

CAPÍTULO I

DISEÑO TEÓRICO Y METODOLOGICO

1.1. Introducción

Las vías tienen una función esencial en la actualidad y es de facilitar el transporte tanto de personas como de bienes con total comodidad y seguridad haciendo necesaria la provisión de una red que satisfaga estas necesidades.

En la actualidad es importante ofrecer una red vial de gran calidad, debido a la parte económica y el ahorro en el tiempo y costos de operación de los vehículos, llevando consigo un beneficio considerable al usuario final.

Debido a la falta de recursos económicos del país para las carreteras y los altos costos de construcción de éstas, es necesario pensar en la prevención de fallas y mantenimiento de las vías existentes, se hace necesario crear una cultura en cuanto a mantenimiento y rehabilitación de la red vial para brindar un buen funcionamiento y comodidad a los usuarios quienes son finalmente los beneficiarios de este servicio.

La prevención y el mantenimiento vial es una actividad de gran utilidad para el buen funcionamiento de las vías; a esta actividad no se le brinda la importancia que amerita. La vía que se evaluará es una carretera de gran importancia provincial y departamental, ya que comunica a la provincia Méndez con la provincia Avilés y a los Departamentos de Tarija, Chuquisaca y Potosí.

Una de las etapas iniciales y fundamentales para establecer las condiciones actuales del pavimento es la evaluación de fallas que se efectuará sobre el tramo El Puente- Carrizal, para el presente trabajo se realizará una identificación y valorización de fallas en el tramo El Puente-Carrizal apoyándose con el método PCI (índice de condición de pavimento) para la evaluación superficial, posteriormente para la evaluación estructural se basará en el ensayo de la Viga Benkelman.

1.2. Justificación

Las características más notorias de las rutas que conforman la red vial del departamento de Tarija es tener un aumento de flujo vehicular, tanto livianos como pesados, un ejemplo de ello es el tramo El Puente-Carrizal, que es la principal vía de comunicación de la zona del río San Juan del oro, zona muy concurrida de vehículos de alto tonelaje en la época de cosecha de productos agrícolas, debido a esto es necesario conocer el estado en el que se encuentra el tramo tanto superficial como estructural es fundamental para plantear el mejor método de solución además de contar con información que ayude a prevenir algunos deterioros en particular.

La alternativa presentada de evaluación superficial y estructural en este estudio es “no destructivo” y se basa en los resultados obtenidos de calificación de PCI (índice de condición de pavimento) y en la interpretación de las deflexiones medidas en la superficie del pavimento evaluado, la deflexión en la superficie del pavimento refleja una respuesta global del pavimento bajo regla dada, su medición es no destructiva, es decir no se altera el equilibrio ni la integridad del sistema de la estructura de la vía.

1.3. Diseño teórico

1.3.1. Planteamiento del problema

1.3.1.1. Situación problémica

El tramo El Puente – Carrizal del municipio del puente, se puede observar fallas que afectan de manera directa, a la circulación vehicular de la población que usa esta ruta, tanto habitantes de la zona como también a transportistas que se dedican al traslado de productos agrícolas, ya que es una zona productora de hortalizas como la cebolla y zanahoria, debido a ello es un trayecto muy transitado por ser la principal ruta de acceso a las zonas mencionadas, a ello se debe tomar en cuenta que cada vez se incrementa el número de vehículos que transitan directamente, esto nos impulsa a realizar el proyecto de investigación del estado de la superficie y de la estructura del pavimento.

Como es conocido, todos los pavimentos se van deteriorando con el tiempo conllevando a la aparición de fallas que no constituye solo un problema de aspecto

visual o estético, al tener una carretera con estas dificultades reducirá su calidad e incrementara los costos de los usuarios, al mismo tiempo de estas fallas pueden producir accidentes de tránsito, fallas mecánicas en los vehículos, aparte de provocar demoras en la transitabilidad habitual de los usuarios.

Estos deterioros pueden haberse producido por diferentes motivos provocando efectos desfavorables sobre el camino, por lo que su control y conservación oportuna resulta valiosa para asegurar la vida útil deseada del proyecto, de modo que mediante este se pueda implementar y planificar políticas de mantenimiento adecuadas. No basta con intervenir cuando las vías se vuelven intransitables, sino se tiene que evaluar el comportamiento de la vía, para saber el momento adecuado en darle mantenimiento, y no tener que llegar a una reparación que necesariamente acarrea un costo mayor.

1.3.1.2. Problema

¿Puede una evaluación superficial y estructural aplicando el método de Índice de Condición de Pavimento (PCI) y Viga Benkelman, brindar información en función a las fallas, del estado de la carpeta asfáltica en el tramo El Puente – Carrizal?

1.3.2. Objetivos de la investigación

1.3.2.1. Objetivo General

Realizar la evaluación superficial y estructural del pavimento flexible del tramo “**El Puente – Carrizal**”, utilizando el método de índice de condición de pavimentos (PCI) y el método no destructivo de la Viga Benkelman, para determinar el estado de la carpeta asfáltica y establecer un adecuado plan de reparación y mantenimiento que ayude a prolongar la vida útil del pavimento.

1.3.2.2. Objetivos Específicos

- Fundamentar la teoría de evaluación superficial y estructural.
- Identificar el tipo de fallas que existen en el pavimento flexible del tramo El Puente-Carrizal, en base al manual de fallas.

- Realizar el muestreo y toma de datos, mediante el método visual de índice de condición de pavimento (PCI) para evaluación superficial y el método no destructivo de la viga benkelman para la evaluación estructural.
- Clasificar los diferentes tipos de fallas que se presentan en el pavimento flexible de acuerdo a la severidad de las mismas.
- Evaluar estructuralmente el estado del tramo El puente- Carrizal empleando la Viga Benkelman
- Establecer conclusiones y recomendaciones sobre los resultados de la evaluación superficial y estructural de pavimentos del tramo El Puente- Carrizal.

1.3.3. Hipótesis

Si se realiza una evaluación superficial y estructural del estado actual del tramo “El Puente - Carrizal”, permitirá optar un adecuado plan de reparación y mantenimiento del pavimento flexible de dicha carretera.

1.3.4. Definición de variables independientes y dependientes

1.3.4.1. Variables Independientes

- El estado del pavimento flexible.

1.3.4.2. Variable Dependiente

- El plan de prevención y mantenimiento

Conceptualización y operacionalización de las variables

Tabla 1. Variable Independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	VALORACIÓN
Estado del pavimento flexible	Permite conocer el estado superficial y estructural de la capeta asfáltica, de esa manera establecer medidas de prevención y mantenimiento.	fallas	tipo de falla	superficial
				estructural
			nivel de severidad	índice de deterioro
		método de evaluación	medición	métodos y técnicas de medición
			PCI	identificación de fallas
			Viga Benkelman	medición de deflexiones

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Variable Dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE	CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	VALORACIÓN
Plan de prevención y mantenimiento	Implica acciones que se aplica a áreas del pavimento para corregir, el deterioro. Debiendo realizarse un plan de prevención y mantenimiento.	Mantenimiento	Rutinario o preventivo	sellado de grietas
				Rellenado de baches
			Periódico o correctivo	Sellado asfáltico
				Reconformación de la plataforma

Fuente: Elaboración propia

1.4. Diseño metodológico

1.4.1. Unidad de estudio

- La unidad de estudio es la “Evaluación superficial y estructural de la carpeta asfáltica”, está referida principalmente a la utilización de los métodos PCI y Viga Benkelman para identificar el estado y tipos de fallas de la carpeta asfáltica.

1.4.2. Población

Gráfica 1. Métodos de Evaluación Superficial



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 2 Método de Evaluación Estructural



Fuente: Elaboración propia

1.4.3. Muestra

El método seleccionado para la evaluación superficial es el método PCI, (Índice de Condicionamiento del Pavimento) y para la evaluación estructural el método de la Viga de Benkelman.

1.4.4. Muestreo

Para la obtención de datos de fallas existentes en el sitio de estudio se realizara una división total de la superficie del tramo en unidades homogéneas, de esta división se podrá considerar los tipos de fallas existentes siendo la aplicación del método elegido.

1.4.5. Tipo de investigación

El presente trabajo corresponde al tipo de investigación aplicada, a un nivel de investigación descriptiva se observa los fenómenos tal como se dan en su contexto natural para después analizarlos, se diagnostica las falla tanto de la estructura y la superficie de la vía dando las posibles motivos de su causa, caracterizándolos de manera cuantitativa y cualitativa.

La información que se obtenga al aplicar este tipo de investigación incrementa los conocimientos sobre el tramo evaluado y será de mucha utilidad para tener ciertos parámetros para su posterior rehabilitación.

1.5. Alcance de la investigación

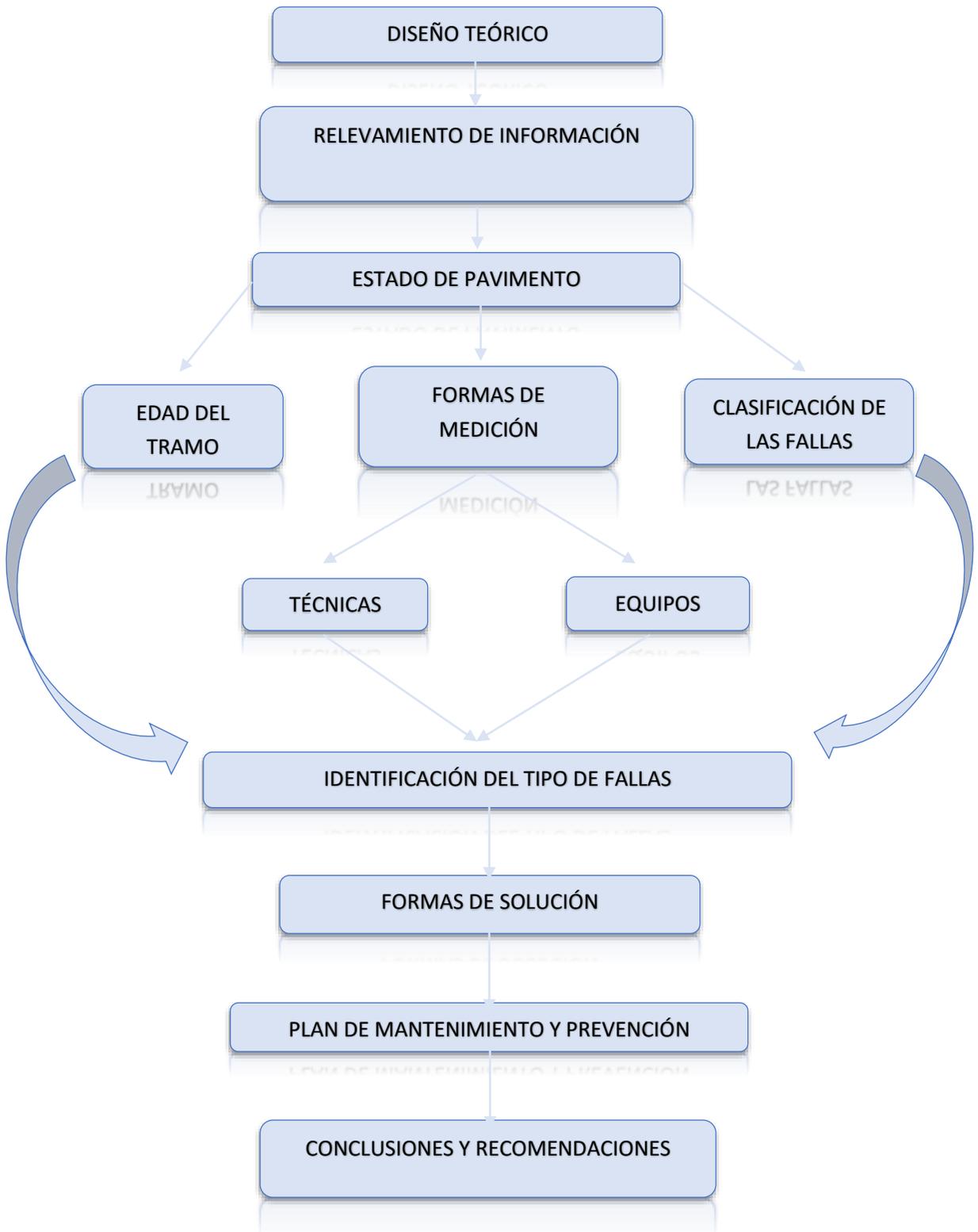
El alcance de la presente tesis es la evaluación del estado actual del tramo “El Puente – Carrizal”, para lo cual se dividirá la evaluación en dos partes: Evaluación superficial y evaluación estructural.

Primeramente se realizará una detallada inspección visual y un recorrido general del tramo en estudio, de este modo se tendrá un conocimiento general del deterioro del tramo, los mismos serán secciones donde se analizara cada una de las fallas, y de este modo realizar los ensayos que indiquen el estado superficial y estructural del tramo.

Para la evaluación superficial del tramo se realizará el ensayo que establezca la condición del pavimento PCI (Pavement Condition Index) que es el índice de condición del pavimento, Para este método deberá realizarse la inspección visual en toda la superficie del pavimento, recolectando medidas que consideren y califiquen las fallas existentes.

La evaluación estructural del tramo se realizará mediante el ensayo de la Viga Benkelman en las secciones más afectadas del tramo, este ensayo mide la restitución de las deflexiones del pavimento, a partir de estas mediciones se obtienen valores de deflexiones máximas y radios de curvatura mediante los cuales se evaluara la condición estructural.

1.6. Esquema Lógico Estructural



CAPÍTULO II

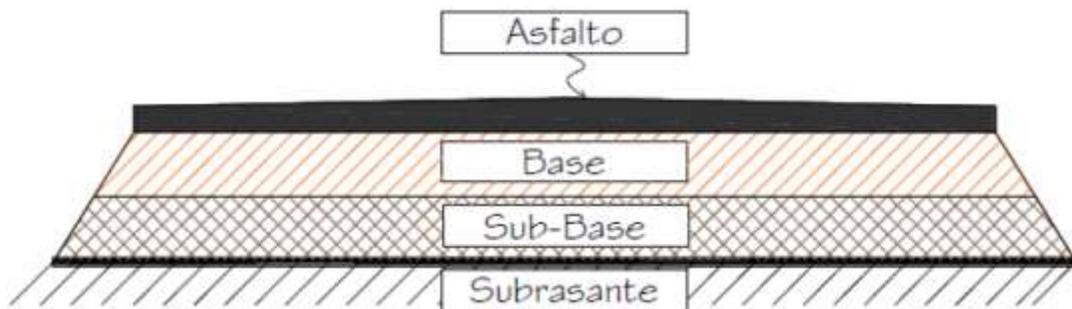
EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

2.1. Definición de pavimento.

Los pavimentos son estructuras diseñadas para entregar al usuario seguridad y comodidad al conducir, esto significa que el camino debe entregar un nivel de servicio acorde a la demanda solicitada.

La evaluación de pavimentos consiste en un informe, en el cual se presenta el estado en el que se halla la superficie del mismo, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de reparación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil de los pavimentos, es así, que es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre.

Gráfico 1. Paquete estructural



Sección de un pavimento flexible.

Fuente: pirhua.udep.edu.pe

2.2. Características de un pavimento.

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones, debe reunir las siguientes exigencias:

- ✓ Resistir a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- ✓ Resistir ante los agentes del intemperismo.

- ✓ Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- ✓ Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinalmente, que permitan comodidad y confort a los usuarios en función a las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de diseño.
- ✓ Debe ser durable.
- ✓ Debe presentar adecuadas condiciones respecto al drenaje.
- ✓ El ruido de rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior, que influye en el entorno, debe ser adecuadamente moderado.
- ✓ Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

2.3. Clasificación de pavimentos

No siempre un pavimento se compone de las capas señaladas en la figura 2.1, La ausencia o reemplazo de una o varias de esas capas depende de diversos factores, como por ejemplo del soporte de la subrazante, de la clase de material a usarse, de la intensidad de tránsito, entre otros.

Por esta razón, pueden identificarse 2 grandes tipos de pavimentos, que se diferencian principalmente por el paquete estructural que presentan.

- a) Pavimento flexible.
- b) Pavimento rígido

Gráfico 2. Pavimento Rígido y Flexible



Esquema de paquete estructural para pavimento flexible y rígido

Fuente: pirhua.udep.edu.pe

2.3.1. Pavimento flexible

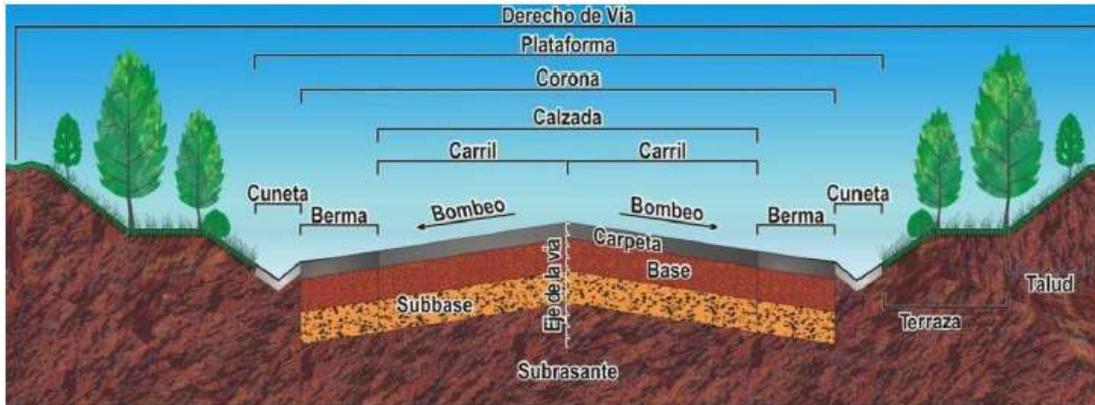
También llamado pavimento asfáltico, el pavimento flexible está conformado por una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin que la estructura falle. Luego, debajo de la carpeta, se encuentra la base granular y la capa sub - base, destinadas a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito. Finalmente está la subrasante que sirve de soporte las capas antes mencionadas.

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tiene la desventaja de requerir mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil.

2.3.2. Componentes de un pavimento flexible

Los pavimentos flexibles están constituidos por las siguientes capas: carpeta asfáltica, base, subbase, y subrasante.

Gráfico 3. Sección típica de un pavimento flexible



Fuente: manual para el mantenimiento de red vial

2.3.2.1. Tipos de carpetas asfálticas

Las carpetas asfálticas empleadas en los pavimentos flexibles se pueden clasificar así:

- **Macadam asfáltico**
- **Mezcla en el lugar**
 - Elaborado con moto niveladora
 - Elaborado con mezcladora ambulante
- **Mezcla en planta** → Dosificada por volumen
- **Tratamientos superficiales**
 - Doble o de dos riegos
 - Triple o de tres riegos
 - Simple o de un riego

Antes de explicar en qué consiste cada una de las carpetas asfálticas ya indicadas, es necesario hacer notar que para construir cualquiera de ellas, se debe contar de antemano con una Base debidamente conformada, compactada, impregnada y seca.

El riego de impregnación consiste en lo siguiente. Se procede a barrer la base para retirar las partículas sueltas y el exceso de polvo en la superficie, inmediatamente realizado este procedimiento se procede al riego de producto asfáltico de fraguado medio, esperando unos dos días para que penetre y seque. El número de fraguado medio a emplear depende de la textura de la base.

➤ **Tratamiento superficial simple**

El riego superficial simple consiste en un riego de material asfáltico cubierto de agregado pétreo de baja gradación, el mismo que es nivelado y compactado. Esta carpeta es aconsejable para bajas densidades de tráfico, inferior a 200 vehículos por día.

➤ **Tratamiento superficial doble**

El tratamiento superficial doble es similar al anterior, cambian las cantidades de material y en algún caso los materiales, además de agregarse otro riego superficial y de agregados que son nivelados y compactados. Este tipo de carpeta es aconsejable para un tráfico menor a los 600 vehículos por día.

➤ **Tratamiento superficial triple**

El tratamiento superficial triple consiste en un tratamiento superficial simple con cantidades de asfalto y agregado pétreo en mayor cantidad que uno normal, sobre el cual se aplica un tratamiento superficial doble, quedando así terminada la carpeta de tres riegos. Este tipo de tratamiento puede resistir un tráfico de 1000 vehículos por día.

➤ **Macadam asfáltico**

El macadam asfáltico o también llamado de penetración es una carpeta asfáltica que consiste en capas sucesivas de agregados limpios y angulosos, variando su tamaño de

mayor a menor de manera ascendente, cada una de las capas se extiende, nivela y compacta mediante el uso de rodillos lisos vibro compactadores, luego de hacer esto en cada capa, se aplica un producto asfáltico.

➤ **Mezcla en el lugar**

La mezcla asfáltica en el lugar se obtiene mediante la acción sucesiva de revolver los agregados pétreos con el producto asfáltico mediante el uso de motoniveladoras o empleando mezcladoras ambulantes este proceso se efectúa en el lugar de aplicación de la mezcla, el material obtenido de la mezcla es debidamente distribuido, nivelado y compactado.

➤ **Mezcla en planta**

Como su nombre lo indica se trata de mezclas elaboradas en una planta, la misma que se encarga de elaborar una mezcla asfáltica en proporciones deseadas y que cumpla con todas las especificaciones técnicas. La mezcla deberá ser transportada a los puntos de aplicación.

2.3.2.2. Base

Es la capa de pavimento ubicada debajo de la superficie de rodadura y tiene como función primordial soportar, distribuir y transmitir las cargas a la sub-base, que se encuentra en la parte inferior.

La base puede estar constituida principalmente por material granular, como piedra triturada y mezcla natural de agregado y suelo; pero también puede estar conformada con cemento Portland, cal o materiales bituminosos, recibiendo el nombre de base estabilizada.

Éstas deben tener la suficiente resistencia para recibir la carga de la superficie y transmitirla hacia los niveles inferiores del paquete estructural.

2.2.3.3. Sub-base.

La sub-base se localiza en la parte inferior de la base, por encima de la subrasante. Es la capa de la estructura de pavimento destinada a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas en la carpeta asfáltica.

Está conformada por materiales granulares, que le permiten trabajar como una capa de drenaje y controlador de ascensión capilar de agua, evitando fallas producidas por el hinchamiento del agua, causadas por el congelamiento, cuando se tienen bajas temperaturas. Además, la sub-base controla los cambios de volumen y elasticidad del material del terreno de fundación, que serían dañinos para el pavimento.

La capa sub-base tendrá la función de disminuir el espesor de base que requiera un diseño, reemplazando parte del material de base por uno de inferiores características, el cual viene a formar la capa de sub-base con un menor costo.

2.2.3.4. Subrasante.

La subrasante es la capa de terreno que soporta el paquete estructural y que se extiende hasta una profundidad en la cual no influyen las cargas de tránsito.

Esta capa puede estar formada en corte o relleno, dependiendo de las características del suelo encontrado. Una vez compactada, debe tener las propiedades, secciones transversales y pendientes especificadas de la vía.

El espesor del pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de estabilidad, incompresibilidad y resistencia a la expansión y contracción por efectos de la humedad.

2.4. Comportamiento estructural de un pavimento flexible frente a cargas de tránsito

El comportamiento estructural de un pavimento frente a cargas externas, varía de acuerdo a las capas que lo constituyen. La principal diferencia entre el comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos es la forma como se reparten las cargas. Ver Gráfico 4.

En un pavimento flexible, la distribución de la carga está determinada por las características del sistema de capas que lo conforman. Las capas de mejor calidad están cerca de la superficie donde las tensiones son mayores, y estas cargas se distribuyen de mayor a menor a medida que se va profundizando hacia los niveles inferiores.

Gráfico 4. Comportamiento del pavimento frente a cargas de tránsito



Distribución de la carga en pavimento flexible

Fuente: pirhua.udep.edu.pe

2.5. Características de un pavimento flexible

Entre las características principales que debe cumplir un pavimento flexible se encuentran las siguientes:

- a) Resistencia estructural
- b) Deformabilidad
- c) Durabilidad
- d) Costo
- e) Comodidad

2.5.1. Resistencia estructural

Debe soportar las cargas impuestas por el tránsito que producen esfuerzos normales y cortantes en la estructura. En los pavimentos flexibles se consideran los esfuerzos cortantes como la principal causa de falla estructural. Además de los esfuerzos cortantes también se tienen los esfuerzos producidos por la aceleración, el frenado de los vehículos y esfuerzos de tensión en los niveles superiores de la estructura.

2.5.2. Deformabilidad

Una de las propiedades de un pavimento flexible, como su nombre lo indica es la capacidad de deformarse y restituirse a su forma original ante la repetición de las cargas actuantes

2.5.3 Durabilidad

La durabilidad está ligada a factores económicos y sociales. La durabilidad que se desee dar a un camino, depende de la importancia del mismo. Es más económico realizar mantenimiento, rehabilitaciones y reconstrucciones que un pavimento nuevo

2.5.3. Costo

Al ser este un tipo de pavimento que para la conformación de su estructura utiliza material pétreo de acceso local y que para su carpeta de rodadura pueden utilizarse mezclas fabricadas in situ, además que los espesores de la capa superficial son reducidos en relación a los de un pavimento rígido, resulta económico siempre y cuando se realicen las obras de conservación necesarias para garantizar y extender la vida útil del pavimento flexible.

2.5.4. Requerimientos de conservación

Los factores climáticos tienen gran influencia en la vida de un pavimento, otro factor es la intensidad del tránsito, debe preverse el crecimiento futuro. Debe tomarse en cuenta el comportamiento futuro de las capas estructurales, la degradación de las mismas por la repetición de las cargas, deformaciones y derrumbes. La falta de conservación sistemática reduce la vida de un pavimento flexible.

2.5.5. Comodidad

Tendrá una superficie final suave uniforme y regular, resistente al deslizamiento, resistente al rozamiento y que no produzca sonidos molestos en el interior del vehículo del usuario ni en el exterior al entorno.

2.6. Fallas en pavimentos flexibles.

Las fallas son el resultado de interacciones complejas de diseño, materiales, construcción, tránsito vehicular y medio ambiente. Estos factores combinados, son la causa del deterioro progresivo del pavimento, situación que se agrava, al no darle un mantenimiento adecuado a la vía.

Existen dos tipos de fallas: estructurales y de superficie.

2.6.1. Fallas estructurales

Son las que originan un deterioro en el paquete estructural del pavimento, disminuyendo la cohesión de las capas y afectando su comportamiento frente a cargas externas.

Comprende los defectos de la superficie de rodamiento, cuyo origen es una falla en la estructura del pavimento, es decir, de una o más capas constitutivas que deben resistir el complejo juego de solicitaciones que imponen el tránsito y el conjunto de factores climáticos.

Para corregir este tipo de fallas es necesario un refuerzo sobre el pavimento existente para que el paquete estructural responda a las exigencias del tránsito presente y futuro estimado.

2.6.2. Fallas de superficie

Las fallas funcionales, en cambio, afectan la transitabilidad, es decir, la calidad aceptable de la superficie de rodadura, la estética de la pista y la seguridad que brinda al usuario.

(Rico y Del Castillo 1984.)

La corrección de estas se fallas se efectúa con solo regularizar su superficie y conferirle la necesaria impermeabilidad y rugosidad.

Las fallas de superficie se pueden jerarquizar de acuerdo con la prioridad de la reparación y con su efecto sobre la comodidad y seguridad para el usuario y sobre el estado del pavimento, lo cual permite planificar los recursos y las soluciones. Para pavimentos flexibles los daños pueden ser agrupados en 4 categorías: 1) Fisuras y grietas; 2) Deformaciones superficiales; 3) Desprendimientos o desprendimientos; 4) Afloramientos y otras fallas. Ver figura 2.6

Fallas comunes en los pavimentos según la clasificaron del “Cuerpo de ingenieros de la armada de Estados Unidos” en el método PCI (Pavement Condition Index)

En el manual del “Método de evaluación de pavimentos PCI” existen 19 tipos de falla comúnmente encontrados en pavimentos, que son los siguientes:

Gráfico 5. Fallas en pavimentos flexibles



Resumen de fallas en pavimentos flexibles.

Fuente: pirhua.udep.edu.pe

Las fallas en los pavimentos informan sobre su condición y las causas posibles de la misma. El inventario de los danos de un pavimento representa una información fundamental en el proceso de la evaluación del estado del pavimento.

2.7. Evaluación de pavimentos

Los pavimentos son estructuras diseñadas para entregar al usuario seguridad y comodidad al conducir, esto significa que el camino debe entregar un nivel de servicio acorde a la demanda solicitada.

La evaluación de pavimentos consiste en un informe, en el cual se presenta el estado en el que se halla la superficie del mismo, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de reparación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil de los pavimentos, es así, que es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre.

2.7.1. Importancia de la evaluación de pavimentos.

La evaluación de pavimentos es importante, pues permitirá conocer a tiempo los deterioros presentes en la superficie, y de esta manera realizar las correcciones, consiguiendo con ello brindar al usuario una serviciabilidad óptima.

Con la realización de una evaluación periódica del pavimento se podrá predecir el nivel de vida de una red o un proyecto.

La evaluación de pavimentos, también permitirá optimizar los costos de rehabilitación, pues si se trata un deterioro de forma temprana se prolonga su vida de servicio ahorrando de esta manera gastos mayores.

2.7.2. La evaluación de pavimentos tiene dos componentes:

- a. Evaluación Superficial
- b. Evaluación estructural

2.7.2.1. Evaluación superficial

Con la evaluación superficial se busca reflejar el estado del pavimento a través de sus características superficiales, presentes en el momento de la evaluación.

2.7.2.2. Evaluación estructural

A través de la evaluación estructural se obtienen respuestas sobre el comportamiento del pavimento como estructura, sometida a las solicitaciones impuestas por las cargas generadas por el tráfico de vehículos y la acción de los agentes ambientales, como temperatura, humedad, etc.

Estos dos componentes se complementan mutuamente, para permitir la obtención de resultados, aplicables a la planificación de obras de mantenimiento, proyectos de mejoramiento, elección de técnicas de reparación, control de calidad de mantenimiento, y verificación de la capacidad portante de la estructura.

2.7.3. Evaluación superficial de un pavimento flexible

2.7.3.1. Evaluación de la condición de los pavimentos PCI (Índice de condición del pavimento).

El método PCI (*Pavement Condition Index*) es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, se mide la condición del pavimento de manera indirecta.

Fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 a cargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los E.E.U.U. con el objetivo de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles.

Este método constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, como procedimiento estandarizado, por agencias como por ejemplo: el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, el APWA (*American Public Work Association*) y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación (procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03).

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla presente. Dada la gran cantidad de combinaciones posibles, el método introduce un factor de ponderación, llamado “valor deducido”, para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad (cantidad).

El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, un valor que cuantifique el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento.

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

- Determinar el estado en que se encuentra el pavimento en términos de su integridad estructural y del nivel de servicio que ofrece al usuario. El método permite la cuantificación de la integridad estructural de manera indirecta, a través del índice de condición del pavimento (ya que no se realizan mediciones que permiten calcular directamente esta integridad).
- Cuando se habla de integridad estructural, se hace referencia a la capacidad que tiene el paquete estructural de soportar solicitaciones externas, como cargas de tránsito o condiciones ambientales. En cambio, el nivel de servicio es la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro al conductor.
- Obtener un indicador que permita comparar, con un criterio uniforme, la condición y comportamiento del pavimento y de esta manera justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación, seleccionando la técnica de reparación más adecuada al estado del pavimento en estudio.

2.7.3.1.1. Rangos de calificación del PCI

El PCI es un índice que varía desde cero (0), para un pavimento en mal estado (Fallado), hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado (Excelente), la tabla 1 presenta los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento, como se aprecia en el (Tabla 1.)

Tabla 3. Rangos de clasificación de PCI

RANGO	CLASIFICACIÓN
100-85	EXELENTE
85 - 70	MUY BUENO
70 - 55	BUENO
55 - 40	REGULAR
40 - 25	MALO
20 - 10	MUY MALO
10 - 0	FALLADO

Índice de Condición del Pavimento (PCI) y Escala de Graduación.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI) Para Pavimentos Asfálticos y de Concretos en Carreteras, traducido por el Ing. Luis Ricardo Vásquez, Abril de 2006.

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de una encuesta visual de la condición de pavimento en el cual se establecen su tipo, severidad y cantidad que presenta cada daño.

2.7.4. Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican cuidadosamente los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. En la Tabla 2, se ilustra el formato adoptado para el presente trabajo, y una segunda etapa que será el cálculo.

Para la evaluación de pavimentos, **La clase**, está relacionada con el tipo de degradación que se presenta en la superficie de un pavimento entre las que tenemos piel de cocodrilo, exudación, agrietamiento en bloque, elevaciones, entre otros, cada uno de ellos se describe según cada tipo de falla.

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

Bajo, (B): se perciben vibraciones en el vehículo (por ejemplo, por corrugaciones), pero no es necesaria la reducción de la velocidad en aras de la comodidad o la seguridad. Las elevaciones y hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo pero no provoca incomodidad.

Medio (M): las vibraciones del vehículo son significativas y se requiere una reducción de la velocidad en aras de la comodidad y la seguridad; las elevaciones o hundimientos individuales causan un rebote significativo creando incomodidad.

Alto (H): las vibraciones en el vehículo son tan excesivas que debe reducirse la velocidad de forma considerable en aras de la comodidad y la seguridad; las elevaciones o hundimientos individuales causan un excesivo rebote del vehículo creando una incomodidad importante o un alto potencial de peligro o daño severo al vehículo.

Tabla 4. Hoja de registro en vías de pavimento flexible

METODO PCI EN VIAS CON SUPERFICIE ASFALTICA				
ZONA DE ESTUDIO :				
PROG. INICIO :		Esquema:		
PROG. FINAL:				
AREA (m²):				
FECHA:				
UNIDAD MUESTRA:				
INSPECCIONADO POR:				
RODRIGUEZ ALTAMIRANO SILVIA				
Fallas	Unidad de Medida	Fallas	Unidad de Medida	
1.- Piel de cocodrilo	m²	10.- Fisuras longitudinales y transversales	m	
2.- Exudacion	m²	11.- Parches	m²	
3.- Fisuras en bloque	m²	12.- Agregado pulido	m²	
4.- Elevaciones - Hundimientos	m	13.- Huecos	N#	
5.- Corrugaciones	m²	14.- Acceso a puentes- rejillas de drenaje	m²	
6.- Depresiones	m²	15.- Ahuellamiento	m²	
7.- Fisura de borde	m	16.- Deformacion por empuje	m²	
8.- Fisura de reflexion de juntas	m	17.- Deslizamiento	m²	
9.- Desnivel carril - berma	m	18.- Hinchamiento	m²	
		19.- Disgregacion - desintegracion	m²	
TIPO DE FALLA		EVERIDA	TOTAL	DENSIDAD
				VALOR DEDUCIDO

Fuente. Elaboracion propia

2.7.4.1. División del pavimento en unidades de muestra.

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura.

Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m. el área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 230 ± 93 m². En la Tabla 3 se presentan algunas relaciones longitud _ ancho de calzada pavimentada.

Tabla 5. 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
7,30 (máx.)	31,5

Fuente: Pavement Condition Index (PCI) Para pavimentos asfálticos y de concretos en carreteras, traducido por el Ing. Luis Ricardo Vasquez, Abril 2006.

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

No todas las unidades de muestra requieren tener el mismo tamaño de muestra, pero deben tener similares patrones para asegurar la exactitud para el cálculo.

2.7.4.2. Determinación de las unidades de muestreo para la evaluación

En la “Evaluación de una red vial” pueden tenerse un número muy grande de unidades de muestreo, cuya inspección demandara tiempo y recursos considerables, por lo tanto es necesario aplicar un proceso de muestreo.

En la “Evaluación de un proyecto” se deben inspeccionar todas las unidades, sin embargo, de no ser posible, el número de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la ecuación del número mínimo de unidades a evaluar. La cual produce un estimado del PCI del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

2.8. Evaluación de un proyecto.

EL muestreo se lleva a cabo siguiendo el procedimiento detallado a continuación.

1. Identificar tramos o áreas en el pavimento con diferentes usos en el plano de distribución de la red, tales como caminos y estacionamientos.
2. Dividir cada tramo en secciones basándose en criterios como diseño del pavimento, historia de construcción, tráfico y condición del mismo.
3. Dividir las secciones establecidas del pavimento en unidades de muestra.
4. Identificar las unidades de muestras individuales a ser inspeccionadas de tal manera que permita a los inspectores, localizarlas fácilmente sobre la superficie del pavimento. Es necesario que las unidades de muestra sean fácilmente reubicables, a fin de que sea posible la verificación de la información de fallas existentes, la examinación de variaciones de la unidad de muestra con el tiempo y las inspecciones futuras de la misma unidad de muestra si fuera necesario.
5. Seleccionar las unidades de muestra a ser inspeccionadas. El número de unidades de muestra a inspeccionar puede variar de la siguiente manera: considerando todas las unidades de muestra de la sección, considerando un número de unidades de muestras que nos garantice un nivel de confiabilidad del 95% o considerando un número menor de unidades de muestra.
 - 5.1. Todas las unidades de muestra de la sección pueden ser inspeccionadas para determinar el valor de PCI promedio en la sección. Este tipo de análisis es ideal para una mejor estimación del mantenimiento y reparaciones necesarias.
 - 5.2. El número mínimo de unidades de muestra “n” a ser inspeccionadas en una sección dada, para obtener un valor estadísticamente adecuado (95% de confiabilidad), es calculado empleando la Ec. 1 y redondeando el valor obtenido de “n” al próximo número entero mayor.

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

Donde:

n: Número mínimo de unidades a evaluar.

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

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e= +/-5%).

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume un desviación estándar (σ) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y para pavimento de concreto de 15 (rango PCI de 35). En inspecciones subsecuentes se usara la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse.

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

2.8.1. Selección de las unidades de muestreo para la inspección

Se recomienda que las unidades de muestreo elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección del pavimento y que la primera de ellas se *elija al azar de la siguiente manera:*

El intervalo de sección (*i*) se expresa mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

N: número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

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

La unidad de muestreo inicial se selecciona al azar entre la unidad de muestreo y el intervalo de muestreo (i). Así si $i = 3$, la unidad de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3.

Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S+1), (S+2), etc. Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para la inspección seleccionada es 3 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 4, las siguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 7, 11, 15, etc.

Sin embargo si se requieren cantidades de daño exactas para pliegos de licitación, todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas.

2.8.2. Selección de las unidades de muestreo adicionales

Una desventaja del método aleatorio es que en algunos casos excluye de la evaluación algunas unidades de muestreo en muy mal estado, también puede darse que queden excluidas unidades de muestreo que presenten fallas que se encuentren solo una vez, por ejemplo cruce de rieles. Para evitar este tipo de situación la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como a una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el PCI es ligeramente modificado para evitar la extrapolación las condiciones inusuales en toda la sección.

Las unidades de muestra adicionales deben ser inspeccionadas solo cuando se observan fallas no representativas. Estas unidades de muestra son escogidas por el usuario.

Sin embargo si se requieren cantidades de daño exactas para pliegos de licitación, todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas.

2.8.3. Materiales e instrumentos para determinar el PCI

El procedimiento varía de acuerdo al tipo de pavimento que se inspeccione, en este caso estudiaremos el procedimiento para pavimentos flexibles. Debe seguirse

estrictamente la definición de los daños del manual de evaluación para obtener un valor de PCI confiable.

La evaluación de condición incluye los siguientes aspectos:

2.8.3.1. Equipo

- Huincha de 50 m. para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- Manual de daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

2.8.3.2. Procedimiento

Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de acuerdo con el manual de daños y se registra la información en el formato correspondiente ver anexos. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de la medida de los daños. Teniendo como apoyo una hoja de datos de campo acompañado de un plano donde se esquematiza la red de vía que será evaluada, donde se registrara el daño, su extensión y su nivel de severidad.

2.8.3.3. Seguridad

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

2.9. Metodología para el calculo del PCI en carreteras con capa de rodadura asfáltica

Luego de culminar la inspección de campo, la información recogida se utiliza para calcular el PCI. El cálculo del PCI está basado en los “valores deducidos” de cada daño, de acuerdo a la cantidad y severidad reportadas

El cálculo del PCI debe realizarse con la información obtenida en la inspección de campo. El cálculo puede realizarse de manera manual o computarizada.

Paso 1. Determinación de los valores deducidos (VD):

1. a. Totalizar cada tipo y nivel de severidad de daño y registrarlos en la columna TOTAL, del formato inventario de danos. El daño puede medirse en área, longitud o por número según el tipo de falla.

1. b. Dividir la cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo, y exprese el resultado como porcentaje, esta es la densidad del daño, con el nivel de severidad especificado dentro de la unidad de estudio.

1. c. Determinar el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante el uso de las curvas denominadas “Valor deducido del daño”.

Paso 2. Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m)

2. a. Si ninguno o tan solo uno de los “Valores deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor deducido total” en lugar del mayor “Valor deducido corregido”, CDV, obtenido en la etapa 3. De lo contrario deben seguirse los pasos 2.b y 2.c.

2. b Listar los valores deducidos individuales de mayor a menor.

2. c Determinar el número máximo admisible de valores deducidos (m), utilizando la siguiente ecuación:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$$

Donde:

M_i : número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i .

HDV_i : Es el mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i .

2. d. El número de valores individuales deducidos se reduce a m , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone menos valores deducidos que m se utilizan todos los que tengan.

Paso 3. Calculo del “máximo valor corregido”, CDV

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo.

3. a. Determinar el número de valores deducidos, *q*, mayores que 2.0.

3. b. Determinar el “valor deducido total” sumando todos los valores deducidos individuales.

3. c. Determinar el CDV con *q* y el “valor deducido total” en la curva de corrección pertinente al pavimento.

3. d. Reducir a 2.0 el menor de los “valores deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repetir las etapas 3.a a 3.c. hasta que *q* sea igual a 1.

3. e. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en el proceso.

Paso 4. Calcular el PCI de la unidad restando de 100 es máximo CDV obtenido en la etapa 3.

$$PCI = 100 - \text{máx. CDV}$$

Donde:

PCI = índice de condición presente

Max. CDV =máximo valor corregido deducido.

Tabla 6. Formato para la obtención del máximo valor deducido corregido

#	VALOR DEDUCIDO							TOTAL	q	VDC
	1	2	3	4	5	6	7			

Fuente: Pavement Condition Index (PCI) Para pavimentos asfálticos y de concretos en carreteras, traducido por el Ing. Luis Ricardo Vasquez, Abril 2006.

2.10. Metodología de Cálculo del PCI de una sección de pavimento

Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo.

Si se utiliza la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática, o con base en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas. Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma:

$$PCI_s = \frac{[(N - A) * PCI_R] + (A * PCI_A)}{N}$$

Donde:

PCIs: PCI de la sección del pavimento.

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

PCIA: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

N: número de unidades de muestreo en la sección.

A: número de unidades de muestreo adicionales.

2.11. Criterios de inspección

A continuación se detallan algunos criterios importantes a tomar en cuenta durante la inspección visual que permitirán minimizar errores y aclarar interrogantes acerca de la identificación y medición de algunos tipos de fallas.

1. Si el agrietamiento tipo piel de cocodrilo y ahuellamiento ocurren en la misma área, cada falla es registrada por separado en su correspondiente nivel de severidad.
2. Si la exudación es considerada, entonces el agregado pulido no será tomado en cuenta en la misma área.

3. El agregado pulido debe ser encontrado en cantidades considerables para que la falla sea registrada.
4. Si una fisura no tiene un mismo nivel de severidad en toda su longitud, cada porción de la fisura con diferente nivel de severidad debe ser registrada en forma separada. Sin embargo, si los diferentes niveles de severidad en una porción de fisura no pueden ser fácilmente separados, dicha porción debe ser registrada con el mayor nivel de severidad presente.
5. Si alguna falla, incluyendo fisuras o baches, es encontrada en un área parchada, ésta no debe ser registrada; sin embargo, su efecto en el parchado debe ser considerado en determinar el nivel de severidad de dicho parche.
6. Se dice que una falla está desintegrada si el área que la rodea se encuentra fragmentada (algunas veces hasta el punto de desprendimiento de fragmentos).

2.12. Descripción de las fallas, niveles de severidad y unidad de medida

En vista de las variaciones de severidad que presentan los distintos tipos de falla, se han descrito tres niveles de severidad **H:** (High: alto); **M:** (Medium: medio); **L:** (Low: bajo)

1.- Piel de cocodrilo

Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60 m.

El agrietamiento de piel de cocodrilo ocurre únicamente en áreas sujetas a cargas

repetidas de tránsito tales como las huellas de las llantas. Por lo tanto, no podría producirse sobre la totalidad de un área a menos que esté sujeta a cargas de tránsito en toda su extensión. (Un patrón de grietas producido sobre un área no sujeta a cargas se denomina como “grietas en bloque”, el cual no es un daño debido a la acción de la carga). La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento.

Gráfico 6. Piel de cocodrilo



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos (Corros, Urbaez, Corredor)

a. Niveles de severidad:

L - Finas fisuras longitudinales del espesor de un cabello, con recorrido paralelo entre ellas y con algunas o ninguna fisura de interconexión. Las fisuras no están desintegradas.

M – Continuación del desarrollo de las fisuras de piel de cocodrilo, finas, en un patrón o red de fisuras que podrían estar ligeramente desintegradas.

H – El patrón o red de fisuras muestra un progreso tal que las piezas que conforman la piel de cocodrilo están bien definidas y descascaradas en los bordes. Algunas de las piezas podrían oscilar o moverse bajo tráfico.

b. Unidad de medida:

La piel de cocodrilo es medida en metros cuadrados. Si hay presencia de dos o tres niveles de severidad en una misma área de falla éstas porciones deben ser medidas y registradas por separado; sin embargo, si los diferentes niveles de severidad no pueden ser divididos fácilmente, la totalidad del área debe ser calificada con el mayor nivel de severidad presente.

c. Opciones de reparación:

L: No se hace nada, sello superficial, sobre carpeta

M: Parcheo parcial o en toda la profundidad, sobre carpeta, reconstrucción.

H: Parcheo parcial o en toda la profundidad, sobre carpeta, reconstrucción.

2.- Exudación

La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie.

Gráfico 7. Exudación del asfalto



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos (Corros, Urbaez, Corredor)

a. Niveles de severidad

L – La exudación sólo ha ocurrido a un nivel muy ligero y es percibida

sólo durante algunos días al año. El asfalto no se pega a los zapatos o llantas de los vehículos. Ver figura .a.

M – La exudación ha ocurrido llegando al punto en que el asfalto se pega a los zapatos o a las llantas de los vehículos sólo durante algunas semanas en el año Ver figura .b.

H – La exudación ha ocurrido en forma extensiva y una cantidad considerable de asfalto se pega a los zapatos y llantas de los vehículos al menos durante varias semanas al año.

b. Unidad de medida

Se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza la exudación no deberá contabilizarse el pulimento de agregados.

c. Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: se aplica arena / agregados y cilindrado.

H: se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentado si fuera necesario).

3.- Fisuras en bloque

Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos. También, a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se

encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa).

Gráfico 8. Fisura en bloque



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos (Corros, Urbaez, Corredor)

a. niveles de severidad

L – Los bloques están definidos por finas de baja severidad.

H - Los bloques están definidos por fisuras de alta severidad.

M – Los bloques están definidos por fisuras de mediana severidad.

H - Los bloques están definidos por fisuras de alta severidad.

b. Unidad de medida

Las fisuras en bloque son medidas en metros cuadrados. Esta falla generalmente ocurre en un sólo nivel de severidad por sección de pavimento; sin embargo, si áreas con distintos niveles de severidad pueden ser distinguidas fácilmente, entonces dichas áreas deben ser medidas y registradas en forma separada.

c. Opciones de reparación

L: Sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 mm. Riego de sello.

M: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobre-carpeta.

H: Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobre-carpeta.

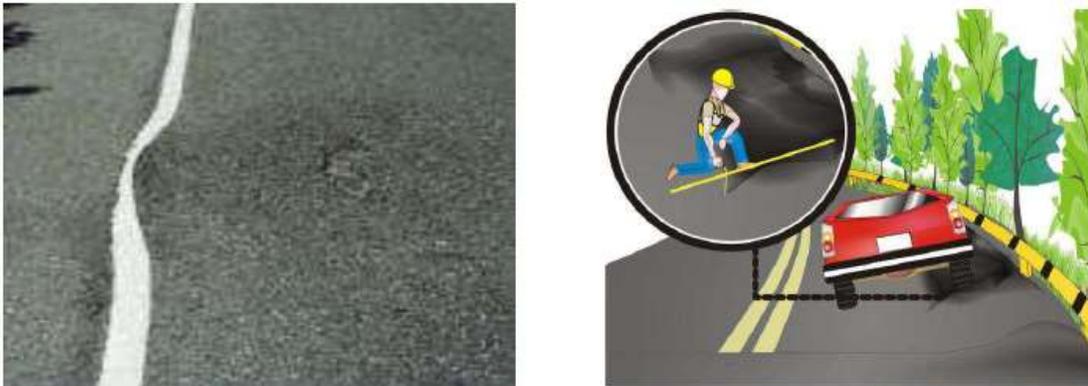
4.- Elevaciones y hundimientos

Las elevaciones son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Las elevaciones, por otra parte, pueden ser causadas por varios factores, que influyen:

- a) Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento portland con una sobre-carpeta de concreto asfáltico.
- b) Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo). 3 infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito (algunas veces denominado “tenting”).

Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento. Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman “ondulaciones” (hinchamiento: swelling)

Gráfico 9. Fisuras en bloque



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos (Corros, Urbaez, Corredor)

a. Niveles de severidad

L – Las elevaciones o hundimientos producen una calidad de tránsito de baja severidad, es decir, que se perciben ciertas vibraciones dentro del vehículo al pasar sobre el área fallada, pero no es necesario reducir la velocidad por seguridad o comodidad. Las elevaciones o hundimientos individualmente, o ambos, hacen que el vehículo rebote ligeramente, pero causa poca incomodidad. Ver figura .a.

M – Las elevaciones o hundimientos producen una calidad de tránsito de mediana severidad, es decir, que se perciben vibraciones significativas dentro del vehículo al pasar sobre la zona afectada y es necesario reducir la velocidad por seguridad y comodidad. Las elevaciones hundimientos individualmente, o ambos, hacen que el vehículo rebote significativamente, creando algo de incomodidad. Ver figura .b.

H – Las elevaciones o hundimientos producen una calidad de tránsito de alta severidad. Las vibraciones del vehículo son tan excesivas que es necesario reducir la velocidad considerablemente por seguridad y comodidad. Las elevaciones o hundimientos individualmente, o ambos, hacen que el vehículo rebote excesivamente, creando mucha incomodidad, peligrando la seguridad o un alto potencial de daño severo en el vehículo. Ver figura .c.

b. Medida

Se miden en pies lineales (ó metros lineales). Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0 m, el daño se llama corrugación. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra.

c. Opciones de reparación

L: No se hace nada.

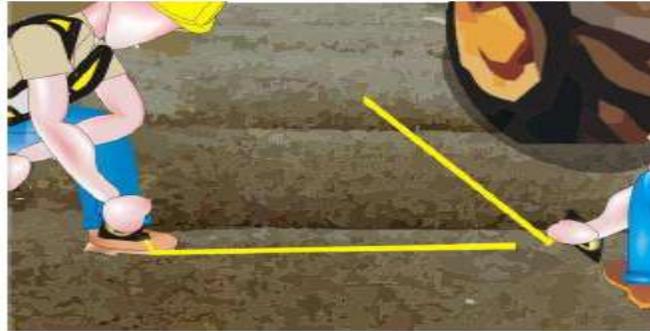
M: Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial.

H: Reciclado (fresado) en frío. Parcheo profundo o parcial. Sobre-carpeta.

5.- Corrugación

La corrugación (también llamada “lavadero”) es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables. Si las elevaciones ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina corrugación.

Gráfico 10. Corrugación.



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos (Corros, Urbaez, Corredor)

a. Niveles de severidad

L – Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad, como ya se vio en la falla anterior, se perciben ciertas vibraciones dentro del vehículo de inspección, pero no es necesario reducir la velocidad por seguridad o comodidad. Ver figura .a.

M – Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad, es decir, se perciben vibraciones significativas dentro del vehículo y es necesario reducir la velocidad por seguridad y comodidad. Ver figura .b.

H – Las corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad. Se perciben vibraciones excesivas dentro del vehículo, por lo que es necesario reducir la velocidad considerablemente por seguridad y comodidad. Ver figura .c.

b. Medida

La corrugación es medida en metros cuadrados de área afectada.

c. Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: Reconstrucción

H: Reconstrucción

6.- Depresión

Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua

almacenada forma un “baño de pájaros” (bird bath). En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidroplaneo. Los hundimientos a diferencia de las depresiones, son las caídas bruscas del nivel.

a. Niveles de severidad

L – La depresión tiene una altura que varía de 13 a 25 mm.

M – La altura deprimida tiene un rango de 25 a 50 mm.

H – La depresión tiene más de 50 mm.

b. Medición:

Las depresiones son medidas en metros cuadrados.

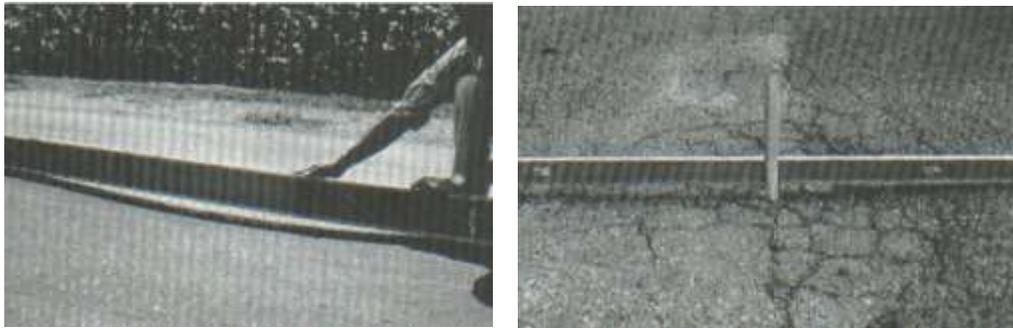
c. Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: Parcheo superficial, parcial o profundo.

H: Parcheo superficial, parcial o profundo.

Gráfico 11. Depresión



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos (Corros, Urbaez, Corredor)

7.- Fisura de borde

Las grietas de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de

tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse).

a. Niveles de severidad

L – Se da un bajo o mediano fisuramiento sin fragmentación o desprendimiento.

M – Se aprecia un mediano fisuramiento con alguna fragmentación o desprendimiento.

H – Existe una desintegración considerable a lo largo del borde.

b. Medición:

La fisura de borde se mide en metros lineales.

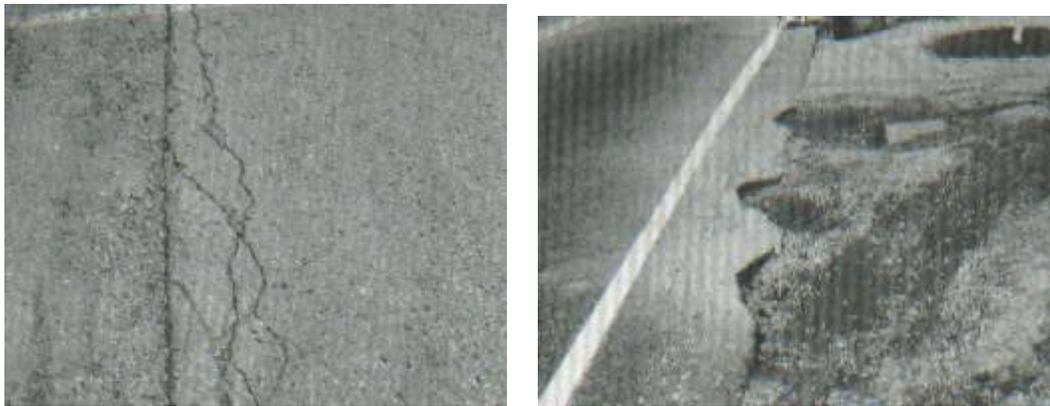
c. Opciones de reparación

L: No se hace nada. Sellado de fisura con ancho mayor a 3 mm

M: Sellado de grietas. Parcheo superficial, parcial o profundo.

H: Parcheo superficial, parcial o profundo.

Gráfico 12. Fisura de borde.



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos (Corros, Urbaez, Corredor)

8.- Fisura de reflexión de junta

Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento portland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base (por ejemplo, estabilizadas con cemento o cal). Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento portland, inducido

por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Este daño no está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está descascarada. El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico ayuda a identificar estos daños.

a. Niveles de Severidad

L	<p>Existe una de las siguientes condiciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm, o 2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).
M	<p>Existe una de las siguientes condiciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Grieta sin relleno con ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm. 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio. 3. Grieta rellena de cualquier ancho rodeado de un ligero agrietamiento aleatorio.
H	<p>Existe una de las siguientes condiciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad. 2. Grietas sin relleno de más de 76.0 mm. 3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas (la grieta está severamente fracturada).

b. Medida

La grieta de reflexión de junta se mide en pies lineales (o metros lineales). La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado. Por ejemplo, una grieta de 15.0 m puede tener 3.0 m de grietas de alta severidad; estas deben registrarse de forma separada. Si se presenta un abultamiento en la grieta de reflexión este también debe registrarse.

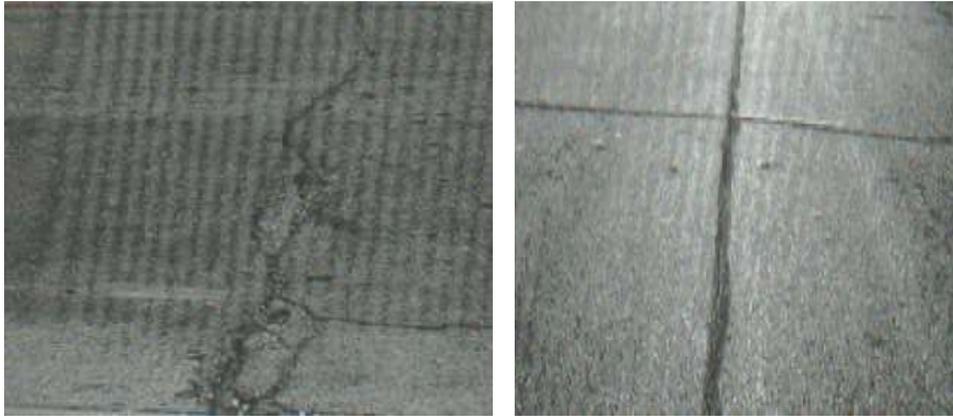
c. Opciones de Reparación

L: sellado para ancho mayor a 3mm.

M: Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial.

H: Parcheo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta.

Gráfico 13. Fisura de reflexión de junta.



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos (Corros, Urbaz, Corredor)

9.- Desnivel carril – berma

El desnivel carril / berma es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobre-carpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma.

a. Niveles de severidad

L – La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 25mm y menor a 50 mm.

M – La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 50mm y menor a 100 mm.

H – La diferencia entre las elevaciones del pavimento y la berma es mayor a 100 mm.

b. Medida

El desnivel carril-berma es medido en metros lineales.

c. Opciones de reparación:

L, M, H: Re nivelación de la berma para ajustarla al nivel del carril.

Gráfico 14. Desnivel carril – berma



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos (Corros, Urbaez, Corredor)

10.- Fisuras longitudinales y transversales

Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por:

1. Una junta de carril del pavimento pobremente construida.
2. Contracción de la superficie de concreto asfaltico debido a bajas temperaturas o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura.
3. Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento Portland, pero no las juntas de pavimento de concreto. Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción. Usualmente, este tipo de grietas no está asociado con carga.

a. Niveles de Severidad

L	Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm, o 2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante). Ver Figura a)
---	---

M	<p>Existe una de las siguientes condiciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Grieta sin relleno con ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm. 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio. 3. Grieta rellena de cualquier ancho rodeado de un ligero agrietamiento aleatorio. Ver Figura b)
H	<p>Existe una de las siguientes condiciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad. 2. Grietas sin relleno de más de 76.0 mm. 3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas (la grieta está severamente fracturada). Ver Figura c)

b. Medida

Las grietas longitudinales y transversales se miden en pies lineales (ó metros lineales). La longitud y severidad de cada grieta debe registrarse después de su identificación. Si la grieta no tiene el mismo nivel de severidad a lo largo de toda su longitud, cada porción de la grieta con un nivel de severidad diferente debe registrarse por separado. Si ocurren elevaciones o hundimientos en la grieta, estos deben registrarse.

c. Opciones de reparación

L: No se hace nada, sellado de grietas con ancho mayor a 3mm.

M: Sellado de grietas.

H: sellado de grietas, Parcheo parcial.

Gráfico 15. Fisuras longitudinales y transversales



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos (Corros, Urbaez, Corredor)

11.- Parches

Un parche es un área de pavimento la cual ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche se considera un defecto no importa que tan bien se comporte (usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento). Por lo general se encuentra alguna rugosidad está asociada con este daño.

a. Niveles de Severidad

L – El parche se encuentra en buenas condiciones y la calidad de tránsito es de baja severidad.

M – El parche está deteriorado en forma moderada, la calidad de tránsito es calificada como de mediana severidad.

H – El parche se encuentra muy deteriorado y la calidad de tránsito es de alta severidad.

b. Medida

Los parches se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Sin embargo, si un sólo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Por ejemplo, un parche de 2.32 m² puede tener 0.9 m² de severidad media y 1.35 m² de baja severidad. Estas áreas deben registrarse separadamente. Ningún otro daño (por ejemplo, desprendimiento y agrietamiento) se

registra dentro de un parche; aún si el material del parche se está desprendiendo o agrietando, el área se califica únicamente como parche. Si una cantidad importante de pavimento ha sido reemplazada, no se debe registrar como un parche sino como un nuevo pavimento (por ejemplo, la sustitución de una intersección completa).

Cualquier tipo de falla encontrada en el parche no debe ser registrada; sin embargo, su efecto en el parche será considerado para determinar su nivel de severidad.

c. Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Sustitución del bache.

H: Sustitución del bache.

Gráfico 16. Parches y parcheo de cortes utilitarios



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos (Corros, Urbaez, Corredor)

12.- Agregados pulidos

Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados debe contarse cuando un examen revela que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que la

superficie del mismo es suave al tacto. Este tipo de daño se indica cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa

a. Niveles de severidad

No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.

b. Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza exudación, no se tendrá en cuenta el pulimento de agregados.

c. Opciones de reparación

L, M, H: No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Fresado y sobrecarpeta.

Gráfico 17. Agregado pulido



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos (Corros, Urbaez, Corredor)

13.- Huecos.

Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie,

puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento o meteorización. Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos, no como meteorización.

a. Niveles de severidad

Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con el cuadro siguiente:

Tabla 7. Niveles de severidad para huecos

Profundidad máxima del hueco	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203 mm.	203 a 457 mm.	457 a 762 mm.
12,7 a 25,4 mm.	L	L	M
> 25,4 a 50,8 mm.	L	M	H
> 50,8 mm.	M	M	H

Fuente: Procedimiento estandar para la inspeccion del indice de condicion del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03

Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en pies cuadrados (o metros cuadrados) y dividirla entre 5 pies² (0.47 m²) para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. (Ver figura .b); Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta. (Ver figura .c).

b. Medida

Los huecos no son medidos sino contados y registrados por separado de acuerdo a su nivel de severidad bajo, mediano o alto.

c. Opciones de reparación

L: No se hace nada. Parcheo parcial o profundo

M: Parcheo parcial o profundo

H: Parcheo profundo.

Gráfico 18. Huecos



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos (Corros, Urbaez, Corredor)

14.- Cruce de rieles, por accesos a puentes y rejillas de drenaje

Los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o elevaciones alrededor o entre los rieles.

a. Niveles de severidad

L: El cruce de vía férrea produce calidad de transito de baja severidad.

M: El cruce de vía férrea produce calidad de transito de mediana severidad.

H: El cruce de vía férrea produce calidad de transito de alta severidad.

b. Medición:

Se mide el área afectada en metros cuadrados. Si el cruce no afecta la calidad del tránsito, entonces no debe registrarse. Cualquier abultamiento considerable causado por rieles debe registrarse como parte del cruce.

c. Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

H: Parcheo superficial o parcial de la aproximación. Reconstrucción del cruce.

Gráfico 19. Cruce de rieles por acceso a puentes y rejillas.



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos (Corros, Urbaez, Corredor)

15.- Ahuellamiento

El ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos, éste sólo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.

a. Niveles de severidad

L – La depresión superficial, causada por las ruedas de los vehículos, varía entre 6 y 13mm.

M – La depresión va entre 13 y 25 mm.

H – La depresión es mayor a 25 mm..

b. Medición:

El ahuellamiento se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada y su severidad está definida por la profundidad media de la huella. La profundidad media

del ahuellamiento se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad, y usando las medidas tomadas a lo largo de aquel para calcular su profundidad media.

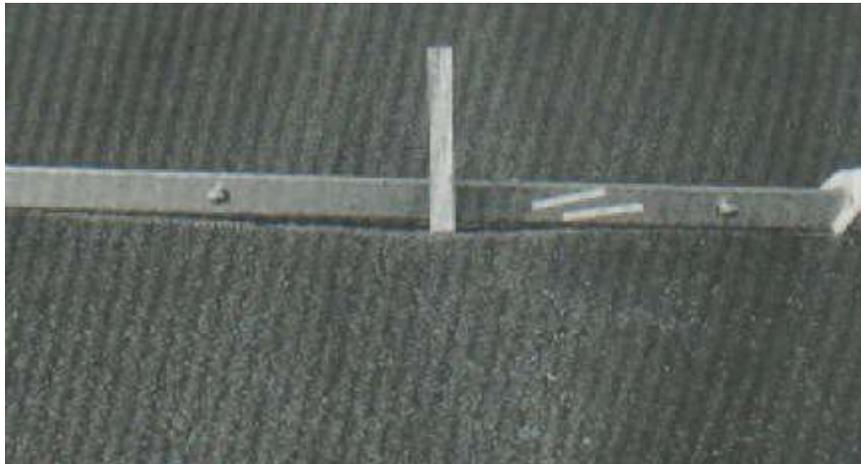
c. Opciones de reparación

L: No se hace nada. Fresado y sobre carpeta.

M: Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobre carpeta.

H: Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobre carpeta.

Gráfico 20. Ahuellamiento.



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos (Corros, Urbaez, Corredor)

16.- Desplazamiento o deformación por empuje

El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito.

Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión). Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Portland. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento Portland se incrementa causando el desplazamiento.

a. Niveles de severidad

L – El desplazamiento genera una calidad de tránsito de baja severidad.

M – El desplazamiento genera una calidad de tránsito de mediana severidad.

H – El desplazamiento genera una calidad de tránsito de alta severidad

b. Medida

Los desplazamientos son medidos en metros cuadrados. Los desplazamientos que ocurren en parches son considerados para calificar los mismos y no se toman en cuenta como fallas por separado.

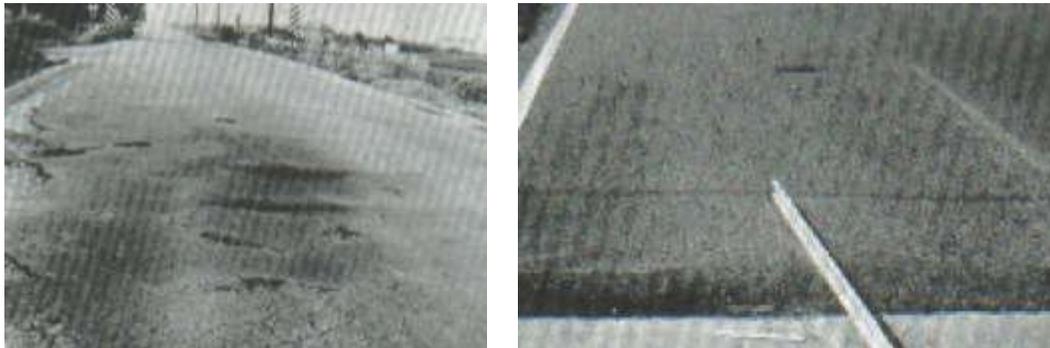
c. Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Fresado.

M: Fresado. Parcheo superficial, parcial o profundo.

H: Fresado. Parcheo superficial, parcial o profundo.

Gráfico 21. Desplazamiento o deformación por empuje



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos (Corros, Urbaez, Corredor)

17.- Fisura parabólica o por deslizamiento

Las grietas parabólicas por deslizamiento (slippage) son grietas en forma de media luna creciente. Son producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento.

Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada.

a. Niveles de severidad

L – El ancho promedio de la fisura es menor a 10 mm.

M – Se cumple una de las siguientes condiciones: a) el ancho promedio de la fisura es ≥ 10 y < 40 mm; b) el área que rodea la fisura está descascarada en forma moderada, o rodeada de otras fisuras.

H – Se cumple una de las siguientes condiciones: a) el ancho promedio de la fisura es > 40 mm; b) el área que rodea la fisura está fracturada en pequeñas piezas removidas.

b. Medida

Las fisuras parabólicas o por deslizamiento son medidas en metros cuadrados y calificadas de acuerdo al mayor nivel de severidad presente en el área.

c. Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Parcheo parcial.

M: Parcheo parcial.

H: Parcheo parcial.

Gráfico 22. Fisura parabólica o por deslizamiento



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos (Corros, Urbaez, Corredor)

18.- Hinchamiento

El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento – una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0 m. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos.

a. Nivel de severidad

L – El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad. El hinchamiento de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.

M – Cuando el hinchamiento causa una calidad de tránsito de severidad mediana.

H – El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

b. Medida

El área de hinchamiento es medido en metros cuadrados.

c. Opciones de reparación

L: No se hace nada.

M: No se hace nada. Reconstrucción.

H: Reconstrucción.

Gráfico 23. Hinchamiento



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos (Corros, Urbaez, Corredor)

19.- Disgregación y desintegración

Disgregación y desintegración son la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento.

A. Niveles de severidad

L: Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceites, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.

M: Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.

H: Se han perdido de forma considerable los agregados y el ligante. La textura superficial es sumamente rugosa y bastante ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores a 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm. Áreas mayores se consideran huecos. En el caso de derramamiento de aceite, el asfalto ha perdido su condición ligante y los agregados se encuentran sueltos.

b. Medición:

Se mide en área afectada en metros cuadrados.

c. Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.

M: Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobre-carpeta.

H: Tratamiento superficial. Sobre-carpeta. Reconstrucción.

Gráfico 24. Disgregación y desintegración



Fuente: Manual de evaluación de pavimentos (Corros, Urbaez, Corredor)

"Evaluación de pavimentos" Ing. Fernando Sánchez Sabogal

2.13. Evaluación estructural de un pavimento flexible

La evaluación estructural de pavimentos consiste, básicamente, en la determinación de la capacidad resistente del sistema en una estructura vial, en cualquier momento de su vida de servicio, para establecer y cuantificar las necesidades de rehabilitación, cuando el pavimento se acerca al fin de su vida útil o cuando el pavimento va a cambiar su función o demanda de tráfico.

La necesidad de evaluar estructuralmente los pavimentos aumenta a medida que se completa el periodo de diseño, y consecuentemente aumenta la necesidad de su preservación y rehabilitación.

La evaluación estructural de los pavimentos ha ido variando con el tiempo en función de los avances tecnológicos, requiriendo cada vez un mejor rendimiento de trabajo, una recolección sistemática de los parámetros del pavimento y menor daño físico y operacional al pavimento en estudio.

Dentro de las mediciones realizadas en la evolución estructural habrá que considerar los siguientes aspectos ya que pueden inducir errores al interpretar los resultados:

Temperatura. Será necesario realizar ajustes en las deflexiones en base a la temperatura bajo las que se realizaron los ensayos y se observará cual es el comportamiento térmico del pavimento.

Humedad. Ésta afecta a las bases, sub-bases y sub-rasantes, ya que algunos de los materiales componentes de las mismas tienen una gran susceptibilidad a dicha humedad.

Pablo M. Del Aguila, B.Sc. Lagesa Ingenieros consultores
Pablo M. Del Aguila, B.Sc. Lagesa Ingenieros consultores

2.13.1. Medición de deflexiones

Las deflexiones producidas en la superficie de un pavimento flexible, por acción de cargas vehiculares, pueden ser determinadas haciendo uso de deflectómetros tales como el denominado "Viga Benkelman". Llamado así en honor al Ing. A.C. Benkelman, quién la desarrolló en 1953 como parte del programa de ensayos viales de la WASHO (WASHO Road Test). Desde entonces su uso se ha difundido ampliamente en proyectos de evaluación estructural de pavimentos flexibles, tanto por su practicidad como por la naturaleza directa y objetiva de los resultados que proporciona.

2.13.1. La viga Benkelman

El deflectómetro Benkelman funciona según el principio de la palanca. Es un instrumento completamente mecánico y de diseño simple. Según se esquematiza en la figura 2.28, la viga consta esencialmente de dos partes: (1) Un cuerpo de sostén que se sitúa directamente sobre el terreno mediante tres apoyos (dos delanteros fijos "A" y uno trasero regulable "B") y (2) Un brazo móvil acoplado al cuerpo fijo mediante una articulación de giro o pivote "C", uno de cuyos extremos apoya sobre el terreno (punto

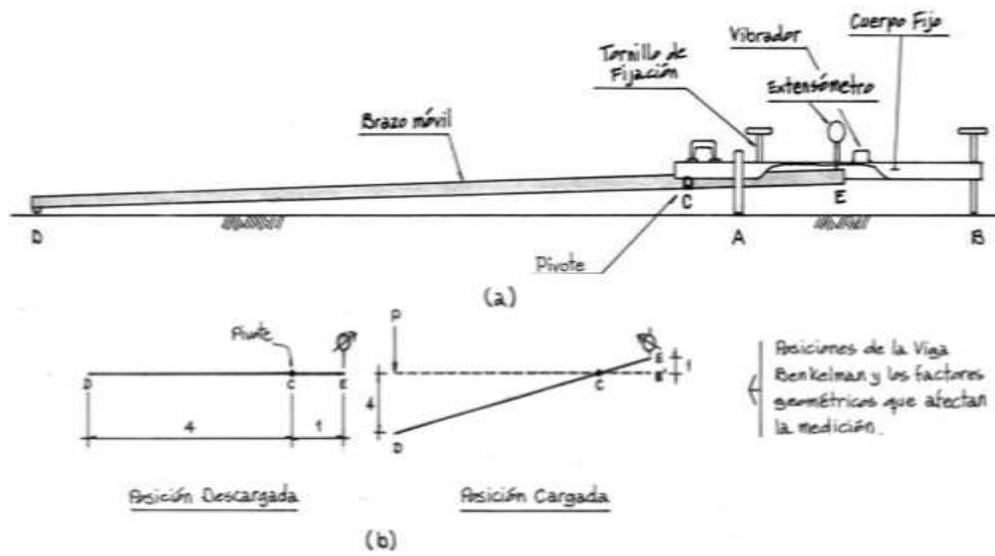
"D") y el otro se encuentra en contacto sensible con el vástago de un extensómetro de movimiento vertical (punto "E").

Adicionalmente el equipo posee un vibrador incorporado que al ser accionado, durante la realización de los ensayos, evita que el indicador del dial se trabe y/o que cualquier interferencia exterior afecte las lecturas, como se verá más adelante.

El extremo "D" o "punta de la viga" es de espesor tal que puede ser colocado entre una de las llantas dobles del eje trasero de un camión cargado. Por el peso aplicado se produce una deformación del pavimento, consecuencia de lo cual la punta baja una cierta cantidad, con respecto al nivel descargado de la superficie. Como efecto de dicha acción el brazo DE gira en torno al punto fijo "C", con respecto al cuerpo AB, determinando que el extremo "E" produzca un movimiento vertical en el vástago del extensómetro apoyado en él, generando así una lectura en el dial indicador. Si se retiran luego las llantas cargadas, el punto "D" se recupera en lo que a deformación elástica se refiere y por el mismo mecanismo anterior se genera otra lectura en el dial del extensómetro.

La operación expuesta representa el "principio de medición" con la Viga Benkelman. Lo que se hace después son sólo cálculos en base a los datos recogidos. Así, con las dos lecturas obtenidas es posible determinar cuánto deflectó el pavimento en el lugar subyacente al punto "D" de la viga, durante el procedimiento descrito. Es de anotar que en realidad lo que se mide es la recuperación del punto "D" al remover la carga (rebote elástico) y no la deformación al colocar ésta. Para calcular la deflexión deberá considerarse la geometría de la viga, toda vez que los valores dados por el extensómetro (EE') no están en escala real sino que dependen de la relación de brazos existentes (ver gráfico 25)

Gráfico 25. Esquema y principio de operación de la Viga Benkelman



Fuente: Estudios de Evaluación Estructural de Pavimentos Basados en la Interpretación de Curvas de Deflexión. Mario S. Hoffman – Pablo M. del Águila

2.14. Equipo y metodología para la medición de las deflexiones en los pavimentos

2.14.1. Viga Benkelman

2.14.1.1. Equipo requerido.

El equipo mínimo para la realización de ensayos de medición de deflexiones es el siguiente:

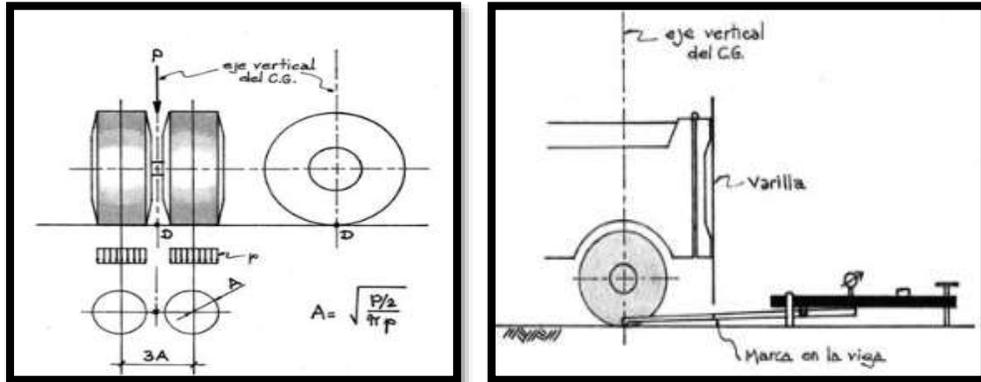
- Deflectómetro Viga Benkelman.
- Camión cargado con eje trasero de 18000 libras igualmente distribuidas en un par de llantas dobles infladas a una presión de 75 a 85 psi.
- Vehículo auxiliar para transportar el personal y equipo misceláneo (camioneta).
- Balanza portátil para pesaje de camión, con capacidad de 10 toneladas.

- Accesorios de medición y varios (cinta métrica, hojas de campo, señales de seguridad, termómetro, etc.)

2.14.1.2. Procedimiento de la medición

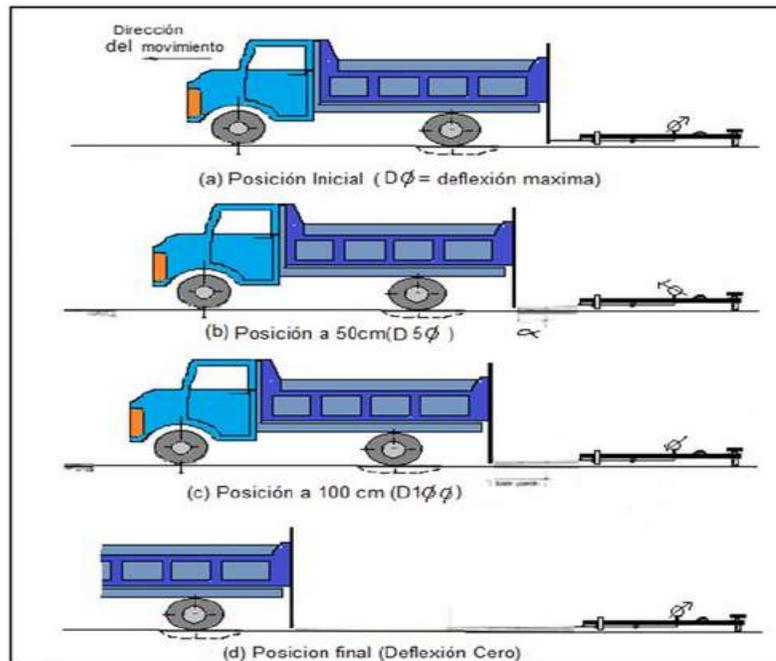
- Carga y pesaje de la volqueta, debe tener un peso en el eje trasero de 8.2 Ton (18000 Lb) puede tener una variación en el orden de $\pm 1\%$.
- Verificación de inflado de las llantas a 80 psi.
- Posicionamiento de la volqueta en el punto a ensayar, las ruedas gemelas deben estar situadas sobre la huella de circulación de los vehículos.
- Centrado del extremo delantero de la Viga Benkelman en la proyección vertical del centro de gravedad del eje trasero de la volqueta, debe situarse en el medio del par de ruedas (ver figura 2.29, punto “D”).
- Nivelación de la viga, colocación del extensómetro y puesta en cero del mismo, esta posición se asumirá como 100 0 200.
- Colocar la regla en la rasante haciendo coincidir el “0” con la proyección vertical del eje de la rueda trasera.
- Ordenar el avance del camión a muy baja velocidad, la velocidad recomendada es de 1cm/seg.
- Anotar las lecturas del dial en el estado inicial (deflexión máxima), a 0.25m. y cuando el pavimento este totalmente libre de deflexión (>5 m).
- Tomar la temperatura del pavimento para cada ensayo.
- Repetir este procedimiento en cada uno de los puntos de ensayo

Gráfico 26. Esquema y principio de operación de la Viga Benkelman



Fuente: Estudios de Evaluación Estructural -Pablo M. del Águila

Gráfico 27. Esquema del proceso de medición de la Viga Benkelman



Fuente: Estudios de Evaluación Estructural -Pablo M. del Águila

2.14.1.3. Metodología de cálculo

1. Cálculo de la deflexión máxima

$$D_o = K * (L_o - L_f)$$

Donde:

Do: Deflexión máxima

K: Constante de la Viga Benkelman depende de la relación de brazos y de la calibración.

Lo: Lectura inicial

Lf: Lectura final

2. Deflexión media a la distancia

$$D_{25} = K * (L_{25} - L_f)$$

Donde:

D25: Deflexión media a la distancia (deflexión a los 0.25 m)

K: Constante de la Viga Benkelman depende de la relación de brazos y de la calibración.

L25: Lectura a 0.25m de la posición inicial

Lf: Lectura final

3. Corrección por temperatura

El asfalto tiene un comportamiento visco – elástico, por tanto las deflexiones son afectadas directamente por la temperatura, por lo tanto deben estar corregidas en función a la temperatura media de la capa de rodadura durante la ejecución del ensayo que varía a lo largo del día.

Para llevar todas las mediciones a una temperatura standard de 20 °C se emplea la siguiente ecuación:

$$D20 = \frac{Dt}{k * (t - 20^{\circ}\text{C}) * e + 1}$$

Donde:

D20: Deflexión a la temperatura standard 20°C

Dt: Deflexión a la temperatura t

k: Coeficiente de temperatura ($1 \cdot 10^{-3} \text{C/cm.}$)

t: Temperatura del asfalto medida para cada ensayo

e: Espesor de la carpeta asfáltica (cm)

4. Corrección por estacionalidad

La correcta medición de las deflexiones debería ser en época de lluvias, puesto que el grado de saturación de los suelos tiene influencia directa en la deformación de los suelos, si los ensayos se realizan en época seca deben ser corregidos para simular tal condición. Para fines prácticos se recomienda el uso de los siguientes factores de corrección que dependen del tipo de suelo de subrasante y la época del año en el que se realiza el ensayo.

Tabla 8. Factores de corrección por estacionalidad

TIPO DE SUELO DE SUBRASANTE	ESTACIÓN LLUVIOSA	ESTACIÓN SECA
Arenosa - Permeable	1	1,1 a 1,3
Arcillosa - sensible al agua	1	1,2 a 1,4

Fuente: Medición y análisis empírico de deflexiones (Ing. Pablo del Águila)

✓ Cálculo del Radio de curvatura

El método asume que la curvatura que experimenta la superficie del pavimento, durante la aplicación de la carga, es de forma parabólica, en un segmento de aproximadamente 0.25 m. a partir del punto de máxima deflexión.

$$Rc = \frac{6250}{K * (Do - D25)}$$

Donde:

Rc: Radio de curvatura (m)

Do: Deflexión máxima corregida

D25: Deflexión a 0.25 m corregida

✓ Deflexión admisible

La deflexión admisible es un parámetro que está definido en función al tráfico de diseño, que establece un límite para la deflexión por encima del cual no se garantiza un comportamiento satisfactorio de la estructura en el periodo considerado, la expresión que define este parámetro es:

$$Da = \left(\frac{1.15}{N18} \right)^{1/4}$$

Donde:

Da: Deflexión admisible (mm)

N18: Número total de ejes equivalentes a 8.2 Ton (18000Lb)

El pavimento sujeto a evaluación tendrá capacidad estructural suficiente para resistir las sollicitaciones del tráfico de diseño, para las condiciones de resistencia de la subrasante, siempre que la deflexión máxima sea menor que la deflexión admisible.

$$Do < Dadm$$

El comportamiento del pavimento evaluado o sometido a evaluación se podrá calificar como satisfactorio siempre que se cumpla que:

a) Los valores de radio de curvatura calculados son mayores de 100 m

$$(Rc > 100 m)$$

b) El radio de curvatura promedio está comprendido entre 300-500 m.

$(300 < \mathbf{Rc} < 500)$

CAPÍTULO III

UNIFORMACIÓN CARACTERIZACIÓN

3.1. Información preliminar del tramo de estudio.

En el tramo “El Puente – Carrizal” se vio la necesidad de realizar la evaluación superficial y estructural para lo cual se realizó el recopilamiento de la información lo cual se desarrolla en los siguientes puntos:

3.1.1. Ubicación del tramo “El Puente – Carrizal”

El tramo “El Puente – Carrizal” se encuentra ubicado en las comunidades Septapas, Monte Chico, Pompeya, Pirgua Pampa, Santa Ana de Belén, Ánimas, Cazón Pampa, Chayaza, Pampa Grande, Carrizal del Municipio de El Puente jurisdicción de la Segunda Sección de la provincia Méndez del Departamento de Tarija.

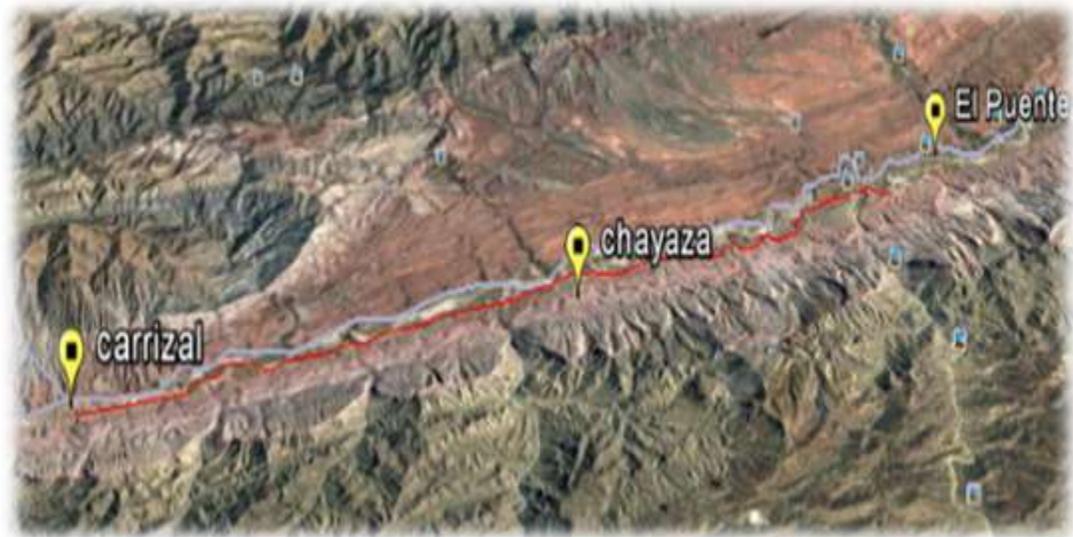
Departamento:	Tarija
Provincias:	Méndez
Municipios:	El Puente
Distrito:	San Juan del Oro

Gráfico 28. Ubicación geográfica de la zona



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 29. Coordenadas de ubicación del tramo “El puente – Carrizal”



Fuente: Google Earth

Geográficamente se encuentra entre las coordenadas:

- Latitud Sur: 20° 56' 00" a 21° 37' 45"
- Longitud Oeste: 64° 56' 30" a 65° 15' 00"
- Altitud: 2800 m.s.n.m.

El tramo “El Puente – Carrizal” tiene una longitud de 23.864 Km, tiene inicio en la progresiva 0+000 en la localidad de El Puente y concluye en la progresiva 23+864 en la comunidad de Carrizal

3.1.2. Antecedentes

Tabla 9. Características geométricas del tramo

DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES Y VALORES
Longitud	23.684 km.
Pendiente Máxima	7,80%
Radio Mínimo	26,00m
Peralte Máximo	8,00%
Pendiente transversal	2,00%
Velocidad de Diseño	30,00Km/h
Topografía	Ondulada – Montañosa
Número de Carriles	2
Ancho de Carril	3,00m
Ancho de Berma	0,65m
Ancho de Plataforma	7,30m
Ancho de cuneta	0,50m
Profundidad de cuneta	0,40m
Talud de Relleno	1:1(H : V)
Talud de Corte	1:3 (H : V)
Superficie de rodadura	Tratamiento superficial triple
Paquete estructural	Capa Sub-base y Base

Fuente: proyecto TESA “Ircalaya – El Puente – Verdiguera”

Longitud del tramo “El Puente – Carrizal”.- Con el objetivo de determinar la longitud a estudiar se realizó un levantamiento topográfico del tramo en estudio para lo cual se utilizaron los siguientes materiales:

Un Estación Total, GPS, Prismas, estacas, brocha y pintura, para dar inicio con el levantamiento topográfico en primer lugar se identificó el punto de inicio para la evaluación y se lo denominó progresiva 0+000, con el GPS se estacionaron dos puntos para posteriormente referenciar el punto de partida para ensamblar el estación total y de esta manera iniciar con el disparo de puntos 2 puntos cada 20 m dejando un línea de referencia y a los 100 m se anotó la progresiva 0+100 y así consecuentemente con la finalidad que una vez que se inicie con el relevamiento de fallas y los ensayos para la evaluación estructural y superficial se considere las progresivas para la ubicación de cada unidad de muestreo.

Gráfico 30. Imagen de levantamiento topográfico



Fuente: Elaboración Propia

Capa Rodadura.- Según la información recabada la capa rodadura del tramo “El Puente – Carrizal” es un tratamiento superficial triple con un espesor de 3 cm.

Con el fin de verificar si cumple el espesor de la carpeta asfáltica se realizó las medidas en un puntos del tramo, en la progresiva 0+320 y se pudo denotar que el espesor de la capa rodadura es de 3cm.

Gráfico 31. Imagen del espesor del tratamiento superficial triple



3 cm.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10. Paquete estructural

Tramo	Tratamiento Superficial Triple	Espesor de capa Base	Espesor de capa Sub-base	Espesor de Sub-rasante mejorada
El Puente – Carrizal	3,00cm	18,00cm	18,00cm	20 cm

Fuente: TESA proyecto “Ircalaya – El Puente – Verdiguera”

Con el objetivo de identificar la conformación del paquete estructural se realizó un sondeo en las progresiva 0+320, para lo cual se utilizaron una pala, un pico, flexo y bolsas, para proceder con el sondeo se inició con la excavación para identificar el número de capas que compone el paquete estructural, paralelamente se extrajo muestras de cada capa identificada, en primer lugar se identificó la Capa Base, posteriormente la Sub Base, Sub Rasante Mejorada y finalmente la Subrasante Natural de las cuales se obtuvo muestras para analizar en el laboratorio realizando los siguientes ensayos como ser Granulometría, Límites de Atterberg, Clasificación, Proctor y CBR (Capacidad de Soporte), para realizar los ensayos mencionados en el laboratorio se desarrollaron de la siguiente manera:

- **Granulometría de los agregados:** El procedimiento para realizar la granulometría de los materiales como ser muestra de la Base, Sub Base, Sub Rasante Mejorada, en primer lugar se cuarteo las muestras para posteriormente tamizar el material separado en la serie de tamices desde el tamiz 3” a N°10 y el pasante se hizo la granulometría por el método lavado obteniendo los pesos retenidos con los cuales se obtuvo la curva granulométrica para cada una de las capas.
- **Límites Atterberg:** De igual manera se realizaron los límites de Atterberg para las capas Base, Sub Base, con la finalidad de obtener el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad.
- **Clasificación de los materiales:** Con los datos obtenidos en los puntos anteriores se realizó la clasificación de los materiales para las capas Base, Sub

Base, Sub Rasante Mejorada, ya que estos datos son imprescindibles para la realización del ensayo Capacidad de Soporte del Suelo.

- **Proctor (Densidades):** De igual manera se realizaron los ensayos de Proctor para todas las capas Base, Sub Base, con la finalidad de obtener la Densidad Máxima y Húmeda Óptima de los materiales, se realizó el ensayo de Proctor T-180 para las muestras gruesas, los datos obtenidos en los ensayos realizados son imprescindibles para la realización del ensayo Capacidad de Soporte del Suelo.
- **CBR (Capacidad Soporte del Suelo):** Se realizó el ensayo de CBR para todas las capas Base, Sub Base. Dicho ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte. El (%) CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material chancado.

Tabla 11. CBR del paquete estructural de una vía

C.B.R.	CLASIFICACION
0 – 5	Sub rasante muy mala.
5 – 10	Subrasante mala.
11 – 20	Subrasante regular o buena.
21 – 30	Subrasante muy buena.
31 – 50	Sub-base buena.
51 – 80	Base buena.
81 – 100	Base muy buena.

Gráfico 32. Imagen de verificación de espesores de carpeta estructural



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 33. Espesor del paquete estructural



Fuente: Elaboración Propia

Numero de ejes equivalentes: para poder obtener el número del eje equivalente ya que es un dato muy necesario para la realización de la evaluación se dispuso a realizar el levantamiento de la información de obtener el tráfico que transita actualmente por el tramo El Puente – Carrizal, para esta información se aforo por 3 días y en las horas de 6:00 a 13:00 y de 16:00 a 19:00 este aforo se realizó en la progresiva 0+020, tomando en cuenta que es el único ingreso del tramo, considerando el conteo de Automóviles, Buses de Transporte Público y Camiones de Eje Simple y Camiones de Eje Doble, posteriormente se realizó el cálculo del número de ejes equivalentes.

3.2. Evaluación Superficial Del Tramo

Para la evaluación superficial del tramo “El Puente – Carrizal” se evaluó por el método PCI (Índice de Condición del Pavimento), que se detalla a continuación.

3.2.1. Aplicación del método PCI (Índice de condición de Pavimento)

3.2.1.1.Procedimiento de Evaluación de Condición de Pavimento

Se detallará la metodología aplicada para la evaluación superficial el caso particular del tramo “El Puente – carrizal”, siguiendo los lineamientos definidos por el método PCI, Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento, ya que el método PCI permitirá conocer el estado de la superficie del tramo, este método al ser moroso y requerir mucho tiempo para realizarlo en la bibliografía menciona que solamente se seleccione cierta cantidad de unidades de muestreo del tramo, pero para el presente estudio se realizó el relevamiento de fallas en todo el tramo desde progresiva 0+000 a 23+864, con la finalidad de obtener resultados 100% confiables.

3.2.1.1.1. Muestreo y Unidades de Muestra

Las áreas de muestreo según el método PCI del cuerpo de la armada de los Estados Unidos deben tener una superficie comprendida entre el rango de $230 \pm 93 \text{ m}^2$, como se observa en la Tabla 4., que presenta relaciones de longitud – ancho de calzada pavimentada.

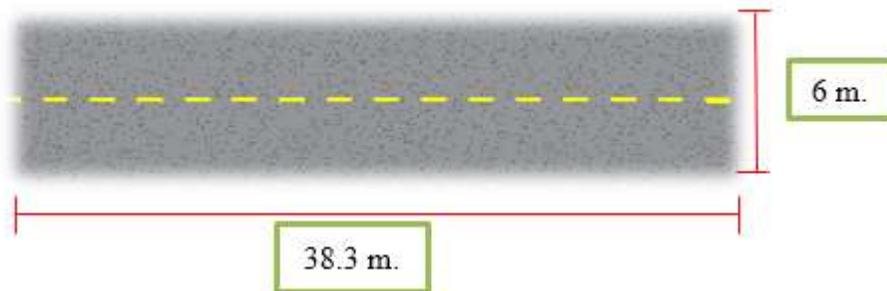
Tabla 12. Longitud de unidades de muestreo asfálticas

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5	46
5,5	41,8
6	38,3
6,5	35,4
7,30 (máx.)	31,5

Fuente: Pavement Condition Index (PCI) Para pavimentos asfálticos y de concretos en carreteras, traducido por el Ing. Luis Ricardo Vasquez, Abril 2006.

En función a las medidas tomadas del ancho de calzada del pavimento en el tramo “El Puente – Carrizal” es de 6 m, debido a esto se adoptó una longitud de 38.3 m. para cada una de las áreas.

Gráfico 34. Unidades de muestreo para el método PCI



Fuente: Elaboración Propia

Una vez teniendo conocimiento de la longitud y el ancho de la unidad de muestreo se obtiene el área de muestreo que es de 229.8 m² que está dentro del rango establecido por el método PCI, con el fin de uniformizar las secciones de estudio se usara un área uniforme de 230.00 m². En base al levantamiento topográfico que se hizo del tramo en estudio se tiene una longitud total del tramo a evaluar de (23864 m), en base a las área de sección establecidas para la evaluación superficial, se inspecciono minuciosamente

todo el tramo tanto en el carril de ida como el de vuelta la primera unidad de muestra se inició a partir de la progresiva 0+000 y así sucesivamente, para tener la información de todo el tramo se evaluaron 628 unidades de muestra con una sección de 230 m².

3.2.1.1.2. Procedimiento del Índice de Condición de Pavimento (PCI)

Se inspecciono cuidadosamente cada una de las unidades de muestra identificadas en base al levantamiento topográfico realizado de manera anticipada, para medir el tipo de fallas de acuerdo con el manual de daños del método PCI, en base a la tabla 5:

Tabla 13. Tipos de fallas de pavimentos

MÉTODO PCI EN VIAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA				
ZONA DE ESTUDIO:				
PROG. INICIO:		Esquema:		
PROG. FINAL:				
AREA (m ²):				
FECHA:				
UNIDAD MUESTRA:				
INSPECCIONADO POR:				
RODRIGUEZ ALTAMIRANO SILVIA				
Fallas	Unidad de Medida	Fallas	Unidad de Medida	
1.- Piel de cocodrilo	m ²	10.- Fisuras longitudinales y transversales	m	
2.- Exudacion	m ²	11.- Parches	m ²	
3.- Fisuras en bloque	m ²	12.- Agregado pulido	m ²	
4.- Elevaciones - Hundimientos	m	13.- Huecos	N#	
5.- Corrugaciones	m ²	14.- Acceso a puentes- rejillas de drenaje	m ²	
6.- Depresiones	m ²	15.- Ahuellamiento	m ²	
7.- Fisura de borde	m	16.- Deformacion por empuje	m ²	
8.- Fisura de reflexion de juntas	m	17.- Deslizamiento	m ²	
9.- Desnivel carril - berma	m	18.- Hinchamiento	m ²	
		19.- Disgregacion - desintegracion	m ²	
TIPO DE FALLA	EVERIDA	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO

Fuente: Elaboración Propia

Se registró la información en el formato adoptado, tomando en cuenta el tipo de falla, el número de falla, la severidad y su unidad de medida.

Tabla 14. Planilla de muestreo de datos

METODO PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO)								
ZONA DE ESTUDIO: "EL PUENTE - CARRIZAL"								
PROG. INICIO:		0+000	AREA:	230 (m ²)	INSPECCIONADO POR:			
PROG. FINAL		24+000	FECHA:	12/03/2017	RODRIGUEZ ALTAMIRANO SILVIA			
Fallas		Unidad de Medida	Fallas		Unidad de Medida			
1.- Piel de cocodrilo		m ²	10.- Fisuras longitudinales y transversales		m			
2.- Exudacion		m ²	11.- Parches		m ²			
3.- Fisuras en bloque		m ²	12.- Agregado pulido		m ²			
4.- Elevaciones - Hundimientos		m	13.- Huecos		N#			
5.- Corrugaciones		m ²	14.- Acceso a puentes- rejillas de drenaje		m ²			
6.- Depresiones		m ²	15.- Ahuellamiento		m ²			
7.- Fisura de borde		m	16.- Deformacion por empuje		m ²			
8.- Fisura de reflexion de juntas		m	17.-Grieta parabolica		m ²			
9.- Desnivel carril - berma		m	18.- Hinchamiento		m ²			
			19.- Disgregacion - desintegracion		m ²			
PROGRESIVA		UNIDAD DE MUESTR	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL			
INICIAL	FINAL				H	M	L	
0+000	0+038	1	Deformacion por empuje (m ²)	M		13,4		
			Huecos (m)	L			4	
			exudacion (m ²)	L				2,1

Fuente: Elaboración Propia

3.3. Evaluación Estructural del Tramo

3.3.1. Procedimiento de medición Viga Benkelman

Los ensayos para la evaluación estructural se realizaron utilizando el mismo procedimiento adoptado anteriormente (en unidades de muestreo que presentaron los resultados más bajos de PCI y en áreas de muestreo que no existieron fallas) de la siguiente manera:

Se efectuó inicialmente la calibración de la viga Benkelman en el laboratorio de asfaltos de la universidad, para verificar que el equipo esté en condiciones óptimas para ser manejado, mediante esta calibración definir el valor de la constante (K) a ser utilizada para el cálculo de las deflexiones, donde se obtuvo la constante $k=2$

La volqueta que se alquiló para la realización de los ensayos fue de 12.00 m³ de capacidad con eje trasero doble de llantas dobles, para realizar el ensayo se procedió a la medición de la presión de inflado de las llantas de tal forma que registre 80 psi, posteriormente se pesó en el eje trasero de la volqueta para lograr el peso necesario de (8.2 Tn) 8200 Kg, el peso obtenido fue de peso tara de la volqueta el cual no llegó al peso requerido por tal motivo se tuvo que aumentar 180 kg adicionales después de su pesado para llegar al peso que nos indica el método de la viga Benkelman, una vez localizados las unidades de muestreo se marcaron y efectuaron mediciones en una área de muestreo por kilómetro de vía, se definieron dos líneas de medición longitudinales al eje de la vía una en el carril de ida (El Puente – Carrizal) y otra en el carril de vuelta (Carrizal - El Puente) de 5 m. A una distancia de 0.60 a 0.90 m del borde de la carpeta, variando estas medidas en función a la ubicación del ensayo, en cada punto de ensayo en el formato adoptado se registraron lecturas a 0.25, 0.50, 0.75, 1, 2, 3 y 5 m, el procedimiento de ensayo se desarrolla de la siguiente manera; en primer lugar se procedió a ensamblar la viga ya que se tiene un brazo desplegable de dos módulos los cuales van ensamblados con tornillos de ajuste, posteriormente se nivela el apoyo principal con una manivela para lograr que el puntero del brazo de la viga este en contacto mínimo con la superficie asfáltica, este procedimiento se realizó de igual manera en los siguientes puntos definidos de estudio, las fotos que se incluyen a continuación ilustran en forma general el procedimiento de medición del ensayo Como se puede observar, un extremo de la viga se colocó entre las ruedas traseras de la volqueta a usarse sobre el punto de manera tal que este coincida aproximadamente con el eje vertical del centro de la llanta, dejando el otro extremo fijo sobre el pavimento, en cada punto de ensayo se registraron las temperaturas del pavimento, se repitieron las operaciones descritas a lo largo del tramo de estudio.

Gráfico 35. Pesado de la volqueta.



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 36. Comprobante de pesado de volqueta

BALANZA "MENDOZA"
INDUSTRIAL AL GRADO DEL NOROCCIDENTE-39431178
Tarija - Bolivia

Nº 2542
Fecha 21/04/2017

Ingresos 21/04/2017 06:00:52 PM
Salida 21/04/2017 06:01:21 PM

BRUTO:	0
TARA:	8,020
NETO:	8,020

VT 33 99

Cliente: SILVIA RODRIGUEZ ALTAMIRANO
Materia: VOLQUETA
Clase: OROSO SUAVEZ
Destino: NILL
Observación:

Placa: 1234567
Moeda: B: 30 0

BALANZA ELECTRONICA
"MENDOZA"
INDUSTRIAL AL GRADO DEL NOROCCIDENTE-39431178
TARIJA - BOLIVIA

[Signature]

Fuente: Factura de emitida por Balanza Mendoza

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN Y ANÁLISIS

4.1. Procedimiento de Evaluación Superficial por el método PCI

4.1.1. Procedimiento de cálculo

Después de contar con toda la información obtenida por la inspección de campo, la información de las fallas presentes en las unidades de muestreo y los grados de severidad fueron registradas en sus respectivas planillas de registro para calcular el PCI, el cálculo del PCI puede realizarse de forma manual o computarizada.

Posteriormente se procedió a determinar por cada falla de acuerdo a la cantidad y severidad reportadas los valores deducidos VD, los valores deducidos corregidos CDV, el número de valores deducidos (q) mayores que 2, y con el valor deducido total y con el máximo CDV se obtuvo el índice de condición presente PCI en cada unidad de muestreo de todo el tramo en estudio.

Con la finalidad de facilitar el entendimiento del cálculo del PCI, se ha descrito mediante diversos pasos:

Deben totalizarse cada uno de los tipos de falla y su severidad y registrarlos en las casillas correspondientes. Los daños pueden ser medidos en área o longitud según el tipo de falla y registrados por su número o por su nombre respectivo, ver (Tabla 1)

Tabla 16. Fallas existentes

PROGRESIVA		UNIDAD DE MUESTRA	TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL		
INICIAL	FINAL				H	M	L
3+876	3+914	103	Huecos (N#)	M		6	
			Huecos (N#)	L			2
			Fisura longitudinal-transversal (m)	L			5
			Deformación por empuje (m ²)	M		13	
			Exudación (m ²)	L			2,7

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de la densidad se debe dividir cada uno de los daños en cada nivel de severidad especificado, entre el área de la unidad de muestreo en la que se trabaja, esta densidad se expresa en porcentaje. **Cálculo de la densidad:**

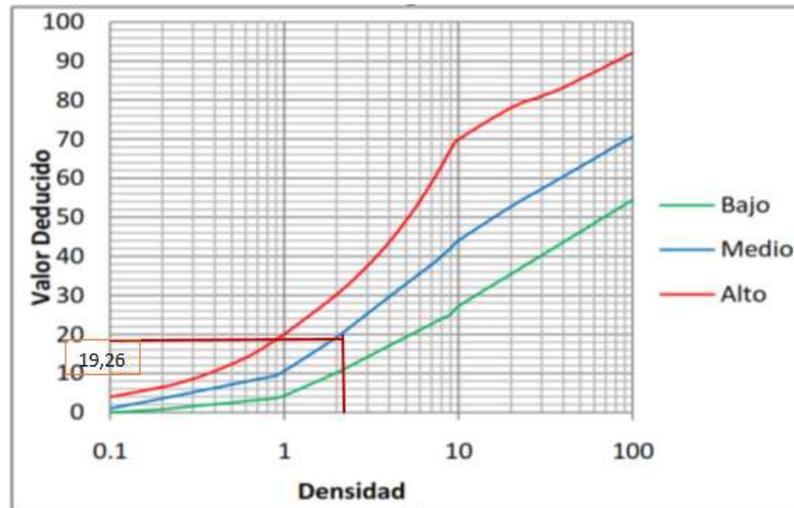
$$\text{Densidad} = \frac{\text{Área total de fall (tipo y severidad)}}{\text{Área de la unidad de muestreo}} \times 100$$

$$\text{Densidad} = \frac{13}{230} \times 100$$

$$\text{Densidad} = 5.65 \%$$

Para calcular el “Valor deducido” se determina mediante el uso de las curvas o tablas denominadas “Valor de deducción” de acuerdo con el tipo de falla, (ver gráfico 1) y (Tabla 2)

Gráfico 38. Obtención del valor deducido (VD)



Valores deducidos para pavimentos.- Deformación por empuje

Fuente: Pavement condition index PCI (Shahin – Khon)

Tabla 17. Obtención del valor deducido (VD)

DEFORMACION POR EMPUJE			
DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
	L	M	H
0,10	-	1,00	4,00
0,20	0,80	3,60	6,50
0,30	1,60	5,20	8,60
0,40	2,10	6,30	10,60
0,50	2,50	7,20	124,00
0,60	2,90	7,90	14,00
0,70	3,20	8,50	15,60
0,80	3,40	9,00	17,20
0,90	3,70	9,50	18,70
1,00	4,30	10,60	20,00
2,00	10,20	19,30	30,20
7,00	22,60	37,80	58,80
8,00	24,00	40,00	63,10
9,00	25,10	42,00	67,20
10,00	27,20	44,00	69,90
20,00	35,40	52,70	78,00
30,00	40,20	57,20	81,00
80,00	51,80	68,20	89,90
90,00	53,20	69,50	91,10
100,00	54,40	70,60	92,10

Valores deducidos para pavimentos.- Deformación por empuje

Fuente: Pavement condition index PCI (Shahin – Khon)

En este caso se trata de una falla # 16 (deformación por empuje) de severidad media y de una densidad de 5.56 %, en función a estos datos se obtiene un valor de deducción de 19.26. Para obtener el valor de deducción se debe entrar a la gráfica con el valor de densidad y proyectar una línea vertical hasta que intersecte con la densidad de la falla, este tipo de falla se encuentra en el nivel de severidad “MEDIA”, para obtener el valor deducido mediante el grafico se proyecta una línea horizontal hasta que intersecte el eje de las ordenadas en el que se encuentra la escala de “Valor de deducción”, o de lo contrario interpolar el valor deducido de la tabla 4.1. Para obtener mayor exactitud de valor deducido se repite la misma operación para cada tipo de falla y su severidad y se registran en la casilla de “Valor deducido”.

Tabla 18. Resultados de valor deducido (VD)

TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
Huecos (N#)	M	6	2,61	49,59
Huecos (N#)	L	2	0,87	17,75
Fisura longitudinal-transversal (m)	L	17	7,39	13,17
Deformacion por empuje (m ²)	M	13	5,65	19,26
Exudacion (m ²)	L	13	5,65	1,61

Fuente: Elaboración propia

Una vez registrados todos los valores deducidos del área de muestra, debe tomarse en cuenta si ninguno o tan solo uno de los “valores deducidos” son mayores que 2, se usa el valor deducido total en lugar del “valor deducido corregido” (CDV), de lo contrario se colocan en orden descendente los valores deducidos mayores de 2 hasta que se cumpla la igualdad a 1. (Ver Tabla 4)

Tabla 19. . Resultados de valor deducido corregido (VDC)

#	VALOR DEDUCIDO							TOTAL	q	CDV
	1	2	3	4	5	6	7			
1	49,59	19,26	17,75	7,01	1,61			95,22	5	49,13
2	49,59	19,26	17,75	7,01	2,00			95,61	4	54,37
3	49,59	19,26	17,75	2,00	2,00			90,60	3	57,36
4	49,59	19,26	2,00	2,00	2,00			57,59	2	42,31
5	49,59	2,00	2,00	2,00	2,00			10,00	1	10,00

MAXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
CDV =	57,359

$$\text{PCI} = 100 - \text{CDV}$$

PCI =	42,641
-------	--------

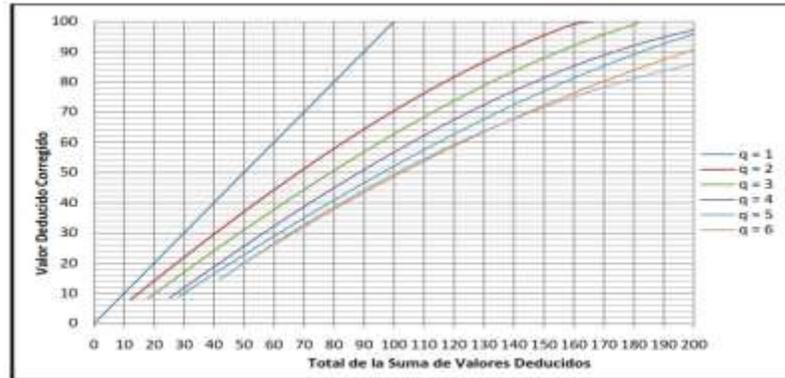
CONDICION DEL PAVIMENTO :

REGULAR

Fuente: Elaboración propia

Para cada valor individual se determinó el valor deducido corregido en el gráfico. (Ver gráfico 1), para obtener mayor exactitud en el cálculo del valor deducido corregido se utilizó la (tabla 2), de los valores deducidos corregidos se escoge el “máximo valor deducido corregido (CDV)” para determinar el PCI, restando 100 al valor deducido corregido máximo obtenido.

Gráfico 39. Curva de obtención del valor deducido corregido (VDC)



Fuente: Pavement condition index PCI (Shahin – Khon)

Tabla 20. Obtención del valor deducido corregido (VDC)

TOTAL DE VALORES DEDUCIDOS	CORRECCION DE VALORES DEDUCIDOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES						
	q 1	q 2	q 3	q 4	q 5	q 6	q 7
60,0	60,0	44,0	38,0	33,0	29,0	26,0	26,0
70,0	70,0	51,0	44,5	39,0	35,0	32,0	32,0
80,0	80,0	58,0	50,5	45,0	41,0	38,0	38,0
90,0	90,0	64,0	57,0	51,0	46,0	44,0	44,0
100,0	100,0	71,0	63,0	57,0	52,0	49,0	49,0
110,0		76,0	68,0	62,0	57,0	54,0	54,0
140,0		91,0	84,0	78,0	72,0	68,0	67,0
150,0		94,0	88,0	82,0	76,0	72,0	70,0
160,0		98,0	93,0	86,0	81,0	76,0	74,0
166,0		100,0	94,8	88,4	83,4	79,0	75,2
170,0			96,0	90,0	85,0	81,0	76,0
180,0			99,0	93,0	88,0	84,0	79,0
182,0			100,0	93,6	88,6	84,8	79,6

Fuente: Pavement condition index PCI (Shahin – Khon)

El PCI obtenido fue de 42.641 lo que indica según el siguiente esquema, el pavimento está en un estado regular entre 55 – 40 (tabla 6)

Tabla 21. Rangos de calificación de PCI

Rango		Clasificación
100	85	EXELENTE
85	70	MUY BUENO
70	55	BUENO
55	40	REGULAR
40	25	MALO
25	10	MUY MALO
10	0	FALLADO

Índice de Condición del Pavimento (PCI) y Escala de Graduación.

Tabla 22. Resultados de la unidad de muestra # 103

MÉTODO PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO) EN VIAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA				
ZONA DE ESTUDIO: "EL PUENTE - CARRIZAL"				
PROG. INICIO:	3+876	Esquema:		
PROG. FINAL:	3+914			
AREA (m²):	230			
FECHA:	12/03/2016			
UNIDAD MUESTRA:	103			
INSPECCIONADO POR:	RODRIGUEZ ALTAMIRANO SILVIA			
TIPO DE FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
Huecos (N#)	M	6	2,61	49,59
Huecos (N#)	L	2	0,87	17,75
Fisura longitudinal-transversal (m)	L	5	2,17	7,01
Deformacion por empuje (m²)	M	13	5,65	19,26
Exudacion (m²)	L	13	5,65	1,61

#	VALOR DEDUCIDO							TOTAL	q	CDV
	1	2	3	4	5	6	7			
1	49,59	19,26	17,75	7,01	1,61			95,22	5	49,13
2	49,59	19,26	17,75	7,01	2,00			95,61	4	54,37
3	49,59	19,26	17,75	2,00	2,00			90,60	3	57,36
4	49,59	2,00	2,00	2,00	2,00			57,59	2	42,31
5	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00			10,00	1	10,00

MAXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO	
CDV =	57,359

PCI = 100 -
CDV

PCI = 42,641

CONDICION DEL PAVIMENTO :

REGULAR

Fuente: Elaboración propia

Se repite todo el procedimiento de cálculo anteriormente descrito para las 628 unidades de muestreo existentes en el tramo evaluado "El Puente – Carrizal".

4.2. Resultados

4.2.1. Resultados parciales del método PCI

A continuación se resumen los resultados del Índice de Condición de Pavimentos (PCI) del tramo “El Puente – Carrizal”.

4.2.1.1. Tipo de fallas y porcentaje, existente en un Km de tramo Evaluado

Tabla 23. Resultado del Km 1

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 0+000 A LA PROGRESIVA 1+026	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	8,929
Huecos (#)	26,786
Exudación (m ²)	12,500
Elevaciones-Hundimientos(m)	19,643
Fisura de borde (m)	17,857
Depresiones (m ²)	7,143
Corrugación (m ²)	5,357
Ahuellamiento (m ²)	1,786

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Resultado del Km 2

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 1+026 A LA PROGRESIVA 2+014	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	10,204
Huecos (#)	14,286
Exudación (m ²)	16,327
Elevaciones-Hundimientos(m)	18,367
Fisura de borde (m)	16,327
Fisuras longitudinales y transversales (m)	10,204
Corrugación (m ²)	10,204
Ahuellamiento (m ²)	4,082

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Resultado del Km 3

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 2+014 A LA PROGRESIVA 3+022	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	5,882
Huecos (#)	20,588
Exudación (m ²)	14,706
Elevaciones-Hundimientos(m)	11,765
Fisura de borde (m)	11,765
Depresiones (m ²)	14,706
Corrugación (m ²)	5,882
Ahuellamiento (m ²)	5,882

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Resultado del Km 4

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 3+002 A LA PROGRESIVA 4+028	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	14,894
Huecos (#)	25,532
Exudación (m ²)	12,766
Elevaciones-Hundimientos(m)	10,638
Fisura de borde (m)	2,128
Disgregación - desintegración (m ²)	8,511
Fisuras longitudinales y transversales (m)	8,511
Corrugación (m ²)	10,638
Ahuellamiento (m ²)	6,383

Tabla 27. Resultado del Km 5

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 4+028 A LA PROGRESIVA 5+016	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	21,429
Huecos (#)	21,429
Exudación (m ²)	23,214
Elevaciones-Hundimientos(m)	16,071
Parcheo (m ²)	1,786
Corrugación (m ²)	7,143
Fisuras longitudinales y transversales (m)	8,929

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Resultado del Km 6

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 5+016 A LA PROGRESIVA 6+004	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	20,588
Huecos (#)	32,353
Fisuras longitudinales y transversales (m)	5,882
Elevaciones-Hundimientos(m)	11,765
Corrugación (m ²)	20,588
Ahuellamiento (m ²)	8,824

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Resultado del Km 7

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 6+004 A LA PROGRESIVA 7+030	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	20,930
Huecos (#)	18,605
Exudación (m ²)	23,256
Elevaciones-Hundimientos(m)	11,628
Fisura de borde (m)	11,628
Acceso a puentes (m ²)	4,651
Corrugación (m ²)	6,977
Piel de cocodrilo (m ²)	2,326

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Resultado del Km 8

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 7+030 A LA PROGRESIVA 8+018	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	16,667
Huecos (#)	28,571
Exudación (m ²)	26,190
Elevaciones-Hundimientos(m)	7,143
Corrugación (m ²)	19,048
Fisuras longitudinales y transversales (m)	2,381

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Resultado del Km 9

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 8+018 A LA PROGRESIVA 9+056	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	20,513
Huecos (#)	15,385
Exudación (m ²)	25,641
Elevaciones-Hundimientos(m)	7,692
Fisuras longitudinales y transversales (m)	10,256
Disgregación - desintegración (m ²)	7,692
Corrugación (m ²)	10,256
Ahuellamiento (m ²)	2,564

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Resultado del Km 10

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 9+056 A LA PROGRESIVA 10+032	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	18,750
Huecos (#)	25,000
Exudación (m ²)	20,833
Elevaciones-Hundimientos(m)	14,583
Fisura de borde (m)	10,417
Fisuras longitudinales y transversales (m)	6,250
Parcheo (m ²)	2,083
Piel de cocodrilo (m ²)	2,083

Tabla 33. Resultado del Km 11

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 10+032 A LA PROGRESIVA 11+020	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	14,634
Huecos (#)	29,268
Exudación (m ²)	7,317
Elevaciones-Hundimientos(m)	9,756
Fisuras longitudinales y transversales (m)	7,317
Depresiones (m ²)	4,878
Corrugación (m ²)	19,512
Ahuellamiento (m ²)	7,317

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Resultado del Km 12

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 11+020 A LA PROGRESIVA 12+008	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	21,622
Huecos (#)	40,541
Disgregación - desintegración (m ²)	2,703
Elevaciones-Hundimientos(m)	10,811
Fisura de borde (m)	5,405
Fisuras longitudinales y transversales (m)	16,216
Parcheo (m ²)	2,703

Tabla 35. Resultado del Km 13

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 12+008 A LA PROGRESIVA 13+034	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	10,204
Huecos (#)	34,694
Exudación (m ²)	12,245
Elevaciones-Hundimientos(m)	10,204
Acceso a puentes (m ²)	2,041
Disgregación - desintegración (m ²)	4,082
Depresiones (m ²)	4,082
Corrugación (m ²)	20,408
Ahuellamiento (m ²)	2,041

Tabla 36. Resultado del Km 14

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 13+034 A LA PROGRESIVA 14+022	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	8,333
Huecos (#)	27,778
Exudación (m ²)	8,333
Elevaciones-Hundimientos(m)	11,111
Fisura de borde (m)	13,889
Depresiones (m ²)	2,778
Corrugación (m ²)	8,333
Disgregación - desintegración (m ²)	5,556
Fisuras longitudinales y transversales (m)	11,111
Acceso a puentes (m ²)	2,778

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. Resultado del Km 5

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 14+022 A LA PROGRESIVA 15+010	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	16,071
Huecos (#)	26,786
Exudación (m ²)	12,500
Elevaciones-Hundimientos(m)	10,714
Fisura de borde (m)	5,357
Fisuras longitudinales y transversales (m)	3,571
Disgregación - desintegración (m ²)	3,571
Corrugación (m ²)	7,143
Parcheo (m ²)	1,786

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Resultado del Km 16

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 15+010 A LA PROGRESIVA 16+036	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	9,756
Huecos (#)	31,707
Acceso a puentes (m ²)	2,439
Fisuras longitudinales y transversales (m)	9,756
Disgregación - desintegración (m ²)	4,878
Piel de cocodrilo (m ²)	2,439
Exudación (m ²)	4,878
Elevaciones-Hundimientos(m)	12,195
Fisura de borde (m)	4,878
Depresiones (m ²)	2,439
Corrugación (m ²)	12,195
Ahuellamiento (m ²)	2,439

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Resultado del Km 17

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 16+036 A LA PROGRESIVA 17+024	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	10,204
Huecos (#)	36,735
Exudación (m ²)	12,245
Elevaciones-Hundimientos(m)	14,286
Fisura de borde (m)	4,082
Fisuras longitudinales y transversales (m)	6,122
Corrugación (m ²)	6,122
Disgregación - desintegración (m ²)	10,204

Tabla 40. Resultado del Km 18

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 17+024 A LA PROGRESIVA 18+012	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	20,930
Huecos (#)	34,884
Exudación (m ²)	13,953
Elevaciones-Hundimientos(m)	11,628
Fisuras longitudinales y trasversales (m)	2,326
Depresiones (m ²)	2,326
Corrugación (m ²)	13,953

Tabla 41. Resultado del Km 19

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 18+012 A LA PROGRESIVA 19+000	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	5,000
Huecos (#)	35,000
Exudación (m ²)	7,500
Elevaciones-Hundimientos(m)	12,500
Fisura de borde (m)	7,500
Fisuras longitudinales y trasversales (m)	7,500
Corrugación (m ²)	20,000
Disgregación - desintegración (m ²)	5,000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Resultado del Km 20

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 19+000 A LA PROGRESIVA 20+026	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	17,241
Huecos (#)	31,034
Exudación (m ²)	17,241
Elevaciones-Hundimientos(m)	8,621
Fisura de borde (m)	3,448
Corrugación (m ²)	18,966
Disgregación - desintegración (m ²)	3,448

Tabla 43. Resultado del Km 21

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 20+026 A LA PROGRESIVA 21+014	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	16,279
Huecos (#)	30,233
Exudación (m ²)	2,326
Elevaciones-Hundimientos(m)	6,977
Acceso a puentes (m ²)	2,326
Depresiones (m ²)	4,651
Disgregación - desintegración (m ²)	6,977
Fisuras longitudinales y trasversales (m)	6,977
Corrugación (m ²)	16,279
Ahuellamiento (m ²)	6,977

Tabla 44. Resultado del Km 22

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 21+014 A LA PROGRESIVA 22+002	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	13,636
Huecos (#)	18,182
Exudación (m ²)	13,636
Elevaciones-Hundimientos(m)	9,091
Fisura de borde (m)	18,182
Fisuras longitudinales y trasversales (m)	4,545
Corrugación (m ²)	20,455
Parcheo (m ²)	2,273

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45. Resultado del Km 23

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 22+002 A LA PROGRESIVA 23+028	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	9,302
Huecos (#)	25,581
Exudación (m ²)	9,302
Fisuras longitudinales y trasversales (m)	2,326
Acceso a puentes (m ²)	2,326
Elevaciones-Hundimientos(m)	9,302
Fisura de borde (m)	4,651
Depresiones (m ²)	4,651
Corrugación (m ²)	27,907
Ahuellamiento (m ²)	4,651

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46. Resultado del Km 24

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIAS 23+028 A LA PROGRESIVA 23+864	
TIPO DE FALLA	% FALLA
Deformación por empuje (m ²)	15,385
Huecos (#)	25,641
Exudación (m ²)	5,128
Elevaciones-Hundimientos(m)	10,256
Disgregación - desintegración (m ²)	5,128
Fisuras longitudinales y trasversales (m)	5,128
Depresiones (m ²)	12,821
Corrugación (m ²)	10,256
Ahuellamiento (m ²)	10,256

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2.Resultados de PCI según unidades de muestreo existentes por km evaluado.

Tabla 47. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km 1

TRAMO DE EVALUACIÓN		INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO	
Nª	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	
	INICIAL	FINAL		CALIFICACION
1	0+000	0+038	62,02	BUENO
2	0+038	0+076	61,83	BUENO
3	0+076	0+114	48,97	REGULAR
4	0+114	0+152	100,00	NO HAY FALLAS
5	0+152	0+190	56,77	BUENO
6	0+190	0+228	71,14	MUY BUENO
7	0+228	0+266	100,00	NO HAY FALLAS
8	0+266	0+304	100,00	NO HAY FALLAS
9	0+304	0+342	78,16	MUY BUENO
10	0+342	0+380	44,97	REGULAR
11	0+380	0+418	100,00	NO HAY FALLAS
12	0+418	0+456	50,00	REGULAR
13	0+456	0+494	100,00	NO HAY FALLAS
14	0+494	0+532	100,00	NO HAY FALLAS
15	0+532	0+570	56,57	BUENO
16	0+570	0+608	87,39	EXELENTE
17	0+608	0+646	100,00	NO HAY FALLAS
18	0+646	0+684	69,14	BUENO
19	0+684	0+722	100,00	NO HAY FALLAS
20	0+722	0+760	53,61	REGULAR
21	0+760	0+798	57,13	BUENO
22	0+798	0+836	45,04	REGULAR
23	0+836	0+874	64,67	BUENO
24	0+874	0+912	71,88	MUY BUENO
25	0+912	0+950	84,36	MUY BUENO
26	0+950	0+988	100,00	NO HAY FALLAS
27	0+988	1+026	63,83	BUENO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km 2

TRAMO DE EVALUACION			ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
N ^{ra}	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
28	1+026	1+064	61,64	BUENO
29	1+064	1+102	53,54	REGULAR
30	1+102	1+140	66,69	BUENO
31	1+140	1+178	71,14	MUY BUENO
32	1+178	1+216	100,00	NO HAY FALLAS
33	1+216	1+254	69,14	BUENO
34	1+254	1+292	69,35	BUENO
35	1+292	1+330	100,00	NO HAY FALLAS
36	1+330	1+368	100,00	NO HAY FALLAS
37	1+368	1+406	44,21	REGULAR
38	1+406	1+444	100,00	NO HAY FALLAS
39	1+444	1+482	80,76	MUY BUENO
40	1+482	1+520	47,21	REGULAR
41	1+520	1+558	60,10	BUENO
42	1+558	1+596	100,00	NO HAY FALLAS
43	1+596	1+634	41,98	REGULAR
44	1+634	1+672	100,00	NO HAY FALLAS
45	1+672	1+710	40,93	REGULAR
46	1+710	1+748	100,00	NO HAY FALLAS
47	1+748	1+786	46,13	REGULAR
48	1+786	1+824	100,00	NO HAY FALLAS
49	1+824	1+862	100,00	NO HAY FALLAS
50	1+862	1+900	68,41	BUENO
51	1+900	1+938	100,00	NO HAY FALLAS
52	1+938	1+976	41,08	REGULAR
53	1+976	2+014	94,33	EXELENTE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 49. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km 3

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
54	2+014	2+052	73,32	MUY BUENO
55	2+052	2+090	69,96	BUENO
56	2+090	2+128	100,00	NO HAY FALLAS
57	2+128	2+166	100,00	NO HAY FALLAS
58	2+166	2+204	65,83	BUENO
59	2+204	2+242	100,00	NO HAY FALLAS
60	2+242	2+280	100,00	NO HAY FALLAS
61	2+280	2+318	100,00	NO HAY FALLAS
62	2+318	2+356	72,66	MUY BUENO
63	2+356	2+394	51,14	REGULAR
64	2+394	2+432	100,00	NO HAY FALLAS
65	2+432	2+470	100,00	NO HAY FALLAS
66	2+470	2+508	100,00	NO HAY FALLAS
67	2+508	2+546	65,59	BUENO
68	2+546	2+584	83,75	MUY BUENO
69	2+584	2+622	100,00	NO HAY FALLAS
70	2+622	2+660	46,47	REGULAR
71	2+660	2+698	41,71	REGULAR
72	2+698	2+736	68,88	BUENO
73	2+736	2+774	50,01	REGULAR
74	2+774	2+812	55,53	BUENO
75	2+812	2+850	100,00	NO HAY FALLAS
76	2+850	2+888	100,00	NO HAY FALLAS
77	2+888	2+926	100,00	NO HAY FALLAS
78	2+926	2+964	66,67	BUENO
79	2+964	3+002	100,00	NO HAY FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km 4

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
80	3+002	3+040	56,257	BUENO
81	3+040	3+078	100,000	NO HAY FALLAS
82	3+078	3+116	100,000	NO HAY FALLAS
83	3+116	3+154	100,000	NO HAY FALLAS
84	3+154	3+192	44,322	REGULAR
85	3+192	3+230	60,614	BUENO
86	3+230	3+268	62,298	BUENO
87	3+268	3+306	90,674	EXELENTE
88	3+306	3+344	65,782	BUENO
89	3+344	3+382	86,00	EXELENTE
90	3+382	3+420	51,65	REGULAR
91	3+420	3+458	100,00	NO HAY FALLAS
92	3+458	3+496	100,00	NO HAY FALLAS
93	3+496	3+534	100,00	NO HAY FALLAS
94	3+534	3+572	54,19	REGULAR
95	3+572	3+610	46,41	REGULAR
96	3+610	3+648	72,03	MUY BUENO
97	3+648	3+686	40,05	REGULAR
98	3+686	3+724	100,00	NO HAY FALLAS
99	3+724	3+762	71,23	MUY BUENO
100	3+762	3+800	58,25	BUENO
101	3+800	3+838	56,60	BUENO
102	3+838	3+876	62,42	BUENO
103	3+876	3+914	42,64	REGULAR
104	3+914	3+952	100,00	NO HAY FALLAS
105	3+952	3+990	100,00	NO HAY FALLAS
106	3+990	4+028	100,00	NO HAY FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km 5

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
107	4+028	4+066	100,00	NO HAY FALLAS
108	4+066	4+104	76,51	MUY BUENO
109	4+104	4+142	71,94	MUY BUENO
110	4+142	4+180	100,00	NO HAY FALLAS
111	4+180	4+218	100,00	NO HAY FALLAS
112	4+218	4+256	51,47	REGULAR
113	4+256	4+294	51,29	REGULAR
114	4+294	4+332	48,97	REGULAR
115	4+332	4+370	40,82	REGULAR
116	4+370	4+408	87,394	EXELENTE
117	4+408	4+446	48,366	REGULAR
118	4+446	4+484	59,530	BUENO
119	4+484	4+522	51,506	REGULAR
120	4+522	4+560	58,10	BUENO
121	4+560	4+598	100,00	NO HAY FALLAS
122	4+598	4+636	100,00	NO HAY FALLAS
123	4+636	4+674	42,62	REGULAR
124	4+674	4+712	87,48	EXELENTE
125	4+712	4+750	53,07	REGULAR
126	4+750	4+788	65,83	BUENO
127	4+788	4+826	72,11	MUY BUENO
128	4+826	4+864	47,47	REGULAR
129	4+864	4+902	76,40	MUY BUENO
130	4+902	4+940	80,67	MUY BUENO
131	4+940	4+978	52,64	REGULAR
132	4+978	5+016	77,22	MUY BUENO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km 6

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
133	5+016	5+054	100,00	NO HAY FALLAS
134	5+054	5+092	100,00	NO HAY FALLAS
135	5+092	5+130	48,54	REGULAR
136	5+130	5+168	59,85	BUENO
137	5+168	5+206	43,74	REGULAR
138	5+206	5+244	100,00	NO HAY FALLAS
139	5+244	5+282	100,00	NO HAY FALLAS
140	5+282	5+320	61,74	BUENO
141	5+320	5+358	63,59	BUENO
142	5+358	5+396	87,59	EXELENTE
143	5+396	5+434	100,00	NO HAY FALLAS
144	5+434	5+472	100,00	NO HAY FALLAS
145	5+472	5+510	58,69	BUENO
146	5+510	5+548	73,320	MUY BUENO
147	5+548	5+586	50,171	REGULAR
148	5+586	5+624	65,829	BUENO
149	5+624	5+662	82,510	MUY BUENO
150	5+662	5+700	72,88	MUY BUENO
151	5+700	5+738	100,00	NO HAY FALLAS
152	5+738	5+776	100,00	NO HAY FALLAS
153	5+776	5+814	100,00	NO HAY FALLAS
154	5+814	5+852	100,00	NO HAY FALLAS
155	5+852	5+890	47,42	REGULAR
156	5+890	5+928	53,83	REGULAR
157	5+928	5+966	85,27	EXELENTE
158	5+966	6+004	100,00	NO HAY FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km 7

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
159	6+004	6+042	100,00	NO HAY FALLAS
160	6+042	6+080	100,00	NO HAY FALLAS
161	6+080	6+118	40,84	REGULAR
162	6+118	6+156	76,24	MUY BUENO
163	6+156	6+194	61,93	BUENO
164	6+194	6+232	81,59	MUY BUENO
165	6+232	6+270	61,74	BUENO
166	6+270	6+308	61,34	BUENO
167	6+308	6+346	63,83	BUENO
168	6+346	6+384	100,00	NO HAY FALLAS
169	6+384	6+422	100,00	NO HAY FALLAS
170	6+422	6+460	100,00	NO HAY FALLAS
171	6+460	6+498	100,00	NO HAY FALLAS
172	6+498	6+536	89,34	EXELENTE
173	6+536	6+574	53,71	REGULAR
174	6+574	6+612	100,00	NO HAY FALLAS
175	6+612	6+650	100,00	NO HAY FALLAS
176	6+650	6+688	51,472	REGULAR
177	6+688	6+726	52,694	REGULAR
178	6+726	6+764	68,670	BUENO
179	6+764	6+802	77,558	MUY BUENO
180	6+802	6+840	56,76	BUENO
181	6+840	6+878	57,95	BUENO
182	6+878	6+916	100,00	NO HAY FALLAS
183	6+916	6+954	52,91	REGULAR
184	6+954	6+992	54,86	REGULAR
185	6+992	7+030	100,00	NO HAY FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km 8

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
186	7+030	7+068	100,00	NO HAY FALLAS
187	7+068	7+106	64,89	BUENO
188	7+106	7+144	93,72	EXELENTE
189	7+144	7+182	66,09	BUENO
190	7+182	7+220	67,23	BUENO
191	7+220	7+258	72,94	MUY BUENO
192	7+258	7+296	67,59	BUENO
193	7+296	7+334	53,47	REGULAR
194	7+334	7+372	100,00	NO HAY FALLAS
195	7+372	7+410	43,01	REGULAR
196	7+410	7+448	100,00	NO HAY FALLAS
197	7+448	7+486	100,00	NO HAY FALLAS
198	7+486	7+524	100,00	NO HAY FALLAS
199	7+524	7+562	48,54	REGULAR
200	7+562	7+600	66,74	BUENO
201	7+600	7+638	84,96	MUY BUENO
202	7+638	7+676	100,00	NO HAY FALLAS
203	7+676	7+714	100,00	NO HAY FALLAS
204	7+714	7+752	50,97	REGULAR
205	7+752	7+790	57,42	BUENO
206	7+790	7+828	89,34	EXELENTE
207	7+828	7+866	61,739	BUENO
208	7+866	7+904	83,183	MUY BUENO
209	7+904	7+942	69,143	BUENO
210	7+942	7+980	100,00	NO HAY FALLAS
211	7+980	8+018	100,00	NO HAY FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km9

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
212	8+018	8+056	91,65	EXELENTE
213	8+056	8+094	84,94	MUY BUENO
214	8+094	8+132	86,84	EXELENTE
215	8+132	8+170	78,96	MUY BUENO
216	8+170	8+208	100,00	NO HAY FALLAS
217	8+208	8+246	100,00	NO HAY FALLAS
218	8+246	8+284	100,00	NO HAY FALLAS
219	8+284	8+322	47,42	REGULAR
220	8+322	8+360	54,97	REGULAR
221	8+360	8+398	90,57	EXELENTE
222	8+398	8+436	100,00	NO HAY FALLAS
223	8+436	8+474	100,00	NO HAY FALLAS
224	8+474	8+512	100,00	NO HAY FALLAS
225	8+512	8+550	40,84	REGULAR
226	8+550	8+588	74,03	MUY BUENO
227	8+588	8+626	100,00	NO HAY FALLAS
228	8+626	8+664	75,81	MUY BUENO
229	8+664	8+702	61,12	BUENO
230	8+702	8+740	86,53	EXELENTE
231	8+740	8+778	68,77	BUENO
232	8+778	8+816	44,41	REGULAR
233	8+816	8+854	80,25	MUY BUENO
234	8+854	8+892	100,00	NO HAY FALLAS
235	8+892	8+930	100,00	NO HAY FALLAS
236	8+930	8+968	100,00	NO HAY FALLAS
237	8+968	9+006	76,677	MUY BUENO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km10

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
238	9+006	9+044	72,677	MUY BUENO
239	9+044	9+082	100	NO HAY FALLAS
240	9+082	9+120	100	NO HAY FALLAS
241	9+120	9+158	59,87	BUENO
242	9+158	9+196	58,30	BUENO
243	9+196	9+234	48,97	REGULAR
244	9+234	9+272	77,56	MUY BUENO
245	9+272	9+310	68,27	BUENO
246	9+310	9+348	44,79	REGULAR
247	9+348	9+386	72,40	MUY BUENO
248	9+386	9+424	45,71	REGULAR
249	9+424	9+462	58,10	BUENO
250	9+462	9+500	85,16	EXELENTE
251	9+500	9+538	66,88	BUENO
252	9+538	9+576	61,00	BUENO
253	9+576	9+614	100,00	NO HAY FALLAS
254	9+614	9+652	100,00	NO HAY FALLAS
255	9+652	9+690	50,33	REGULAR
256	9+690	9+728	84,82	MUY BUENO
257	9+728	9+766	60,53	BUENO
258	9+766	9+804	75,23	MUY BUENO
259	9+804	9+842	78,28	MUY BUENO
260	9+842	9+880	65,83	BUENO
261	9+880	9+918	61,00	BUENO
262	9+918	9+956	100,00	NO HAY FALLAS
263	9+956	9+994	63,21	REGULAR
264	9+994	10+032	48,54	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km11

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
265	10+032	10+070	59,74	BUENO
266	10+070	10+108	84,96	MUY BUENO
267	10+108	10+146	100	NO HAY FALLAS
268	10+146	10+184	100	NO HAY FALLAS
269	10+184	10+222	53,713	REGULAR
270	10+222	10+260	73,090	MUY BUENO
271	10+260	10+298	85,04	EXELENTE
272	10+298	10+336	86,02	EXELENTE
273	10+336	10+374	65,83	BUENO
274	10+374	10+412	43,20	REGULAR
275	10+412	10+450	73,32	MUY BUENO
276	10+450	10+488	50,17	REGULAR
277	10+488	10+526	65,83	BUENO
278	10+526	10+564	79,22	MUY BUENO
279	10+564	10+602	72,88	MUY BUENO
280	10+602	10+640	100,00	NO HAY FALLAS
281	10+640	10+678	100,00	NO HAY FALLAS
282	10+678	10+716	100,00	NO HAY FALLAS
283	10+716	10+754	100,00	NO HAY FALLAS
284	10+754	10+792	47,42	REGULAR
285	10+792	10+830	53,83	REGULAR
286	10+830	10+868	85,27	EXELENTE
287	10+868	10+906	100,00	NO HAY FALLAS
288	10+906	10+944	100,00	NO HAY FALLAS
289	10+944	10+982	100,00	NO HAY FALLAS
290	10+982	11+020	40,84	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km12

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
291	11+020	11+058	60,69	BUENO
292	11+058	11+096	44,20	REGULAR
293	11+096	11+134	60,30	BUENO
294	11+134	11+172	46,41	REGULAR
295	11+172	11+210	59,53	BUENO
296	11+210	11+248	46,64	REGULAR
297	11+248	11+286	100,00	NO HAY FALLAS
298	11+286	11+324	100	NO HAY FALLAS
299	11+324	11+362	100	NO HAY FALLAS
300	11+362	11+400	100	NO HAY FALLAS
301	11+400	11+438	61,76	BUENO
302	11+438	11+476	65,59	BUENO
303	11+476	11+514	74,74	MUY BUENO
304	11+514	11+552	41,00	REGULAR
305	11+552	11+590	82,27	MUY BUENO
306	11+590	11+628	100,00	NO HAY FALLAS
307	11+628	11+666	100,00	NO HAY FALLAS
308	11+666	11+704	81,40	MUY BUENO
309	11+704	11+742	83,10	MUY BUENO
310	11+742	11+780	42,44	REGULAR
311	11+780	11+818	68,87	BUENO
312	11+818	11+856	63,83	BUENO
313	11+856	11+894	64,53	BUENO
314	11+894	11+932	100,00	NO HAY FALLAS
315	11+932	11+970	100,00	NO HAY FALLAS
316	11+970	12+008	58,10	BUENO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km13

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
317	12+008	12+046	60,71	BUENO
318	12+046	12+084	46,26	REGULAR
319	12+084	12+122	67,77	BUENO
320	12+122	12+160	76,13	MUY BUENO
321	12+160	12+198	58,53	BUENO
322	12+198	12+236	64,06	BUENO
323	12+236	12+274	80,67	MUY BUENO
324	12+274	12+312	53,24	REGULAR
325	12+312	12+350	64,06	BUENO
326	12+350	12+388	64,06	BUENO
327	12+388	12+426	66,33	BUENO
328	12+426	12+464	48,54	REGULAR
329	12+464	12+502	67,77	BUENO
330	12+502	12+540	84,96	MUY BUENO
331	12+540	12+578	100	NO HAY FALLAS
332	12+578	12+616	100,00	NO HAY FALLAS
333	12+616	12+654	61,74	BUENO
334	12+654	12+692	51,40	REGULAR
335	12+692	12+730	84,90	MUY BUENO
336	12+730	12+768	100,00	NO HAY FALLAS
337	12+768	12+806	100,00	NO HAY FALLAS
338	12+806	12+844	40,71	REGULAR
339	12+844	12+882	64,06	BUENO
340	12+882	12+920	75,32	MUY BUENO
341	12+920	12+958	86,51	EXELENTE
342	12+958	12+996	58,77	BUENO
343	12+996	13+034	79,03	MUY BUENO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km14

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
344	13+034	13+072	100,00	NO HAY FALLAS
345	13+072	13+110	100,00	NO HAY FALLAS
346	13+110	13+148	100,00	NO HAY FALLAS
347	13+148	13+186	100,00	NO HAY FALLAS
348	13+186	13+224	58,42	BUENO
349	13+224	13+262	59,71	BUENO
350	13+262	13+300	85,27	EXELENTE
351	13+300	13+338	100,00	NO HAY FALLAS
352	13+338	13+376	100,00	NO HAY FALLAS
353	13+376	13+414	100,00	NO HAY FALLAS
354	13+414	13+452	56,24	BUENO
355	13+452	13+490	83,95	MUY BUENO
356	13+490	13+528	45,39	REGULAR
357	13+528	13+566	79,44	MUY BUENO
358	13+566	13+604	89,46	EXELENTE
359	13+604	13+642	75,88	MUY BUENO
360	13+642	13+680	93,27	EXELENTE
361	13+680	13+718	48,70	REGULAR
362	13+718	13+756	100,00	NO HAY FALLAS
363	13+756	13+794	100,00	NO HAY FALLAS
364	13+794	13+832	43,04	REGULAR
365	13+832	13+870	100,00	NO HAY FALLAS
366	13+870	13+908	83,17	MUY BUENO
367	13+908	13+946	70,91	MUY BUENO
368	13+946	13+984	100,00	NO HAY FALLAS
369	13+984	14+022	100,00	NO HAY FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km15

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
370	14+022	14+060	58,65	BUENO
371	14+060	14+098	58,89	BUENO
372	14+098	14+136	70,93	MUY BUENO
373	14+136	14+174	70,70	MUY BUENO
374	14+174	14+212	60,28	BUENO
375	14+212	14+250	100,00	NO HAY FALLAS
376	14+250	14+288	100,00	NO HAY FALLAS
377	14+288	14+326	91,77	EXELENTE
378	14+326	14+364	72,27	MUY BUENO
379	14+364	14+402	100,00	NO HAY FALLAS
380	14+402	14+440	100,00	NO HAY FALLAS
381	14+440	14+478	48,97	REGULAR
382	14+478	14+516	69,92	BUENO
383	14+516	14+554	48,97	REGULAR
384	14+554	14+592	65,10	BUENO
385	14+592	14+630	55,06	BUENO
386	14+630	14+668	94,70	EXELENTE
387	14+668	14+706	73,88	MUY BUENO
388	14+706	14+744	91,77	EXELENTE
389	14+744	14+782	58,13	BUENO
390	14+782	14+820	63,83	BUENO
391	14+820	14+858	100	NO HAY FALLAS
392	14+858	14+896	100	NO HAY FALLAS
393	14+896	14+934	55,10	BUENO
394	14+934	14+972	46,23	REGULAR
395	14+972	15+010	88,89	EXELENTE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km16

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
396	15+010	15+048	100,00	NO HAY FALLAS
397	15+048	15+086	100,00	NO HAY FALLAS
398	15+086	15+124	52,54	REGULAR
399	15+124	15+162	79,94	MUY BUENO
400	15+162	15+200	92,12	EXELENTE
401	15+200	15+238	100,00	NO HAY FALLAS
402	15+238	15+276	100,00	NO HAY FALLAS
403	15+276	15+314	48,14	REGULAR
404	15+314	15+352	66,17	BUENO
405	15+352	15+390	56,97	BUENO
406	15+390	15+428	100,00	NO HAY FALLAS
407	15+428	15+466	86,62	EXELENTE
408	15+466	15+504	45,34	REGULAR
409	15+504	15+542	100,00	NO HAY FALLAS
410	15+542	15+580	100,00	NO HAY FALLAS
411	15+580	15+618	100,00	NO HAY FALLAS
412	15+618	15+656	100,00	NO HAY FALLAS
413	15+656	15+694	77,52	MUY BUENO
414	15+694	15+732	56,77	BUENO
415	15+732	15+770	89,18	EXELENTE
416	15+770	15+808	100,00	NO HAY FALLAS
417	15+808	15+846	100,00	NO HAY FALLAS
418	15+846	15+884	100,00	NO HAY FALLAS
419	15+884	15+922	64,94	BUENO
420	15+922	15+960	80,80	MUY BUENO
421	15+960	15+998	40,19	REGULAR
422	15+998	16+036	76,35	MUY BUENO

Fuente: Elaboración propio

Tabla 63. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km17

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
423	16+036	16+074	45,33	REGULAR
424	16+074	16+112	69,72	BUENO
425	16+112	16+150	51,08	REGULAR
426	16+150	16+188	100,00	NO HAY FALLAS
427	16+188	16+226	100,00	NO HAY FALLAS
428	16+226	16+264	55,42	BUENO
429	16+264	16+302	77,78	MUY BUENO
430	16+302	16+340	41,14	REGULAR
431	16+340	16+378	44,44	REGULAR
432	16+378	16+416	46,13	REGULAR
433	16+416	16+454	65,59	BUENO
434	16+454	16+492	55,00	BUENO
435	16+492	16+530	68,98	BUENO
436	16+530	16+568	48,97	REGULAR
437	16+568	16+606	77,28	MUY BUENO
438	16+606	16+644	70,27	MUY BUENO
439	16+644	16+682	54,96	REGULAR
440	16+682	16+720	100,00	NO HAY FALLAS
441	16+720	16+758	100,00	NO HAY FALLAS
442	16+758	16+796	100,00	NO HAY FALLAS
443	16+796	16+834	100,00	NO HAY FALLAS
444	16+834	16+872	100,00	NO HAY FALLAS
445	16+872	16+910	52,40	REGULAR
446	16+910	16+948	92,86	EXELENTE
447	16+948	16+986	100,00	NO HAY FALLAS
448	16+986	17+024	100,00	NO HAY FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km18

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
449	17+024	17+062	100	NO HAY FALLAS
450	17+062	17+100	61,83	BUENO
451	17+100	17+138	68,67	BUENO
452	17+138	17+176	91,13	EXELENTE
453	17+176	17+214	56,53	BUENO
454	17+214	17+252	65,83	BUENO
455	17+252	17+290	100,00	NO HAY FALLAS
456	17+290	17+328	100,00	NO HAY FALLAS
457	17+328	17+366	55,10	BUENO
458	17+366	17+404	59,85	BUENO
459	17+404	17+442	75,48	MUY BUENO
460	17+442	17+480	100,00	NO HAY FALLAS
461	17+480	17+518	100,00	NO HAY FALLAS
462	17+518	17+556	67,30	BUENO
463	17+556	17+594	75,88	MUY BUENO
464	17+594	17+632	71,61	MUY BUENO
465	17+632	17+670	100,00	NO HAY FALLAS
466	17+670	17+708	100,00	NO HAY FALLAS
467	17+708	17+746	48,14	REGULAR
468	17+746	17+784	100,00	NO HAY FALLAS
469	17+784	17+822	100,00	NO HAY FALLAS
470	17+822	17+860	78,80	MUY BUENO
471	17+860	17+898	65,87	BUENO
472	17+898	17+936	100,00	NO HAY FALLAS
473	17+936	17+974	100,00	NO HAY FALLAS
474	17+974	18+012	89,37	EXELENTE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km19

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
475	18+012	18+050	72,56	MUY BUENO
476	18+050	18+088	74,08	MUY BUENO
477	18+088	18+126	63,83	BUENO
478	18+126	18+164	74,21	MUY BUENO
479	18+164	18+202	74,08	MUY BUENO
480	18+202	18+240	100	NO HAY FALLAS
481	18+240	18+278	100	NO HAY FALLAS
482	18+278	18+316	100	NO HAY FALLAS
483	18+316	18+354	77,52	MUY BUENO
484	18+354	18+392	84,17	MUY BUENO
485	18+392	18+430	65,12	BUENO
486	18+430	18+468	88,34	EXELENTE
487	18+468	18+506	77,82	MUY BUENO
488	18+506	18+544	59,56	BUENO
489	18+544	18+582	70,37	MUY BUENO
490	18+582	18+620	55,91	BUENO
491	18+620	18+658	100,00	NO HAY FALLAS
492	18+658	18+696	100,00	NO HAY FALLAS
493	18+696	18+734	100,00	NO HAY FALLAS
494	18+734	18+772	100,00	NO HAY FALLAS
495	18+772	18+810	77,80	MUY BUENO
496	18+810	18+848	48,97	REGULAR
497	18+848	18+886	74,08	MUY BUENO
498	18+886	18+924	100,00	NO HAY FALLAS
499	18+924	18+962	100,00	NO HAY FALLAS
500	18+962	19+000	58,65	BUENO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km20

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
501	19+000	19+038	71,61	MUY BUENO
502	19+038	19+076	70,43	MUY BUENO
503	19+076	19+114	58,30	BUENO
504	19+114	19+152	52,84	REGULAR
505	19+152	19+190	58,30	BUENO
506	19+190	19+228	89,18	EXELENTE
507	19+228	19+266	63,30	BUENO
508	19+266	19+304	72,96	MUY BUENO
509	19+304	19+342	100,00	NO HAY FALLAS
510	19+342	19+380	100	NO HAY FALLAS
511	19+380	19+418	44,84	REGULAR
512	19+418	19+456	100	NO HAY FALLAS
513	19+456	19+494	60,30	BUENO
514	19+494	19+532	71,05	MUY BUENO
515	19+532	19+570	46,41	REGULAR
516	19+570	19+608	37,42	MALO
517	19+608	19+646	66,67	BUENO
518	19+646	19+684	64,67	BUENO
519	19+684	19+722	43,56	REGULAR
520	19+722	19+760	74,08	MUY BUENO
521	19+760	19+798	100,00	NO HAY FALLAS
522	19+798	19+836	100,00	NO HAY FALLAS
523	19+836	19+874	47,14	REGULAR
524	19+874	19+912	44,55	REGULAR
525	19+912	19+950	88,06	EXELENTE
526	19+950	19+988	100,00	NO HAY FALLAS
527	19+988	20+026	100,00	NO HAY FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 67. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km21

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
528	20+026	20+064	68,77	BUENO
529	20+064	20+102	88,77	EXELENTE
530	20+102	20+140	44,41	REGULAR
531	20+140	20+178	100,00	NO HAY FALLAS
532	20+178	20+216	100,00	NO HAY FALLAS
533	20+216	20+254	100,00	NO HAY FALLAS
534	20+254	20+292	73,32	MUY BUENO
535	20+292	20+330	51,68	REGULAR
536	20+330	20+368	75,48	MUY BUENO
537	20+368	20+406	100,00	NO HAY FALLAS
538	20+406	20+444	100,00	NO HAY FALLAS
539	20+444	20+482	100,00	NO HAY FALLAS
540	20+482	20+520	100	NO HAY FALLAS
541	20+520	20+558	100	NO HAY FALLAS
542	20+558	20+596	100	NO HAY FALLAS
543	20+596	20+634	55,66	BUENO
544	20+634	20+672	53,83	REGULAR
545	20+672	20+710	80,14	MUY BUENO
546	20+710	20+748	76,21	MUY BUENO
547	20+748	20+786	73,11	MUY BUENO
548	20+786	20+824	83,83	MUY BUENO
549	20+824	20+862	83,83	MUY BUENO
550	20+862	20+900	63,21	BUENO
551	20+900	20+938	41,31	REGULAR
552	20+938	20+976	60,30	BUENO
553	20+976	21+014	65,59	BUENO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km 22

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
554	21+014	21+052	76,14	MUY BUENO
555	21+052	21+090	100,00	NO HAY FALLAS
556	21+090	21+128	100,00	NO HAY FALLAS
557	21+128	21+166	100,00	NO HAY FALLAS
558	21+166	21+204	100,00	NO HAY FALLAS
559	21+204	21+242	100,00	NO HAY FALLAS
560	21+242	21+280	69,14	BUENO
561	21+280	21+318	65,59	BUENO
562	21+318	21+356	81,12	MUY BUENO
563	21+356	21+394	71,22	MUY BUENO
564	21+394	21+432	63,83	BUENO
565	21+432	21+470	42,18	REGULAR
566	21+470	21+508	48,97	REGULAR
567	21+508	21+546	80,92	MUY BUENO
568	21+546	21+584	74,82	MUY BUENO
569	21+584	21+622	60,30	BUENO
570	21+622	21+660	73,24	MUY BUENO
571	21+660	21+698	61,78	BUENO
572	21+698	21+736	88,06	EXELENTE
573	21+736	21+774	100	NO HAY FALLAS
574	21+774	21+812	100,00	NO HAY FALLAS
575	21+812	21+850	41,06	REGULAR
576	21+850	21+888	90,63	REGULAR
577	21+888	21+926	40,47	REGULAR
578	21+926	21+964	88,60	EXELENTE
579	21+964	22+002	46,41	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km 23

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
580	22+002	22+040	58,53	BUENO
581	22+040	22+078	63,83	BUENO
582	22+078	22+116	87,37	EXELENTE
583	22+116	22+154	68,47	BUENO
584	22+154	22+192	74,08	MUY BUENO
585	22+192	22+230	100,00	NO HAY FALLAS
586	22+230	22+268	100,00	NO HAY FALLAS
587	22+268	22+306	65,08	BUENO
588	22+306	22+344	55,45	BUENO
589	22+344	22+382	88,06	EXELENTE
590	22+382	22+420	100,00	NO HAY FALLAS
591	22+420	22+458	100,00	NO HAY FALLAS
592	22+458	22+496	100,00	NO HAY FALLAS
593	22+496	22+534	100,00	NO HAY FALLAS
594	22+534	22+572	63,59	BUENO
595	22+572	22+610	71,61	MUY BUENO
596	22+610	22+648	100,00	NO HAY FALLAS
597	22+648	22+686	43,20	REGULAR
598	22+686	22+724	73,32	MUY BUENO
599	22+724	22+762	50,79	REGULAR
600	22+762	22+800	63,83	BUENO
601	22+800	22+838	86,62	EXELENTE
602	22+838	22+876	100	NO HAY FALLAS
603	22+876	22+914	100	NO HAY FALLAS
604	22+914	22+952	68,77	BUENO
605	22+952	22+990	63,59	BUENO
606	22+990	23+028	90,54	EXELENTE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70. Resultados del índice de condición del pavimento (PCI) km 24

TRAMO DE EVALUACION			INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		VALOR DE (PCI)	CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
607	23+028	23+066	100,00	NO HAY FALLAS
608	23+066	23+104	100,00	NO HAY FALLAS
609	23+104	23+142	45,67	REGULAR
610	23+142	23+180	73,32	MUY BUENO
611	23+180	23+218	50,79	REGULAR
612	23+218	23+256	65,83	BUENO
613	23+256	23+294	82,51	MUY BUENO
614	23+294	23+332	65,83	BUENO
615	23+332	23+370	82,51	MUY BUENO
616	23+370	23+408	100,00	NO HAY FALLAS
617	23+408	23+446	100,00	NO HAY FALLAS
618	23+446	23+484	73,19	MUY BUENO
619	23+484	23+522	63,59	BUENO
620	23+522	23+560	87,59	EXELENTE
621	23+560	23+598	100,00	NO HAY FALLAS
622	23+598	23+636	100,00	NO HAY FALLAS
623	23+636	23+674	48,61	REGULAR
624	23+674	23+712	73,32	MUY BUENO
625	23+712	23+750	50,17	REGULAR
626	23+750	23+788	63,83	BUENO
627	23+788	23+826	51,37	REGULAR
628	23+826	23+864	65,83	BUENO

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.3. Numero de áreas de muestreo según su calificación por km.

Tabla 71. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 1

TRAMO DE EVALUACIÓN			# DE ÁREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACIÓN	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA			CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
1	0+000	1+026	1	EXELENTE
			4	MUY BUENO
			8	BUENO
			5	REGULAR
			9	SIN FALLAS

Tabla 72. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 2

TRAMO DE EVALUACIÓN			# DE ÁREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACIÓN	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA			CALIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL		
2	1+026	2+014	1	EXELENTE
			2	MUY BUENO
			6	BUENO
			8	REGULAR
			10	SIN FALLAS

Tabla 73. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 3

TRAMO DE EVALUACIÓN			# DE ÁREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACIÓN	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA			CALIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL		
3	2+014	3+002	0	EXELENTE
			3	MUY BUENO
			5	BUENO
			4	REGULAR
			12	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 74. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 3

TRAMO DE EVALUACIÓN			# DE ÁREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACIÓN	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA			CALIFICACIÓN
		INICIAL	FINAL	
4	3+002	4+028	2	EXELENTE
			2	MUY BUENO
			7	BUENO
			6	REGULAR
			9	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 75. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 5

TRAMO DE EVALUACIÓN			# DE ÁREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACIÓN POR KM	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA			CALIFICACIÓN
		INICIAL	FINAL	
5	4+028	5+016	2	EXELENTE
			6	MUY BUENO
			3	BUENO
			10	REGULAR
			5	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 76. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 6

TRAMO DE EVALUACIÓN			# DE ÁREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACIÓN	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA			CALIFICACIÓN
		INICIAL	FINAL	
6	5+016	6+004	2	EXELENTE
			3	MUY BUENO
			5	BUENO
			4	REGULAR
			10	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 77. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 7

TRAMO DE EVALUACIÓN			# DE ÁREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACIÓN	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^{ra}	PROGRESIVA			CALIFICACIÓN
	INICIAL	FINAL		
7	6+004	7+030	1	EXELENTE
			3	MUY BUENO
			7	BUENO
			6	REGULAR
			10	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 78. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 8

TRAMO DE EVALUACION			# DE AREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACION	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^{ra}	PROGRESIVA			CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
8	7+030	8+018	2	EXELENTE
			3	MUY BUENO
			8	BUENO
			4	REGULAR
			9	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 79. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 9

TRAMO DE EVALUACION			# DE AREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACION	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^{ra}	PROGRESIVA			CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
9	8+018	8+056	4	EXELENTE
			6	MUY BUENO
			2	BUENO
			4	REGULAR
			10	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 80. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 10

TRAMO DE EVALUACION			# DE AREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACION POR KM	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA			CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
10	8+056	10+032	1	EXELENTE
			7	MUY BUENO
			9	BUENO
			5	REGULAR
			5	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 81. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 11

TRAMO DE EVALUACION			# DE AREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACION POR KM	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA			CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
11	10+032	11+020	3	EXELENTE
			5	MUY BUENO
			3	BUENO
			6	REGULAR
			9	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 82. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 12

TRAMO DE EVALUACION			# DE AREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACION POR KM	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA			CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
12	11+020	12+008	0	EXELENTE
			4	MUY BUENO
			9	BUENO
			6	REGULAR
			8	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 83. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 13

TRAMO DE EVALUACION		# DE AREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACION	CONDICION DEL PAVIMENTO	
N ^a	PROGRESIVA		CALIFICACION	
	INICIAL	FINAL		
13	12+008	13+034	1	EXELENTE
			6	MUY BUENO
			12	BUENO
			5	REGULAR
			4	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 84. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 14

TRAMO DE EVALUACION		# DE AREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACION	CONDICION DEL PAVIMENTO	
N ^a	PROGRESIVA		CALIFICACION	
	INICIAL	FINAL		
14	13+034	14+022	3	EXELENTE
			5	MUY BUENO
			3	BUENO
			3	REGULAR
			11	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 85. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 15

TRAMO DE EVALUACION		# DE AREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACION	CONDICION DEL PAVIMENTO	
N ^a	PROGRESIVA		CALIFICACION	
	INICIAL	FINAL		
15	14+022	15+010	4	EXELENTE
			4	MUY BUENO
			9	BUENO
			3	REGULAR
			6	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 86. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 16

TRAMO DE EVALUACION			# DE AREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACION	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA			CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
16	15+010		4	EXELENTE
			4	MUY BUENO
			4	BUENO
			4	REGULAR
		15+048	12	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 87. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 17

TRAMO DE EVALUACION			# DE AREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACION	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA			CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
17	15+048		1	EXELENTE
			3	MUY BUENO
			4	BUENO
			8	REGULAR
		17+024	7	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 88. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 18

TRAMO DE EVALUACION			# DE AREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACION	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA			CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
18	17+024		2	EXELENTE
			4	MUY BUENO
			8	BUENO
			1	REGULAR
		18+012	9	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 89. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 19

TRAMO DE EVALUACION			# DE AREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACION	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^{ra}	PROGRESIVA			CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
19	18+012	19+000	1	EXELENTE
			7	MUY BUENO
			4	BUENO
			1	REGULAR
			9	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 90. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 20

TRAMO DE EVALUACION			# DE AREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACION	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^{ra}	PROGRESIVA			CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
20	19+000	20+026	2	EXELENTE
			5	MUY BUENO
			5	BUENO
			6	REGULAR
			6	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 91. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 21

TRAMO DE EVALUACION			# DE AREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACION	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^{ra}	PROGRESIVA			CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
21	20+026	21+014	1	EXELENTE
			7	MUY BUENO
			5	BUENO
			4	REGULAR
			7	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 92. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 22

TRAMO DE EVALUACION			# DE AREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACION	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA			CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
22	21+014	22+002	1	EXELENTE
			6	MUY BUENO
			5	BUENO
			6	REGULAR
			7	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 93. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 23

TRAMO DE EVALUACION			# DE AREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACION	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA			CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
23	22+002	23+028	4	EXELENTE
			3	MUY BUENO
			9	BUENO
			2	REGULAR
			8	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

Tabla 94. Numero de áreas de muestreo según su calificación km 24

TRAMO DE EVALUACION			# DE AREA DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACION	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA			CALIFICACION
	INICIAL	FINAL		
24	23+028	23+864	1	EXELENTE
			5	MUY BUENO
			4	BUENO
			6	REGULAR
			6	SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.4. Resultado del número de unidades de muestreo según su clasificación de todo tramo El puente – Carrizal.

Tabla 95. Resultado del número de unidades de muestreo de todo el tramo

TRAMO DE EVALUACION		# DE UNIDADES DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACION TODO EL TRAMO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		CALIFICACION
	INICIAL	FINAL	
1	0+000	23+864	EXELENTE
			MUY BUENO
			BUENO
			REGULAR
			SIN FALLAS

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.5. Cantidad de sección afectada según severidad de cada falla existente por Km

A continuación se presentan tablas que contienen información de manera resumida sobre

los tipos de fallas que se identificaron en las unidades de muestreo que conforman la vía evaluada, así como los metrados totales por cada tipo de falla y nivel de severidad, con el fin de poder determinar qué tipo de intervención aplicar.

Tabla 96. Sección afectada según severidad Km 1

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 0+000 A LA PROGRESIVA 1+026				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	1	33,14	0
Huecos	m ²	57	19	0
Exudación	m ²	23,1	7,9	11,4
Elevaciones-Hundimientos	m ²	43,2	0	0
Fisura de borde	m	32	63	0
Depresiones	m ²	14,3	0	0
Corrugación	m ²	24,8	18,6	0
Ahuellamiento	m ²	6,8	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 97. Sección afectada según severidad Km 2

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 1+026 A LA PROGRESIVA 2+014				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	0	58	3,8
Huecos	m ²	29	4	0
Exudación	m ²	0	13	14,6
Elevaciones-Hundimientos	m ²	13,5	16,9	0
Fisura de borde	m	17	69,3	0
Fisuras longitudinales y transversales	m	15	13	0
Corrugación	m ²	0	35	0
Ahuellamiento	m ²	24	30,6	0

Tabla 98. Sección afectada según severidad Km 3

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 2+014 A LA PROGRESIVA 3+022				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	31,2,	0	11,3
Huecos	m ²	38	0	0
Exudación	m ²	2,4	0,9	0
Elevaciones-Hundimientos	m ²	62,1	0	0
Fisura de borde	m	54,8	22	0
Depresiones	m ²	4,6	0	0
Corrugación	m ²	0	30	0
Ahuellamiento	m ²	16,4	0	0

Tabla 99. Sección afectada según severidad Km 4

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 3+022 A LA PROGRESIVA 4+028				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	32	54,5	0
Huecos	m ²	56	22	2
Exudación	m ²	39,7	6,9	0
Elevaciones-Hundimientos	m ²	50,9	0	0
Fisura de borde	m	32,4	0	0
Disgregación - desintegración	m ²	28,8	11,15	0
Fisuras longitudinales y transversales	m	28	0	0
Corrugación	m ²	47	33,5	0
Ahuellamiento	m ²	14,6	0	0

Tabla 100. Sección afectada según severidad Km 5

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 4+028 A LA PROGRESIVA 5+016				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	89,5	81,7	0
Huecos	m ²	60,4	7	0
Exudación	m ²	61,8	43,7	0
Elevaciones-Hundimientos	m ²	119,4	17,5	0
Parcheo	m ²	8,6	0	0
Corrugación	m ²	24,8	61,2	0
Fisuras longitudinales y transversales	m	70,6	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 101. Sección afectada según severidad Km 6

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 5+016 A LA PROGRESIVA 6+004				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	72,1	16,4	0
Huecos	m ²	42,5	11	1
Fisuras longitudinales y transversales	m	19,5	0	0
Elevaciones-Hundimientos	m ²	17,7	9,5	0
Corrugación	m ²	99,8	0	0
Ahuellamiento	m ²	30	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 102. Sección afectada según severidad Km 7

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 6+004 A LA PROGRESIVA 7+030				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje)	m ²	28,2	55,6	0
Huecos	m ²	45	6	0
Exudación	m ²	13,1	22,2	0
Elevaciones-Hundimientos	m ²	49	17,7	0
Fisura de borde	m	37	0	0
Acceso a puentes	m ²	0	7	0
Corrugación	m ²	0	73,2	0
Piel de cocodrilo	m ²	0	3,2	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 103. Sección afectada según severidad Km 8

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 7+030 A LA PROGRESIVA 8+018				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	29,2	64,9	0
Huecos	m ²	39,4	11	0
Exudación	m ²	13,4	13,6	10,4
Elevaciones-Hundimientos	m ²	18,9	7,5	0
Corrugación	m ²	77,6	14	0
Fisuras longitudinales y transversales	m	16,4	0	0

Tabla 104. Sección afectada según severidad Km 9

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 8+018 A LA PROGRESIVA 9+006				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	20,2	68,8	0
Huecos	m ²	16	3	0
Exudación	m ²	19,9	11	0
Elevaciones-Hundimientos	m ²	27,3	13,7	0
Fisuras longitudinales y transversales	m	22,5	18	0
Disgregación - desintegración	m ²	11,7	0	0
Corrugación	m	50,4	0	0
Ahuellamiento	m ²	21	0	0

Tabla 105. Sección afectada según severidad Km 10

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 9+006 A LA PROGRESIVA 10+032				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	38,1	37,2	0
Huecos	m ²	68	10	0
Exudación	m ²	10,2	50	7,2
Elevaciones-Hundimientos	m ²	77,1	22,1	0
Fisura de borde	m	49,5	35	0
Fisuras longitudinales y transversales	m	38	0	0
Parqueo	m ²	8,6	0	0
Piel de cocodrilo	m ²	0	3,8	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 106. Sección afectada según severidad Km 11

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 10+032 A LA PROGRESIVA 11+020				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	21,2	43,8	0
Huecos	m ²	47,5	15	1
Exudación	m ²	3,6	0	8,8
Elevaciones-Hundimientos	m ²	13,8	9,5	0
Fisuras longitudinales y transversales	m	36	0	0
Depresiones	m ²	10,2	0	0
Corrugación	m ²	143,3	0	0
Ahuellamiento	m ²	51	0	0

Tabla 107. Sección afectada según severidad Km 12

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 11+020 A LA PROGRESIVA 12+008				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	39,7	34	0
Huecos	m ²	41,8	20	0
Disgregación - desintegración	m ²	8,7	0	0
Elevaciones-Hundimientos	m ²	18,6	0	0
Fisura de borde	m	29,4	0	0
Fisuras longitudinales y transversales	m	51,6	0	0
Parcheo	m ²	12	0	0

Tabla 108. Sección afectada según severidad Km 13

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 12+008 A LA PROGRESIVA 13+034				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	51,6	6,2	0
Huecos	m ²	88	11	1
Exudación	m ²	3,6	9,3	0
Elevaciones-Hundimientos	m ²	56,3	3,2	0
Acceso a puentes	m ²	4	0	0
Disgregación - desintegración	m ²	5,3	0	0
Depresiones	m ²	0	9,5	0
Corrugación	m ²	161,2	0	0
Ahuellamiento	m ²	15	0	0

Tabla 109. Sección afectada según severidad Km 14

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 13+034 A LA PROGRESIVA 14+022				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	38,6	0	0
Huecos	m ²	39	9	0
Exudación	m ²	6,4	1,2	2,7
Elevaciones-Hundimientos	m ²	28,4	7,2	0
Fisura de borde	m	45	0	0
Corrugación	m ²	46,5	19	0
Disgregación - desintegración	m ²	0	2,8	0
Fisuras longitudinales y transversales	m	25	3,6	0
Acceso a puentes	m ²	0	5	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 110. Sección afectada según severidad Km 15

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 14+022 A LA PROGRESIVA 15+010				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	89,5	24,6	0
Huecos	m ²	69,3	16	0
Exudación	m ²	5,8	9,8	2,8
Elevaciones-Hundimientos	m ²	46,4	0	0
Fisura de borde	m	46,8	0	0
Fisuras longitudinales y transversales	m	13,2	0	0
Disgregación - desintegración	m ²	0	1,8	3,2
Corrugación	m ²	50	24	0
Parcheo	m ²	8,6	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 111. Sección afectada según severidad Km 16

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 15+010 A LA PROGRESIVA 16+036				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	30	11	0
Huecos	m ²	52	12	1
Acceso a puentes	m ²	0	3,4	0
Fisuras longitudinales y transversales	m	41	3,9	0
Disgregación - desintegración	m ²	0	3,8	3,9
Piel de cocodrilo	m ²	2,3	0	0
Exudación	m ²	13,6	0	0
Elevaciones-Hundimientos	m ²	17,7	0	0
Fisura de borde	m	12,5	0	0
Depresiones	m ²	3,9	0	0
Corrugación	m ²	40,8	27,4	0
Ahuellamiento	m ²	15	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 112. Sección afectada según severidad Km 17

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 16+036 A LA PROGRESIVA 17+024				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	29,4	22,4	0
Huecos	m ²	83	20,7	1
Exudación	m ²	4,9	18,7	0
Elevaciones-Hundimientos	m ²	31,9	13,7	0
Fisura de borde	m	21	0	0
Fisuras longitudinales y transversales	m	14,7	18	0
Corrugación	m ²	37	0	0
Disgregación - desintegración	m ²	16,6	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 113. Sección afectada según severidad Km 18

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 17+024 A LA PROGRESIVA 18+012				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	93,8	0	0
Huecos	m ²	55	11	1
Exudación	m ²	12,5	3,5	1,3
Elevaciones-Hundimientos	m ²	17,2	0	0
Depresiones	m ²	6	0	0
Corrugación	m ²	97,3	0	0

Tabla 114. Sección afectada según severidad Km 19

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 18+012 A LA PROGRESIVA 19+000				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	12	3,9	0
Huecos	m ²	71	13	0
Exudación	m ²	2,7	3	3,2
Elevaciones-Hundimientos	m ²	34,1	0	0
Fisura de borde	m	36,4	0	0
Fisuras longitudinales y transversales	m	28,6	0	0
Corrugación	m ²	149,4	0	0
Disgregación - desintegración	m ²	1,8	3,6	0

Tabla 115. Sección afectada según severidad Km 20

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 19+000 A LA PROGRESIVA 20+026				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	73	20	0
Huecos	m ²	59,3	36	0
Exudación	m ²	0	30,5	11,3
Elevaciones-Hundimientos	m ²	26,4	0	0
Fisura de borde	m	0	25	0
Corrugación	m ²	200,8	45,7	0
Disgregación - desintegración	m ²	5,4	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 116. Sección afectada según severidad Km 21

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 20+026 A LA PROGRESIVA 21+014				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	44,3	22,6	0
Huecos	m ²	58	11	0
Exudación	m ²	3,6	0	0
Elevaciones-Hundimientos	m	12,4	0	0
Acceso a puentes	m ²	4,3	0	0
Depresiones	m ²	14	0	0
Disgregación - desintegración	m ²	2,5	0	2,3
Fisuras longitudinales y transversales	m	19	11	0
Corrugación	m ²	114	17	0
Ahuellamiento	m ²	55	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 117. Sección afectada según severidad Km 22

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 21+014 A LA PROGRESIVA 22+002				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	13,2	51,4	0
Huecos	m ²	77,7	17	2
Exudación	m ²	35,3	12,6	3,5
Elevaciones-Hundimientos	m ²	53,1	0	0
Fisura de borde	m	77	6,3	0
Fisuras longitudinales y transversales	m	19	18	0
Corrugación	m ²	133,4	0	0
Parcheo	m ²	9,6	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 118. Sección afectada según severidad Km 23

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 22+002 A LA PROGRESIVA 23+028				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	22,1	0	0
Huecos	m ²	74	14	1
Exudación	m ²	6,8	0	1,2
Fisuras longitudinales y transversales	m	12	0	0
Acceso a puentes	m ²	6	0	0
Elevaciones-Hundimientos	m ²	23,2	0	0
Fisura de borde	m	34,1	0	0
Depresiones	m ²	13	0	0
Corrugación	m ²	174,3	0	0
Ahuellamiento	m ²	30	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 119. Sección afectada según severidad Km 24

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 23+028 A LA PROGRESIVA 23+864				
Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Deformación por empuje	m ²	48,6	0	0
Huecos	m ²	79,5	3	3,8
Exudación	m ²	3,6	0	1,8
Elevaciones-Hundimientos	m ²	25,8	0	0
Disgregación - desintegración	m ²	0	2,3	0,8
Fisuras longitudinales y transversales	m	14	0	0
Depresiones	m ²	18,9	0	0
Corrugación	m ²	86,6	0	0
Ahuellamiento	m ²	60	0	0

Fuente: Elaboración propia

4.3. Análisis de resultados

Para obtener resultados claros de la Evaluación Superficial del tramo “El Puente-Carrizal” por el método Índice de Condición de Pavimentos (PCI) se realiza a continuación el análisis de cada uno de los puntos detallados en resultados.

4.3.1. Análisis de resultados según tipo de fallas

De los 23.864 km de trayecto de vía en el que se realizó la evaluación superficial por el método PCI en la (tabla 4.2.1.1) de resultados se pudo hacer un resumen según del tipo de fallas existentes en un kilómetro de vía Evaluada, a continuación se realiza el análisis de estas tablas presentadas.

En el Km 20 se puede notar que existe una mayor cantidad de fallas, teniendo un 31 %, de huecos con un grado de severidad bajo (L), seguido de corrugación con un 18.96 %, un grado de severidad bajo (L) y en tercer lugar deformación por empuje con un 17.24 % con un grado de severidad medio (M) y en el Km 6 se puede observar que existe menos cantidad de fallas, donde el mayor porcentaje es para deformación por empuje 20.58 % con un grado de severidad bajo (L) seguido por huecos 18.63 % con un grado de severidad bajo (L) y en tercer lugar para exudación con un 12.3 % y un grado de severidad bajo (L).

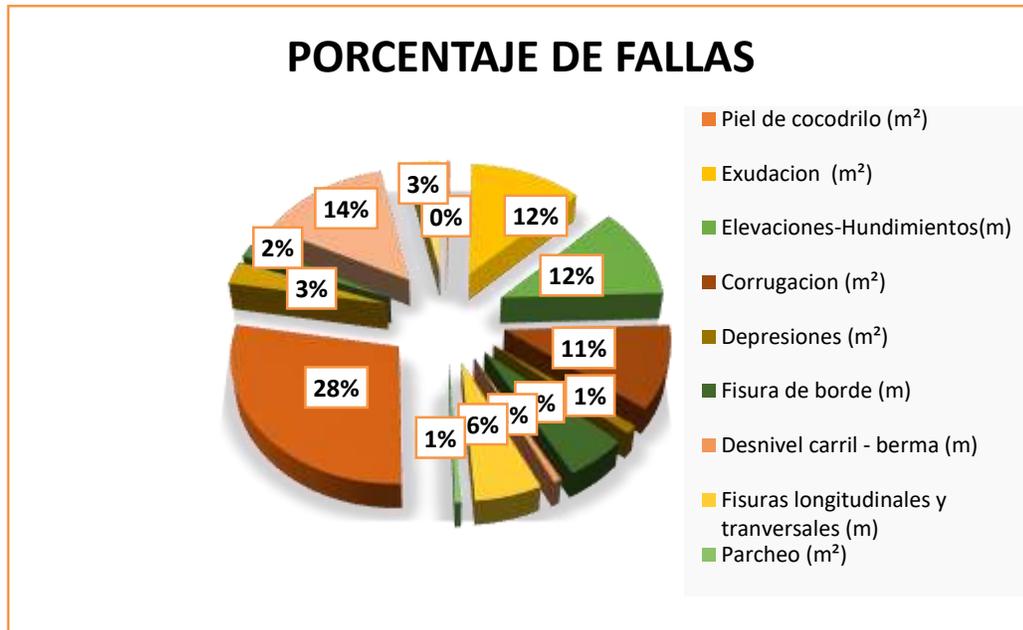
A continuación se presenta un resumen del tipo de fallas existentes en los 23.864 Km evaluados.

Tabla 120. Porcentaje de fallas PR 0+000 – PR 23+864 PCI

TRAMO EL PUENTE - CARRIZAL PROGRESIVA 0+000 A LA PROGRESIVA 23+864		
# DE FALLA	TIPO DE FALLA	% FALLA
1	Piel de cocodrilo (m ²)	0,371
2	Exudación (m ²)	12,163
4	Elevaciones-Hundimientos(m)	11,885
5	Corrugación (m ²)	10,956
6	Depresiones (m ²)	1,114
7	Fisura de borde (m)	5,664
9	Desnivel carril - berma (m)	0,743
10	Fisuras longitudinales y transversales (m)	6,035
11	Parche0 (m ²)	0,557
13	Huecos (m)	28,227
14	Acceso a puentes (m ²)	2,971
15	Ahuellamiento (m ²)	1,671
16	Deformación por empuje (m ²)	14,392
19	Disgregación - desintegración (m ²)	3,250

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 40. Panel de fallas PR 0+000 – PR 23+864 PCI en %



Fuente: Elaboración propia

Las fallas predominantes en los 23.864 km de vía son huecos, con un porcentaje 28.23% entre las fallas existentes en el tramo evaluado, Deformación por empuje ocupa

un segundo lugar con un 14.39% sobre el área total y Exudación ocupa el tercer lugar con un porcentaje del 12.16% sobre el área total, son las fallas que se presentan en mayor porcentaje lo cual se analiza seguidamente:

➤ **Huecos.**

Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta.

Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento o meteorización.

Niveles de severidad

Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con la (tabla 106)

Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en pies cuadrados (o metros cuadrados) y dividirla entre 5 pies² (0.47 m²) para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta.

Tabla 121. Niveles de severidad para huecos

Profundidad máxima del hueco	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203 mm.	203 a 457 mm.	457 a 762 mm.
12,7 a 25,4 mm.	L	L	M
> 25,4 a 50,8 mm.	L	M	H
> 50,8 mm.	M	M	H

Medida

Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.

Opciones de reparación

L: No se hace nada. Parcheo parcial o profundo.

M: Parcheo parcial o profundo.

H: Parcheo profundo.

➤ **Desplazamiento o deformación por empuje.**

El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito.

Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión). Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Portland. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento Portland se incrementa causando el desplazamiento.

d. Niveles de severidad

L – El desplazamiento genera una calidad de tránsito de baja severidad.

M – El desplazamiento genera una calidad de tránsito de mediana severidad.

H – El desplazamiento genera genera una calidad de transito de alta severidad.

e. Medida Los desplazamientos son medidos en metros cuadrados. Los desplazamientos que ocurren en parches son considerados para calificar los mismos y no se toman en cuenta como fallas por separado.

f. Opciones de reparación:

L: No se hace nada. Fresado.

M: Fresado. Parcheo superficial, parcial o profundo.

H: Fresado. Parcheo superficial, parcial o profundo.

➤ **Exudación.**

La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie.

d. Niveles de severidad

L – La exudación sólo ha ocurrido a un nivel muy ligero y es percibida sólo durante algunos días al año. El asfalto no se pega a los zapatos o llantas de los vehículos.

M – La exudación ha ocurrido llegando al punto en que el asfalto se pega a los zapatos o a las llantas de los vehículos sólo durante algunas semanas en el año.

H – La exudación ha ocurrido en forma extensiva y una cantidad considerable de asfalto se pega a los zapatos y llantas de los vehículos al menos durante varias semanas al año.

e. Unidad de medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza la exudación no deberá contabilizarse el pulimento de agregados.

f. Opciones de reparación:

L: No se hace nada.

M: se aplica arena / agregados y cilindrado.

H: se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentado si fuera necesario).

4.3.2. Análisis de resultados según clasificación de PCI

Tabla 122. Calificación de PCI por Km en todo el tramo

TRAMO EL PUENTE CARRIZAL PROG. 0+000 a PROG. 23+864		
TRAMO DE EVALUACIÓN	ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
PROGRESIVA	P.C.I. CALCULADO	CALIFICACIÓN
0+000 - 1+026	75,09	MUY BUENO
1+026 - 2+014	76,12	MUY BUENO
2+014 - 3+002	81,21	MUY BUENO
3+002 - 4+028	74,87	MUY BUENO
4+028 - 5+016	69,28	BUENO
5+016 - 6+004	79,04	MUY BUENO
6+004 - 7+030	76,42	MUY BUENO
7+030 - 8+018	78,50	MUY BUENO
8+018 - 9+006	82,45	MUY BUENO
9+006 - 10+032	70,65	MUY BUENO
10+032 - 11+020	77,71	MUY BUENO
11+020 - 12+008	73,29	MUY BUENO
12+008 - 13+034	70,58	MUY BUENO
13+034 - 14+022	83,57	MUY BUENO
14+022 - 15+010	74,77	MUY BUENO
15+010 - 16+036	81,98	MUY BUENO
16+036 - 17+024	73,74	MUY BUENO
17+024 - 18+012	81,98	MUY BUENO
18+012 - 19+000	80,66	MUY BUENO
19+000 - 20+026	71,32	MUY BUENO
20+026 - 21+014	78,44	MUY BUENO
21+014 - 22+002	75,56	MUY BUENO
22+002 - 23+028	79,14	MUY BUENO
23+028 - 23+864	74,73	MUY BUENO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 123. Calificación del PCI en todo el tramo

CLASIFICACION DE PCI EN TODO EL TRAMO		
TRAMO DE EVALUACIÓN	ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
PROGRESIVA	P.C.I. CALCULADO	CALIFICACIÓN
0+000 - 23+864	76,71	MUY BUENO

Fuente: Elaboración propia

Realizando el análisis según la calificación de PCI en los 23.864 Km se obtiene un valor de PCI de 76.71, valor que se encuentra calificado en una condición de pavimento MUY BUENO, vale recalcar que en las áreas de muestreo que no existían fallas se las califico como EXELENTE con un PCI de 100, con este valor de PCI nos muestra que el tramo estudiado se encuentra en un buen estado para transitar.

4.3.3. Análisis de resultado según las unidades de muestreo de todo el tramo

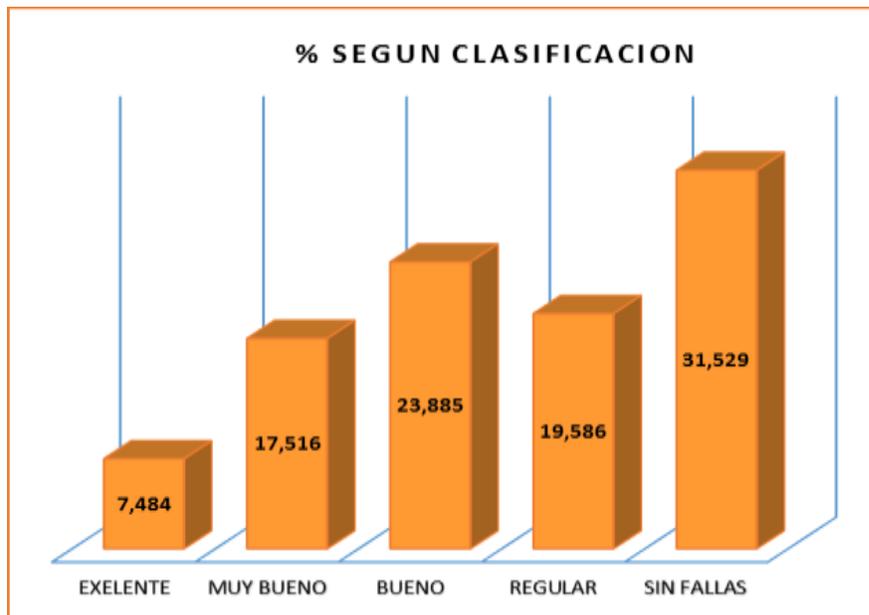
Tabla 124. Calificación según PCI por unidades de muestreo de todo el tramo

TRAMO DE EVALUACION		# DE UNIDADES DE MUESTREO SEGUN SU CALIFICACION TODO EL TRAMO	CONDICION DEL PAVIMENTO
N ^a	PROGRESIVA		CALIFICACION
	INICIAL	FINAL	
1	0+000	23+864	47
			110
			150
			123
			198

Fuente: Elaboración propia

Como se puede notar en la (tabla 109) nos muestra que 198 unidades de muestreo no existe ningún tipo de fallas seguido de 150 unidades de muestreo según PCI calificadas como BUENO, 123 unidades de muestreo son calificadas como REGULARES, 110 unidaes de muestreo calificadas como MUY BUENO y finalmente 47 áreas de muestreo calificadas como EXELENTE.

Gráfico 41. Porcentaje de unidades de muestreo según su clasificación



Fuente: Elaboración propia

En el (grafico 4) se puede observar que en el tramo El Puente - Carrizal el 7.48% de unidades de muestreo se clasifican según PCI como EXELENTE, el 17.52% como Muy BUENO, 23.88% como BUENO, 19.58% de áreas de muestreo como REGULAR y el 31.53% de áreas de muestreo que no tienen ningún tipo de fallas.

Tabla 125. Porcentaje de unidades de muestreo con fallas y sin fallas en todo el tramo

TRAMO DE EVALUACION			UNIDADES DE MUESTREO	% DE UNIDADES DE MUESTREO
N ^a	PROGRESIVA			
	INICIAL	FINAL		
1	0+000	23+864	CON FALLAS	68,47
			SIN FALLAS	31,53

Fuente: Elaboración propia

En la (tabla 110) se tiene que el 68.47 % de unidades de muestreo presentan fallas y el 31.53 % de áreas de muestreo no tienen ningún tipo de fallas.

Tabla 126. Calificación de áreas de muestreo con fallas y sin fallas según PCI en todo el tramo

TRAMO DE EVALUACION			UNIDADES DE MUESTREO FALLADAS Y SIN FALLAS	CONDICION DEL PAVIMENTO	
N ^a	PROGRESIVA			VALOR PROMEDIO DEL PCI	CLASIFICACION
	INICIAL	FINAL			
1	0+000	23+864	CON FALLAS	65,08	BUENO
			SIN FALLAS	100	EXELENTE

Fuente: Elaboración propia

En la (tabla 111.) se detalla que las áreas de muestreo con fallas tienen un PCI de 65.08 y se clasifican como bueno y las áreas de muestreo sin fallas se los califican como excelentes con un PCI de 100.

Tabla 127. Fallas y sus dimensiones en todo el tramo

Fallas en Km 1	Unidad de medida	Bajo	Medio	Alto
Piel de cocodrilo	m ²	2,3	3,2	0
Exudación	m ²	286	257,8	80,2
Elevaciones-Hundimientos	m ²	884,4	138,5	0
Corrugación	m ²	772,6	284,6	0
Depresiones	m ²	84,9	9,5	0
Fisura de borde	m	524,9	220,6	0
Fisuras longitudinales y transversales	m	484,1	85,5	0
Parcheo	m ²	29,2	0	0
Deformación por empuje	m	948,5	677	15,1
Disgregación - desintegración	m ²	72,1	21,85	10,2
Huecos	#	1346	311	11
Acceso a puentes	m ²	14,3	15,4	0
Ahuellamiento	m ²	338,8	30,6	0

Fuente: Elaboración propia

Se puede determinar que en el tramo El Puente - Carrizal existe 1346 huecos con severidad baja, 311 huecos con severidad media y 11 huecos de severidad alta, la presencia de esta falla se debe a las mezclas pobres en el pavimento, las operaciones de rehabilitación y mantenimiento para este tipo de fallas cuando se encuentran en una

severidad baja no se hace nada, en una severidad media se debe realizar un parcheo parcial o profundo y para los de severidad alta se debe hacer un parcheo profundo.

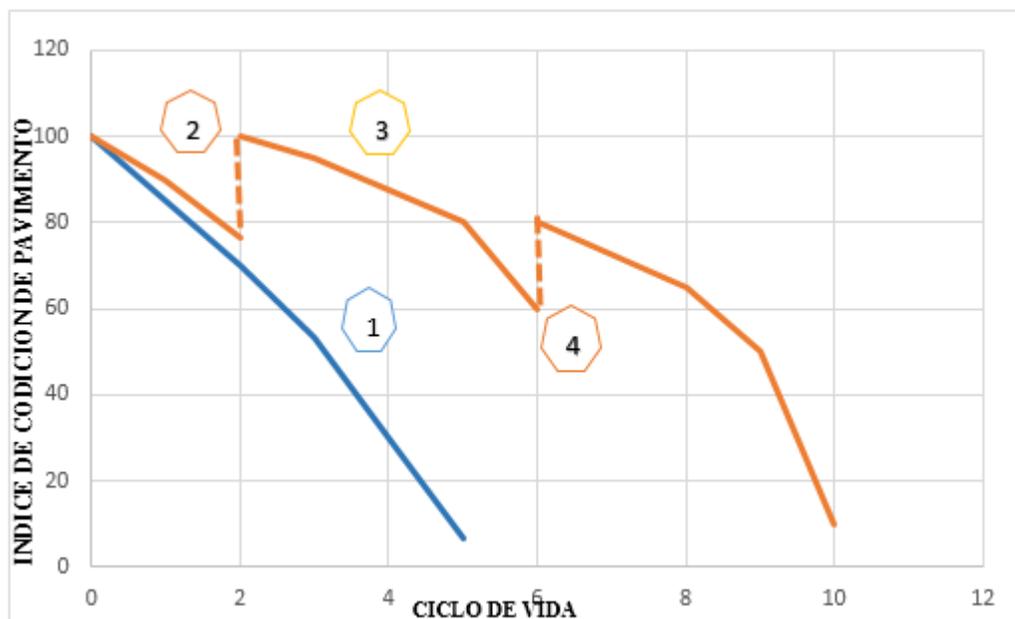
Otra falla que afecta al tramo estudiado es deformación por empuje con 948.5 m² su causa se debe cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce ondas abruptas en la superficie y en este caso produce un gran número de huecos con severidad baja, media y alta, se presume que el origen de esta falla ocurre en pavimentos con mezclas asfálticas líquidas inestables, las operaciones de rehabilitación cuando esta falla se encuentra con severidad baja no se hace nada, severidad media se realiza un parcheo parcial, severidad alta parcheo profundo.

Otra falla que sobre sale es la de exudación que es originada por el exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de sellante asfáltico o un bajo contenido de aire.

Esta información será útil para la realización del presupuesto de mantenimiento de la vía, donde se describirán las medidas o acciones para intervenir las fallas identificadas.

Ciclo de vida del pavimento del tramo “El Puente – Carrizal”

Gráfico 42. Ciclo de vida de del pavimento



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 5 se representa el comportamiento del asfalto según al Índice de condición del pavimento PCI y el ciclo de vida por el cual fue diseñado dicho tramo. En la curva 1 nos muestra que si el pavimento del tramo en estudio no contara con ningún tipo de mantenimiento ni rehabilitación no llega a cumplir con su ciclo de vida y se vuelve intransitable en un periodo reducido.

En la punto 2 el pavimento se deteriora con menor rapidez debido a trabajos de mantenimiento.

En el punto 3 se aplicara trabajos de rehabilitación que restaure la condición del pavimento volviendo a estar en condiciones de excelente según el PCI

En el punto4 se realiza una segunda intervención de rehabilitación que restaura la mayoría de la condición original del pavimento esto quiere decir que un pavimento no vuelve a estar en una condición de excelente

Propuesta de mantenimiento y rehabilitación en el tramo “El Puente – Carrizal”.

En general el pavimento flexible analizado está en una condición MUY BUENAS. La mayoría de sus fallas está en nivel BAJO y MEDIO, siendo un buen momento para intervenir el pavimento. Los trabajos de mantenimiento en su mayoría corresponden a cambiar la carpeta asfáltica habiendo en cantidades mínimas.

Las fallas con severidad BAJA no requieren ningún tipo de mantenimiento debido a que aún es posible permitir su presencia en la vía, ya que no afectan de manera significativa en la comodidad de los usuarios.

Las fallas de severidad MEDIA y ALTA se han optado por realizar un bacheo en áreas localizadas que presenten agrietamientos, deformaciones, hundimientos y disgregación. El procedimiento consiste en limpiar la superficie, aplicar el riego asfáltico, extender y compactar la mezcla.

La tabla 11 resume los trabajos que se realizara para el mantenimiento de la vía según el tipo de falla y su nivel de severidad.

Tabla 128. Técnica de mantenimiento y rehabilitación según tipo de falla

Tipo de falla	Severidad	Fresado de carpeta asfáltica (m ²)	Trazo y replanteo (m ²)	Eliminación de material excedente (m ³)	Imprimación (m ²)	Carpeta asfáltica en caliente de 3 cm.	Sellado de fisuras media (m)	Sellado de fisuras alta (m)
Piel de cocodrilo	bajo							
	medio	x	x	x	x	x		
	alto	x	x	x	x	x		
Exudación	bajo							
	medio		x	x	x	x		
	alto		x	x	x	x		
Elevaciones y Hundimientos	bajo							
	medio	x	x	x	x	x		
	alto	x	x	x	x	x		
Depresiones	bajo							
	medio	x	x	x	x	x		
	alto	x	x	x	x	x		
Fisura de borde	bajo							
	medio						x	
	alto							x
Fisuras longitudinales y transversales	bajo							
	medio						x	
	alto							x
Deformación por empuje	bajo							
	medio	x	x	x	x	x		
	alto	x	x	x	x	x		
Diagregación - desintegración	bajo							
	medio	x	x	x	x	x		
	alto	x	x	x	x	x		
Huecos	bajo							
	medio	x	x	x	x	x		
	alto	x	x	x	x	x		
Acceso a puentes	bajo							
	medio	x	x	x	x	x		
	alto	x	x	x	x	x		
Ahuellamiento	bajo							
	medio	x	x	x	x	x		
	alto	x	x	x	x	x		

Fuente: Elaboración propia

Se cuenta con el total del área afectada y análisis de precios unitarios para cada tipo de trabajo de mantenimiento y rehabilitación para las fallas existente y nivel de severidad, por lo que se procederá a realizar el presupuesto correspondiente.

El presupuesto es presentado a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 129. Presupuesto de mantenimiento y rehabilitación

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Literal	Parcial
>	M01 - TRABAJOS PRELIMINARES					14.768,15
1	TRAZADO Y REPLANTEO	glb	2.045,45	7,22	Siete 22/100	14.768,15
>	M02 - MOVIMIENTO DE TIERRAS Y DEMOLICION					54.818,03
2	FRESADO DE CARPETA ASFALTICA EN MAL	m ²	1.454,85	13,89	Trece 89/100	20.207,87
3	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m ³	43,67	23,97	Veintitres 97/100	1.046,77
4	DEMOLICION DE PAVIMENTO ASFALTICO	m ²	1.454,85	23,07	Veintitres 07/100	33.563,39
>	M03 - SELLADO DE FISURAS					136.818,55
5	IMPRIMACION	m ²	2.045,45	23,67	Veintitres 67/100	48.415,80
6	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 2"	m	2.045,45	21,34	Veintiuno 34/100	43.649,90
7	SELLADO DE FISURAS	m	1.315,10	34,03	Treinta y Cuatro 03/100	44.752,85
>	M04 - SEÑALIZACION HORIZONTAL					206.227,79
8	PINTADO DE LINEAS CONTINUAS e=0.10 mts.	m	834,90	103,58	Ciento Tres 58/100	86.478,94
9	PINTADO DE LINEAS DISCONTINUAS e= 0.10m	m	1.063,30	112,62	Ciento Doce 62/100	119.748,85
	Total presupuesto:					412.632,52

Son: Cuatrocientos Doce Mil Seiscientos Treinta y Dos con 52/100 Bolivianos

Fuente: Elaboración propia

Los análisis de precios unitarios para cada tipo de trabajo se encuentran adjuntas en los anexos.

4.4. Procedimiento de evaluación estructural

4.4.1. Procedimiento de cálculo de la deflexión del pavimento.

Una vez recogidos los datos de campo en el tramo “El Puente – Carrizal”, como las lecturas que se toman en el dial corresponden a componentes de deformación en un proceso de descarga el valor o lectura final será menor que el inicial tal como se puede observar en el formato de cálculo de deflexiones, se procede a calcular los indicadores de estado de la estructura del pavimento, que son la deflexión máxima y el radio de curvatura a continuación se muestra el procedimiento para el cálculo de los mismos:

Calculo de la deflexión máxima:

$$D_o = K * (L_o - L_f)$$

$$D_o = 2.00 * (100 - 70)$$

$$D_o = 60 * 10^{-2}mm$$

Factor de corrección por temperatura:

EL valor de deflexión máxima obtenido debe corregirse por temperatura ya que las medidas deben llevarse a una temperatura estándar de 20°C, para poder realizar comparaciones entre diferentes tramos la medición de temperatura del pavimento para el punto de ensayo descrito fue de 29°C, el valor de deflexión máxima debe corregirse usando la siguiente expresión:

$$D_{20} = \frac{Dt}{k * (t - 20^{\circ}C) * e + 1}$$

$$D_{20} = \frac{60}{0.001 \frac{^{\circ}C}{cm} * (29^{\circ}C - 20^{\circ}C) * 3cm + 1}$$

$$D_{20} = 58.42 * 10^{-2}mm$$

Factor de corrección por estacionalidad:

La capacidad de deformación de los suelos está influenciada por el grado de saturación que experimentan, por lo tanto es deseable que la medición de deflexiones se realice durante la estación de lluvias, durante la cual los suelos se encuentran en la situación más crítica. Debido a que el ensayo se realizó en época seca se debe efectuar la corrección de las medidas a fin de tomar en cuenta dicho aspecto. Según el estudio CONVERIAL (Consortio de Rehabilitación Vial) propone el uso de factores de corrección, considerando el tipo de suelo de subrazante y la época en que se realizan los ensayos, para el caso ensayo del tramo El Puente - Carrizal realizando la clasificación del suelo de subrazante según AASHTO es un suelo A-6 (suelo arcilloso)

en función a los datos obtenidos se adopta un factor de corrección por estacionalidad (fce) = 1.3

$$DO = D_{20} * Fce$$

$$DO = 58.42 * 1.3$$

$$DO = 75.95 * 10^{-2} mm$$

Deflexión a la distancia de 25 cm

El procedimiento de cálculo para determinar la deflexión a la distancia de 25 cm se procede de la misma manera que para el cálculo de la deflexión máxima tomando en cuenta los factores de corrección tanto para temperatura como también por estacionalidad.

$$D_{25} = K * (L25 - Lf)$$

$$D_{25} = 2.00 * (88 - 70)$$

$$D_{25} = 36 * 10^{-2} mm$$

Factor de corrección por temperatura:

$$D_{25'} = \frac{Dt}{k * (t - 20^{\circ}C) * e + 1}$$

$$D_{25'} = \frac{36}{0.001 \frac{^{\circ}C}{cm} * (29^{\circ}C - 20^{\circ}C) * 3cm + 1}$$

$$D_{25'} = 35.05 * 10^{-2} mm$$

Factor de corrección por estacionalidad:

$$D25 = D_{25'} * Fce$$

$$D25 = 35.05 * 1.3$$

$$D25 = 45.57 * 10^{-2} \text{ mm}$$

Radio de curvatura

La curvatura que experimenta la superficie del pavimento, durante la aplicación de la carga, es de forma parabólica, en un segmento de aproximadamente 25 cm, a partir de la deflexión máxima

Para la determinación del radio de dicha curvatura se ha establecido la siguiente expresión empírica:

$$Rc = \frac{10 * (25^2)}{K * (D_o - D25)}$$
$$Rc = \frac{6250}{2.00 * (75.95 - 45.57)}$$

$$Rc = 102.86 \text{ m}$$

Deflexión admisible

La deflexión admisible es un parámetro que está definido en función al tráfico de diseño, que establece un límite para la deflexión por encima del cual no se garantiza un comportamiento satisfactorio de la estructura en el periodo considerado, la expresión que define este parámetro es:

$$Da = \left(\frac{1.15}{N18} \right)^{1/4}$$

N18 = Número total de ejes equivalentes DE 8.2 Ton.

El tramo El Puente – Carrizal fue diseñado con número de eje equivalente de 18000 lb., para su verificación se realizó la determinación del número de ESALs o número de

ejes equivalentes mediante el procedimiento simplificado que sirve para realizar una rápida estimación de ESALs.

El número de ejes equivalentes será ESALs = 1.368.422 para un periodo de 10 años

$$Da = \left(\frac{1.15}{N18} \right)^{1/4}$$
$$Da = \left(\frac{1.15}{1368422} \right)^{1/4}$$

$$\mathbf{Da = 95.75 * 10^{-2} mm}$$

El pavimento del tramo El Puente - Carrizal tendrá capacidad estructural suficiente para resistir las sollicitaciones del tráfico de diseño, para las condiciones de resistencia, siempre que la deflexión máxima sea menor que la deflexión admisible.

4.4.2. Resultados

4.4.2.1. Resultados parciales de la evaluación estructural

Tabla 130. Resultados parciales de la evaluación estructural (C-Derecho)

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL														
TRAMO: "EL PUENTE - CARRIZAL"														
MEDICIÓN DE DEFLEXIONES - MÉTODO VIGA BENKELMAN														
Tramo:	0+000 a 23+864			Relación de Brazos:	1 a 2			Presión (Psi):	80					
Estructura:	Pavimento Flexible			Carga Eje (Kilos):	8200			Carril:	Derecho / Ida					
Fecha:	08/05/2017			Realizado por:	Rodríguez Altamirano Silvia									
N° Ensayo	Prog.:	Carril	Temp °C	Deflexiones a las distancias de:								D0	D25	RC
				Lo 0 cm	L 25 cm	L 50 cm	L 75 cm	L 100 cm	L 200 cm	L 300 cm	L 500 cm			
1	0+380	Ida/Der.	29	48,10	41,77	32,91	27,85	20,25	12,66	7,59	0,00	48,1	41,8	493,8
2	0+800	Ida/Der.	29	65,82	41,27	36,20	31,14	23,54	15,95	5,82	0,00	65,8	41,3	127,3
3	1+340	Ida/Der.	29	55,70	43,04	37,97	32,91	25,32	17,72	7,59	0,00	55,7	43,0	246,9
4	1+680	Ida/Der.	29	68,35	42,53	32,91	27,85	20,25	12,66	7,59	0,00	68,4	42,5	121,0
5	2+860	Ida/Der.	29	53,16	43,04	37,97	32,91	25,32	17,72	7,59	0,00	53,2	43,0	308,6
6	3+660	Ida/Der.	31	67,96	48,10	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	68,0	48,1	157,4
7	4+340	Ida/Der.	31	72,99	45,57	40,51	35,44	27,85	20,25	10,13	0,00	73,0	45,6	114,0
8	5+720	Ida/Der.	31	50,34	43,04	37,97	32,91	25,32	17,72	7,59	0,00	50,3	43,0	428,0
9	6+080	Ida/Der.	40	71,13	60,25	55,19	50,13	42,53	34,94	24,81	0,00	71,1	60,3	287,3
10	7+420	Ida/Der.	40	56,42	50,63	45,57	40,51	32,91	20,25	10,13	0,00	56,4	50,6	540,5
11	8+520	Ida/Der.	40	73,58	55,70	50,63	45,57	37,97	30,38	20,25	0,00	73,6	55,7	174,7
12	8+940	Ida/Der.	40	51,51	43,04	37,97	32,91	25,32	17,72	7,59	0,00	51,5	43,0	368,9
13	9+320	Ida/Der.	39	71,33	55,70	50,63	45,57	37,97	30,38	20,25	0,00	71,3	55,7	199,8
14	10+620	Ida/Der.	39	49,20	43,04	37,97	32,91	25,32	17,72	7,59	0,00	49,2	43,0	507,5
15	11+760	Ida/Der.	39	68,87	53,16	48,10	43,04	35,44	27,85	17,72	0,00	68,9	53,2	198,9
16	12+820	Ida/Der.	39	68,87	47,09	42,03	36,96	29,37	21,77	11,65	0,00	68,9	47,1	143,4
17	13+120	Ida/Der.	38	51,80	48,10	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	51,8	48,1	844,3
18	14+420	Ida/Der.	38	54,27	48,10	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	54,3	48,1	506,6
19	15+980	Ida/Der.	38	71,54	55,70	50,63	45,57	37,97	30,38	20,25	0,00	71,5	55,7	197,3
20	16+320	Ida/Der.	38	66,60	45,57	40,51	35,44	27,85	27,85	7,59	0,00	66,6	45,6	148,6
21	16+720	Ida/Der.	33	50,05	43,04	37,97	32,91	25,32	17,72	7,59	0,00	50,0	43,0	445,8
22	17+480	Ida/Der.	33	55,05	43,04	37,97	32,91	25,32	17,72	7,59	0,00	55,1	43,0	260,1
23	18+620	Ida/Der.	33	52,55	48,10	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	52,6	48,1	702,4
24	19+700	Ida/Der.	33	75,07	55,70	50,63	45,57	37,97	30,38	20,25	0,00	75,1	55,7	161,3
25	20+900	Ida/Der.	31	75,51	58,23	53,16	48,10	40,51	32,91	22,78	0,00	75,5	58,2	180,8
26	21+22	Ida/Der.	31	50,34	43,04	37,97	32,91	25,32	17,72	7,59	0,00	50,3	43,0	428,0
27	21+820	Ida/Der.	31	70,47	43,04	37,97	32,91	25,32	17,72	7,59	0,00	70,5	43,0	113,9
28	22+420	Ida/Der.	31	57,89	50,63	45,57	40,51	32,91	25,32	15,19	0,00	57,9	50,6	430,6
29	22+660	Ida/Der.	30	75,73	60,76	55,70	50,63	43,04	35,44	25,32	0,00	75,7	60,8	208,8
30	23+380	Ida/Der.	30	58,06	50,63	45,57	40,51	32,91	25,32	10,13	0,00	58,1	50,6	420,9
31	23+760	Ida/Der.	30	73,20	60,76	55,70	50,63	43,04	35,44	25,32	0,00	73,2	60,8	251,1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 131. Resultados parciales de la evaluación estructural (C-izquierdo)

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL														
TRAMO: "EL PUENTE - CARRIZAL"														
MEDICIÓN DE DEFLEXIONES - MÉTODO VIGA BENKELMAN														
Tramo:		0+000 a 23+864			Relación de Brazos:			1 a 2		Presión (Psi)		80		
Estructura:		Pavimento Flexible			Carga Eje (Kilos):			8200		Carril		Izquierda / Vuelta		
Fecha:		08/05/2017			Realizado por:			Rodríguez Altamirano Silvia						
N° Ensayo	Prog.:	Carril	Temp. °C	Deflexiones a las distancias de:								D0	D25	RC
				Lo 0 cm	L 25 cm	L 50 cm	L 75 cm	L 100 cm	L 200 cm	L 300 cm	L 500 cm			
32	0+380	Vuelta/Izq.	21	58,84	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	58,84	50,63	380,61
33	0+800	Vuelta/Izq.	21	67,40	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	67,40	50,63	186,40
34	1+340	Vuelta/Izq.	21	59,62	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	59,62	50,63	347,68
35	1+680	Vuelta/Izq.	27	68,76	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	68,76	50,63	172,43
36	2+860	Vuelta/Izq.	27	56,02	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	56,02	50,63	579,71
37	3+660	Vuelta/Izq.	27	69,01	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	69,01	50,63	170,04
38	4+340	Vuelta/Izq.	27	73,85	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	73,85	50,63	134,60
39	5+720	Vuelta/Izq.	27	58,57	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	58,57	50,63	393,72
40	6+080	Vuelta/Izq.	29	78,48	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	78,48	50,63	112,22
41	7+420	Vuelta/Izq.	29	58,23	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	58,23	50,63	411,46
42	8+520	Vuelta/Izq.	29	75,95	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	75,95	50,63	123,44
43	8+940	Vuelta/Izq.	29	58,23	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	58,23	50,63	411,46
44	9+320	Vuelta/Izq.	33	75,07	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	75,07	50,63	127,87
45	10+620	Vuelta/Izq.	33	60,06	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	60,06	50,63	331,57
46	11+760	Vuelta/Izq.	33	77,57	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	77,57	50,63	115,99
47	12+820	Vuelta/Izq.	33	62,56	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	62,56	50,63	262,01
48	13+120	Vuelta/Izq.	38	54,27	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	54,27	50,63	859,33
49	14+420	Vuelta/Izq.	38	56,74	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	56,74	50,63	512,02
50	15+980	Vuelta/Izq.	38	74,25	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	74,25	50,63	132,32
51	16+320	Vuelta/Izq.	38	74,00	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	74,00	50,63	133,71
52	16+720	Vuelta/Izq.	40	53,96	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	53,96	50,63	938,62
53	17+480	Vuelta/Izq.	40	57,15	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	57,15	50,63	479,44
54	18+620	Vuelta/Izq.	40	56,42	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	56,42	50,63	540,45
55	19+700	Vuelta/Izq.	40	70,15	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	70,15	50,63	160,11
56	20+900	Vuelta/Izq.	39	72,32	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	72,32	50,63	144,11
57	21+22	Vuelta/Izq.	39	57,07	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	57,07	50,63	485,68
58	21+820	Vuelta/Izq.	39	65,92	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	65,92	50,63	204,39
59	22+420	Vuelta/Izq.	37	55,91	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	55,91	50,63	592,33
60	22+660	Vuelta/Izq.	37	67,78	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	67,78	50,63	182,21
61	23+380	Vuelta/Izq.	31	60,41	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	60,41	50,63	319,74
62	23+760	Vuelta/Izq.	30	75,73	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	75,73	50,63	124,53

Fuente: Elaboración propia

4.4.2.2. Resultados de la evaluación parcial según clasificación del PCI

4.4.2.2.1. En unidades de muestreo sin fallas

Tabla 132. Resultados en unidades de muestreo sin fallas (C-Derecho)

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL														
TRAMO: "EL PUENTE - CARRIZAL"														
MEDICIÓN DE DEFLEXIONES - MÉTODO VIGA BENKELMAN														
Tramo:	0+000 a 23+864			Relación de Brazos:	1 a 2		Presión (Psi):	80						
Estructura:	Pavimento Flexible			Carga Eje (Kilos):	8200		Carril:	Derecho / Ida						
Fecha:	08/05/2017			Realizado por:	Rodriguez Altamirano Silvia									
N° Ensayo	Progresiva:	Carril	Tem p. °C	Deflexiones a las distancias de:								D0	D25	RC
				Lo 0 cm	L 25 25 cm	L 50 50 cm	L 75 75 cm	L 100 100 cm	L 200 200 cm	L 300 300 cm	L 500 500 cm			
1	0+380	Ida/Der.	29	48,10	41,77	32,91	27,85	20,25	12,66	7,59	0,00	48,10	41,77	493,75
2	1+340	Ida/Der.	29	55,70	43,04	37,97	32,91	25,32	17,72	7,59	0,00	55,70	43,04	246,88
3	2+860	Ida/Der.	29	53,16	43,04	37,97	32,91	25,32	17,72	7,59	0,00	53,16	43,04	308,59
4	5+720	Ida/Der.	31	50,34	43,04	37,97	32,91	25,32	17,72	7,59	0,00	50,34	43,04	428,03
5	7+420	Ida/Der.	40	56,42	50,63	45,57	40,51	32,91	20,25	10,13	0,00	56,42	50,63	540,45
6	8+940	Ida/Der.	40	51,51	43,04	37,97	32,91	25,32	17,72	7,59	0,00	51,51	43,04	368,89
7	10+620	Ida/Der.	39	49,20	43,04	37,97	32,91	25,32	17,72	7,59	0,00	49,20	43,04	507,48
8	13+120	Ida/Der.	38	51,80	48,10	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	51,80	48,10	844,28
9	14+420	Ida/Der.	38	54,27	48,10	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	54,27	48,10	506,63
10	16+720	Ida/Der.	33	50,05	43,04	37,97	32,91	25,32	17,72	7,59	0,00	50,05	43,04	445,78
11	17+480	Ida/Der.	33	55,05	43,04	37,97	32,91	25,32	17,72	7,59	0,00	55,05	43,04	260,09
12	18+620	Ida/Der.	33	68,87	53,16	48,10	43,04	35,44	27,85	17,72	0,00	68,87	53,16	198,92
13	21+22	Ida/Der.	31	50,34	43,04	37,97	32,91	25,32	17,72	7,59	0,00	50,34	43,04	428,03
14	22+420	Ida/Der.	31	57,89	50,63	45,57	40,51	32,91	25,32	15,19	0,00	57,89	50,63	430,63
15	23+380	Ida/Der.	30	58,06	50,63	45,57	40,51	32,91	25,32	10,13	0,00	58,06	50,63	420,86

Fuente: Elaboración propia

Tabla 133. Resultados en unidades de muestreo sin fallas (C- Izquierdo)

EVALUACION ESTRUCTURAL														
TRAMO: "EL PUENTE - CARRIZAL"														
MEDICIÓN DE DEFLEXIONES - MÉTODO VIGA BENKELMAN														
Tramo:		0+000 a 23+864			Relación de Brazos:		1 a 2		Presión (Psi):		80			
Estructura:		Pavimento Flexible			Carga Eje (Kilos):		8200		Carril:		Izquierda / Vuelta			
Fecha:		08/05/2017			Realizado por:		Rodríguez Altamirano Silvia							
N° Ensayo	Progresiva:	Carril	Tem p. °C	Deflexiones a las distancias de:								D0	D25	RC
				Lo 0 cm	L 25 cm	L 50 cm	L 75 cm	L 100 cm	L 200 cm	L 300 cm	L 500 cm			
1	0+380	Vuelta/Izq	21	58,84	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	58,84	50,63	380,61
2	1+340	Vuelta/Izq	21	59,62	50,63	43,04	38,0	30,38	22,78	12,66	0	59,62	50,63	347,68
3	2+860	Vuelta/Izq	27	56,02	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	56,02	50,63	579,71
4	5+720	Vuelta/Izq	27	58,57	50,63	43,04	38,0	30,38	22,78	12,66	0	58,57	50,63	393,72
5	7+420	Vuelta/Izq	29	58,23	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	58,23	50,63	411,46
6	8+940	Vuelta/Izq	29	58,23	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	58,23	50,63	411,46
7	10+620	Vuelta/Izq	33	60,06	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	60,06	50,63	331,57
8	13+120	Vuelta/Izq	38	54,27	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	54,27	50,63	859,33
9	14+420	Vuelta/Izq	38	56,74	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	56,74	50,63	512,02
10	17+480	Vuelta/Izq	40	57,15	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	57,15	50,63	479,44
11	17+480	Vuelta/Izq	40	57,15	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	57,15	50,63	479,44
12	18+620	Vuelta/Izq	40	56,42	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	56,42	50,63	540,45
13	21+22	Vuelta/Izq	39	57,07	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	57,07	50,63	485,68
14	22+420	Vuelta/Izq	37	55,91	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	55,91	50,63	592,33
15	23+380	Vuelta/Izq	31	60,41	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	60,41	50,63	319,74

Fuente: Elaboración propia

4.4.2.2. En unidades de muestreo falladas

Tabla 134. Resultados de la evaluación estructural en unidades de muestreo Falladas según PCI (C-Derecho)

EVALUACION ESTRUCTURAL														
TRAMO: "EL PUENTE - CARRIZAL"														
MEDICIÓN DE DEFLEXIONES - MÉTODO VIGA BENKELMAN														
Tramo:		0+000 a 23+864			Relación de Brazos:		1 a 2		Presión (Psi):		80			
Estructura:		Pavimento Flexible			Carga Eje (Kilos):		8200		Carril:		Derecho / Ida			
Fecha:		08/05/2017			Realizado por:		Rodriguez Altamirano Silvia							
N° Ensa yo	Progres iva:	Carril	Tem p. °C	Deflexiones a las distancias de:								D0	D25	RC
				Lo 0 cm	L 25 25 cm	L 50 50 cm	L 75 75 cm	L 100 100 cm	L 200 200 cm	L 300 300 cm	L 500 500 cm			
1	0+800	Ida/Der.	29	65,82	41,27	36,20	31,14	23,54	15,95	5,82	0	65,82	41,27	127,26
2	1+680	Ida/Der.	29	68,35	42,53	32,91	27,85	20,25	12,66	7,59	0	68,35	42,53	121,02
3	3+660	Ida/Der.	31	67,96	48,1	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	67,96	48,10	157,38
4	4+340	Ida/Der.	31	72,99	45,57	40,51	35,44	27,85	20,25	10,13	0	72,99	45,57	113,96
5	6+080	Ida/Der.	40	71,13	60,25	55,19	50,13	42,53	34,94	24,81	0	71,13	60,25	287,25
6	8+520	Ida/Der.	40	73,58	55,7	50,63	45,57	37,97	30,38	20,25	0	73,58	55,70	174,69
7	9+320	Ida/Der.	39	71,33	55,7	50,63	45,57	37,97	30,38	20,25	0	71,33	55,70	199,84
8	11+760	Ida/Der.	39	68,87	53,16	48,10	43,04	35,44	27,85	17,72	0	68,87	53,16	198,92
9	12+820	Ida/Der.	39	68,87	47,09	42,03	36,96	29,37	21,77	11,65	0	68,87	47,09	143,44
10	15+980	Ida/Der.	38	71,54	55,7	50,63	45,57	37,97	30,38	20,25	0	71,54	55,70	197,28
11	16+320	Ida/Der.	38	66,6	45,57	40,51	35,44	27,85	27,85	7,59	0	66,60	45,57	148,57
12	19+700	Ida/Der.	33	75,07	55,7	50,63	45,57	37,97	30,38	20,25	0	75,07	55,70	161,28
13	20+900	Ida/Der.	31	75,51	58,23	53,16	48,10	40,51	32,91	22,78	0	75,51	58,23	180,84
14	21+820	Ida/Der.	31	70,47	43,04	37,97	32,91	25,32	17,72	7,59	0	70,47	43,04	113,90
15	22+660	Ida/Der.	30	75,73	60,76	55,70	50,63	43,04	35,44	25,32	0	75,73	60,76	208,77
16	23+760	Ida/Der.	30	73,2	60,76	55,70	50,63	43,04	35,44	25,32	0	73,20	60,76	251,12

Fuente: Elaboración propia

Tabla 135. Resultados de la evaluación estructural en unidades de muestreo Falladas según PCI (C-Izquierdo)

EVALUACION ESTRUCTURAL														
TRAMO: "EL PUENTE - CARRIZAL"														
MEDICIÓN DE DEFLEXIONES - MÉTODO VIGA BENKELMAN														
Tramo:		0+000 a 23+864			Relación de Brazos:		1 a 2		Presión (Psi):		80			
Estructura:		Pavimento Flexible			Carga Eje (Kilos):		8200		Carril:		Izquierda / Vuelta			
Fecha:		08/05/2017			Realizado por:		Rodriguez Altamirano Silvia							
N° Ensayo	Progresiva:	Carril	Tem p. °C	Deflexiones a las distancias de:								D0	D25	RC
				Lo 0 cm	L 25 25 cm	L 50 50 cm	L 75 75 cm	L 100 100 cm	L 200 200 cm	L 300 300 cm	L 500 500 cm			
1	0+800	Vuelta/Izq	21	67,4	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	67,4	50,63	186,4
2	1+680	Vuelta/Izq	27	68,76	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	68,76	50,63	172,43
3	3+660	Vuelta/Izq	27	69,01	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	69,01	50,63	170,04
4	4+340	Vuelta/Izq	27	73,85	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	73,85	50,63	134,6
5	6+080	Vuelta/Izq	29	78,48	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	78,48	50,63	112,22
6	8+520	Vuelta/Izq	29	75,95	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	75,95	50,63	123,44
7	9+320	Vuelta/Izq	33	75,07	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	75,07	50,63	127,87
8	11+760	Vuelta/Izq	33	77,57	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	77,57	50,63	115,99
9	12+820	Vuelta/Izq	33	62,56	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	62,56	50,63	262,01
10	15+980	Vuelta/Izq	38	74,25	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	74,25	50,63	132,32
11	16+320	Vuelta/Izq	38	74	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	74	50,63	133,71
12	19+700	Vuelta/Izq	40	70,15	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	70,15	50,63	160,11
13	20+900	Vuelta/Izq	39	72,32	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	72,32	50,63	144,11
14	21+820	Vuelta/Izq	39	65,92	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	65,92	50,63	204,39
15	23+760	Vuelta/Izq	30	75,73	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0	75,73	50,63	124,53

Fuente: Elaboración propia

4.4.2.2.3. Resultados de deflexiones máximas y radios de curvatura en los 23.864 km (por carril)

Tabla 136. Resultados promedio de la evaluación estructural de todo el tramo (C / Derecho)

EVALUACION ESTRUCTURAL														
TRAMO: "EL PUENTE - CARRIZAL"														
MEDICIÓN DE DEFLEXIONES - MÉTODO VIGA BENKELMAN														
Tramo:	0+000 a 23+864			Relación de Brazos:	1 a 2		Presión (Psi):	80						
Estructura:	Pavimento Flexible			Carga Eje (Kilos):	8200		Carril:	Derecho / Ida						
Fecha:	08/05/2017			Realizado por:	Rodriguez Altamirano Silvia									
N° Ensayo	Prog.:	Carril	Temp. °C	Deflexiones a las distancias de:								D0	D25	RC
				Lo 0 cm	L 25 cm	L 50 cm	L 75 cm	L 100 cm	L 200 cm	L 300 cm	L 500 cm			
1	0+00 23+684	Ida/Der.	33,94	62,31	48,75	43,42	38,36	30,76	23,25	12,96	0,00	62,3	48,8	313,5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 137. Resultados promedio de la evaluación estructural de todo el tramo (C / Izquierdo)

EVALUACION ESTRUCTURAL														
TRAMO: "EL PUENTE - CARRIZAL"														
MEDICIÓN DE DEFLEXIONES - MÉTODO VIGA BENKELMAN														
Tramo:	0+000 a 23+864			Relación de Brazos:	1 a 2		Presión (Psi):	80						
Estructura:	Pavimento Flexible			Carga Eje (Kilos):	8200		Carril:	Izquierda / Vuelta						
Fecha:	08/05/2017			Realizado por:	Rodriguez Altamirano Silvia									
N° Ensayo	Prog.:	Carril	Temp. °C	Deflexiones a las distancias de:								D0	D25	RC
				Lo 0 cm	L 25 cm	L 50 cm	L 75 cm	L 100 cm	L 200 cm	L 300 cm	L 500 cm			
2	0+00 23+684	Vuelta/Izq.	32,581	64,85	50,63	43,04	37,97	30,38	22,78	12,66	0,00	64,8	50,6	324,8

Fuente: Elaboración propia

4.4.2.2.4. Resultado promedio

4.4.2.2.5. Radio de deflexión máxima y radio de curvatura de todo el tramo

Tabla 138. Resultados promedio de la evaluación estructural de todo el tramo (Ambos Carriles)

EVALUACION ESTRUCTURAL														
TRAMO: "EL PUENTE - CARRIZAL"														
MEDICIÓN DE DEFLEXIONES - MÉTODO VIGA BENKELMAN														
Tramo:		0+000 a 23+864			Relación de Brazos:		1 a 2			Presión (Psi):		80		
Estructura:		Pavimento Flexible			Carga Eje (Kilos):		8200			Todo el tramo				
Fecha:		08/05/2017			Realizado por:		Rodriguez Altamirano Silvia							
N° Ensayo	Prog.:	Carril	Temp °C	Deflexiones a las distancias de:								D0	D25	RC
				L0 0 cm	L25 25 cm	L50 50 cm	L75 75 cm	L100 100 cm	L200 200 cm	L300 300 cm	L500 500 cm			
1	0+00 23+684	Ida/Vuel	33,26	63,58	49,69	43,23	38,17	30,57	23,02	12,81	0,00	63,6	49,7	319,2

Fuente: Elaboración propia

4.4.3. Análisis de resultados de la evaluación estructural

La deflexión máxima promedio obtenida de la evaluación estructural del tramo El Puente- Carrizal es de $D_0 = 63.6 \cdot 10^{-2}$ mm y la deformación admisible del tramo obtenida en función de N18 (ejes equivalentes de diseño) que establece un límite para la deflexión máxima es de $D_a = 95.75 \cdot 10^{-2}$ mm, se puede observar que las deformaciones obtenidas mediante el ensayo de la Viga Benkelman (deformación máxima) de todo el tramo son menores a la D_a (deformación admisible), por lo tanto el pavimento sujeto a evaluación tiene la capacidad estructural adecuada para resistir los esfuerzos del tráfico de diseño, el valor de radio de curvatura promedio es $R_c = 319.15$ m por lo tanto se puede indicar que el pavimento evaluado se califica como satisfactorio debido a que cumple con el criterio adoptado valores de radio de curvatura calculados mayores a 100 m y el radio de curvatura promedio está comprendido entre 300 y 500 m lo que indica un adecuado comportamiento estructural del pavimento evaluado.

Los valores obtenidos de deflexión máxima son menores a la deflexión admisible y los valores de radio de curvatura obtenidos muestran que no existe fallas estructurales en el tramo El Puente - Carrizal, ya que las deflexiones máximas se encuentran entre ($55.85 \cdot 10^{-2}$ y $71.57 \cdot 10^{-2}$ mm) menores a la deflexión admisible ($Da = 95.75 \cdot 10^{-2}$ mm).

Se puede apreciar en los puntos anteriores que las deflexiones en el tramo en general presentan valores bajos lo cual indica que el paquete estructural se encuentra buenas condiciones a pesar del tránsito que tiene el mencionado tramo, para sustentar lo mencionado se realizó una calicata del paquete estructural con la finalidad de obtener mayor información que sustente este análisis para lo cual se extrajo material de la Subrasante Mejorada, Sub Base y Base Obteniendo % de CBR por encima de los solicitado para dichas capas y se realiza la siguiente comparación:

4.4.3.1. Capa Sub Base

Según los parámetros de diseño los valores que se muestran en el (Tabla 124.) son valores mínimos para la capa sub base, el valor del CBR deben ser mayor o igual a 80%.

Tabla 139. Requisitos para materiales de Sub-Base

ENSAYO	REQUISITOS
CBR, mínimo.	80
Límite Plástico.	20
Límite líquido.	25
Índice de plasticidad, máximo.	6

Fuente: Mecánica de materiales para pavimentos (Sanfadila)

El CBR obtenido de la calicata realizada en el tramo supera al mínimo ya que debido a esta situación los valores de la deflexión son menores a los admisibles calculados.

Tabla 140. Resultados obtenidos de la calicata realizada (Sub Base)

ENSAYO	Resultados Obtenidos
CBR (100%).	81.8
Límite Plástico.	13.4
Límite líquido.	15.47
Índice de plasticidad.	2.05

Fuente: Elaboración Propia

4.4.3.2. Capa Base

Según los parámetros de diseño los valores que se muestran en el (Tabla 126.) son valores mínimos para la capa base, el valor del CBR deben ser mayor o igual a 95%.

Tabla 141. Requisitos para materiales de Base granular

ENSAYO	REQUISITOS
CBR, mínimo.	95
Límite Plástico.	20
Límite líquido.	25
Índice de plasticidad, máximo.	6

Fuente: Mecánica de materiales para pavimentos (Sanfadila)

El CBR obtenido de la calicata realizada en el tramo supera al mínimo ya que debido a esta situación los valores de la deflexión son menores a los admisibles calculados.

Tabla 142. Resultados obtenidos de la calicata realizada (Base)

ENSAYO	Resultados Obtenidos
CBR, mínimo.	97.1
Límite Plástico.	14.3
Límite líquido.	16.94
Índice de plasticidad, máximo.	2.63

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Es necesario mencionar que al ver la preocupación de los transeúntes y habitantes de la zona del tramo “El Puente – Carrizal” y al observar que la vía presenta fallas a temprana edad de su funcionamiento, se ve la necesidad de realizar la evaluación superficial y estructural, actualmente el pavimento presenta varias irregularidades las cuales fueron analizadas a detalle en la presente investigación.

Tras evaluar los resultados de los indicadores del estado, se concluye que del estado superficial y estructural del tramo “El Puente - Carrizal” sobresale lo siguiente:

1. En el tramo “El Puente – Carrizal” se realizó la evaluación superficial por el método de Índice de Condición de Pavimento (PCI) en función al manual de fallas que fue desarrollado en los años 1974 – 1976 a cargo del centro de ingeniería de la fuerza aérea de los EE.UU, se realizó la inspección en 628 unidades de muestreo para tener una confiabilidad del 100%.

2. El Índice de Condición del pavimento del tramo “El Puente - Carrizal” tienen un valor numérico de **76.71**, valor que pertenece, según la escala del método al intervalo (85 - 70) que comprende valores de PCI de calificación “**MUY BUENO**”, según el manual de fallas nos dice que el tramo “El Puente – Carrizal” está apto para brindar adecuadas condiciones de circulación para los usuarios.

3. Otro resultado que sobre sale es que el 68.47% de áreas de muestreo presentan fallas en el tramo y el 31.53% de áreas de muestreo que no presentan ningún tipo de fallas según el método Índice de Condición de Pavimentos (PCI), estos valores nos indica que no todo el tramo evaluado presenta fallas.
4. En función al periodo de diseño y al valor del PCI obtenido de la evaluación superficial se pudo obtener una curva del comportamiento del pavimento, donde se puede notar que el tramo en estudio si no se realiza mantenimiento el mismo se volverá intransitable.
5. En la evaluación estructural la totalidad de las deflexiones máximas en los sectores de evaluación se encuentran comprendidas en un rango de **$48.08 \cdot 10^{-2}$ a $78.24 \cdot 10^{-2}$ mm.** por debajo de la deflexión admisible para el tramo “El Puente - Carrizal” con un valor de **$95.75 \cdot 10^{-2}$ mm.** lo que indica un comportamiento de la estructura adecuado al tiempo de operación de la misma. Así mismo el radio de curvatura promedio obtenidos en el tramo oscila en el rango de **300 y 500m.**
6. Se complementó la presente investigación realizando una calicata en la progresiva 0+320 donde se pudo extraer muestra de la capa base y sub base y se pudo tomar medidas de espesores de las diferentes capas del paquete estructural del tramo, de la muestra extraída es llevada al laboratorio de suelos y se obtiene resultados que cumple con los parámetros de diseño.

7. Se concluye que esta investigación es un aporte para que se tome medidas de mantenimiento en el tramo estudiado para prolongar la vida útil del tramo.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar trabajos de mantenimiento y rehabilitación inmediatamente debido a que el tramo presenta fallas en poco tiempo de su construcción.
- También se debe realizar en la brevedad posible un estudio exclusivo a la carpeta asfáltica porque la misma presenta inestabilidad al aumentar la temperatura en el lugar, efecto que es notorio para los transeúntes.
- Despertar el interés de la aplicación de la deflectometría para con la utilización de la viga Benkelman ya que su medición es rápida y sobre todo no destructiva.
- El personal que realice una evaluación debe recibir una capacitación intensiva y profunda, teórica y práctica sobre el uso de los equipos, los procedimientos de medición y de cálculo, de lo contrario podrían producirse contratiempos y podrían incidir en los resultados al introducir datos erróneos que estropeen la evaluación.