decisiones y en la planificación de intervenciones adecuadas para mantener y restaurar la calidad de la superficie del pavimento.

1.4.3 Metodológica

Para alcanzar los objetivos de esta investigación, se emplean técnicas específicas, como el uso del catálogo de fallas del PCI y una hoja de registro que se procesa en Excel para calcular el Índice de Condición del Pavimento. De esta manera, se busca obtener una comprensión precisa del estado actual de la carretera en estudio. Los resultados de esta investigación son válidos debido a la aplicación de técnicas apropiadas y confiables en el contexto.

En línea con esto, (Chong & Phang, n.d.) señalan que un pavimento deteriorado representa un peligro para el público viajero, lo que justifica la

necesidad de llevar a cabo un mantenimiento preventivo urgente para abordar la situación. Para lograr esto de manera efectiva, es esencial contar con técnicas confiables que permitan evaluar el pavimento de acuerdo con las normativas que establecen los tipos de fallas y sus características, con el fin de obtener resultados óptimos en el proceso de mantenimiento.

En línea con lo mencionado, (Bandara & Gunaratne, 2001) destacan que, debido al constante deterioro de la funcionalidad de los pavimentos de carreteras, causado por el tráfico pesado y los factores climáticos, se hace necesario implementar un sistema de gestión de pavimentos bien planificado y eficiente. Esto es esencial para garantizar que el transporte se mantenga a un nivel satisfactorio en todo momento. La gestión adecuada de los pavimentos es fundamental para mantener la calidad y seguridad de las carreteras, especialmente frente a las condiciones cambiantes y las cargas de tráfico

1.5. Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Determinar de qué manera el método PCI influye en la evaluación de fallas de las superficies del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca.

1.5.2 Objetivos Específicos

- a. Determinar de qué manera los parámetros del PCI influyen en la evaluación superficial del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca
- b. Determinar de qué manera el cálculo del PCI influye en la evaluación superficial del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca

- c. Determinar de qué manera el resultado del PCI influye en la evaluación superficial del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes (nacionales e internacionales)

(Vargas López, 2021) nos comentan que este proyecto de tesis se centra en evaluar y cuantificar las fallas en la Avenida América Oeste de Trujillo, una autopista afectada por el Fenómeno El Niño en 2017 y otros factores. El objetivo principal es determinar el estado del pavimento utilizando el Índice de Condición del Pavimento (PCI) y recomendar soluciones para restaurar la vía a su mejor estado. El proceso involucra identificar errores comunes en los pavimentos, muestrear diferentes áreas, calcular el PCI y proponer mejoras específicas. Durante 5km, en un tipo aplicada, cuantitativa, y con la técnica de la observación directa, en el tramo propuesto fotografiando y analizando los niveles PCI, En la evaluación de las unidades de muestra en la Avenida América Oeste de Trujillo, se destaca que la falla más recurrente es el pulimento de agregados, representando el 52.94% de las observaciones. A esto le siguen grietas longitudinales y transversales (15.24%) y agrietamiento en bloque (10.33%). Otras fallas incluyen desprendimiento de agregados (8.84%), piel de cocodrilo (4.26%), abultamientos y hundimientos (3.21%), desnivel carril-berma (3.10%), y huecos de severidad baja (2.07%). El Índice de Condición de Pavimento Flexible tiene un promedio de 76.60, lo que indica que, en general, el estado del pavimento en la Avenida América Oeste se califica como "BUENO". Este estado es resultado de mantenimiento continuo realizado por la Municipalidad Provincial de Trujillo, como bacheos y riegos de liga en áreas específicas, lo que ha mejorado la calidad del pavimento, aunque no alcanza niveles de "Muy Bueno" o "Excelente".

(REYES, 2018) también tuvo como propósito de estudio de investigación es realizar una evaluación superficial del pavimento flexible en la Av. Ferrocarril, Santa

Anita, durante el año 2018, utilizando el método del Índice de Condición del Pavimento. Este estudio se clasifica como investigación aplicada, ya que busca abordar problemas específicos. La naturaleza de la investigación es descriptiva y explicativa. El diseño de investigación utilizado es no experimental de corte transversal, ya que no se manipulan variables ni se generan cambios, y se recopilan datos en un solo momento. En esta investigación, se trabajó con dos variables: la evaluación superficial del pavimento flexible y el índice de condición del pavimento. La muestra consistió en la Av. Ferrocarril, que abarca 2100 metros y se sometió a una evaluación. Se utilizó una hoja de registro como instrumento para la recopilación de datos, siguiendo el procedimiento del método del índice de condición del pavimento. Los resultados de la evaluación se presentaron en términos numéricos y de clasificación, mostrando que el estado del pavimento es regular y requiere una intervención inmediata. Finalmente, se presentaron conclusiones y recomendaciones basadas en la evaluación superficial del pavimento, que incluyeron la determinación de los parámetros de evaluación, el cálculo del índice de condición y la identificación del tipo de intervención necesario para optimizar los gastos de reparación y garantizar una circulación segura y eficiente.

(Oblitas-Gastelo et al., 2021) realizó, una investigación que consiste en una revisión exhaustiva de la literatura relacionada con los métodos de evaluación de pavimentos flexibles, específicamente el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y el Índice de Condición de Pavimento (PCI), con el propósito de determinar los niveles de Serviciabilidad en pavimentos flexibles en los últimos 15 años. Para llevar a cabo esta revisión sistemática, se realizó una búsqueda meticulosa de fuentes de información siguiendo criterios de inclusión y exclusión, lo que resultó en la selección de 29 artículos científicos indexados en bases de datos reconocidas. De estos, se analizaron detenidamente 20 artículos que se utilizaron para crear categorías temáticas

relacionadas con los hallazgos de la investigación. Este proceso permitió identificar los principales resultados, incluyendo la comparación de puntos de vista y resultados entre diferentes autores. Uno de los resultados clave de esta revisión es la importancia de contar con métodos de evaluación superficial de pavimentos para comprender su estado actual antes de tomar decisiones sobre actividades de mantenimiento, reconstrucción y rehabilitación. El uso de métodos como el IRI y el PCI se considera crucial para obtener información precisa sobre las condiciones de los pavimentos y, en última instancia, para gestionar de manera efectiva los recursos y garantizar una infraestructura de pavimentos adecuada. Esto permite una inversión eficiente de los recursos en la gestión de la infraestructura vial.

(Contreras, 2020). Una vez que el agua penetra en el pavimento, puede causar daños tanto en la superficie de rodadura como en las capas subyacentes del pavimento. Por lo tanto, resulta fundamental cuantificar la cantidad de agua que se infiltra en un pavimento. Esto permite estimar con mayor precisión el daño ocasionado y también contribuye al diseño del sistema de drenaje para los pavimentos. La investigación se enfocó en evaluar la infiltración de agua en pavimentos, un factor crítico en su durabilidad. Diseñó un infiltrómetro de campo y se realizó pruebas en carreteras en Michoacán, México, tanto en superficies con grietas como sin ellas. Desarrolló un programa de procesamiento de imágenes para medir la extensión de las grietas. Los hallazgos clave son: 1 El infiltrómetro fue efectivo y fácil de usar, pero requiere mantenimiento regular. 2 Desarrolló un programa en Python con OpenCV para medir grietas con alta precisión. 3 Estableció una metodología sencilla para las pruebas de infiltración en pavimentos, enfatizando la limpieza y la precisión en la captura de imágenes. 4 Las tasas de infiltración variaron en diferentes tipos de pavimentos, con pavimentos de mayor especificación mostrando tasas más altas en áreas agrietadas.

Otros factores, como el material de relleno y la profundidad de las grietas, también influyeron. En promedio, se registró una tasa de infiltración de 26.66 l/h/m² en superficies agrietadas y 4.81 l/h/m² en superficies sin grietas, aunque se observaron valores excepcionales en pavimentos con mezclas asfálticas abiertas. Estos resultados proporcionan información valiosa para el diseño y mantenimiento de pavimentos.

(Ríos, 2020) El estado de la infraestructura vial tuvo un impacto significativo en diversos aspectos, como la sociedad, la economía y la política de un país. Fue esencial evaluar la condición superficial de los pavimentos para poder planificar intervenciones de manera efectiva y oportuna. Tomar medidas a tiempo ayudó a evitar costos adicionales en operaciones, controlar el deterioro no planificado y reducir problemas operativos y de seguridad. El problema planteado nos llevó a considerar la exploración de alternativas para evaluar la condición de los pavimentos, lo que dio lugar a numerosas investigaciones en la detección automática de fallas superficiales en pavimentos flexibles utilizando técnicas de procesamiento de imágenes. El propósito de este artículo fue examinar y analizar estas contribuciones. Después de revisar la literatura existente, se llegó a la conclusión de que el rendimiento de estos sistemas estaba determinado en gran medida por dos factores principales: la recopilación de datos y su procesamiento. El análisis presentado se estructuró en función de estos factores. Se consideró importante el desarrollo de sistemas que aprovecharan las capacidades de diferentes sensores para recopilar datos y que integraran la detección y clasificación de diversas fallas, incluyendo información sobre su gravedad.

2.2 Bases Teóricas o Científicas

Pavimento

Según Vivar (1995), un pavimento es una estructura compuesta por una o varias capas que descansa sobre una superficie y está diseñada y construida para resistir cargas durante un período de tiempo establecido. Además, señala que es esencial proporcionar mantenimiento a esta estructura a lo largo de su vida útil para extender su duración. Vivar también explica que esta pavimentación está compuesta por uno o varios revestimientos gruesos con diversas características y se coloca sobre un terreno apropiado (p. 297).

Clasificación de pavimento

Conforme a Montejo (2006), en el contexto peruano, se realiza una clasificación de pavimentos que comprende cuatro categorías principales: pavimento flexible, pavimento rígido, pavimentos semirrígidos y pavimento articulado.

Pavimentos flexibles

De acuerdo con Montejo (2010), los pavimentos flexibles son aquellos que constan típicamente de una o dos capas gruesas llamadas base y subbase, y estas estructuras de pavimento tienen la capacidad de flexionarse en respuesta a la carga que se les aplique.

Este tipo de pavimento tiene la capacidad de deformarse o flexionarse en respuesta a la carga aplicada sobre él y se utiliza comúnmente en áreas con un alto volumen de tráfico. Además, su construcción suele ser más económica en comparación con otros tipos de pavimentos, y su mantenimiento es más viable y menos costoso.

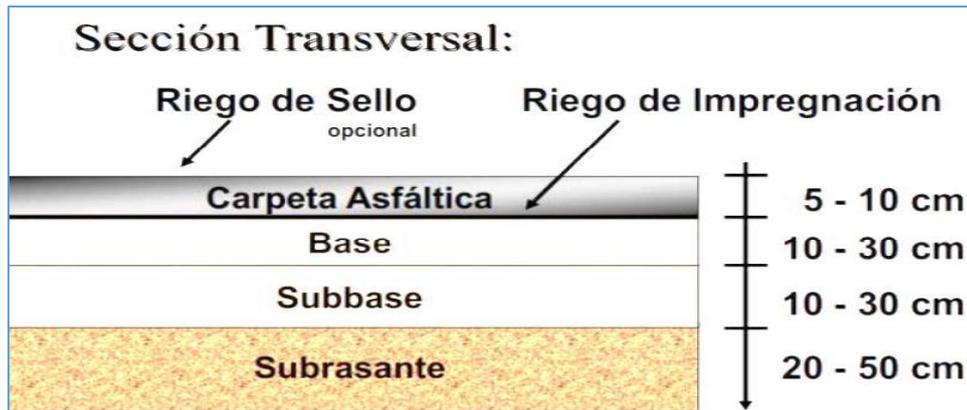


Figura 2. Pavimentos flexibles con secciones típicas
Fuente: Sánchez 2012

Pavimento Rígido

Los pavimentos rígidos están compuestos por una capa de concreto, hecha con cemento Portland, que descansa sobre una base de grava. La resistencia de este tipo de pavimento depende principalmente de la calidad de la losa de concreto.

Montejo (2012) describe que los pavimentos rígidos están construidos mediante la colocación de una capa de concreto sobre una subbase. En este caso, la calidad del suelo de la subbase juega un papel importante, ya que la resistencia del pavimento rígido se basa en gran medida en esta estructura.

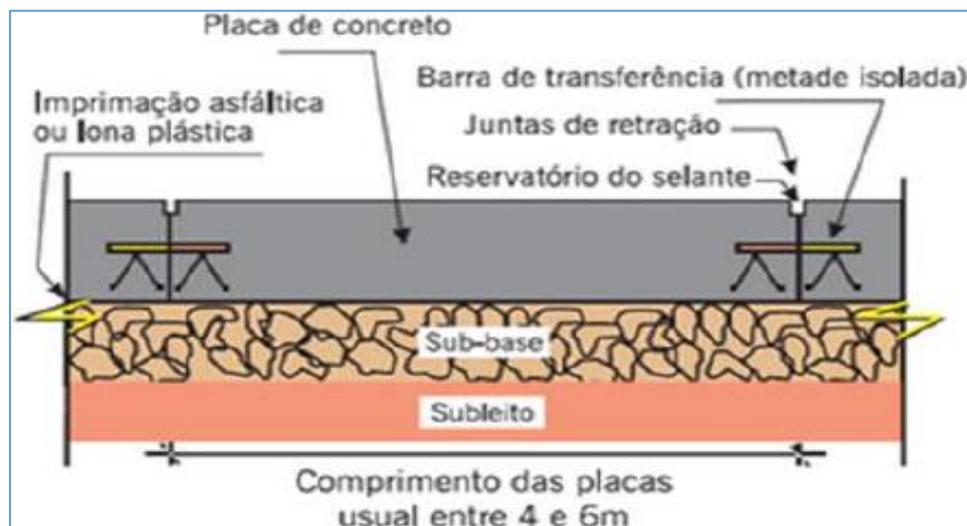


Figura 3. Pavimentos rígidos con secciones típicas
Fuente: Sánchez 2012

Pavimento mixto

El pavimento mixto, también conocido como asfalto híbrido, representa una combinación de características de pavimentos rígidos y flexibles. Un ejemplo de esta estructura se observa cuando se coloca concreto en forma de bloques intercalados con una carpeta asfáltica. Este enfoque resulta en un tipo de pavimento denominado mixto. El propósito principal de este tipo de estructuras es reducir la velocidad de los vehículos, ya que los bloques causan una ligera oscilación en los vehículos, lo que obliga a los conductores a mantener una velocidad más baja. Este tipo de pavimento se utiliza principalmente en áreas urbanas para garantizar la seguridad y comodidad de la población. También se considera pavimento mixto a aquellos pavimentos rígidos que tienen una capa de rodadura asfáltica en la parte superior.

Definición de las capas del pavimento

En esta intervención, se considerarán los estudios previos que se han realizado en relación con el suelo flexible, como se menciona en el informe de Rey (2018, p. 18)

Subrasante

En el año 2015, los investigadores Medina y De La Cruz destacaron que la capa que descansa directamente sobre el terreno natural de fundación es de vital importancia, ya que actúa como la base sobre la cual se apoyan todas las demás capas del pavimento. Esta capa se considera fundamental y es esencial para la integridad de la estructura del pavimento (p. 12).

Subbase

Según Céspedes (2002), en una capa de selección de material, que se coloca sobre el suelo natural o de fundación, se lleva a cabo la selección de material para el pavimento (p. 37).

Base

El revestimiento mencionado estaría compuesto por una mezcla de hormigón, ya sea en estado caliente o frío, combinado con un terreno que ha sido preparado, nivelado o colocado directamente, según lo descrito por Huamán Guerrero en 2013.

Superficie de Rodadura

El revestimiento mencionado se coloca sobre una base que está compuesta por una capa gruesa o placa de hormigón hidráulico, según lo explicado por Huamán Guerrero en 2013.

Rasante

Parte superficial donde se movilizan transportes menores (motos).

Mezclas bituminosas

Estas mezclas se componen de una combinación de materiales inertes como grava, arena, arcilla y limo, junto con un material bituminoso como el asfalto o alquitrán. Los materiales bituminosos desempeñan un papel importante al actuar como aglutinantes en esta mezcla, como se señala en el informe de Céspedes en 2009 (p. 75).

Ciclo de vida en pavimento

Según Gamboa (2009), los pavimentos tienen un ciclo de vida que no tiene en cuenta su mantenimiento o rehabilitación. Este ciclo se representa mediante una curva de comportamiento que muestra históricamente la calidad de los pavimentos, dividiéndola en cuatro etapas, como se detalla en las páginas 12 y 13 de su investigación.

2.3 Marco Conceptual (de las variables y dimensiones)

2.3.1 Evaluación superficial del pavimento flexible

Según la ingeniería, el pavimento se considera una estructura estratificada que se coloca sobre la subrasante con el propósito de resistir de manera eficiente las cargas y esfuerzos repetitivos generados por el tráfico durante el período de diseño. De acuerdo con Montejo (2002), un pavimento está compuesto por un conjunto de capas superpuestas, que deben ser diseñadas y construidas técnicamente utilizando materiales apropiados y compactados de manera adecuada (p. 1). Además de su función estructural, el pavimento también cumple con el propósito de proporcionar una superficie segura y cómoda para las personas, ofreciendo un servicio de calidad en términos de movilidad y confort.

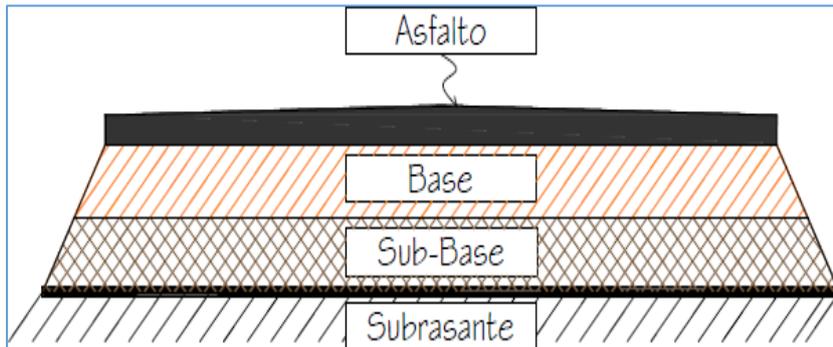
Según Rey (2018), es fundamental considerar la conservación y un mantenimiento adecuado de los pavimentos para garantizar que continúen funcionando de manera efectiva en cualquier situación. Además, es inevitable que, durante su período de funcionamiento, los pavimentos necesiten algún tipo de mantenimiento o rehabilitación para prolongar su vida útil.

2.3.2 Clasificación de los pavimentos

Los principales pavimentos que se consideran son los siguientes.

Los pavimentos flexibles, también conocidos como pavimentos asfálticos, según Montejo (2002), constan de una capa superior de carpeta asfáltica que se apoya sobre la base y subbase, ambas capas no rígidas, y estas a su vez se asientan sobre la subrasante, que es el mismo suelo natural. Este tipo de pavimento suele tener un período de vida útil que oscila entre los 10 y 20 años.

Figura 4. Sección transversal del pavimento flexible



Fuente: Armijos 2009

Los pavimentos flexibles están compuestos por una capa asfáltica en la superficie de rodadura, lo que los hace más económicos en términos de construcción inicial. Sin embargo, tienen la desventaja de requerir mantenimiento periódico para alcanzar su vida útil, como se menciona en "Evaluación superficial de algunas calles de Loja" de Armijos (2009) (p. 4), citando la Universidad Técnica Particular de Loja.

Por otro lado, los pavimentos rígidos consisten en losas de concreto, a menudo reforzadas con acero, y las capas inferiores no tienden a deformarse. Aunque los costos iniciales de construcción son más elevados en comparación con los pavimentos flexibles, tienen una vida útil más larga, generalmente entre 30 y 40 años, como señala Coronado (2002). Además, debido a su consistencia y rigidez, distribuyen de manera

efectiva las cargas del tráfico vehicular, lo que resulta en tensiones mínimas en la subrasante.

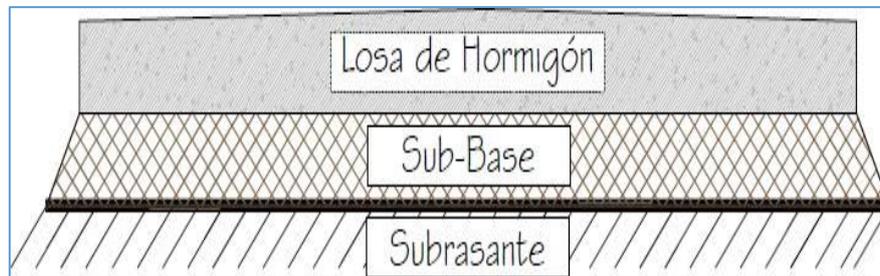


Figura 5. Sección transversal del pavimento rígido.

Fuente: Armijos 2009

Los pavimentos rígidos están compuestos por losas de concreto que requieren un mantenimiento mínimo, principalmente en las juntas de las losas. En este tipo de pavimento, las deformaciones se distribuyen a lo largo de la capa de losa de concreto, según se menciona en "Evaluación superficial de algunas calles de Loja" de Armijos (2009), citando a la Universidad Particular de Loja (p. 5).

En cuanto a los pavimentos semirrígidos, según el "Manual completo para diseño de pavimentos" de 2004, por lo general, tienen una capa rígida debajo y una capa flexible en la superficie. Es común que un pavimento semirrígido esté compuesto por una capa de base de concreto junto con una superficie de rodadura de concreto asfáltico. En este tipo de pavimento, a la rigidez se logra artificialmente y aumenta la capacidad portante del suelo, a menudo mediante la incorporación de aditivos, como se mencionó anteriormente (p. 11).

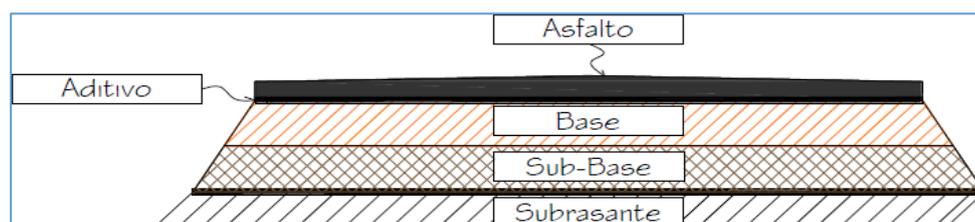
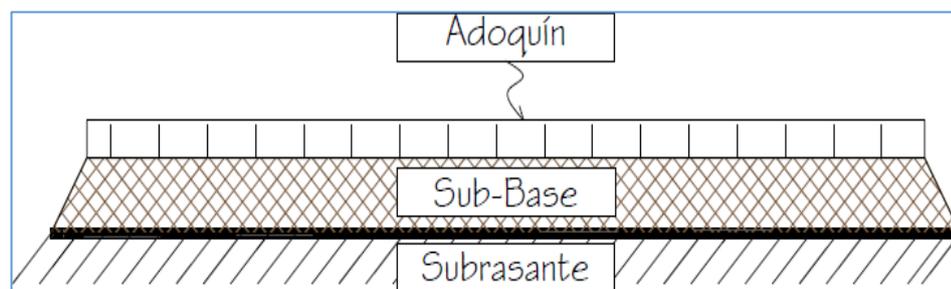


Figura 6. Sección transversal del pavimento semi rígido.

Fuente: Armijos 2009

Los pavimentos articulados son una combinación de pavimentos flexibles y rígidos con el propósito de reducir la velocidad de los vehículos y darles un comportamiento diferente en términos de transitabilidad, como se adapta de “Evaluación superficial de algunas calles de Loja” de Armijos (2009), citando a la Universidad Técnica Particular de Loja (p. 4). Por otro lado, según Montejo (2002), los pavimentos articulados están compuestos por una capa de bloques de concreto, conocidos como adoquines, que pueden asentarse sobre una capa delgada de arena. Esta capa de arena también sirve como un filtro para el agua que pueda generarse en cualquier momento a través de las juntas entre los bloques. Además, este tipo de pavimento se apoya sobre la subrasante (Montejo, 2002).



*Figura 7. Sección transversal del pavimento articulado.
Fuente: Armijos 2009*

Los pavimentos articulados están formados por adoquines que deben tener una resistencia adecuada para soportar tanto las cargas del tráfico como el desgaste ocasionado por estas cargas. Esta información se ha adaptado de "Evaluación superficial de algunas calles de Loja" de Armijos (2009), en referencia a la Universidad Técnica Particular de Loja (p. 5).

2.3.3 Evaluación de pavimento

La evaluación del pavimento implica un estudio del estado tanto de la estructura como de la superficie del pavimento. El objetivo principal es tomar medidas apropiadas

de mantenimiento y rehabilitación de acuerdo con la condición en la que se encuentra el pavimento. Esta evaluación se realiza principalmente con el propósito de extender la vida útil del pavimento, por lo que es crucial llevar a cabo una evaluación adecuada, como se destaca en la investigación de Rey en 2018 (p. 22).

La finalidad principal de cualquier evaluación es realizar el mantenimiento o refuerzo de los pavimentos en servicio. Esto se logra corrigiendo los defectos existentes para garantizar una mayor transitabilidad a lo largo de un período de tiempo prolongado.

2.3.4 Tipos de evaluación del Pavimento Flexible

La evaluación superficial del pavimento, según Montejó (2002), implica definir el estado superficial de la carretera y su entorno, así como cualquier tipo de obras o elementos auxiliares relacionados con el pavimento que puedan afectar directa o indirectamente la comodidad y seguridad del usuario (p. 508).

La evaluación superficial se refiere a la obtención de información en la vía con el propósito de analizar las fallas que afectan al pavimento y determinar su estado actual. Aunque existen varios métodos para llevar a cabo la evaluación superficial de pavimentos, muchos de los cuales son prácticos, uno de los métodos más simples es la evaluación visual, como se menciona en la investigación de Rey en 2018 (p. 22).

La evaluación del pavimento suele llevarse a cabo en dos etapas: la evaluación inicial y la evaluación detallada, según la investigación de Rey en 2018.

La evaluación inicial implica una inspección general de la vía en estudio. Se realiza recorriendo el camino en un vehículo para obtener una visión general de la calidad del servicio que brinda a los usuarios.

La evaluación detallada, también conocida como evaluación funcional, tiene como objetivo realizar una inspección más minuciosa de la vía. Esta etapa recopila información detallada sobre el pavimento y describe los tipos de fallas encontradas en la vía. Además, permite cuantificar estas fallas para determinar el índice de estado del pavimento.

La evaluación estructural, del pavimento implica analizar la capacidad estructural de las diferentes capas que componen la estructura del pavimento. Esta evaluación se divide en dos categorías: ensayos destructivos y ensayos no destructivos. Los ensayos destructivos implican la realización de calicatas para obtener muestras de las capas de la estructura del pavimento. Estas muestras se utilizan para llevar a cabo ensayos específicos que corresponden a la composición de cada capa. Los ensayos no destructivos, por otro lado, se centran en medir las deflexiones o deformaciones del pavimento utilizando equipos especializados. Estos ensayos permiten evaluar la capacidad estructural del pavimento sin causar daños permanentes a la carretera.

2.3.5 Fallas en pavimentos flexibles

Las fallas en pavimentos flexibles son una serie de problemas que afectan la capacidad de servicio y funcionalidad de la superficie del pavimento. Uno de los factores cruciales que influye en el comportamiento de un pavimento es el tipo de carga y la velocidad a la que se somete la vía. Identificar la causa subyacente de una falla en el pavimento es fundamental para evaluar adecuadamente su estado, aunque esta tarea puede resultar desafiante. Por lo tanto, se debe realizar una evaluación que considere diversos factores que contribuyen a la aparición de estas fallas y que permita llevar a cabo la evaluación necesaria (Rey, 2018).

Las fallas en la superficie del pavimento pueden tener múltiples causas y afectan negativamente aspectos como la seguridad, la comodidad y la eficiencia en la circulación por estas vías (Manual de carreteras, 2014).

Según Corros, Urbáez y Corredor (2009), estas fallas se pueden clasificar según su origen en dos categorías principales: fallas funcionales o superficiales, que se manifiestan en la parte visible de la superficie del pavimento, y fallas estructurales, que involucran problemas en las capas internas del pavimento (p. 47).

Las fallas funcionales se hacen evidentes cuando el pavimento ya no cumple con su función original de proporcionar un paso seguro y cómodo. Estas fallas suelen estar relacionadas con la capa superficial del pavimento, ya que provocan la pérdida de calidad en la superficie de rodadura y una fricción inadecuada. Para corregirlas, se lleva a cabo una regularización de la superficie mediante la aplicación de capas delgadas de asfalto, que no tienen un impacto estructural significativo en el pavimento.

Por otro lado, las fallas estructurales son problemas más graves que afectan las capas internas del pavimento y, en última instancia, su paquete estructural. Estas fallas pueden ocurrir en una o varias capas del pavimento y provocar un deterioro significativo, lo que a su vez reduce la capacidad del pavimento para soportar cargas y esfuerzos, superando sus capacidades de diseño y construcción originales. La corrección de estas fallas suele requerir refuerzos en el pavimento una vez que se han reparado las fallas identificadas, o incluso una reconstrucción completa del pavimento para que pueda mantener un comportamiento adecuado frente a las demandas del tráfico (Rey, 2018, p.22).

2.3.6 Clasificación de fallas en pavimentos flexibles

La Norma ASTM (2005) define las fallas del pavimento como indicadores externos del deterioro de la superficie del mismo. Algunas fallas típicas que se

encuentran en pavimentos incluyen fisuras, ahuellamiento y peladura superficial (Norma ASTM, 2005, p. 3).

En el caso de los pavimentos flexibles, las fallas se pueden agrupar en cuatro categorías principales:

1. Fisuras y Grietas: Estas son aperturas o rupturas en la superficie del pavimento que pueden variar en tamaño y forma. Pueden ser causadas por tensiones en el pavimento debido al tráfico vehicular, cambios en la temperatura, asentamiento del suelo subyacente, entre otros factores.
2. Deformaciones: Las deformaciones se refieren a hundimientos o abultamientos en la superficie del pavimento. Estos pueden deberse a la compactación inadecuada de las capas del pavimento, el tráfico pesado o problemas en las capas subyacentes.
3. Desintegración: La desintegración implica la pérdida de agregado o material de la superficie del pavimento. Puede manifestarse como desprendimiento de partículas, erosión o desgaste de la superficie debido al tráfico y a condiciones climáticas adversas.
4. Afloramientos y Otros: Esta categoría incluye diversas fallas, como la aparición de áreas blandas o huecas en el pavimento, parches de reparación defectuosos, áreas donde la capa superior se ha desprendido parcialmente y otros problemas similares.

Estos tipos de fallas se utilizan como criterios clave para evaluar el estado de un pavimento flexible y determinar si es necesario llevar a cabo reparaciones o mantenimiento en la carretera en cuestión.

Fisuras y Grietas:





Figura 8. Piel de cocodrilo
Fuente: fotografía 2020 – elaboración propia

Las fisuras en forma de piel de cocodrilo son el resultado de la falla de fatiga en la superficie del pavimento debido a la aplicación repetitiva de cargas de tráfico. Estas fisuras están interconectadas y se asemejan a polígonos variados.



Figura 9. Agrietamiento en

bloque

Fuente: fotografía 2020 – elaboración propia

El agrietamiento en bloque se refiere a un conjunto de grietas interconectadas que generalmente tienen forma rectangular y pueden variar en tamaño, desde 30 x 30 cm hasta 3 x 3 metros. Este tipo de falla suele estar relacionado con la contracción del concreto asfáltico.



Figura 10. Grieta de reflexión de junta.

Fuente: fotografía 2020 – elaboración propia

Las grietas de reflexión de junta son grietas que aparecen de manera transversal y longitudinal en pavimentos asfálticos que están contruidos sobre pavimentos de

concreto. Estas grietas se originan debido al movimiento de las losas de concreto, que puede ser causado por cambios en la humedad o la temperatura.



*Figura 11. Grieta de borde.
Fuente: fotografía 2020 – elaboración propia*

Las grietas de borde son grietas que aparecen de manera paralela en los bordes de los pavimentos, a una distancia que suele estar entre 0.30 y 0.60 metros desde el borde. Estas grietas suelen originarse debido a las cargas del tránsito y a debilitamientos causados por condiciones climáticas adversas.



*Figura 12. Grietas transversales y longitudinales.
Fuente: fotografía 2020 – elaboración propia*

Las grietas longitudinales son aquellas que se extienden en paralelo a la dirección del tránsito, mientras que las grietas transversales se desarrollan

perpendicularmente a la dirección del eje de tránsito. Por lo general, estas fallas no están relacionadas con las cargas del tránsito, sino que se originan debido a la contracción de la superficie del asfalto como resultado de cambios de temperatura, lo que provoca el endurecimiento del asfalto.



*Figura 13. Grietas parabólicas o por deslizamiento.
Fuente: fotografía 2020 – elaboración propia*

Las grietas parabólicas, también conocidas como grietas por deslizamiento, se manifiestan en forma de medialuna y suelen originarse cuando las ruedas de los vehículos frenan o giran, lo que provoca el deslizamiento de la superficie del pavimento.

Deformaciones:



*Figura 14. Abultamientos y hundimientos
Fuente: fotografía 2020 – elaboración propia*

Los abultamientos son deformaciones que se producen en el pavimento, causando un levantamiento en forma de ondas hacia arriba, mientras que los

hundimientos son deformaciones en las que la superficie del pavimento se desplaza hacia abajo, quedando sumergida por debajo del nivel original.



*Figura 15. Corrugación.
Fuente: fotografía 2020 – elaboración propia*

La corrugación es una deformación que se caracteriza por la presencia de crestas y depresiones en la superficie del pavimento, y estas irregularidades suelen tener una longitud menor a 3 metros. Por lo general, las corrugaciones son perpendiculares a la dirección del tránsito y se originan debido a la acción repetitiva del tráfico y a una base inestable.



*Figura 16. Depresión
Fuente: fotografía 2020 – elaboración propia*

Las depresiones son defectos en el pavimento que se caracterizan por presentar una superficie ligeramente más baja que el nivel normal del pavimento circundante.

Estas depresiones pueden deberse a asentamientos en la subrasante o a deficiencias en la construcción del pavimento.



Figura 17. Desnivel carril – berma
Fuente: fotografía 2020 – elaboración propia

Desnivel carril – berma. – “Son deformaciones de desnivel entre el borde del pavimento y la berma, producidos por el asentamiento de la berma o por colocación de nuevas capas en el carril del pavimento sin ajustar el nivel de la berma.



Figura 18. Ahuellamiento
Fuente: fotografía 2020 – elaboración propia

El ahuellamiento es una depresión en la superficie del pavimento causada por las huellas dejadas por las ruedas de los vehículos que circulan sobre él. Este problema

puede originarse tanto por las cargas del tránsito como por una deficiente compactación, lo que resulta en la falta de estabilidad de las capas del pavimento.



*Figura 19. Desplazamiento.
Fuente: fotografía 2020 – elaboración propia*

El desplazamiento se refiere al corrimiento longitudinal de una sección de la superficie del pavimento debido a las cargas del tránsito que ejercen presión sobre el pavimento. Esto puede dar lugar a la formación de una onda corta en la superficie del pavimento. Este problema suele ocurrir en pavimentos de concreto y asfalto cuando las condiciones son propicias para el confinamiento del pavimento.



*Figura 20. Hinchamiento
Fuente: fotografía 2020 – elaboración propia*

Hinchamiento. – “Es una deformación por medio de un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento acompañado por agrietamiento en la superficie, producido por suelos expansivos o por congelamiento de la subrasante”.

Desintegración:



Figura 21. Huecos o baches.

Fuente: fotografía 2020 – elaboración propia

Los huecos o baches son pequeñas depresiones en forma de tazón que se desarrollan en la superficie del pavimento y suelen tener diámetros menores a 90 cm. Estos baches se forman cuando existen puntos débiles en la base o la subrasante del pavimento debido a una estructura deficiente. El crecimiento de estos huecos ocurre a medida que se acumula agua en su interior.



*Figura 22. Pulimiento de agregados.
Fuente: fotografía 2020 – elaboración propia*

El pulimiento de agregados se refiere a la pérdida de resistencia al deslizamiento en la superficie del pavimento, que ocurre como resultado del desgaste causado por las cargas de tránsito repetitivas. Este fenómeno también puede estar relacionado con la falta de agregados en la mezcla asfáltica.



*Figura 23. Peladura y desprendimiento.
Fuente: fotografía 2020 – elaboración propia*

La peladura y desprendimientos se refieren a la desintegración de la superficie del pavimento, que ocurre debido a la separación de las partículas sueltas del agregado.

Esta desintegración puede ser causada por problemas de adherencia entre el agregado y el asfalto, así como por la utilización de asfaltos deficientes o endurecidos.

Niveles de severidad de huecos:

Los niveles de severidad de los baches se fundamentan tanto en el diámetro como en la profundidad. Si el bache tiene más de 750mm, el área debe determinarse en metros cuadrados. Si la profundidad del bache es de 25mm o menor, se considerará bache de severidad media, por otro lado, si el bache tiene una profundidad mayor a 25mm se considerará de severidad alta.

Tabla 1 Nivel de severidad de huecos

Maximum Depth of Pothole	Average Diameter (mm) (in.)		
	100 to 200 mm (4 to 8 in.)	200 to 450 mm (8 to 18 in.)	450 to 750 mm (18 to 30 in.)
13 to ≤25 mm (½ to 1 in.)	L	L	M
>25 and ≤50 mm (1 to 2 in.)	L	M	H
>50 mm (2 in.)	M	M	H

Fuente: ASTM D6433-20 (2023)

Otras fallas:



Figura 24. Exudación

Fuente: fotografía 2020 – elaboración propia

La exudación se produce cuando el material bituminoso en el pavimento emerge hacia la superficie debido al exceso de asfalto en la mezcla. Esto da como resultado una superficie brillante, pegajosa y resbaladiza. Por lo general, este fenómeno se manifiesta en condiciones de altas temperaturas, cuando el asfalto tiende a aflorar hacia la superficie del pavimento.

Causas del surgimiento de fallas

Otra causa que puede provocar fallas en los pavimentos es la insuficiencia estructural. Esto ocurre cuando los pavimentos se construyen utilizando materiales que no cumplen con los requisitos de resistencia necesarios o cuando se cometen errores en el proceso constructivo. Esto puede deberse a diseños deficientes o a la falta de consideración de posibles imprevistos en el futuro.

De igual manera, se pueden mencionar los errores constructivos que se refieren a pavimentos construidos con materiales adecuados y con la resistencia suficiente, pero en los que no se cumplieron los requisitos adecuados, lo que llevó a cometer errores que afectan el comportamiento de la estructura. El Manual de Carreteras (2014) también señala que varios factores contribuyen a las fallas en el pavimento, lo que resulta en una disminución de la calidad de los materiales y el debilitamiento estructural de las capas del pavimento. Estos factores incluyen deficiencias en el proceso constructivo, mezclas inadecuadas, mala compactación, entre otros. Además, estas fallas pueden deberse a causas de fatiga, que se manifiestan cuando las cargas y la frecuencia del tránsito superan las previsiones para las cuales se diseñó inicialmente el pavimento, lo que indica errores previos en el diseño y un aumento en el tráfico. Por último, los factores climáticos también desempeñan un papel importante, ya que las condiciones climáticas desfavorables que no se anticiparon en el proyecto, como el aumento del nivel freático,

inundaciones, lluvias intensas y problemas de drenaje insuficiente, pueden afectar el contenido de humedad del pavimento y la subrasante, lo que a su vez influye en el rendimiento del pavimento.

Índice de Condición del Pavimento

Se comenzó a desarrollar en 1974 por el cuerpo de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos y se publicó en 1978. Su objetivo era establecer un sistema integral de gestión de mantenimiento y rehabilitación para pavimentos tanto flexibles como rígidos. Se ha convertido en uno de los métodos más completos para llevar a cabo la evaluación de pavimentos y ha sido adoptado como un Método Estándar por la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (ASTM D5340).

Índice de Condición del Pavimento (PCI)

La Norma ASTM en 2005 menciona que el método PCI proporciona una medida del estado actual del pavimento a través de la observación de las fallas en su superficie, con el propósito de determinar el tipo de mantenimiento o reparación adecuado. Este método se basa principalmente en calificar las condiciones superficiales de los pavimentos flexibles mediante una inspección visual y la recopilación de datos. Al llevar a cabo un monitoreo continuo mediante el PCI, se puede identificar cómo se deteriora el pavimento y, en consecuencia, se pueden proponer soluciones adecuadas de mantenimiento.

Según lo indicado por Vásquez en 2002, el PCI es un índice numérico que varía desde cero (0) para un pavimento en mal estado o con fallas, hasta cien (100) para un pavimento en perfectas condiciones. El cálculo del PCI se basa en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento, en el cual se establecen la clase, severidad y cantidad de cada tipo de daño presente.

El método del PCI genera un resultado final a través de una escala de calificación que se aplica a los tramos de pavimento, también llamados unidades de muestra. Esto permite obtener una evaluación global de la condición superficial del pavimento.

Parámetros de Evaluación

El catálogo de fallas es uno de los parámetros utilizados en la evaluación de pavimentos, tal como lo contempla el Método del PCI, y se encuentra detallado en el Manual de Daños:

Tabla 2. Tipos de fallas establecidos por el PCI.

Nº	Tipos de Fallas	Unidad
1	Piel de cocodrilo	m2
2	Exudación	m2
3	Agrietamiento en bloque	m2
4	Abultamientos y hundimientos	m
5	Corrugación	m2
6	Depresión	m2
7	Grieta de borde	m
8	Grieta de reflexión de junta	m
9	Desnivel Carril/Berma	m
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m
11	Parches	m2
12	Pulimiento de agregados	m2
13	Baches	und
14	Cruce de Vía Férrea	m2
15	Ahullamiento	m2
16	Desplazamiento	m2
17	Grietas Parabólicas o por deslizamiento	m2
18	Hinchamiento	m2
19	Peladura y Desprendimiento de agregados	m2

Fuente: Vásquez 2002

La tabla muestra los tipos de fallas establecidos por el PCI, los cuales consideran 19 anomalías y cuentan con sus unidades de medida para ser evaluadas. Este método también utiliza el parámetro de severidad para representar el grado de deterioro en

función de su progresión. La severidad baja (L) se caracteriza por vibraciones suaves y ligeras en el vehículo al transitar por la vía, sin causar incomodidad ni requerir reducción de velocidad. La severidad media (M) implica vibraciones más significativas, algunas de las cuales pueden generar rebotes y causar cierta incomodidad, lo que lleva a reducir la velocidad. Por último, la severidad alta (H) se refiere a vibraciones y una incomodidad considerable en el vehículo, lo que requiere una reducción significativa de la velocidad para garantizar la comodidad y la seguridad de los usuarios.

Tabla 3. Nivel de severidad establecida por el PCI.

Nivel de Severidad		
Baja	Low	L
Media	Medium	M
Alta	High	H

Fuente: Vásquez 2002

La tabla muestra los niveles de severidad que presenta cada tipo de falla, como bajo (L), medio (M) y alto (H). Se recurre a su medición para determinar el nivel en el que se encuentra el tipo de la falla. Esta información se obtiene a partir del análisis de cada sección de la vía, teniendo en cuenta el ancho de la calzada. Cada unidad de muestra se inspecciona con el propósito de medir el tipo, la severidad y la cantidad del daño según las dimensiones que puedan variar en función del tipo de falla que se presente.

Tabla 4. Longitudes de unidades de muestreo asfáltico.

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5	46
5.5	41.8
6	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Fuente: Vásquez 2002

Las longitudes de las unidades de muestra de asfalto muestran algunas relaciones de ancho/longitud de pavimento, donde el tamaño del área de la unidad varía en un rango de aproximadamente $230 \text{ m}^2 \pm 93 \text{ m}^2$, lo que podría ser considerado. Esta información se toma del “Manual PCI” de Vásquez, L., 2002, página 3.

Para determinar las unidades de muestra, se recomienda dividir las en áreas iguales para que la evaluación sea más eficiente. El número mínimo de unidades de muestra que se deben evaluar se determina mediante la siguiente ecuación: e^2

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

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 de la sección según el PCI (e=5%).

σ : Desviación estándar del PCI es igual a 10 para pavimentos asfálticos.

Además, las unidades de muestra a evaluar se expresan mediante la siguiente ecuación. Si se necesitan conocer los intervalos de muestreo para la evaluación, se recomienda evaluar todas las unidades de muestra si se requiere una cantidad precisa.

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

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible

n: Número mínimo de unidades a evaluar

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

2.3.7 Cálculo del PCI

Cálculo del Valor Deducido (VD)

Se determina el tipo y grado de gravedad de las fallas encontradas y se registra esta información en el formato correspondiente. La magnitud de la falla puede medirse en términos de área, unidades o longitud, según la naturaleza de la falla. Para calcular la densidad de cada tipo de falla expresada en porcentaje, se divide la cantidad de cada tipo de falla, clasificada por su nivel de gravedad, entre el área total de la unidad de muestra en estudio, y luego se multiplica por 100.

El valor deducido de cada tipo de falla, en función de su nivel de gravedad, se determina utilizando curvas de valor deducido por fallas, las cuales se presentan en el anexo 3 como referencia.

Número máximo admisible del Valor Deducido

Si ninguno de los valores deducidos es mayor a 2, se utiliza el mayor valor deducido como Valor Deducido Corregido. En caso contrario, se determina el número máximo admisible del Valor Corregido. Para determinar el número máximo admisible del Valor Corregido, primero debes crear una lista de todos los valores deducidos, ordenados de mayor a menor. Luego, puedes usar la siguiente ecuación:

$$m_i = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$$

Donde:

m_i : Número máximo admisible de VD

HDV_i : Mayor VD individual para la unidad de muestra.

Valor Deducido Corregido (CDV)

Se determina el número de valores deducidos que son mayores que 2, y luego se obtiene el valor deducido total al sumar todos estos valores deducidos. Luego, para hallar el CDV (Valor Deducido Corregido), se realiza una iteración utilizando el número de valores deducidos mayores que 2 y el valor deducido total en la curva de corrección establecida por el método PCI. Esta curva de corrección se utiliza para ajustar el valor deducido total en función de la cantidad de valores deducidos que superan el umbral de 2 y de acuerdo con el método PCI.

Determinar el PCI

Finalmente, se calcula el PCI (Índice de Condición del Pavimento) de la vía o sección en estudio mediante la sustracción de 100 y el CDV obtenido anteriormente, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$PCI = 100 - CDV$$

Donde:

CDV: Máximo valor deducido corregido

PCI: Índice de Condición del Pavimento

Resultado de la Condición

Rango Numérico. – El índice numérico que varía entre 0 y 100 se utiliza para indicar la condición del pavimento, donde:

- Un valor de 0 indica que el pavimento está en un estado fallado.
- Un valor de 100 indica que el pavimento está en un estado excelente.

Esta escala de 0 a 100 permite evaluar de manera efectiva la calidad y el estado del pavimento, con 0 representando el peor estado posible y 100 el mejor estado posible. Esto se encuentra reflejado en la Tabla 4 del documento de Rey, 2018, página 31, donde se muestran ejemplos de evaluaciones de pavimento con sus respectivos valores numéricos dentro de este rango.

Rango de Clasificación. – “El índice de clasificación se califica desde un estado fallado hasta un estado de pavimento excelente. Este índice proporciona una evaluación numérica que refleja el estado y la calidad del pavimento, donde el puntaje más bajo representa un pavimento en estado fallado y el puntaje más alto indica un pavimento en estado excelente. En otras palabras, este índice abarca todo el espectro de condiciones del pavimento, desde lo peor hasta lo mejor, permitiendo una evaluación completa de su estado”. Rey, 2018

Tabla 5. Rangos de calificación del PCI.

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: Vásquez 2002

La tabla muestra el rango de calificación del PCI (Índice de Condición del Pavimento) que va desde 0 hasta 100, representando el espectro de evaluación desde un pavimento fallado hasta un pavimento en excelente estado, respectivamente. Este rango permite clasificar la condición del pavimento de acuerdo con su valor numérico, lo que es esencial para determinar el nivel de intervención necesario en las diferentes fallas que se presentan en la vía. Esta información se toma del "Manual PCI" de Vásquez, L., 2002, página 2.”

Opciones de mantenimiento o rehabilitación

Es crucial considerar el tipo de mantenimiento o rehabilitación que se llevará a cabo en el pavimento de acuerdo con su condición actual, tal como se evalúa mediante el método del Índice de Condición del Pavimento. Esta consideración es esencial para prolongar la vida útil del pavimento y realizar un trabajo de mantenimiento adecuado (Rey, 2018, p. 32). Además, es importante tener en cuenta que, con el tiempo, la

estructura del pavimento sufrirá daños y deterioro, incluso si se ha diseñado y construido correctamente de acuerdo con todas las especificaciones. Esto resalta la importancia de un mantenimiento periódico y adecuado para preservar la integridad y la calidad del pavimento a lo largo de su vida útil (Jugo, 2005, p. 2).

Tabla 6. Clasificación práctica de mantenimiento PCI.

N°	Falla	Opciones de Reparación		
		Bajo (L)	Medio (M)	Alto (H)
1	Piel de cocodrilo	No se hace nada, sello superficial, sobrecarpeta	Parqueo parcial o en toda la profundidad, sobrecarpeta	Parqueo parcial o en toda la profundidad, sobrecarpeta, reconstrucción.
2	Exudación	No se hace nada.	Se aplica arena / agregados	Se aplica arena / agregados y cilindrado si fuera necesario.
3	Agrietamiento en bloque	Sellado se grietas con ancho mayor a 3mm, riego de sello.	Sellado de grietas, reciclado superficial.	Sellado de grietas, reciclado superficial, escarificado en caliente y sobrecarpeta.
4	Abultamientos y hundimientos	No se hace nada.	Reciclado en frío. Parqueo profundo o parcial.	Reciclado (fresado), parqueo profundo o parcial, sobrecarpeta.
5	Corrugación	No se hace nada	Reconstrucción	Reconstrucción
6	Depresión	No se hace nada	Parqueo superficial parcial	Parqueo superficial parcial o profundo.
7	Grieta de borde	No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3mm.	Sellado de grietas, parqueo parcial o profundo.	Parqueo parcial o profundo.
8	Grieta de reflexión de junta	Sellado para anchos mayores a 3mm.	Sellado de grietas, parqueo parcial.	Parqueo parcial, reconstrucción de junta.
9	Desnivel Carril/Berma	Renivelación de bermas para ajusta al nivel del carril.		
10	Grietas Long. y Transversales	No se hace nada, sellado de grieta mayor a 3mm.	Sellado de grietas.	Sellado de grietas, parqueo parcial.
11	Parches	No se hace nada	No se hace nada, sustitución del parche.	Sustitución del parche.
12	Pulimiento de agregados	No se hace nada, tratamiento superficial, sobrecarpeta, fresado y sobrecarpeta.		
13	Baches	No se hace nada, parqueo parcial.	Parqueo parcial o profundo.	Parqueo profundo.
14	Cruce de Vía Férrea	No se hace nada.	Parqueo superficial, reconstrucción de cruces.	Parqueo superficial o parcial, reconstrucción del cruce.
15	Ahuellamiento	No se hace nada, fresado y sobrecarpeta	Parqueo superficial parcial, fresado y sobrecarpeta.	Parqueo superficial parcial o profundo, fresado y sobrecarpeta.
16	Desplazamiento	No se hace nada, fresado.	Fresado, parqueo parcial.	Fresado, parqueo parcial o profundo.
17	Grietas parabólicas	No se hace nada	Parqueo parcial.	Parqueo parcial.
18	Hinchamiento	No se hace nada	No se hace nada, reconstrucción.	Reconstrucción.
19	Desprendimiento de agregados	No se hace nada, sello superficial, tratamiento superficial	Sello superficial, tratamiento superficial, sobrecarpeta.	Tratamiento superficial, sobrecarpeta, reciclaje, reconstrucción.

En el “Manual PCI” de Vásquez, 2002, se presentan opciones de reparaciones de acuerdo con el nivel de severidad que presenta cada falla. Estas opciones son importantes para tomar acciones adecuadas y optimizar los costos de recuperación. Esto implica que, dependiendo de la gravedad de la falla identificada en el pavimento, se pueden considerar diferentes enfoques de reparación o mantenimiento para abordar de manera eficiente y económica los problemas específicos que afectan al pavimento. Al ajustar las acciones de reparación según el nivel de severidad, se puede maximizar la vida útil del pavimento y administrar los recursos de manera efectiva.

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis General

El método PCI influye significativamente en la evaluación de fallas de las superficies del pavimento flexible de carretera Yanahuanca.

3.2 Hipótesis Específicas

- a. Los parámetros del PCI influyen significativamente en la evaluación superficial del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca.
- b. El cálculo del PCI influye significativamente en la evaluación superficial del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca.
- c. El resultado del PCI influye significativamente en la evaluación superficial del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca.

3.3 Variables (definición conceptual y operacionalización)

3.3.1 Definición conceptual

Índice de Condición del Pavimento

La metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI), tal como se describe en el documento de Vásquez, 2002, se considera como la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, tanto flexibles como rígidos, en el contexto de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. Lo destacable de esta metodología es que es de fácil implementación y no requiere herramientas especializadas adicionales más allá de las que ya forman parte del sistema estándar. Esto significa que se puede utilizar con relativa facilidad

y no implica la adquisición de costosos equipos o software especializados, lo que lo hace accesible y práctico para su aplicación en la gestión de pavimentos.

Evaluación superficial del pavimento flexible

El objetivo fundamental de la evaluación de cualquier pavimento en servicio es identificar el momento óptimo para optimizar la inversión económica en trabajos de mantenimiento y rehabilitación. Esto implica tomar medidas en el momento adecuado para aumentar significativamente la vida útil del pavimento. Esta estrategia busca maximizar la eficiencia y efectividad de los recursos invertidos en la gestión de pavimentos, garantizando que se realicen intervenciones oportunas que prolonguen la durabilidad y el buen estado de las carreteras y calles, lo que a su vez reduce los costos a largo plazo y mejora la seguridad vial.

3.3.2 Definición Operacional

Índice de Condición del Pavimento

Para recopilar datos, se seguirán los requisitos mínimos estipulados por la norma ASTM D5340, la cual se basa en el método del PCI aplicado a pavimentos asfálticos. Se utilizará el formato de recolección de datos diseñado para evaluar el estado del pavimento.

Dimensiones

- Parámetros de evaluación
- Cálculo del PCI
- Resultado de la condición

Evaluación superficial del pavimento flexible

Para medir esta variable, se aplican métodos de evaluación superficial que implican una inspección visual. Esto se lleva a cabo utilizando el manual de evaluación de pavimentos como guía para determinar las características de los indicadores previamente establecidos. Esta metodología se utiliza para evaluar el estado del pavimento en base a observaciones visuales.

Dimensiones

- Tipos de Evaluación
- Clasificación de Fallas
- Causa del surgimiento de fallas

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1 Método de Investigación

En el presente trabajo de investigación, se emplea el método científico como enfoque general.

4.2 Tipo de Investigación

La investigación que se presenta en este trabajo se clasifica como aplicada, ya que se centra en la resolución de problemas en diversas situaciones reales que requieren soluciones concretas. Esta investigación se basa en la revisión de la literatura y las teorías existentes para generar conocimiento que beneficie a la sociedad y proporciona una respuesta a problemas concretos. En última instancia, esta investigación busca abordar y resolver desafíos prácticos y contribuir al desarrollo de soluciones para problemáticas específicas.

Hernández, Fernández y Baptista (2010) señalan que este tipo de investigación “se basa en aportes teóricos y descubrimientos para generar resultados prácticos y beneficiosos. A menudo, se conoce como investigación aplicada debido a su enfoque en la aplicación práctica de los hallazgos”.

4.3 Nivel de Investigación

Descriptivo

Se trata de exponer las variables utilizando teorías relacionadas, es decir, recopila información sobre los conceptos o variables en todos sus aspectos en relación con la realidad que está siendo investigada.

Según Hernández et al. (2010), “Los estudios descriptivos buscan detallar las propiedades, peculiaridades y perfiles de personas, grupos, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que esté sujeto a un análisis”. (p. 80).

Explicativo

El nivel de investigación explicativo se enfoca en la relación causal entre las variables. No se limita únicamente a la descripción del problema, sino que también busca analizar las razones detrás del problema, investigando el por qué y el para qué del objetivo de estudio. Su objetivo principal es proporcionar conclusiones y explicaciones en respuesta a los problemas planteados.

Siguiendo a Hernández et al. (2010), los estudios explicativos van más allá de simplemente describir conceptos o fenómenos, o establecer relaciones entre ellos. Están orientados a desentrañar las causas subyacentes de los eventos y fenómenos, ya sean de naturaleza física o social (p. 84).

4.4 Diseño de la Investigación

El diseño de esta investigación fue no experimental, lo que significa que no se crearon intencionalmente situaciones para el estudio, sino que se observaron situaciones existentes en su entorno natural para su análisis. En esta investigación, no se manipularon las variables. Según Hernández et al. (2010), en este tipo de diseño de investigación, las variables no se alteran intencionalmente, sino que se analizan a través de observaciones en su contexto natural.

Además, esta investigación se considera transversal, como lo señala Hernández et al. (2010), ya que se recopilaban datos en un solo momento para describir las variables

y luego analizarlos. Los datos se obtuvieron en un solo punto en el tiempo y se estudiaron posteriormente, lo que caracteriza este enfoque como una investigación transversal o transeccional.

4.5 Población y muestra

4.5.1 Población

La población objeto de esta investigación es la carretera Yanahuanca, ubicada en la Región de Pasco. El tramo de la carretera en estudio se inicia en el kilómetro 00+000, en la localidad de Paragsha, con una altitud de 4,386.689 metros sobre el nivel del mar. Desde este punto, la carretera desciende por la margen izquierda de la laguna de Alcacocha, presentando curvas con radios que cumplen los valores mínimos requeridos. Luego, atraviesa una zona de terrenos llanos y accidentados hasta llegar al kilómetro 59+212.55. Este tramo específico de la carretera Yanahuanca es el foco de estudio en esta investigación.

Según Borja (2012), “Se denomina población o universo al conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio. Por ello es un conjunto de elementos que comprende objetos la cual se someten a un análisis de una investigación” (p. 30).

4.5.2 Muestra

En esta investigación, se llevará a cabo la evaluación del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca, y esta evaluación se realizará utilizando un conjunto de 14 muestras que abarcan un total de 2,100 metros de la carretera. A continuación, se proporcionan más detalles al respecto:

1. kilómetro 5+500, margen izquierda, acceso a la localidad de Raucan.
2. kilómetro 12+340, margen izquierda, acceso hacia Rancas.

3. kilómetro 12+450, margen derecha, acceso hacia Goyllarisquizga
4. kilómetro 14+570, margen derecha, acceso hacia Goyllarisquizga
5. kilómetro 19+900, margen derecha, acceso hacia Vilcabamba.
6. kilómetro 21+600, margen izquierda, acceso hacia Gorgorin.
7. kilómetro 22+660, margen derecha, acceso hacia Vilcabamba.
8. kilómetro 32+500, se ubica la Tambopampa
9. kilómetro 37+500, se ubica la Cuipan
10. kilómetro 41+000, se ubica la Ayayoc
11. kilómetro 46+000, margen derecha, acceso hacia Palca
12. kilómetro 49+600, margen izquierda, acceso hacia Complejo arqueológico Ichugán.
13. kilómetro 50+000, se ubica el centro poblado Chipitata
14. kilómetro 54+700, margen derecha, acceso hacia Huaylasjirca - Rocco

De acuerdo con la afirmación de Valderrama (2013), una muestra se define como un subconjunto que representa fielmente a un universo o población. Esto se logra cuando se utiliza la técnica de muestreo adecuada, y la muestra refleja las características de la población de la que se deriva (p.184).

Muestreo

Para esta investigación, se llevará a cabo un muestreo no probabilístico intencional, ya que la carretera que se va a evaluar se selecciona según criterios específicos y no al azar. Esta elección se basa en la importancia de evaluar una de las carreteras más transitadas, lo que justifica su evaluación periódica.

Siguiendo la definición de Valderrama (2013), el muestreo no probabilístico implica la selección de la muestra por razones de conveniencia y según criterios

preestablecidos. En este caso, se utiliza un muestreo intencional, que se caracteriza por un esfuerzo deliberado para obtener muestras representativas al incluir en la muestra grupos que se consideran típicos o representativos de la población en estudio. (p. 193).

4.6 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos de esta investigación se toma en cuenta las siguientes técnicas:

La observación: Iniciaremos el proceso con la observación inicial, ya que esta será la primera acción llevada a cabo para evaluar el pavimento flexible objeto de estudio. A continuación, procederemos con una observación y evaluación detallada, seguida de la recolección de datos para su posterior análisis.

Bibliografía: La teoría se desarrollará tomando en consideración textos existentes que se fundamenten en los conceptos principales de las variables en estudio.

Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos son los medios utilizados para recopilar la información o datos necesarios. En el contexto de esta investigación, el instrumento empleado para medir las variables consiste en la hoja de registro, específicamente el “Formato de evaluación bajo procedimientos del método del PCI”. A través de esta hoja de registro, se recopilarán los datos necesarios para la evaluación del pavimento en estudio.

4.7 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

En esta investigación, el análisis de datos se llevará a cabo utilizando el programa Microsoft Excel como una herramienta de hoja de cálculo. Este programa se utilizará

para procesar los datos y realizar la evaluación del pavimento flexible. Los resultados se presentarán a través de gráficos y tablas, lo que permitirá una representación visual de los hallazgos obtenidos.

4.8 Aspectos éticos de la Investigación

El investigador se compromete a cumplir estrictamente y en todos sus extremos los siguientes artículos del Reglamento general de investigación de la Universidad Peruana Los Andes:

1. **Art. 27°. PRINCIPIOS QUE RIGEN LA ACTIVIDAD INVESTIGATIVA**
(incisos a, b, c, d, e y f).

2. **Art. 28°. NORMAS DE COMPORTAMIENTO ÉTICO DE QUIENES INVESTIGAN** (incisos a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k).

Asimismo, se compromete a dar estricto cumplimiento de lo normado en el código de ética y el reglamento de propiedad intelectual.

Del mismo modo, cumplirá estrictamente el **Art. 4° incisos del “a” hasta el “f” del código de ética** para la Investigación de la Universidad Peruana Los Andes.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

En esta sección, se proporciona información detallada sobre los datos de campo recopilados mediante la inspección y evaluación superficial del pavimento de la carretera Yanahuanca en la región de Pasco. Se utiliza el método del Índice de Condición del Pavimento para evaluar cada muestra analizada. Además, se incluyen imágenes que destacan los principales problemas o deficiencias encontrados en la ruta investigada.

5.1 Exposición de resultados obtenidos

En el margen izquierdo de la laguna de Alcacocho, se evaluará la Superficie Flexible de la Vía Expresa Yanahuanca, que abarca 14 muestras con una suma de 5.000 m.



Figura 24. Ubicación de la carretera

Fuente: Google maps.

5.1.1 La altitud

La elevación que posee es de 4329 m.s.n.m. aproximadamente.

5.1.2 Las condiciones climáticas

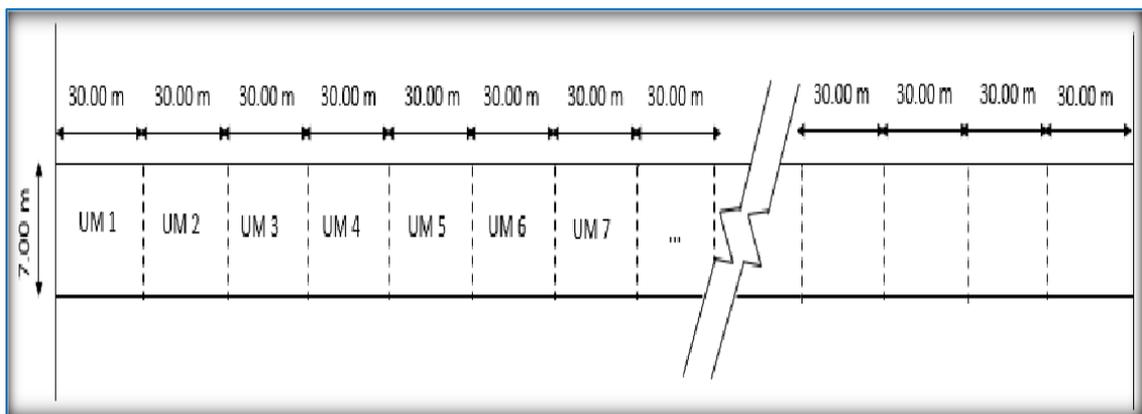
La temperatura es aproximadamente de 5°C y presenta vientos aproximadamente de 12 a 14 km/h.

5.1.3 Las unidades de muestreo

El área debe dividirse en unidades de muestra, con un tamaño de 210 - 93 m². Dado que la longitud de la autopista es de 5000 m y el ancho es de 7 m, cada unidad de muestra tendrá un área de 210 m² y una longitud de 30 m. Esto se ajusta a la teoría de la unidad de muestra indicadora del estado de la superficie.

Siguiendo la teoría del método probado, el número total de unidades de muestra a evaluar se determina en 14, dividiéndolas de la siguiente manera:

Tabla 7. Unidades de muestra seccionadas



Fuente: Elaboración propia

En este estudio se optó por un muestreo deliberado, ya que la autopista se seleccionó y evaluó de acuerdo a criterios específicos definidos por la investigación. Esto se debe a que la autopista en cuestión es una de las más transitadas y se someterá a evaluaciones periódicas, lo que justifica su elección basada en sus propios criterios.

Tabla 8. Unidades de muestreo a evaluar.

Unidades de muestreo	Progresiva inicial	Progresiva final
UM 01	5+000	5+500
UM 02	11+290	12+340
UM 03	12+400	12+900
UM 04	14+070	14+570
UM 05	19+400	19+900
UM 06	21+100	21+600
UM 07	22+160	22+660
UM 08	32+000	32+500
UM 09	37+000	37+500
UM 10	40+500	41+000
UM 11	45+500	46+000
UM 12	49+100	49+600
UM 13	49+700	50+300
UM 14	54+200	54+700

Elaboración propia

Las unidades de muestreo consideradas en esta revisión fueron 14, cada una con su correspondiente secuencia, cada una con un cierto tramo de la carretera.

5.1.4 Saneamiento de fallas

Para abordar las fallas se empleó una herramienta de recolección de datos que siguió una guía de daños. Este proceso se realizó utilizando un método indicador del estado de la superficie, el cual se basó en la inspección visual de la

de ocurrencias o daños detectados.

Para determinar el valor inferido (VD), se puede realizar un ejemplo utilizando la curva de valor inferido correspondiente al asfalto, en este caso, se adjunta la piel de cocodrilo como un aditivo. Para ilustrar, ingresamos al histograma a través de la tabla con una densidad de 3.76% y baja severidad (L), lo que resulta en un valor inferido de 17. Este mismo proceso se repite en todos los demás casos, utilizando las curvas de valor inferido correspondientes a cada situación específica.

Los valores obtenidos se organizan en orden descendente de acuerdo con el valor más alto de la tasa de variación (RV(m)), que se calcula como 2 más el 0,68 multiplicado por el sexto valor de la derivada. Luego, se calcula la suma de estos valores y se tabulan en relación al valor de la curva derivada ajustada (VDC). Para este caso, se tabulan los valores de VDT 157, 48 y q 6 para obtener un valor de VCC igual a 80, similar al ejemplo dado:

Finalmente, se aplica la fórmula teórica proporcionada para calcular el PCI. En este caso, se resta 100 del valor de VDC más alto, que es 80, para obtener un PCI de 20. Esto indica que la condición del pavimento de la muestra 01 se considera muy mala.

A continuación, se presentan todas las tablas de recopilación de datos del pavimento blando evaluado, que incluyen los resultados del Índice de Condición del Pavimento (PCI).

5.1.6 Síntesis de resultados obtenidos

La tabla siguiente presenta un resumen de los resultados del Índice de Condición del Pavimento (PCI) clasificados por diversos tipos de defectos, niveles de severidad y el número de fallas que se detectaron durante la recopilación de datos en la carretera de prueba.

Tabla 10. Resumen de resultado de PCI.

SECCION	Progresiva		PROGRESIVA DE ESTUDIO		PCI	CATEGORIA
UM 01	5+000	5+500	5+150	5+180	20	Muy malo
UM 02	11+290	12+340	11+300	11+330	33	Malo
UM 03	12+400	12+900	12+450	12+480	42	Regular
UM 04	14+070	14+570	14+350	14+380	40	Regular
UM 05	19+400	19+900	19+620	19+650	33	Malo
UM 06	21+100	21+600	21+200	21+230	42	Regular
UM 07	22+160	22+660	22+200	22+230	28	Malo
UM 08	32+000	32+500	32+460	32+490	26	Malo
UM 09	37+000	37+500	37+200	37+230	42	Regular
UM 10	40+500	41+000	40+900	40+930	40	Regular
UM 11	45+500	46+000	45+600	45+630	42	Regular
UM 12	49+100	49+600	49+160	49+190	26	Malo
UM 13	49+700	50+300	49+800	49+830	28	Malo
UM 14	54+200	54+700	54+300	54+330	42	Regular
			PROMEDIO		40.33	REGULAR

Elaboración propia.

En la Tabla 09, basándonos en los datos recopilados, podemos concluir que el pavimento a lo largo de la Vía Expresa Yanahuanca tiene un índice de 40.33, lo que se traduce como una condición normal del pavimento.

En última instancia, en la actualidad, la Autopista Yanahuanca se encuentra en una condición estable. La figura siguiente muestra el porcentaje de tipos de defectos que se detectaron durante la evaluación en todas las unidades de muestra analizadas.

Tabla 11. Porcentaje total de condición de pavimento.

ESTADO	TOTAL, PCI	TOTAL, PCI (%)
Bueno	185	32.29%
Regular	252	43.98%
Malo	116	20.24%
Muy malo	20	3.49%

Elaboración propia

En el gráfico 10, se destaca el porcentaje general del Índice de Condición del Pavimento, siendo la condición normal la predominante con un índice general del 43.33%.

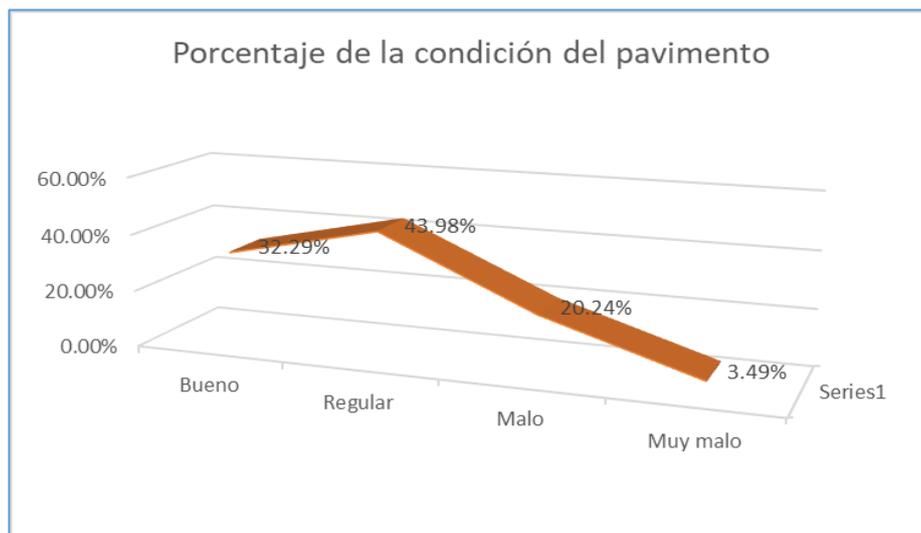


Figura 25. Porcentaje de condición de pavimento en las unidades de muestra

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 25, se observa la evaluación de las condiciones de la vía, que se dividen en las categorías de buena, normal, mala y muy mala. La condición normal es la más común, representando el 43.98% del total de unidades de muestra. Le sigue la condición buena con un 32.29%, luego la mala con un 20.24%, y finalmente, la muy mala con un 3.49%. No se evaluaron otras condiciones en los

segmentos de la carretera.

Asimismo, el siguiente gráfico resume el número total de categorías de daños por gravedad, presentando un desglose de las unidades de muestra calificadas.

Tabla 12. Metrados de fallas

Fallas presentes	Unidad de medida	Nivel de severidad		
		Alto	Medio	Bajo
Piel de cocodrilo	m2	3.91	95.76	71.63
Agrietamiento en bloque	m2	0	17.72	43.77
Depresión	m2	4.71	11.47	1.9
Grieta de borde	m	7.2	30.05	11.65
Grietas Longitudinales y Transversales	m	5.5	33.8	16.65
Parches	m2	0	9.5	3.67
Baches	und	5	20	25
Desprendimiento de agregados	m2	0	12.26	4.45

Elaboración propia

El número total de defectos en la evaluación del metraje se encuentra predominantemente en el nivel de severidad en toda la carretera analizada. El defecto más destacado en la autopista es la presencia de "pieles de cocodrilo" con una severidad promedio de 95.76 m². Este defecto parece ser el más significativo en la carretera.

5.1.7 Errores presentes: sus causas principales

Error por fatiga

Este tipo de daño se origina a partir de grietas interconectadas en la superficie del pavimento, creando pequeños polígonos que se asemejan a la piel de cocodrilo. Esta es la falla vial más común en carreteras y, por lo tanto, es crucial investigar la causa subyacente de este problema.

5.1.8 Las causas

La causa principal de este problema es la fatiga de la capa de rodadura asfáltica. Esta fatiga ocurre debido a que la acción repetida de carga del tráfico comienza a debilitar la capa asfáltica desde abajo. Cuando el estrés y la deformación son más pronunciados debido al impacto de la carga de las ruedas de los vehículos, las grietas comienzan a desarrollarse en la superficie y eventualmente se fusionan para formar patrones poligonales que se asemejan a la piel de cocodrilo.

Es importante destacar que este problema también puede estar relacionado con la deformación causada por una carga excesiva o compresión en el subsuelo. Cuando no hay una base granular adecuada o existe material compresible, estas fisuras permiten que grandes cantidades de agua se filtren o infiltren en el pavimento, lo que acelera el proceso de deterioro.

Además, otra causa de este problema puede ser el fallo de la barra de soporte de la traviesa en conjunto con un espesor de capa insuficiente, lo cual suele ser resultado de una construcción inadecuada. Aunque este tipo de situaciones ocurren con mayor frecuencia en vías de distribución.

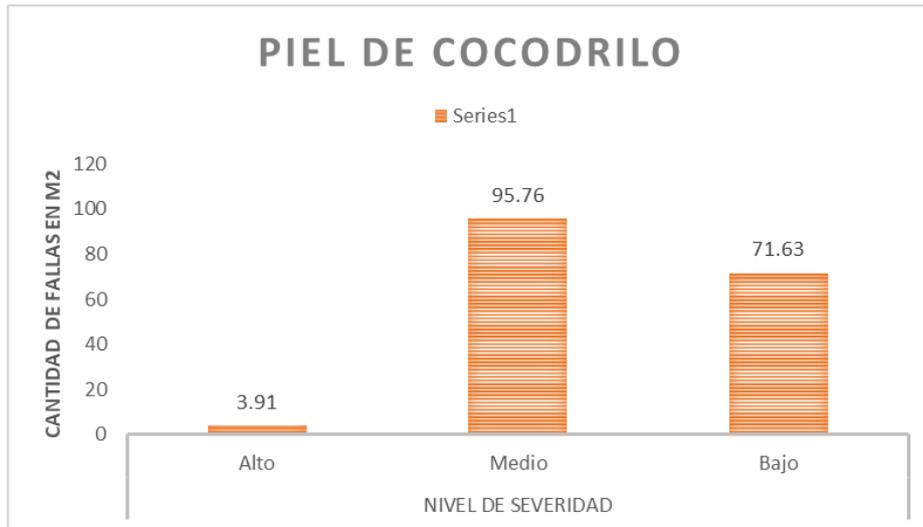


Figura 26. Nivel de severidad de piel de cocodrilo.

Elaboración propia

En consecuencia, se presume que este tipo de daño, que es más común, está estrechamente vinculado al tráfico de vehículos pesados. Se observa principalmente en los tramos iniciales evaluados y se relaciona con el paso de vehículos desde clases más livianas hasta los más pesados. Con esto en mente, el Apéndice 6 realizó un control manual del volumen de tráfico con el objetivo de evaluar si la carretera designada está clasificada adecuadamente según las directrices establecidas por la Dirección General de Carreteras.

Según el "Manual de Carreteras de Diseño Geométrico", la clasificación por demanda indica que este es el segundo tipo de carretera, ya que tiene un ancho de carril doble en comparación con cada carril. Del mismo modo, en el caso de este tipo de Índice de Demanda de Mayor Ancho (IMDA), el IMDA debe corresponder a 2000 Car400, lo que significa que se basa en la producción de automóviles, y el IMDA se estableció en 1910 para manejar la mayor demanda de mayores necesidades. En relación al transporte, se puede concluir que el tipo de daño tipo "piel de cocodrilo" en la carretera es causado por el

exceso de transporte. Además, se llega a la conclusión de que al diseñar la superficie de la carretera, no se anticipa la capacidad de carga esperada.

5.1.9 Errores de agrietamiento en bloque

El agrietamiento de los bloques es otro problema común, y sus principales causas están relacionadas con los materiales utilizados en la construcción y las condiciones climáticas que provocan la contracción debido a las fluctuaciones de temperatura en la mezcla asfáltica.

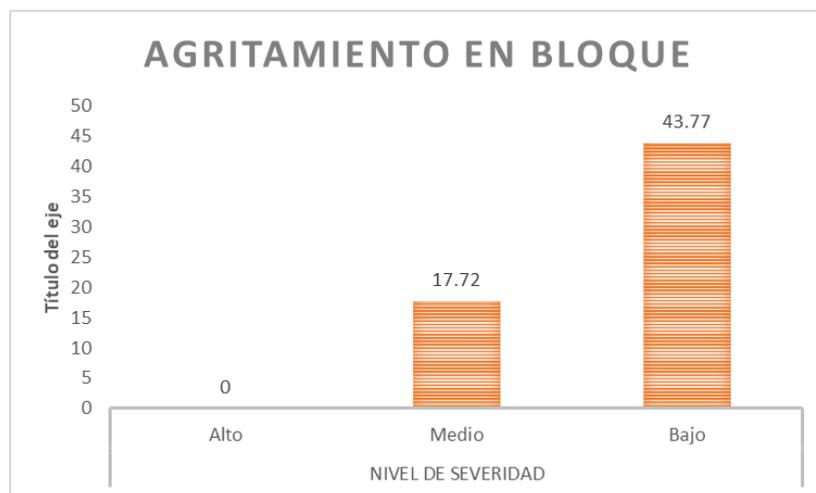


Figura 27. Nivel de severidad de agrietamiento en bloque.

Elaboración propia.

5.1.10 Errores de depresión

Otro defecto es la depresión, que se observa en ciertos tramos de la vía, principalmente con una severidad de resistencia media. La causa principal de este problema es el asentamiento o la mala calidad estructural.

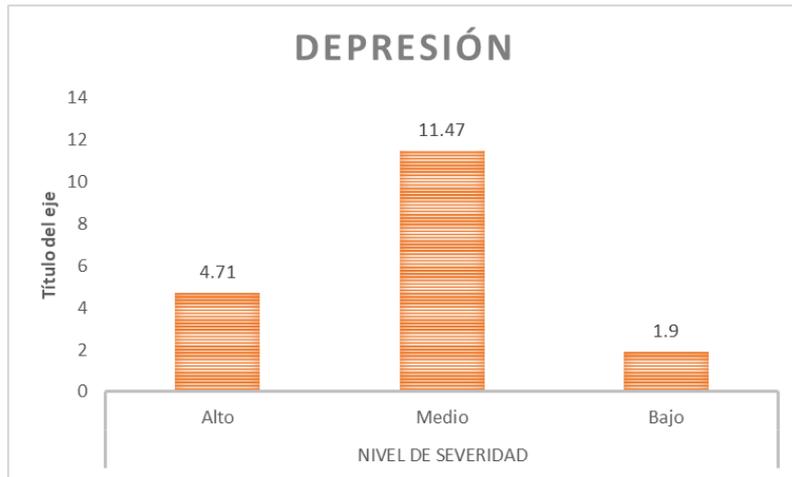


Figura 28. Nivel de severidad de depresión.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.11 Errores de grietas de borde

El defecto que se identifica es la grieta de borde, y esto se debe principalmente a la falta de límites de montículos laterales, lo que resulta en una formación más rápida de grietas en el borde debido a las cargas de tráfico.

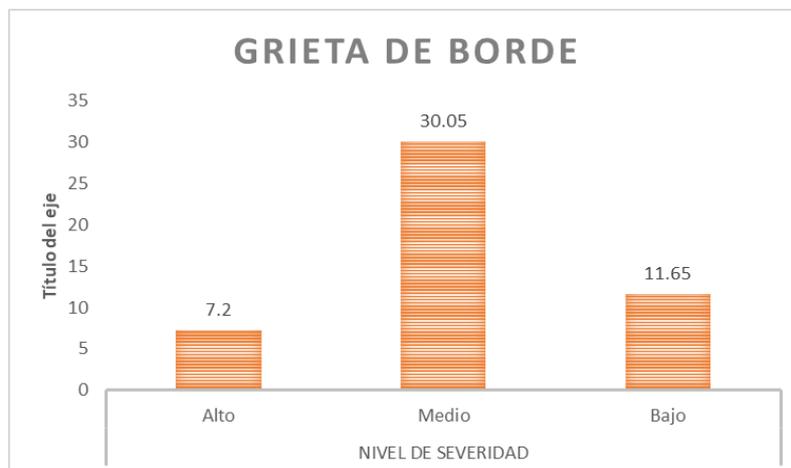


Figura 29. Nivel de severidad de grieta de borde.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.12 Errores de grietas longitudinales y transversales

Asimismo, a lo largo de casi todo el tramo de la vía se observan grietas verticales y horizontales, que pueden ser resultado de la mala calidad de los

materiales utilizados en la construcción, así como de la contracción del pavimento asfáltico o del endurecimiento del asfalto debido a las fluctuaciones de temperatura.

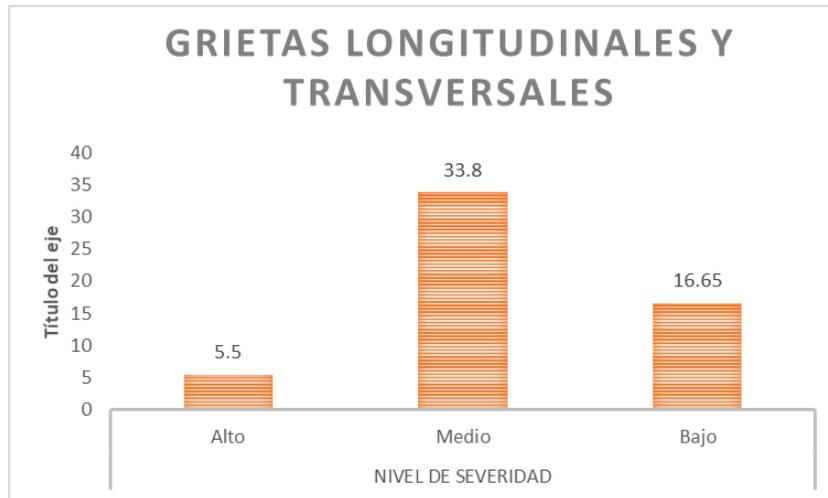


Figura 30. Nivel de severidad de grietas longitudinales y transversales.

Elaboración propia

5.1.13 Errores de parches

También se han identificado "áreas parchadas", las cuales se deben a los trabajos de remodelación realizados por la municipalidad, así como a la interacción con los medios de comunicación. A lo largo de la carretera, se observan niveles moderados debido al desgaste limitado.

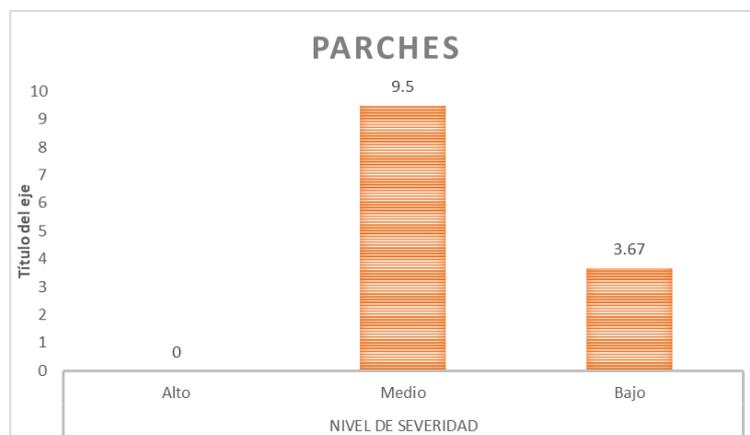


Figura 31. Nivel de severidad de parches.

Elaboración propia

Además, se han observado problemas como baches y desprendimiento de agregados en la carretera.

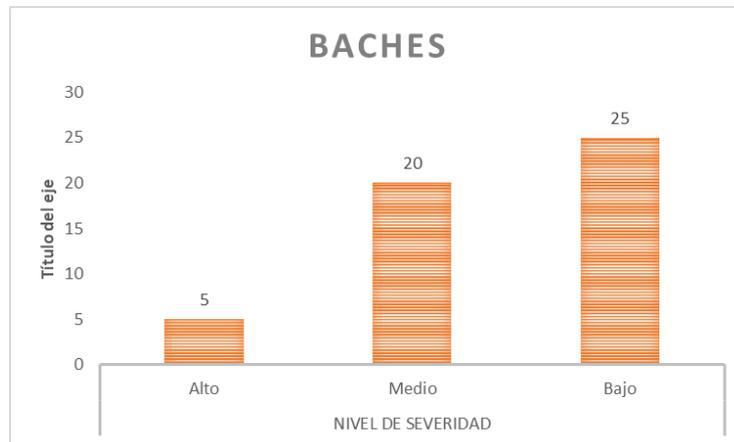


Figura 32. Nivel de severidad de baches.

Elaboración propia.

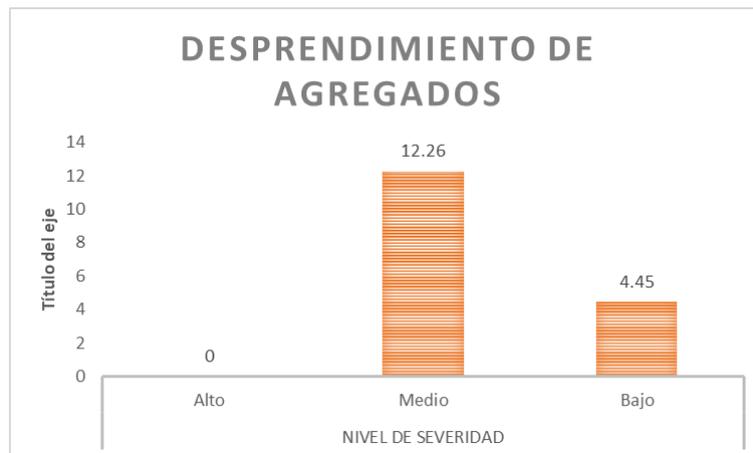


Figura 33 Nivel de severidad de desprendimiento de agregados.

Elaboración propia.

Estos datos serán de gran importancia en la planificación de futuras reparaciones en la carretera evaluada. Contamos con las mediciones de los defectos, lo que permitirá estimar los costos necesarios para llevar a cabo las reparaciones adecuadas.

5.1.14 Técnicas de mantenimiento y rehabilitación

El pavimento flexible evaluado actualmente se encuentra en condiciones normales, con la mayoría de sus defectos calificados como bajos o moderados en severidad. Este es un momento oportuno para llevar a cabo intervenciones de mantenimiento, que en su mayoría incluirían la reposición del asfalto, así como la reparación de unidades dañadas y el sellado de grietas en cantidades mínimas. Los defectos identificados son de gravedad baja o moderada, lo que permite realizar un mantenimiento básico sin necesidad de cerrar completamente la carretera. Sin embargo, se considerará un enfoque más intensivo para reemplazar la capa de asfalto y rellenar grietas en casos de defectos severos.

Tabla 13. Acciones de mantenimiento

Fallas presentes	Acciones de mantenimiento		
	Bajo	Medio	Alto
Piel de cocodrilo	Sello de riego de liga o imprimación superficial.	Sobre carpeta o recape, parcheo parcial.	Fresado y reconstrucción.
Agrietamiento en bloque	Sello de riego de liga o imprimación superficial.	Sobrecarpeta, escarificado y reciclado superficial.	-----
Depresión	No se realiza ninguna acción.	Parcheo superficial parcial.	Parcheo superficial o profundo.
Grieta de borde	No se realiza ninguna acción.	Sellado de grietas y parcheo parcial.	Parcheo parcial o profundo.
Grietas longitudinales y transversales	Sello de grietas o imprimación superficial.	Sellado de grietas.	Sellado de grietas y parcheo.
Parches	No se realiza ninguna acción.	Sustitución parcial de parche.	-----
Baches	Parcheo parcial.	Parcheo o bacheo parcial o profundo.	Parcheo o bacheo profundo.
Desprendimiento de agregados	Sello superficial.	Sobrecarpeta o recape.	-----

Los pasos a seguir en el proceso de mantenimiento dependen del tipo de defecto que se encuentre, así como de su severidad. Por lo tanto, es importante abordarlos lo antes posible para garantizar la integridad y seguridad de la carretera.

5.2 Contrastación de hipótesis

Se ha seguido el siguiente procedimiento:

1. En primer lugar, se formula la hipótesis nula y luego se plantea la hipótesis alternativa. Posteriormente, se utilizan los datos experimentales presentados en las tablas de errores desarrolladas. A partir del análisis e interpretación de cada hipótesis, se determina si se confirma o se rechaza.

Ho: “El método PCI **no** influye significativamente en la evaluación de fallas de las superficies del pavimento flexible de carretera Yanahuanca”.

Ha: “El método PCI influye significativamente en la evaluación de fallas de las superficies del pavimento flexible de carretera Yanahuanca”.

Para probar la hipótesis general, se emplearon los datos de la Tabla 09, que resumen los puntajes de PCI para cada tipo de defecto identificado en cada muestra, junto con el PCI promedio resultante de 40,33, lo cual corresponde a la clasificación normal.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Basándose en los estudios realizados, se ha concluido que después de la fase de construcción es fundamental incluir una fase de curado. Para llevar a cabo esto de manera efectiva, es necesario realizar una evaluación preliminar de la superficie de la carretera y, en consecuencia, mantener adecuadamente el pavimento. Si bien esto es cierto, es importante destacar que llevar a cabo evaluaciones periódicas o preventivas es esencial para evitar situaciones más graves, como reparaciones extensas, que pueden resultar en costos de mantenimiento mucho mayores, Como menciona (Oblitas, 2021), el Índice de Condición del Pavimento (PCI) es una medida numérica utilizada para evaluar la superficie de un pavimento mediante inspección visual. Este método permite determinar los niveles de servicio del pavimento sin requerir el uso de equipos de auscultación costosos. El rango de escala del PCI va desde 0 (indicando un pavimento en estado fallado) hasta 100 (indicando un pavimento en excelente estado), según la norma ASTM D6433. Además, los valores del PCI proporcionan información valiosa para determinar la intervención adecuada que se requiere en cada tramo de la vía.

Los resultados del estudio fueron presentados por 40.33 indicadores de condiciones de la superficie de la carretera, en posiciones o paquetes normales si es necesario.

Así similar (VARGAS, 2021) En otras palabras, las muestras que tienen una condición de "Excelente" y "Muy Bueno" representan cada una el 30% del total de muestras seleccionadas para evaluación. Luego, el estado "Bueno" representa el 35% del total de muestras, y finalmente, el estado de "Regular" representa el 5% del total de muestras, En resumen, el índice de condición promedio entre todas las muestras seleccionadas es del 76.60%, lo que indica que el estado de los tramos evaluados, en promedio, se encuentra en la categoría de "Bueno" (PCI = 76.60)

En caso de (RÍOS, 2020) Las metodologías Vizir y ASTM, además de clasificar y describir los tipos de daños, también establecen tres niveles de severidad y proporcionan recomendaciones para calcular un índice de condición del pavimento. Como se puede notar, solo un 4% de las investigaciones realiza cálculos de indicadores de la condición de la vía, otro 4% calcula los niveles de severidad en las fallas, y un 4% se adhiere a una norma o manual. Esto pone de manifiesto la necesidad de ampliar la investigación en esta área y explorar más a fondo estos aspectos.

(REAL Y OTROS, 2021) En cuanto al daño por ahuellamiento, se observa que todos los valores se sitúan muy por debajo del 100% de daño, lo que indica que la estructura del pavimento tiene la capacidad de resistir durante un período de diseño prolongado. En términos generales, se observa que en climas fríos, independientemente del valor de CBR, se registran los mayores niveles de daño.

Después de evaluar diversas metodologías, se concluye que la incorporación de bitrenes tiene un impacto significativo en la reducción del daño por fatiga y ahuellamiento. Esto, a su vez, contribuye a prolongar la vida útil de la estructura del pavimento asfáltico.

CONCLUSIONES

Se llegaron a las siguientes conclusiones como resultado de la investigación:

- Se llevó a cabo la evaluación de la apariencia del pavimento flexible en la Carretera Yanahuanca, ubicada en la región de Pasco, utilizando el método del Índice de Condición del Pavimento. La clasificación de la condición del pavimento no se considera rígida y se realiza con el propósito de planificar futuros trabajos relacionados.
- Se establecieron los criterios para la evaluación visual de la superficie del pavimento flexible en la carretera Yanahuanca. Se utilizó un catálogo de daños basado en el método PCI, que permite registrar 8 tipos de daños. La severidad de los daños se clasifica de menor a mayor en cada tramo vial, y se tomaron muestras en 14 unidades de acuerdo con el procedimiento del método.
- Se realizaron cálculos para determinar el Índice de Condición del Pavimento y evaluar la calidad de la superficie elástica de la carretera. Los datos obtenidos en cada unidad de muestreo se procesaron según el procedimiento del método utilizado.
- Finalmente, se determinó el estado del pavimento flexible mediante el método indicador de condición de la superficie de la carretera en la autopista. Se obtuvo una puntuación PCI de 40.33 en el resumen de resultados, lo que indica un estado normal del pavimento y sugiere que es adecuado para futuras intervenciones.

RECOMENDACIONES

- Ampliar el estudio de evaluación de daños en pavimentos flexibles a todas las carreteras de alto tráfico con el fin de identificar áreas con un alto grado de deterioro y realizar intervenciones específicas según el tipo de daño detectado.
- Antes de llevar a cabo cualquier intervención en el pavimento, es esencial realizar un diagnóstico exhaustivo para identificar de manera precisa el problema que afecta a la carretera y el tipo de falla presente. Esto permitirá seleccionar la solución más adecuada que cumpla con los requisitos de la vía y garantice una mayor durabilidad de los pavimentos.
- Promover una cultura de mantenimiento preventivo más frecuente, con el objetivo de evitar que las reparaciones viales se realicen en condiciones más severas o cuando se presenta una falla estructural. La realización de mantenimiento preventivo reduce los costos a largo plazo.
- Familiarizarse con las especificaciones de mantenimiento vial establecidas por el MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) para aplicar de manera efectiva los métodos de mantenimiento requeridos para el pavimento.
- Mantenerse actualizado constantemente sobre las últimas innovaciones en diseño de recubrimientos flexibles y métodos de curado. La evolución en esta área es continua, por lo que es importante estar al tanto de los cambios y avances que puedan influir en el desarrollo profesional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASTM D6433-20 (2023). Práctica estándar para encuestas de índices de condición del pavimento en carreteras y estacionamientos. <https://www.astm.org/d6433-20.html>
2. Ciencia En, S., & Pc, №1. (2019). PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS MEDIANTE EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) METHODOLOGY PROPOSAL FOR THE EVALUATION OF PAVEMENTS APPLYING THE PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) Autores. 58–71.
3. Contreras Ferreyra, D. U., & COFD920131HMNNRN08. (2020). Cuantificación de la infiltración superficial en pavimentos flexibles mediante pruebas in-situ. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/3156
4. Felipe, D., Manuel, R., & Montaña, G. (n.d.). Evaluación estructural de pavimentos flexibles considerando la circulación de vehículos de carga tipo bitrén.
5. María, D., García, Y., Luis, A. M., & Díaz Huiza, H. (2018). FACULTAD DE INGENIERÍA.
6. Oblitas-Gastelo, B. E., Ingrid, ;, Medina-Cardozo, I., Carmen, ;, & Paredes-Asalde, R. (n.d.). Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos International evenness index and pavement condition index for defining pavement serviceability levels. Revista ITECKNE-Universidad, 18(2), 2021–2170. <https://doi.org/10.15332/iteckne>
7. Ríos Cotazo, N. X., Bacca Cortés, B., Caicedo Bravo, E., Orobio Quiñónez, A., Ríos Cotazo, N. X., Bacca Cortés, B., Caicedo Bravo, E., & Orobio Quiñónez, A. (2020). Revisión de métodos para la clasificación de fallas superficiales en pavimentos flexibles.

Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 30(2), 109–127.
<https://doi.org/10.18359/RCIN.4385>

8. Vargas López, S. A., & Vargas López, S. A. (2021). Cálculo del índice de condición del pavimento flexible (PCI) en un tramo de la avenida américa oeste de la ciudad de Trujillo. Universidad Privada Antenor Orrego.
<https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/7224>
9. Armijos Salinas, C. R. (2009). Evaluación superficial de algunas calles de la ciudad de Loja.
10. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Particular de Loja, Loja.
11. ASTM D 5340 – 98 American Society for Testing and Materials. Índice de Condición de Pavimentos (PCI). España: ASTM, 2005. 51 pp.
12. Bandara, N., y Gunaratne, M. (2001). Current and future pavement maintenance prioritization based on rapid visual condition evaluation. *J. Transp. Eng*, 127, 116- 123.
13. Borja, M. (2012). Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo, Perú.
14. Brown, R. (1988). Preventative maintenance of asphalt concrete pavements. National Center for Asphalt Technology.
15. Chong, G., y Phang, W. (s.f.). Improved Preventive Maintenance: Sealing Cracks in Flexible Pavements Cold Regions, 12-19.
16. Coronado, J. (2002). Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. Guatemala: Usaid.
17. Corros, M., Urbáez, E., y Corredor G. (2009). Diseño de Pavimentos I Evaluación de Pavimentos. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

18. Coy Pineda, O. M. (2017). Evaluación superficial de un pavimento flexible de la calle 134 entre carreras 52ª a 53C comparando los métodos VIZIR Y PCI. (Tesis de pregrado). Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.
19. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de carreteras, Suelos, geología, geotecnia y pavimentos Sección suelos y pavimentos. Perú: MTC, 2014. 301 pp.
20. Montejo, A. (2002). Ingeniería de Pavimentos para carreteras. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia.
21. Park, K., Thomas, N., y Wayne, K. (2007). Applicability of the International Roughness Index as a Predictor of Asphalt Pavement Condition. J. Transp. Eng.133, 706-709.
22. Pinilla Valencia, J. A. (2007). Auscultación, calificación del estado superficial y evaluación económica de la carretera sector puente de la Libertad – Maltería desde el K0+000 hasta el K6+000 (código 5006). (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Manizales.
23. Rabanal Pajares, J. E. (2014). Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de evitamiento norte, utilizando el método del Índice de Condición del Pavimento. Cajamarca – 2014. (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Lima.

Anexos

Matriz de consistencia

Formulación del problema	Objetivos	Marco teórico	Hipótesis	Variables e indicadores	Metodología
Pregunta general	Objetivo general	Bases teóricas	Hipótesis general	Variable Dependiente:	TIPO: APLICATIVA
¿De qué manera el método PCI influye en la evaluación de fallas de las superficies del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca?	Determinar de qué manera el método PCI influye en la evaluación de fallas de las superficies del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca	Pavimento Clasificación de pavimento Pavimentos flexibles Pavimento Rígido Pavimento mixto	El método PCI influye significativamente en la evaluación de fallas de las superficies del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca	Evaluación superficial del pavimento flexible	NIVEL: DESCRIPTIVO - EXPLICATIVO
Preguntas específicas	Objetivos específicos		Hipótesis específicas	Variables Independiente	POBLACIÓN: Carretera Yanahuanca
a. ¿De qué manera los parámetros del PCI influyen en la evaluación superficial del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca?	a. Determinar de qué manera los parámetros del PCI influyen en la evaluación superficial del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca		a. Los parámetros del PCI influyen significativamente en la evaluación superficial del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca	Índice de Condición del Pavimento	MUESTRA: 14 PUNTOS DE LA CARRETERA
b. ¿De qué manera el cálculo del PCI influye en la evaluación superficial del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca?	b. Determinar de qué manera el cálculo del PCI influye en la evaluación superficial del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca		b. El cálculo del PCI influye significativamente en la evaluación superficial del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca		Dimensiones: Parámetros de evaluación. Cálculo del PCI. Resultado de la condición.
c. ¿De qué manera el resultado del PCI influye en la evaluación superficial del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca?	c. Determinar de qué manera el resultado del PCI influye en la evaluación superficial del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca		c. El resultado del PCI influye significativamente en la evaluación superficial del pavimento flexible de la carretera Yanahuanca		
					MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS
				Excel	

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definidor Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento	Escala de Medición
EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE	La metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI), tal como se describe en el documento de Vásquez, 2002, se considera como la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, tanto flexibles como rígidos, en el contexto de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. Lo destacable de esta metodología es que es de fácil implementación y no requiere herramientas especializadas adicionales más allá de las que ya forman parte del sistema estándar. Esto significa que se puede utilizar con relativa facilidad y no implica la adquisición de costosos equipos o software especializados, lo que lo hace accesible y práctico para su aplicación en la gestión de pavimentos	Para recopilar datos, se seguirán los requisitos mínimos estipulados por la norma ASTM D5340, la cual se basa en el método del PCI aplicado a pavimentos asfálticos. Se utilizará el formato de recolección de datos diseñado para evaluar el estado del pavimento	Tipos de Evaluación	Evaluación funcional Evaluación estructural	Hoja de registro	Nominal
			Clasificación de Fallas	Fisuras y grietas Deformaciones superficiales Desintegración Afloramiento y otros		
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	El objetivo fundamental de la evaluación de cualquier pavimento en servicio es identificar el momento óptimo para optimizar la inversión económica en trabajos de mantenimiento y rehabilitación. Esto implica tomar medidas en el momento adecuado para aumentar significativamente la vida útil del pavimento. Esta estrategia busca maximizar la eficiencia y efectividad de los recursos invertidos en la gestión de pavimentos, garantizando que se realicen intervenciones oportunas que prolonguen la durabilidad y el buen estado de las carreteras y calles, lo que a su vez reduce los costos a largo plazo y mejora la seguridad vial.	Para medir esta variable, se aplican métodos de evaluación superficial que implican una inspección visual. Esto se lleva a cabo utilizando el manual de evaluación de pavimentos como guía para determinar las características de los indicadores previamente establecidos. Esta metodología se utiliza para evaluar el estado del pavimento en base a observaciones visuales	Causas del surgimiento de fallas	Insuficiencia estructural Defectos constructivos Fatiga Factores climáticos	Hoja de registro	Nominal
			Parámetros de evaluación	Catálogo de fallas Severidad Unidades de muestra		
			Cálculo del PCI	Cálculo del valor deducido (VD) Número máximo admisible de valor deducido Valor deducido corregido (CDV) Determinar PCI		
			Resultado de la condición	Rango numérico Rango de clasificación		

Método de las Diferencias Acumuladas para Delimitación de Unidades Homogéneas

Buena parte del éxito de un programa de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos reposa en la correcta definición de unidades de diseño estadísticamente homogéneas. Para delimitarlas, el ingeniero se basa tanto en los antecedentes históricos de la calzada, como en la inspección del estado superficial del pavimento y el análisis de algunas otras variables que, a través de medidas numéricas, permitan conocer la condición real de respuesta del pavimento.

El establecimiento de tramos homogéneos mediante estas últimas se puede efectuar de manera subjetiva, realizando un dibujo que muestre el comportamiento de la variable medida a lo largo del proyecto o se puede realizar de una manera más objetiva mediante procedimientos

analíticos, entre los cuales se puede citar el de las “diferencias acumuladas”, descrito en el Apéndice J de la guía de diseño de pavimentos AASHTO 1993. El procedimiento, de tipo estadístico, se basa en el hecho matemático simple de que cuando la variable Z_x (definida como la diferencia entre el área bajo la curva de respuesta a cualquier distancia y el área total desarrollada por la respuesta promedio de todo el proyecto hasta la misma distancia) se dibuja como función de la distancia a lo largo del proyecto, los límites de los tramos homogéneos

Table J.1. Tabular Solution Sequence—Cumulative Difference Approach

Col. (1) Station (Distance)	Col. (2) Pavement Response Value (r_i)	Col. (3) Interval Number (n)	Col. (4) Interval Distance (Δx_i)	Col. (5) Cumulative Interval Distance ($\Sigma \Delta x_i$)	Col. (6) Average Interval Response (\bar{r}_i)	Col. (7) Actual Interval Area (a_i)	Col. (8) Cumulative Area Σa_i	Col. (9) Z_x Value $Z_x =$ Col. (8) - F^* Col. (5)
1	r_1	1	Δx_1	Δx_1	$\bar{r}_1 = r_1$	$a_1 = \bar{r}_1 \Delta x_1$	a_1	$Z_{x_1} = a_1 - F^* \Delta x_1$
2	r_2	2	Δx_2	$(\Delta x_1 + \Delta x_2)$	$\bar{r}_2 = \frac{(r_1 + r_2)}{2}$	$a_2 = \bar{r}_2 \Delta x_2$	a	$Z_{x_2} = (a_1 + a_2) - F^*(\Delta x_1 + \Delta x_2)$
3	r_3	3	Δx_3	$(\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3)$	$\bar{r}_3 = \frac{(r_2 + r_3)}{2}$	$a_3 = \bar{r}_3 \Delta x_3$	$a_1 + a_2 + a_3$	
L_p	r_n	N_t	Δx_{nt}	$(\Delta x_1 + \dots + \Delta x_{nt})$	$\bar{r}_{nt} = \frac{(r_{n-1} + r_n)}{2}$	$a_{nt} = \bar{r}_{nt} \Delta x_{nt}$	$a_1 + \dots + a_{nt}$	$Z_{x_{nt}} = (a_1 + \dots + a_{nt}) - F^*(\Delta x_1 + \dots + \Delta x_{nt})$
							$A_t = \sum_{i=1}^{n_t} a_i$	
							$F^* = \frac{A_t}{L_p}$	

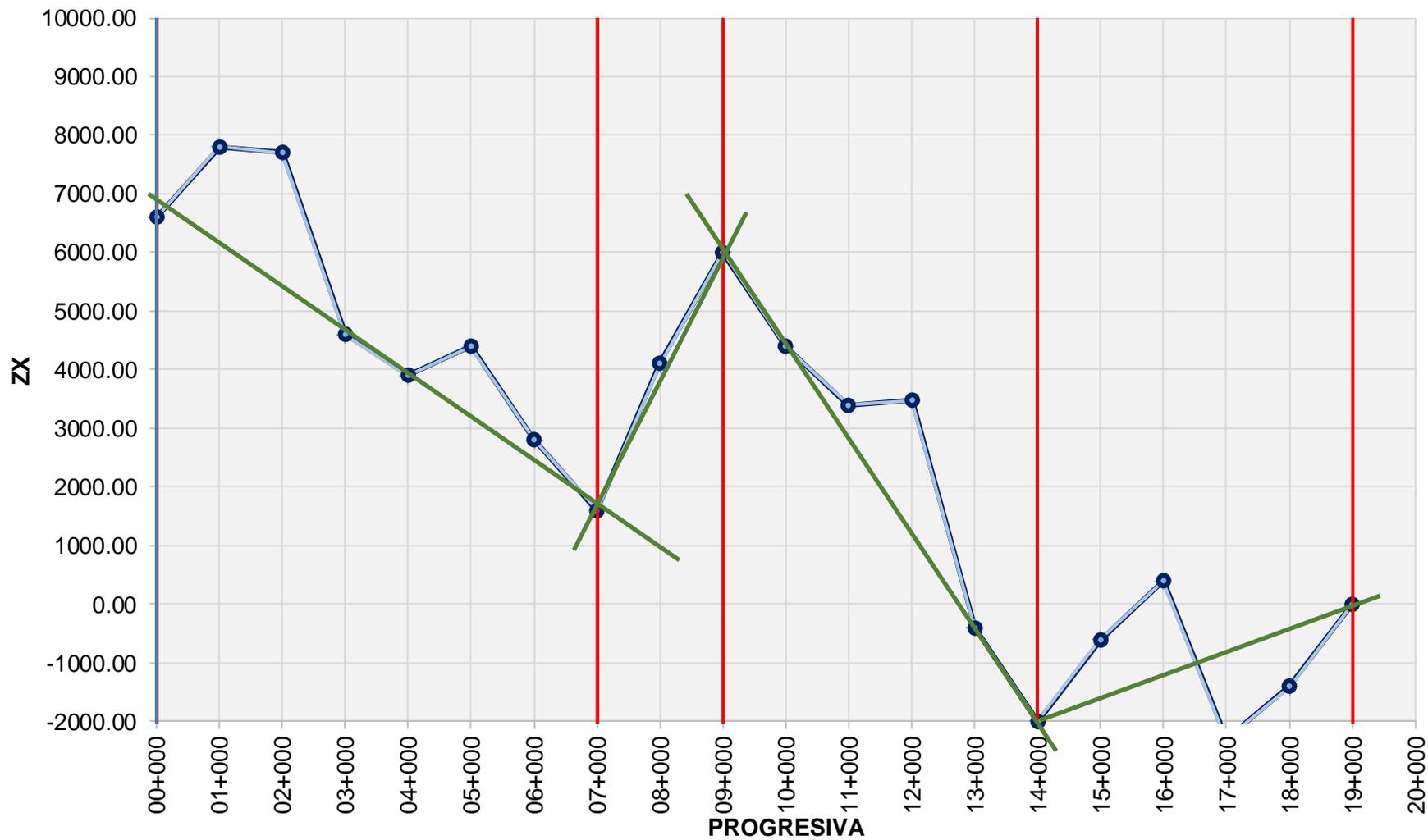
Design of Pavement Structures

CBR DE DISEÑO MÉTODO DE LAS DIFERENCIAS ACUMULADAS - RECOMENDADO EN LA GUIA AASHTO 1993

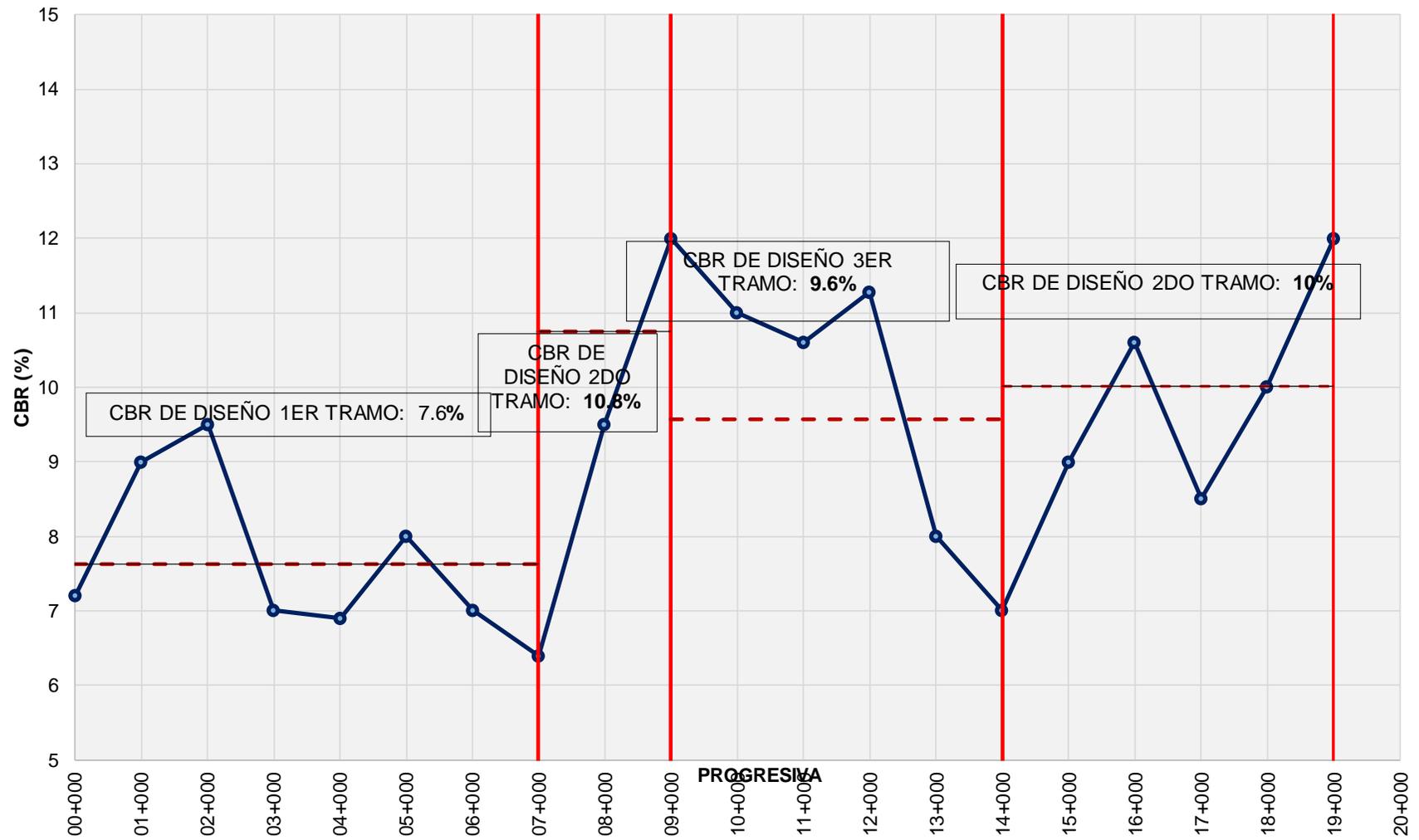
CARRETERA YANAHUANCA - TESIS JUAN EIZAGUIRRE

Progresiva	CBR (%)	# Intervalo	Dist. Entre intervalo	Dist. Acumulada entre intervalos	Intervalo promedio	Área del intervalo	Área acumulada	Zx	Sub Tramos - CBR prom. (%)
00+000	7.2	1	01+000	1000	7.2	7200	7200	6600.00	7.6
01+000	9	2	1000	2000	9.0	9000	9000	7800.00	
02+000	9.5	3	1000	3000	9.5	9500	9500	7700.00	
03+000	7	4	1000	4000	7.0	7000	7000	4600.00	
04+000	6.9	5	1000	5000	6.9	6900	6900	3900.00	
05+000	8	6	1000	6000	8.0	8000	8000	4400.00	
06+000	7	7	1000	7000	7.0	7000	7000	2800.00	
07+000	6.4	8	1000	8000	6.4	6400	6400	1600.00	
08+000	9.5	9	1000	9000	9.5	9500	9500	4100.00	10.8
09+000	12	10	1000	10000	12.0	12000	12000	6000.00	9.6
10+000	11	11	1000	11000	11.0	11000	11000	4400.00	
11+000	10.6	12	1000	12000	10.6	10600	10600	3400.00	
12+000	11.28	13	1000	13000	11.3	11280	11280	3480.00	
13+000	8	14	1000	14000	8.0	8000	8000	-400.00	10.0
14+000	7	15	1000	15000	7.0	7000	7000	-2000.00	
15+000	9	16	1000	16000	9.0	9000	9000	-600.00	
16+000	10.6	17	1000	17000	10.6	10600	10600	400.00	
17+000	8.5	18	1000	18000	8.5	8500	8500	-2300.00	
18+000	10	19	1000	19000	10.0	10000	10000	-1400.00	
19+000	12	20	1000	20000	12.0	12000	12000	0.00	
20+000						At	12000		
						Lp	20000		
						F	0.6		

PROG. vs Zx



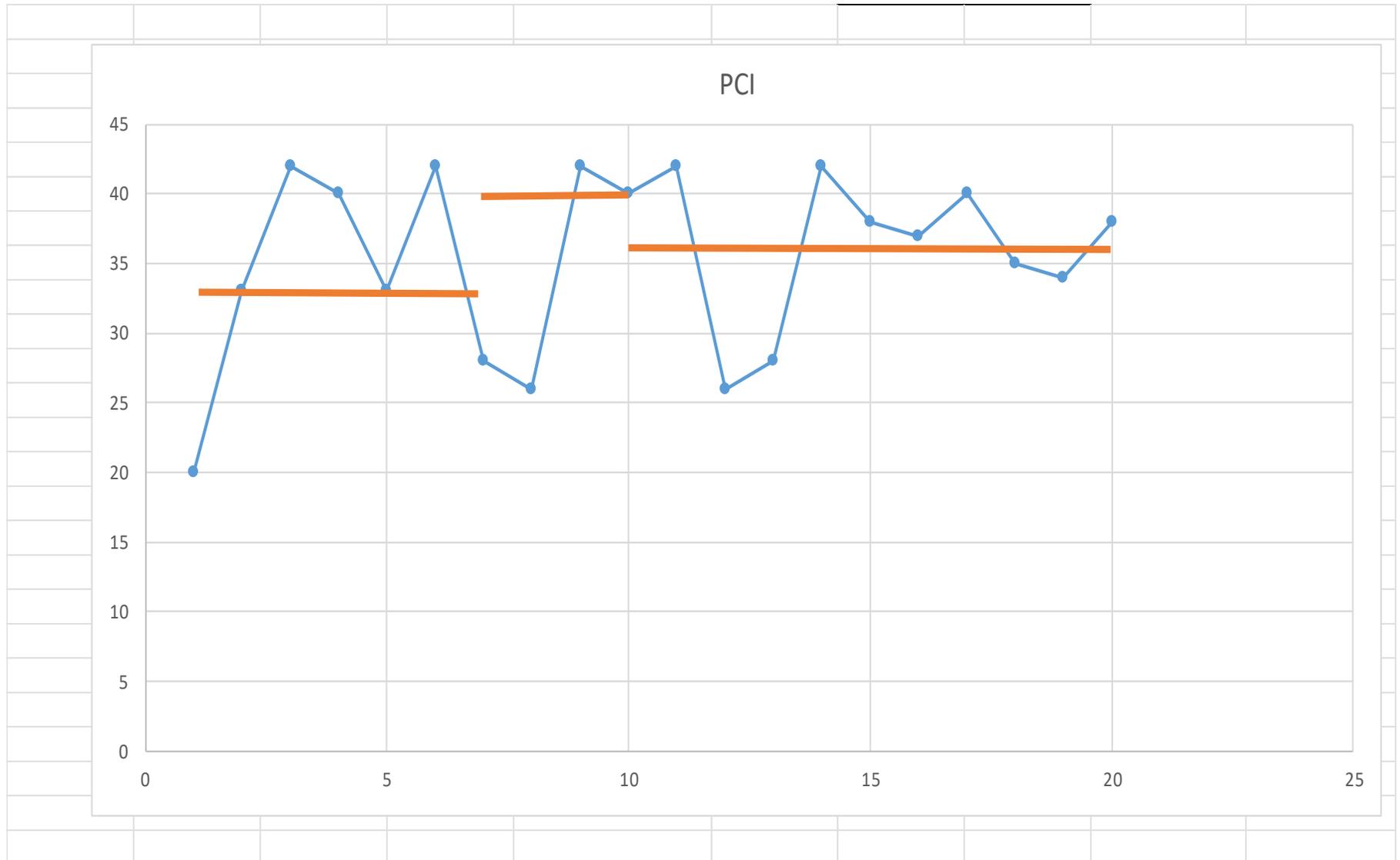
PROG. vs. CBR



DISEÑO MÉTODO DE LAS DIFERENCIAS ACUMULADAS - REFERENTE CON EL PCI

CARRETERA YANAHUANCA - TESIS JUAN EIZAGUIRRE

Progresiva	PCI	# Intervalo	Dist. Entre intervalo	Dist. Acumulada entre intervalos	Intervalo promedio	Área del intervalo	Área acumulada	Zx	Sub Tramos - PCI prom. (%)
00+000	20	1	01+000	1000	20.0	20000	20000	18100.00	33.0
01+000	33	2	1000	2000	33.0	33000	33000	29200.00	
02+000	42	3	1000	3000	42.0	42000	42000	36300.00	
03+000	40	4	1000	4000	40.0	40000	40000	32400.00	
04+000	33	5	1000	5000	33.0	33000	33000	23500.00	
05+000	42	6	1000	6000	42.0	42000	42000	30600.00	
06+000	28	7	1000	7000	28.0	28000	28000	14700.00	
07+000	26	8	1000	8000	26.0	26000	26000	10800.00	
08+000	42	9	1000	9000	42.0	42000	42000	24900.00	41.0
09+000	40	10	1000	10000	40.0	40000	40000	21000.00	
10+000	42	11	1000	11000	42.0	42000	42000	21100.00	36.0
11+000	26	12	1000	12000	26.0	26000	26000	3200.00	
12+000	28	13	1000	13000	28.0	28000	28000	3300.00	
13+000	42	14	1000	14000	42.0	42000	42000	15400.00	
14+000	38	15	1000	15000	38.0	38000	38000	9500.00	
15+000	37	16	1000	16000	37.0	37000	37000	6600.00	
16+000	40	17	1000	17000	40.0	40000	40000	7700.00	
17+000	35	18	1000	18000	35.0	35000	35000	800.00	
18+000	34	19	1000	19000	34.0	34000	34000	-2100.00	
19+000	38	20	1000	20000	38.0	38000	38000	0.00	
20+000						At	38000		
						Lp	20000		
						F	1.9		



Instrumento de investigación

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI										NIVEL DE SEVERIDAD																																																																																																																																																																									
LUGAR:	CARRETERA DE YANAHUANCA			SECCIÓN:	0+000 a 0+030 Km					Low	L	Baja	B																																																																																																																																																																						
FECHA:	25 de junio de 2022			UNIDAD DE MUESTREO:	UM 01					Medium	M	Media	M																																																																																																																																																																						
ELABORADO POR:	JUAN EIZAGUIRRE			AREA DE LA UNIDAD:	210 m2					High	H	Alta	A																																																																																																																																																																						
TIPOS DE FALLAS																																																																																																																																																																																			
1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 7. Grieta de borde			8. Grieta de reflexión de junta 9. Desnivel Carril/Berma 10. Grietas Longitudinales y Transversales 11. Parches 12. Pulimiento de agregados 13. Baches 14. Cruce de Vía férrea			15. Ahullamiento 16. Desplazamiento 17. Grietas parabólicas 18. Hinchamiento 19. Desprendimiento de agregados 20. otros			<p style="text-align: center;">DIAGRAMA</p> <p style="text-align: center;">7 M * 30 M</p>																																																																																																																																																																										
UNIDADES DE MUESTRA $n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2} = 14$				INT. DE UM $i = \frac{N}{n} = 5$			NÚMERO MÁX DE VD $m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$																																																																																																																																																																												
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES																																																																																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: yellow;">RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI</th> <th colspan="12"></th> </tr> <tr> <th>Rango</th> <th>Clasificación</th> <th colspan="2" style="color: red;">1</th> <th>SEV.</th> <th colspan="2" style="color: red;">3</th> <th>SEV.</th> <th colspan="2" style="color: red;">6</th> <th>SEV.</th> <th colspan="2" style="color: red;">10</th> <th>SEV.</th> <th colspan="2" style="color: red;">13</th> <th>SEV.</th> </tr> <tr> <th>CANTIDAD</th> <th>M2</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th>CANTIDAD</th> <th>(M2)</th> <th></th> <th>CANTIDAD</th> <th>(M2)</th> <th></th> <th>CANTIDAD</th> <th>(M)</th> <th></th> <th>CANTIDAD</th> <th>(U)</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100-85</td> <td>Excelente</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>85-70</td> <td>Muy Bueno</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>B</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>A</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>A</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>70-55</td> <td>Buena</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>B</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>55-40</td> <td>Regular</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>B</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>40-25</td> <td>Malo</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>B</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>25-10</td> <td>Muy Malo</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>10-0</td> <td>Faloso</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>M</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>A</td> </tr> </tbody> </table>													RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI														Rango	Clasificación	1		SEV.	3		SEV.	6		SEV.	10		SEV.	13		SEV.	CANTIDAD	M2				CANTIDAD	(M2)		CANTIDAD	(M2)		CANTIDAD	(M)		CANTIDAD	(U)		100-85	Excelente	0	0	M	0	0	M	0	0	M	0	0	M	0	0	B	85-70	Muy Bueno	0	0	B	0	0	M	0	0	A	0	0	A	0	0	M	70-55	Buena	0	0	B	0	0	M	0	0	M	0	0	M	0	0	A	55-40	Regular	0	0	B	0	0	M	0	0	M	0	0	M	0	0	A	40-25	Malo	0	0	B	0	0	M	0	0	M	0	0	M	0	0	A	25-10	Muy Malo	0	0	M	0	0	M	0	0	M	0	0	M	0	0	A	10-0	Faloso	0	0	M	0	0	M	0	0	M	0	0	M	0	0	A
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI																																																																																																																																																																																			
Rango	Clasificación	1		SEV.	3		SEV.	6		SEV.	10		SEV.	13		SEV.																																																																																																																																																																			
CANTIDAD	M2				CANTIDAD	(M2)		CANTIDAD	(M2)		CANTIDAD	(M)		CANTIDAD	(U)																																																																																																																																																																				
100-85	Excelente	0	0	M	0	0	M	0	0	M	0	0	M	0	0	B																																																																																																																																																																			
85-70	Muy Bueno	0	0	B	0	0	M	0	0	A	0	0	A	0	0	M																																																																																																																																																																			
70-55	Buena	0	0	B	0	0	M	0	0	M	0	0	M	0	0	A																																																																																																																																																																			
55-40	Regular	0	0	B	0	0	M	0	0	M	0	0	M	0	0	A																																																																																																																																																																			
40-25	Malo	0	0	B	0	0	M	0	0	M	0	0	M	0	0	A																																																																																																																																																																			
25-10	Muy Malo	0	0	M	0	0	M	0	0	M	0	0	M	0	0	A																																																																																																																																																																			
10-0	Faloso	0	0	M	0	0	M	0	0	M	0	0	M	0	0	A																																																																																																																																																																			
NIVEL DE SEVERIDAD	B	0			0			0			0			0																																																																																																																																																																					
L	M	0			0			0			0			0																																																																																																																																																																					
SEVE	A	0			0			0			0			0																																																																																																																																																																					
CALCULO DEL PCI																																																																																																																																																																																			
Tipo de daño	Severidad	Total		Densidad (%)	Valor deducido		Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 49 Número máximo de VD (m) = 5.68																																																																																																																																																																												
Nº	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC																																																																																																																																																																										
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI): CONDICION DEL PAVIMENTO:							PCI = 100 - Máx. VDC PCI =		Máx. VDC																																																																																																																																																																										
							MUY MALO																																																																																																																																																																												

La data de procesamiento de datos

Hoja de registro para pavimento flexible mediante PCI

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI										NIVEL DE SEVERIDAD																																																																																																																							
LUGAR:	CARRETERA DE YANAHUANCA			SECCIÓN:	5+150 - B+180					Low	L	Baja	B																																																																																																																				
FECHA:	25 de junio de 2022			UNIDAD DE MUESTREO:	UM 01					Medium	M	Media	M																																																																																																																				
ELABORADO POR:	JUAN EIZAGUIRRE			AREA DE LA UNIDAD:	210 m2					High	H	Alta	A																																																																																																																				
TIPOS DE FALLAS										DIAGRAMA																																																																																																																							
1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 7. Grieta de borde 8. Grieta de reflexión de junta 9. Desnivel Carril/Berma 10. Grietas Longitudinales y Transversales 11. Parches 12. Pulimiento de agregados 13. Baches 14. Cruce de Vía férrea 15. Ahullamiento 16. Desplazamiento 17. Grietas parabólicas 18. Hinchamiento 19. Desprendimiento de agregados 20. otros																																																																																																																																	
UNIDADES DE MUESTRA				INT. DE UM			NÚMERO MÁX DE VD																																																																																																																										
$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2} = 14$				$i = \frac{N}{n} = 5$			$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$																																																																																																																										
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango</th> <th>Calificación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100-85</td><td>Exceles</td></tr> <tr><td>85-70</td><td>Muy Buena</td></tr> <tr><td>70-55</td><td>Buena</td></tr> <tr><td>55-40</td><td>Regular</td></tr> <tr><td>40-25</td><td>Mal</td></tr> <tr><td>25-10</td><td>Muy Mal</td></tr> <tr><td>10-0</td><td>Falido</td></tr> </tbody> </table>	Rango	Calificación	100-85	Exceles	85-70	Muy Buena	70-55	Buena	55-40	Regular	40-25	Mal	25-10	Muy Mal	10-0	Falido	1		3		6		10		13																																																																																																								
Rango	Calificación																																																																																																																																
100-85	Exceles																																																																																																																																
85-70	Muy Buena																																																																																																																																
70-55	Buena																																																																																																																																
55-40	Regular																																																																																																																																
40-25	Mal																																																																																																																																
25-10	Muy Mal																																																																																																																																
10-0	Falido																																																																																																																																
	CANTIDAD	M2	SEV.	CANTIDAD	(M2)	SEV.	CANTIDAD	(M2)	SEV.	CANTIDAD	(M)	SEV.	CANTIDAD	(U)	SEV.																																																																																																																		
	1.2	4.2	5.04	M	1.5	2.7	4.05	M	2.1	1	2.1	M	3.1	0	3.1	M	3	0	3	B																																																																																																													
	0.5	2.3	1.15	B	2.3	2.5	5.75	M	2.3	0.9	2.07	A	2.8	0	2.8	A	5	0	5	M																																																																																																													
	2.7	2.5	6.75	B	0.8	1.3	1.04	M	1.3	2.1	2.73	M	4.6	0	4.6	M	1	0	1	A																																																																																																													
	0.6	0.8	0.48	M																																																																																																																													
NIVEL DE SEVERIDAD	B		7.9										3																																																																																																																				
	M		5.52		10.84		4.83		7.7 m		5																																																																																																																						
	A						2.07		2.8 m		1																																																																																																																						
CALCULO DEL PCI																																																																																																																																	
Tipo de daño		Severidad		Total		Densidad (%)		Valor deducido		Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 49 Número máximo de VD (m) = 5.68																																																																																																																							
1		B		7.9		3.76		22																																																																																																																									
1		M		5.52		2.63		22																																																																																																																									
3		M		10.84		5.16		11																																																																																																																									
6		M		4.83		2.30		11																																																																																																																									
6		A		2.07		0.99		17																																																																																																																									
10		M		7.7		3.67		9																																																																																																																									
10		A		2.8		1.33		10																																																																																																																									
13		B		3		1.43		24																																																																																																																									
13		M		5		2.38		49																																																																																																																									
13		M		1		0.48																																																																																																																											
$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$										5.683673469																																																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th colspan="6">VALORES DEDUCIDOS</th> <th>VDT</th> <th>q</th> <th>VDC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>49</td> <td>24</td> <td>22</td> <td>17</td> <td>11</td> <td>6.8</td> <td>157.48</td> <td>6</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>49</td> <td>24</td> <td>22</td> <td>17</td> <td>11</td> <td>2</td> <td>137</td> <td>5</td> <td>77.5</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>49</td> <td>24</td> <td>22</td> <td>17</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>117</td> <td>4</td> <td>73</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>49</td> <td>24</td> <td>22</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>95</td> <td>3</td> <td>68</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>49</td> <td>24</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>59</td> <td>2</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>49</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>55</td> <td>1</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td colspan="7">ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):</td> <td colspan="2">PCI = 100 - Máx. VDC</td> <td colspan="2">Máx. VDC</td> <td colspan="2">80</td> </tr> <tr> <td colspan="7"></td> <td colspan="2">PCI = 20</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="7">CONDICION DEL PAVIMENTO:</td> <td colspan="10" style="background-color: black; color: yellow; text-align: center; font-weight: bold;">MUY MALO</td> </tr> </tbody> </table>																	Nº	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC	1	49	24	22	17	11	6.8	157.48	6	80	2	49	24	22	17	11	2	137	5	77.5	3	49	24	22	17	2	2	117	4	73	4	49	24	22	2	2	2	95	3	68	5	49	24	2	2	2	2	59	2	31	6	49	2	2	2	2	2	55	1	25	ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):							PCI = 100 - Máx. VDC		Máx. VDC		80									PCI = 20						CONDICION DEL PAVIMENTO:							MUY MALO									
Nº	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC																																																																																																																								
1	49	24	22	17	11	6.8	157.48	6	80																																																																																																																								
2	49	24	22	17	11	2	137	5	77.5																																																																																																																								
3	49	24	22	17	2	2	117	4	73																																																																																																																								
4	49	24	22	2	2	2	95	3	68																																																																																																																								
5	49	24	2	2	2	2	59	2	31																																																																																																																								
6	49	2	2	2	2	2	55	1	25																																																																																																																								
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):							PCI = 100 - Máx. VDC		Máx. VDC		80																																																																																																																						
							PCI = 20																																																																																																																										
CONDICION DEL PAVIMENTO:							MUY MALO																																																																																																																										

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI						NIVEL DE SEVERIDAD													
LUGAR:	CARRETERA DE YANAHUANCA	SECCIÓN:	11+300 - 11+330	Low	L	Baja	B												
FECHA:	25 de junio de 2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM 02	Medium	M	Media	M												
ELABORADO POR:	JUAN EIZAGUIRRE	AREA DE LA UNIDAD:	210 m2	High	H	Alta	A												
TIPOS DE FALLAS								DIAGRAMA											
1. Piel de cocodrilo		8. Grieta de reflexión de junta		15. Ahullamiento															
2. Exudación		9. Desnivel Carril/Berma		16. Desplazamiento															
3. Agrietamiento en bloque		10. Grietas Longitudinales y Transversales		17. Grietas parabólicas															
4. Abultamientos y hundimientos		11. Parches		18. Hinchamiento															
5. Corrugación		12. Pulimiento de agregados		19. Desprendimiento de agregados															
6. Depresión		13. Baches		20. otros															
7. Grieta de borde		14. Cruce de Vía férrea																	
UNIDADES DE MUESTRA			INT. DE UM			NÚMERO MÁX DE VD													
$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{\sigma^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2} = 14$			$i = \frac{N}{n} = 5$			$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$													
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES																	
		1		7		11		19											
Temp	Calificación	CANTIDAD M2		SEV	CANTIDAD (M2)		SEV.	CANTIDAD (M)		SEV.	CANTIDAD (U)		SEV.	CANTIDAD (U)		SEV.			
10-15	Escasez	1.3	1.1	1.43	M	1.6	0.8	1.28	M	0.7	1	0.7	B	2	1	2	A		
16-20	Mediana	0.4	0.7	0.28	M	2.2	1.2	2.64	A	0.6	1	0.6	B	3	1	3	B		
21-25	Buena	0.3	0.8	0.24	L					1.4	1	1.4	M						
26-30	Muy Buena	0.7	1.2	0.84	L					0.7	1	0.7	B						
31-35	Excelente	1.2	0.6	0.72	L					1.1	1	1.1	M						
36-40	Faltante	0.7	0.45	0.32	L														
NIVEL DE SEVERIDAD	B	2.115						2			3			0					
	M	1.71			1.28			2.5						0					
	A				2.64						2			0					
CALCULO DEL PCI																			
Tipo de daño		Severidad		Total		Densidad (%)		Valor deducido		Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 51 Número máximo de VD (m) = 5.5									
1		L		2.115		1.01		10											
1		M		1.71		0.81		20											
6		M		1.28		0.61		8.5											
6		H		2.64		1.26		18											
10		L		2		0.95		0											
10		M		2.5		1.19		2.5											
13		L		3		1.43		24											
13		H		2		0.95		51											
0		0		0		0.00		0											
0		0		0		0.00		0		$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$		5.500000							
Nº		VALORES DEDUCIDOS						VDT		q		VDC							
1		51		24		20		18		10		4.5		127.5		5		66	
2		51		24		20		18		2		0		115		4		67	
3		51		24		20		2		2		0		99		3		64	
4		51		24		2		2		2		2		83		2		60	
5		51		2		2		2		2		2		61		1		58	
6														0		0		25	
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):				PCI 100		-		(Máx. VDC)		Máx. VDC		67							
				PCI 33															
CONDICION DEL PAVIMENTO:				MALO															

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI										NIVEL DE SEVERIDAD			
LUGAR:	CARRETERA DE YANAHUANCA			SECCIÓN:	12+450 - 12+480					Low	L	Baja	B
FECHA:	25 de junio de 2022			UNIDAD DE MUESTREO:	UM 03					Medium	M	Media	M
ELABORADO POR:	JUAN EIZAGUIRRE			AREA DE LA UNIDAD:	210 m2					High	H	Alta	A
TIPOS DE FALLAS										DIAGRAMA			
1. Piel de cocodrilo		8. Grieta de reflexión de junta		15. Ahullamiento									
2. Exudación		9. Desnivel Carril/Berma		16. Desplazamiento									
3. Agrietamiento en bloque		10. Grietas Longitudinales y Transversales		17. Grietas parabólicas									
4. Abultamientos y hundimientos		11. Parches		18. Hinchamiento									
5. Corrugación		12. Pulimento de agregados		19. Desprendimiento de agregados									
6. Depresión		13. Baches		20. otros									
7. Grieta de borde		14. Cruce de Vía férrea											
UNIDADES DE MUESTRA				INT. DE UM				NÚMERO MÁX DE VD					
$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{\sigma^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2} = 14$				$i = \frac{N}{n} = 5$				$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$					
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES												
Rango	Clasificación	1		10		13		19		0			
10-15	Cobete	2.3 1.2		1.5 1		3 1		1.3 1		0 0			
15-20	Muy Buena	2.76 B		1.5 B		3 B		1.3 M		0 B			
20-25	Buena	0.7 1.5		2.6 1		1 1		0.65 1		0 M			
25-30	Regular	1.05 B		2.6 M		1 M		0.65 M		0 M			
30-35	Mala	1.4 2.5		2.3 1		0 1		0		0 A			
35-40	Muy Mala	3.5 M		2.3 M		0		0		0			
40-45	Pésima	0.6 1.92		0.95 B		0 1		0		0			
NIVE	B	5.73		2.45		3		1.95					
L DE	M	3.5		4.9		1		1.95					
SEVE	A												
CALCULO DEL PCI													
Tipo de daño	Severidad	Total	Densidad (%)	Valor deducido		Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 38 Número máximo de VD (m) = 5.69							
1	B	5.73	2.73	20									
1	M	3.5	1.67	38									
10	B	2.45	1.17	15									
10	M	4.9	2.33	29									
13	B	3	1.43	24									
13	M	1	0.48	17									
19	M	1.95	0.93	19									
				$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$		5.775510204							
Nº	VALORES DEDUCIDOS	VDT	q	VDC									
1	28 24 20	20	9	7		108	6	53					
2	28 24 20	20	9	2		103	5	54					
3	28 24 20	20	2	2		96	4	55					
4	28 24 20	2	2	2		78	3	50					
5	28 24 2	2	2	2		60	2	58					
6	28 2	2	2	2		38	1	38					
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):	PCI 100	-	(Máx. VDC)	Máx. VDC	58								
	PCI 42												
CONDICION DEL PAVIMENTO:	REGULAR												

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI				NIVEL DE SEVERIDAD																																																																																																																																				
LUGAR:	CARRETERA DE YANAHUANCA	SECCIÓN:	14+350 - 14+380	Low	L Baja	B																																																																																																																																		
FECHA:	25 de junio de 2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM 04	Medium	M Media	M																																																																																																																																		
ELABORADO POR:	JUAN EIZAGUIRRE	AREA DE LA UNIDAD:	210 m2	High	H Alta	A																																																																																																																																		
TIPOS DE FALLAS				DIAGRAMA																																																																																																																																				
1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 8. Grieta de reflexión de junta 9. Desnivel Carril/Berma 10. Grietas Longitudinales y Transversales 11. Parches 12. Pulimiento de agregados 13. Baches 14. Cruce de Vía férrea 15. Ahullamiento 16. Desplazamiento 17. Grietas parabólicas 18. Hinchamiento 19. Desprendimiento de agregados 20. otros																																																																																																																																								
UNIDADES DE MUESTRA		INT. DE UM		NÚMERO MÁX DE VD																																																																																																																																				
$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{\sigma^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2} = 14$		$i = \frac{N}{n} = 5$		$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$																																																																																																																																				
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		TIPOS DE FALLAS EXISTENTES																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango</th> <th>Calificación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>10-15</td><td>Cocodrilo</td></tr> <tr><td>15-20</td><td>Muchas</td></tr> <tr><td>20-25</td><td>Parches</td></tr> <tr><td>25-30</td><td>Desnivel</td></tr> <tr><td>30-35</td><td>Agrietamiento</td></tr> <tr><td>35-40</td><td>Abultamiento</td></tr> <tr><td>40-45</td><td>Corrugación</td></tr> <tr><td>45-50</td><td>Depresión</td></tr> <tr><td>50-55</td><td>Exudación</td></tr> <tr><td>55-60</td><td>Reflexión</td></tr> </tbody> </table>		Rango	Calificación	10-15	Cocodrilo	15-20	Muchas	20-25	Parches	25-30	Desnivel	30-35	Agrietamiento	35-40	Abultamiento	40-45	Corrugación	45-50	Depresión	50-55	Exudación	55-60	Reflexión	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>7</th> <th>10</th> <th>13</th> <th>19</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CANTIDAD M2</td> <td>1.1 1.2 1.32</td> <td>1.4 1 1.4</td> <td>0.6 1 0.6</td> <td>3 1 3</td> <td>1.2 2.7 3.24</td> </tr> <tr> <td>SEV</td> <td>B</td> <td>M</td> <td>B</td> <td>B</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>CANTIDAD (M2)</td> <td>0.3 0.7 0.21</td> <td>2.7 1 2.7</td> <td>1.15 1 1.15</td> <td>1 0</td> <td>0.9 1.4 2.3</td> </tr> <tr> <td>SEV</td> <td>B</td> <td>A</td> <td>M</td> <td></td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>CANTIDAD (M)</td> <td>0</td> <td>0.7 1 0.7</td> <td>0.3 1 0.3</td> <td>1 0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>SEV</td> <td></td> <td>M</td> <td>B</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CANTIDAD (U)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0.65 1 0.65</td> <td>1 0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>SEV</td> <td></td> <td></td> <td>M</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CANTIDAD (U)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0.8 1 0.8</td> <td>1 0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>SEV</td> <td></td> <td></td> <td>M</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CANTIDAD (U)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0.85 1 0.85</td> <td>1 0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>SEV</td> <td></td> <td></td> <td>M</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CANTIDAD (U)</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0.6 1 0.6</td> <td>1 0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>SEV</td> <td></td> <td></td> <td>B</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>NIVE</td> <td>B</td> <td>1.53</td> <td>1.5</td> <td>3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>L DE</td> <td>M</td> <td></td> <td>2.1</td> <td>3.45</td> <td>5.54</td> </tr> <tr> <td>SEVE</td> <td>A</td> <td></td> <td>0.7</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						1	7	10	13	19	CANTIDAD M2	1.1 1.2 1.32	1.4 1 1.4	0.6 1 0.6	3 1 3	1.2 2.7 3.24	SEV	B	M	B	B	M	CANTIDAD (M2)	0.3 0.7 0.21	2.7 1 2.7	1.15 1 1.15	1 0	0.9 1.4 2.3	SEV	B	A	M		M	CANTIDAD (M)	0	0.7 1 0.7	0.3 1 0.3	1 0	0	SEV		M	B			CANTIDAD (U)	0	0	0.65 1 0.65	1 0	0	SEV			M			CANTIDAD (U)	0	0	0.8 1 0.8	1 0	0	SEV			M			CANTIDAD (U)	0	0	0.85 1 0.85	1 0	0	SEV			M			CANTIDAD (U)	0	0	0.6 1 0.6	1 0	0	SEV			B			NIVE	B	1.53	1.5	3		L DE	M		2.1	3.45	5.54	SEVE	A		0.7		
Rango	Calificación																																																																																																																																							
10-15	Cocodrilo																																																																																																																																							
15-20	Muchas																																																																																																																																							
20-25	Parches																																																																																																																																							
25-30	Desnivel																																																																																																																																							
30-35	Agrietamiento																																																																																																																																							
35-40	Abultamiento																																																																																																																																							
40-45	Corrugación																																																																																																																																							
45-50	Depresión																																																																																																																																							
50-55	Exudación																																																																																																																																							
55-60	Reflexión																																																																																																																																							
	1	7	10	13	19																																																																																																																																			
CANTIDAD M2	1.1 1.2 1.32	1.4 1 1.4	0.6 1 0.6	3 1 3	1.2 2.7 3.24																																																																																																																																			
SEV	B	M	B	B	M																																																																																																																																			
CANTIDAD (M2)	0.3 0.7 0.21	2.7 1 2.7	1.15 1 1.15	1 0	0.9 1.4 2.3																																																																																																																																			
SEV	B	A	M		M																																																																																																																																			
CANTIDAD (M)	0	0.7 1 0.7	0.3 1 0.3	1 0	0																																																																																																																																			
SEV		M	B																																																																																																																																					
CANTIDAD (U)	0	0	0.65 1 0.65	1 0	0																																																																																																																																			
SEV			M																																																																																																																																					
CANTIDAD (U)	0	0	0.8 1 0.8	1 0	0																																																																																																																																			
SEV			M																																																																																																																																					
CANTIDAD (U)	0	0	0.85 1 0.85	1 0	0																																																																																																																																			
SEV			M																																																																																																																																					
CANTIDAD (U)	0	0	0.6 1 0.6	1 0	0																																																																																																																																			
SEV			B																																																																																																																																					
NIVE	B	1.53	1.5	3																																																																																																																																				
L DE	M		2.1	3.45	5.54																																																																																																																																			
SEVE	A		0.7																																																																																																																																					
CALCULO DEL PCI																																																																																																																																								
Tipo de daño	Severidad	Total	Densidad (%)	Valor deducido																																																																																																																																				
1	B	1.53	0.73	8																																																																																																																																				
1	M	0	0.00	0																																																																																																																																				
1	A	0	0.00	0																																																																																																																																				
7	B	0	0.00	0																																																																																																																																				
7	M	2.1	1.00	6																																																																																																																																				
7	A	0.7	0.33	9																																																																																																																																				
10	B	1.5	0.71	3																																																																																																																																				
10	M	3.45	1.64	12																																																																																																																																				
10	A	0	0.00	0																																																																																																																																				
13	B	3	1.43	48																																																																																																																																				
13	M	0	0.00	0																																																																																																																																				
13	A	0	0.00	0																																																																																																																																				
19	B	0	0.00	0																																																																																																																																				
19	M	5.54	2.64	11																																																																																																																																				
19	A	0	0.00	0																																																																																																																																				
				$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$	5.775510204																																																																																																																																			
Nº	VALORES DEDUCIDOS																																																																																																																																							
1	48	12	11	9	8	4.62																																																																																																																																		
2	48	12	11	9	8	2																																																																																																																																		
3	48	12	11	9	2	2																																																																																																																																		
4	48	12	11	2	2	2																																																																																																																																		
5	48	12	2	2	2	2																																																																																																																																		
6	48	2	2	2	2	2																																																																																																																																		
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):				PCI	100 - Máx. VDC	Máx. VDC																																																																																																																																		
				PCI	40	60																																																																																																																																		
CONDICION DEL PAVIMENTO:				REGULAR																																																																																																																																				

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI				NIVEL DE SEVERIDAD													
LUGAR:	CARRETERA DE YANAHUANCA	SECCIÓN:	19+620 - 09+650	Low	L Baja	B											
FECHA:	25 de junio de 2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM 05	Medium	M Media	M											
ELABORADO POR:	JUAN EIZAGUIRRE	AREA DE LA UNIDAD:	210 m2	High	H Alta	A											
TIPOS DE FALLAS				DIAGRAMA													
1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 7. Grieta de borde 8. Grieta de reflexión de junta 9. Desnivel Carril/Berma 10. Grietas Longitudinales y Transversales 11. Parches 12. Pulimiento de agregados 13. Baches 14. Cruce de Vía férrea 15. Ahullamiento 16. Desplazamiento 17. Grietas parabólicas 18. Hinchamiento 19. Desprendimiento de agregados 20. otros																	
UNIDADES DE MUESTRA		INT. DE UM		NÚMERO MÁX DE VD													
$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{\sigma^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2} = 14$		$i = \frac{N}{n} = 5$		$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$													
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI																	
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES																	
		1		6		10			13								
		CANTIDAD M2		SEV		CANTIDAD (M2)		SEV		CANTIDAD (M)		SEV		CANTIDAD (U)		SEV	
Rango		Calificación															
10-15		Escarre		1.3 1.1 1.43 M		1.6 0.8 1.28 M		0.7 1 0.7 B		2 1 2 A							
15-20		Muy Bueno		0.4 0.7 0.28 M		2.2 1.2 2.64 A		0.6 1 0.6 B		3 1 3 B							
20-25		Bueno		0.3 0.8 0.24 B		0		1.4 1 1.4 M		1 0							
25-30		Regular		0.7 1.2 0.84 B		0		0.7 1 0.7 B		1 0							
30-35		Malo		1.2 0.6 0.72 B		0		1.1 1 1.1 M		1 0							
35-40		Muy Malo		0.7 0.45 0.32 B		0		0 1 0		1 0							
40-45		Pésimo		0		0		0 1 0		1 0							
NIVE		B		2				2		3							
L DE		M		1.7		1.3		2.5									
SEVE		A		2.6						2							
CALCULO DEL PCI																	
Tipo de daño		Severidad		Total		Densidad (%)		Valor deducido		Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 48 Número máximo de VD (m) = 5.5							
1		B		2		0.95		10									
1		M		1.7		0.81		20									
1		A		0		0.00											
6		B		0		0.00											
6		M		1.3		0.62		8.5									
6		A		2.6		1.24		18									
10		B		2		0.95		3									
10		M		2.5		1.19		3									
10		A		0		0.00											
13		B		3		1.43		24									
13		M		0		0.00											
13		A		2		0.95		51									
0		B		0		0.00											
0		M		0		0.00											
0		A		0		0.00											
Nº		VALORES DEDUCIDOS		VDT		q		VDC									
1		51 24 20 18 10 3.85		126.85		6		66									
2		51 24 20 18 2 2		117		5		67									
3		51 24 20 2 2 2		101		4		64									
4		51 24 2 2 2 2		83		3		60									
5		51 2 2 2 2 2		61		2		61									
6				0													
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):				PCI		100 - Máx. VDC		Máx. VDC		67							
				PCI		33											
CONDICION DEL PAVIMENTO:				MALO													

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI				NIVEL DE SEVERIDAD								
LUGAR:	CARRETERA DE YANAHUANCA	SECCIÓN:	21+200 - 21+230	Low	L	Baja	B					
FECHA:	25 de junio de 2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM 06	Medium	M	Media	M					
ELABORADO POR:	JUAN EIZAGUIRRE	AREA DE LA UNIDAD:	210 m2	High	H	Alta	A					
TIPOS DE FALLAS 1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 7. Grieta de borde 8. Grieta de reflexión de junta 9. Desnivel Carril/Berma 10. Grietas Longitudinales y Transversales 11. Parches 12. Pulimiento de agregados 13. Baches 14. Cruce de Vía férrea 15. Ahullamiento 16. Desplazamiento 17. Grietas parabólicas 18. Hinchamiento 19. Desprendimiento de agregados 20. otros							DIAGRAMA 					
UNIDADES DE MUESTRA $n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{\sigma^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2} = 14$		INT. DE UM $i = \frac{N}{n} = 5$		NÚMERO MÁX DE VD $m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$								
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES												
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		1		3		7		10		13		
Rango	Calificación	CANTIDAD M2	SEV	CANTIDAD (M2)	SEV.	CANTIDAD (M2)	SEV.	CANTIDAD (M)	SEV.	CANTIDAD (U)	SEV.	
00-65	Excelente	2.4 1.5 3.6	M	1.6 1.9 3.04	B	3.8 1 3.8	M	0.5 1 0.5	B	4 1 4	B	
66-70	Muy Bueno	0.6 0.9 0.54	M	0		4.5 1 4.5	A	0.35 1 0.35	B	1 1 1	M	
71-75	Bueno	1.5 1.6 2.4	M	0		2.6 1 2.6	M	1.65 1 1.65	M	1 1 0		
76-80	Regular	0		0		1 0		1.3 1 1.3	M	1 1 0		
81-85	Malo	0		0		1 0		0.85 1 0.85	B	1 1 0		
86-90	Muy Malo	0		0		1 0		1 0		1 1 0		
91-100	Pésimo	0		0		1 0		1 0		1 1 0		
NIVE	L DE	B		3		1.8		4		4		
		M		6.5		6.4		3		1		
		A		4.5		4.5		4.5		4.5		
CALCULO DEL PCI												
Tipo de daño	Severidad	Total	Densidad (%)	Valor deducido	Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 34 Número máximo de VD (m) = 7.06							
1	B	0	0.00		$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$							
1	M	6.5	3.10	34								
1	A	0	0.00									
3	B	3	1.43	1								
3	M	0	0.00									
3	A	0	0.00									
7	B	0	0.00									
7	M	6.4	3.05	8								
7	A	4.5	2.14	10								
10	B	1.8	0.86	2								
10	M	3	1.43	4								
10	A	0	0.00									
13	B	4	1.90	29								
13	M	1	0.48	20								
13	A	0	0.00									
Nº	VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC					
1	34	29	20	10	9	8	3.5 0.03	113.53	7	56		
2	34	29	20	10	9	8	2 0.03	112.03	6	55		
3	34	29	20	10	9	2	2 0.03	106.03	5	56		
4	34	29	20	10	2	2	2 0.03	99.03	4	57		
5	34	29	20	2	2	2	2 0.03	91.03	3	58		
6	34	29	2	2	2	2	2 0.03	73.03	2	53		
7	34	2	2	2	2	2	2 0.03	46.03	1	46		
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):				PCI	100 - Máx. VDC		Máx. VDC		58			
				PCI	42							
CONDICION DEL PAVIMENTO:				REGULAR								

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI						NIVEL DE SEVERIDAD																																																																																																																											
LUGAR:	CARRETERA DE YANAHUANCA		SECCIÓN:	22+200 - 22+230		Low	L	Baja	B																																																																																																																								
FECHA:	25 de junio de 2022		UNIDAD DE MUESTREO:	UM 07		Medium	M	Media	M																																																																																																																								
ELABORADO POR:	JUAN EIZAGUIRRE		AREA DE LA UNIDAD:	210 m2		High	H	Alta	A																																																																																																																								
TIPOS DE FALLAS						DIAGRAMA																																																																																																																											
1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 7. Grieta de borde		8. Grieta de reflexión de junta 9. Desnivel Carril/Berma 10. Grietas Longitudinales y Transversales 11. Parches 13. Baches 14. Cruce de Vía férrea		15. Ahullamiento 16. Desplazamiento 17. Grietas parabólicas 18. Hinchamiento 19. Desprendimiento de agregados 20. otros																																																																																																																													
UNIDADES DE MUESTRA $n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{\sigma^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2} = 14$			INT. DE UM $i = \frac{N}{n} = 5$		NÚMERO MÁX DE VD $m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$																																																																																																																												
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES																																																																																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI</th> <th colspan="2">1</th> <th colspan="2">7</th> <th colspan="2">11</th> <th colspan="2">13</th> </tr> <tr> <th>Rango</th> <th>Calificación</th> <th>CANTIDAD M2</th> <th>SEV</th> <th>CANTIDAD (M)</th> <th>SEV.</th> <th>CANTIDAD (M2)</th> <th>SEV.</th> <th>CANTIDAD (M)</th> <th>SEV.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10-15</td> <td>Excelente</td> <td>0.75</td> <td>1.5</td> <td>1.13</td> <td>B</td> <td>3.6</td> <td>1</td> <td>3.6</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>8-10</td> <td>Muy Bueno</td> <td>2.6</td> <td>1.85</td> <td>4.81</td> <td>M</td> <td>0.8</td> <td>1</td> <td>0.8</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>7-8</td> <td>Bueno</td> <td>2.55</td> <td>1.6</td> <td>4.08</td> <td>M</td> <td>2.8</td> <td>1</td> <td>2.8</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>5-7</td> <td>Regular</td> <td>0.9</td> <td>1.3</td> <td>1.17</td> <td>B</td> <td>1.3</td> <td>1</td> <td>1.3</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>4-5</td> <td>Mal</td> <td>2.2</td> <td>0.75</td> <td>1.65</td> <td>B</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3-4</td> <td>Muy Malo</td> <td>3.1</td> <td>2.45</td> <td>7.6</td> <td>M</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1-2</td> <td>Pésimo</td> <td>2.35</td> <td>1.45</td> <td>3.41</td> <td>M</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>NIVE</td> <td>B</td> <td colspan="2">3.95</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">1.55</td> <td colspan="2">5</td> </tr> <tr> <td>L DE</td> <td>M</td> <td colspan="2">19.89</td> <td colspan="2">8.5</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">2</td> </tr> <tr> <td>SEVE</td> <td>A</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> </tbody> </table>										RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		1		7		11		13		Rango	Calificación	CANTIDAD M2	SEV	CANTIDAD (M)	SEV.	CANTIDAD (M2)	SEV.	CANTIDAD (M)	SEV.	10-15	Excelente	0.75	1.5	1.13	B	3.6	1	3.6	M	8-10	Muy Bueno	2.6	1.85	4.81	M	0.8	1	0.8	M	7-8	Bueno	2.55	1.6	4.08	M	2.8	1	2.8	M	5-7	Regular	0.9	1.3	1.17	B	1.3	1	1.3	M	4-5	Mal	2.2	0.75	1.65	B					3-4	Muy Malo	3.1	2.45	7.6	M					1-2	Pésimo	2.35	1.45	3.41	M					NIVE	B	3.95				1.55		5		L DE	M	19.89		8.5				2		SEVE	A								
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		1		7		11		13																																																																																																																									
Rango	Calificación	CANTIDAD M2	SEV	CANTIDAD (M)	SEV.	CANTIDAD (M2)	SEV.	CANTIDAD (M)	SEV.																																																																																																																								
10-15	Excelente	0.75	1.5	1.13	B	3.6	1	3.6	M																																																																																																																								
8-10	Muy Bueno	2.6	1.85	4.81	M	0.8	1	0.8	M																																																																																																																								
7-8	Bueno	2.55	1.6	4.08	M	2.8	1	2.8	M																																																																																																																								
5-7	Regular	0.9	1.3	1.17	B	1.3	1	1.3	M																																																																																																																								
4-5	Mal	2.2	0.75	1.65	B																																																																																																																												
3-4	Muy Malo	3.1	2.45	7.6	M																																																																																																																												
1-2	Pésimo	2.35	1.45	3.41	M																																																																																																																												
NIVE	B	3.95				1.55		5																																																																																																																									
L DE	M	19.89		8.5				2																																																																																																																									
SEVE	A																																																																																																																																
CALCULO DEL PCI																																																																																																																																	
Tipo de daño		Severidad		Total		Densidad (%)		Valor deducido																																																																																																																									
1		B		3.95		1.88		16																																																																																																																									
1		M		19.89		9.47		47																																																																																																																									
1		A		0		0.00																																																																																																																											
7		B		0		0.00																																																																																																																											
7		M		8.5		4.05		9																																																																																																																									
7		A		0		0.00																																																																																																																											
11		B		1.55		0.74		2																																																																																																																									
11		M		0		0.00																																																																																																																											
11		A		0		0.00																																																																																																																											
13		B		5		2.38		31																																																																																																																									
13		M		2		0.95		30																																																																																																																									
13		A		0		0.00																																																																																																																											
0		B		0		0.00																																																																																																																											
0		M		0		0.00																																																																																																																											
0		A		0		0.00																																																																																																																											
<p>Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 34 Número máximo de VD (m) = 5.86</p>																																																																																																																																	
$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$								5.867347																																																																																																																									
VALORES DEDUCIDOS																																																																																																																																	
Nº	VALORES DEDUCIDOS		VDT		q		VDC																																																																																																																										
1	47	31	30	16	9	0.17	133.17	5	69																																																																																																																								
1	47	31	30	16	2	0.17	126.17	4	72																																																																																																																								
3	47	31	30	2	2	0.17	112.17	3	70																																																																																																																								
4	47	31	2	2	2	0.17	84.17	2	61																																																																																																																								
5	47	2	2	2	2	0.17	55.17	1	55																																																																																																																								
6							0																																																																																																																										
7							0																																																																																																																										
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):				PCI		100 - Máx. VDC		Máx. VDC																																																																																																																									
				PCI		28		72																																																																																																																									
CONDICION DEL PAVIMENTO:				MALO																																																																																																																													

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI				NIVEL DE SEVERIDAD								
LUGAR:	CARRETERA DE YANAHUANCA	SECCIÓN:	32+460 - 32+490	Low	L Baja	B						
FECHA:	25 de junio de 2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM 08	Medium	M Media	M						
ELABORADO POR:	JUAN EIZAGUIRRE	AREA DE LA UNIDAD:	210 m2	High	H Alta	A						
TIPOS DE FALLAS				DIAGRAMA								
1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 7. Grieta de borde 8. Grieta de reflexión de junta 9. Desnivel Carril/Berma 10. Grietas Longitudinales y Transversales 11. Parches 12. Pulimiento de agregados 13. Baches 14. Cruce de Vía férrea 15. Ahullamiento 16. Desplazamiento 17. Grietas parabólicas 18. Hinchamiento 19. Desprendimiento de agregados 20. otros												
UNIDADES DE MUESTRA		INT. DE UM		NÚMERO MÁX DE VD								
$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2} = 14$		$i = \frac{N}{n} = 5$		$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$								
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI												
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES												
		1		6		7			10		13	
Repto	Calificación	CANTIDAD M2	SEV.	CANTIDAD (M2)	SEV.	CANTIDAD (M)	SEV.	CANTIDAD (M)	SEV.	CANTIDAD (U)	SEV.	
10-15	Escasez	3 0.5 1.5	M	1.5 0.6 0.9	B	2.1 1 2.1	B	0.6 1 0.6	B	4 1 4	M	
16-20	Muy Escasa	2.7 1.8 4.86	B	1 1 1	B	3.7 1 3.7	M	0.35 1 0.35	B			
21-25	Buena	3.3 0.7 2.31	A			2.5 1 2.5	B	0.85 1 0.85	B			
26-30	Muy Buena	1.2 1.3 1.56	B									
31-35	Regular	1.4 0.85 1.19	B									
36-40	Mala	1.6 2.6 4.16	B									
41-45	Muy Mala	2.1 1.5 3.15	B									
46-50	Óptima	0.5 0.8 0.4	M									
51-55	Óptima	0.8 0.7 0.56	M									
NIVE	B	14.92		1.9		4.6		1.8				
L DE	M	2.46				3.7				4		
SEVE	A	2.31										
CALCULO DEL PCI												
Tipo de daño	Severidad	Total	Densidad (%)	Valor deducido	Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 42 Número máximo de VD (m) = 6.32							
1	B	14.92	7.10	3	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$							
1	M	2.46	1.17	22								
1	A	2.31	1.10	31								
6	B	1.9	0.90	4								
6	M	0	0.00									
6	A	0	0.00									
7	B	4.6	2.19	2								
7	M	3.7	1.76	6								
7	A	0	0.00									
10	B	1.8	0.86	2								
10	M	0	0.00									
10	A	0	0.00									
13	B	0	0.00									
13	M	4	1.90	42								
13	A	0	0.00									
Nº	VALORES DEDUCIDOS											
1	42	31	30	22	6	4	0.6	135.6	6	66		
1	42	31	30	22	6	2	0.6	133.6	5	70		
3	42	31	30	22	2	2	0.6	129.6	4	74		
4	42	31	30	2	2	2	0.6	109.6	3	69		
5	42	31	2	2	2	2	0.6	81.6	2	59		
6	42	2	2	2	2	2	0.6	52.6	1	53		
7								0				
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):				PCI	100 - Máx. VDC	Máx. VDC		74				
				PCI	26							
CONDICION DEL PAVIMENTO:				MALO								

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI				NIVEL DE SEVERIDAD													
LUGAR:	CARRETERA DE YANAHUANCA	SECCIÓN:	37+200 - 37+230	Low	L Baja	B											
FECHA:	25 de junio de 2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM 09	Medium	M Media	M											
ELABORADO POR:	JUAN EIZAGUIRRE	AREA DE LA UNIDAD:	210 m2	High	H Alta	A											
TIPOS DE FALLAS				DIAGRAMA													
1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 7. Grieta de borde		8. Grieta de reflexión de junta 9. Desnivel Carril/Berma 10. Grietas Longitudinales y Transversales 11. Parches 12. Pulimiento de agregados 13. Baches 14. Cruce de Vía férrea		15. Ahullamiento 16. Desplazamiento 17. Grietas parabólicas 18. Hinchamiento 19. Desprendimiento de agregados 20. otros													
UNIDADES DE MUESTRA $n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2} = 14$		INT. DE UM $i = \frac{N}{n} = 5$		NÚMERO MÁX DE VD $m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$													
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES																	
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		1		10		13		19		0							
Resp.	Clasificación	CANTIDAD M2	SEV	CANTIDAD (M)	SEV.	CANTIDAD (U)	SEV.	CANTIDAD (M2)	SEV.	CANTIDAD (U)	SEV.						
100-85	Excelente	2.3	1.2	2.76	B	1.5	1	1.5	B	3	1	3	B	1.3	1	1.3	M
85-70	Muy Buena	0.7	1.5	1.05	B	2.6	1	2.6	M	1	1	1	M	0.65	1.5	0.98	M
70-55	Buena	1.4	2.5	3.5	M	2.3	1	2.3	M								
55-40	Regular	3.2	0.6	1.92	B	0.95	1	0.95	B								
40-25	Mala																
25-10	Muy Mala																
10-1	Pésimo																
NIVEL DE SEVERIDAD	B	5.73		2.45		3		2.275									
	M	3.5		4.9		1		2.275									
	A																
CÁLCULO DEL PCI																	
Tipo de daño	Severidad	Total	Densidad (%)	Valor deducido	Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 28 Número máximo de VD (m) = 7.61												
1	B	5.73	2.73	20													
1	M	3.5	1.67	28													
1	A	0	0.00														
10	B	2.45	1.17	2													
10	M	4.9	2.33	7													
10	A	0	0.00														
13	B	3	1.43	24													
13	M	1	0.48	20													
13	A	0	0.00														
19	B	0	0.00														
19	M	2.275	1.08	9													
19	A	0	0.00														
0	B	0	0.00														
0	M	0	0.00														
0	A	0	0.00														
Nº	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC								
1	28	24	20	20	9	7	0.6	108.6	6	53							
1	28	24	20	20	9	2	0.6	103.6	5	54							
3	28	24	20	20	2	2	0.6	96.6	4	55							
4	28	24	20	2	2	2	0.6	78.6	3	50							
5	28	24	2	2	2	2	0.6	60.6	2	58							
6	28	2	2	2	2	2	0.6	38.6	1	38							
7								0									
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):				PCI	100 - Máx. VDC	Máx. VDC	58										
				PCI	42												
CONDICION DEL PAVIMENTO:				REGULAR													

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI				NIVEL DE SEVERIDAD						
LUGAR:	CARRETERA DE YANAHUANCA	SECCIÓN:	40+900 - 40+930	Low	L Baja	B				
FECHA:	25 de junio de 2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM 10	Medium	M Media	M				
ELABORADO POR:	JUAN EIZAGUIRRE	AREA DE LA UNIDAD:	210 m2	High	H Alta	A				
TIPOS DE FALLAS				DIAGRAMA						
1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 7. Grieta de borde 8. Grieta de reflexión de junta 9. Desnivel Carril/Berma 10. Grietas Longitudinales y Transversales 11. Parches 12. Pulimiento de agregados 13. Baches 14. Cruce de Vía férrea 15. Ahullamiento 16. Desplazamiento 17. Grietas parabólicas 18. Hinchamiento 19. Desprendimiento de agregados 20. otros										
UNIDADES DE MUESTRA		INT. DE UM		NÚMERO MÁX DE VD						
$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2} = 14$		$i = \frac{N}{n} = 5$		$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$						
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES									
	1		7		10		13		19	
	CANTIDAD M2	SEV.	CANTIDAD (M2)	SEV.	CANTIDAD (M2)	SEV.	CANTIDAD (M)	SEV.	CANTIDAD (U)	SEV.
10-15 Escure	1.1 1.2 1.32	B	1.4 1 1.4	M	0.6 1 0.6	B	3 1 3	B	1.2 2.7 3.24	M
15-20 Muy Claro	0.3 0.7 0.21	B	2.7 1 2.7	A	1.15 1 1.15	M	1 0		0.9 1.4 2.3	M
20-25 Claro	0		0.7 1 0.7	M	0.3 1 0.3	B	1 0		0	
25-30 Regular	0		0		0.65 1 0.65	M	1 0		0	
30-35 Medio	0		0		0.8 1 0.8	M	1 0		0	
35-40 Muy Medio	0		0		0.85 1 0.85	M	1 0		0	
40-45 Físico	0		0		0.6 1 0.6	B	1 0		0	
NIVE	B	1.53			1.5		3			
L DE	M		2.1		3.45				5.54	
SEVE	A		0.7							
CALCULO DEL PCI										
Tipo de daño	Severidad	Total	Densidad (%)	Valor deducido	Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 48 Número máximo de VD (m) = 5.77					
1	B	1.53	0.73	8						
1	M	0	0.00	0						
1	A	0	0.00	0						
7	B	0	0.00	0						
7	M	2.1	1.00	6						
7	A	0.7	0.33	9						
10	B	1.5	0.71	3						
10	M	3.45	1.64	12						
10	A	0	0.00	0						
13	B	3	1.43	48						
13	M	0	0.00	0						
13	A	0	0.00	0						
19	B	0	0.00	0						
19	M	5.54	2.64	11						
19	A	0	0.00	0						
Nº	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC	
1	48	12	11	9	8	4.62	92.62	6	45	
2	48	12	11	9	8	2	90	5	48	
3	48	12	11	9	2	2	84	4	49	
4	48	12	11	2	2	2	77	3	52	
5	48	12	2	2	2	2	68	2	50	
6	48	2	2	2	2	2	58	1	60	
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):				PCI	100 - Máx. VDC	Máx. VDC	60			
CONDICION DEL PAVIMENTO:				PCI	40					
				REGULAR						

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI				NIVEL DE SEVERIDAD																																																																																																																																																																																					
LUGAR:	CARRETERA DE YANAHUANCA	SECCIÓN:	45+600 - 5+630	Low	L	Baja	B																																																																																																																																																																																		
FECHA:	25 de junio de 2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM 11	Medium	M	Media	M																																																																																																																																																																																		
ELABORADO POR:	JUAN EIZAGUIRRE	AREA DE LA UNIDAD:	210 m2	High	H	Alta	A																																																																																																																																																																																		
TIPOS DE FALLAS							DIAGRAMA																																																																																																																																																																																		
1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 7. Grieta de borde 8. Grieta de reflexión de junta 9. Desnivel Carril/Berma 10. Grietas Longitudinales y Transversales 11. Parches 12. Pulimiento de agregados 13. Baches 14. Cruce de Vía férrea 15. Ahullamiento 16. Desplazamiento 17. Grietas parabólicas 18. Hinchamiento 19. Desprendimiento de agregados 20. otros																																																																																																																																																																																									
UNIDADES DE MUESTRA		INT. DE UM		NÚMERO MÁX DE VD																																																																																																																																																																																					
$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{\sigma^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2} = 14$		$i = \frac{N}{n} = 5$		$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$																																																																																																																																																																																					
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES																																																																																																																																																																																									
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI																																																																																																																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI</th> <th colspan="2">1</th> <th colspan="2">3</th> <th colspan="2">7</th> <th colspan="2">10</th> <th colspan="2">13</th> </tr> <tr> <th>Repto</th> <th>Calificación</th> <th>CANTIDAD M2</th> <th>SEV</th> <th>CANTIDAD (M2)</th> <th>SEV.</th> <th>CANTIDAD (M2)</th> <th>SEV.</th> <th>CANTIDAD (M)</th> <th>SEV.</th> <th>CANTIDAD (U)</th> <th>SEV.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10-15</td> <td>Excelente</td> <td>2.4</td> <td>1.5</td> <td>3.6</td> <td>M</td> <td>1.6</td> <td>1.9</td> <td>3.04</td> <td>B</td> <td>3.8</td> <td>1</td> <td>3.8</td> <td>M</td> <td>0.5</td> <td>1</td> <td>0.5</td> <td>B</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>15-20</td> <td>Muy Bueno</td> <td>0.6</td> <td>0.9</td> <td>0.54</td> <td>M</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td>4.5</td> <td>1</td> <td>4.5</td> <td>A</td> <td>0.35</td> <td>1</td> <td>0.35</td> <td>B</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>M</td> </tr> <tr> <td>20-25</td> <td>Bueno</td> <td>1.5</td> <td>1.6</td> <td>2.4</td> <td>M</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td>2.6</td> <td>1</td> <td>2.6</td> <td>M</td> <td>1.65</td> <td>1</td> <td>1.65</td> <td>M</td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>25-30</td> <td>Regular</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td>1.3</td> <td>1</td> <td>1.3</td> <td>M</td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>30-35</td> <td>Malo</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td>0.85</td> <td>1</td> <td>0.85</td> <td>B</td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>35-40</td> <td>Muy Malo</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>40-45</td> <td>Pésimo</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>0</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>								RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		1		3		7		10		13		Repto	Calificación	CANTIDAD M2	SEV	CANTIDAD (M2)	SEV.	CANTIDAD (M2)	SEV.	CANTIDAD (M)	SEV.	CANTIDAD (U)	SEV.	10-15	Excelente	2.4	1.5	3.6	M	1.6	1.9	3.04	B	3.8	1	3.8	M	0.5	1	0.5	B	4	1	4	B	15-20	Muy Bueno	0.6	0.9	0.54	M			0		4.5	1	4.5	A	0.35	1	0.35	B	1	1	1	M	20-25	Bueno	1.5	1.6	2.4	M			0		2.6	1	2.6	M	1.65	1	1.65	M		1	0		25-30	Regular			0				0		1	0			1.3	1	1.3	M		1	0		30-35	Malo			0				0		1	0			0.85	1	0.85	B		1	0		35-40	Muy Malo			0				0		1	0			1	0				1	0		40-45	Pésimo			0				0		1	0			1	0				1	0	
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		1		3		7		10		13																																																																																																																																																																															
Repto	Calificación	CANTIDAD M2	SEV	CANTIDAD (M2)	SEV.	CANTIDAD (M2)	SEV.	CANTIDAD (M)	SEV.	CANTIDAD (U)	SEV.																																																																																																																																																																														
10-15	Excelente	2.4	1.5	3.6	M	1.6	1.9	3.04	B	3.8	1	3.8	M	0.5	1	0.5	B	4	1	4	B																																																																																																																																																																				
15-20	Muy Bueno	0.6	0.9	0.54	M			0		4.5	1	4.5	A	0.35	1	0.35	B	1	1	1	M																																																																																																																																																																				
20-25	Bueno	1.5	1.6	2.4	M			0		2.6	1	2.6	M	1.65	1	1.65	M		1	0																																																																																																																																																																					
25-30	Regular			0				0		1	0			1.3	1	1.3	M		1	0																																																																																																																																																																					
30-35	Malo			0				0		1	0			0.85	1	0.85	B		1	0																																																																																																																																																																					
35-40	Muy Malo			0				0		1	0			1	0				1	0																																																																																																																																																																					
40-45	Pésimo			0				0		1	0			1	0				1	0																																																																																																																																																																					
NIVE		B		3				1.8		4																																																																																																																																																																															
L DE		M		6.5				6.4		3																																																																																																																																																																															
SEVE		A				4.5				1																																																																																																																																																																															
CALCULO DEL PCI																																																																																																																																																																																									
Tipo de daño	Severidad	Total	Densidad (%)	Valor deducido	Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 34 Número máximo de VD (m) = 7.06																																																																																																																																																																																				
1	B	0	0.00																																																																																																																																																																																						
1	M	6.5	3.10	34																																																																																																																																																																																					
1	A	0	0.00																																																																																																																																																																																						
3	B	3	1.43	1																																																																																																																																																																																					
3	M	0	0.00																																																																																																																																																																																						
3	A	0	0.00																																																																																																																																																																																						
7	B	0	0.00																																																																																																																																																																																						
7	M	6.4	3.05	8																																																																																																																																																																																					
7	A	4.5	2.14	10																																																																																																																																																																																					
10	B	1.8	0.86	2																																																																																																																																																																																					
10	M	3	1.43	4																																																																																																																																																																																					
10	A	0	0.00																																																																																																																																																																																						
13	B	4	1.90	29																																																																																																																																																																																					
13	M	1	0.48	20																																																																																																																																																																																					
13	A	0	0.00																																																																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th colspan="6">VALORES DEDUCIDOS</th> <th>VDT</th> <th>q</th> <th>VDC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>34</td> <td>29</td> <td>20</td> <td>10</td> <td>9</td> <td>8</td> <td>3.5</td> <td>0.03</td> <td>113.53</td> <td>7</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>34</td> <td>29</td> <td>20</td> <td>10</td> <td>9</td> <td>8</td> <td>2</td> <td>0.03</td> <td>112.03</td> <td>6</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>34</td> <td>29</td> <td>20</td> <td>10</td> <td>9</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>0.03</td> <td>106.03</td> <td>5</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>34</td> <td>29</td> <td>20</td> <td>10</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>0.03</td> <td>99.03</td> <td>4</td> <td>57</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>34</td> <td>29</td> <td>20</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>0.03</td> <td>91.03</td> <td>3</td> <td>58</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>34</td> <td>29</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>0.03</td> <td>73.03</td> <td>2</td> <td>53</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>34</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>0.03</td> <td>46.03</td> <td>1</td> <td>46</td> </tr> </tbody> </table>								Nº	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC	1	34	29	20	10	9	8	3.5	0.03	113.53	7	56	2	34	29	20	10	9	8	2	0.03	112.03	6	55	3	34	29	20	10	9	2	2	0.03	106.03	5	56	4	34	29	20	10	2	2	2	0.03	99.03	4	57	5	34	29	20	2	2	2	2	0.03	91.03	3	58	6	34	29	2	2	2	2	2	0.03	73.03	2	53	7	34	2	2	2	2	2	2	0.03	46.03	1	46																																																																																				
Nº	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC																																																																																																																																																																																
1	34	29	20	10	9	8	3.5	0.03	113.53	7	56																																																																																																																																																																														
2	34	29	20	10	9	8	2	0.03	112.03	6	55																																																																																																																																																																														
3	34	29	20	10	9	2	2	0.03	106.03	5	56																																																																																																																																																																														
4	34	29	20	10	2	2	2	0.03	99.03	4	57																																																																																																																																																																														
5	34	29	20	2	2	2	2	0.03	91.03	3	58																																																																																																																																																																														
6	34	29	2	2	2	2	2	0.03	73.03	2	53																																																																																																																																																																														
7	34	2	2	2	2	2	2	0.03	46.03	1	46																																																																																																																																																																														
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):				PCI	100 - Máx. VDC	Máx. VDC		58																																																																																																																																																																																	
				PCI	42																																																																																																																																																																																				
CONDICION DEL PAVIMENTO:				REGULAR																																																																																																																																																																																					

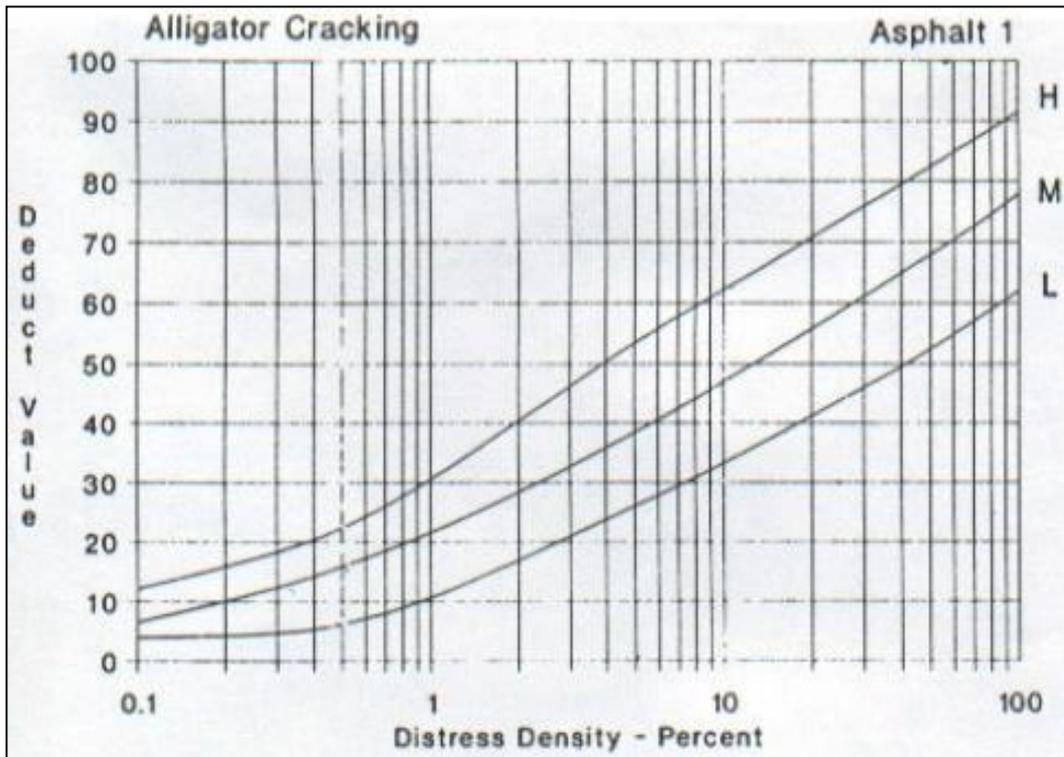
HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI						NIVEL DE SEVERIDAD					
LUGAR:	CARRETERA DE YANAHUANCA		SECCIÓN:	49+160 # 49+190		Low	L	Baja	B		
FECHA:	25 de junio de 2022		UNIDAD DE MUESTREO:	UM 12		Medium	M	Media	M		
ELABORADO POR:	JUAN EIZAGUIRRE		AREA DE LA UNIDAD:	210 m2		High	H	Alta	A		
TIPOS DE FALLAS 1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 7. Grieta de borde 8. Grieta de reflexión de junta 9. Desnivel Carril/Berma 10. Grietas Longitudinales y Transversales 11. Parches 12. Pulimiento de agregados 13. Baches 14. Cruce de Vía férrea 15. Ahullamiento 16. Desplazamiento 17. Grietas parabólicas 18. Hinchamiento 19. Desprendimiento de agregados 20. otros						DIAGRAMA 					
UNIDADES DE MUESTRA $n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2} = 14$			INT. DE UM $i = \frac{N}{n} = 5$		NÚMERO MÁX DE VD $m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$						
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES											
		1		6		7		10		13	
Rango	Calificación	CANTIDAD M2	SEV	CANTIDAD (M2)	SEV.	CANTIDAD (M)	SEV.	CANTIDAD (M)	SEV.	CANTIDAD (U)	SEV.
00-05	Excelente	3 0.5 1.5	M	1.5 0.6 0.9	B	2.1 1 2.1	B	0.6 1 0.6	B	4 1 4	M
05-10	Muy Bueno	2.7 1.8 4.86	B	1 1 1	B	3.7 1 3.7	M	0.35 1 0.35	B		
10-15	Bueno	3.3 0.7 2.31	A			2.5 1 2.5	B	0.85 1 0.85	B		
15-40	Regular	1.2 1.3 1.56	B								
40-55	Mal	1.4 0.85 1.19	B								
55-70	Muy Mal	1.6 2.6 4.16	B								
70-100	Pésimo	2.1 1.5 3.15	B								
		0.5 0.8 0.4	M								
		0.8 0.7 0.56	M								
NIVEL DE SEVERIDAD	B	14.92		1.9		4.6		1.8		4	
	M	2.46				3.7					
	A	2.31									
CALCULO DEL PCI											
Tipo de daño	Severidad	Total	Densidad (%)	Valor deducido	Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 42 Número máximo de VD (m) = 6.32						
1	B	14.92	7.10	3	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$						
1	M	2.46	1.17	22							
1	A	2.31	1.10	31							
6	B	1.9	0.90	4							
6	M	0	0.00								
6	A	0	0.00								
7	B	4.6	2.19	2							
7	M	3.7	1.76	6							
7	A	0	0.00								
10	B	1.8	0.86	2							
10	M	0	0.00								
10	A	0	0.00								
13	B	0	0.00								
13	M	4	1.90	42							
13	A	0	0.00								
Nº	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC		
1	42	31	30	22	6	4	0.6	135.6	6	66	
1	42	31	30	22	6	2	0.6	133.6	5	70	
3	42	31	30	22	2	2	0.6	129.6	4	74	
4	42	31	30	2	2	2	0.6	109.6	3	69	
5	42	31	2	2	2	2	0.6	81.6	2	59	
6	42	2	2	2	2	2	0.6	52.6	1	53	
7								0			
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):				PCI	100 - Máx. VDC		Máx. VDC	74			
				PCI	26						
CONDICION DEL PAVIMENTO:				MALO							

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI					NIVEL DE SEVERIDAD				
LUGAR:	CARRETERA DE YANAHUANCA	SECCIÓN:	49+800 - #9+830		Low	L	Baja	B	
FECHA:	25 de junio de 2022	UNIDAD DE MUESTREO:	UM 13		Medium	M	Media	M	
ELABORADO POR:	JUAN EIZAGUIRRE	AREA DE LA UNIDAD:	210 m2		High	H	Alta	A	
TIPOS DE FALLAS					DIAGRAMA				
1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 7. Grieta de borde 8. Grieta de reflexión de junta 9. Desnivel Carril/Berma 10. Grietas Longitudinales y Transversales 11. Parches 12. Pulimiento de agregados 13. Baches 14. Cruce de Vía férrea 15. Ahullamiento 16. Desplazamiento 17. Grietas parabólicas 18. Hinchamiento 19. Desprendimiento de agregados 20. otros									
UNIDADES DE MUESTRA		INT. DE UM		NÚMERO MÁX DE VD					
$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2} = 14$		$i = \frac{N}{n} = 5$		$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$					
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	TIPOS DE FALLAS EXISTENTES								
	1		7		11		13		
	CANTIDAD M2	SEV	CANTIDAD (M)	SEV.	CANTIDAD (M2)	SEV.	CANTIDAD (M)	SEV.	
10-15 Escasez	0.75 1.5 1.13	B	3.6 1 3.6	M	0.3 2.5 0.75	B	5 1 5	B	
16-20 Muy Escasa	2.6 1.85 4.81	M	0.8 1 0.8	M	0.8 1 0.8	B	2 1 2	M	
21-25 Escasa	2.55 1.6 4.08	M	2.8 1 2.8	M	0 1 0		0 1 0		
26-30 Regular	0.9 1.3 1.17	B	1.3 1 1.3	M	0 1 0		0 1 0		
31-35 Bien	2.2 0.75 1.65	B			0 1 0		0 1 0		
36-40 Muy Bien	3.1 2.45 7.6	M			0 1 0		0 1 0		
41-45 Excelente	2.35 1.45 3.41	M			0 1 0		0 1 0		
NIVE	B	3.95			1.55		5		
L DE	M	19.89	8.5				2		
SEVE	A								
CALCULO DEL PCI									
Tipo de daño	Severidad	Total	Densidad (%)	Valor deducido	Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 34 Número máximo de VD (m) = 5.86 $m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$ 5.867347				
1	B	3.95	1.88	16					
1	M	19.89	9.47	47					
1	A	0	0.00						
7	B	0	0.00						
7	M	8.5	4.05	9					
7	A	0	0.00						
11	B	1.55	0.74	2					
11	M	0	0.00						
11	A	0	0.00						
13	B	5	2.38	31					
13	M	2	0.95	30					
13	A	0	0.00						
0	B	0	0.00						
0	M	0	0.00						
0	A	0	0.00						
Nº	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC	
1	47	31	30	16	9	0.17	133.17	5	69
1	47	31	30	16	2	0.17	126.17	4	72
3	47	31	30	2	2	0.17	112.17	3	70
4	47	31	2	2	2	0.17	84.17	2	61
5	47	2	2	2	2	0.17	55.17	1	55
6							0		
7							0		
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):				PCI	100 - Máx. VDC		Máx. VDC	72	
				PCI	28				
CONDICION DEL PAVIMENTO:				MALO					

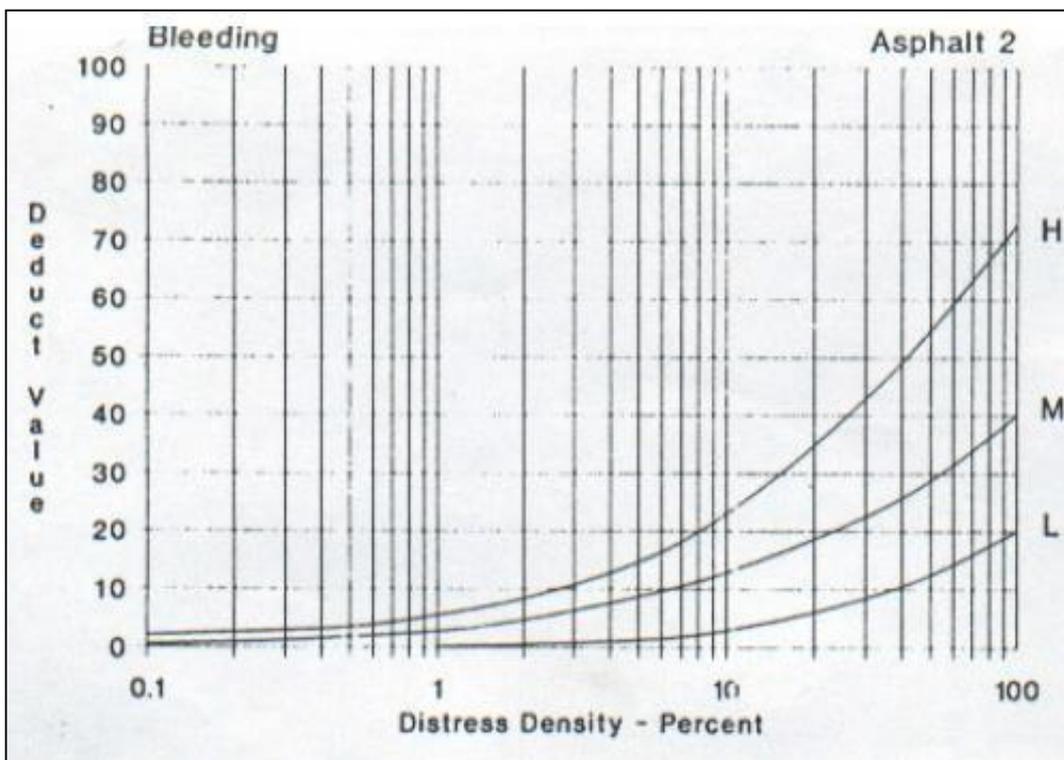
HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE PCI						NIVEL DE SEVERIDAD																																																																																																																																																																																																			
LUGAR:	CARRETERA DE YANAHUANCA		SECCIÓN:	54+300 - 54+330		Low	L	Baja	B																																																																																																																																																																																																
FECHA:	25 de junio de 2022		UNIDAD DE MUESTREO:	UM 14		Medium	M	Media	M																																																																																																																																																																																																
ELABORADO POR:	JUAN EIZAGUIRRE		AREA DE LA UNIDAD:	210 m2		High	H	Alta	A																																																																																																																																																																																																
TIPOS DE FALLAS						DIAGRAMA																																																																																																																																																																																																			
1. Piel de cocodrilo 2. Exudación 3. Agrietamiento en bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación 6. Depresión 7. Grieta de borde		8. Grieta de reflexión de junta 9. Desnivel Carril/Berma 10. Grietas Longitudinales y Transversales 11. Parches 12. Pulimiento de agregados 13. Baches 14. Cruce de Vía férrea		15. Ahullamiento 16. Desplazamiento 17. Grietas parabólicas 18. Hinchamiento 19. Desprendimiento de agregados 20. otros		 7 M * 30 M																																																																																																																																																																																																			
UNIDADES DE MUESTRA $n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{\sigma^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2} = 14$			INT. DE UM $i = \frac{N}{n} = 5$		NÚMERO MÁX DE VD $m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$																																																																																																																																																																																																				
TIPOS DE FALLAS EXISTENTES																																																																																																																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2">RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI</th> <th colspan="2">1</th> <th colspan="4">10</th> <th colspan="4">13</th> <th colspan="4">19</th> <th colspan="2">0</th> </tr> <tr> <th colspan="2">CANTIDAD M2</th> <th colspan="2">SEV</th> <th colspan="2">CANTIDAD (M)</th> <th colspan="2">SEV.</th> <th colspan="2">CANTIDAD (U)</th> <th colspan="2">SEV.</th> <th colspan="2">CANTIDAD (M2)</th> <th colspan="2">SEV.</th> <th colspan="2">CANTIDAD (U)</th> <th colspan="2">SEV.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10-15</td> <td>Excelente</td> <td>2.3</td><td>1.2</td><td>2.76</td><td>B</td> <td>1.5</td><td>1</td><td>1.5</td><td>B</td> <td>3</td><td>1</td><td>3</td><td>B</td> <td>1.3</td><td>1</td><td>1.3</td><td>M</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>15-20</td> <td>Muy Bueno</td> <td>0.7</td><td>1.5</td><td>1.05</td><td>B</td> <td>2.6</td><td>1</td><td>2.6</td><td>M</td> <td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>M</td> <td>0.65</td><td>1.5</td><td>0.98</td><td>M</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>20-25</td> <td>Bueno</td> <td>1.4</td><td>2.5</td><td>3.5</td><td>M</td> <td>2.3</td><td>1</td><td>2.3</td><td>M</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>25-30</td> <td>Regular</td> <td>3.2</td><td>0.6</td><td>1.92</td><td>B</td> <td>0.95</td><td>1</td><td>0.95</td><td>B</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>30-35</td> <td>Mal</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>35-40</td> <td>Muy Mal</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>40-45</td> <td>Pésimo</td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table>										RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		1		10				13				19				0		CANTIDAD M2		SEV		CANTIDAD (M)		SEV.		CANTIDAD (U)		SEV.		CANTIDAD (M2)		SEV.		CANTIDAD (U)		SEV.		10-15	Excelente	2.3	1.2	2.76	B	1.5	1	1.5	B	3	1	3	B	1.3	1	1.3	M					15-20	Muy Bueno	0.7	1.5	1.05	B	2.6	1	2.6	M	1	1	1	M	0.65	1.5	0.98	M					20-25	Bueno	1.4	2.5	3.5	M	2.3	1	2.3	M													25-30	Regular	3.2	0.6	1.92	B	0.95	1	0.95	B													30-35	Mal																					35-40	Muy Mal																					40-45	Pésimo																				
RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI		1		10				13				19				0																																																																																																																																																																																									
		CANTIDAD M2		SEV		CANTIDAD (M)		SEV.		CANTIDAD (U)		SEV.		CANTIDAD (M2)		SEV.		CANTIDAD (U)		SEV.																																																																																																																																																																																					
10-15	Excelente	2.3	1.2	2.76	B	1.5	1	1.5	B	3	1	3	B	1.3	1	1.3	M																																																																																																																																																																																								
15-20	Muy Bueno	0.7	1.5	1.05	B	2.6	1	2.6	M	1	1	1	M	0.65	1.5	0.98	M																																																																																																																																																																																								
20-25	Bueno	1.4	2.5	3.5	M	2.3	1	2.3	M																																																																																																																																																																																																
25-30	Regular	3.2	0.6	1.92	B	0.95	1	0.95	B																																																																																																																																																																																																
30-35	Mal																																																																																																																																																																																																								
35-40	Muy Mal																																																																																																																																																																																																								
40-45	Pésimo																																																																																																																																																																																																								
NIVEL DE SEVERIDAD																																																																																																																																																																																																									
B		5.73		2.45				3																																																																																																																																																																																																	
M		3.5		4.9				1				2.275																																																																																																																																																																																													
A																																																																																																																																																																																																									
CALCULO DEL PCI																																																																																																																																																																																																									
Tipo de daño		Severidad		Total		Densidad (%)		Valor deducido		Número de valores deducidos > 2(q) Valor deducido más alto = 28 Número máximo de VD (m) = 7.61																																																																																																																																																																																															
1		B		5.73		2.73		20																																																																																																																																																																																																	
1		M		3.5		1.67		28																																																																																																																																																																																																	
1		A		0		0.00																																																																																																																																																																																																			
10		B		2.45		1.17		2																																																																																																																																																																																																	
10		M		4.9		2.33		7																																																																																																																																																																																																	
10		A		0		0.00																																																																																																																																																																																																			
13		B		3		1.43		24																																																																																																																																																																																																	
13		M		1		0.48		20																																																																																																																																																																																																	
13		A		0		0.00																																																																																																																																																																																																			
19		B		0		0.00																																																																																																																																																																																																			
19		M		2.275		1.08		9																																																																																																																																																																																																	
19		A		0		0.00																																																																																																																																																																																																			
0		B		0		0.00																																																																																																																																																																																																			
0		M		0		0.00																																																																																																																																																																																																			
0		A		0		0.00																																																																																																																																																																																																			
$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$										7.612245																																																																																																																																																																																															
Nº VALORES DEDUCIDOS										VDT		q		VDC																																																																																																																																																																																											
1		28		24		20		20		9		7		0.6		108.6		6		53																																																																																																																																																																																					
1		28		24		20		20		9		2		0.6		103.6		5		54																																																																																																																																																																																					
3		28		24		20		20		2		2		0.6		96.6		4		55																																																																																																																																																																																					
4		28		24		20		20		2		2		0.6		78.6		3		50																																																																																																																																																																																					
5		28		24		2		2		2		2		0.6		60.6		2		58																																																																																																																																																																																					
6		28		2		2		2		2		2		0.6		38.6		1		38																																																																																																																																																																																					
7																0																																																																																																																																																																																									
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI):										PCI 100 - Máx. VDC		Máx. VDC 58																																																																																																																																																																																													
CONDICION DEL PAVIMENTO:										PCI 42		REGULAR																																																																																																																																																																																													

Curvas de Valor Deducido para cada tipo de falla mediante el PCI

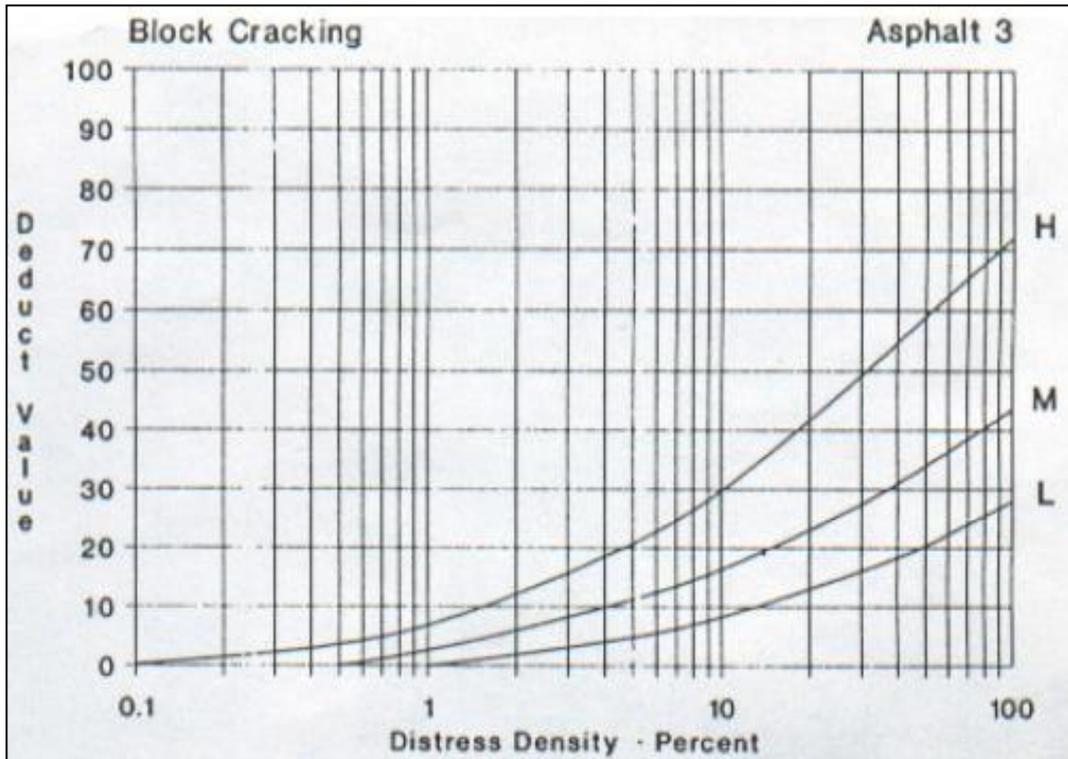
Piel de cocodrilo



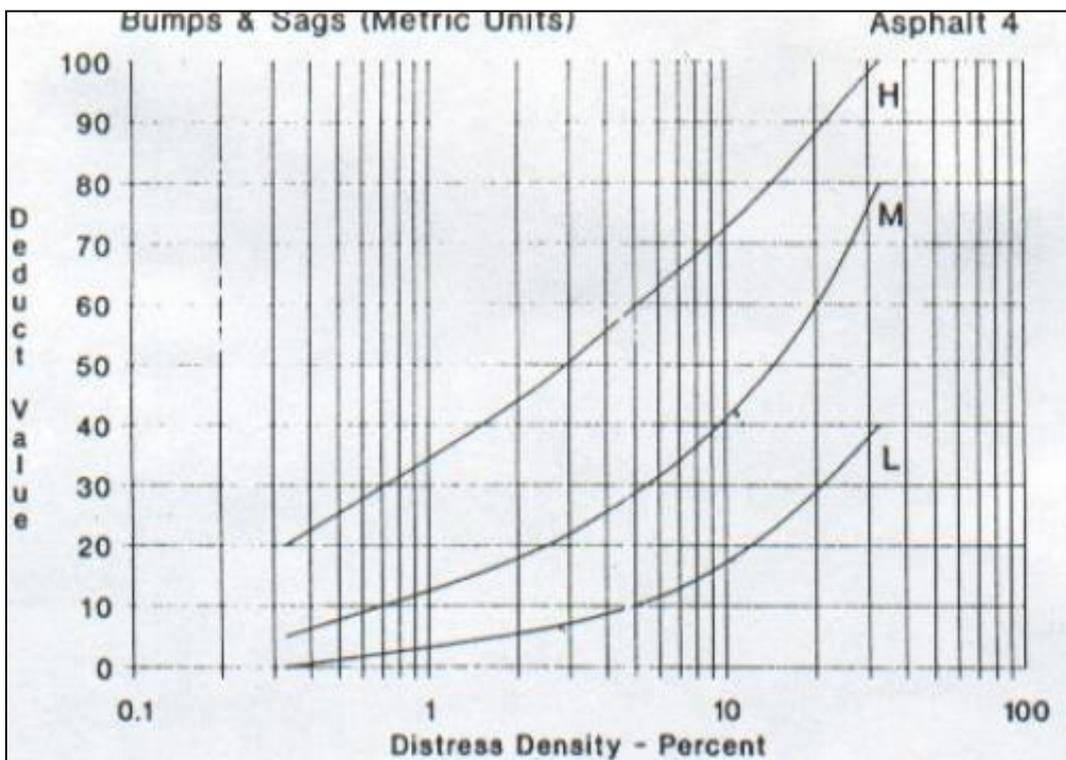
Exudación



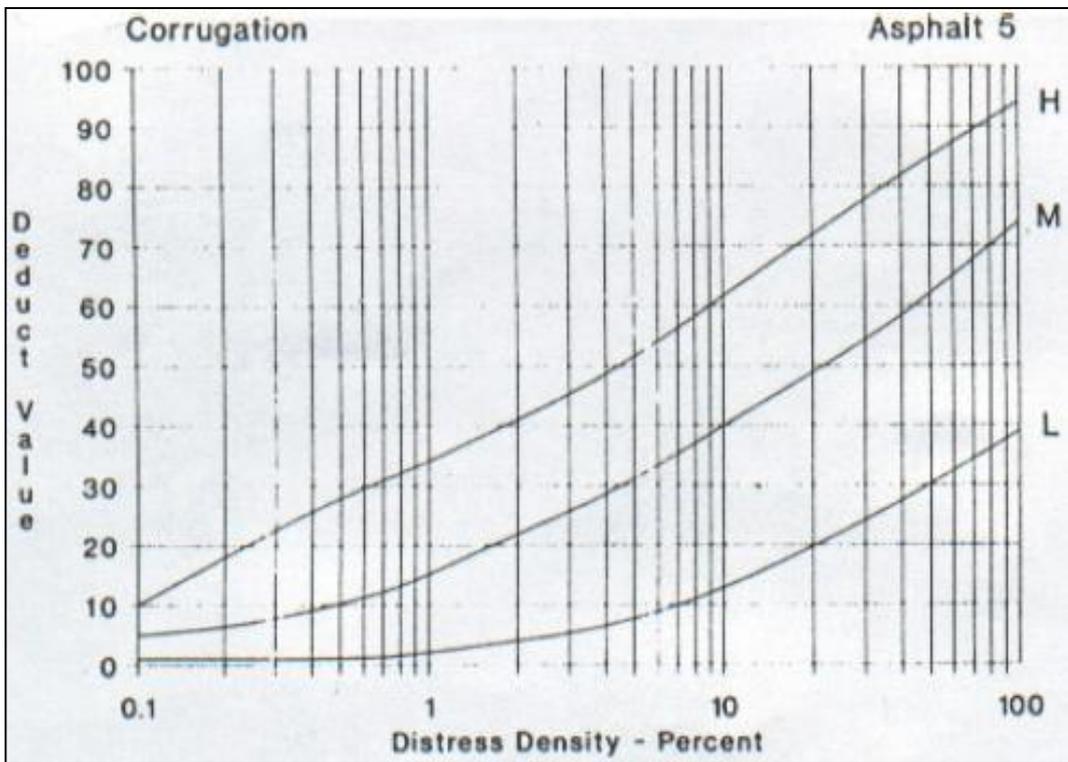
Agrietamiento en bloque



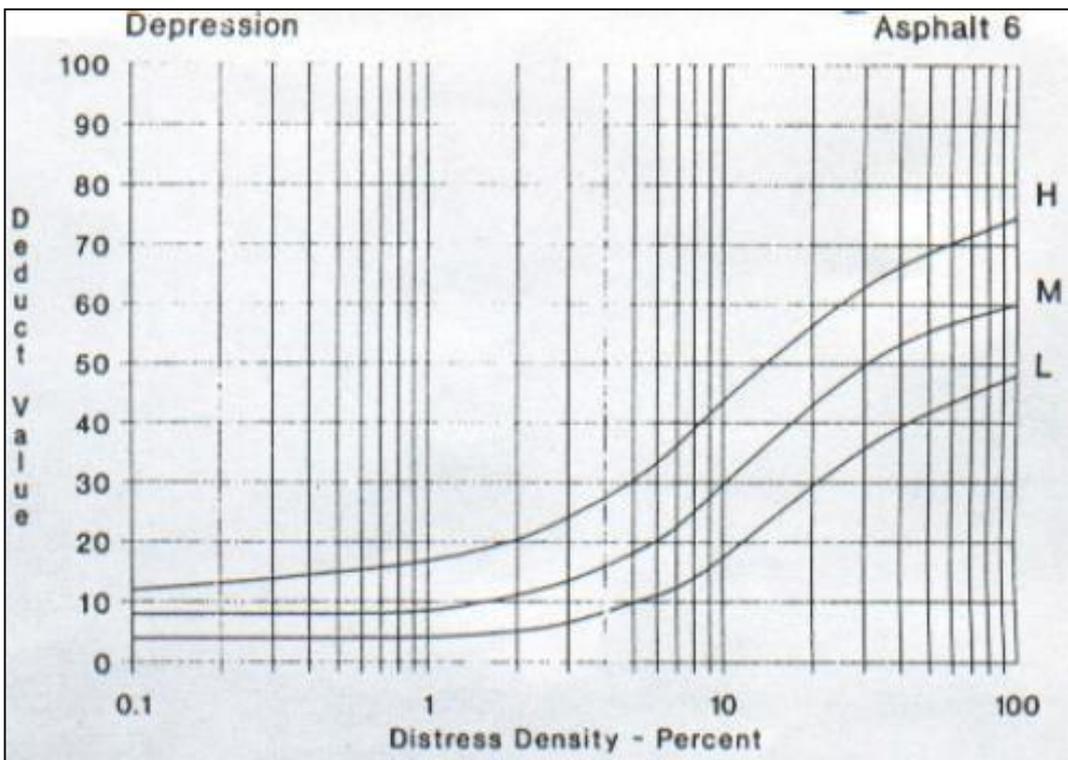
Abultamientos y hundimientos



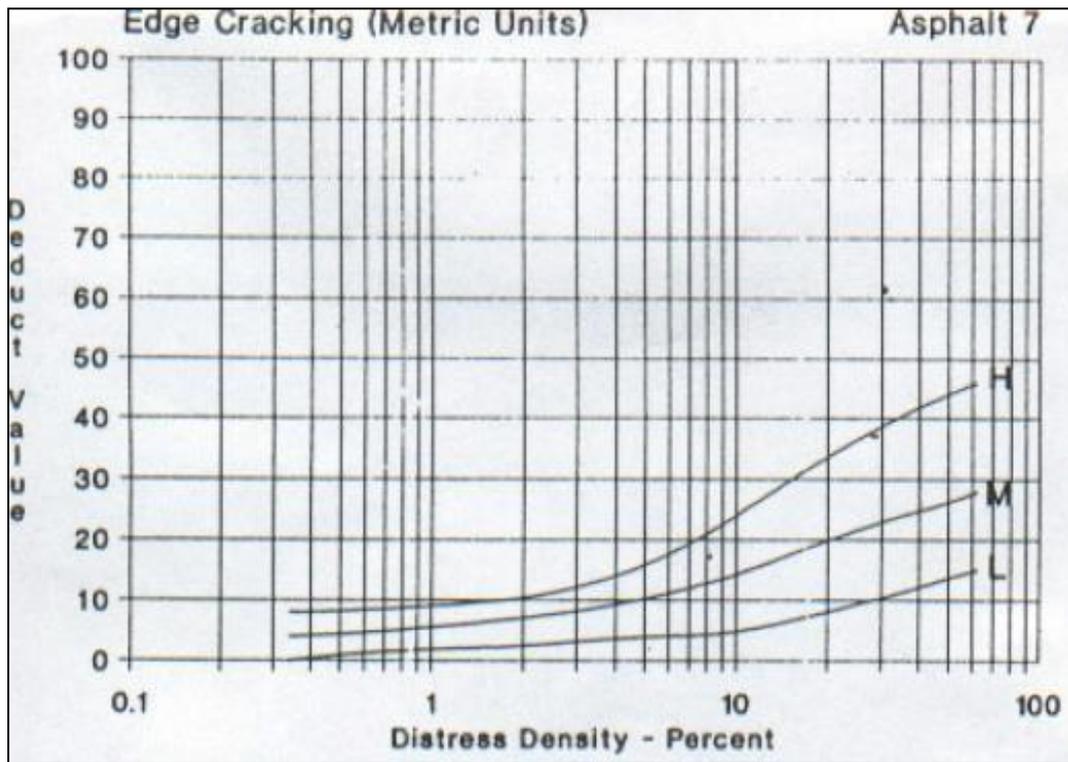
Corrugación



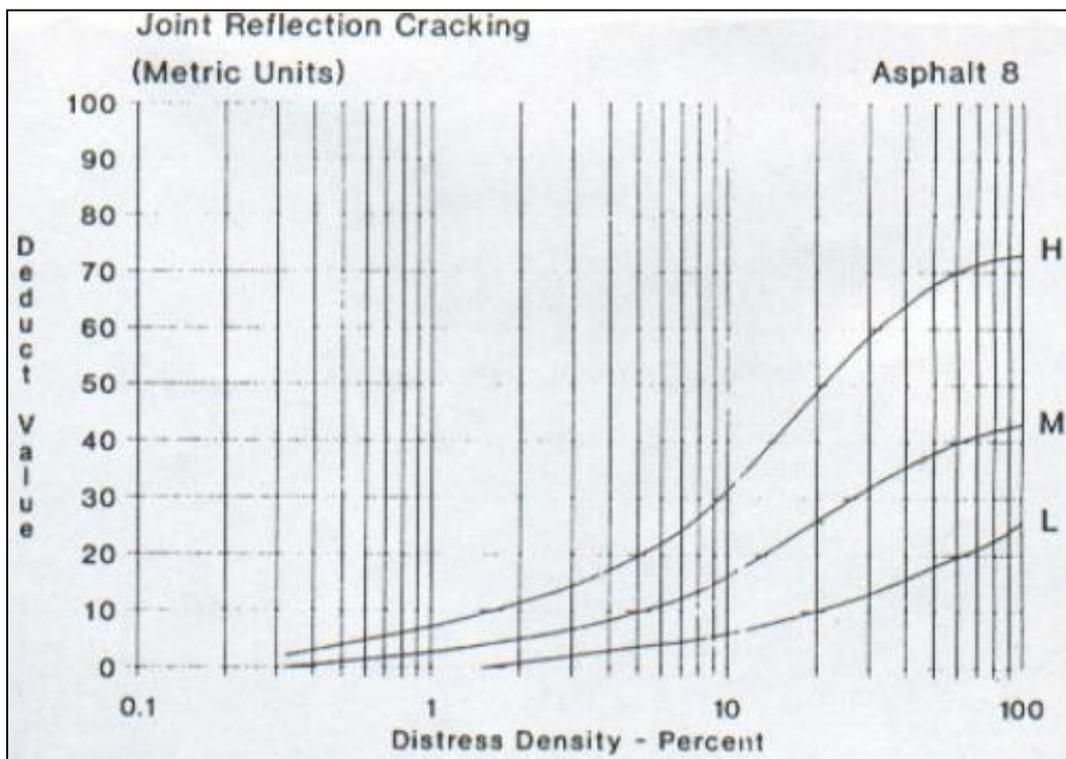
Depresión



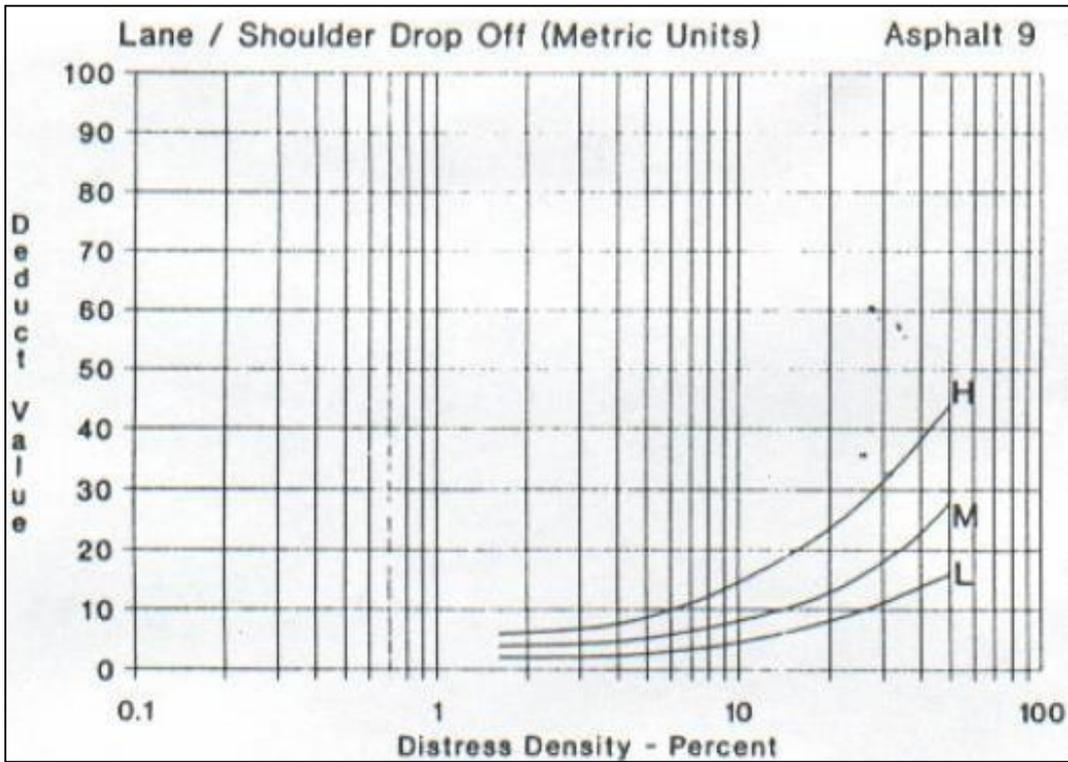
Grieta de borde



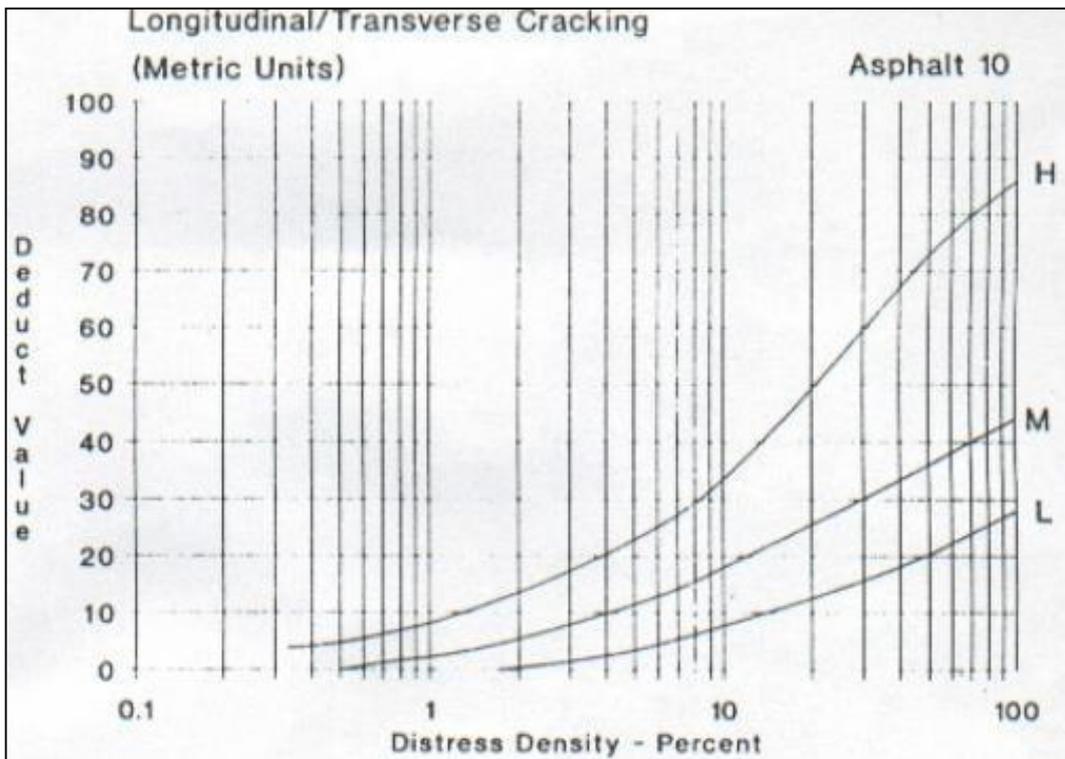
Grieta de reflexión de junta



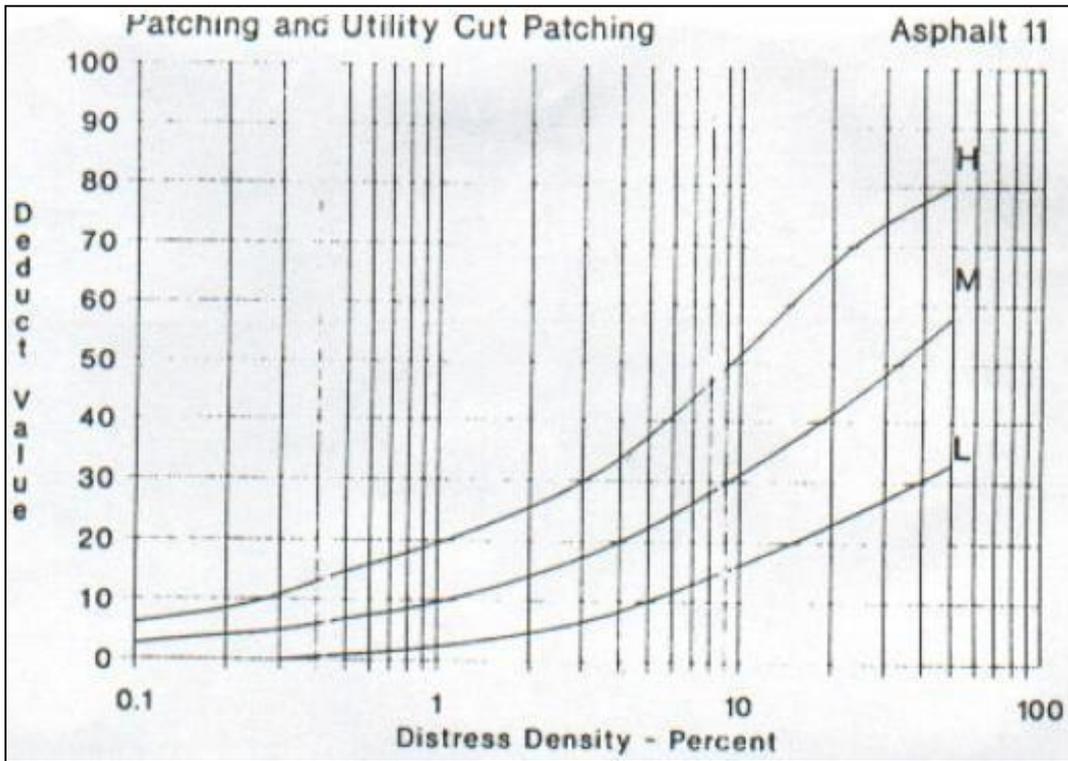
Desnivel Carril / Berma



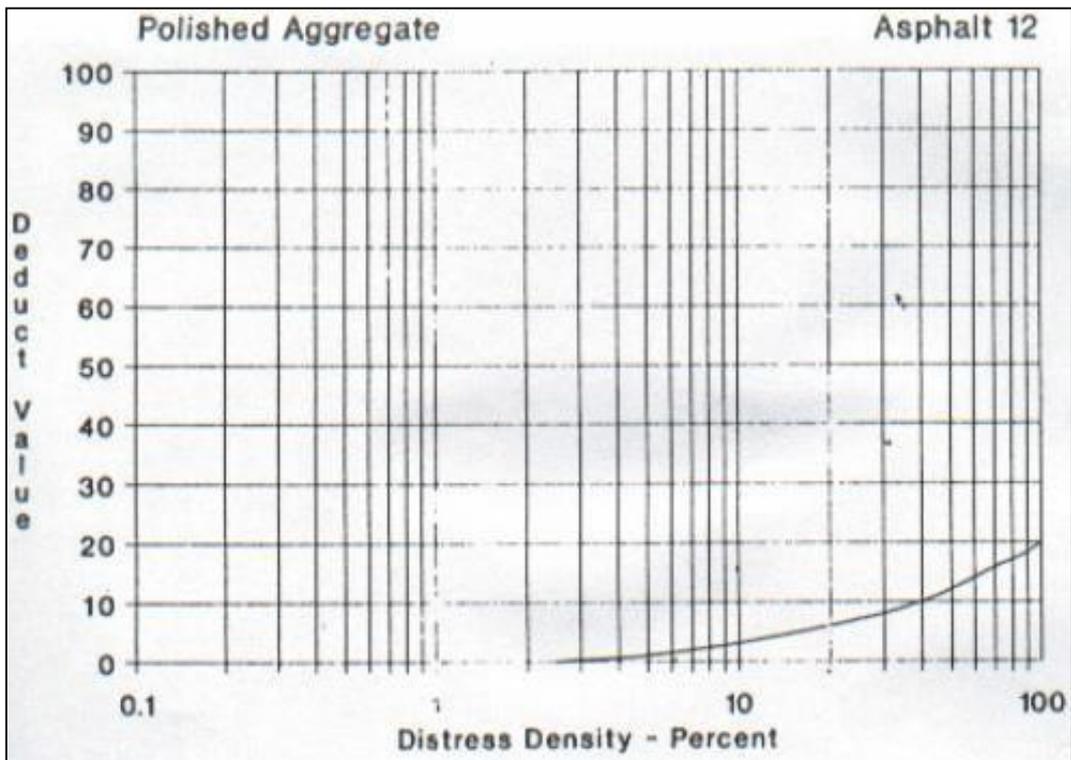
Grietas Longitudinales y Transversales



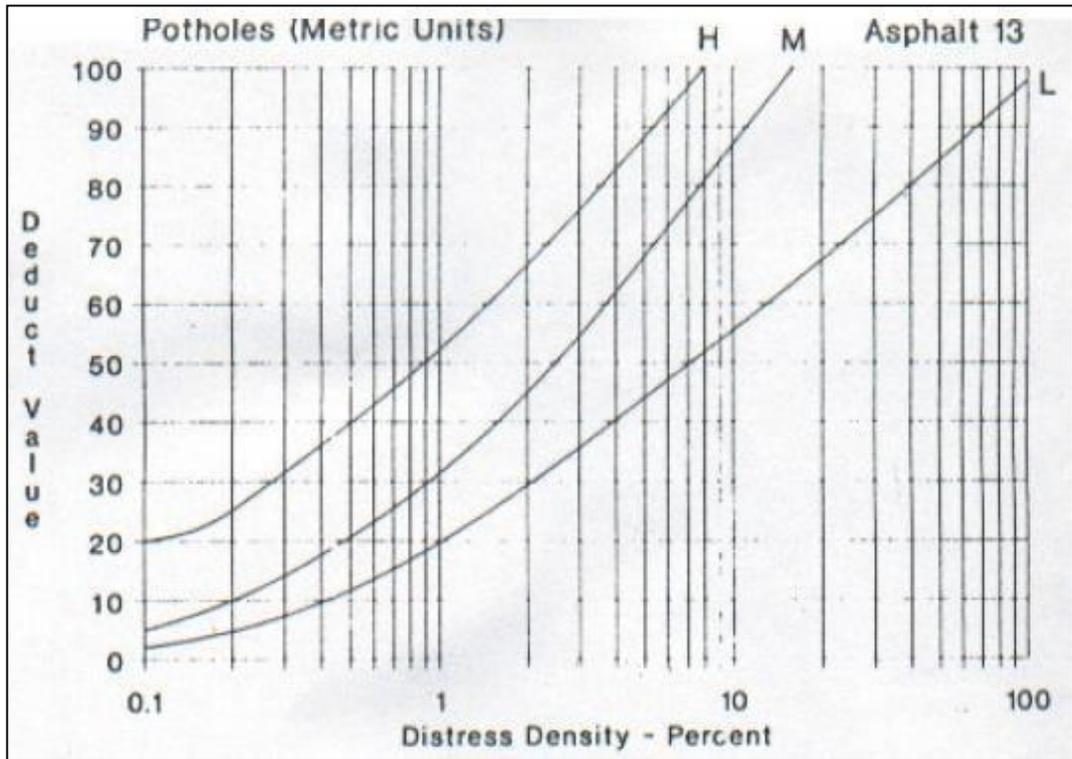
Parches



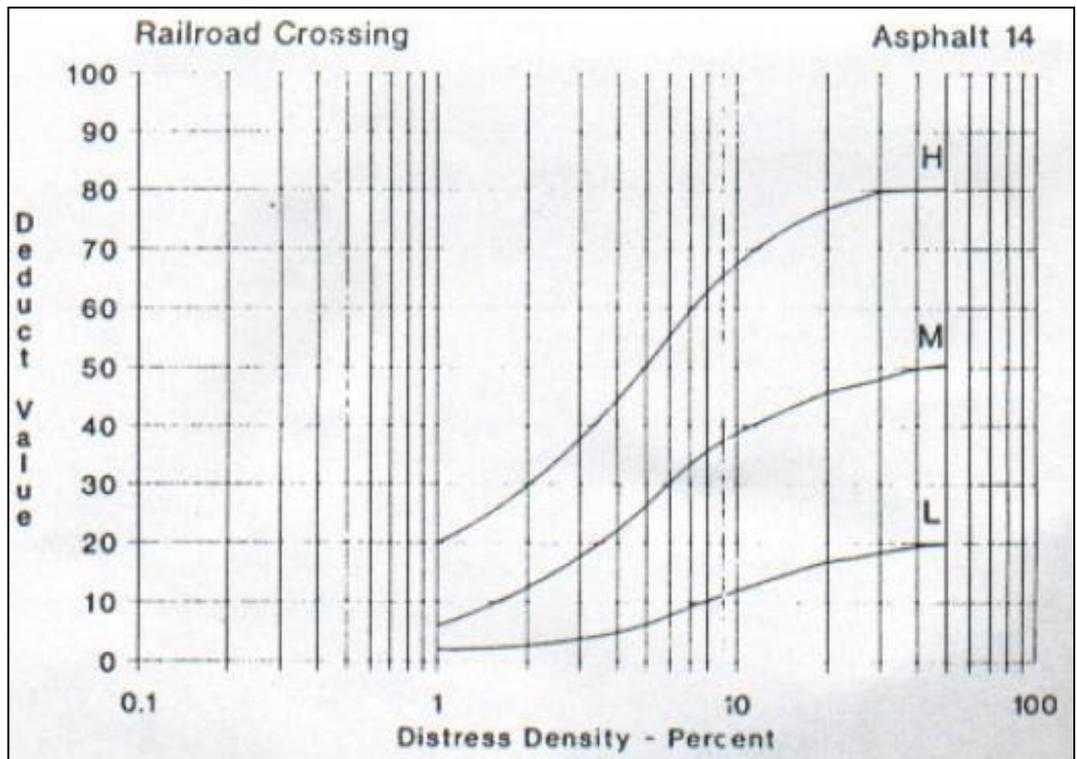
Pulimiento de agregados



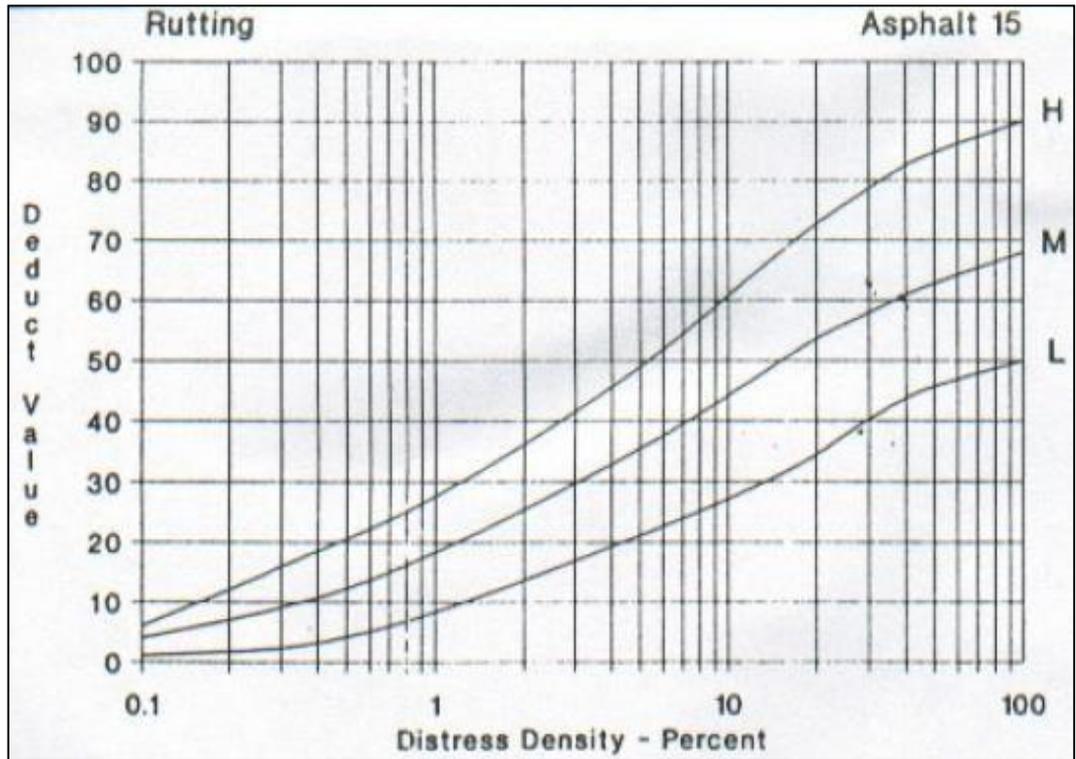
Baches



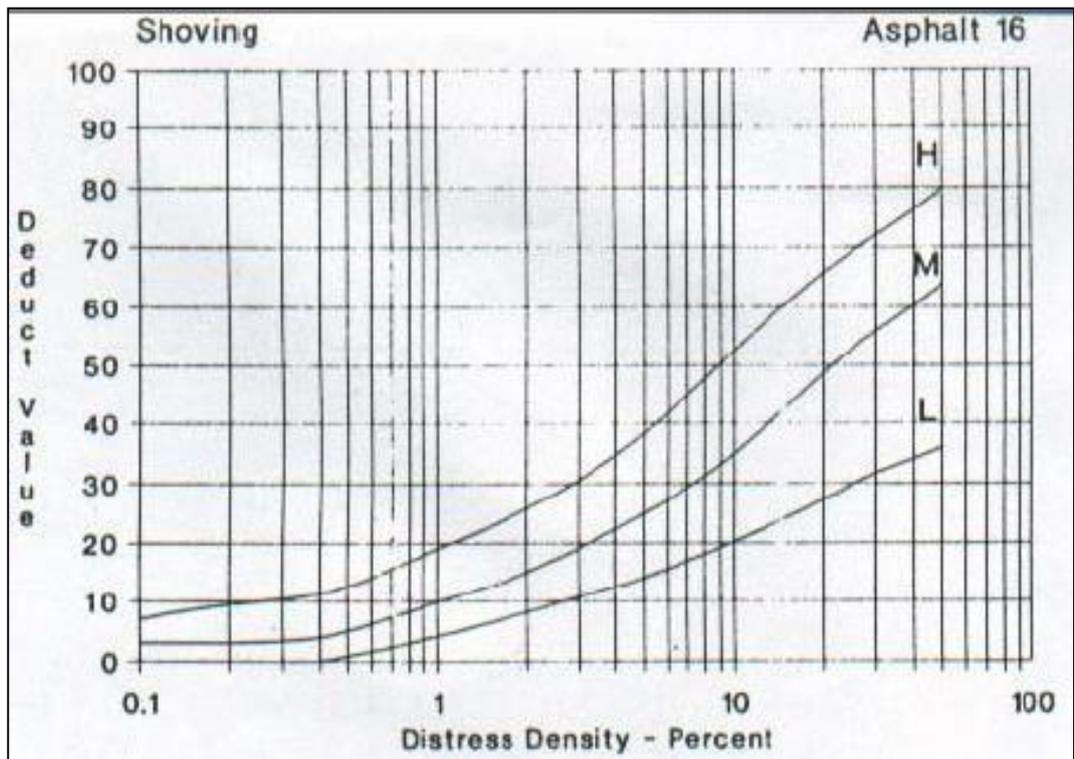
Cruce de Vía Férrea



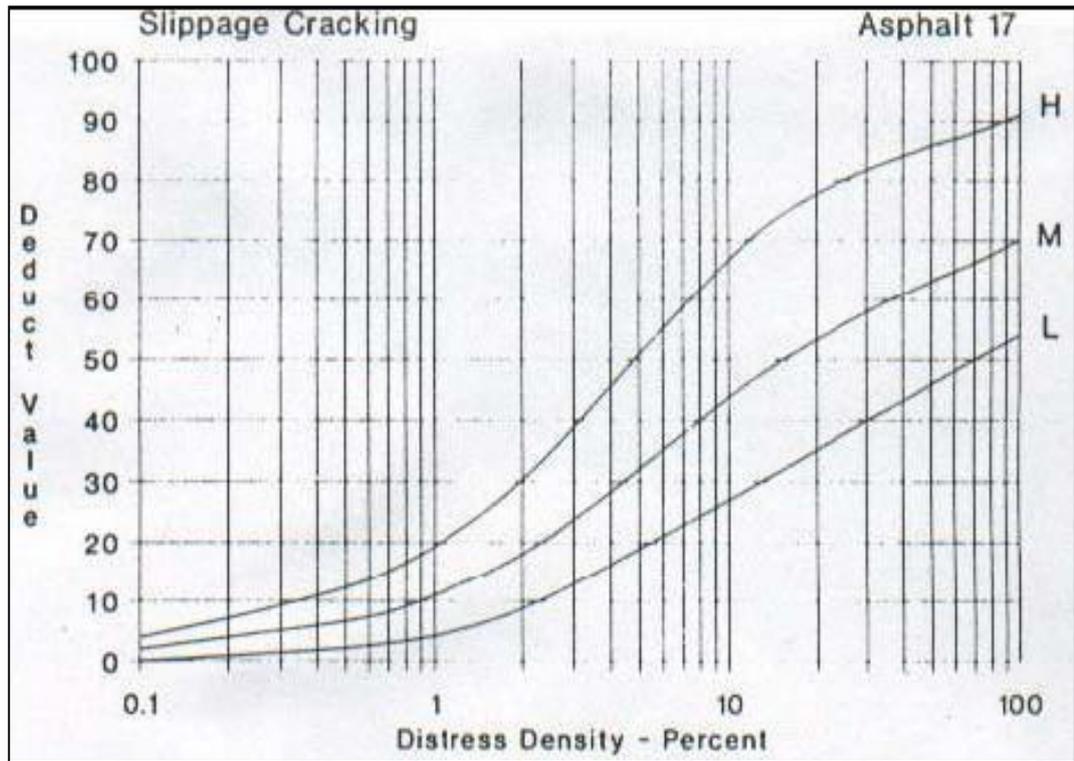
Ahuellamiento



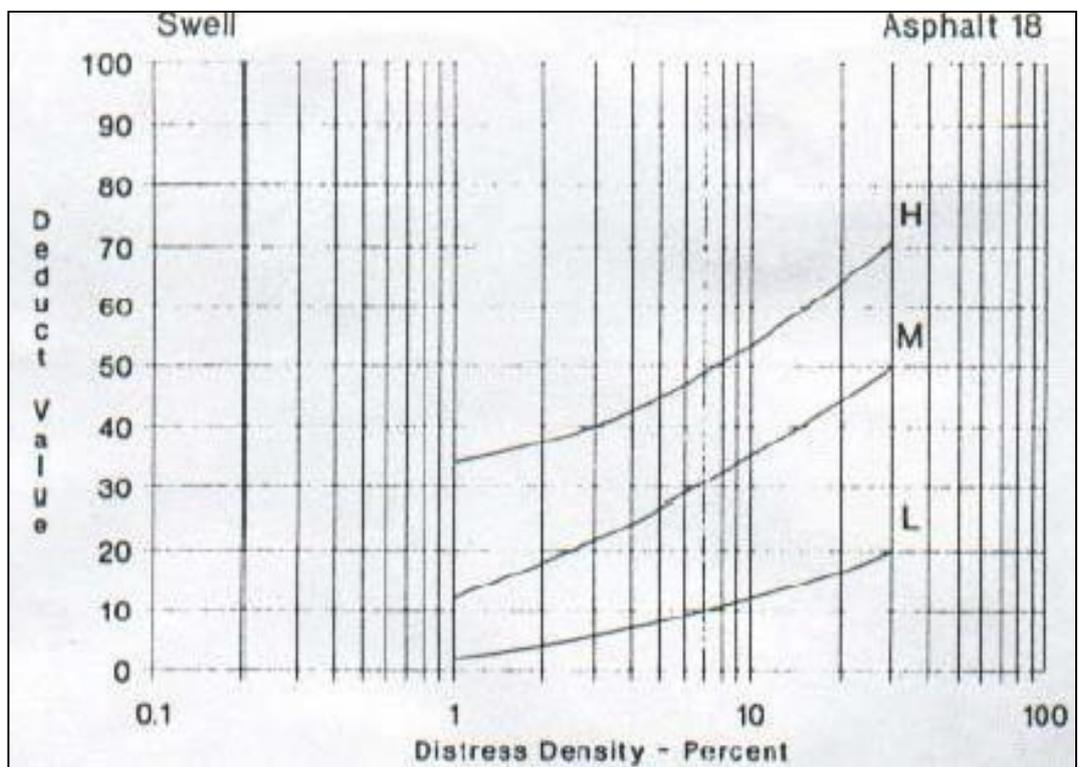
Desplazamiento



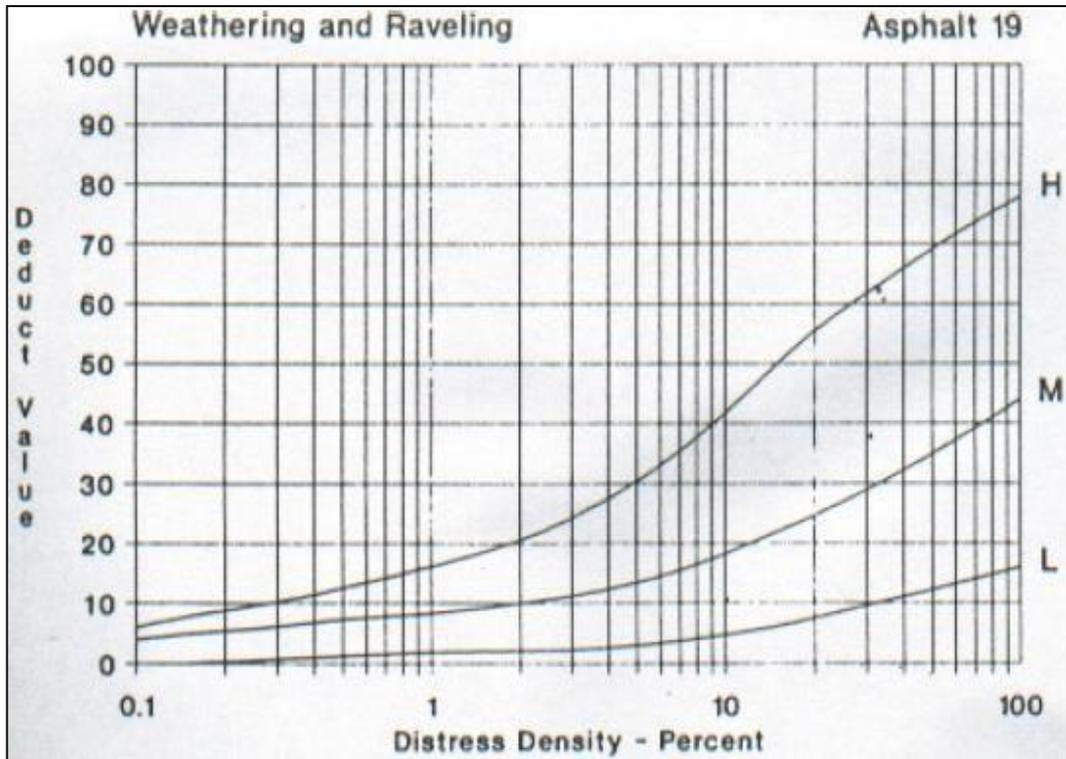
Grietas parabólicas o deslizamiento



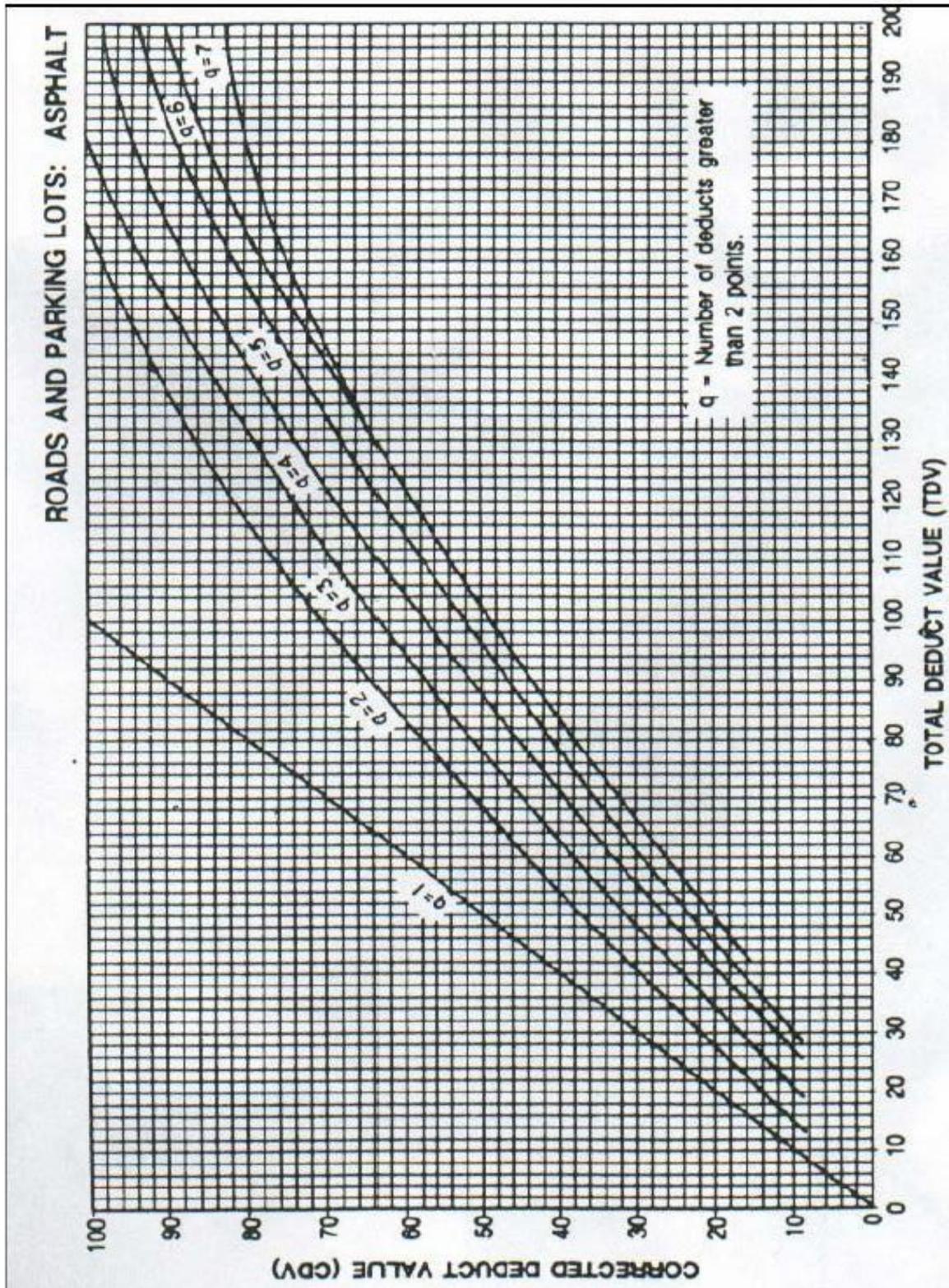
Hinchamiento



Peladura o Desprendimiento de agregados



Curvas de Valor Deducido corregido (CDV)



Consentimiento informado

La evaluación del pavimento flexible aplicando el método PCI en la carretera Yanahuanca en la región de Pasco.

1. Concientización de la dirección.

La gerencia me autoriza a realizar una investigación en la cual se pueda alertar del deterioro y realizar un mantenimiento en la carretera Yanahuanca.

Con el beneficio de concientizar en términos de costos económicos, recursos, dedicación, y, más calidad; e informar sobre el estudio en mención. Así mismo, a través de una reunión se detallará la evaluación que se realizará, con la finalidad de mejorar en la entidad, estableciendo los objetivos de seguimiento y Control.

Fotografías de la muestra para el estudio de PCI



*Grafico1. Agrietamiento en bloque
kilómetro 5+550, margen izquierda, acceso a la localidad de Raucan.*



*Grafico2. Piel de cocodrilo
kilómetro 12+340, margen izquierda, acceso hacia Rancas.*



*Gráfico 3. Grieta con borde / Depresión
kilómetro 12+450, margen derecha, acceso hacia Goyllarisquizga*



*Gráfico 4. Piel de cocodrilo
kilómetro 14+570, margen derecha, acceso hacia Goyllarisquizga*



*Gráfico 5. Grietas Longitudinales / depresión
kilómetro 19+900, margen derecha, acceso hacia Vilcabamba.*



*Gráfico 6. Depresión / Hundimientos
kilómetro 19+900, margen derecha, acceso hacia Vilcabamba*



Gráfico 7. Piel de cocodrilo / agrietamiento en bloque / grietas kilómetro 21+600, margen izquierda, acceso hacia Gorgorin.



Gráfico 8. Piel de cocodrilo / agrietamiento en bloque kilómetro 22+660, margen derecha, acceso hacia Vilcabamba.



*Gráfico 9. Agrietamiento en bloque / pulimiento de agregados
kilómetro 32+500, se ubica la Tambopampa*



*Gráfico 10. Grietas longitudinales y transversales / baches
kilómetro 37+500, se ubica la Cuipan*



*Gráfico 11. Grietas / Abultamiento y hundimientos
kilómetro 41+000, se ubica la Ayayoc*



*Gráfico 12. Hundimientos / exudación
kilómetro 46+000, margen derecha, acceso hacia Palca*



*Gráfico 13. Grietas longitudinales y transversales
kilómetro 46+000, margen derecha, acceso hacia Palca*



*Gráfico 14. Parches
kilómetro 49+600, margen izquierda, acceso hacia Complejo arqueológico Ichugán.*