



UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES  
CHIMBOTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TÍTULO:**

“DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DE LA  
CAPA DE RODADURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA  
AVENIDA MARCAVELICA CUADRAS 01 A LA CUADRA 09, DEL  
DISTRITO DE VEINTISÉIS DE OCTUBRE, PROVINCIA DE PIURA,  
REGIÓN PIURA – MARZO 2017”

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Bach. IRIS ROSELIN ROMERO RODRÍGUEZ

**ASESOR:**

MGTR. CARMEN CHILÓN MUÑOZ

**PIURA – PERÚ**

**2017**

## **1. Título de la Tesis**

Determinación y Evaluación de las Patologías de La Capa de Rodadura del Pavimento Flexible de la avenida Marcavelica cuadras 01 a la cuadra 09, del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, región Piura, marzo 2017.

## **2. Hoja de firma del jurado**

Mgtr. MIGUEL ANGEL CHAN HEREDIA

Presidente

Mgtr. WILMER OSWALDO CÓRDOVA CÓRDOVA

Secretario

Mgtr. MANUEL EMILIO SILVA ADRIANZÉN

Miembro

### **3. Hoja de agradecimiento y/o dedicatoria**

#### **Agradecimiento**

Agradezco a Dios, a mi hermano Ronal, a mis padres, a mi esposo Carlos y a mis hijos Vanessa y Emilio.

## 4. Resumen y abstract

### 4.1. Resumen

Existe en nuestra provincia una gran necesidad de mejorar el estado en el que se encuentran los pavimentos urbanos. La situación es preocupante pues debido a las innumerables patologías en los pavimentos, agravados por el último fenómeno conocido como “El Niño Costero”, es casi imposible a los ciudadanos tener un desplazamiento seguro y cómodo.

La presente investigación ha sido realizada con la finalidad de determinar el estado actual de la capa de rodadura del pavimento flexible de la avenida Marcavelica cuadras 01 a la cuadra 09, distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, departamento de Piura, evaluando y obteniendo los tipos de fallas o patologías y el nivel de incidencia de cada una de ellas en la superficie del pavimento expresado en porcentaje usando la metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI).

La metodología aplicada, Índice de Condición del Pavimento dio como resultado un PCI general total de 3.17 % en promedio. En el tramo A, las cuadras desde la 01 a la 03 tienen un PCI = 0 %, las cuadras desde la 04 a la 06 tienen un PCI = 0 % y las cuadras desde la 07 a la 09 tienen un PCI = 0 %. En el tramo B, las cuadras desde la 01 a la 03 tienen un PCI = 12 %, las cuadras desde la 04 a la 06 tienen un PCI = 0 % y las cuadras desde la 07 a la 09 tienen un PCI = 7 %.

La avenida Marcavelica está constituida por pavimento flexible y presenta las patologías de pulimento de agregados, ahuellamiento y abultamientos y hundimientos.

Palabra Clave: Patologías de La capa de rodadura. Pavimento flexible.

## 4.2. Abstract

There is a great need in our province to improve the state in which the urban pavements are. The situation is worrying because due to the innumerable pathologies in the pavements, aggravated by the last phenomenon known as "El Niño Costero", it is almost impossible for citizens to have a safe and comfortable travel.

This research was carried out with the purpose of determining the current condition of the pavement of the flexible pavement of the avenue Marcavelica blocks 01 to the block 09, district of Veintiséis de Octubre, province of Piura, department of Piura, evaluating and obtaining the types of faults or pathologies and the level of incidence of each of them in the surface of the pavement expressed in percentage using the methodology of the Index of Condition of the Pavement (PCI).

The applied methodology, Pavement Condition Index resulted in a total overall CIP of 3.17% on average. In section A, the blocks from 01 to 03 have a PCI = 0%, the blocks from 04 to 06 have a PCI = 0% and the blocks from 07 to 09 have a PCI = 0%. In section B, the blocks from 01 to 03 have a PCI = 12%, the blocks from 04 to 06 have a PCI = 0% and the blocks from 07 to 09 have a PCI = 7%.

Marcavelica Avenue is made up of flexible pavement and presents the pathologies of aggregate polishing, rutting and bulging and subsidence.

Key Word: Pathologies of the tread layer. Flexible flooring.

## 5. Contenido

|  |     |
|--|-----|
| 1. Título de la Tesis.....   | ii  |
| 2. Hoja de firma del jurado y asesor.....                                    | iii |
| 3. Hoja de agradecimiento y/o dedicatoria .....                              | iv  |
| 4. Resumen y abstract .....  | v   |
| 4.1. Resumen .....   | v   |
| 4.2. Abstract .....  | vi  |
| 5. Contenido.....  | vii |
| 6. Índice de gráficos, tablas y cuadros.....                                 | ix  |
| 6.1. Índice de grafico .....   | ix  |
| 6.2. Índice de cuadros.....  | ix  |
| I. Introducción.....   | 10  |
| II. Revisión de la Literatura .....  | 13  |
| 2.1. Antecedentes .....  | 13  |
| 2.1.1. Antecedentes Internacionales.....                                     | 13  |
| 2.1.2. Antecedentes Nacionales .....   | 15  |
| 2.2. Bases teóricas de la investigación.....                                 | 20  |
| 2.2.1. Definición de pavimento.....  | 20  |
| 2.2.2. Clasificación de pavimento.....                                       | 22  |
| 2.2.3. Definición de pavimento flexible.....                                 | 26  |
| 2.2.4. Características que debe reunir un pavimento .....                    | 27  |
| 2.2.5. Ciclo de vida de un pavimento.....                                    | 28  |
| 2.2.6. Ciclo de vida deseable del pavimento .....                            | 30  |
| 2.2.7. Elementos que integran un pavimento Flexible.....                     | 31  |
| 2.2.8. Drenaje en pavimentos.....  | 34  |
| 2.2.9. Fallas en pavimentos urbanos flexibles.....                           | 35  |
| 2.2.10. Método PCI( Pavement Condition Index) para pavimentos flexibles..... | 54  |
| III. Metodología.....  | 58  |
| 3.1. Tipo de la investigación de la tesis .....                              | 58  |
| 3.2. Nivel de la investigación de la tesis .....                             | 59  |
| 3.3. Diseño de la investigación .....  | 59  |
| 3.4. Población y Muestra .....   | 60  |
| 3.5. Definición y operacionalización de variables.....                       | 61  |
| 3.6. Técnicas e instrumentos.....  | 62  |

|      |                                  |     |
|------|----------------------------------|-----|
| 3.7. | Plan de análisis .....           | 63  |
| 3.8. | Matriz de consistencia .....     | 65  |
| 3.9. | Principios éticos.....           | 66  |
| IV.  | Resultados .....                 | 66  |
| 4.1. | Resultados .....                 | 66  |
| 4.2. | Análisis de resultados .....     | 67  |
| V.   | Conclusiones.....                | 115 |
|      | Aspectos complementarios.....    | 118 |
|      | Recomendaciones .....            | 118 |
|      | Referencias bibliográficas ..... | 122 |
|      | Anexos .....                     | 123 |



## 6. Índice de gráficos, tablas y cuadros

### 6.1. Índice de grafico

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Paquete Estructural.....                                       | 21 |
| Figura 2: Pavimento flexible, rígido e híbrido .....                     | 25 |
| Figura 3: Pavimento Flexible.....  | 25 |
| Figura 4: Pavimento Rígido.....  | 26 |
| Figura 5: Pavimento Híbrido .....  | 26 |
| Figura 6: Condición de la vía sin mantenimiento.....                     | 30 |
| Figura 7: Diagrama de flujo del ciclo de vida “fatal” y “deseable” ..... | 31 |
| Figura 8: Estructura de un Pavimentos Flexibles.....                     | 33 |
| Figura 9: Piel de cocodrilo.....   | 38 |
| Figura 10: Exudación. ....   | 39 |
| Figura 11: Fisuras en bloque.....  | 40 |
| Figura 12: Abultamientos y hundimientos.....                             | 41 |
| Figura 13: Corrugación.....  | 41 |
| Figura 14: Depresión .....   | 42 |
| Figura 15: Fisuras de borde .....  | 43 |
| Figura 16: Fisura de reflexión de junta. ....                            | 44 |
| Figura 17: Desnivel carril – berma. ....                                 | 45 |
| Figura 18: Fisuras longitudinales.....                                   | 46 |
| Figura 19: Parche.....   | 47 |
| Figura 20: Parche de cortes utilitarios.....                             | 47 |
| Figura 21: Agregado pulido.....  | 48 |
| Figura 22: Baches .....  | 49 |
| Figura 23: Ahuellamiento.....  | 50 |
| Figura 24: Desplazamiento.....   | 51 |
| Figura 25: Fisura parabólica.....  | 52 |
| Figura 26: Hinchamiento.....   | 53 |
| Figura 27: Peladura.....   | 54 |
| Figura 28: Correlación de categoría de acción con un Rango de PCI .....  | 58 |

### 6.2. Índice de cuadros

|   |    |
|---|----|
| cuadro 1: Operacionalización de variables ..... | 61 |
| cuadro 2: Matriz de consistencia.....           | 65 |

## **I. Introducción**

La presente investigación tiene como finalidad la determinación y evaluación de las patologías de la capa de rodadura del pavimento flexible de la avenida Marcavelica cuadras 01 a la cuadra 09, del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, región Piura, marzo 2017.

Es de suma urgencia promover el desarrollo y construcción de infraestructura vial y peatonal de calidad en las calles que han sido afectadas por los cambios climáticos del distrito de Veintiséis de Octubre, pues podemos apreciar claramente que las principales vías de acceso presentan innumerables deficiencias, en este caso, específicamente en la av. Marcavelica: cuadras 01 a la cuadra 09, donde se pueden observar patologías en su pavimento flexible, puntualmente en su capa de rodadura.

No se puede atribuir, únicamente, al último desastre natural acontecido como causa del deterioro de las pistas. Las fallas que afectan al pavimento se producen por múltiples factores: un diseño incorrecto del pavimento, falta de calidad de los materiales, errores en los procesos constructivos, un obvio deficiente y/o inexistente de un sistema de drenaje pluvial en caso del incremento del caudal de precipitaciones, etc.

Siendo una apremiante necesidad la existencia de vías de circulación vehicular y peatonal de calidad en la provincia de Piura, es necesario determinar el estado actual de la capa de rodadura del pavimento flexible, y la determinación del porcentaje de la carretera afectada y conociendo cuál es la patología que más incide en dicha vía de acceso se podrá evaluar y hacer las recomendaciones correspondientes.

El presente trabajo de investigación se desarrolló aplicando la metodología del PCI (Índice de Condición de Pavimento), para determinar un valor (de 0 a 100), el mismo que indicará su estado. La metodología será de tipo evaluativo visual y a través de

un formato de evaluación. Para el presente trabajo de investigación se tomarán en consideración las patologías que se desprenden de factores como son calidad de agregados, procedimiento constructivo, efecto temperatura y que son abultamientos y hundimientos, depresión, desnivel carril-berma, parches, agregados pulidos, baches, ahuellamiento entre otros.

Para desarrollar la presente tesis se planteó el enunciado del problema, ¿En qué medida la determinación y evaluación de las patologías de la capa de rodadura del pavimento flexible de la avenida Marcavelica cuadras 01 a la cuadra 09, nos permitirá obtener la severidad de dicha estructura? El **objetivo general** de la presente tesis es Determinar y evaluar las patologías de la capa de rodadura del pavimento flexible de la avenida Marcavelica cuadras 01 a la cuadra 09, del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, región Piura, marzo 2017.

Los **objetivos específicos** serán los siguientes:

- Identificar los tipos de las patologías de la capa de rodadura del pavimento flexible de la avenida Marcavelica cuadras 01 a la cuadra 09, del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, región Piura.
- Analizar los tipos de patologías de la capa de rodadura del pavimento flexible de la avenida Marcavelica cuadras 01 a la cuadra 09, del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, región Piura.
- Determinar el Índice de condición de pavimento flexible de la capa de rodadura de la avenida Marcavelica cuadras 01 a la cuadra 09, del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, región Piura.

La presente investigación se **justifica** por la necesidad de conocer los tipos de patologías y nivel de severidad que se presentan en la capa de rodadura del pavimento flexible de la avenida Marcavelica cuadras 01 a la cuadra 09, del distrito

de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, región Piura. Teniendo conocimiento de los diferentes tipos de patologías encontradas, se plantea iniciar una evaluación, mediante determinación de áreas afectadas con el fin de obtener los porcentajes de daños que presenten, los niveles de severidad y condición de servicio que presenta la estructura.

La **metodología** es de tipo descriptiva, analítica, no experimental y de corte longitudinal y transversal.

En la presente investigación la **población** está dada por los pavimentos flexibles del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, región Piura.

## II. Revisión de la Literatura

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

a) El Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica, fundado el 7 de septiembre de 1995 con ocasión de la celebración del XX Congreso Mundial de Carreteras de Montreal, constituye un foro para el diálogo y el intercambio fluido de experiencias entre los responsables de carreteras de Iberoamérica y los países ibéricos, han elaborado el **CATÁLOGO DE DETERIOROS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES** preparado en base al aporte de los miembros del Consejo con la coordinación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de MÉXICO.

(Viña del Mar, abril del 2002)<sup>1</sup>.

Los defectos que presenta un pavimento y que disminuyen la comodidad del usuario o la vida de servicio de esa estructura, frecuentemente corresponden a defectos constructivos y difícilmente pueden clasificarse como deterioros.

Sin embargo, atendiendo al hecho de que habrán de ser corregidos mediante labores de mantenimiento o conservación, como es el caso de juntas mal acabadas, en el presente Catálogo se han incluido como deterioros. Adicionalmente puede argüirse que tales defectos pueden sufrir un deterioro gradual con el paso de los vehículos y convertirse así en verdaderos deterioros del pavimento.

En la literatura especializada de pavimentos, los fines didácticos perseguidos orientan el ordenamiento de los deterioros atendiendo a sus causas y origen, más que a las labores para su corrección. El interés del presente Catálogo se

orienta a las evaluaciones con miras a los trabajos de conservación, rehabilitación o reconstrucción.

Los deterioros de pavimentos incluidos se consideran los más relevantes. Se han agrupado en tres grandes categorías; los de superficie, los de estructura y los que encuentran su origen en la construcción.

Los deterioros dentro de las tres grandes categorías se agrupan a su vez en las

Sub categorías de:

- Desprendimientos
- Alisamientos
- Exposición de agregados
- Deformaciones
- Agrietamientos

De esta manera se tratan quince deterioros, cada uno en una ficha técnica individual, que se considera incluyen los propuestos por España, Chile, Nicaragua y México.

Cada ficha técnica incluye el nombre del deterioro con el grupo y subgrupo en el que se ha clasificado; la descripción del deterioro; una imagen o aspecto superficial; una forma propuesta para su evaluación; los trabajos típicos de corrección asociados a las fronteras establecidas en la evaluación y finalmente, las causas más comunes que dan origen al deterioro descrito.

Se considera que el presente catálogo cumple con las expectativas formuladas en su origen. Se pone a la consideración del Consejo de Directores en su reunión de Titulares para que, de así considerarlo conveniente, se integre con la parte preparada por Chile relativa a Pavimentos Rígidos.

## 2.1.2. Antecedentes Nacionales

**a) “DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU – TRUJILLO - LA LIBERTAD” (GÓMEZ V. TRUJILLO, SETIEMBRE DEL 2014)<sup>2</sup>.**

### **OBJETIVOS**

#### **Objetivo General. -**

Determinar la estructura del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo – La Libertad.

#### **Objetivos Específicos.**

Realizar los estudios de Tráfico. - Realizar los estudios de Mecánica de Suelos.

Diseñar la estructura del pavimento flexible mediante la metodología AASHTO 93. - Proponer los espesores del pavimento flexible.

### **DISCUSIÓN**

El conteo del tráfico se tomó en 7 días calendarios y tomó como periodo de diseño 20 años, lo cual nos dio como resultado un ESAL de  $8.02 \times 10^6$  y esto es factible ya que se tomó en cuenta el factor de crecimiento real.

- Para el Estudio de Mecánica de Suelos se hicieron calicatas. Por la similitud en las muestras recolectadas, se encontró que el material predominante es una Arena Arcillosa y Arcilla de mediana plasticidad dando como resultado un CBR de Diseño de 8.20 %, valor que es relativamente bajo por el alto porcentaje de finos que se tiene en la muestra.

- El diseño del pavimento se realizó con los Métodos de AASTHO.

- La culminación del presente trabajo: “Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo – La Libertad”, sirve de base para realizar los trabajos de construcción del anillo vial, trabajo que compete a los Organismos Públicos.

## **CONCLUSIONES**

- El Diseño de la Estructura del Pavimento Flexible, del presente proyecto, responde a parámetros del comportamiento del lugar de emplazamiento, tomando como variables de entrada, la caracterización del tránsito, las propiedades mecánicas de los materiales y del terreno de fundación, las condiciones climáticas, las condiciones de drenaje y los niveles de serviciabilidad y confiabilidad.
- En el método AASTHO – 93, el cálculo del espesor de la estructura del pavimento, relaciona las variables, considerando principalmente los Factores de Equivalentes de ejes tipo de 80 Kn o 18 Kips o ESAL y el Módulo Resiliente de la Subrasante MR.
- El procedimiento a seguir para obtener el número estructural SN, es iterativo, de donde se obtiene el espesor de cada capa que forman en paquete estructural del pavimento. Este procedimiento tiende a obtener valores elevados del número estructural en capas superiores, obteniendo un espesor reducido en la capa sub-base, lo que implica un mayor costo en la conformación del paquete estructural.
- Se concluye indicando, que dentro del diseño del Pavimento Flexible, siguiendo las recomendaciones del método AASTHO -93 se tiene la siguiente estructura:





### RECOMENDACIONES

- Se debe considerar el uso esperado del pavimento, pues el costo del pavimento sería elevado, si el nivel de serviciabilidad no alcanza su uso esperado y será necesario realizar trabajos de mantenimiento. Si se desea un nivel de confiabilidad alto esto implica que un pavimento se ejecute con mayores costos iniciales.
- Realizar más de dos ensayos de CBR de la subrasante, permitirá obtener un valor medio, el mismo que permitirá obtener un valor óptimo del Módulo Resiliente MR de la subrasante.
- Ejecutar el presente proyecto en base a las consideraciones y especificaciones propuestas de tal manera que se pueda lograr un servicio y funcionamiento eficaz y eficiente durante el periodo de vida de diseño.

**b) "ANÁLISIS SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA EL MANTENIMIENTO DE VÍAS EN LA REGIÓN DE PUNO"**  
(HUMPIRI P. JULIACA 2015)<sup>3</sup>.

**OBJETIVOS**

**OBJETIVO GENERAL**

Analizar las fallas superficiales que se presentan en los pavimentos flexibles, en las vías principales de la región de Puno, presentes en el momento de la evaluación y monitoreo in situ.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Describir los tipos, nivel de severidad y causas que aportan al deterioro de los pavimentos flexibles.

Proponer tratamientos sugeridos de reparación de fallas, que más se adecuen a una situación en particular de los pavimentos flexibles.

Impulsar el mantenimiento permanente de las carreteras para así evitar futuras fallas que puedan presentarse en su vida útil.

**CONCLUSIONES**

1.- Las fallas superficiales de mayor incidencia son las fisuras longitudinales y transversales, luego los ahuellamientos, desgaste superficial y otras; estas fallas se producen por deficiencias en el diseño, defectos de construcción y operación, influyendo de forma negativa en el resultado final del proyecto. Por tanto es necesario evaluar la vía para determinar el tipo de mantenimiento a ejecutar, factor que permite la conservación vial de forma correcta.

2.- Se concluye que generalmente el nivel de severidad es bajo siendo la primordial causa de deterioro el insuficiente o la falta de mantenimiento de las obras viales.

3.- Con los tratamientos de conservación vial recomendados en el presente trabajo de investigación se logra reparar el deterioro de forma puntual y precisa mejorando el nivel de serviciabilidad. Si en un determinado tipo de falla no se realiza la actividad de conservación propuesta no se logrará disminuir o corregir de manera óptima el daño.

4.- El mantenimiento permanente de las obras viales ayuda a la conservación de las vías, haciéndose perceptible en comodidad y tiempo de transporte.

5.- Se puede concluir con la investigación que existe una gran variedad de fallas que ayudarán a los ingenieros viales como guía de inspección vial.

## **RECOMENDACIONES**

1.- En la región de Puno se deberá poner mayor énfasis en los trabajos de mantenimiento viales, considerando que estas vías son la base de integración con el resto de la región. Las fallas superficiales en las vías no brindan seguridad y comodidad a los usuarios por ello se recomienda optimizar el nivel de servicio de las mismas.

2.- Por las fallas superficiales encontradas en las vías y por la variabilidad de las mismas, se recomienda que los organismos responsables realicen inspecciones rutinarias permanentemente, esto evitará un aumento en el nivel de severidad de dichas fallas y propagándose progresivamente.

3.- Se recomienda la implementar y mejorar los tratamientos de conservación vial rutinaria y periódica en todas las vías objeto de estudio del presente proyecto más aún en la que tenga mayor incidencia de tránsito.

4.- Considerando que las vías de la región de Puno monitoreadas, diariamente movilizan una gran cantidad de usuarios se recomienda propiciar que las condiciones de viaje sean seguras, satisfactorias y adecuadas.

5.- Es recomendable realizar actividades de evaluación de las vías frecuentemente, estableciendo el grado de severidad de los deterioros, con el fin de implementar reparaciones técnicas adecuadas, garantizando así la vida útil de la estructura del pavimento.

## **2.2. Bases teóricas de la investigación**

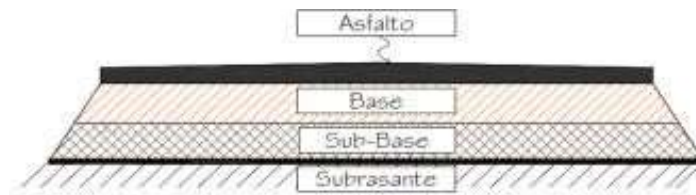
### **2.2.1. Definición de pavimento**

Se puede definir pavimento como la capa o conjunto de capas de materiales apropiados y procesados, dispuestas entre el nivel superior de la subrasante y la superficie de rodadura.

(ASTM D6433-03)<sup>4</sup>.

De acuerdo a la Norma AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), existen dos puntos de vista para definir un pavimento: el de la Ingeniería y el del usuario. De acuerdo a la Ingeniería, el pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado subrasante. Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado período de tiempo.

Ver figura 01.



*Figura 1: Paquete Estructural.*

*Fuente Medina A. (2015). Sección típica transversal pavimento flexible.*

Desde el punto de vista del usuario, el pavimento es una superficie que debe brindar comodidad y seguridad cuando se transite sobre ella. Debe proporcionar un servicio de calidad, de manera que influya positivamente en el estilo de vida de las personas.

Las diferentes capas de material seleccionado que conforman el paquete estructural, reciben directamente las cargas de tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada. Es por ello que todo pavimento deberá presentar la resistencia adecuada para soportar los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua, así como abrasiones y punzonamiento (esfuerzos cortantes) producidos por el paso de personas o vehículos, la caída de objetos o la compresión de elementos que se apoyan sobre él. Otras condiciones necesarias para garantizar el apropiado funcionamiento de un pavimento son el ancho de la vía; el trazo horizontal y vertical definido por el diseño geométrico; y la adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento, aún en condiciones húmedas.

En resumen, el pavimento es la estructura de una obra vial que permite el tránsito eficaz de los vehículos con la comodidad, seguridad y economía previstos en el proyecto.

### 2.2.2. Clasificación de pavimento

Existen principalmente cuatro clases de pavimentos: flexibles, rígidos, semirígidos y articulados. Su diferenciación está en la estructura y las capas que la conforman. Así también la forma en la que se transmiten los esfuerzos y las deflexiones a las capas inferiores.

Rojas (2003)<sup>5</sup>.

No siempre un pavimento se compone de las capas señaladas en la figura 01.

La ausencia o reemplazo de una o varias de esas capas depende de diversos factores, como por ejemplo del soporte de la subrasante, de la clase de material a usarse, de la intensidad de tránsito, entre otros.

Por esta razón, pueden identificarse 3 tipos de pavimentos, que se diferencian principalmente por el paquete estructural que presentan:

**a) Pavimento flexible**

**b) Pavimento rígido**

**c) Pavimento híbrido**

a) Pavimento flexible

También conocido como pavimento asfáltico y está conformado por una carpeta asfáltica en la superficie o capa de rodadura, la cual permite pequeñas deformaciones en las capas inferiores sin ocasionar fallas a la estructura. Debajo de la carpeta asfáltica se encuentran la base granular y la capa de subbase, diseñadas para la distribución y transmisión de las cargas originadas por el tránsito al terreno natural. Por último está la subrasante que sirve de soporte a las capas antes mencionadas. Ver figura 02.

Es más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de 10 a 15 años. Sin embargo es fundamental realizar trabajos de mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil.

b) Pavimento rígido

El pavimento rígido llamado también pavimento hidráulico, está conformado por paños de losas de concreto hidráulico, de acuerdo al diseño podrían tener en su interior acero de refuerzo. La losa de pavimento rígido se dispone sobre la base (o subbase) y ésta sobre la subrasante. Como su mismo nombre lo indica, este tipo de pavimento no se deforma y por tanto no permite deformaciones en las capas de base y subbase, es decir, las capas inferiores. Ver figura 02.

El costo inicial del pavimento rígido y su tiempo de vida útil es mayor que el costo del pavimento flexible. Su período de vida varía entre 20 y 40 años. El mantenimiento es mínimo orientado en la mayoría de casos al tratamiento de juntas dilatación de las losas.

c) Pavimento híbrido

Este tercer tipo de pavimento es una combinación del tipo de pavimento flexible y rígido. Colocar bloquetas de concreto reemplazando la carpeta asfáltica, constituye un tipo de pavimento híbrido. Ver figura 02.

Este tipo de pavimento obliga a disminuir la velocidad límite de los vehículos, debido a que las bloquetas producen una ligera vibración en los autos durante su circulación, de esta manera la velocidad máxima tiende a disminuir hasta los 60 km/h. Se recomienda este tipo de pavimento en zonas urbanas, por ser seguros y cómodos a los usuarios.

Los pavimentos de adoquines que se construyen en la actualidad están formados por elementos de adoquines prefabricados de concreto hidráulicos, asentados sobre una capa de arena y sellados con arena fina.

Existe otra forma de pavimento mixto, es aquél en que el pavimento de superficie asfáltica se construye sobre el pavimento rígido. Ver figura 02. Sin embargo se ocasiona un tipo particular de falla, llamada fisura de reflexión de junta.

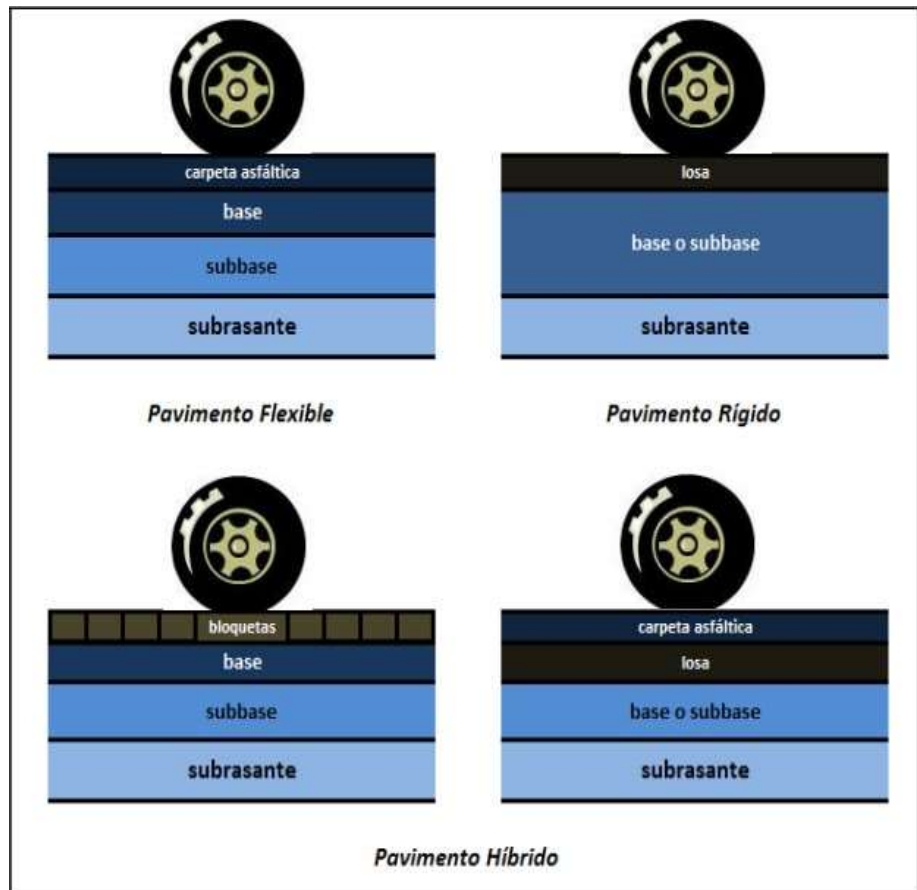
Se mencionará una tercera forma de Pavimento mixto diseñado para altas prestaciones.

Los pavimentos mixtos de altas prestaciones están constituidos de mezclas bituminosas porosas en caliente, con un betún modificado y percoladas a base de morteros especiales fluidos de muy altas prestaciones.

La solución a las zonas con elevadas cargas puntuales y zonas con posibles vertidos de aceite son los pavimentos de concreto hidráulicos, aunque son costosos y tardan bastante tiempo en ponerse en obra. Por esta razón, se llega a una solución de compromiso con los pavimentos mixtos que son un pavimento con una mezcla bituminosa con alto porcentaje de huecos a la que se le vierte un mortero de cemento, saturando los huecos existentes entre los áridos.

De esta manera, las ventajas de los pavimentos bituminosos (o flexibles) y de los pavimentos rígidos se unen en las características de los pavimentos mixtos de altas prestaciones, caracterizándose por poseer una resistencia elevada frente al efecto de los carburantes y aceites, los esfuerzos de punzonamiento, las cargas estáticas muy elevadas, los esfuerzos de torsión puntuales muy altos y al fuego y altas temperaturas.





*Figura 2: Pavimento flexible, rígido e híbrido*

*Fuente: Rodríguez, E. (2009) Pavimento flexible, rígido e híbrido.*

En la figura 03, 04 y 05. Se visualizan los tres principales tipos de pavimentos descritos anteriormente: pavimento flexible, rígido y mixto.



*Figura 3: Pavimento Flexible*

*Fuente: Creación Propia*



*Figura 4: Pavimento Rígido*

*Fuente: Creación Propia*



*Figura 5: Pavimento Híbrido*

*Fuente: Creación propia*

### 2.2.3. Definición de pavimento flexible

(Olivera, 2000)<sup>6</sup>.

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.

El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida de entre 10 y 15 años, sin embargo requiere de mantenimiento rutinario y periódico para cumplir con su vida útil.

Sus principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodadura uniforme, de color y textura apropiados, resistentes a la acción del tránsito, al intemperismo y cualquier otro agente perjudicial, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

En otras palabras, el pavimento es la súper estructura de una obra vial que hace posible el tránsito expedito de los vehículos con la comodidad, seguridad y economía previstos en el proyecto. (Rico, 2005)<sup>7</sup>.

#### 2.2.4. Características que debe reunir un pavimento

(Montejo, 2002)<sup>8</sup>.

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos.
- Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Presentar regularidad superficial, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Debe ser técnico y económico.

- Permitir un adecuado drenaje.
- El ruido en el interior de los vehículos que afecten al usuario, así como en el exterior, deben ser adecuadamente moderado.

#### 2.2.5. Ciclo de vida de un pavimento

(Menéndez, 2003)<sup>9</sup>.

Los pavimentos sufren un proceso de deterioro permanente debido a los diferentes agentes que actúan sobre ellos, tales como: el agua, el tráfico, la gravedad en taludes, etc. Estos elementos afectan al pavimento, en mayor o menor medida, pero su acción es permanente y termina deteriorándolo convirtiéndolo en intransitable.

Por lo tanto, el mantenimiento o conservación vial no es una acción que pueda efectuarse en cualquier momento ni mucho menos omitirse, sino más bien debería ser una planificación que implique una acción sostenida en el tiempo, con el fin de prevenir los efectos de los agentes que afectan el pavimento.

El ciclo de vida de un pavimento consta de cuatro fases descritas a continuación:

- **Fase A: Construcción:** Durante esta fase el estado del pavimento es excelente y cumple con los estándares de calidad. El costo en el que se ha incurrido hasta esta etapa es la construcción del paquete estructural. Un pavimento debería ser de construcción sólida sin embargo es posible que se ejecute la obra con algunos defectos constructivos. De todos modos entra en servicio apenas una vez construida. (Punto A de la figura 06).
- **Fase B: Deterioro lento y poco visible o imperceptible:** El estado del camino varía desde excelente a regular. El pavimento sufre un desgaste progresivo a lo largo del tiempo, el deterioro en esta etapa ya existe pero no es percibido por los usuarios. Generalmente el mayor daño se produce en la

capa de rodadura en proporción al número de vehículos que circulan por el pavimento, por la influencia del clima, del agua de las lluvias o aguas superficiales y otros factores. Para disminuir el deterioro es necesario aplicar medidas de mantenimiento y conservación vial, Al no ejecutarse tales medidas, la vida útil del pavimento se acorta considerablemente. El pavimento sigue en buen estado y sirve en forma adecuada a los usuarios. El costo del mantenimiento por año oscila entre el 0.4 a 0.6% del costo de construcción. (Área B de la figura 06).

**Fase C: Deterioro acelerado:** El estado del camino varía desde regular hasta muy pobre. Durante esta fase han transcurrido varios años de uso, la capa de rodadura y otros elementos del pavimento están cada vez más “agotados” y deteriorados; la estructura básica del pavimento está dañada y se puede constatar por las fallas visibles en la superficie de rodadura. Se inicia un período de deterioro acelerado y el pavimento resiste cada vez menos el tránsito vehicular. Los daños comienzan siendo puntuales y se van extendiendo hasta afectar la mayor parte de la estructura del pavimento, Esta fase es corta, puesto que la destrucción es bastante acelerada la resistencia al tránsito disminuye. (Área C de la figura 06).

**Fase D: Descomposición total:** Esta fase es la última de la existencia del pavimento, puede durar varios años y se caracteriza por el desgaste completo del pavimento. Durante este período la transitabilidad se dificulta seriamente, disminuye la velocidad de circulación y la capacidad del pavimento queda reducida a sólo una fracción de la original. Los vehículos empiezan a experimentar daños en sus neumáticos, ejes, etc. Los costos de operación vehicular aumentan y la vía se hace intransitable para autos. (Área D de la figura 06).

El ciclo de vida del pavimento, sin considerar obras de conservación, mantenimiento y rehabilitación, se puede representar mediante una curva de comportamiento, la cual es una representación histórica de la calidad del pavimento.

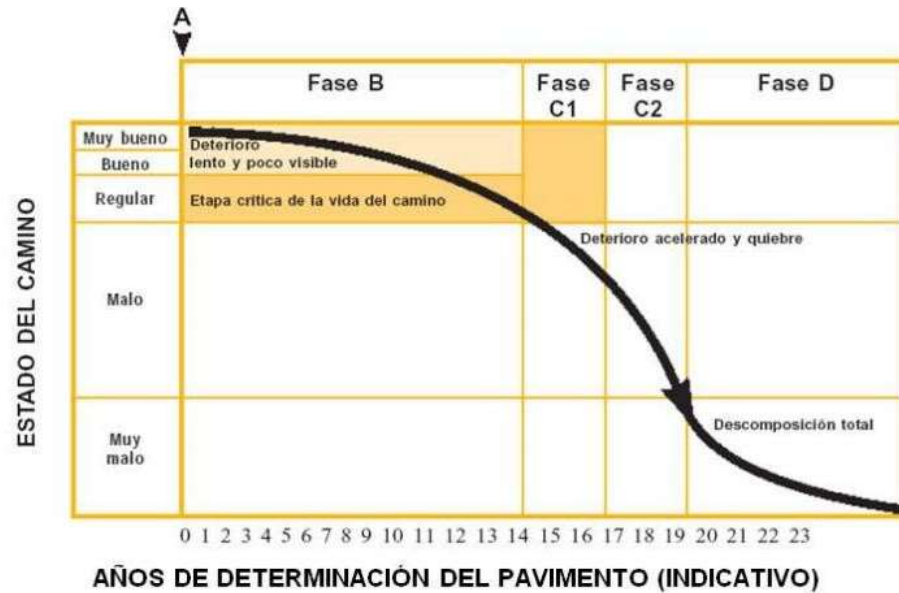


Figura 6: Condición de la vía sin mantenimiento.

Fuente: Sánchez (2012) Años de determinación del pavimento.

### 2.2.6. Ciclo de vida deseable del pavimento

(Menéndez, 2003)<sup>9</sup>.

El siguiente diagrama de flujo muestra el proceso que sigue un pavimento sin mantenimiento y otro con mantenimiento, en el que podemos apreciar que la falta de mantenimiento permanente conduce inevitablemente al deterioro total del pavimento, mientras que la atención constante del mismo mediante el mantenimiento rutinario, sólo requiere, cada cierto tiempo, trabajos de mantenimiento periódico.

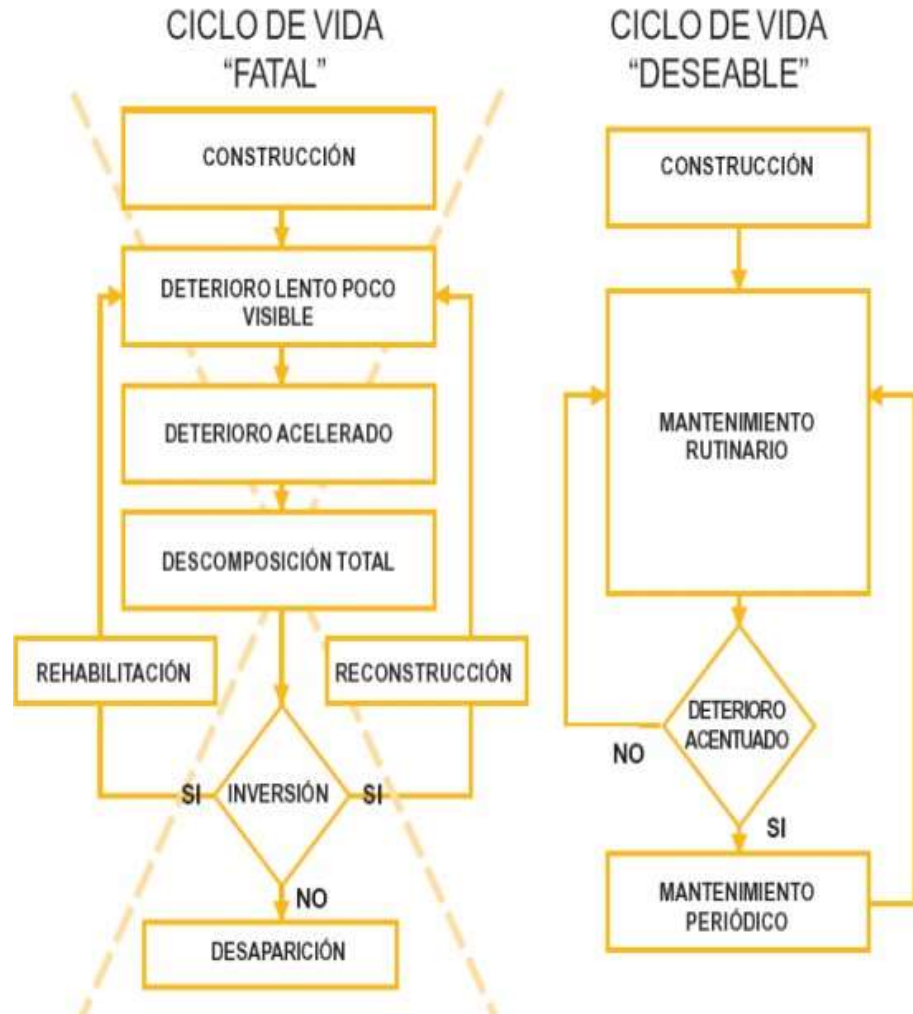


Figura 7: Diagrama de flujo del ciclo de vida "fatal" y "deseable".

Fuente: Menéndez. (2003)

### 2.2.7. Elementos que integran un pavimento Flexible

(Coronado, 2002)<sup>10</sup>.

Los pavimentos flexibles son los que están integrados por una superficie de rodadura apoyada generalmente sobre capas no rígidas, la base, sub-base y sub-rasante. Los cuales se describen a continuación:

- a) **Sub-rasante:** Es la capa de terreno más profunda y soporta toda la estructura, se extiende hasta una profundidad de tal manera que no afecte la carga de diseño correspondiente al tránsito previsto. El espesor de pavimento

dependerá en gran medida de la calidad de la sub-rasante, por lo tanto debe reunir los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad.

Los suelos pertenecientes a la sub rasante serán adecuados y estables, su CBR debe ser igual o mayor a 6%. Si fuera menor se le considera subrasante pobre o inadecuada, entonces será necesario estabilizar los suelos, analizando propuestas de solución, como la estabilización mecánica, el reemplazo de suelo, estabilización química de suelo, estabilización con geo-sintéticos. La propuesta debe ser técnica y económica. Se apoya sobre el terreno natural de fundación

**b) Sub-base:** Es la capa de material especificado con un espesor de diseño, soporta a la base y la carpeta asfáltica, con el propósito fundamental de transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, hacia la sub-rasante de tal forma que pueda soportarla absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la sub-base.

La sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y controlador de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, razón por la que se usan materiales granulares.

Si el diseño lo solicita, esta capa puede obviarse. La sub base puede ser de material granular ( $CBR \geq 40\%$ ) o tratada con asfalto, cal o cemento.

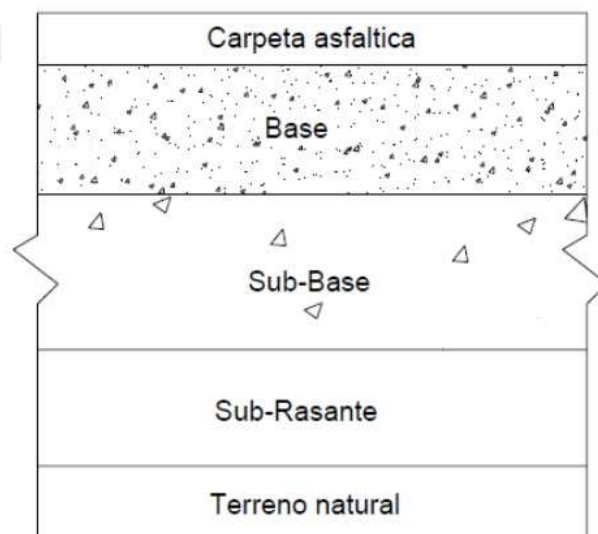
**c) Base granular:** Es la capa colocada debajo de la capa de rodadura y su función primordial es sostener, distribuir y transmitir las cargas a la sub-base y a través de ésta a la sub-rasante, Esta base está constituida por agregado grueso de buena calidad, triturado y mezclado con material de relleno o bien por una combinación de agregados gruesos y finos en su estado natural. Su eficiencia dependerá de la



correcta graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión. Estas propiedades dependerán de la proporción de finos con respecto al agregado grueso.

Esta capa será de material granular ( $\text{CBR} \geq 80\%$ ) o tratada con asfalto, cal y/o cemento.

**d) Superficie de rodadura o carpeta asfáltica:** Es la capa superior del pavimento flexible está dispuesta sobre la base y sostiene directamente el tránsito. Proteger las capas internas del pavimento y actúa como impermeabilizante evitando filtraciones pluviales que saturarían las capas internas. Además impide la destrucción de las capas inferiores ocasionadas por las cargas vehiculares. La carpeta asfáltica tiene que ser de mejor calidad cuyas características serán fricción, suavidad así como control de ruido y drenaje.



*Figura 8: Estructura de un Pavimentos Flexibles.*

*Fuente Elaboración Propia (2017)*

## 2.2.8. Drenaje en pavimentos

(Coronado, 2002)<sup>10</sup>.

La humedad es una característica muy especial de los pavimentos, ya que esta reviste gran importancia sobre las propiedades de los materiales que forman la estructura de un pavimento y sobre el comportamiento de los mismos.

Uno de los aspectos de gran importancia que se deben tomar en cuenta en el diseño de pavimentos es el drenaje de agua. Si se consideran el exceso de agua, las sobrecargas de volúmenes de tránsito entonces se tendrá un pavimento flexible de calidad.

### 2.2.8.1. Efectos del agua sobre el pavimento

(Coronado, 2002)<sup>10</sup>.

Los efectos del agua atrapada dentro de la estructura son:

- Disminuye la resistencia de los suelos que conforman la sub rasante debido a la saturación de la misma.
- Los finos de los agregados de las bases son succionados haciendo que las partículas de suelo se desplacen ocasionando pérdida en su capacidad de soporte debido a la erosión existente. En menor grado existen problemas de agua incluida y atrapada, como:

Desvestimiento de las partículas del pavimento por acción de la humedad.

Diferenciales producidos por el desplazamiento ocasionado por el hinchamiento de los suelos.

## 2.2.8.2. Soluciones a los problemas de humedad en pavimentos

(Coronado, 2002)<sup>10</sup>.

Los métodos para considerar el agua en el diseño de pavimentos, consisten básicamente en lo siguiente:

- Prevenir la penetración de agua dentro del pavimento.
- Proveer el drenaje necesario para remover el exceso de agua rápidamente.
- Construir pavimentos fuertes para resistir los efectos combinados de cargas y agua.

Proteger las capas interiores a la capa de rodadura debe ser primordial en el diseño de pavimentos. Se debe considerar la posibilidad de fuentes de agua de tal manera que se proteja la parte estructural del pavimento flexible del ingreso de agua. Se debe interceptar el agua que corre superficialmente de la mejor manera posible y también sellar la superficie de los pavimentos flexibles.

## 2.2.9. Fallas en pavimentos urbanos flexibles

(Jugo Augusto. Caracas 1993)

Existen diversos conceptos básicos que deben tenerse en cuenta al analizar el comportamiento de un pavimento. En este sentido es importante tener presente que su estructura sufrirá –con el tiempo– daño y deterioro aun cuando sea adecuadamente diseñado y construido de acuerdo con todas las especificaciones y normas de calidad. Mientras las demás obras de ingeniería tienen una vida indefinida, los pavimentos viales tienen una vida definida; aún con un mantenimiento óptimo alcanzarán un punto de falla. Los pavimentos son probablemente la única estructura de ingeniería que se diseña para que falle dentro de un periodo específico de tiempo. El modo de

deterioro varía sustancialmente, en función de la interacción de varios parámetros, que adicionalmente controlan la rata de deterioro, ellos son:

- a. La estructura (resistencia) del pavimento, incluyendo la subrasante.
- b. El volumen de tráfico y el tipo de cargas.
- c. Políticas de mantenimiento.

Las fallas son el conjunto de diferentes daños que impiden dar un servicio adecuado y originan una menor funcionalidad de la vía.

Las fallas en los pavimentos urbanos flexibles son la consecuencia de varios factores que interactúan de forma compleja como por ejemplo el diseño inicial, calidad de los materiales, operaciones de construcción, factores climáticos regionales desfavorables que producen una elevación del nivel freático, inundaciones, lluvias prolongadas, falta de drenaje superficial y entre otros un deficiente o inexistente mantenimiento por falta de recursos u otras razones.

Si tales factores o algunos de ellos se combinan se ocasionan un deterioro progresivo. Esta situación se vuelve grave si no se realizan acciones de mantenimiento y conservación a la vía.

Las fallas se clasifican en dos: estructurales y funcionales. Las estructurales, como su nombre lo indica, originan un daño en el paquete estructural del pavimento, impidiendo la cohesión de las capas, comportándose de manera ineficiente frente a cargas externas para las que fue diseñado. Las fallas funcionales afectan la transitabilidad; disminuye la calidad de la carpeta asfáltica rodadura, la estética de la vía y lo más importante la seguridad que se debe brindar al usuario.

Los daños de los pavimentos flexibles se agrupan en cuatro categorías:

1. Fisuras y grietas
2. Deformaciones superficiales
3. Desintegración de pavimentos o desprendimientos
4. Afloramientos y otras fallas.

A continuación se describen dieciocho de las fallas que comúnmente afectan a los pavimentos urbanos flexibles. Estas fallas también están consideradas dentro del método de Índice de Condición del Pavimento.

#### 2.2.9.1. Piel de cocodrilo

Se caracteriza por una serie de fisuras interconectadas de hasta 0.50 m. de longitud que originan polígonos irregulares de ángulos agudos, generalmente con un diámetro promedio menor a 0.30 m.

El agrietamiento se origina en las capas internas del paquete asfáltico es decir, en la base, aquí los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son elevados. Las fisuras ascienden a la superficie primero como una serie de fisuras longitudinales paralelas; luego por efecto de la repetición se repite el proceso en forma perpendicular interconectándose y dando la apariencia de una malla parecida a la piel de un cocodrilo.

Se le llama también agrietamiento por fatiga; se produce en aquellas áreas donde se efectúan repeticiones de carga vehicular como por ejemplo: huellas de los neumáticos.

El envejecimiento del ligante asfáltico es una causa de la piel de cocodrilo originándose la disminución de la flexibilidad de la capa de rodadura.

Este tipo de falla indica la disminución de la capacidad estructural de la vía. Por tanto es necesario realizar actividades de mantenimiento y conservación. La falta de mantenimiento o conservación provocaría ocasionar la aparición de baches. Ver figura 10.



*Figura 9: Piel de cocodrilo.*

Fuente: Coronado (2002)

#### 2.2.9.2. Exudación

La exudación es un tipo de falla en la que se puede observar un afloramiento o película del ligante asfáltico extendida sobre un área del pavimento dándole un aspecto brillante, de textura resbaladiza y reflectante llegando a ser mayormente pegajosa en temperaturas altas. Los factores pueden ser varios por ejemplo el excesivo uso de ligante y/o un sello bituminoso, utilización de un ligante asfáltico muy blando y por último un bajo porcentaje de vacíos, etc.

La exudación ocurre en periodos o zonas calurosas o, cuando el asfalto llena el porcentaje de vacíos y luego sube a la superficie del pavimento. Debido a

que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto queda acumulado en la superficie. Ver figura 11.



*Figura 10: Exudación.*

Fuente: Elaboración propia 2017

### 2.2.9.3. Fisuras en bloque

Las fisuras en bloque son una serie de fisuras interconectadas que seccionan el pavimento en piezas de forma aproximadamente rectangular. Los bloques pueden variar en tamaño de unos 30 cm. a 3 metros por lado. Las causas podrían ser la contracción del pavimento asfáltico y variación de temperatura. Indicando que el asfalto se ha endurecido. Este tipo de fallas no guarda relación con cargas vehiculares, sin embargo está asociado al envejecimiento del asfalto y ocurre sobre una porción considerable del pavimento. Ver figura 12.



*Figura 11: Fisuras en bloque*

*Fuente: Coronado (2002)*

#### 2.2.9.4. Abultamientos y hundimientos

Los abultamientos y hundimientos son una serie de desplazamientos tipo onda hacia arriba y/o hacia abajo ubicados en la superficie del pavimento distorsionando el perfil de la vía. La inestabilidad del pavimento no es su causa de origen. Los factores son los siguientes:

- Levantamiento de las losas de concreto cubierto con una carpeta asfáltica.
- Infiltración y acumulación de material en una fisura sumados los efectos de cargas de tráfico.
- Expansión del suelo de fundación.
- Fallas en el sistema de drenaje del del pavimento.

Los abultamientos de patrón perpendicular a la dirección del tráfico cuya separación es menor a 3.00 m. la falla es denominada corrugación. Pero si aparecen sobre grandes áreas de la superficie del pavimento originando largas depresiones y abultamientos se le llama hinchamiento y/o hundimiento. Ver figura 13.





*Figura 12: Abultamientos y hundimientos.*

*Fuente: Elaboración Propia (2017)*

#### 2.2.9.5. Corrugación

La corrugación es una falla caracterizada por una serie de ondulaciones constituidas por cimas y simas muy cercanas entre ellas.

Las cimas son perpendiculares al sentido de la dirección de la vía, causada por acción de las cargas vehiculares sumada con la inestabilidad de la capa superficial o de las capas internas. Ver figura 14.



*Figura 13: Corrugación.*

*Fuente: Tejerina W. (2007)*

#### 2.2.9.6. Depresión

La depresión se da en áreas localizadas en la superficie del pavimento que poseen niveles ligeramente inferiores a los que se encuentran alrededor suyo.

Las depresiones se hacen perceptibles cuando el agua se empoza en su interior después de alguna precipitación o por la presencia de manchas causadas por el agua que estuvo empozada. Las depresiones se producen por asentamientos de la subrasante o fallas en el proceso constructivo.

Si las depresiones son suficientemente profundas y contienen agua en su interior pueden causar hidropneumático, es decir, los neumáticos pierden contacto con la superficie de la capa de rodadura debido a la película de agua. Ver figura 15.



*Figura 14: Depresión*

*Fuente Elaboración Propia (2017)*

### 2.2.9.7. Fisuras de borde

Se puede definir a las fisuras de borde como grietas paralelas al borde externo del pavimento, que se encuentran a una distancia de 0.30 a 0.50 m de éste. Ver figura 16.

Las cargas vehiculares aumentan este tipo de fallas. Tienen su origen debido al debilitamiento de las capas internas muy cercanas al borde del pavimento, ya sea por el clima o por efecto abrasivo de arena suelta en el borde provocando peladuras que lleven a la desintegración del pavimento.

En caso de que el área entre la fisura y el borde tenga alguna grieta pueden producirse desprendimientos y remoción de fragmentos de la vía.



*Figura 15: Fisuras de borde.*

*Fuente: Recuperada de <https://hechosdetransito.com/danos-en-las-vias/>*

#### 2.2.9.8. Fisuras de reflexión de junta de losas de concreto longitudinales o transversales

Ocurren solamente cuando se construyen pavimentos de superficie asfáltica sobre losas de concreto hidráulico.

Estas grietas de reflexión de junta tienen su origen en el desplazamiento de las losas de concreto hidráulica bajo la carpeta asfáltica, provocado por cambios de temperatura o humedad,.

No tienen relación las cargas vehiculares pero estas pueden causar la rotura de la capa de rodadura cerca a las fisuras.

Si se conocen las medidas del paño de concreto hidráulico se pueden identificar estas fallas. Ver figura 17.



*Figura 16: Fisura de reflexión de junta.*

*Fuente: Recuperada de <https://hechosdetransito.com/danos-en-las-vias/>*

#### 2.2.9.9. Desnivel carril – berma

Se determina esta falla al observar la diferencia de alturas el borde de la capa de rodadura y la berma. Se origina por la erosión y/o asentamiento de la berma. La colocación de nuevas capas en la vía sin el ajuste correcto puede ocasionar esta falla. Ver figura 18.



*Figura 17: Desnivel carril – berma.*

*Fuente: Elaboración Propia (2017)*

#### 2.2.9.10. Fisuras longitudinales y transversales

Las fisuras longitudinales y transversales son grietas paralelas o perpendiculares a la dirección del tránsito. Ver figura 19.

Este tipo de fallas no guardan ninguna relación con cargas vehiculares. Sus causas son:

- Deficiencia en las Juntas de construcción falta de ellas.
- Cambios bruscos de temperatura que originan la contracción de la capa de rodadura. Las bajas temperaturas endurecen el asfalto

- Uso de ligantes envejecidos o duros.
- Gradiente térmico superior a los 30° C.
- Contracción de la mezcla asfáltica.

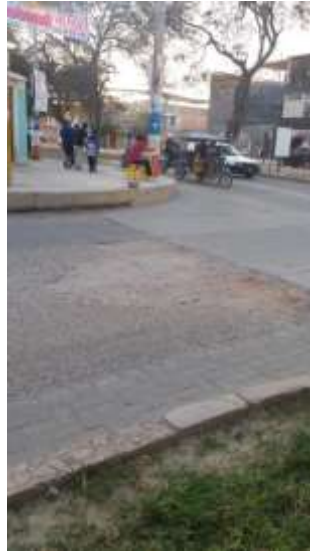


*Figura 18: Fisuras longitudinales*

*Fuente: Elaboración Propia (2017)*

#### 2.2.9.11. Parches y parches de cortes utilitarios

Un parche es una sección del pavimento que ha sido reemplazada con material nuevo con el fin de repararlo. También están los parches de cortes utilitario donde el fin no es la reparación si no que el parche resulta cuando se efectúan cortes para la reparación de tuberías de instalación sanitaria, eléctrica u otros similares. Los parches perjudican el nivel de servicio de la vía, ya que el parche no reúne las características del pavimento original perjudicando también el área adyacente al parche. Ver figura 20 y 21.



*Figura 19: Parche*

*Fuente: Elaboración Propia (2017)*



*Figura 20: Parche de cortes utilitarios.*

*Fuente: Elaboración Propia (2017)*

#### 2.2.9.12. Agregado pulido

El agregado pulido se caracteriza por la pérdida de resistencia al deslizamiento en la capa de rodadura del pavimento. Esto es perceptible al tacto pues los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto. Ver figura 22.

Esta falla es causada por:

- Repeticiones de cargas vehiculares.
- Disminución en la cantidad de agregado extendida sobre el asfalto.
- Falta de rozamiento o fricción en la textura del pavimento, impidiendo la reducción de la velocidad vehicular.
- Escasez de agregado angular necesario para buena adherencia o agarre entre el pavimento y los neumáticos vehiculares.



*Figura 21: Agregado pulido.*

*Fuente: Elaboración Propia (2017)*

### 2.2.9.13. Baches

Los baches son pequeños hoyos o depresiones en la capa de rodadura con un diámetro menor a 750 mm. Sus bordes son agudos y sus lados son verticales cerca de la zona superior de la falla. Ver figura 23.

Causas de los baches:



- Alta severidad en el fisuramiento tipo piel de cocodrilo que produce fatiga y la desintegración de la capa de rodadura.
- Defectos en los procesos constructivos.
- Sub drenaje deficiente.
- Diseño errado del paquete estructural.



*Figura 22: Baches.*

*Fuente Elaboración Propia (2017)*

#### 2.2.9.14. Ahuellamiento

El ahuellamiento se caracteriza por la aparición de una depresión longitudinal continua a paralela a la trayectoria del vehículo, ocasionando la deformación permanente de las capas del pavimento flexible o la subrasante. Ver figura 24.

Una de sus causas podría ser la falta de compactación necesaria de cada capa del paquete estructural originando inestabilidad en la base y subbase y

ocasionando el movimiento lateral de los materiales debido a las cargas vehiculares. Un ahuellamiento importante ocasionará una falla estructural considerable del paquete estructural.

Otras causas son:

- Mezcla asfáltica inestable.
- Exceso de ligante en riegos.
- Mal diseño del paquete estructural: espesores deficientes.
- Mala calidad de materiales o deficiente control de calidad.



*Figura 23: Ahuellamiento.*

*Fuente Elaboración Propia (2017)*

#### 2.2.9.15. Desplazamiento

Los desplazamientos son discontinuidades o distorsiones de la carpeta asfáltica originados por desplazamientos de mezcla o corrimientos longitudinales permanentes de un área específica del pavimento originando una especie de “cordones” laterales. Ver figura 25.

Son producidas por cargas vehiculares aplicadas contra el pavimento y llega a producirse una onda corta y brusca en la superficie del mismo.

Generalmente ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables, es decir emulsiones.

Si los pavimentos asfálticos colindan con pavimentos rígidos también ocurren desplazamientos pues las losas de concreto al aumentar su volumen empujan al pavimento flexible produciéndose el desplazamiento.

Otras causas son:

- Exceso de asfalto o de vacíos constituyendo mezclas inestables.
- Inexistencia de confinamiento lateral.
- Adherencia inadecuada por defectos en el riego de liga o de imprimación.



*Figura 24: Desplazamiento.*

*Fuente: Recuperada de <http://www.nestorhuaman.pe/>*

#### 2.2.9.16. Fisura parabólica o por deslizamiento

Las fisuras parabólicas o por deslizamiento están conformadas por grietas de forma de media luna de forma transversal a la dirección del tránsito vehicular ocurriendo generalmente en mezclas asfálticas de baja estabilidad y en capas superpuestas si existe una adherencia deficiente entre la capa superficial y la capa subyacente de la estructura.

Causas de las fisuras parabólicas:

- El frenado de los neumáticos vehiculares o giro originan el deslizamiento y deformación de la superficie del pavimento.
- Falta de adherencia en capas superpuestas o presencia de polvo entre ellas.
- Exceso de ligante o falta de riego de liga.
- Alto contenido de arena fina en la mezcla.

No existe relación alguna entre los procesos de inestabilidad geotécnica del suelo de fundación y las fisuras parabólicas. Ver figura 26.



*Figura 25: Fisura parabólica.*

*Fuente: Recuperada de <http://www.nestorhuaman.pe/>*

#### 2.2.9.17. Hinchamiento

El hinchamiento es perceptible por el abultamiento o levantamiento localizado en la superficie del pavimento, en forma de una onda larga y gradual de longitud mayor a 3.00 m, que distorsiona el perfil de la carretera. Ver figura 27.

La causa principal es la expansión del suelo de fundación, por ser suelos expansivos y el congelamiento del material de la subrasante.

A veces en el hinchamiento puede existir agrietamiento superficial.



*Figura 26: Hinchamiento.*

*Fuente: Recuperada de <http://www.nestorhuaman.pe/>*

#### 2.2.9.18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados

La peladura por intemperismo consiste en la desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de ligante asfáltico y si hubiere desprendimiento del agregado pétreo se debe a partículas de agregado sueltas o removidas. Ver figura 28.

En las dos fallas el ligante asfáltico ha sufrido un endurecimiento considerable y/o la mezcla es de pobre calidad.

Las principales causas de este tipo de fallas son:

- Cargas de tráfico especiales, por ejemplo vehículos de orugas.
- Ablandamiento de la superficie y pérdida de agregados por el derramamiento de aceite de vehículos.
- Mezcla de baja calidad con ligante insuficiente.
- Agregados contaminados o muy absorbentes.
- Falla de adherencia entre agregado y asfalto por agentes externos.



*Figura 27: Peladura.*

*Fuente: Elaboración Propia (2017)*

#### 2.2.10. Método PCI( Pavement Condition Index) para pavimentos flexibles

M.E. (1999)<sup>11</sup>.

El método PCI (Pavement Condition Index) es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta.

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

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

El cálculo del PCI tiene su fundamento en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla existente. Dada la gran cantidad de combinaciones posibles, el método introduce un factor de ponderación de nombre “valor deducido” que permite indicar en qué grado afecta la condición del pavimento y cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad.

Este método no pretende solucionar aspectos de seguridad si alguno estuviera asociado con su práctica. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, un valor que cuantifique el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento.

#### **2.2.10.1. Objetivos**

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

- Determinar el estado en que se encuentra el pavimento en términos de su integridad estructural y del nivel de servicio que ofrece. El método permite la cuantificación de la integridad estructural de manera indirecta, a través del índice de condición del pavimento puesto que no se realizan mediciones que permitan calcular directamente esta integridad.

Cuando se habla de integridad estructural se hace referencia a la capacidad que tiene el paquete estructural de soportar solicitaciones externas como cargas de tránsito o condiciones ambientales. En cambio, el nivel de servicio es la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro al conductor.

Obtener un indicador que permita comparar, con un criterio uniforme, la condición y comportamiento del pavimento y de esta manera justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación, seleccionando la técnica de reparación más adecuada al estado del pavimento en estudio.

#### **2.2.10.2. Terminología**

A continuación, se definen los principales términos utilizados en el método, que son de vital importancia para la comprensión y correcta aplicación del mismo.

**Red de pavimento.** Es el conjunto de pavimentos a ser administrados. Es una sola entidad y tiene una función específica por ejemplo: un aeropuerto o una avenida es una red de pavimento.

**Tramo de pavimento.** Un tramo es una parte identificable de la red de pavimento. Por ejemplo, cada camino o estacionamiento es un tramo separado.

**Sección de pavimento.** Es un área de pavimento contigua de construcción, mantenimiento, historial de uso y condición uniformes. Una sección debe tener el mismo volumen de tráfico e intensidad de carga.



**Unidad de muestra del pavimento.** Es una subdivisión de una sección de pavimento que tiene un tamaño estándar que varía de 225 +/- 90 m<sup>2</sup>, si el pavimento no es exactamente divisible entre 2500 o para acomodar condiciones de campo específicas.

**Muestra al azar.** Es una unidad de muestra de la sección de pavimento, seleccionada para la inspección mediante técnicas de muestreo aleatorio.

**Muestra adicional.** Es una unidad de muestra inspeccionada adicionalmente a las unidades de muestra seleccionadas al azar con el fin de incluir unidades de muestra no representativas en la determinación de la condición del pavimento.

Deben ser consideradas como muestras adicionales aquellas muestras muy pobres o excelentes que no son típicas en la sección ni entre las unidades de muestra, que contienen deterioros poco comunes tales como cortes utilitarios (ejemplo: corte para instalación de tuberías de agua o desagüe, electricidad, teléfonos, etc.).

Si una unidad de muestra que contiene una falla poco común es escogida al azar como unidad de muestra, ésta deberá ser considerada como unidad de muestra adicional y otra unidad de muestra al azar deberá ser escogida. Si todas las unidades de muestra son inspeccionadas, entonces no habrá unidades de muestra adicionales.

**Índice de condición del pavimento (PCI).** Es un grado numérico de la condición del pavimento. Varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien

(100) para un pavimento en perfecto estado. Cada rango del PCI tiene su correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

**Grado de la condición del pavimento.** Es una descripción cualitativa de la condición del pavimento, como una función del valor de PCI que varía entre “fallado” hasta “excelente”, como se aprecia en la figura 29.

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

*Figura 28: Correlación de categoría de acción con un Rango de PCI*

*Fuente: Sotil. (2012)*

**Fallas del pavimento.** Indicadores externos del deterioro del pavimento causado por las cargas de tráfico, factores ambientales, deficiencias constructivas, o una combinación de estas causas.

### III. Metodología

#### 3.1. Tipo de la investigación de la tesis

En general la investigación es de tipo descriptiva, analítica cuantitativa, no experimental y de corte longitudinal y transversal, a marzo de 2017.

Es descriptiva porque describe la realidad, sin alterarla.

Analítica porque estudia los detalles de cada patología y establece las posibles causas.

Es No experimental porque se estudia el problema y se analiza sin recurrir a laboratorio.

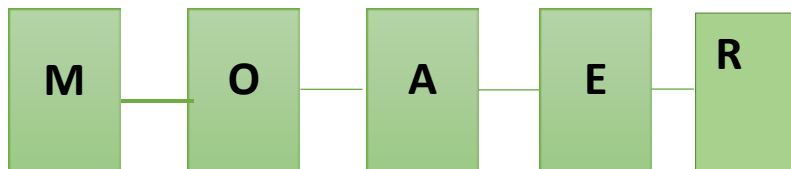
Es de corte longitudinal y transversal porque se está analizando en este período con proyección al futuro proponiendo soluciones técnicas en el período marzo 2017.

### 3.2. Nivel de la investigación de la tesis

El nivel de la presente investigación es un nivel descriptivo, porque describe los tipos de fallas en el pavimento flexible en una circunstancia temporal y geografía determinada; cuya finalidad es describir y/o estimar parámetros patológicos que ocurren en la capa de rodadura de los pavimentos flexibles de la avenida Marcavelica: cuadras 01 a la cuadra 09, del distrito Veintiséis de Octubre.

### 3.3. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación se grafica de la siguiente manera:



Dónde:

- M = Muestra.
- O = Observación
- A = Análisis
- E = Evaluación
- R = Resultados

### 3.4. Población y Muestra

#### 3.4.1. Población

Para la presente Investigación, la Población está demarcada por el distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, región Piura.

#### 3.4.2. Muestra

Se seleccionará la capa de rodadura del pavimento flexible de la avenida Marcavelica, cuadras 01 a la cuadra 09, del distrito Veintiséis de Octubre, provincia de Piura y región Piura.

### 3.5. Definición y operacionalización de variables

cuadro 1: Operacionalización de variables

| <b>VARIABLE</b>   | <b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>  | <b>DIMENSIONES</b>   | <b>DEFINICION OPERACIONAL</b>   | <b>INDICADORES</b>                           |
|---|---|--|---|--|
| Variable Independiente. Determinación y evaluación de las patologías de la capa de rodadura del Pavimento flexible de la avenida Marcavelica cuadras 01 a la cuadra 09, del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, región Piura, marzo 2017". | Las patologías. Se refiere a las manifestaciones sintomáticas en las que se presentan lesiones físicas, químicas, mecánicas; como la presencia o evidencia de fallas que pueden sufrir o alterar la estructura y comportamiento del pavimento durante su vida útil. (Conrad M. 2011), Cuantificando su cantidad y severidad según el manual del PCI | El manual del PCI nos describe 19 tipos de fallas para pavimentos rígidos como son:<br>Blow up / Buckling<br>Grieta de esquina.<br>Losa dividida.<br>Grieta de durabilidad "D".<br>Escala.<br>Etc.                           | El manual del PCI nos detalla la evaluación de pavimentos rígidos mediante la observación in situ sin influir en ellas, las cuales se analizan para determinar el tipo de falla y su severidad y serán registrados en formatos elaborados y personalizando para este fin. | Tipo, forma de falla.                        |
|   |   |  |   | Nivel de Severidad.<br>LOW<br>MEDIUM<br>HIGH |
| Variable Dependiente. Permitirá conocer Índice de Condición de Pavimento que conforman la avenida Marcavelica de la cuadra 01 a la cuadra 09 del Distrito de Veintiséis de  | El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado (Manual del PCI)  | El manual del PCI nos describe la metodología a utilizar para evaluar los datos obtenidos en la evaluación de campo y a través de tablas ya proporcionadas por dicho manual obtener el Índice Numérico por muestra evaluada. | Rango   | 100 - 85                                     |
|   |   |  |   | 85 - 70                                      |
|   |   |  |   | 70 - 55                                      |
|   |   |  |   | 55 - 40                                      |
|   |   |  |   | 40 - 25                                      |
|   |   |  |   | 25 - 10                                      |
|   |   |  |   | 10 - 0                                       |
|   |   |  | Clasificación   | Excelente                                    |
|   |   |  |   | Muy bueno                                    |
|   |   |  |   | Bueno  |
|   | Regular   |  |   |  |
|   | Malo  |  |   |  |
|   | Muy malo  |  |   |  |

|          |  |  |  |         |
|----------|--|--|--|---------|
| Octubre. |  |  |  | Fallado |
|----------|--|--|--|---------|

Fuente: Elaboración propia (2017)

### 3.6. Técnicas e instrumentos

Para el desarrollo de la siguiente investigación se realizaron los siguientes pasos. Estos son:

- Revisión y acopio de literatura y antecedentes de investigación concernientes al tema (revisión de la literatura) que sirva de apoyo durante la aplicación de esta investigación.
- Recopilación de bases teórico científicas.
- Recopilación de antecedentes preliminares: En esta etapa se realizó la búsqueda el ordenamiento, análisis y validación de los datos existentes y de toda la información necesaria que ayudó a cumplir con los objetivos de este proyecto.
- Estudio de la aplicación del programa de diagnóstico y seguimiento de pavimentos enfocado al método PCI.
- Estudio de la aplicación del programa de diagnóstico y seguimiento de pavimentos enfocado al método PCI.
- Se utilizarán instrumentos de investigación proporcionados en el manual del PCI; como antesala se debe determinar las unidades de muestreo para evaluación, y seleccionarlas si fuera el caso.
- Se elaborarán formatos, teniendo en cuenta los mostrados en el manual del PCI, específicamente el de pavimento flexible.
- Con la data ya digitalizada, calcularemos el PCI de las unidades de muestro evaluadas, y posteriormente calcularemos el PCI global de los pavimentos rígidos, para ello utilizaremos el manual del PCI.
- Los resultados obtenidos se presentaran en forma de cuadros, gráficos y/o resúmenes con sus respectivas recomendaciones y anexos que sustenten la veracidad y seriedad del trabajo realizado.

### 3.7. Plan de análisis

Para la recolección de datos:

- Delimitación y ubicación de las unidades de muestras a evaluar.
- Observación y análisis del tipo y severidad de las patologías existentes en la capa de rodadura del pavimento flexible de la avenida Marcavelica de la cuadra 01 a la cuadra 09 del distrito de Veintiséis de Octubre y se plasmarán los datos obtenidos en los formatos personalizados que recomienda el manual del PCI
- Evaluación de la data conforme describe el manual del PCI, identificando el Índice de Condición de Pavimento, para cada unidad de muestra observada y analizada, y el Índice de Condición de Pavimento global.
- Presentación de los resultados en Cuadros Estadísticos con la ayuda de hojas de cálculo (Excel):

Formatos de Recolección de Datos

Cuadros estadísticos de las Patologías existentes evaluadas.

Descripción de los resultados del estado en que se encuentran en la capa de rodadura del pavimento flexible de la avenida Marcavelica de la cuadra 01 a la cuadra 09 del distrito de Veintiséis de Octubre y se plasmarán los datos obtenidos en los formatos personalizados que recomienda el manual del PCI





3.8. Matriz de consistencia  
*cuadro 2: Matriz de consistencia*

| Enunciado del Problema  | Objetivos   | Variables   | Metodología  |
|---|---|---|--|
| <p>¿En qué medida la determinación y evaluación de las patologías de La capa de rodadura del pavimento flexible de la avenida Marcavelica cuadras 01 a la cuadra 09, del distrito de Veintiséis de Octubre , provincia de Piura, región Piura, marzo 2017; permitirá obtener un índice de condición del pavimento</p> | <p style="text-align: center;"><b>Objetivo General</b></p> <p>Determinar y Evaluar las patologías de la capa de rodadura del pavimento flexible de la avenida Marcavelica cuadras 01 a la cuadra 09, del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, región Piura, marzo 2017.</p> <p style="text-align: center;"><b>Objetivo Especifico</b></p> <p>a) Identificar los tipos de las patologías de la capa de rodadura del pavimento flexible de la avenida Marcavelica cuadras 01 a la cuadra 09, del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, región Piura.</p> <p>b) Analizar los tipos de patologías de la capa de rodadura del Pavimento flexible.</p> <p>c) Hallar el nivel de severidad de las patologías de la capa de rodadura del Pavimento flexible.</p> | <p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Determinación y evaluación de las patologías de la capa de rodadura del Pavimento flexible de la avenida Marcavelica cuadras 01 a la cuadra 09, del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, región Piura, marzo 2017”.</p> <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Permitirá conocer el índice de Condición del pavimento aplicando el método PCI.</p> | <p style="text-align: center;"><b>Tipo de Investigación</b></p> <p>La investigación es de tipo descriptiva analítica cuantitativa, no experimental y de corte longitudinal y transversal a marzo 2017.</p> <p style="text-align: center;"><b>Nivel de la investigación</b></p> <p>Es descriptiva, explicativa, no experimental.</p> <p style="text-align: center;"><b>Diseño e la investigación</b></p> <p>a) La Población está demarcada por el distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, región Piura.</p> <p>b) La Muestra está conformada por la capa de rodadura del pavimento flexible de la avenida Marcavelica, cuadras 01 a la cuadra 09, del distrito Veintiséis de Octubre, provincia de Piura y región Piura.</p> |

Fuente: Elaboración propia (2017)

### 3.9. Principios éticos

El presente proyecto de investigación se enmarca dentro de los pilares básicos del respeto a la persona humana, es decir, los derechos de autor respecto a las investigaciones realizadas tomadas para la presente tesis; así como la responsabilidad ética que implica los resultados de la investigación a realizar y que luego se pondrán a disposición de la población estudiantil de la universidad y de la sociedad.

## IV. Resultados

### 4.1. Resultados

La determinación de los resultados se realizó tomando en consideración la ubicación del área de estudio de la avenida Marcavelica, del distrito de Veintiséis de Octubre, Provincia de Piura, Región Piura, para ello se aplicó la metodología del PCI utilizando cuatro cuadros para el desarrollo de la información en la avenida Marcavelica distribuida en un grupo que comprende un total de nueve cuadras.

Los cuadros que se desarrollan en la avenida Marcavelica, de la Provincia de Piura, consisten en lo siguiente:

- El primer cuadro es una hoja de inspección de datos de ubicación y de cantidad tanto en número y área, así mismo la determinación de las patologías y su ubicación en el área de trabajo, además de la cuantificación de las patologías según corresponda.
- El segundo cuadro se refiere a los ábacos donde se ubican los niveles de cada patología y las características establecidas las cuales alimentan el cuadro anterior de la avenida Marcavelica, de la provincia de Piura, región de Piura.
- El tercer cuadro da referencia a los cálculos orientados desde el cuadro uno para ubicarlos en el Abaco general y establecer el PCI final de la avenida Marcavelica.

## 4.2. Análisis de resultados

A continuación se presenta las tablas de la investigación:



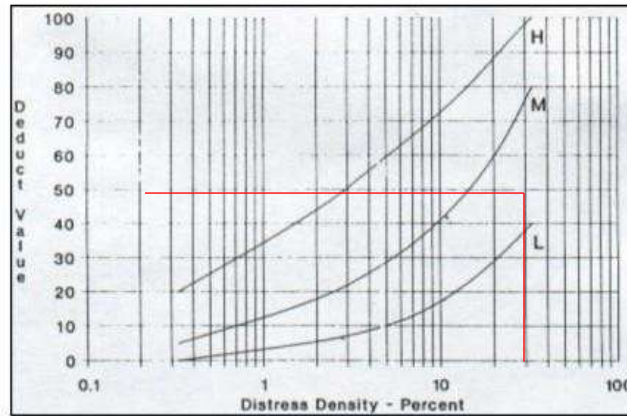
- **HOJA DE INSPECCIÓN VISUAL**
- **CURVAS DE VALOR DEDUCIDO**
- **GRÁFICA DEL PORCENTAJE DEL PCI**
- **CÁLCULO DEL PCI**

## FICHA DE INSPECCIÓN TÉCNICA

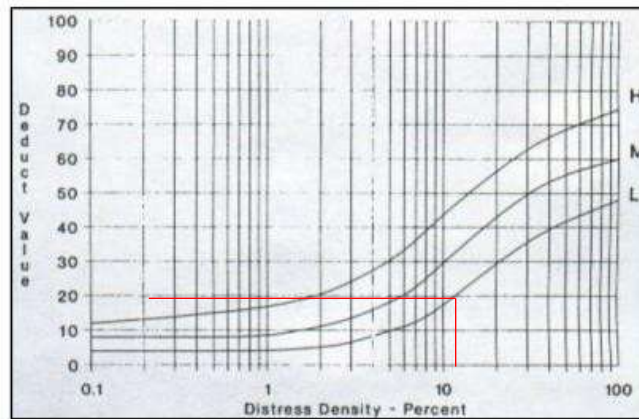
| <b>METODO PCI</b>  |          |     |     |                       |                        |                   |
|--|----------|-----|-----|-----------------------|------------------------|-------------------|
| INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE |          |     |     |                       |                        |                   |
| <b>HOJA DE REGISTRO</b>  |          |     |     |                       |                        |                   |
| Nombre de la vía:  |          |     |     | AV. MARCAVELICA       |                        |                   |
| Ejecutor:  |          |     |     | Iris Romero Rodríguez |                        |                   |
| Tramo  |          |     |     | A                     |                        |                   |
| Unidad de Muestra  |          |     |     | 1                     |                        |                   |
| Area de Uniad de Muestra UM 01                                   |          |     |     | 1495                  |                        | M2                |
| Medidas de UM 01 en metros                                       |          |     |     | 6.50*230              |                        |                   |
| <b>FALLAS ENCONTRADAS</b>  |          |     |     |                       |                        |                   |
| 4. Abultamientos y hundimientos                                  |          |     |     |                       |                        |                   |
| 6. Depresión   |          |     |     |                       |                        |                   |
| 9. Desnivel carril-berma   |          |     |     |                       |                        |                   |
| 11. Parches y parches de cortes utilitarios                      |          |     |     |                       |                        |                   |
| 12. Agregado pulido  |          |     |     |                       |                        |                   |
| 13. Baches   |          |     |     |                       |                        |                   |
| 14. Ahuellamiento  |          |     |     |                       |                        |                   |
| FALLA  | CANTIDAD |     |     | TOTAL                 | DENSIDAD<br>PORCENTUAL | VALOR<br>DEDUCIDO |
| 4M   | 53       | 71  | 80  | 204                   | 13.65                  | <b>49</b>         |
| 6M   | 34       | 32  | 16  | 82                    | 5.48                   | <b>19.5</b>       |
| 9M   | 29       | 65  | 65  | 159                   | 10.64                  | <b>9</b>          |
| 11M  | 3        | 3   | 7   | 13                    | 0.87                   | <b>9</b>          |
| 12H  | 130      | 160 | 145 | 435                   | 29.10                  | <b>9</b>          |
| 13H  | 9        | 14  | 3   | 26                    | 1.74                   | <b>65</b>         |
| 14H  | 121      | 34  | 28  | 183                   | 12.24                  | <b>43</b>         |

## CURVAS DE VALOR DEDUCIDO

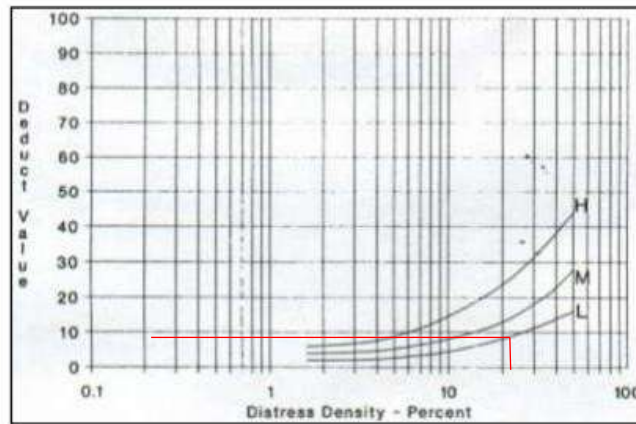
(4) Abultamientos y/o hundimientos



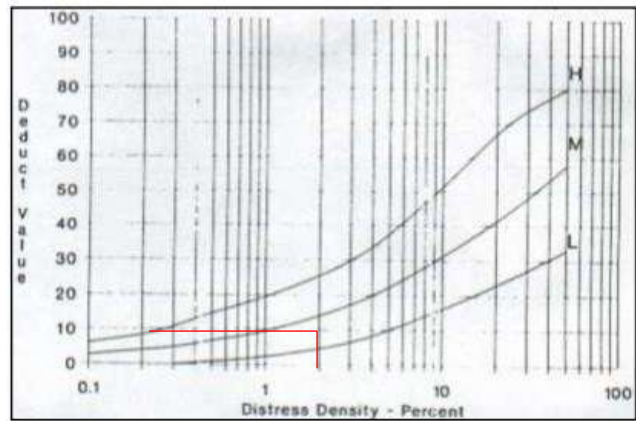
(6) Depresión



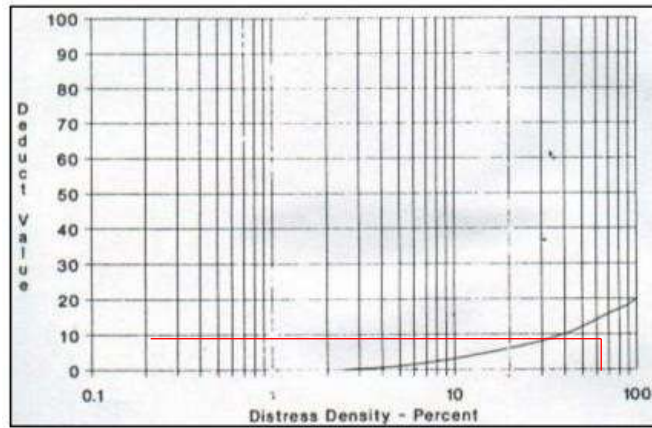
(9) Desnivel Carril-Berma



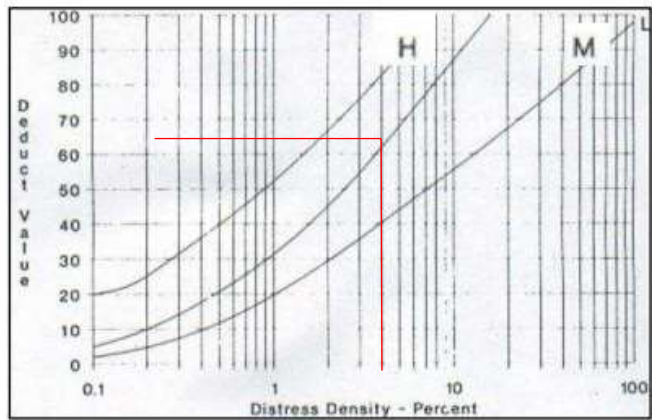
(11) Parches y Parches de cortes utilitarios



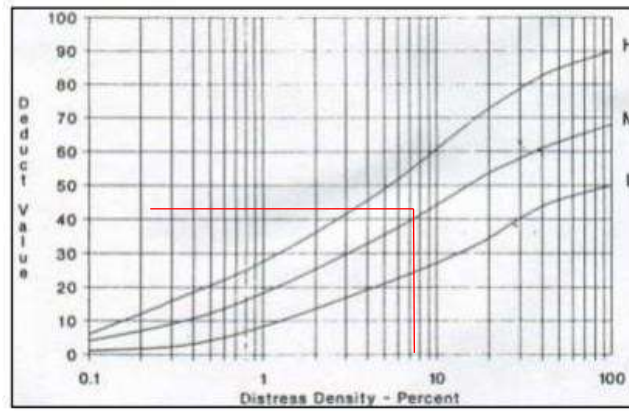
(12) pulimento de Agregados



(13) Baches

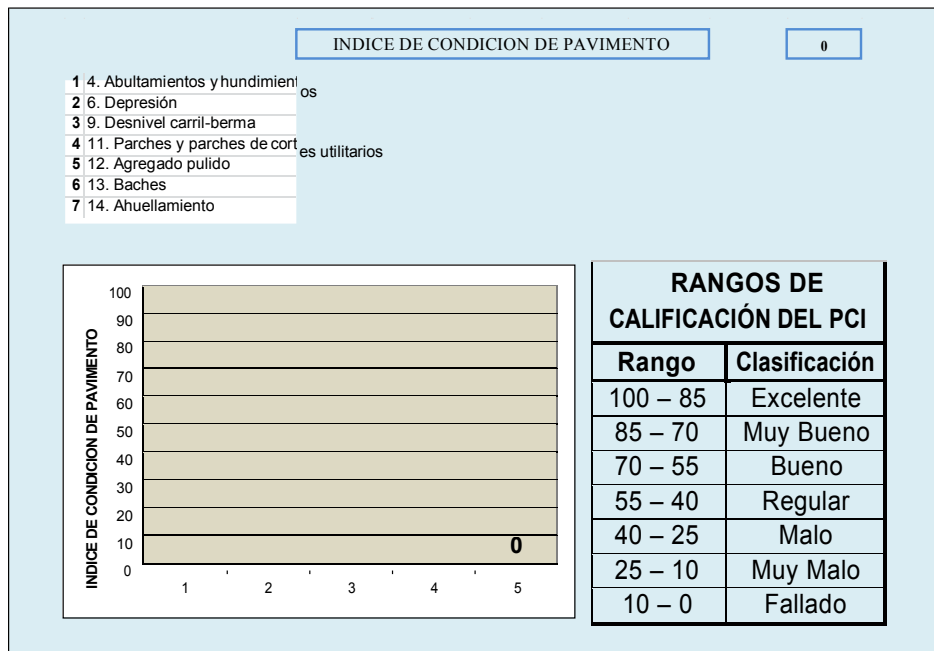
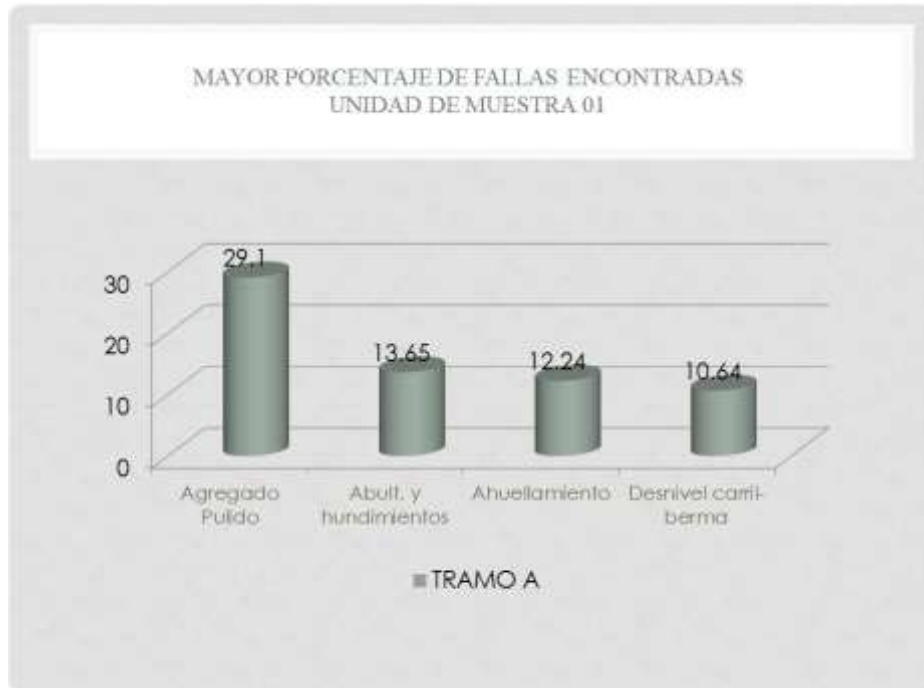


(14) Ahuellamiento





## GRÁFICA DEL PORCENTAJE DE PCI



# CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

## CÁLCULO DEL VDC

AVENIDA MARCAVELICA-CUADRAS 01 A 03

TRAMO A - UM 01

NÚMERO MÁXIMO ADMISIBLE DE VALORES DEDUCIDOS (m)

$$m = 1 + (9/95) * (100 - VDMx)$$

Donde:

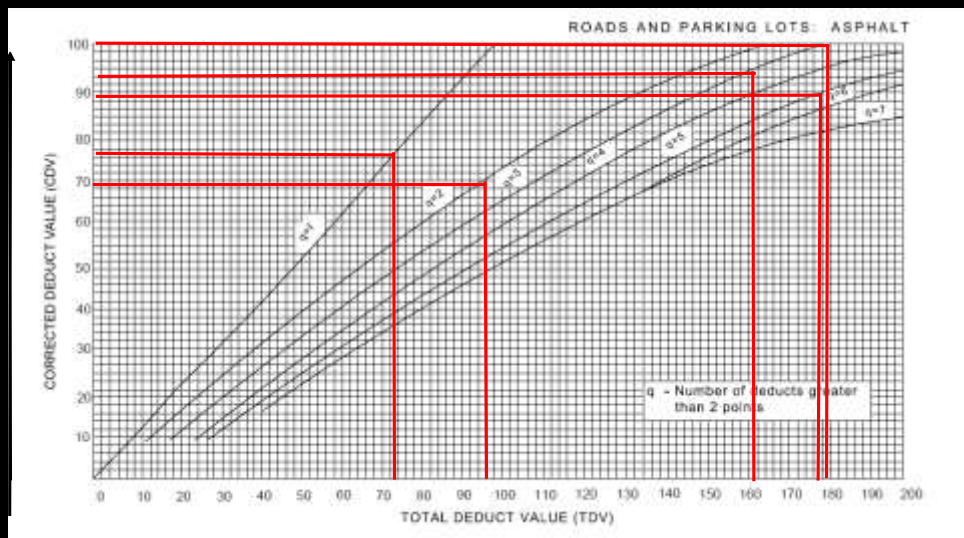
m = Número permitido de VDs incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10).

VDC= Valor deducido corregido

$$M = 4.32$$

$$q=5 \quad 0.32 \times 9 = 0.27$$

| N | VALOR DEDUCIDO |    |    |       |      |  |  |  |  |  | CDT TOTAL | q | CDV  |
|---|----------------|----|----|-------|------|--|--|--|--|--|-----------|---|------|
|   | 65             | 49 | 43 | 19.50 | 0.27 |  |  |  |  |  |           |   |      |
| 1 | 65             | 49 | 43 | 19.50 | 0.27 |  |  |  |  |  | 177       | 5 | 89   |
| 2 | 65             | 49 | 43 | 19.50 | 2    |  |  |  |  |  | 179       | 4 | 100  |
| 3 | 65             | 49 | 43 | 2     | 2    |  |  |  |  |  | 161       | 3 | 94.5 |
| 4 | 65             | 49 | 2  | 2     | 2    |  |  |  |  |  | 120       | 2 | 69   |
| 5 | 65             | 2  | 2  | 2     | 2    |  |  |  |  |  | 73        | 1 | 77   |



| CALIFICACION DEL P | Rango   | Clasificación |
|--------------------|---------|---------------|
|                    | 100-85  | Excelente     |
|                    | 85-70   | Muy Bueno     |
|                    | 70-55   | Bueno         |
|                    | 55-40   | Regular       |
|                    | 40-25   | Malo          |
|                    | 25-10   | Muy Malo      |
| 10-0               | Fallado |               |

$$\text{Máximo CDV} = 100$$

$$\text{PCI} = 100 - \text{Máximo VRC} = 100 - 100 = 0$$

$$\text{Clasificación} = \text{Fallado}$$



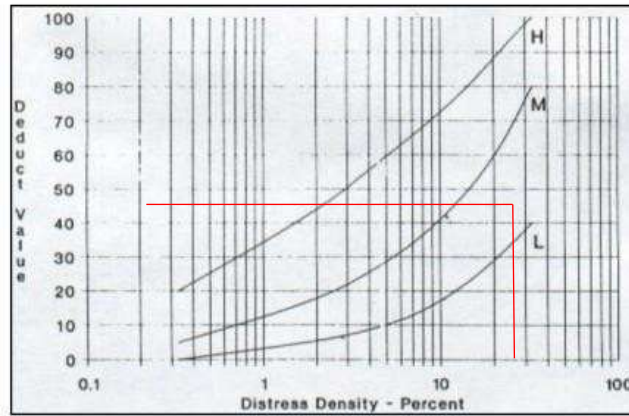
- **HOJA DE INSPECCION VISUAL**
- **CURVAS DE VALOR DEDUCIDO**
- **GRÁFICA DEL PORCENTAJE DEL PCI**
- **CÁLCULO DEL PCI**

## FICHA DE INSPECCIÓN TÉCNICA

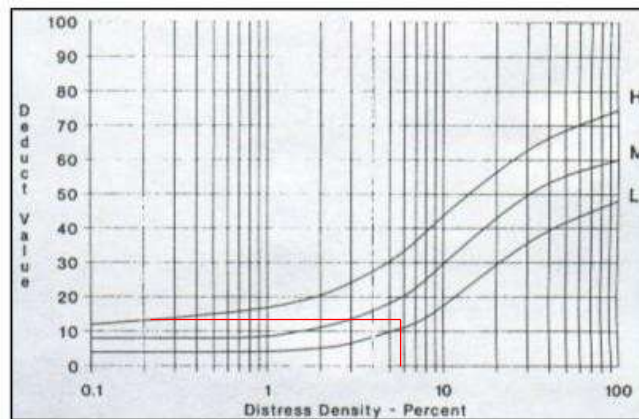
| <b>METODO PCI</b>  |          |     |                       |       |                                |                   |
|--|----------|-----|-----------------------|-------|--------------------------------|-------------------|
| INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE |          |     |                       |       |                                |                   |
| <b>HOJA DE REGISTRO</b>  |          |     |                       |       |                                |                   |
| Nombre de la vía:  |          |     | AV. MARCAVELICA       |       |                                |                   |
| Ejecutor:  |          |     | Iris Romero Rodríguez |       |                                |                   |
| Tramo  |          |     | A                     |       |                                |                   |
| Unidad de Muestra  |          |     | 2                     |       |                                |                   |
| Area de Uniad de Muestra UM 02                                   |          |     | 1059.5                |       | M2                             |                   |
| Medidas de UM 02 en metros                                       |          |     | 6.50*163              |       |                                |                   |
| <b>FALLAS ENCONTRADAS</b>  |          |     |                       |       |                                |                   |
| 4. Abultamientos y hundimientos                                  |          |     |                       |       |                                |                   |
| 6. Depresión   |          |     |                       |       |                                |                   |
| 9. Desnivel carril-berma   |          |     |                       |       |                                |                   |
| 11. Parches y parches de cortes                                  |          |     |                       |       |                                |                   |
| 12. Agregado pulido  |          |     |                       |       |                                |                   |
| 13. Baches   |          |     |                       |       |                                |                   |
| 14. Ahuellamiento  |          |     |                       |       |                                |                   |
| FALLA  | CANTIDAD |     |                       | TOTAL | DENSIDA<br>D<br>PORCENT<br>UAL | VALOR<br>DEDUCIDO |
| 4M   | 45       | 60  | 36                    | 141   | 13.31                          | <b>45</b>         |
| 6M   | 15       | 12  | 3                     | 30    | 2.83                           | <b>13</b>         |
| 9M   | 23       | 56  | 21                    | 100   | 9.44                           | <b>7</b>          |
| 11M  | 2        | 1   | 3.2                   | 6.2   | 0.59                           | <b>0.6</b>        |
| 12H  | 126      | 165 | 159                   | 450   | 42.47                          | <b>10</b>         |
| 13H  | 6        | 16  | 8                     | 30    | 2.83                           | <b>75</b>         |
| 14H  | 167      | 29  | 67                    | 263   | 24.82                          | <b>76</b>         |

## CURVAS DE VALOR DEDUCIDO

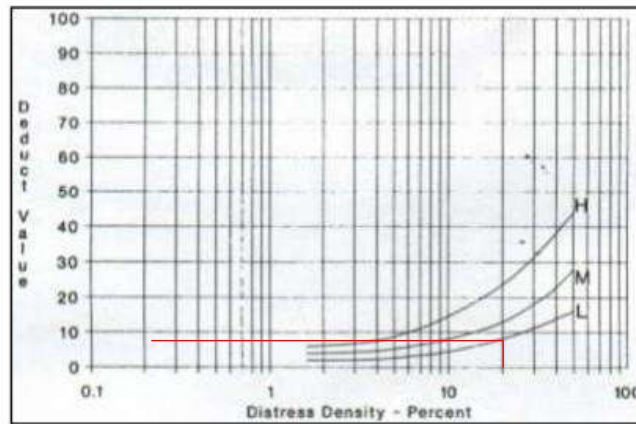
(4) Abultamientos y/o hundimientos



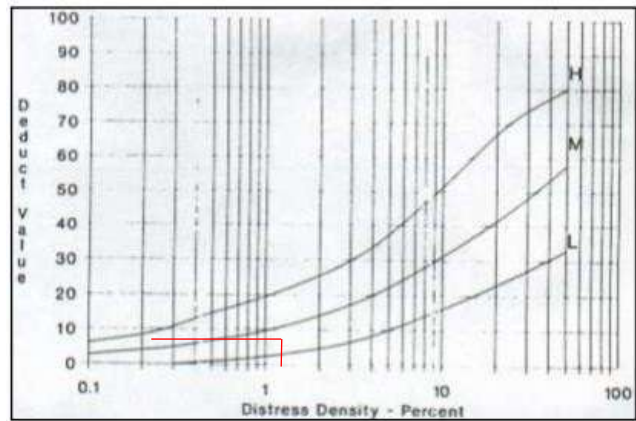
(6) Depresión



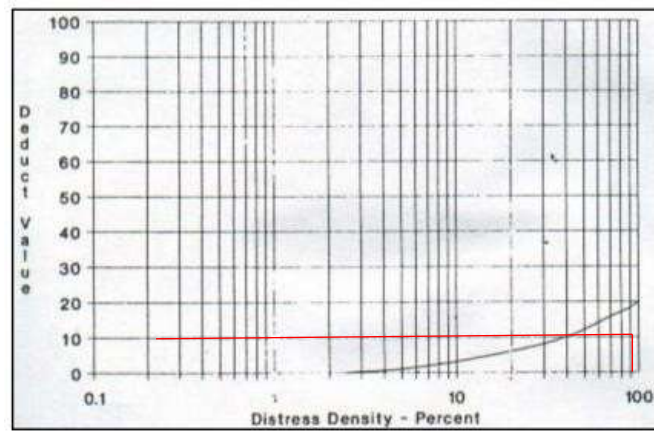
(9) Desnivel Carril-Berma



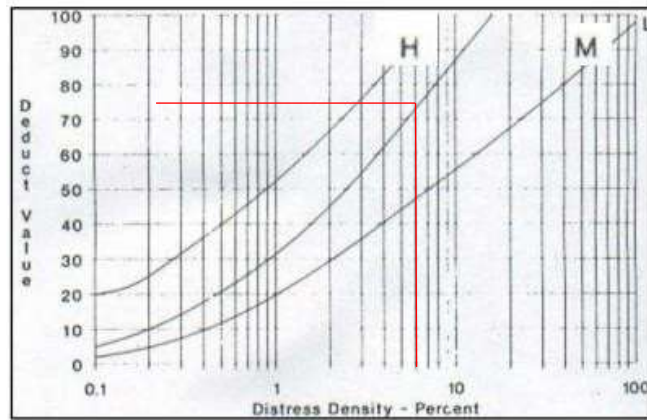
(11) Parches y Parches de cortes utilitarios



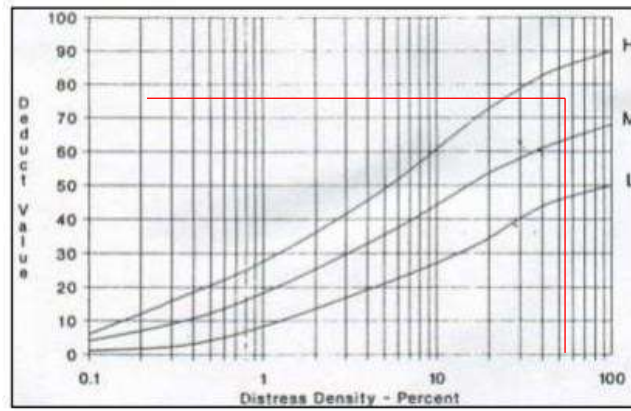
(12) pulimento de Agregados



(13) Baches

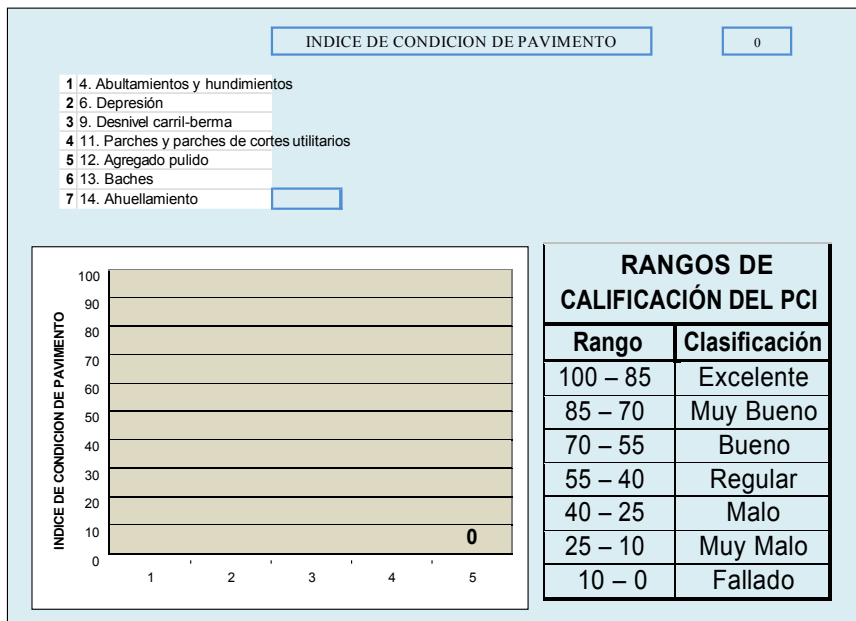


(14) Ahuellamiento





## GRÁFICA DEL PORCENTAJE DE PCI



# CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

## CÁLCULO DEL VDC

AVENIDA MARCAVELICA-CUADRAS 04 A 06

TRAMO A - UM 02

NÚMERO MÁXIMO ADMISIBLE DE VALORES DEDUCIDOS (m)

$$m = 1 + (9/95) * (100 - VDMx)$$

Donde:

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

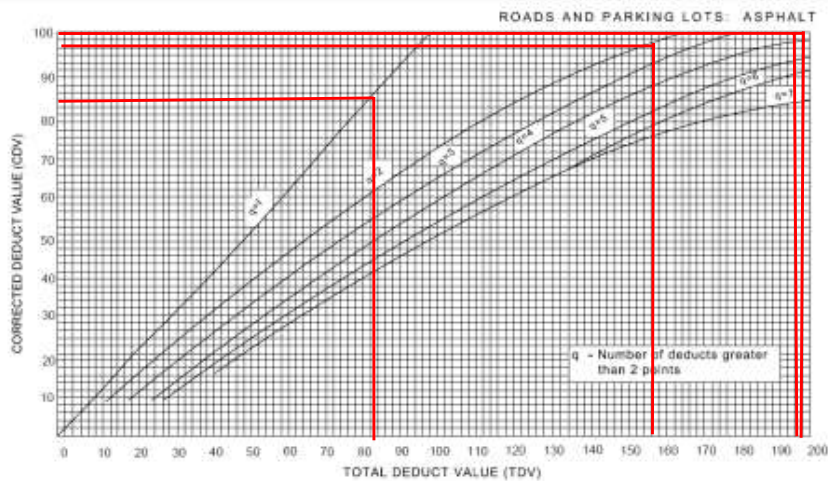
VDC= Valor deducido corregido

$$M = 3.27$$

q=4

$$0.16=0.27 \times 0.6$$

| N | VALOR DEDUCIDO |    |    |      |  |  |  |  |  |  | CDT TOTAL | q | CDV |
|---|----------------|----|----|------|--|--|--|--|--|--|-----------|---|-----|
|   | 76             | 75 | 45 | 0.16 |  |  |  |  |  |  |           |   |     |
| 1 | 76             | 75 | 45 | 0.16 |  |  |  |  |  |  | 196       | 4 | 100 |
| 2 | 76             | 75 | 45 | 2    |  |  |  |  |  |  | 198       | 3 | 100 |
| 3 | 76             | 75 | 2  | 2    |  |  |  |  |  |  | 155       | 2 | 93  |
| 4 | 76             | 2  | 2  | 2    |  |  |  |  |  |  | 82        | 1 | 79  |
|   |                |    |    |      |  |  |  |  |  |  |           |   |     |
|   |                |    |    |      |  |  |  |  |  |  |           |   |     |



| CALIFICACION DEL P | Rango   | Clasificación |
|--------------------|---------|---------------|
|                    | 100-85  | Excelente     |
|                    | 85-70   | Muy Bueno     |
|                    | 70-55   | Bueno         |
|                    | 55-40   | Regular       |
|                    | 40-25   | Malo          |
|                    | 25-10   | Muy Malo      |
| 10-0               | Fallado |               |

$$\text{Máximo CDV} = 100$$

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

$$\text{PCI} = 100 - 100 = 0$$

$$\text{Clasificación} = \text{Fallado}$$



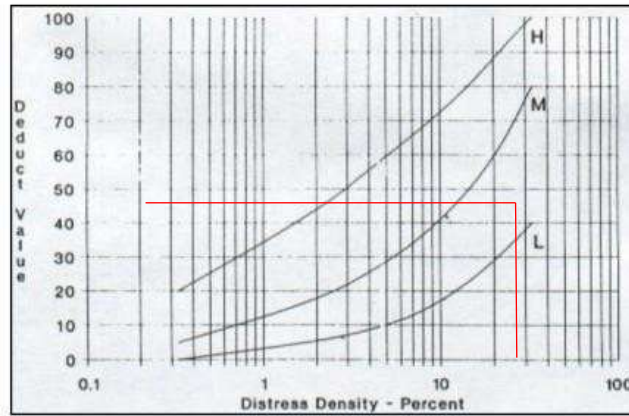
- **HOJA DE INSPECCION VISUAL**
- **CURVAS DE VALOR DEDUCIDO**
- **GRÁFICA DEL PORCENTAJE DEL PCI**
- **CÁLCULO DEL PCI**

## FICHA DE INSPECCIÓN TÉCNICA

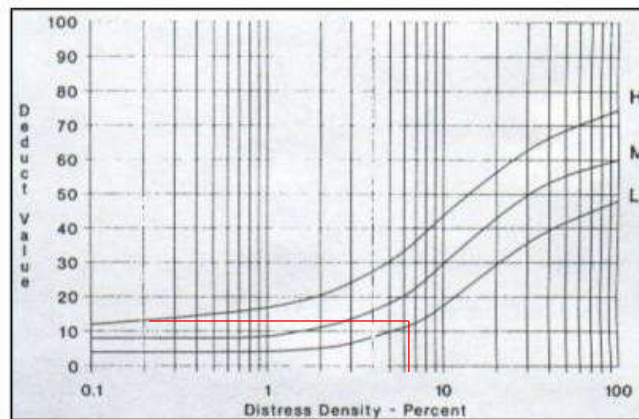
| <b>METODO PCI</b>  |          |                       |    |       |                     |                |
|--|----------|-----------------------|----|-------|---------------------|----------------|
| INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE |          |                       |    |       |                     |                |
| <b>HOJA DE REGISTRO</b>  |          |                       |    |       |                     |                |
| Nombre de la vía:  |          | AV. MARCAVELICA       |    |       |                     |                |
| Ejecutor:  |          | Iris Romero Rodríguez |    |       |                     |                |
| Tramo  |          | A                     |    |       |                     |                |
| Unidad de Muestra  |          | 3                     |    |       |                     |                |
| Area de Uniad de Muestra UM 03                                   |          | 1163.5                | M2 |       |                     |                |
| Medidas de UM 03 en metros                                       |          | 6.50*179              |    |       |                     |                |
| <b>FALLAS ENCONTRADAS</b>  |          |                       |    |       |                     |                |
| 4. Abultamientos y hundimientos                                  |          |                       |    |       |                     |                |
| 6. Depresión   |          |                       |    |       |                     |                |
| 9. Desnivel carril-berma   |          |                       |    |       |                     |                |
| 11. Parches y parches de cortes utilitarios                      |          |                       |    |       |                     |                |
| 12. Agregado pulido  |          |                       |    |       |                     |                |
| 13. Baches   |          |                       |    |       |                     |                |
| 14. Ahuellamiento  |          |                       |    |       |                     |                |
| FALLA  | CANTIDAD |                       |    | TOTAL | DENSIDAD PORCENTUAL | VALOR DEDUCIDO |
| 4M   | 37       | 39                    | 76 | 152   | 13.06               | <b>46</b>      |
| 6M   | 23       | 6                     | 11 | 40    | 3.44                | <b>11</b>      |
| 9M   | 45       | 8                     | 5  | 58    | 4.98                | <b>5</b>       |
| 11M  | 4        | 4                     | 6  | 14    | 1.20                | <b>11</b>      |
| 12H  | 154      | 98                    | 78 | 330   | 28.36               | <b>8</b>       |
| 13H  | 15       | 4                     | 7  | 26    | 2.23                | <b>68</b>      |
| 14H  | 145      | 65                    | 59 | 269   | 23.12               | <b>76</b>      |

## CURVAS DE VALOR DEDUCIDO

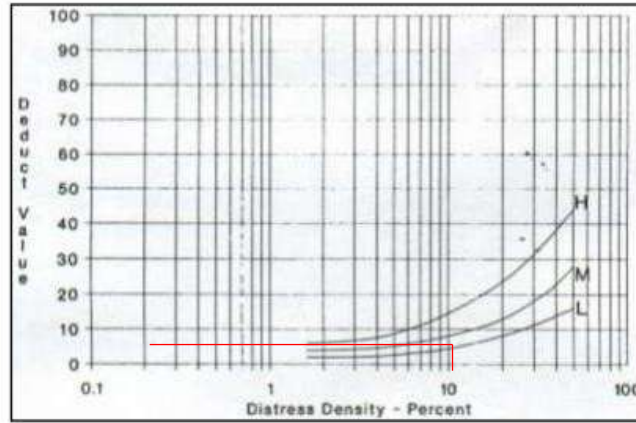
(4) Abultamientos y/o hundimientos



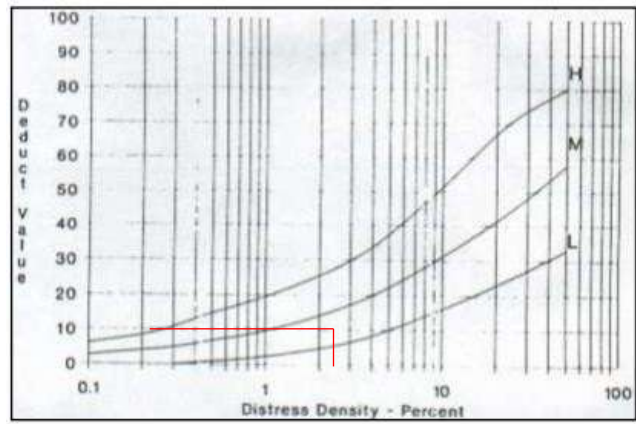
(6) Depresión



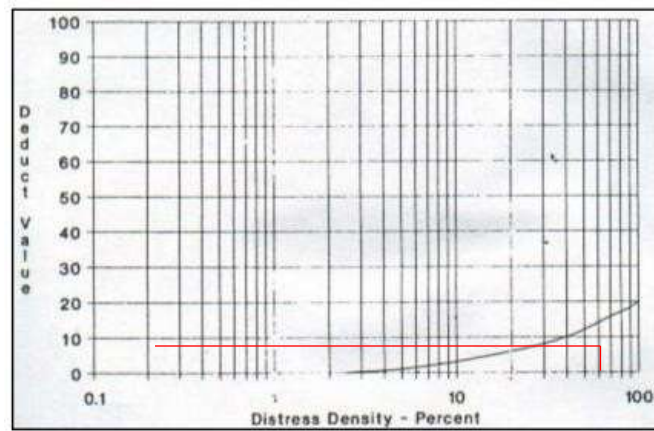
(9) Desnivel Carril-Berma



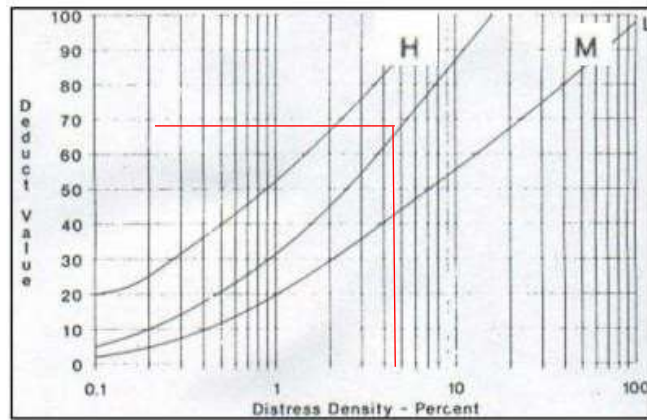
(11) Parches y Parches de cortes utilitarios



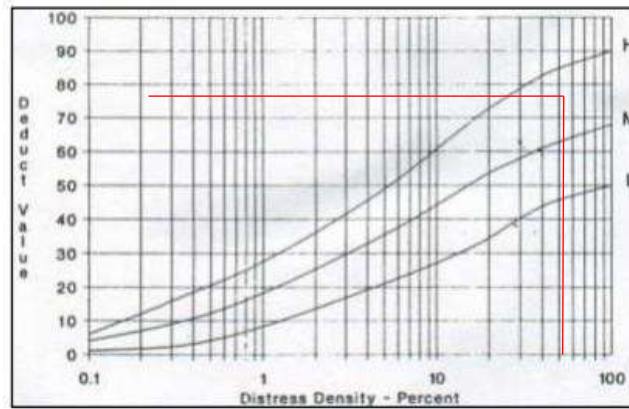
(12) pulimento de Agregados



(13) Baches



(14) Ahuellamiento





## GRÁFICA DEL PORCENTAJE DE PCI



INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO
0

- 1 4. Abutamientos y hundimientos
- 2 6. Depresión
- 3 9. Desnivel carril-berma
- 4 11. Parches y parches de cortes utilitarios
- 5 12. Agregado pulido
- 6 13. Baches
- 7 14. Ahuellamiento

**RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI**

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

# CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

## CÁLCULO DEL VDC

AVENIDA MARCAVELICA-CUADRAS 07 A 09

TRAMO A - UM 03

NÚMERO MÁXIMO ADMISIBLE DE VALORES DEDUCIDOS (m)

$$m = 1 + (9/95) * (100 - VDMx)$$

Donde:

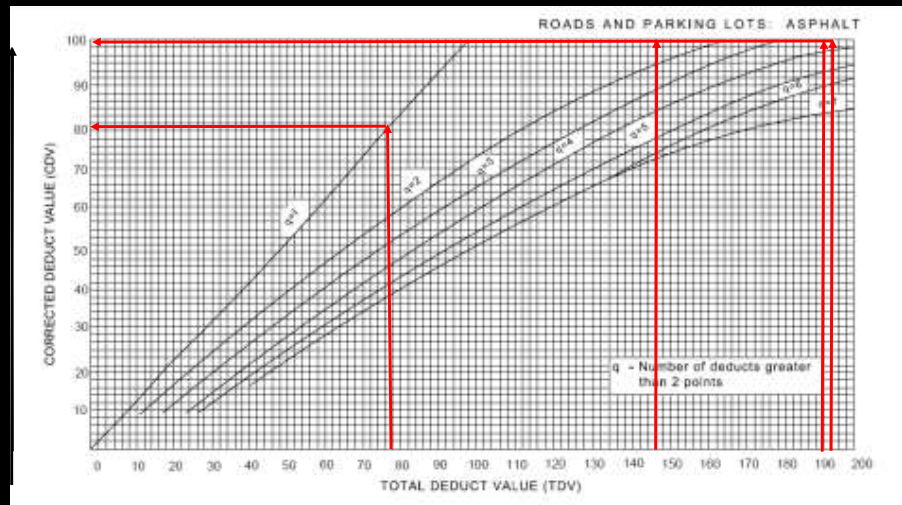
m = Número permitido de VD's incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10).

VDC= Valor deducido corregido

$$M = 3.27$$

q=4

| N | VALOR DEDUCIDO |    |    |      |  |  |  |  |  |  | CDT TOTAL | q | CDV |
|---|----------------|----|----|------|--|--|--|--|--|--|-----------|---|-----|
|   | 76             | 68 | 46 | 1.35 |  |  |  |  |  |  |           |   |     |
| 1 | 76             | 68 | 46 | 1.35 |  |  |  |  |  |  | 191       | 4 | 100 |
| 2 | 76             | 68 | 46 | 2    |  |  |  |  |  |  | 192       | 3 | 100 |
| 3 | 76             | 68 | 2  |      |  |  |  |  |  |  | 146       | 2 | 100 |
| 4 | 76             | 2  |    |      |  |  |  |  |  |  | 78        | 1 | 80  |



| CALIFICACION DEL P | Rango   | Clasificación |
|--------------------|---------|---------------|
|                    | 100-85  | Excelente     |
|                    | 85-70   | Muy Bueno     |
|                    | 70-55   | Bueno         |
|                    | 55-40   | Regular       |
|                    | 40-25   | Malo          |
|                    | 25-10   | Muy Malo      |
| 10-0               | Fallado |               |

Máximo CDV = 100

PCI = 100 - Máximo VRC

PCI = 100 - 100 = 0

Clasificación = Fallado



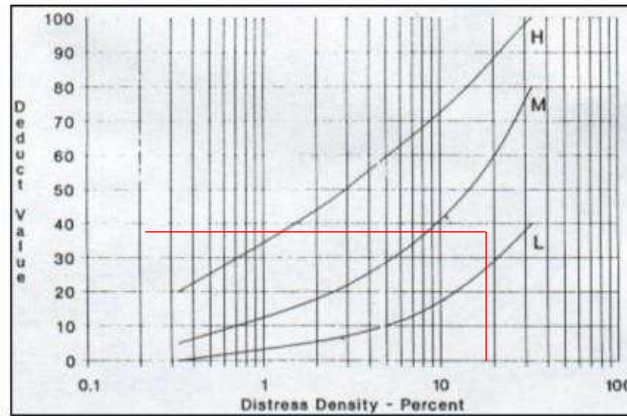
- **HOJA DE INSPECCIÓN VISUAL**
- **CURVAS DE VALOR DEDUCIDO**
- **GRÁFICAS DEL POCENTAJE DEL PCI**
- **CÁLCULO DEL PCI**

## HOJA DE INSPECCIÓN VISUAL

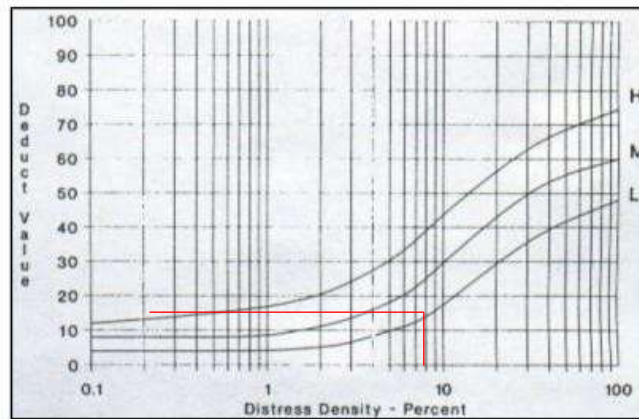
| <b>METODO PCI</b>  |          |    |    |                       |                        |                   |
|--|----------|----|----|-----------------------|------------------------|-------------------|
| INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE |          |    |    |                       |                        |                   |
| <b>HOJA DE REGISTRO</b>  |          |    |    |                       |                        |                   |
| Nombre de la vía:  |          |    |    |                       |                        |                   |
| Ejecutor:  |          |    |    |                       |                        |                   |
| Tramo  |          |    |    |                       |                        |                   |
| Unidad de Muestra  |          |    |    |                       |                        |                   |
| Area de Unidad de Muestra UM 04                                  |          |    |    |                       |                        |                   |
| Medidas de UM 04 en metros                                       |          |    |    |                       |                        |                   |
| <b>FALLAS ENCONTRADAS</b>  |          |    |    |                       |                        |                   |
| 4. Abultamientos y hundimientos                                  |          |    |    | AV. MARCAVELICA       |                        |                   |
| 6. Depresión   |          |    |    | Iris Romero Rodríguez |                        |                   |
| 9. Desnivel carril-berma   |          |    |    | B                     |                        |                   |
| 11. Parches y parches de cortes utilitarios                      |          |    |    | 4                     |                        |                   |
| 12. Agregado pulido  |          |    |    | 1495                  |                        |                   |
| 13. Baches   |          |    |    | 6.50*230              |                        |                   |
| 14. Ahuellamiento  |          |    |    |                       |                        |                   |
| FALLA  | CANTIDAD |    |    | TOTAL                 | DENSIDAD<br>PORCENTUAL | VALOR<br>DEDUCIDO |
| 4M   | 22       | 49 | 53 | 124                   | 8.29                   | 37                |
| 6M   | 19       | 21 | 8  | 48                    | 3.21                   | 15                |
| 9M   | 45       | 8  | 5  | 58                    | 3.88                   | 4                 |
| 11M  | 4        | 2  | 6  | 12                    | 0.80                   | 8                 |
| 12H  | 127      | 61 | 38 | 226                   | 15.12                  | 5                 |
| 13H  | 15       | 1  | 2  | 18                    | 1.20                   | 52                |
| 14H  | 101      | 23 | 56 | 180                   | 12.04                  | 62                |

## CURVAS DE VALOR DEDUCIDO

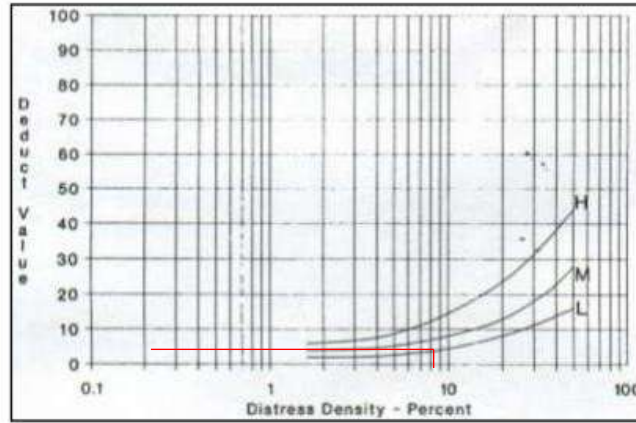
(4) Abultamientos y/o hundimientos



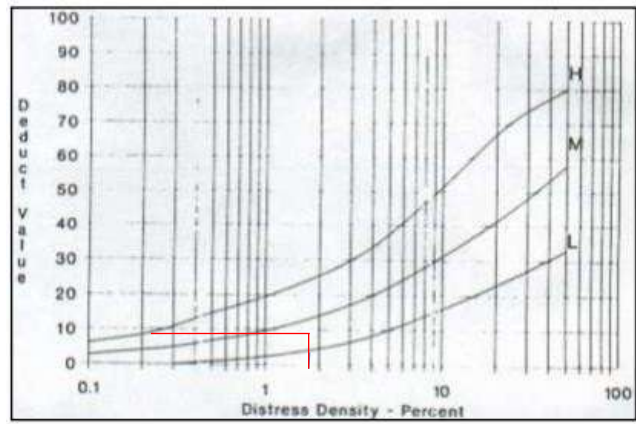
(6) Depresión



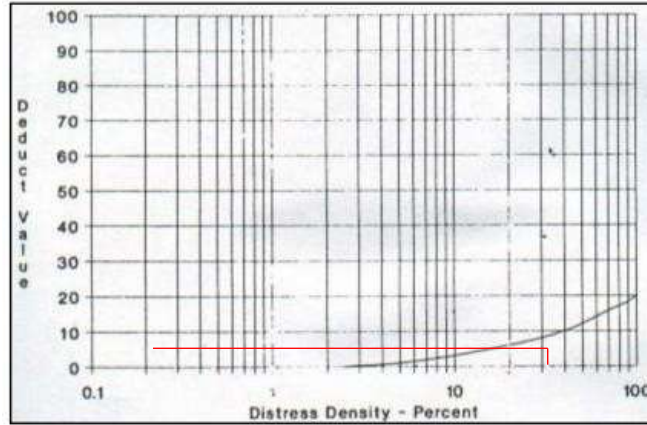
(9) Desnivel Carril-Berma



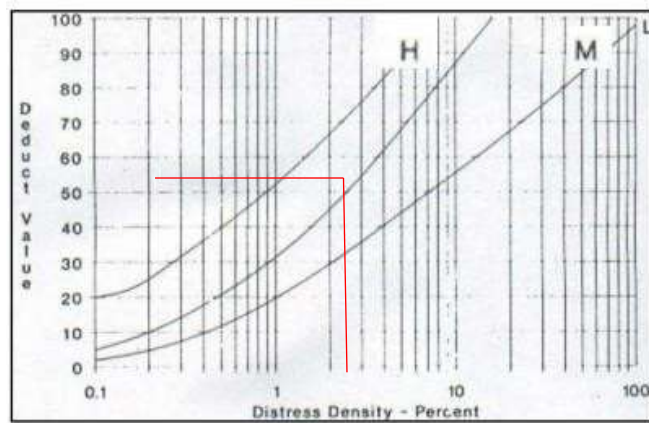
(11) Parches y Parches de cortes utilitarios



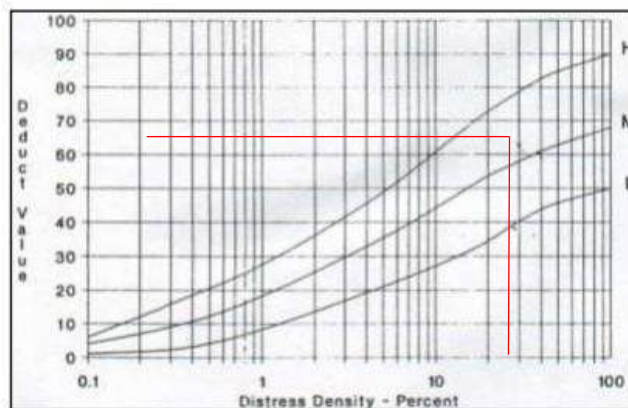
(12) pulimento de Agregados



(13) Baches

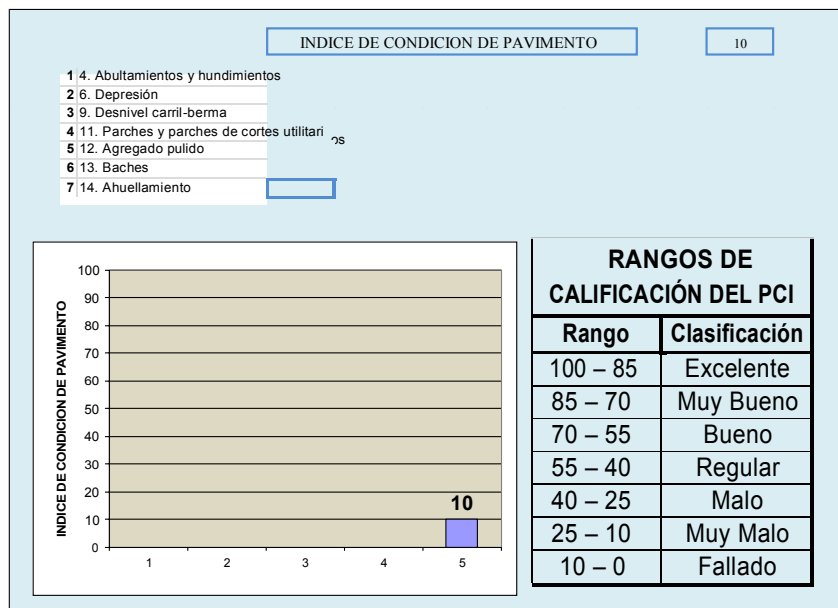


(14) Ahuellamiento





## GRÁFICA DEL PORCENTAJE DE PCI



# CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

## CALCULO DEL VDC

AVENIDA MARCAVELICA-CUADRAS 01 A 03

TRAMO A - UM 04

NÚMERO MÁXIMO ADMISIBLE DE VALORES DEDUCIDOS (m)

$$m = 1 + (9/95) * (100 - VDMx)$$

Donde:

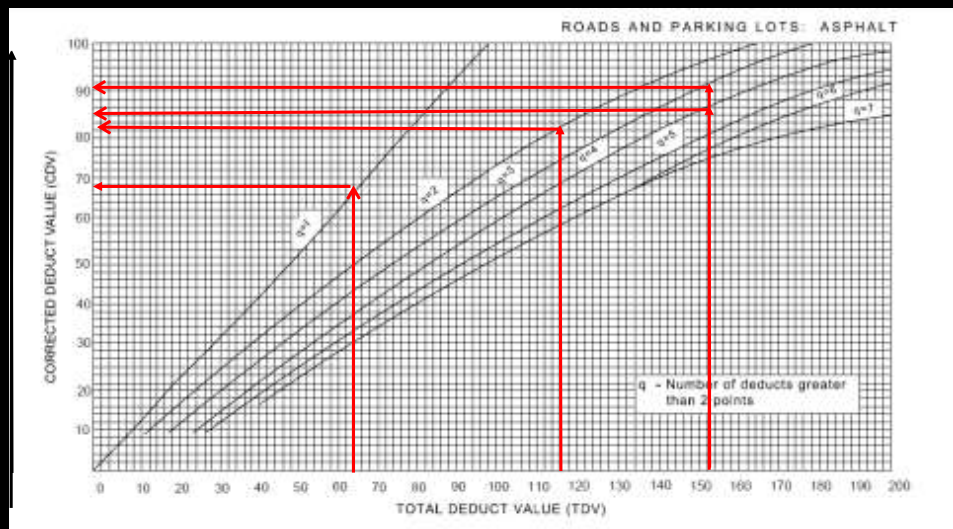
m = Número permitido de VDs incluyendo fracciones (debe ser menor o igual a 10).

VDC= Valor deducido corregido

$$M = 4.60$$

q=4

| N | VALOR DEDUCIDO |    |    |      |  |  |  |  |  |  | CDT TOTAL | q | CDV |
|---|----------------|----|----|------|--|--|--|--|--|--|-----------|---|-----|
| 1 | 62             | 52 | 37 | 2.40 |  |  |  |  |  |  | 153       | 4 | 84  |
| 2 | 62             | 52 | 37 | 2    |  |  |  |  |  |  | 153       | 3 | 90  |
| 3 | 62             | 52 | 2  |      |  |  |  |  |  |  | 116       | 2 | 82  |
| 4 | 62             | 2  |    |      |  |  |  |  |  |  | 64        | 1 | 68  |



| CALIFICACION DEL P | Rango   | Clasificación |
|--------------------|---------|---------------|
|                    | 100-85  | Excelente     |
|                    | 85-70   | Muy Bueno     |
|                    | 70-55   | Bueno         |
|                    | 55-40   | Regular       |
|                    | 40-25   | Malo          |
|                    | 25-10   | Muy Malo      |
| 10-0               | Fallado |               |

$$\text{Máximo CDV} = 90$$

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

$$\text{PCI} = 100 - 90 = 10$$

$$\text{Clasificación} = \text{Fallado}$$



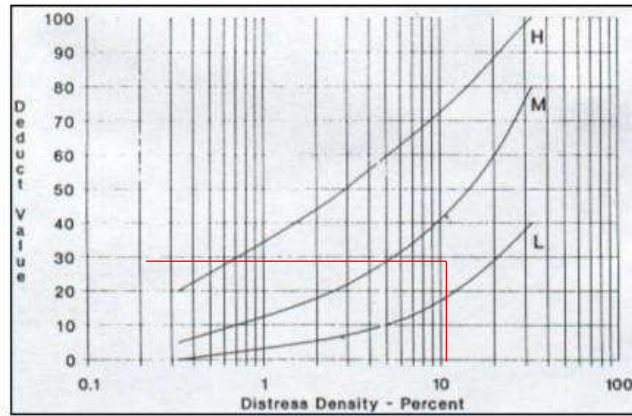
- **HOJA DE INSPECCION VISUAL**
- **CURVAS DE VALOR DEDUCIDO**
- **GRÁFICAS DEL PORCENTAJE DEL PCI**
- **CÁLCULO DEL PCI**

## FICHA DE INSPECCIÓN TÉCNICA

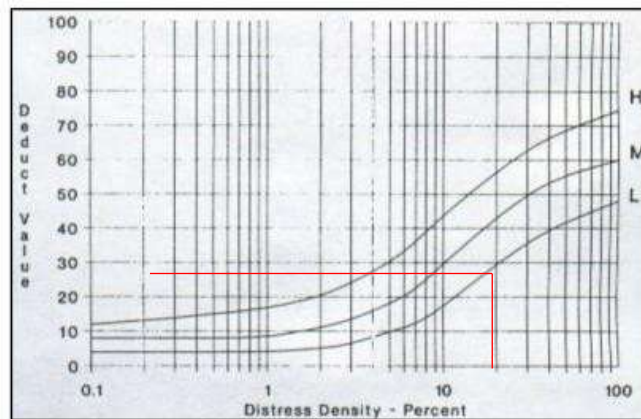
| <b>METODO PCI</b>  |          |    |                       |       |                        |                   |
|--|----------|----|-----------------------|-------|------------------------|-------------------|
| INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE |          |    |                       |       |                        |                   |
| <b>HOJA DE REGISTRO</b>  |          |    |                       |       |                        |                   |
| Nombre de la vía:  |          |    | AV. MARCAVELICA       |       |                        |                   |
| Ejecutor:  |          |    | Iris Romero Rodríguez |       |                        |                   |
| Tramo  |          |    | B                     |       |                        |                   |
| Unidad de Muestra  |          |    | 5                     |       |                        |                   |
| Area de Unidad de Muestra UM 05                                  |          |    | 1059                  |       |                        |                   |
| Medidas de UM 05 en metros                                       |          |    | 6.50*163              |       |                        |                   |
| <b>FALLAS ENCONTRADAS</b>  |          |    |                       |       |                        |                   |
| 4. Abultamientos y hundimientos                                  |          |    |                       |       |                        |                   |
| 6. Depresión   |          |    |                       |       |                        |                   |
| 9. Desnivel carril-berma   |          |    |                       |       |                        |                   |
| 11. Parches y parches de cortes                                  |          |    |                       |       |                        |                   |
| 12. Agregado pulido  |          |    |                       |       |                        |                   |
| 13. Baches   |          |    |                       |       |                        |                   |
| 14. Ahuellamiento  |          |    |                       |       |                        |                   |
| FALLA  | CANTIDAD |    |                       | TOTAL | DENSIDAD<br>PORCENTUAL | VALOR<br>DEDUCIDO |
| 4M   | 18       | 34 | 9                     | 61    | 5.76                   | <b>28</b>         |
| 6M   | 24       | 67 | 2                     | 93    | 8.78                   | <b>27</b>         |
| 9M   | 12       | 2  | 18                    | 32    | 3.02                   | <b>4</b>          |
| 11M  | 5        | 2  | 3                     | 10    | 0.94                   | <b>8</b>          |
| 12H  | 27       | 70 | 65                    | 154   | 14.54                  | <b>5</b>          |
| 13H  | 40       | 6  | 2                     | 48    | 4.53                   | <b>67</b>         |
| 14H  | 54       | 12 | 49                    | 115   | 10.86                  | <b>61</b>         |

## CURVAS DE VALOR DEDUCIDO

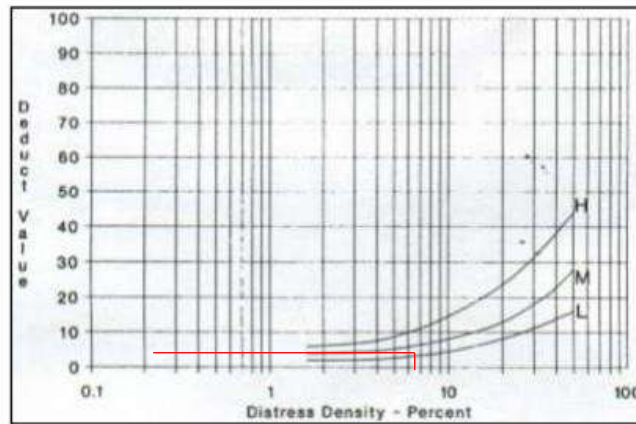
(4) Abultamientos y/o hundimientos



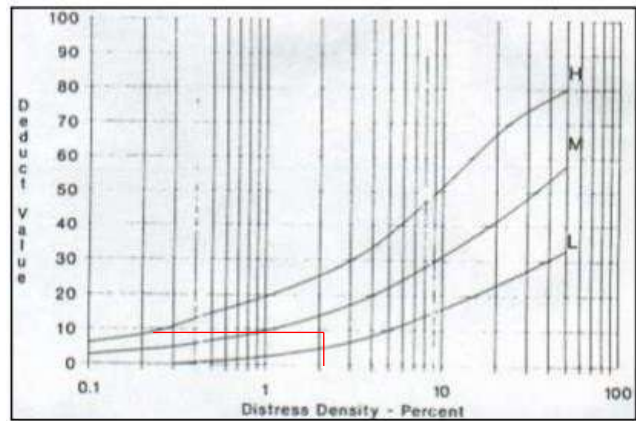
(6) Depresión



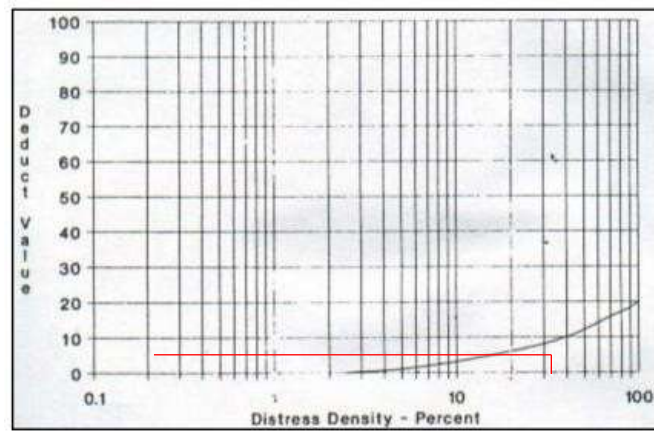
(9) Desnivel Carril-Berma



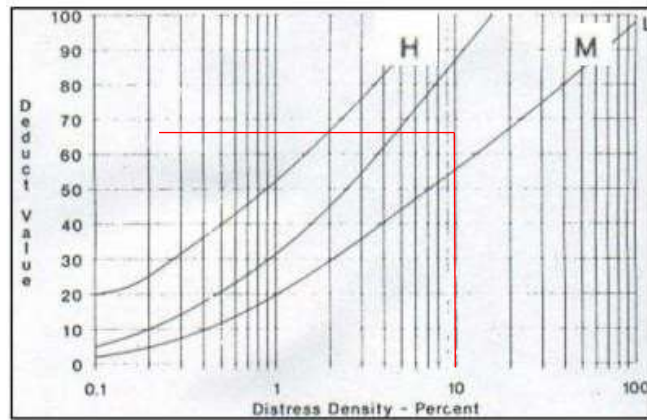
(11) Parches y Parches de cortes utilitarios



(12) pulimento de Agregados



(13) Baches

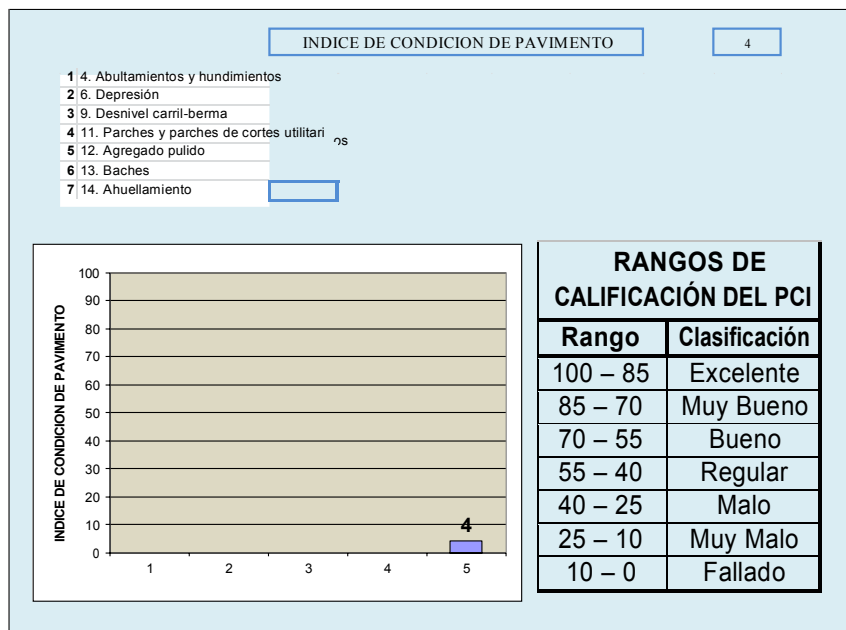


(14) Ahuellamiento





## GRÁFICA DEL PORCENTAJE DEL PCI



# CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

## CÁLCULO DEL VDC

AVENIDA MARCAVELICA-CUADRAS 04 A 06

TRAMO B - UM 05

NÚMERO MÁXIMO ADMISIBLE DE VALORES DEDUCIDOS (m)

$$m = 1 + (9/95) * (100 - VDMx)$$

78

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

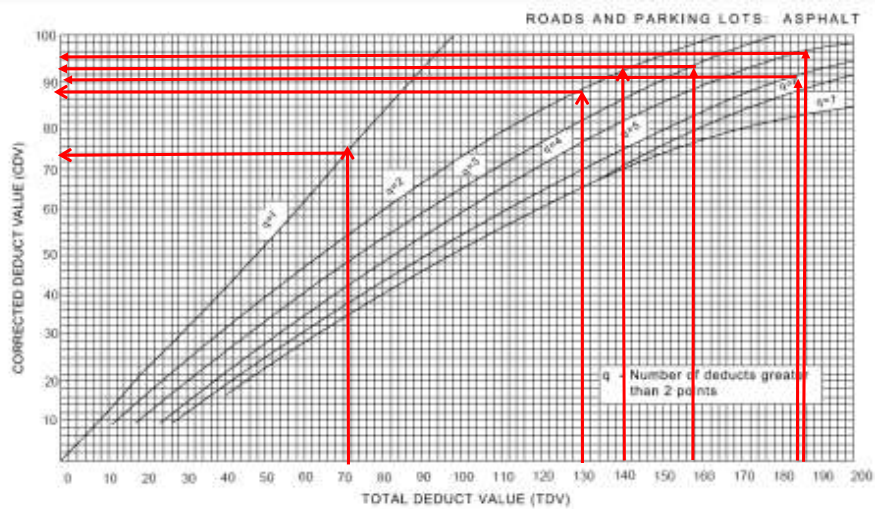
VDC= Valor deducido corregido

M = 4.13

q=5

0.52=0.13X4

| N | VALOR DEDUCIDO |    |    |       |      |  |  |  |  |  | CDT TOTAL | q | CDV |
|---|----------------|----|----|-------|------|--|--|--|--|--|-----------|---|-----|
| 1 | 67             | 61 | 28 | 27.00 | 0.52 |  |  |  |  |  | 184       | 5 | 91  |
| 2 | 67             | 61 | 28 | 27    | 2    |  |  |  |  |  | 185       | 4 | 96  |
| 3 | 67             | 61 | 28 | 2     |      |  |  |  |  |  | 158       | 3 | 94  |
| 4 | 67             | 61 | 2  |       |      |  |  |  |  |  | 130       | 2 | 88  |
|   | 71             | 2  |    |       |      |  |  |  |  |  | 73        | 1 | 73  |



| CALIFICACION DEL P | Rango   | Clasificación |
|--------------------|---------|---------------|
|                    | 100-85  | Excelente     |
|                    | 85-70   | Muy Bueno     |
|                    | 70-55   | Bueno         |
|                    | 55-40   | Regular       |
|                    | 40-25   | Malo          |
|                    | 25-10   | Muy Malo      |
| 10-0               | Fallado |               |

Máximo CDV = 96

PCI = 100 - Máximo VRC

PCI = 100 - 96 = 4

Clasificación = Fallado



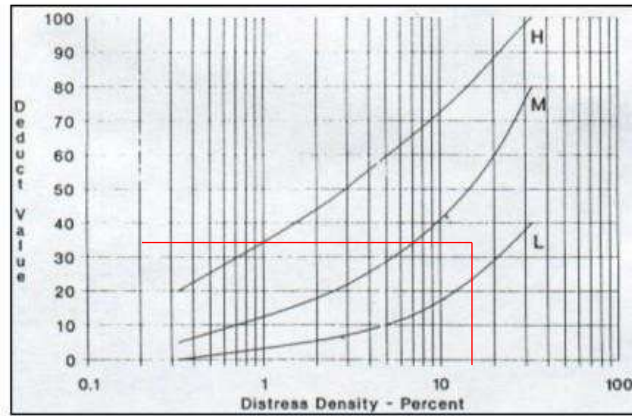
- **HOJA DE INSPECCION VISUAL**
- **CURVAS DE VALOR DEDUCIDO**
- **CÁLCULO DEL PCI**

## FICHA DE INSPECCIÓN TÉCNICA

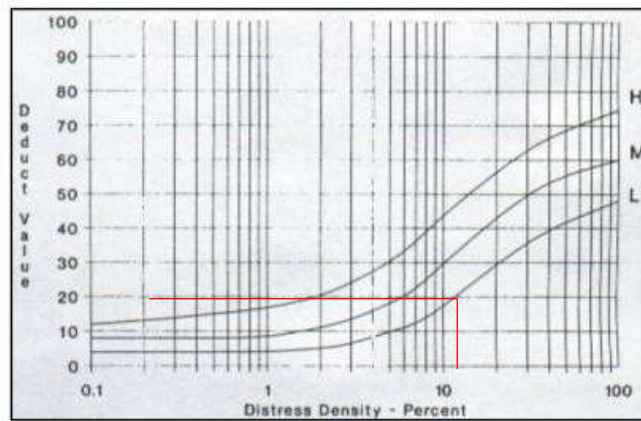
| <b>METODO PCI</b>  |          |    |                       |       |                     |                |
|--|----------|----|-----------------------|-------|---------------------|----------------|
| INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE |          |    |                       |       |                     |                |
| <b>HOJA DE REGISTRO</b>  |          |    |                       |       |                     |                |
| Nombre de la vía:  |          |    | AV. MARCAVELICA       |       |                     |                |
| Ejecutor:  |          |    | Iris Romero Rodríguez |       |                     |                |
| Tramo  |          |    | B                     |       |                     |                |
| Unidad de Muestra  |          |    | 6                     |       |                     |                |
| Área de Undad de Muestra UM 06                                   |          |    | 1164                  | m2    |                     |                |
| Medidas de UM 06 en metros                                       |          |    | 6.50*179              |       |                     |                |
| <b>FALLAS ENCONTRADAS</b>  |          |    |                       |       |                     |                |
| 4. Abultamientos y hundimientos                                  |          |    |                       |       |                     |                |
| 6. Depresión   |          |    |                       |       |                     |                |
| 9. Desnivel carril-berma   |          |    |                       |       |                     |                |
| 11. Parches y parches de cortes utilitarios                      |          |    |                       |       |                     |                |
| 12. Agregado pulido  |          |    |                       |       |                     |                |
| 13. Baches   |          |    |                       |       |                     |                |
| 14. Ahuellamiento  |          |    |                       |       |                     |                |
| FALLA  | CANTIDAD |    |                       | TOTAL | DENSIDAD PORCENTUAL | VALOR DEDUCIDO |
| 4M   | 19       | 21 | 45                    | 85    | 7.30                | <b>33</b>      |
| 6M   | 27       | 35 | 4                     | 66    | 5.67                | <b>19</b>      |
| 9M   | 50       | 5  | 6                     | 61    | 5.24                | <b>4</b>       |
| 11M  | 2        | 7  | 6                     | 15    | 1.29                | <b>10</b>      |
| 12H  | 86       | 67 | 12                    | 165   | 14.18               | <b>5</b>       |
| 13H  | 12       | 3  | 2                     | 17    | 1.46                | <b>58</b>      |
| 14H  | 201      | 25 | 29                    | 255   | 21.91               | <b>73</b>      |

## CURVAS DE VALOR DEDUCIDO

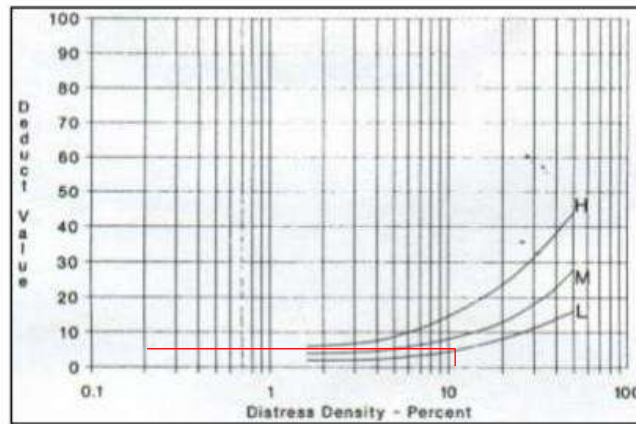
(4) Abultamientos y/o hundimientos



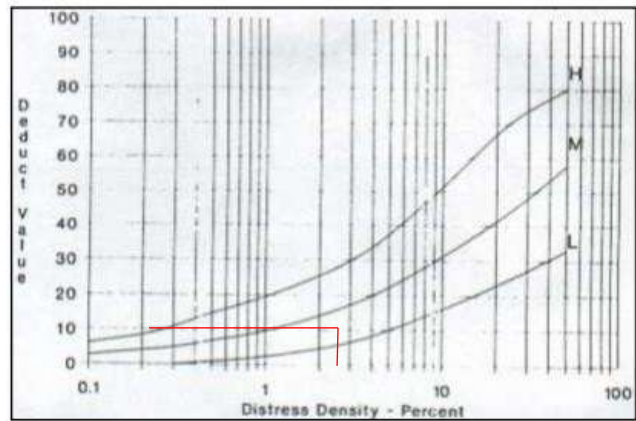
(6) Depresión



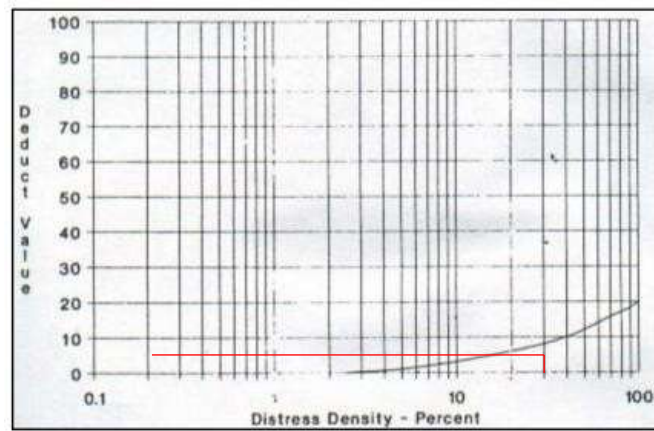
(9) Desnivel Carril-Berma



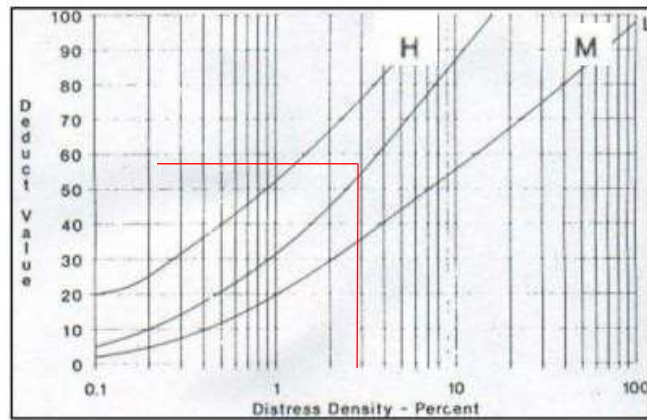
(11) Parches y Parches de cortes utilitarios



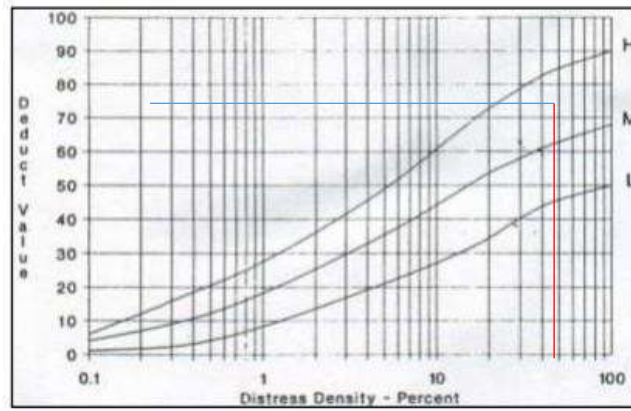
(12) pulimento de Agregados



(13) Baches

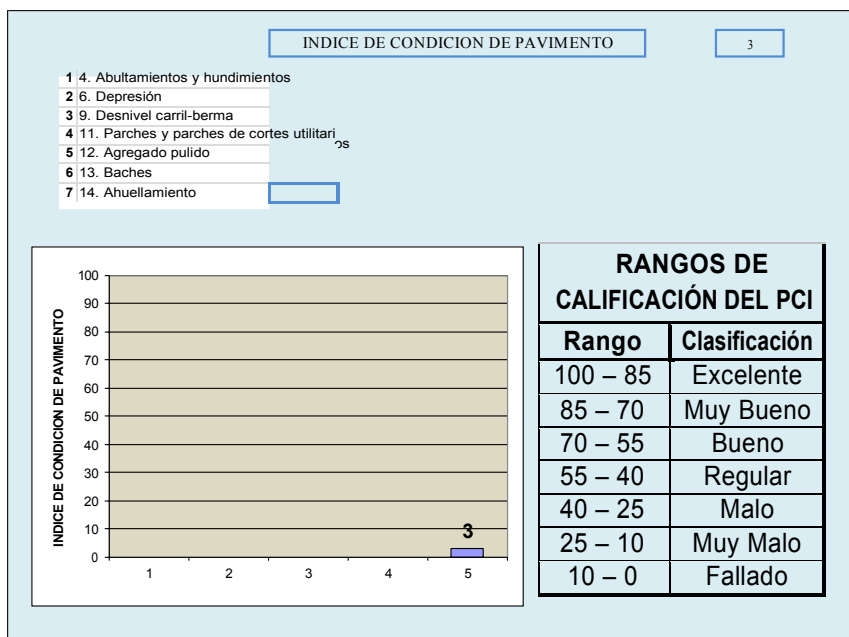


(14) Ahuellamiento





## GRÁFICA DEL PORCENTAJE DEL PCI



# CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

## CALCULO DEL VDC

AVENIDA MARCAVELICA-CUADRAS 07 A 09

TRAMO B - UM 06

NÚMERO MÁXIMO ADMISIBLE DE VALORES DEDUCIDOS (m)

$$m = 1 + (9/95) * (100 - VDMx)$$

Donde:

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

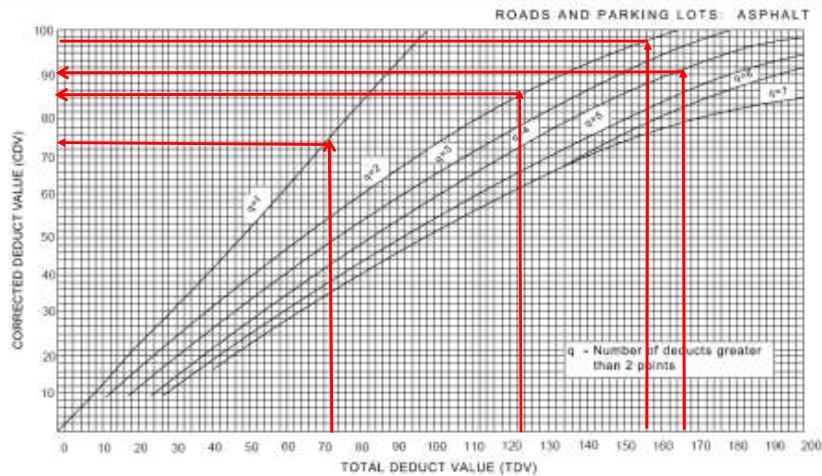
VDC= Valor deducido corregido

$$M = 3.56$$

$$q=4$$

$$0.56 \times 4 = 2.24$$

| N | VALOR DEDUCIDO |    |    |      |  | CDT TOTAL | q | CDV |
|---|----------------|----|----|------|--|-----------|---|-----|
|   | 73             | 58 | 33 | 2.24 |  |           |   |     |
| 1 | 73             | 58 | 33 | 2.24 |  | 166       | 4 | 90  |
| 2 | 70             | 51 | 32 | 2    |  | 155       | 3 | 97  |
| 3 | 70             | 51 | 2  |      |  | 123       | 2 | 95  |
| 4 | 70             | 2  |    |      |  | 72        | 1 | 74  |
|   |                |    |    |      |  |           |   |     |
|   |                |    |    |      |  |           |   |     |



| CALIFICACION DEL P | Rango   | Clasificación |
|--------------------|---------|---------------|
|                    | 100-85  | Excelente     |
|                    | 85-70   | Muy Bueno     |
|                    | 70-55   | Bueno         |
|                    | 55-40   | Regular       |
|                    | 40-25   | Malo          |
|                    | 25.-10  | Muy Malo      |
| 10-0               | Fallado |               |

$$\text{Máximo CDV} = 93$$

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

$$\text{PCI} = 100 - 97 = 3$$

$$\text{Clasificación} = \text{Fallado}$$

## V. Conclusiones

Se concluye que:

Se ha determinado y evaluado la capa de rodadura de la red de pavimento flexible que consta de dos tramos (doble vía y cuatro carriles) cada tramo se divide en tres unidades de muestra, inspeccionándose seis unidades de muestra.

Las fallas con mayor nivel de incidencia de las patologías de la capa de rodadura del pavimento flexible de la avenida Marcavelica del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, región Piura son: **pulimento de agregados, ahuellamiento y abultamientos y hundimientos.**

El 100% de las unidades de muestra presentaron estos dos tipos de falla con niveles de severidad entre media y alta. Esto determinó que el PCI asigne un estado **fallado** produciendo un daño importante en el paquete estructural y afectando la transitabilidad vehicular. Las vibraciones dentro del vehículo son altas y es necesario disminuir la velocidad. El pulimento de agregados, ahuellamiento, abultamiento y hundimientos son percibidas por el conductor causando incomodidad.

A mayor valor deducido, mayor es el daño que las fallas producen al pavimento pues este valor indica el grado en que cada combinación de deterioro, nivel de severidad y cantidad, afectan a la condición del mismo. Por el contrario, un valor deducido de cero, quiere decir que el tamaño de la falla dentro de la unidad de muestra es despreciable, o muy pequeña como para ejercer un daño significativo al área de estudio.

**El índice promedio de condición de pavimento**, para la avenida Marcavelica, distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, región Piura es de 0.8 % y en concordancia con la escala de evaluación del PCI, se concluye que su estado de conservación es **Fallado**.

En tramo A

La cuadra 01 hasta la cuadra 03 (UM1) de la avenida Marcavelica del distrito de Veintiséis de octubre, provincia de Piura, tiene un nivel de PCI = 0% equivalentes a un estado **Fallado**.

La cuadra 04 hasta la cuadra 06 (UM2) de la avenida Marcavelica del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, tiene un nivel de PCI = 0 % equivalentes a un estado **Fallado**.

La cuadra 07 hasta la cuadra 09 (UM3) de la avenida Marcavelica del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, tiene un nivel de PCI = 0 % equivalentes a un estado **Fallado**.

En tramo B

La cuadra 01 hasta la cuadra 03 (UM4) de la avenida Marcavelica del distrito de Veintiséis de octubre, provincia de Piura, tiene un nivel de PCI = 3% equivalentes a un estado **Fallado**.

La cuadra 04 hasta la cuadra 06 (UM5) de la avenida Marcavelica del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, tiene un nivel de PCI = 4 % equivalentes a un estado **Fallado**.

La cuadra 07 hasta la cuadra 09 (UM6) de la avenida Marcavelica del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura, tiene un nivel de PCI = 10 % equivalentes a un estado **Fallado**.

Podemos determinar que las condiciones del pavimento es Fallado.

Teniendo registrados todas las fallas e información de la vía conocidos los índices de condición del pavimento para cada tramo y unidad de muestra se determinó el valor del PCI promedio de los dos tramos determinados con el objetivo de tener una idea global del estado del pavimento de la avenida Marcavelica cuadra 01 a la cuadra 09.

A continuación, se muestra una tabla a manera de resumen y las secciones con sus respectivas unidades de muestra con su respectiva área. Además, el valor de PCI de cada unidad de muestra y el valor del PCI por tramo.

### Cálculo del índice de condición del pavimento

#### Por tramos

| CÁLCULO DE PCI POR TRAMOS |                   |                     |                       |         |      |                  |
|---------------------------|-------------------|---------------------|-----------------------|---------|------|------------------|
| TRAMO                     | Unidad de Muestra | Área de Muestra (A) | PCI de la Muestra (B) | AXB     | C/D  | ESTADO DEL TRAMO |
| A                         | UM 01             | 1495                | 0                     | 0       | 0    | FALLADO          |
|                           | UM 02             | 1059.5              | 0                     | 0       |      |                  |
|                           | UM 03             | 1163.5              | 0                     | 0       |      |                  |
|                           | Sumatoria de A ©  | 3718                | Sumatoria de AXB(D)   | 0       |      |                  |
| B                         | UM 04             | 1495                | 10                    | 14950   | 0.16 | FALLADO          |
|                           | UM 05             | 1059.5              | 4                     | 4238    |      |                  |
|                           | UM 06             | 1163.5              | 3                     | 3490.5  |      |                  |
|                           | Sumatoria de A ©  | 3718                | Sumatoria de AXB(D)   | 22678.5 |      |                  |

## Aspectos complementarios

### Recomendaciones

Según el rango de PCI la categoría de acción correspondiente es ejecutar la rehabilitación y reconstrucción del pavimento de la cuadra 01 a la cuadra 09 de la avenida Marcavelica del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura por pulimento de agregados, ahuellamiento y abultamientos y hundimientos

### **Categoría de acción según el rango de PCI**

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

Se recomienda que se realice la rehabilitación y reconstrucción del pavimento de la cuadra 01 a la cuadra 09 de la avenida Marcavelica del distrito de Veintiséis de Octubre, provincia de Piura por pulimento de agregados, ahuellamiento y abultamientos y hundimientos

Realizar de manera urgente la rehabilitación y reconstrucción en general de la avenida Marcavelica del distrito Veintiséis de Octubre por considerarse una vía importante para la provincia de Piura, a través de la elaboración de un expediente técnico para su posible acción.

Ejecutar los trabajos de rehabilitación y reconstrucción beneficiará de la siguiente manera:

Reducción de las tasas de contaminación del aire, por la disminución del polvo en el ambiente, reducción de los casos de accidentes de los peatones, por contar con pavimento flexible en mejores condiciones, reducción de los costos de los pasajes y carga, por la mejora de la transitabilidad de los vehículos y el incremento de la circulación vehicular, tanto de pasajero como de carga, reducción de los daños a la salud de las personas, así como del patrimonio público y privado por la disminución del polvo en el aire, reducción de los desequilibrios de la oferta y demanda de los productos, materiales, bienes, etc., por la mejora del servicio de transporte de carga y de pasajeros.

La concreción de dichos objetivos permitirá la mejora en el crecimiento urbano y el desarrollo económico de la población, y por consiguiente en la mejora de la calidad de vida de la población del tramo comprendido entre la av. Grau y la av. Circunvalación.

El expediente debe realizar los trabajos de rehabilitación y reconstrucción en los tramos más críticos, así como el uso de “slurry seal”, para aquellos tramos donde se evidencia el desprendimiento de finos.

Se hará la reparación o reemplazo de las partes severamente deterioradas de la estructura del pavimento flexible, cuando el daño afecte tanto a la o las capas asfálticas como a la base y subbase. El objetivo es recuperar las condiciones estructurales y superficiales para una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez y economía. Además, para minimizar y/o retardar la formación de daños más severos en el pavimento.

En la av. Marcavelica entre la av. Grau y av. Circunvalación se recomienda proyectar las siguientes metas:

Se realizarán trabajos de demolición y corte de pavimento flexible, en mal estado. Para el corte se usará equipo mecánico: cortadora y martillo neumático hasta la cota del nivel de sub rasante. En las zonas donde se hace imposible el uso de equipo mecánico para realizar la excavación, esta se hará manualmente utilizando pico y lampa, teniéndose cuidado de no causar daños en las instalaciones de servicio público.

La excavación a nivel de subrasante se hará de forma manual y con ayuda de equipo ((tractor oruga), donde esta última se realizará en lugares donde la maquinaria tenga el espacio suficiente para desplazarse y operar.

Se realizará el perfilado, nivelación y compactación de sub-rasante ya sea con plancha compactadora o rodillo 70-100 hp, según la disponibilidad del espacio para la operación de la maquinaria.

Conformación de subbase granular CBR  $\geq$  40% 15 cm. inc compactación, Colocación de carpeta asfáltica en caliente de 2", debido a las patologías existentes, a la cual se le colocará imprimación asfáltica. Teniendo en cuenta que el paquete estructural, tendrá las siguientes características:

La conformación de sub base granular tendrá un  $cbr \geq 40\%$ , con un espesor de 15cm incluyendo compactación.

La colocación, conformación y compactado de base granular será de 20 cm de espesor.

Posterior a la colocación del pavimento flexible, se deberá empezar con las actividades de pintura de tráfico, constituida por marcas sobre el pavimento (pinturas y letras).



Colocación de slurry seal, para aquellos tramos donde se evidencia el desprendimiento de finos, tendrá las siguientes características:

Riego de liga para que se pueda unir el slurry seal con el pavimento existente.

Colocación de sello y compactación del asfalto, donde el trabajo consiste en la aplicación de un material asfáltico, sobre la superficie de un pavimento existente.

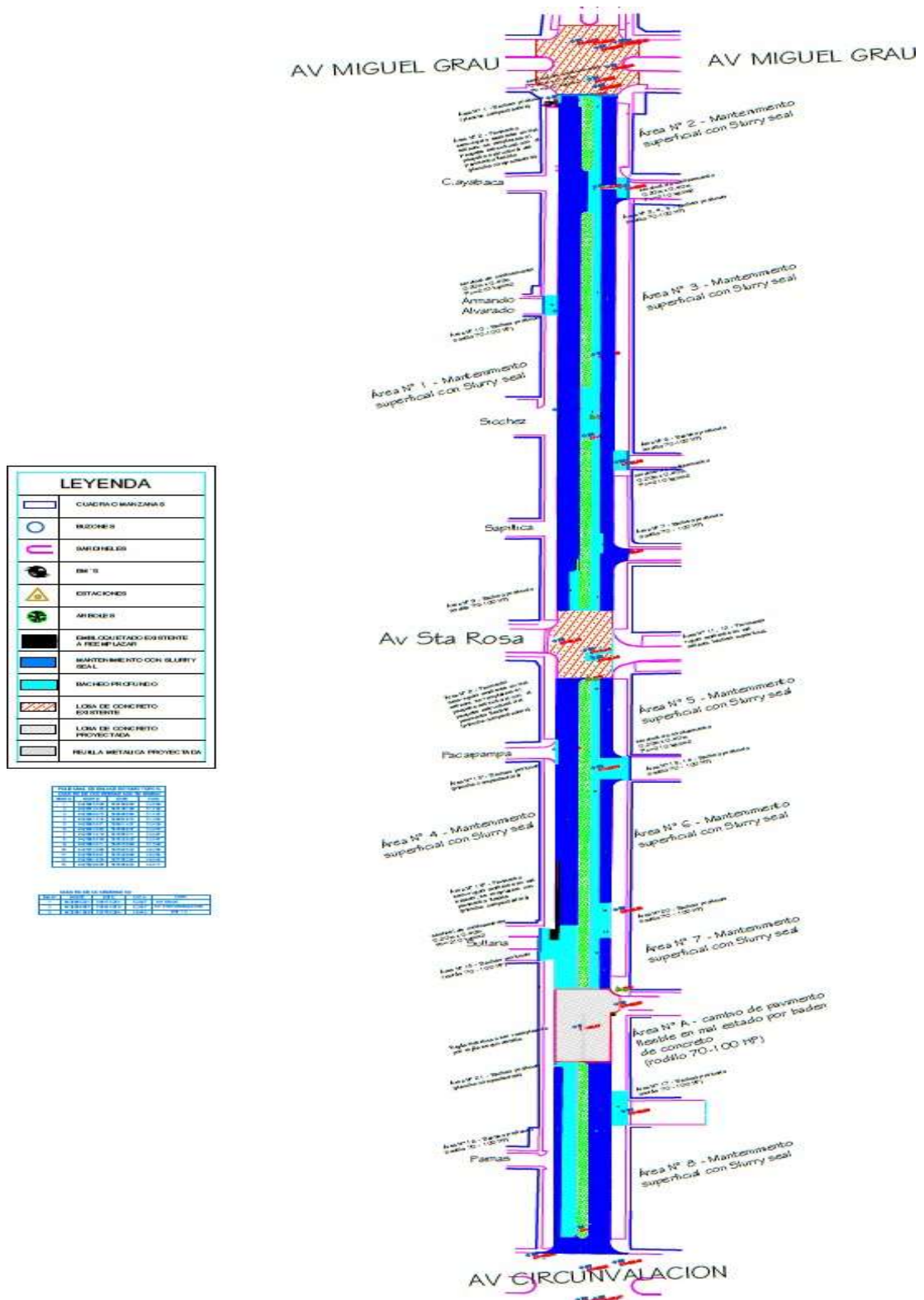
Al término de la ejecución se debe realizar la limpieza final, medidas de mitigación ambiental, mediadas de monitoreo ambiental, capacitación y educación ambiental de la población.

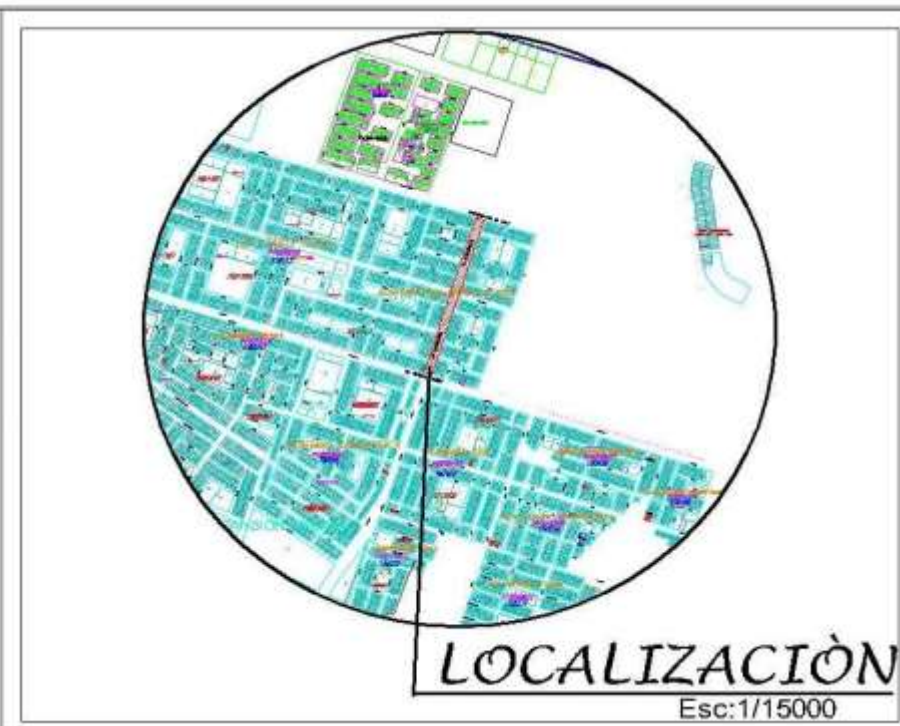
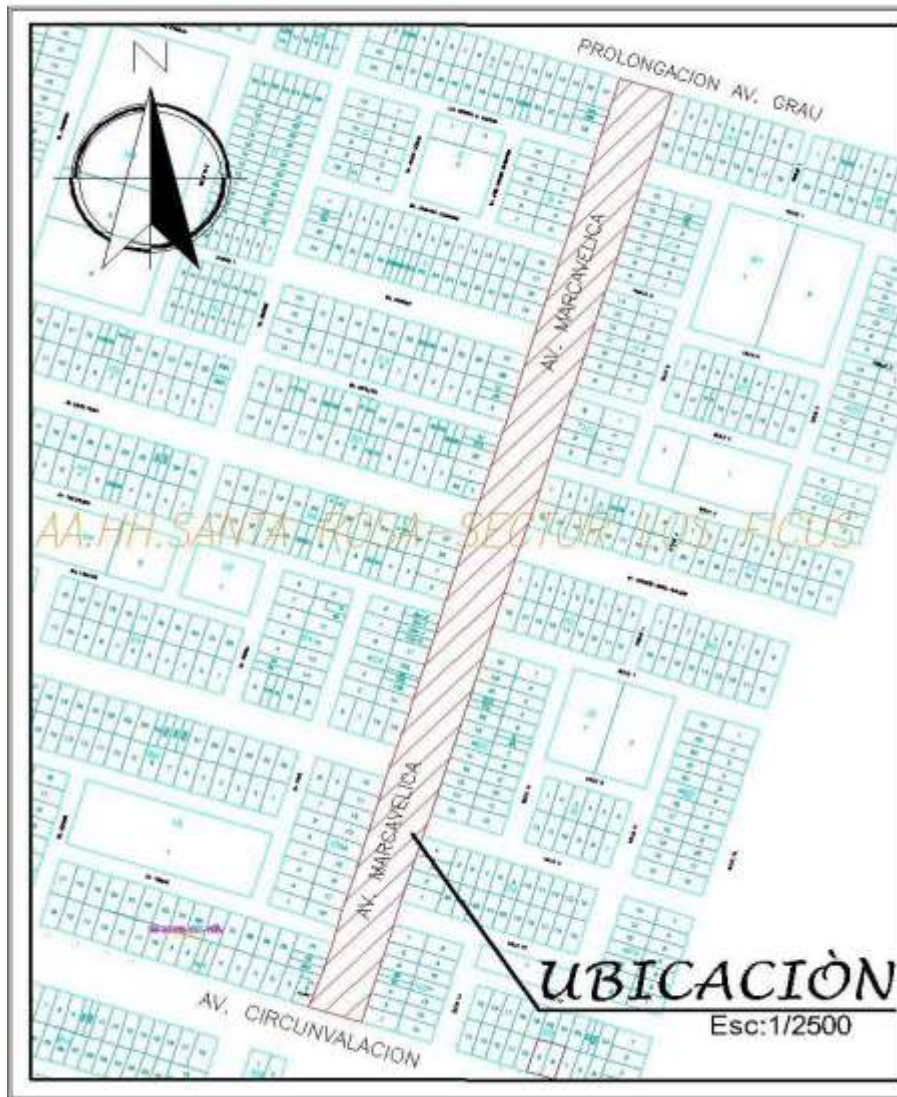
## **Referencias bibliográficas**

- (1)** Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica. Viña del Mar; 2002.
- (2)** GOMEZ V. “Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del óvalo Grau – Trujillo [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil]. La Libertad: Universidad Antenor Orrego; 2014. [citado 2016 Enero 16], disponible en: [http://www.umag.cl/biblioteca/tesis /chavez\\_godoy\\_2011.pdf](http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/chavez_godoy_2011.pdf) - La Libertad” 2014
- (3)** Humpiri P. Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de puno, Juliaca – Perú; 2015.
  
- (4)** American Society for Testing and Materials. Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (ASTM D6433-03). Estados Unidos; 2004.
- (5)** Timaná R. Concepto de performance o comportamiento. Tecnología de pavimentos. Universidad de Piura; 2003.
- (6)** Olivera B. Definición de pavimentos flexibles ;2000
- (7)** Rico R. La ingeniería de suelos en vías terrestres; carreteras, ferrocarriles, y aeropistas vol. 2, México; 2005.
  
- (8)** Montejo F. Ingeniería de pavimentos, Colombia; 2006.
- (9)** Menéndez J. Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas – Manual técnico, Lima – Perú; 2003.
  
- (10)** Coronado I. Manual centro americano para el diseño de pavimentos. Guatemala; 2002.
- (11)** Cardozo S. Fernández M. Aplicaciones prácticas del Método PCI para el mantenimiento de pavimentos de aeropuertos. Lima, Perú; 1999.

Anexos

ANEXO N° 01: PLANO EN PLANTA DE LA ZONA DE ESTUDIO.



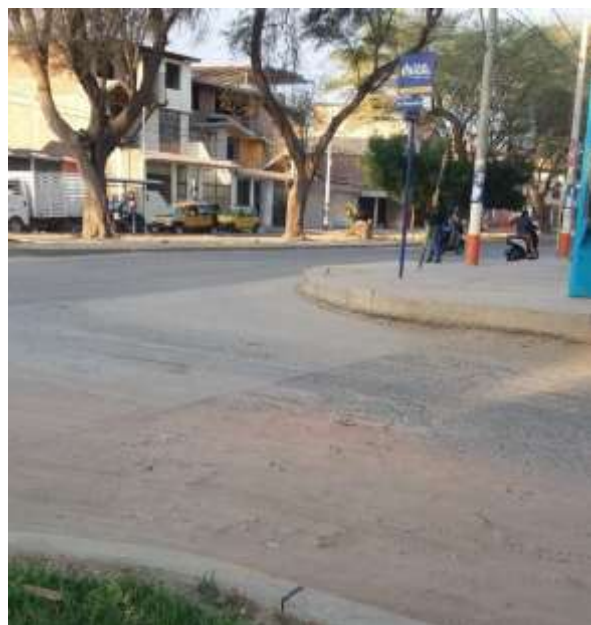


|  |  |                    |
|--|--|--------------------|
| <p><b>Título de Tesis:</b><br/> <b>DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL CONCRETO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA MARCAVELICA CUADRA 01 A LA CUADRA 10, DEL DISTRITO DE 26 DE OCTUBRE, PROVINCIA PIURA, REGION PIURA</b></p> |  |                    |
| <p><b>Localización:</b><br/>         Distrito: 26 DE OCTUBRE<br/>         Provincia: PIURA<br/>         Región: PIURA</p>  | <p><b>Ubicación:</b><br/>         Av. Marcavelica,<br/>         Cuadras 01 al 10</p> | <p><b>U101</b></p> |
| <p><b>Bachiller:</b><br/>         IRIS ROSELIN ROMERO RODRIGUEZ</p>  |  |                    |

**ANEXO N° 03: FOTOGRAFÍAS DE LA ZONA DE ESTUDIO**



Fuente: Elaboración propia (2017)  
Intersección Av. Grau y Marcavelica.



Fuente: Elaboración propia (2017)  
Intersección Av. Grau y Marcavelica.



Fuente: Elaboración propia (2017)  
Intersección Av Marcavelica y Ca. Ayabaca



Intersección Av. Marcavelica y Ca. Ayabaca  
Fuente: Elaboración propia (2017)



Fuente: Elaboración propia (2017)  
Intersección Av. Marcavelica y Ca. Sapollica



Fuente: Elaboración propia (2017)  
Intersección Av. Marcavelica y Ca. Enrique López Albújar



Fuente: Elaboración propia (2017)  
Intersección Av. Marcavelica y Ca. Pacaipampa.



Fuente: Elaboración propia (2017)  
Intersección Av. Marcavelica y Ca. Sullana.





Fuente: Elaboración propia (2017)  
Intersección Av. Marcavelica y Ca. Paimas.



Fuente: Elaboración propia (2017)  
Intersección Av. Marcavelica y CA. Paimas.



Fuente: Elaboración propia (2017)  
Intersección Av. Marcavelica y Circunvalación.