

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

A partir de la década de los cincuenta, los gobiernos de los países de América latina invirtieron una gran cantidad de recursos estatales en una construcción de grandes vías urbanas y rurales, en los países de América latina y el Caribe.

Tiene grandes diferencias en programas de evaluación y conservación de las vías urbanas y rurales. Actualmente se obtiene una reducción de valor neto de la red vial aproximadamente de dos mil millones de dólares al año. Esta información se obtuvo de acuerdo a investigaciones ya realizadas en el año 1980 al 1990 y así sucesivamente se va actualizando cada vez más de acuerdo al desarrollo económico, por el cual en el futuro se tendrá que reemplazar las estructuras viales, que se van perdiendo por falta de evaluaciones de proyectos y conservaciones a tiempo necesario.

Sin embargo el problema no solo radica en la infraestructura sino que los usuarios están obligados a pagar actualmente fuertes sumas de dinero en costos adicionales por operación vehículos debido a las malas condiciones que se encuentra las redes viales urbanas y rurales.

Las fallas en los pavimentos se originan principalmente por la falta de mantenimiento adecuado y oportuno, así también se puede decir que los métodos de diseño de pavimento rígido se encuentran dentro del campo empírico, por lo tanto el compartimiento de Pavimentos es difícil de comprender. Una de las desventajas de esos métodos empíricos, es que éstos no pueden ser aplicados con seguridad cuando las condiciones ambientales son diferentes a las que se realizan los experimentos donde se ha originado las fórmulas empíricas.

Comparación con otros asfaltos, una de la ventaja más notable es su durabilidad, su bajo costo de mantenimiento y su economía.

En la construcción de pavimentos rígidos, surgen necesidades de realizar un mantenimiento periódico preventivo de las vías a fin de prolongar su vida útil y reducir los gastos causados por daños.

En el transcurso de los últimos 10 años en puntos estratégicos de nuestra ciudad, el municipio de la ciudad de Tarija va realizando el asfaltado de diferentes calles y avenidas, ésto se realiza para mejorar las condiciones de transitabilidad de vehículos y peatones en la ciudad de Tarija.

Pero con el paso del tiempo se observa el deterioro de dichas calles esto puede ser causa:

- De una mala construcción.
- La mala compactación adecuada en los respectivos capas de la carpeta estructural.
- La utilización de una mezcla pobre para el asfaltado de concreto hidráulico
- La utilización de un material inadecuado que no cumplía con las especificaciones técnicas de diseño en la carpeta estructural.
- El tránsito vehicular pesado que circula en las calles.
- La falta de un mantenimiento adecuado.
- También el deterioro se produce por agentes de meteorización.

Los deterioros que se presentan son rugosidades, fisuras, disgregación del material, deformaciones, hundimientos fisuras transversales y longitudinales etc.

### **1.1.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO**

El lugar del área de evaluación es la Avenida los Parrales que se encuentra en el Departamento de Tarija Provincia Cercado, con número de distrito (13) está limitado por las siguientes características: en la parte Norte limita con el Rio Guadalquivir, en la parte

Sur con el Barrio Aranjuez Sub y al Este con el Barrio Legal Aranjuez y el Oeste con el Barrio Residencial Andaluz.

## **1.2 - DISEÑO TEÓRICO**

### **1.2.1 JUSTIFICACIÓN:**

La necesidad surge porque en la Avenida los Parrales de la Ciudad de Tarija no se realizó una evaluación de pavimentos o al menos un mantenimiento rutinario y para mejorar el tránsito vehicular y peatonal. Por otro lado, estos trabajos traen mejoras, a la Ciudad para que el tránsito vehicular no contamine con el polvo, evitando también la formación de charcos de agua en época de lluvia en la carretera.

En este caso estudiamos la **AVENIDA LOS PARRALES**.

Para ello realizaremos nuestro estudio de evaluación superficial y posterior aplicación de un mantenimiento adecuado al tipo de estado que se encuentra.

La Avenida Los Parrales de la Ciudad de Tarija, ya tiene un periodo adecuado de tiempo de funcionamiento en la que circulan transporte liviano y pesado provocando una rápida desintegración de la carretera.

Pero en ese tiempo no se ha hecho ningún tipo de evaluación para saber el estado de las mismas, tampoco se realizaron trabajos de mantenimiento, por eso es importante elaborar una evaluación de pavimento y posteriormente un mantenimiento, porque la superficie de esta avenida Los Parrales se encuentran deterioradas por el aumento del flujo vehicular.

Los rayos solares, lluvia, viento, heladas y líquidos tóxicos son agentes que deterioran rápidamente la superficie del Pavimento Rígido.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL:**

Realizar la evaluación superficial del pavimento rígido de la Avenida los Parrales Ciudad de Tarija, mediante tres indicadores de evaluación de fallas: Método índice de condición de pavimento (PCI), el índice de serviciabilidad presente (PSI) y el índice de rugosidad Internacional (IRI), para así sugerir la mejor alternativa técnica -económica de mantenimiento, la cual proporcionará confort a los usuarios.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Cuantificar los deterioros y todas las fallas superficiales existentes en el área o tramo de análisis.
- Clasificar las fallas del pavimento rígido de acuerdo a la gravedad de la misma.
- Determinar el estado actual en que se encuentra la Avenida los Parrales.
- Definir qué tipo de mantenimiento es el más adecuado para el estado actual de la Avenida los Parrales.
- Recomendar y aplicar la alternativa de mantenimiento a los problemas que se presentan en la avenida Los Parrales que se ha utilizado el pavimento rígido.

#### **1.4 ALCANCE:**

El alcance del presente proyecto de grado titulado **“EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA LOS PARRALES DEL BARRIO CARMEN ARANJUEZ”** tiene como fin aplicar tres metodologías de evaluación del pavimento rígido en la parte superficial, para lo cual se tendrá que estudiar sus propiedades, características y tipos de fallas, para poder obtener la suficiente información científica y técnica que permita encontrar las soluciones más factibles en el trabajo de su mantenimiento.

Se obtendrá el índice de condición de pavimento (PCI), el índice de serviciabilidad presente (PSI) y el índice de rugosidad Internacional (IRI) del pavimento, lo cual indicarán la calidad de circulación o servicio de la vía y si las fallas existentes han influido en la regularidad del pavimento.

Se identificará el grado de deterioro del pavimento rígido en función al tipo de falla, la condición operacional de la superficie, la severidad el área afectada. Las cuales ayudarán a determinar posibles soluciones a recomendar.

Se obtendrá un análisis del estado superficial del pavimento rígido de manera más detallada, para hacer una cuantificación de fallas eficiente.

Con la evaluación de pavimento rígido se plantearán posibles soluciones a los problemas detectados en el desarrollo del tema y posteriormente el curado de grietas, fisuras, hundimientos, deformaciones, en la cual es una forma de realizar mantenimiento y conservación.

Este proyecto realizado no contemplará diseño, ni tampoco el mejoramiento del drenaje, si no la evaluación superficial del pavimento rígido

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTO TEÓRICO**

#### **2.1 CONCEPTOS**

Se los define a los pavimentos como una estructura conformada por muchas capas superpuestas que tienen la forma horizontal y tiene una altura considerable no menor a 0.40 m, sólo en casos especiales menor a éste, está conformada por distintos materiales con una compactación adecuada. Toda la estructura se apoya en la sub-rasante o terreno de fundación, éste se lo obtiene después de realizar el movimiento de tierras, que es la que va a soportar las cargas del tráfico y otros, etc.

El pavimento es el conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la que debe funcionar eficientemente. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son: El ancho, el trazo horizontal y vertical, la resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aún en condiciones húmedas.

El pavimento deberá presentar la resistencia adecuada para soportar los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas.

Se presentan dos tipos de pavimentos, los mismos que se diferencian por la estructura que presentan y las capas que las conforman.

## **2.2 TIPOS DE PAVIMENTOS:**

Los pavimentos se clasifican de acuerdo a las características estructurales y por su capa de rodadura de lo cual tenemos el siguiente tipo de pavimentos:

- a) Pavimentos flexibles.
- b) Pavimentos Rígidos.

### **2.2.1 PAVIMENTOS FLEXIBLES:**

Reciben esa denominación porque son estructuras con capacidad de deformarse sin romperse desde las capas inferiores hasta la capa de rodadura dentro de los límites de esfuerzo a lo que es sometida.

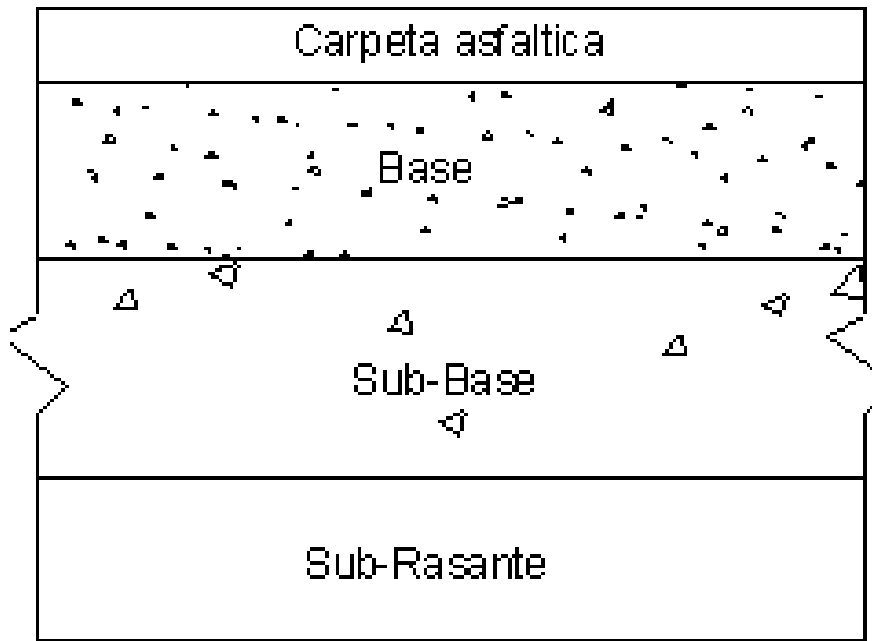
El pavimento flexible está conformado por una serie de capas colocadas unas encima de otras con una función específica de cada una de ellas que en su conjunto deban soportar la carga de tráfico.

Por otro lado un pavimento flexible cuenta con una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base granular y de la capa de sub-base.

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

**FIGURA N° 1**

**Las capas del pavimento flexible que la conforman son:**



**Fuente: Elaboración Propia**

- ❖ Capa sub-rasante
- ❖ Capa sub-base.
- ❖ Capa base.
- ❖ Capa de rodadura o carpeta asfáltica



### **2.2.2 PAVIMENTOS RÍGIDOS:**

El pavimento rígido se denomina así por tener una capa de rodadura de características rígidas, como es la carpeta de hormigón, aunque esté conformada con otras capas de material seleccionado inferiores de características flexibles en su conjunto determinamos que se trata de una estructura rígida.

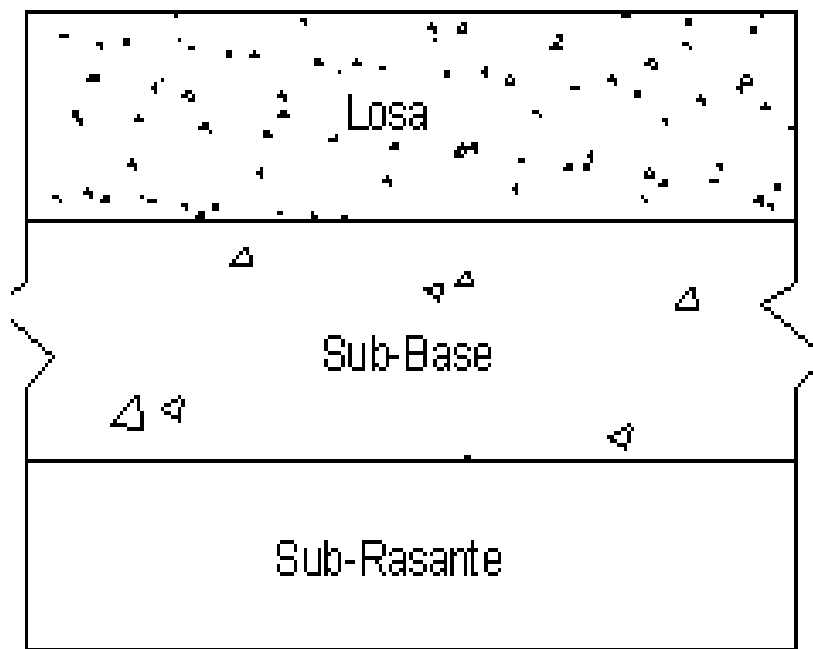
La capa más común utilizada es el hormigón vibrado en masa, dividida en losas mediante juntas para evitar por un lado las fisuras que aparecen por la retracción del hormigón y por otro lado para facilitar el alabeo entre carriles y juntas transversales de contracción a distancias de 4 a 5 m. En estas últimas se disponen pasadores que son barras de acero no adheridas al hormigón que sirven para la transición de cargas de una losa a la siguiente con lo que se asegura la continuidad de la rodadura a largo plazo.

Los pavimentos de concreto hidráulico o pavimentos rígidos difieren de los pavimentos flexibles, primero que poseen una resistencia considerable a la flexión, y segundo que son afectados grandemente por los cambios de temperatura, los pavimentos de concreto están sujetos a los siguientes esfuerzos:

- Esfuerzos abrasivos causados por las llantas de los vehículos.
- Esfuerzos directos de compresión y acortamiento causados por las cargas de las ruedas.
- Esfuerzos de compresión y tensión causados por la expansión y contracción del concreto.
- Esfuerzos de compresión y tensión debido a la combadura del pavimento por efectos de cambio de la temperatura.

**FIGURA N° 2**

**Elementos que integran un pavimento rígido.**



**Fuente: Elaboración Propia**

### **2.2.2.1 Sub-Rasante.**

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la sub-rasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante.

### **2.2.2.2 Capa Sub-Base.**

La capa sub base del pavimento se denomina capa drenante y actúa como capa intermedia, su función principal es que se produzca fricción entre la capa sub-rasante y la base mejorada o acción cavitaria que hace que crezca el volumen en la estructura y se produce desequilibrio, para esos casos la capa sub-base es la que se encarga de eliminar esas situaciones no deseables del pavimento.

**Las especificaciones de los materiales de la capa sub-base son las siguientes:**

- Material de buena calidad y debe estar clasificado por la clasificación ASSTHO como A1, A2 y A4.
- La plasticidad de este material no debe superar el 2%.
- El límite líquido debe ser menor a 25%.
- El valor de soporte de CBR debe ser mayor a 35%.
- El porcentaje que pasa el tamiz número 200 no debe superar el 8%.

En la mayoría de los casos son materiales provenientes de bancos elegidos sin embargo no se descarta utilizar material triturado en caso de no encontrar material que cumpla con las especificaciones ya indicadas.

### **2.2.2.3 Losas de concreto capa de rodadura.**

Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la sub-rasante, dado que no usan capa base. En general, se puede indicar que el concreto hidráulico distribuye mejor las cargas hacia la estructura de pavimento.

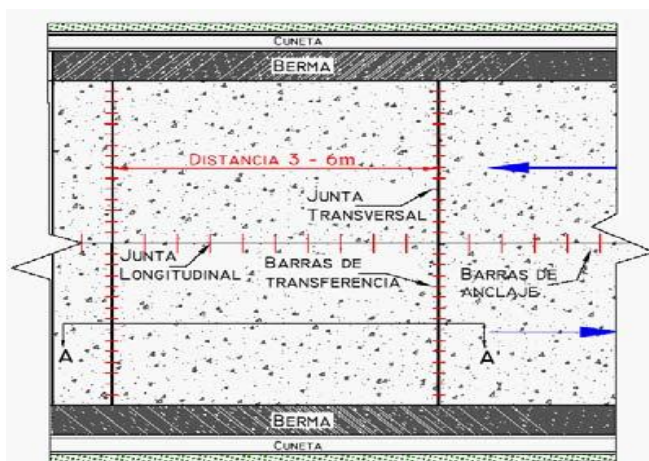
## 2.4 TIPOS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS:

### a) LOSAS DE CONCRETO SIMPLE

Este sistema utiliza placas de concreto sin refuerzo. Las juntas de contracción transversal son en general construidas a intervalos entre 3 y 6 m (Figura N° 3), con el objetivo de controlar la figuración de las losas. Dependiendo del diseño de las losas, éstas se pueden unir mediante dovelas o barras de transferencia colocadas en las juntas transversales asegurando la transferencia de carga entre estas; además se colocan barras de anclaje en las juntas longitudinales, en dirección perpendicular al eje de la vía.

FIGURA N° 3

### Losas de Concreto Simple



Vista en planta

A continuación se presentan algunas características de este tipo de pavimento rígido.

**Control de fisuras:** Se lleva a cabo con juntas de contracción transversal y longitudinal.

**Espaciamiento entre juntas:** Obedece a una relación de esbeltéz donde interviene el ancho, el largo y el espesor de la losa. Las juntas transversales deben construirse a máximo 1,25 veces el ancho de la losa. Las juntas longitudinales deben ser construidas si el ancho de la calzada es mayor a 25 veces el espesor de la losa.

**Acero de refuerzo:** Ninguno.

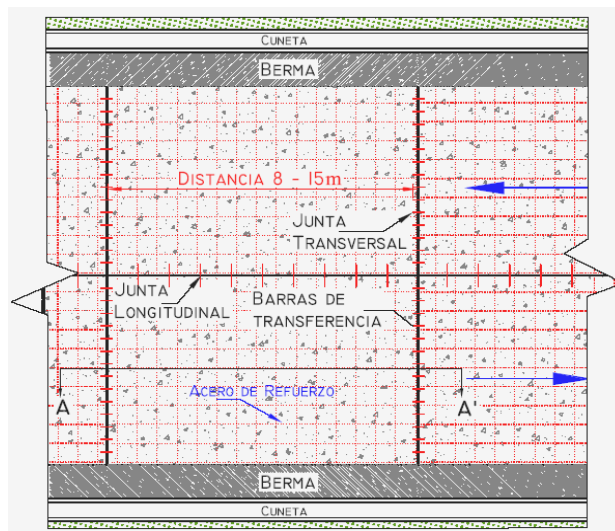
**Transferencia de cargas:** Por el trabamiento de agregados y/o acción de las dovelas.

## b) LOSAS DE CONCRETO REFORZADO

Debido a que el espaciamiento de las juntas transversales es mayor que el de las placas de concreto simple, con rangos típicos entre 7 – 15 m, este sistema utiliza juntas de contracción y adicionalmente acero de refuerzo para controlar la figuración de las losas (Figura N° 4). Las dovelas son usadas en las juntas transversales para asegurar la transferencia de cargas entre las losas.

**FIGURA N° 4**

### Losas de Concreto Reforzado



**Vista en planta**

A continuación se presentan algunas características de este tipo de pavimento rígido.

**Control de fisuras:** Se lleva a cabo con juntas de contracción transversal y acero de refuerzo.

**Espaciamiento de juntas:** Entre 7 y 15 m, debido a la naturaleza del concreto, las losas pueden fracturarse en la zona central.

**Acero de refuerzo:** Malla de acero electro soldada ubicada en el eje neutro de la losa.

**Transferencia de cargas:** Dovelas y acero de refuerzo. Las dovelas ayudan en la transferencia de cargas en las juntas transversales.

### c) PAVIMENTO CONTINUAMENTE REFORZADO

Conocido como PLV, éste sistema no requiere juntas de contracción ya que su diseño guarda similitud con una losa de entrepiso (Figura N° 5). En las fisuras transversales se consideran normales ya que están asociadas al acero de refuerzo de la losa de concreto, la experiencia ha mostrado que la abertura normal para estas fisuras es de aproximadamente 0,5 mm lo que no resulta crítico en relación con la posibilidad de ingreso de agua. Los intervalos típicos de espaciamiento de estas fisuras están entre 1,10 y 2,40 m. El acero de refuerzo en estos pavimentos se encuentra en la parte superior y/o inferior. Se recomienda trabajar con barras No. 5 (5/8") y No. 6 (3/4").

**FIGURA N° 5**

#### **Concreto Continuamente Reforzado**



**Vista en Planta**

A continuación se presentan algunas características de este tipo de pavimento rígido

**Control de fisuras:** Se lleva a cabo con acero de refuerzo.

**Espaciamiento de juntas:** No aplica, no tiene juntas transversales ni longitudinales.

**Acero de refuerzo:** Vigas longitudinales en los extremos de los carriles y vigas transversales espaciadas de acuerdo al diseño, asimismo malla electro soldada en la parte superior e inferior de la losa.

**Transferencia de cargas:** La transferencia de carga se realiza a través de las vigas longitudinales y transversales.

## **2.5 PROPÓSITOS DE LAS CAPAS:**

Las propiedades que vamos a hacer referencia son las siguientes:

- Estabilidad.
- Resistencia a las deformaciones plásticas.
- Resistencia a la fatiga.
- Flexibilidad.
- Resistencia al deslizamiento.

Estas son propiedades que debemos tomar en cuenta cuando tenemos que construir un pavimento rígido, pero de tratarse de otro tipo de infraestructura habría que hacer referencia a otras propiedades más relevantes.

- **Estabilidad.-** Una de las características que debe tener un pavimento rígido es la de ser capaz de soportar el paso de las cargas y de resistir las tensiones que se van a producir con unas deformaciones tolerables, lógicamente un pavimento rígido a de ser más estable cuanto mayor sea el valor de la carga que sobre él actúa, puede tener la estabilidad suficiente para otra carga diferente.

La estabilidad se suele evaluar empíricamente, por lo tanto es una representación empírica de la resistencia (íntima) del material es decir de su rozamiento interno y de su cohesión.

La estabilidad o carga de rotura se suele evaluar mediante ensayos empíricos, el más conocido es el ensayo Marshall, pero hay que tener presente que las curvas muestran la

variación de la estabilidad con el porcentaje de ligante de la mezclas de asfalto tiene un máximo, si aumentas el ligante hay un aumento de estabilidad en base del incremento de la cohesión, pero existe un punto a partir del cual la estabilidad empieza a caer debido que hay exceso de ligante supone una disminución del rozamiento interno, el ligante es uno de los factores que intervienen en la estabilidad, mientras son otros como por ejemplo: La angularidad del agregado, tamaño máximo y su granulometría.

- **Resistencia a las deformaciones plásticas.-** El paso de las cargas especialmente en condiciones de altas temperaturas y bajas velocidades va produciendo una acumulación de deformaciones de tipo plástico, si el pavimento no tiene las características geológicas adecuadas puede producir una verdadera fluencia del material, como son las deformaciones plásticas longitudinales que se producen en zonas de rodadura de los vehículos, en otras ocasiones se ponen en manifiesto mediante arrollamientos o resaltos transversales como si el pavimento se comportara como una alfombra corrugada.
- **Resistencia a la fatiga.-** Las altas temperaturas y velocidades bajas hace que la mezcla del pavimento tenga un comportamiento elástico en este estado, el paso de las cargas generalmente muy inferiores a la de la rotura va produciendo un agotamiento progresivo por fatiga del material, esta fatiga se traduce en un aumento de deflexiones (deformaciones elásticas recuperables) y cuando se llega a un estado avanzado del pavimento presenta un agrietamiento generalizado.
- **Flexibilidad.-** Es esta una propiedad que muchas veces no se tiene debidamente en cuenta al proyectar una mezcla para pavimento rígido pero es sin duda una de las características que se debe esperar en las mismas puesto del conocimiento sobre el comportamiento de las mezclas para pavimento rígido.
- **Resistencia al deslizamiento.-** Las mezclas bituminosas no sólo deben satisfacer propiedades, de tipo estructural, sino también requisitos funcionales como por ejemplo dar una adecuada resistencia al deslizamiento que se ha de mantener en toda la vida del pavimento.



## **2.6 MATERIALES PARA LA LOSA DE HORMIGÓN:**

El hormigón es un material pétreo artificial, que se elabora mezclando parte del agua y cemento Portland, con arena y grava en proporciones en tales que se produzca la resistencia y la densidad deseada.

Las principales propiedades que se deben de observar en las gravas y arenas son: dureza, plasticidad, sanidad, forma de la partícula y granulometría, en cuanto a la plasticidad la grava y la arena deben ser materiales inertes, es decir que deben tener un índice plástico y una contracción lineal de cero, también deben cumplir las normas de desgaste de los ángeles y de interperismo acelerado con lo cual se asegura la dureza y la durabilidad, aunque es necesario conocer si los agregados tienen álcalis y si éstos les son perjudiciales al concreto a través del tiempo.

En cuanto a la forma de las partículas conviene que sean lo más rugosas posibles, es decir que tengan un alto valor de fricción porque así se podrá alcanzar un gran valor de adherencia con la masa de cemento y agua, lo cual no sucede con las partículas redondas como los materiales de quebradas y ríos.

El pavimento más empleado actualmente por su adaptabilidad técnica y económica son: los pavimentos en masa o de hormigón vibrado por su construcción es más sencilla y de menor costo.

### **❖ Materiales pétreos.**

Estos materiales se sujetarán al tratamiento necesario para cumplir con los requisitos de calidad que se indican en cada caso, debiendo el contratista prever las características en el almacén y los tratamientos necesarios para su utilización.

El manejo y/o almacenamiento subsecuente de los agregados, deberá hacerse de tal manera que se eviten segregaciones o contaminaciones con sustancias u otros materiales.

❖ **Grava.**

El agregado grueso será grava triturada totalmente con tamaño máximo de treinta y ocho (38) milímetros, resistencia superior a la resistencia del concreto señalada en el Proyecto, y con la secuencia granulométrica que se indica a continuación:

**CUADRO N° 2.1**

**Especificaciones – Materiales – Granulometría de la Grava**

<b>Malla "</b>	<b>Malla mm</b>	<b>% que pasa</b>
2"	50	100
1 ½"	35.5	95 -100
¾	19	35 -70
⅜	9.5	10 -30
N 4	4.75	0 -5

Fuente: Deterioro de Pavimento Rígido y Mantenimiento  
Autor: Ing. Luis f. Altamirano Kauffmann

❖ **Arena**

El agregado fino o arena deberá tener un tamaño máximo de 9.51 mm con la secuencia granulométrica que se indica a continuación.

**CUADRO N° 2.2**

**Especificaciones – Materiales – Granulometría de la Arena**

<b>Malla"</b>	<b>Malla mm</b>	<b>%que pasa</b>
3/8"	9.50 mm	100
Número 4	4.75 mm	95 - 100
Número 8	2.36 mm	80 - 100
Número 16	1.18 mm	50 - 85
Número 30	600 µm	25 - 60
Número 50	300 µm	10 - 30
<b>Número 100</b>	<b>150 µm</b>	<b>2 - 10</b>
Número 200	75 µm	4 máximo

Fuente: Deterioro de Pavimento Rígido y Mantenimiento  
Autor: Ing. Luis f. Altamirano Kauffmann

### ❖ **Agua.**

El agua que se emplee en la fabricación del concreto deberá cumplir con la norma NMX-C-122, debe ser potable, y por lo tanto, estar libre de materiales perjudiciales tales como aceites, grasas, materia orgánica, etc. En general, se considera adecuada el agua que sea apta para el consumo humano. Asimismo, no deberá contener cantidades mayores de las sustancias químicas que las que se indican:

#### **Especificaciones - Materiales - Sustancias Perjudiciales en el Agua Sustancia**

- Sulfatos (Convertidos a  $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ )
- Cloruros (convertidos a  $\text{Na Cl}$ )
- Materia orgánica (óxido consumido en medio ácido)
- Turbiedad

### **2.7 IMPERMEABILIDAD:**

Las mezclas asfálticas tienen como misión proteger la infraestructura, frente a la acción del agua que cae sobre la calzada, por ello se debe dotar a las mezclas una elevada impermeabilidad, la misma que no tiene que estar confiada a la capa de rodadura, existiendo por eso las denominadas mezclas porosas.

Sin embargo, no se debe olvidar que las mezclas nunca son absolutamente impermeables, y los pavimentos debido al envejecimiento eventual agrietamiento por fatiga, van aumentando su permeabilidad con el paso del tiempo, si se quiere que la mezcla siga protegiendo el resto del pavimento y a la sub-rasante de la acción del agua, será necesario realizar una evaluación superficial y posterior tratamiento según sea el caso.

## **2.8 EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS:**

Todo tipo de vías se planean y se construyen para que estén en servicio un determinado tiempo, denominado vida útil de la obra.

Al estar en funcionamiento una obra vial se va deteriorando y presentando diferentes condiciones de servicio, a través de los años. Los deterioros que se presentan primeramente son pequeños pero pueden ser causas de una serie de problemas de la obra vial que aceleran su falla, porque una obra brinda un servicio adecuado requiere de mantenimiento y conservación al menos para asegurar la vida útil del proyecto.

La evaluación de pavimentos es una tarea muy importante porque cada empresa o institución dedicada al mantenimiento y conservación de las vías, calles y autopistas deben ser realizadas con un único propósito de encontrar las posibles fallas y desperfectos que pudiera presentar la determinada vía para luego poder aplicar la mejor alternativa de solución en caso de necesitarla, para darle una continuidad de operación de dicha vía.

## **2.9 TIPOS DE EVALUACIONES:**

Para la evaluación de pavimentos se puede decir que existen dos formas de evaluaciones que son las siguientes:

- Evaluación superficial.
- Evaluación estructural.

### **2.9.1 Evaluación Superficial.**

El trabajo de una evaluación de un pavimento flexible, como rígido implica la cuantificación de las características superficiales del pavimento, vale aclarar que hablamos de la capa de rodadura, desde el momento que el pavimento se pone en servicio.

1. **Índice de Serviciabilidad (PSI)**
2. **Índice de Rugosidad Internacional (IRI)**
3. **Índice de Condición de Pavimentos (PCI)**

Estos métodos son sencillos de aplicar y no requieren equipos experimentados.

La inspección visual es una de las herramientas más importantes en la aplicación y evaluación de estos métodos, y forma parte esencial de toda la investigación.

La inspección visual se realiza generalmente en dos etapas, una inicial y otra detallada. Con la inspección visual inicial se pretende obtener una inspección general del proyecto.

Esta tarea se realiza sobre un vehículo, conduciendo a baja velocidad abarcando toda la longitud de la vía.

Por otro lado, la inspección visual detallada consiste en inspeccionar la vía caminando sobre ella y tomando notas detalladas de las fallas encontradas en la superficie y se anotan también otras observaciones adicionales que se consideran necesarias.

Los diferentes modos y tipos de falla se describen en función de su severidad, frecuencia y ubicación, de esta forma se tendrá una herramienta importante a la hora de fijar la estrategia de rehabilitación.

### **2.9.2 Evaluación Estructural.**

La evaluación estructural es conocer las características estructurales de un pavimento, y su comportamiento ante el tráfico vehicular.

Las características estructurales de los pavimentos están relacionadas con los materiales empleados en las capas del pavimento y sus respectivos espesores de estas capas, la diferente deformabilidad que puedan presentar estas capas da lugar a discontinuidades de

deformaciones en ellas, por lo que el proyecto o construcción de una capa debe armonizarse con las restantes a fin de conseguir un buen comportamiento estructural en su conjunto.

Se debe evaluar a todo el conjunto de capas que está formando el pavimento.

El resultado deberá ser tal que con ello se defina el rediseño del pavimento (refuerzo, análisis de la vida útil) Por tanto el análisis estructural estará basado en la medición de la deflexión del pavimento bajo la acción de cargas.

## **2.10 FACTORES AMBIENTALES:**

### **2.10.1 Clima:**

El clima es un factor muy importante en el estudio de pavimentos se define como un parámetro de precipitación, temperatura, iluminación solar y otros, tomado en diversas estaciones de observación en la misma región.

La posibilidad de que el clima varíe es un tema controvertido, aunque ésto suceda en un determinado periodo, es muy improbable que se produzcan variaciones considerables dentro de la zona con clima homogéneo por lo tanto se puede establecer una zona climática.

El gradiente de temperatura varía como las oscilaciones de temperatura diaria y estacional, provocando una desigual dilatación de la masa del hormigón dando como resultado el alabeo de la loza.

En el verano, durante el día se produce el máximo gradiente positivo. La loza se deforma arqueando los bordes hacia abajo. Durante la noche ocurre lo contrario y la loza se deforma arqueando sus bordes hacia arriba.

Otro problema se presenta con las heladas, el mismo está relacionado íntimamente con las características del suelo.

El daño se produce en un pavimento depende de la penetración de las heladas y de las características del suelo.

La zona se caracteriza por tener el verano localizado en los meses de diciembre hasta el mes de febrero con una temperatura promedio de 22.5<sup>0</sup>c con una máxima de temperatura de 35<sup>0</sup>c. En el invierno se presenta durante los meses junio y julio con temperaturas promedios mínimas de 10.5 a 9.5<sup>0</sup>c, el periodo libre de heladas aproximadamente es de 150 días entre los meses de octubre. La zona se encuentra bajo la influencia de los vientos del sur causantes del fenómeno llamado surazo caracterizado por un fuerte descenso de temperatura en los periodos de invierno.

El régimen de lluvias a nivel mensual se inician en octubre prácticamente concluye en el mes de abril correspondiendo el periodo de mayor precipitación los meses de enero y febrero.

# CAPÍTULO III

## MÉTODOLÓGIA PARA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE PAVIMENTO RÍGIDO

### **3.1 MÉTODO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)**

#### **3.1.1 Introducción.**

El Índice de Condición del Pavimento ((PCI), por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema y las cuales se presentan a continuación.

Se presentan la totalidad de los daños incluidos en la formulación original del (PCI), pero eventualmente se harán las observaciones de rigor sobre las patologías que no deben ser consideradas debido a su génesis o esencia ajenas a las condiciones locales. El usuario de esta guía estará en capacidad de identificar estos casos con plena comprensión de forma casi inmediata.

#### **3.1.2 Índice de Condición del Pavimento (PCI).**

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

El (PCI) es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta 100 para un pavimento en perfecto estado.



En el Cuadro 3.1 se presentan los rangos de (PCI) con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

**CUADRO 3.1**

**RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI**

<b>RANGO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

**Fuente: Manual (PCI) Índice de Condición del Pavimento**

**Autor: Ing. Luis Ricardo Vásquez Varela**

El cálculo del (PCI) se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada daño presenta.

El (PCI) se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie.

La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

### **3.1.3 Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento.**

La primera etapa corresponde al trabajo de campo, en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin.

**Unidades de Muestreo.** 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:

a.) Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 12 m. El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango  $230 \pm 93\text{m}^2$ . En el cuadro 3.2 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

**CUADRO 3.2**  
**LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFÁLTICAS**

ancho de calzada en (m)	unidades de longitud de muestreo en (m)
5	46
5,5	41,8
6	38,3
6,5	35,4
7,3	31,5
8.0	29.0
8.5	27.0
9.0	26.0
9.5	24.0
10.0	23.0
10.5	22.0
11.0	21.0
11.5	20.0
12.0	19.0

Fuente: Manual (PCI) Índice de Condición del Pavimento  
Autor: Ing. Luis Ricardo Vásquez Varela

b.) Carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Portland y losas con longitud inferior que 12 m. El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango  $20 \pm 8$  losas.

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

**Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación.** En la “Evaluación De Una Red” vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará 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 mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante una ecuación la cual produce un estimado del PCI  $\pm 5$  del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

$$n = \frac{[N * s^2]}{\left[ \left( \frac{e^2}{4} \right) * (N - 1) + s^2 \right]}$$

**Donde:**

**n** = Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

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

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

**s** = Desviación estándar del (PCI) entre las unidades.

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

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

**Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección.** Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera:

a.) El intervalo de muestreo (**i**)

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

**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 (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3)

b.) El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo *i*. Así, si  $i = 3$ , la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S+1), (S+2), (S+3), etc.

Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo (*i*) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, etc.

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

**Selección de Unidades de Muestreo Adicionales.-** Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado.

También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por ejemplo, “cruce de línea férrea”) queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio.

Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria.

Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del (PCI) es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

**Evaluación de Condición.-** El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona.

Debe seguirse estrictamente la definición de los daños de este documento para obtener un valor del (PCI) confiable.

**La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:**

**a.) Equipo:**

- Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de las depresiones.
- Manual de Daños del (PCI) con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

**b.) Procedimiento:** Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños, se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

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

### **3.1.4 Cálculo del (PCI) de las Unidades de Muestreo.**

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el (PCI). El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “Valores Deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

#### **Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos:**

**1. a** Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna TOTAL del formato elegido de acuerdo al manual del (PCI). El daño puede medirse en área, longitud ó por número según su tipo.

**1. b** Divida 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. Ésta es la densidad del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

**1. c** Determine el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “valor deducido del daño” que se adjuntan en el anexo 1 de este documento, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

#### **Etapa 2. Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m):**

**2. a** Si ninguno ó tan sólo uno de los “valores deducidos” es mayor que 2, se usa el “valor deducido total” en lugar del mayor “valor deducido corregido”, (VDC), obtenido en la etapa 4. De lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b. y 2.c.

**2. b** Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.

2. c Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), utilizando la ecuación 5:

**Ecuación 5 carreteras pavimentadas**

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} * [100 - HDV_i]$$

**Donde:**

**Mi** = Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo (**i**).

**HDVi** = 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 de menos valores deducidos que (m) se utilizan todos los que se tengan.

**Etapa 3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, (VDC).**

El máximo (VDC) se determina mediante el siguiente proceso interactivo:

3. a Determine el número de valores deducidos “**q**” mayores que **2**.

3. b Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.

3. c Determine el (VDC) con “**q**” y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

3. d Reduzca a **2** el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que **2** y repita las etapas **3.a** a **3.c** hasta que “**q**” sea igual a **1**.

3. e El máximo (VDC) es el mayor de los (VDC) obtenidos en este proceso.

**Etapa 4.** Calcule el (PCI) de la unidad restando de 100 el máximo (VDC) obtenido en la etapa 3.

El valor final del índice de condición del pavimento (PCI) es:

$$PCI_F = \frac{\sum PCI_i}{n}$$

**Donde:**

**PCI<sub>i</sub>** = PCI de cada unidad evaluada

**n** = Número de unidades que existen en la sección

**PCIF** = Índice de Condición del Pavimento Final del tramo en estudio.

### **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 utilizó la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección, el (PCI) será el promedio de los (PCI) de las unidades de muestreo inspeccionadas.

Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma:

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

**Donde:**

**PCIS** = PCI de la sección del pavimento.



**PCI<sub>r</sub>** = PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

**PCI<sub>a</sub>** = PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

**N** = Número total de unidades de muestreo en la sección.

**A** = Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

### **3.2 MÉTODO DE EVALUACIÓN ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE (PSI).**

#### **3.2.1 Fundamentos de la evaluación de estado de los pavimentos:**

La evaluación de estado del pavimento consiste en el relevamiento de las fallas más significativas que afectan al mismo. Estas son:

- Deformación longitudinal
- Deformación transversal.
- Fisuración.
- Desprendimiento.

El índice de serviciabilidad presente (PSI) representa una orientación del estado del pavimento desde el punto de vista del usuario por lo que es necesario que se exprese la rugosidad en términos de serviciabilidad. Para este fin se adopta una escala que en base a estudios realizados por el Instituto de Asfaltos está en un rango de 0 a 5, de acuerdo a esta escala el (PSI) es igual a 5 y la rugosidad es cero, siendo el índice más alto de serviciabilidad, que este valor en la práctica no se obtiene, y por lo contrario si el (PSI) es igual a cero la carretera está completamente intransitable y corresponde a una rugosidad muy alta.

Un método práctico desarrollado por ensayos de la AASHO para los pavimentos ya sea flexible como, rígido que corresponde a la siguiente ecuación.

$$PSI = 6.20 - 0.8 * C1 - 0.3 * C2 - 0.1 * C3$$

**Donde:**

C1, C2, C3 Son apreciaciones en el terreno de la superficie del pavimento de acuerdo a la escala siguiente cuadro N° 3.3

$$PSI_F = \frac{\sum PSI_i}{n}$$

**Donde:**

**PSI** = PSI de cada unidad evaluada

**n** = Número de unidades que existen en la sección

**PSIF** = Índice de Serviciabilidad Presente Final del tramo en estudio.

### CUADRO N° 3.3

#### COEFICIENTES C1, C2, C3

<b>RUGOSIDAD LONGITUDINAL</b>	<b>VALOR C1</b>
Perfectamente lisa	1
Algo rugosa	2
Medianamente rugosa	3
Rugosidad alta	4
Extremadamente rugosa	5
<b>INTENSIDAD DE GRIETAS Y PARCHES</b>	<b>VALOR C2</b>
Ausencia de grietas	1
Grietas y parches escasos	2
Fuertemente agrietado y parchado	3
Extremadamente agrietado y parchado	4
<b>DEFORMACIÓN TRANSVERSAL</b>	<b>VALOR C3</b>
Sin deformación ni ahuellamiento	1
Medianamente deformado y ahuellado	2
Fuertemente deformado y ahuellado	3

Fuente: Manual (PSI) índice de Serviciabilidad Presente de Colombia

## RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL (PSI)

CUADRO N 3.4

RANGO	CALIFICACIÓN
5,00 - 4,25	Excelente
4,25 - 3,5	Muy Bueno
3,50 - 2,75	Bueno
2,75 - 2,00	Regular
2,00 - 1,25	Malo
1,25 - 0,50	Muy Malo
0,50 - 0,00	Fallado

Fuente: Manual (PSI) índice de Serviciabilidad Presente de Colombia.

### **3.3 MÉTODO DE EVALUACIÓN (IRI) (ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL).**

Para llevar adelante este método de evaluación, se utiliza el software denominado de INPACO del Instituto de Vías de la Universidad de Colombia.

Previo de la utilización de este programa, se debe realizar la nivelación con mira y nivel, del tramo total de estudio o sub tramos escogidos por más presencia de deterioros, con el fin de obtener las cotas del perfil de la superficie del pavimento, estos datos son muy importantes para la ejecución del programa.

El software para determinar el (IRI) hace del programa: (IRI) método de mira y nivel, este programa está conformado por 6 módulos que son los siguientes:

- Delta “X”.
- Identificación del tramo.
- Entrada a la información.

- Cálculo del (IRI).
- Gráfica.
- Imprimir información.
- Terminar **.Delta “x”**.

Ésta es la parte del programa que permite escoger el incremento en la abscisa de los datos de la nivelación, se dispone de los siguientes deltas en el programa.

### CUADRO Nº 3.5

#### DETERMINACIÓN DELTA “X”

DELTA “X”	UNIDAD
50,00	(mm)
100,00	(mm)
152.40	(mm)
166.70	(mm)
200,00	(mm)
250,00	(mm)
304.80	(mm)
333.30	(mm)
500,00	(mm)
609.60	(mm)

Fuente: Manual (IRI) Índice de Rugosidad Internacional (Colombia)

Autor: Ing. Alfonso Murgueitio Valencia

#### a) Identificación del tramo de estudio.

Este módulo es el encargado de entrar las características esenciales del tramo de estudio, estas características son:

- Código del tramo
- Nombre del tramo
- Abscisa inicial y final

La abscisa inicial y final corresponde al inicio y al fin del tramo, la longitud máxima del tramo depende del delta escogido de acuerdo al cuadro N°3.6

**CUADRO N° 3.6**

<b>DELTA (mm)</b>	<b>LONGITUD MÁXIMA (m)</b>
50,0	800
100,0	1600
152.4	2438
166.7	2667
200,0	3200
250,0	4000
304.8	4876
333.3	5332
500,0	8000
609.6	9753

**Fuente: Manual (IRI) Índice de Rugosidad Internacional (Colombia)**

**Autor: Ing. Alfonso Murgueitio Valencia**

**b) Entrada de información.**

- Esta parte del programa dará la posibilidad de entrada de las cotas por abscisa de la nivelación.

**c) Cálculo del (IRI)**

- a. Se calculará el índice de rugosidad internacional teniendo en cuenta la información digitalizada anteriormente.
- b. En la pantalla aparecerá la siguiente información, la cual identificara el proceso de cálculo necesario para encontrar el (IRI).

- c. Delta y (delta escogido). Número total de datos (es la cantidad de abscisas existentes en el tramo) Z1, Z2, Z3, Z4, Sumatoria R Si: Variables requeridas por el sistema IRI valor de índice de rugosidad internacional calculado.

**d) Gráfica.**

- Sacará una gráfica del perfil del tramo con dos ejes de coordenadas que son: (X-Abcisas y Y-cotas), dando la posibilidad definir límite superior e inferior.

**e) Imprimir información.**

- Se obtendrá un listado por la impresora de todos los datos digitalizados anteriormente, el (IRI) encontrado se debe de analizar, para luego dar una conclusión del estado de rugosidad de la superficie del pavimento del tramo de estudio.

**3.4 CALIFICACIÓN ACTUAL.**

La calificación actual es la apreciación de un observador de la capacidad de un servicio de un pavimento, resulta ser el promedio de las apreciaciones de un grupo de observadores que se realiza a una sección de 10 Km. Que es una longitud tipo, los observadores emplean una escala numérica que es la siguiente:

**CUADRO N° 3.7**

<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>ESTADO DEL PAVIMENTO</b>
0.00 – 1.25	MUY MALO
1.25 – 2.00	MALO
2.00 – 2.75	REGULAR
2.75 – 3.50	BUENO
3.50 – 5.00	MUY BUENO

**Fuente: Elaboración Propia**

- Muy bueno.

Camino nuevos o caminos que corresponden por su estado a un camino nuevo.

- Bueno.

Camino pavimentados, en su mayor parte libre de defectos, que sólo requieren un mantenimiento de rutina y quizás un tratamiento de la superficie. Caminos sin pavimentar que necesitan sólo nivelación rutinaria y reparaciones localizadas.

- Regular.

Camino pavimentados que presentan defectos y una resistencia estructural reducida. Requieren renovación de la superficie o curar los defectos existentes en la superficie; sin necesidad de demoler la estructura existente.

- Malo.

Camino pavimentados que presentan defectos de estructura y que requieren rehabilitación inmediata, previa demolición parcial. Caminos sin pavimentar que requieren rehabilitación y trabajos de drenaje.

- Muy malo.

Camino pavimentados que presentan graves defectos en la estructura y que requieren una reconstrucción, previa demolición de la mayor parte de la estructura existente. Caminos sin pavimentar que requieren obras de reconstrucción e importantes trabajos de drenaje.

# CAPÍTULO IV

## PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN

### 4.1 ANTECEDENTES DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

Es necesario conocer los materiales que componen todo el paquete estructural como también la capa de rodadura que componen el pavimento.

#### **Capa Sub Rasante o Terreno Natural**

LL =	29.5
IP =	14.7
Clasificación =	A-6
H Óptimo =	11.6%
Densidad máxima =	1945 gr/dm <sup>3</sup>
CBR =	5%

#### **Capa Sub Rasante Mejorada**

LL =	-
IP =	NP
Clasificación =	A-3
H Óptimo =	5.6 %
Densidad máxima =	2168 gr/dm <sup>3</sup>
CBR =	53.3%

#### **Capa Sub Base**

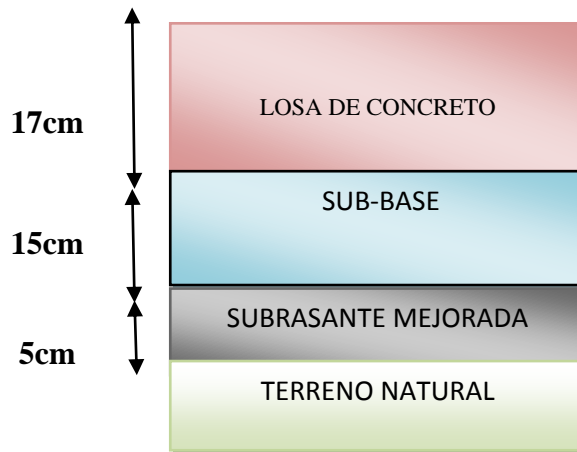
LL =	17.6
IP =	3.5
Clasificación =	A-1b
H Óptimo =	5.2 %



Densidad máxima = 2235 gr/dm<sup>3</sup>

CBR = 58 %

**FIGURA N° 6**  
**PAQUETE ESTRUCTURAL**



<b>Zona:</b>	<b>Avenida Los Parrayales</b>
Longitud del tramo en estudio:	850 metros
Ancho de calzada:	10 metros
Pavimento:	Loza de concreto simple
Año de construcción:	1999
Vida útil:	20 años
Año de servicio de pavimento:	10 a 11 años
Pendiente longitudinal:	0.5%
Pendiente transversal:	2.5%
Espesor de la losa:	17cm
Dimensiones de la losa:	3.30mt. De ancho 3.60mt de largo
Pasadores de las juntas:	Ø (5/8)"

**Fuente: Realizada por la Empresa ERIKA**

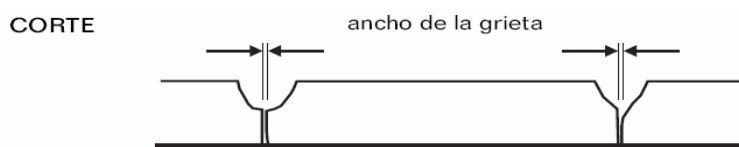
## 4.2 FALLAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO.

### 4.2.1 Grietas.

En este manual las grietas de ancho menor a 0,03 mm se denominan fisuras, en la Figura N° 4.1 se muestra el ancho que define una grieta. Este grupo de deterioros incluye todas las discontinuidades y fracturas que afectan las losas de concreto

**FIGURA N° 4.1**

**Corte transversal de una losa, mostrando el ancho de una grieta**



### 4.2.2 Grietas de Esquina (GE).

Este tipo de deterioro genera un bloque de forma triangular en la losa; se presenta generalmente al interceptar las juntas transversal y longitudinal, describiendo un ángulo mayor que 45°, con respecto a la dirección del tránsito. La longitud de los lados del triángulo sobre la junta de la losa varía entre 0,3 m y la mitad del ancho de la losa. (Fotografía N° 1). Este tipo de daño se presenta en placas de concreto simple y en placas de concreto reforzado.

#### **Niveles de Severidad.**

- Baja: Grietas selladas o con abertura menor a 0,003 m (3 a 10 mm.).  
Escalonamiento imperceptible y el bloque de la esquina está completo.
- Media: Aberturas entre 0,003 m y 0,01 m (3 – 10 mm).
- Alta: Aberturas mayores a 0,01 m (10 mm).

## FOTOGRAFÍA N° 1



Vista típica de una grieta de esquina

**Medición del deterioro:** Se debe medir la longitud de la grieta en metros y el ancho de su abertura, reportando la cantidad de grietas de esquina presentes en cada losa para cada nivel de severidad. Si existen grietas selladas también deben ser medidas, éstas siempre serán reportadas y tendrán un nivel de severidad bajo.

**Posibles Causas** Las principales causas de la formación de grietas de esquina son:

- Asentamiento de la sub rasante.
- Falta de apoyo de la losa,
- Alabeo térmico.
- Sobrecarga en las esquinas.
- Deficiente transmisión de cargas entre las losas adyacentes.

**Evolución probable** Se pueden generar o incrementar los escalonamientos y producir fracturas múltiples en las losas.

**4.2.3 Grietas longitudinales (GL).** Grietas predominantemente paralelas al eje de la calzada o que se extienden desde una junta transversal hasta el borde de la losa, pero la intersección se produce a una distancia (L) mucho mayor que la mitad de la longitud de la losa (Fotografía N°2). Este tipo de daño se presenta en todos los tipos de pavimento rígido.

### FOTOGRAFÍA N° 2



**Características de las Grietas Longitudinales**

**Niveles de Severidad.** Teniendo en cuenta la abertura de la grieta, los niveles de severidad de las grietas longitudinales se clasifican en:

- Baja: grietas selladas o con abertura menor a 0,003 m (3 mm.).
- Media: Abertura entre 0,003 m y 0,01 m (3 – 10 mm).
- Alta: > Aberturas mayores a 0,01m (10 mm).

**Medición del Deterioro.** Se debe medir la longitud de la grieta en metros, reportando la cantidad de grietas longitudinales presentes en cada losa para cada nivel de severidad. Si existen grietas selladas también deben ser medidas, éstas siempre serán reportadas y tendrán algún nivel de severidad.

**Evolución probable.** Los deterioros con mayor probabilidad de ocurrencia como consecuencia de la evolución de las grietas longitudinales son:

- Incremento de los escalonamientos.
- Fracturas múltiples en las losa

#### 4.2.4 Grietas transversales (GT).

Grietas que se presentan perpendiculares al eje de circulación de la vía (Fotografía 3-4). Pueden extenderse desde la junta transversal hasta la junta longitudinal.

**FOTOGRAFÍA N°3**



**Grietas transversales**

**FOTOGRAFÍA N°4**



**Grietas transversales**

**Niveles de Severidad** Teniendo en cuenta la abertura de la grieta, los niveles de severidad de las grietas longitudinales se clasifican en:

- Baja: Grietas selladas o con abertura menor a 0,003 m (3 mm.).
- Media: Abertura entre 0,003 m y 0,01 m (3 – 10 mm).
- Alta: Aberturas mayores a 0,01m (10 mm). Se presenta escalonamiento mucho mayor a 0,006 m (6 mm)

**Medición del Deterioro.** Se debe medir la longitud de la grieta en metros, reportando la cantidad de grietas transversales presentes en cada losa para cada nivel de severidad.

Si existen grietas selladas también deben ser medidas, estas siempre serán reportadas y tendrán algún nivel de severidad.

**Posibles Causas.** Las principales causas de las grietas transversales son:

- Asentamiento de la sub rasante.
- Losas de longitud excesiva.
- Junta de contracción aserrada o formada tardíamente.
- Espesor de la losa insuficiente para soportar las sollicitaciones.
- Gradiente térmico que origina alabeos.
- Problemas de drenaje.
- Cargas excesivas

#### **4.2.5 Grietas en los extremos de los pasadores (GP).**

Cercanas al extremo de los pasadores o dovelas. Pueden ser ocasionadas por la mala ubicación de los pasadores o por su movimiento durante el proceso constructivo (Fotografía 5 y 6). Este tipo de daño se presenta en placas de concreto simple y en placas de concreto reforzado.

**Niveles de Severidad.** Teniendo en cuenta la abertura de la grieta, los niveles de severidad de las grietas longitudinales se clasifican en:

- Baja: Grietas selladas o con abertura menor a 0,003 m (3 mm.).
- Media: Abertura entre 0,003 m y 0.01 m (3 – 10 mm).
- Alta: Aberturas mayores a 0,01m (10 mm). Se presenta escalonamiento.

**FOTOGRAFÍA N° 5**



**Grietas en los Extremos de los Pasadores**

**FOTOGRAFÍA N° 6**



**Grietas en los Extremos de los Pasadores**

**Medición del deterioro.** Se debe medir la longitud de la grieta en metros, reportando la cantidad de grietas presentes en cada losa para cada nivel de severidad. Si existen grietas selladas también deben ser medidas, éstas siempre serán reportadas y tendrán algún nivel de severidad.

**Posibles Causas.** Las principales causas de las grietas en los extremos de los pasadores son:

- Mala ubicación de los pasadores
- Corrosión ó desalineamiento de los pasadores
- Movimiento durante el proceso constructivo
- Diámetros de barras muy pequeños y cargas de tráfico muy altas.

#### 4.2.6 Grietas en bloque o Fracturación múltiple (GB).

Aparecen por la unión de grietas longitudinales y transversales formando bloques a lo largo de la placa.

Este grupo también comprende las grietas (Fotografía 7 y 8). Aunque se presenta en todos los tipos de pavimentos rígidos, es más frecuente que se presente en placas de concreto simple y en placas de concreto reforzado.

**Niveles de Severidad.** Siempre se considera un deterioro de severidad alta.

**FOTOGRAFÍA N° 7**



**Características de las grietas en bloque**

**FOTOGRAFÍA N° 8**



**Características de las grietas en bloque**

**Medición del deterioro.** Se mide el área afectada en metros cuadrados de cada placa y por severidad.

**Posibles Causas.** La fracturación múltiple, puede ser causada por la repetición de cargas pesadas (fatiga de concreto), el equivocado diseño estructural.

**Evolución probable.** La evolución más probable de las grietas en bloque es el deterioro total de la estructura y/o hundimientos.



#### 4.2.7 Grietas en pozos y sumideros (GA).

Se presentan como una clasificación independiente, debido a que son grietas que están directamente relacionadas con la presencia del pozo o del sumidero (Fotografía 9 y 10). Este tipo de deterioro se presenta en todos los tipos de pavimento rígido.

**FOTOGRAFÍA N° 9**



**Grietas en pozos de inspección**

**FOTOGRAFÍA N° 10**



**Grietas en pozos de inspección**

**Niveles de Severidad.** Teniendo en cuenta la abertura de la grieta, los niveles de severidad de las grietas en pozos o sumideros se clasifican en:

- Baja: Grietas selladas o con abertura menor a 0,003 m (3 mm.).
- Media: Abertura entre 0,003 m (3 – 10 mm).
- Alta: Aberturas mayores a 0,01m (10 mm).

**Medición del deterioro.** El área afectada se mide en metros cuadrados por placa.

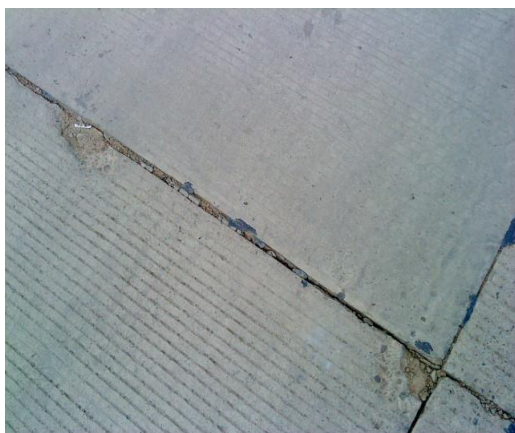
**Evolución probable.** Los deterioros con mayor probabilidad de ocurrencia como consecuencia de estos daños son el Bombeo y el deterioro total de la losa.

### 4.3 DAÑOS EN JUNTAS.

#### 4.3.1 Separación de Juntas Longitudinales (SJ).

Corresponde a una abertura en la junta longitudinal del pavimento. Este tipo de daño se presenta en todos los tipos de pavimento rígido (Fotografía N° 11 y12).

**FOTOGRAFÍA N° 11**



**Separación de Juntas longitudinales.**

**FOTOGRAFÍA N° 12**



**Separación de Juntas longitudinales.**

**Niveles de Severidad.** Teniendo en cuenta la abertura de la junta inducida por corte que es de 6 mm, los niveles de severidad en la separación de juntas se clasifican en:

- Baja: Abertura menor a 0,003 m (3 mm.). Levantamiento desportilla miento
- Media: Abertura entre 0,003 m y 0,025 m (3 – 25 mm).
- Alta: Aberturas mayores a 0,025m (10 mm).

**Medición del deterioro.** Se tomará la longitud en metros de la junta afectada por placa.

**Posibles Causas.** Las principales causas de una separación de juntas longitudinales son:

- Contracción o expansión diferencial de losas debido a la ausencia de barras de anclaje entre carriles.
- Desplazamiento lateral de las losas motivado por un asentamiento diferencial en la Sub-Rasante.

- Ausencia de bermas.
- Asentamiento diferencial de la sub-rasante.

**Evolución probable.** El deterioro con mayor posibilidad de ocurrencia debido a la evolución de una separación de juntas longitudinales es la pérdida del perfil longitudinal; también puede haber bombeo debido a la entrada de agua en daño con severidad alta.

#### 4.3.2 Deterioro del sello (DST - DSL).

Desprendimiento o ruptura del sello de las juntas longitudinales o transversales, que permite la entrada de materiales incompresibles e infiltración de agua superficial.

**FOTOGRAFÍA N° 13**



**Deterioro de sello.**

**FOTOGRAFÍA N° 14**



**Deterioro de sello.**

**Medición del deterioro.** Se tomará la longitud en metros de la junta afectada por placa, especificando el nivel de severidad del daño. Material incompresible.

#### Niveles de Severidad.

- Baja: Longitud con deficiencia de sellado menor al 5% de la longitud de la junta y no existe riesgo de entrada de agua.
- Medio: Longitud con deficiencia de sellado entre 5 y el 25% de la longitud de la junta, y el resto del material sellarte se encuentra en condición regular.

- Alto: Longitud con deficiencia de sellado mayor al 25% de la longitud de la junta, entrada de agua y/o material incompresible, el cambio y resellado debe ser inmediato.

**Posibles Causas.** Las principales causas del deterioro de los sellos de las juntas son:

- Endurecimiento del sello: producto de mala calidad, envejecimiento.
- Pérdida de adherencia entre el sello y la placa: producto de mala calidad, sellado mal colocado, caja mal diseñada, paredes sucias en el momento de aplicar el sello.
- Pérdida de sello: producto de mala calidad, procedimiento de colocación deficiente, movimiento relativo excesivo entre losas aledañas, poca consistencia del material de sello.
- Incrustación de material incompresible: ocasionada por la cercanía de bermas no pavimentadas o la caída de materiales de vehículos que transitan por la vía.
- Crecimiento de la vegetación: humedad en la junta.

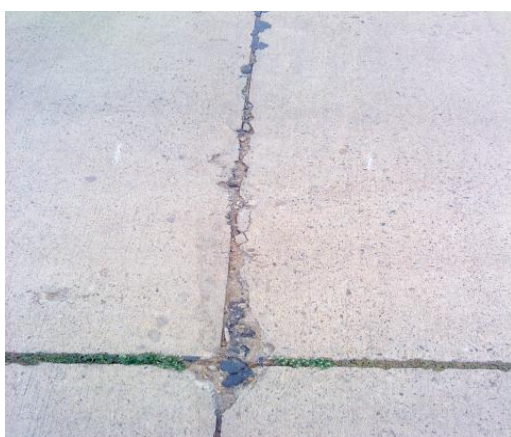
**Evolución probable.** El deterioro más probable de ocurrir debido a la evolución de la falla de sello es el desportillamiento y el bombeo.

## 4.4 DETERIOROS SUPERFICIALES

### 4.4.1 Desportillamiento de juntas (DPT, DPL).

Desintegración de las aristas de una junta (longitudinal, transversal), con pérdida de trozos, que puede afectar hasta 0,15 m (15 cm) a lado y lado de la junta (Fotografía N° 15 y 16)

FOTOGRAFÍA N° 15



Desportillamiento de juntas

FOTOGRAFÍA N° 16



Desportillamiento de juntas

**Niveles de Severidad.** Se definen combinando el estado de los bloques que se forman por la fractura miento en contacto con la junta y sus dimensiones, se clasifican de la siguiente forma:

- Baja: Pequeños fracturamientos, que no se extienden más de 0,08 m (80 mm).
- Media: Las fracturas se extienden a lo largo de la junta en más de 0,08 m (80 mm).
- Alta: Las fracturas se extienden a lo largo de la junta en más de 0,08 m (80 mm).

**Medición del deterioro.** Se toma la longitud en metros de la junta afectada por placa y se reporta la severidad del daño.

**Posibles Causas.** Las principales causas del desportillamiento de las juntas, son:

- Debilitamiento de los bordes de la junta debido a defectos constructivos.

- Desintegración del concreto, por mala calidad del material.
- Mal procedimiento de corte de la junta.
- Aplicación de cargas antes de conseguir la resistencia mínima recomendada del concreto.

**Evolución probable.** La evolución más probable del desportillamiento de las juntas es la entrada de agua a la base generando bombeo.

#### 4.4.2 Desintegración (DI).

Consiste en pérdida constante de agregado grueso en la superficie, debido a la progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de material fino desprendido de matriz arena-cemento del concreto, provocando una superficie con pequeñas cavidades (Fotografía N °17 y 18).

**FOTOGRAFÍA N° 17**



**Nivel bajo de desintegración**

**FOTOGRAFÍA N° 18**



**Nivel bajo de desintegración**

**Medición del deterioro.** Se mide el área por severidad del daño para cada losa

**Niveles de Severidad.** Se definen de acuerdo al área en la cual ha existido pérdida de material superficial, se clasifican de la siguiente forma:

- Baja: Pequeños desprendimientos muy superficiales, puntuales o concentrados en pequeñas áreas, como remiendos.
- Media: Peladuras generalizadas se extienden en la superficie dando lugar a una textura abierta, pero los desprendimientos se limitan a material fino.
- Alta: Peladuras generalizadas, se extienden en la superficie dando lugar a una superficie rugosa, con desprendimiento de agregado grueso formando cavidades o pequeños baches superficiales.

**Posibles Causas.**

- Material inapropiado en el interior del hormigón tal como terrones de arcilla ó cal viva.
- Mortero poco homogéneo.
- Deficiente calidad de los materiales.
- Agregados expansivos o de baja durabilidad.
- Reparaciones hechas sin seguir recomendaciones técnicas.

**Evolución probable.** La desintegración de la superficie del pavimento puede incrementar su grado de severidad hasta generar baches.

#### 4.4.3 Parches (PCHA - PCHC).

Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con un material similar o eventualmente diferente, para reparar el pavimento existente, también un parcheo por reparación de servicios públicos es una intervención que se ha ejecutado para permitir la instalación o mantenimiento de algún tipo de servicio público subterráneo (Fotografía N° 19 y 20).

**FOTOGRAFÍA N° 19**



**Parches en asfalto y concreto**

**FOTOGRAFÍA N° 20**



**Parches en asfalto y concreto**

**Niveles de Severidad.** Para evaluar la severidad se tendrá en cuenta su estado de deterioro, el asentamiento de la capa, a continuación se definen los niveles de severidad propios de este tipo de daño:

- Baja: El parche está en muy buena condición y se desempeña satisfactoriamente.
- Media: El parche presenta daños de severidad baja o media y deficiencias en los bordes.
- Alta: El parche está gravemente deteriorado, presentan daños de severidad alta y requiere ser reparado pronto.

**Medición del deterioro.** Determinar el número de parches y la superficie en metros cuadrados del área del parche para cada nivel de severidad y por placa; indicar por



separado los parches de asfalto y/o concreto. Se deben reportar como observaciones los daños presentes en el parche.

**Posibles Causas.** Algunas de las posibles causas de los daños en parches, son:

- En parches asfálticos, la capacidad estructural del parche es insuficiente o se practicó un deficiente proceso constructivo.
- En el caso de parches de concreto, si hubo reemplazo de por lo menos la mitad de una losa de concreto, el traspaso de carga entre el parche y la losa es insuficiente por falta de dovelas o barras de amarre y/o por defectos en el proceso constructivo.

**Evolución probable.** El deterioro de los parches en concreto o asfalto, puede conducir a daño total del parche y de las zonas aledañas al mismo.

#### **4.4.4 Otros Deterioros.**

### **FOTOGRAFÍA N° 21**



**Vista del hotel los Parrales**

#### **4.5 MÉTODO DE EVALUACIÓN (PCI) ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO.**

Para realizar la evaluación de cada unidad de estudio, se inició con una inspección visual recorriendo, con el respectivo manual del (PCI) para la ubicación y verificación de distintas fallas y deterioros y con todos los materiales necesarios para realizar el trabajo de campo como ser fluxómetro, regla y señalización y las respectivas planillas para registrar todas las fallas y deterioros que se presenten en la unidad de estudio.

Luego de obtener toda la información de campo se comenzó con el trabajo de gabinete para obtener el valor del (PCI), este valor del Índice de Condición del Pavimento será obtenido de “**forma manual** ” respectivamente, a continuación se determinará el cálculo y procedimiento del (PCI) de una unidad.

#### **SECCIÓN “A” TRAMO 1 DE LA AV. LOS PARRALES**

**Paso 1:** Los datos de entrada serán los tipos de deterioros, severidades y cantidad total de cada una de ellas con sus unidades correspondientes.

**Paso 2:** Se divide la cantidad total de cada tipo de falla, entre el área del tramo de muestra y luego este valor se lo multiplica por 100 para obtener la densidad porcentual de cada falla y severidad.

**Paso 3:** Con el tipo de falla severidad y densidad se obtiene el valor de deducción individual (VDI) para cada deterioro y severidad de las curvas que se presenta en el anexo 1 para cada tipo de falla.

**Paso 4:** Se determina el máximo valor de deducción corregido (MVDC).

- Si ninguno o sólo uno de los valores de deducción individual es mayor que 2, se usa el valor total de los valores de deducción en el lugar del máximo valor de deducción corregido (MVDC).
- En caso contrario, el máximo valor de deducción corregido (MVDC) debe ser determinado usando el procedimiento descrito a partir del paso 5.

**Paso 5:** Se determina “**mi**” con la siguiente fórmula:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} * [100 - HDV_i]$$

**Donde:**

**Mi** = Número máximo admisible de “valores deducidos”.

**HDV**= El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo.

En nuestro caso tenemos que (HVD = 24), entonces tenemos que ( $m_i = 7.97$ ).

- Si se tiene pocos valores de deducción individuales se debe tomar en cuenta toda en el proceso de iteración para hallar el máximo valor de deducción corregido (MVDC).

**Pasó 6:** Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor, en nuestro ejemplo será:

	24	Q=4	Q=3	Q =2	Q=1
	10			34	24
	9		43	2	
	6	49	2		
	5	2			
<b>Total</b>	54	<b>28</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>25</b>

El número individual de los valores de deducción corregidos será el mayor de color rojo

**Paso 7:** Sumar los valores de deducción individuales tota, contar el número de valores de deducción individuales mayores que 2 “q” mire el ábaco de valores de deducción corregido en el anexo 1 con el “total” y “q” para determinar el valor de deducción corregido (VDC).

**Paso 8:** Copiar el valor de deducción individual actual a la próxima línea, cambiando el valor de deducción (VD) más pequeño mayor que 2 a 2 y repita desde el paso 7 hasta que el valor de “q” sea igual a 1.

**Pasó 9:** El máximo valor de deducción corregido (MVDC). Es el valor más grande de la fila marcado de rojo (VDC), en nuestro ejemplo es igual a 30.

**Pasó 10:** Por último se calcula el (PCI) aplicando la siguiente diferencia:

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

$$\text{PCI} = 100 - 30$$

$$\text{PCI} = 70$$

ESTADO = **BUENO**

Esta calificación está dada en rangos del cuadro (PCI) Índice de Condición del Pavimento.

#### **4.6 MÉTODO DE EVALUACIÓN (PSI) ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE**

El método del (PSI) Índice de Serviabilidad Presente, está basado en una observación cuidadosa del estado superficial del pavimento ya sea este flexible o rígido; primeramente se debe saber el adecuado conocimiento de los tipos de fallas y deterioros superficiales que se presentan en los pavimentos, con los respectivos niveles de severidad, densidad y tipos de daños que se presentan, de tener este conocimiento será fácil definir los siguientes coeficientes:

- **PASO 1** Con la información del PCI inicial se obtendrá los coeficientes C1, C2, C3 del cuadro N° 3.3.
- **C1** (Rugosidades Longitudinales).
- **C2** (Intensidad de Grietas y Parches).
- **C3** (Deformaciones transversales).

Estos coeficientes C1, C2, C3 serán fáciles de asumir del CUADRO N° 3.3 para luego poder aplicar la siguiente fórmula:

- **PASO 2** Se aplica la siguiente ecuación.

$$PSI = 6.20 - 0.8 * C1 - 0.3 * C2 - 0.1 * C3$$

Con esta ecuación calcular el valor del (PSI) Índice de Servisiabilidad Presente y obtener resultados óptimos de las condiciones superficiales del pavimento.

- **PASO 3**

Se calculó el (PSI) de todas las unidades de estudio, que será la sumatoria de los (PSI) de todas las unidades de muestreo dividido entre el número total de las unidades del tramo en estudio y se califica el estado actual de la unidad de estudio. A continuación realizaremos el cálculo del tramo 1 sección A.

### SECCIÓN “A” TRAMO 1 DE LA AV. LOS PARRALES

Datos de acuerdo al tipo de fallas y deterioros que se presentan en la superficie del pavimento ya explicados anteriormente.

- **PASO 1**

C1 = 3 (Rugosidades Longitudinales).

C2 = 2 (Rugosidades Longitudinales).

C3 = 2 (Deformaciones transversales).

- **PASO 2**

$$PSI = 6.20 - 0.8 * 3 - 0.3 * 2 - 0.1 * 2$$

$$PSI = 3.00$$

- **PASO 3**

ESTADO = **BUENO**

Caminos pavimentados, en su mayor parte libre de defectos, que sólo requieren un mantenimiento de rutina y quizás un tratamiento de la superficie.

#### **4.7 MÉTODO DE EVALUACIÓN (IRI) ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL**

El método de evaluación (IRI) Índice de Rugosidad Internacional, requiere primeramente de una nivelación o de una topografía de todos los tramos de estudio, elegimos unidades de estudio aproximadamente de 20 metros de longitud, delta “X” para realizar la nivelación de 500 mm, los rangos que requiere el programa del (IRI) Método de Mira y Nivel.

Se realizó la nivelación en todas las unidades de estudio con un nivel de ingeniero o con otro equipo de trabajo (Estación Total) en las huellas de los vehículos lado derecho cada 50 cm. Luego se realizamos el trabajo de gabinete que fue el cálculo de la cotas de las unidades de estudio cada 50 cm. de longitud, luego de calcular todas las cotas de cada unidad de estudio longitudinales introducimos estas cotas al programa del (IRI) Método de mira y Nivel y calculamos los Índices de Rugosidad superficial (IRI) de todas las unidades de estudio en m/km, también calculamos el (IRI) total del tramo en estudio.

A continuación explicaremos los pasos a seguir:

##### **Paso 1**

Realizamos la topografía de la sección de estudio en las huellas de los vehículos parte derecha, la nivelación a cada 50cm, se la realizó con nivel de ingeniero, o con cualquier otra herramienta de trabajo.

##### **Paso 2**

Trabajo de gabinete, cálculo de cotas de la sección de estudio a cada 50cm. de longitud.

### **Paso 3**

Aplicación del programa método mira y nivel:(IRI).

Para llevar adelante este método de evaluación, se utiliza el software denominado de INPACO del Instituto de vías de la Universidad de Colombia.

El software para determinar el (IRI) hace del programa: (IRI) método de mira y nivel, este programa está conformado por 6 módulos que son los siguientes:

**1. Delta “X”:**

- Elegimos delta “X” 50cm. (500mm)

**2. Identificación del tramo de estudio:**

- Sección "A" Tramo 1 de la Av. Los Parrales

**3. Entrada a la información:**

- Introducimos las cotas de cada punto levantado de la topografía en el eje Y, las distancias en el eje X.

**4. Cálculo del (IRI):**

- Obtención de su valor que es la deflexión de la superficie.

**5. Grafica del perfil:**

- Obtención de la gráfica.

**6. Terminar:**

Terminación del método imprimir la información.

### TRAMO "A" LONGITUDINAL

DISTANCIA	COTA
0	1942,512
0,5	1942,512
1	1942,511
1,5	1942,512
2	1942,512
2,5	1942,512
3	1942,521
3,5	1942,521
4	1942,521
4,5	1942,521
5	1942,521
5,5	1942,521
6	1942,521
6,5	1942,523
7	1942,521
7,5	1942,524
8	1942,523
8,5	1942,523
9	1942,523
9,5	1942,521
10	1942,521
10,5	1942,521
11	1942,521
11,5	1942,521
12	1942,521
12,5	1942,522
13	1942,522
13,5	1942,522
14	1942,522
14,5	1942,521
15	1942,523
15,5	1942,521
16	1942,523
16,5	1942,521
17	1942,521
17,5	1942,523
18	1942,522
18,5	1942,522
19	1942,521
19,5	1942,521
20	1942,521

**IRI = 3.99 m/km**



## **4.8 RESULTADOS DE EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO**

### **4.8.1 TIPOS DE FALLAS EXISTENTES.**

Los deterioros que se presentaron en la zona de evaluación, (AVENIDA LOS PARRALES) son los siguientes:

- Grietas de esquina
- Grietas en bloques o múltiples
- Losa dividida
- Deterioro de sello
- Grietas longitudinales y transversales.
- Baches o parcheo
- Desportillamiento de juntas
- Pulimiento
- Rejillas de drenaje – Tapa de alcantarillado.
- Hundimiento
- Descascaramiento de esquina

#### 4.8.2 RESULTADOS DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN (PCI).

Resumen de los valores del Índice de Condición del Pavimento (PCI) de cada sección de la zona de evaluación:

**CUADRO DE RESÚMENES TOTALES DEL MÉTODO (PCI) ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO.**

<b>SECCIÓN</b>	<b>CALLE</b>	<b>PCI</b>	<b>ESTADO</b>
"A"	AVENIDA LOS PARRALES	70.000	bueno
"B"	AVENIDA LOS PARRALES	64.000	bueno
"C"	AVENIDA LOS PARRALES	75.000	bueno
"D"	AVENIDA LOS PARRALES	61,000	bueno
"E"	AVENIDA LOS PARRALES	44.000	regular
"G"	AVENIDA LOS PARRALES	35.000	malo
"F"	AVENIDA LOS PARRALES	51.000	regular
"H"	AVENIDA LOS PARRALES	51.000	regular
"j"	AVENIDA LOS PARRALES	94.000	excelente
"K"	AVENIDA LOS PARRALES	76.000	bueno
"Ñ"	AVENIDA LOS PARRALES	50.000	regular
"L"	AVENIDA LOS PARRALES	51.00	Regular
"N"	AVENIDA LOS PARRALES	50.000	regular
"M"	AVENIDA LOS PARRALES	43.000	malo
"P"	AVENIDA LOS PARRALES	55.00	regular
"S"	AVENIDA LOS PARRALES	42.000	malo
"T"	AVENIDA LOS PARRALES	24.000	Muy malo
<b>PROMEDIO TOTAL DE LA ZONA DE EVALUACIÓN</b>		<b>51.00</b>	<b>regular</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.8.3 RESULTADOS DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN (PSI).

Resumen de los valores del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) de cada sección de estudio y de la zona total de estudio:

#### CUADRO DE RESÚMENES TOTALES DEL MÉTODO (PSI) ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE.

SECCIÓN	CALLE	PSI	ESTADO
"A"	AVENIDA LOS PARRALES	3.0	bueno
"B"	AVENIDA LOS PARRALES	2.7	regular
"C"	AVENIDA LOS PARRALES	3.5	bueno
"D"	AVENIDA LOS PARRALES	2.8	bueno
"E"	AVENIDA LOS PARRALES	2.70	regular
"G"	AVENIDA LOS PARRALES	1.90	malo
"F"	AVENIDA LOS PARRALES	2.70	regular
"H"	AVENIDA LOS PARRALES	2.20	regular
"J"	AVENIDA LOS PARRALES	4.30	excelente
"K"	AVENIDA LOS PARRALES	3.40	bueno
"Ñ"	AVENIDA LOS PARRALES	2.70	regular
"L"	AVENIDA LOS PARRALES	2.70	Regular
"N"	AVENIDA LOS PARRALES	2.60	regular
"M"	AVENIDA LOS PARRALES	1.90	malo
"P"	AVENIDA LOS PARRALES	2.20	malo
"S"	AVENIDA LOS PARRALES	1.90	malo
"T"	AVENIDA LOS PARRALES	1.5	Muy malo
<b>PROMEDIO TOTAL DE LA ZONA DE EVALUACIÓN</b>		<b>2.54</b>	<b>regular</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.8.4 RESULTADOS DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN (IRI).

Resumen de los valores del Índice de Regularidad Superficial (IRI) de cada sección de estudio y de la zona total de evaluación:

#### CUADRO DE RESÚMENES TOTALES DEL MÉTODO (IRI) ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL

SECCIÓN	CALLE	IRI (m/km)
		LONGITUDINAL
"A"	AVENIDA LOS PARRALES	3.99
"B"	AVENIDA LOS PARRALES	5.32
"C"	AVENIDA LOS PARRALES	5.27
"D"	AVENIDA LOS PARRALES	3.34
"E"	AVENIDA LOS PARRALES	4.12
"G"	AVENIDA LOS PARRALES	4.56
"F"	AVENIDA LOS PARRALES	3.93
"H"	AVENIDA LOS PARRALES	4.75
"j"	AVENIDA LOS PARRALES	3.57
"K"	AVENIDA LOS PARRALES	4.61
"Ñ"	AVENIDA LOS PARRALES	5.11
"L"	AVENIDA LOS PARRALES	3.98
"N"	AVENIDA LOS PARRALES	4.87
"M"	AVENIDA LOS PARRALES	3.35
"P"	AVENIDA LOS PARRALES	5.87
"S"	AVENIDA LOS PARRALES	4.89
"T"	AVENIDA LOS PARRALES	5.35
<b>Promedio toda de la sección de Evaluación</b>		<b>4.522</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.8.5 CUARRO RESUMEN DE LA INSPECCIÓN VISUAL.

<b>Zona:</b>	<b>Avenida los Parrales:</b>
Área de la superficie en estudio:	8500 m <sup>2</sup>
Grietas de esquina (GE):	230.38 ml
Grieta longitudinal (GL):	516.47 ml
Grietas transversal (GT):	316.28 ml
Grietas en bloque (GB):	295.07 m <sup>2</sup>
Grietas en pozos sumideros (GA):	41.680 m <sup>2</sup>
Separación de juntas longitudinales (SJ):	23.700 ml
Deterioro de sello (DST-DSL):	49.650 ml
Desportillamiento de juntas (DPT-DPL):	69.84 ml
Descascaramiento (DE):	18.19 m <sup>2</sup>
Desintegración (DI):	46.29 m <sup>2</sup>
Baches (BCH):	----
Losa dividida	2.60 ml
Parches (PCHA):	4.554 m <sup>2</sup>
Hundimiento (HU):	21.820 m <sup>2</sup>
Disgregación y desintegración	----
<b>Área total afectada .....</b>	<b>878.80m<sup>2</sup></b>

## **4.9 ALTERNATIVAS Y RECOMENDACIONES DE REPARACIÓN PARA TIPOS DE FALLAS EXISTENTES EN EL PAVIMENTO.**

### **4.9.1 CONSERVACIÓN PARA LAS CALLES EN ESTUDIO:**

Las características superficiales iniciales de una vía se va deteriorando con el transcurso del tiempo, debido al paso del tránsito vehicular y los agentes de meteorización, todas las operaciones que se realizan para tratar de resistir en lo posible esas características, se pueden considerar como conservación de las calles o vías, en un sentido más amplio

Todo trabajo de conservación debe ser planeado a poco tiempo de puesta en funcionamiento la obra, tratando de solucionar todos los problemas que se vayan presentando en el pavimento, y solucionando con los menos recursos posibles, y estos trabajos deben estar destinados a frenar los deterioros prematuros de la calle o vía.

Objetivos particulares:

- Tener una buena resistencia al deslizamiento en la superficie y ofrecer una adecuada seguridad a los vehículos.
- Tener una estructura superficial acorde al trazado de la vía y velocidades de diseño, ofrecer una rodadura buena y cómoda para el usuario.
- Dar una buena resistencia estructural al tráfico que va a circular por la carretera.

#### **4.9.2 NIVELES DE CONSERVACIÓN.**

Los trabajos de conservación, también denominados trabajos de mantenimiento:

- Ordinarios cuando se presentan los primeros deterioros en la superficie y estructura del pavimento.
- Extraordinarios cuando la estructura del pavimento está completamente deteriorada y requiere trabajo de rehabilitación y algunos casos de reconstrucción.

Entre los niveles de conservación tenemos:

- a) Conservación preventiva.
- b) Rehabilitación.
- c) Reconstrucción.

##### **a) CONSERVACIÓN PREVENTIVA.**

En esta se realiza actuaciones periódicas, que impiden la aparición de deterioros, o se debe actuar antes que los deterioros aparezcan, se realiza el curado de deterioros superficiales, se conoce como conservación de rutina permanente.

##### **b) REHABILITACIÓN.**

Rehabilitación Superficial:

Las medidas de rehabilitación superficial resuelven problemas que se encuentran confinados a las capas superiores del pavimento, usualmente, inconvenientes que están relacionados con el envejecimiento del asfalto y con el agrietamiento que se origina en la superficie debido a factores térmicos.

Los métodos más comunes para tratar este tipo son:

Colocación, sobre la superficie existente, de una carpeta delgada (espesores menores a los 35mm) de mezcla asfáltica. Esta es la solución más simple a un problema, debido a que el

tiempo requerido para completar los trabajos es corto y existe un impacto mínimo sobre los usuarios de la vía.

Rehabilitación estructural:

La rehabilitación para resolver problemas de la estructura del pavimento normalmente se trata como una solución a largo plazo. Al resolver los problemas estructurales, debe recordarse que la estructura del pavimento es la que tiene fallas y no necesariamente los materiales que la constituyen. La densificación (o consolidación) de los materiales granulares es, de hecho, una forma de mejoramiento, debido a que a mayor densidad de un material, mejores serán sus características de resistencia.

### c) **RECONSTRUCCIÓN**

Su objetivo es recuperar la calidad y nivel de servicio original de la vía. Corresponde a la renovación total de la calzada sin modificación de su capacidad. Estudio, diseño y reconstrucción de la estructura de pavimento, para un período de vida útil mínimo de 10 años, incluyendo obras de drenaje.

La reconstrucción en sí significa renovación completa en la estructura de la calle, con previa demolición parcial o completa de la estructura.

- Según los resultados obtenidos del método de EVALUACIÓN SUPERFICIAL de la zona de análisis, y el tipo de conservación a realizarse **“MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE RUTINA PERMANENTE Y MANTENIMIENTO PERIÓDICO EN ALGUNOS TRAMOS**, la carretera se encuentran en estado regular.

**PERO GENERALIZANDO ESTAS DOS ALTERNATIVAS SE TOMARÁ LA SIGUIENTE RECOMENDACIÓN MANTENIMIENTO PERIÓDICO EN TODA EL AREA”**



### **4.9.3 DEFINICIÓN DEL TIEMPO DE MANTENIMIENTO.**

Una vez realizada el mantenimiento actual recomendado por la Evaluación Superficial que es el curado de todas las partes afectadas del área de estudio.

A partir de esa fecha se realiza los mantenimientos periódicos de rutina según la norma ABC con un tiempo recomendado cada (12) meses o una vez por años.

El Instituto Boliviano de Cemento y Hormigón Asfalto para el diseño recomienda de (20 a 30 años de vida útil).

Pero el pavimento de estudio tiene una vida útil actual de 10 años de servicio y según la evaluación realizada nos dice que el pavimento presenta el 45% está dañado el cual se aplicara el mantenimiento recomendado una vez por años para cumplir las características geométricas de diseño del paquete estructural.

Lo que significa curar los defectos detectados durante el año de funcionamiento, para así prolongar su vida útil del pavimento y facilitar la viabilidad vehicular y que el pavimento cumpla con su vida útil de diseño.

El costo de conservación vial para los proyecto recién realizados se inicia en el año quinto con un costo equivalente al 1% de la inversión inicial del proyecto, la misma que los venideros años se mantienen estables en un 1% hasta la finalización de la vida útil estimado en 20 años.

#### **➤ MANTENIMIENTO RUTINARIO PERIODICO**

Reparación localizada de los defectos encontrados en la calzada y el pavimento; nivelación de superficies sin pavimentar y de bermas, los bordes, dispositivos de tránsito y otros elementos accesorios, limpieza de las fajas de derecho de vía, control de polvo y de la vegetación, limpieza de las arenas, escombros y mantenimiento de las zonas de descanso y aditamentos de seguridad.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES.**

Procurar incluir una metodología adecuada para realizar la evaluación superficial de pavimentos regidos, y así poder obtener resultados confiables para luego, poder realizar un mantenimiento adecuado

a) De acuerdo al método de evaluación (PCI), pero antes de poder obtener el resultado, se realizó la cuantificación de las fallas de acuerdo a su severidad, densidad y respectiva forma de medición, “**PCI = 51.00**” lo que equivale a un índice de condición del pavimento de “REGULAR” en lo cual el pavimento presenta los primeros vestigios de deterioros de la superficie del pavimento, esto requiere un: “**Mantenimiento de rutina permanente**”.

**CUADRO N° 3.1**  
**RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL (PCI)**

<b>RANGO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

**Fuente: Manual (PCI) Índice de Condición del Pavimento**  
**Autor: Ing. Luis Ricardo Vásquez Varela**

b) El método del (PSI) Índice de Servisibilidad Presente, está basado en una observación cuidadosa del estado superficial del pavimento rígido primeramente se debe saber el

adecuado conocimiento de los tipos de fallas y deterioros superficiales que se presentan en los pavimentos será fácil definir los siguientes coeficientes:

- C1 (Rugosidades Longitudinales).
- C2 (Intensidad de Grietas y Parches).
- C3 (Deformaciones transversales).

El valor obtenido por este método de evaluación es igual a: “**PSI = 2.54**” lo que equivale a un índice de serviciabilidad presente “**REGULAR**”, en este caso. “Los pavimentos de concreto necesita un mantenimiento “**Mantenimiento de rutina permanente**”.

### CUADRO N°5.2

#### DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO (PSI)

(PSI)	DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO (PSI)
3 - 5,0	El pavimento es completamente nuevo
2,5 - 3	Pavimentos de concreto asfáltico de buena calidad, tratamiento superficial muy bueno, no existen corrugaciones ni baches.
1 - 2,5	El pavimento presenta tramos con los primeros vestigios de deterioros, baches ocasionales (1-3 baches cada 50m. 2% de baches), depresiones (20 a 40mm. Cada 5m. O de 10 a 20mm. Cada 3m.), velocidad normal de conducción 75Km. / hrs.
0,4 - 1	El pavimento está severamente afectado, con depresiones profundas y desiguales (mayores o iguales a 20mm/3m), baches frecuentes (15 – 20 baches cada 50m. o 15% de baches).

Fuente: Manual (PSI) índice de Serviciabilidad Presente de Colombia

### CUADRO N° 3.4

#### RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL (PSI).

RANGO	CALIFICACIÓN
5,00 - 4,25	Excelente
4,25 - 3,5	Muy Bueno
3,50 - 2,75	Bueno
2,75 - 2,00	Regular
2,00 - 1,25	Malo
1,25 - 0,50	Muy Malo
0,50 - 0,00	Fallado

Fuente: Manual (PSI) índice de Serviciabilidad Presente de Colombia

c) El método de evaluación (IRI) Índice de Rugosidad Internacional, requiere primeramente de una nivelación de todos los tramos de estudio, elegimos unidades de estudio aproximadamente de 20 metros de longitud, delta "X" para realizar la nivelación de 50 cm. de longitud, luego de realizar la nivelación realizamos el trabajo de gabinete que fue el cálculo de la cotas de las unidades de estudio a cada 50 cm. En un programa del (IRI) Método de mira y Nivel y calculamos los Índices de Rugosidad superficial (IRI) de todas las unidades de estudio en m/km. Y también calculamos el (IRI) total del tramo en estudio, y nos dio un valor promedio de (IRI) Índice de Rugosidad Internacional igual a: **"IRI = 4.520 m/Km."** en lo cual el pavimento presenta los primeros vestigios de deterioros de la superficie del pavimento, esto requiere un: **"Mantenimiento periódico"**.

**CUADRO N° 5.4**

<b>RANGOS DE RELACIÓN (IRI), (QI), (PSI)</b>			
<b>(IRI)</b>	<b>(QI) UNIDADES/KM.</b>	<b>(PSI)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
0 - 1,6	0 - 20	3 - 5,0	El pavimento es completamente nuevo
1.6 - 2,8	20 - 35	2,5 - 3	Pavimentos de concreto asfáltico de buena calidad, tratamiento superficial muy bueno, no existen corrugaciones ni baches.
2,8 - 5,2	35 - 65	1 - 2,5	El pavimento presenta tramos con los primeros vestigios de deterioros, baches ocasionales (1-3 baches cada 50m. 2% de baches), depresiones (20 a 40mm. Cada 5m. O de 10 a 20mm. Cada 3m.), velocidad normal de conducción 75Km. /hrs.
5,2 - 8,8	65 - 110	0, 4 - 1	El pavimento está severamente afectado, con depresiones profundas y desiguales (mayores o iguales a 20mm/3m), baches frecuentes (15 – 20 baches cada 50m. o 15% de baches).

**Fuente: Manual (PSI) índice de Serviciabilidad Presente de Colombia**

## CUADRO N° 5.5

### RESUMEN DE LOS RESULTADOS

<b>MÉTODO DE EVALUACIÓN</b>	<b>RUSULTADO</b>	<b>TIPO DE MANTENIMIENTO</b>
(PCI) Índice de Condición del Pavimento.	<b>51.000</b>	Necesita un mantenimiento preventivo ó de rutina permanente.
(PSI) Índice de Serviciabilidad Presente.	<b>2.54</b>	Necesita un mantenimiento preventivo ó de rutina permanente.
(IRI) Índice de Rugosidad Internacional.	<b>4.52</b>	Necesita un mantenimiento periódico.

Fuente: Elaboración propia

## 5.2 RECOMENDACIONES.

- ❖ Los tres métodos de estudio de evaluación superficial son importantes, para obtener resultados confiables debe seguirse la metodología de cada método al pie de la letra para así poder obtener resultados confiables y seguros.
- ❖ De estos tres métodos de estudio, recomendaría la utilización del método (IRI), porque en su realización tiene contacto directo con la superficie del pavimento, por la nivelación que se realiza en las huellas de los vehículos, pero sus IRI son normales.
- ❖ Lo que se debe hacer para que los deterioros no se propaguen con más rapidez en el pavimento, es tener un esquema sano de conservación y respectivo mantenimiento de la superficie del pavimento.
- ❖ Se recomienda para obtener resultados confiables de una evaluación superficial seguir las instrucciones de este documento al pie de la letra y también de las condiciones del lugar donde se llevara a cabo dicha evaluación.
- ❖ También para no tener prematuros defectos en la carretera se debe realizar una buena construcción, ya sea en la compactación de sus respectivas capas, la utilización de materiales adecuados para las respectivas capas.

