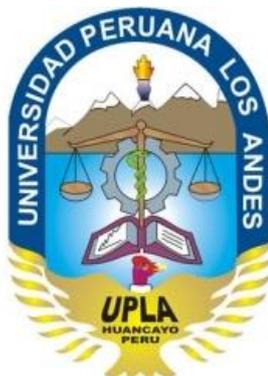


"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

“EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV.  
LEONCIO PRADO TRAMO ENTRE LA CALLE REAL Y  
LA AV. HUANCVELICA, DISTRITO DE CHILCA DE  
HUANCAYO EN EL AÑO 2016”

**PRESENTADO POR:**

**Bach. RICARDO MIGUEL GARCIA SUASNABAR**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

**INGENIERO CIVIL**

HUANCAYO – PERÚ

2017



---

**PRESIDENTE**  
**DR. CASIO A. TORRES LÓPEZ**

---

**JURADO**  
**ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO**

---

**JURADO**  
**ING. NATALY LUCIA CORDOVA ZORRILLA**

---

**JURADO**  
**ING. RANDO PORRAS OLARTE**

---

**MG. MIGUEL ÁNGEL CARLOS CANALES**  
**SECRETARIO DOCENTE**

**ASESORES**

**ASESORA TEMATICA:**

**ING. MARÍA LUISA MUERAS GUTIÉRREZ**

**ASESOR METODOLOGICO:**

**ING. JOSE LUIS TUPAC YUPANQUI**

## **DEDICATORIA**

A mis padres que en todo momento me han apoyado y motivado para culminar ésta investigación, asimismo a mis compañeros y colegas que me apoyaron para cumplir este gran sueño.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### Contenido

ASESORES .....	iv
DEDICATORIA .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE GRAFICOS .....	xiv
CAPÍTULO I .....	1
GENERALIDADES .....	1
1.1. Descripción de la realidad Problemática.....	1
1.2. Problema .....	2
1.2.1. General .....	2
1.2.2. Específicos.....	2
1.3. Objetivos .....	2
1.3.1. General .....	2
1.3.2. Específicos.....	2
1.4. Justificación.....	3
1.4.1. Justificación Metodológica.....	3
1.4.2. Justificación Práctica .....	3
1.6. Hipótesis.....	4
1.6.1. General .....	4
1.6.2. Especificas .....	4
CAPÍTULO II .....	5
MARCO TEORICO .....	5
2.1. Antecedentes .....	5
2.1.1. Antecedentes Nacionales.....	5

2.1.2. Antecedentes Internacionales .....	7
2.2. Definiciones .....	8
2.2.1. Pavimento .....	8
2.2.2. Pavimento Rígido: .....	9
2.2.3. Pavimento Flexible:.....	10
2.2.4. Diseño de Pavimentos .....	11
2.2.5. Método de Diseño de Pavimento AASHTO 93 .....	12
2.2.6. Evaluación de Pavimentos.....	12
2.2.7. Fallas en el Pavimento Flexible.....	13
2.2.8. Método PCI .....	28
2.2.9. Procedimiento De Evaluación De La Condición Del Pavimento.....	29
2.2.10. Mantenimiento y Rehabilitación de pavimentos .....	33
2.2.11. Actividades de Mantenimiento y Rehabilitación.....	37
2.2.12. Acciones de Mantenimiento y Rehabilitación en Calzada según Manual de Carreteras Conservación Vial .....	37
2.2.13. Estabilización de Suelos .....	44
2.2.14. Definición De Términos Básicos .....	46
CAPÍTULO III.....	51
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION .....	51
3.1. Métodos con que se resuelven el problema.....	51
3.2. Población y Muestra.....	52
3.3. Tipo y Nivel de Investigación .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.4. Técnicas e Instrumentos De Recolección De Datos .....	52
3.5. Operacionalización de variables .....	53
CAPÍTULO IV .....	56
PRESENTACION DE RESULTADOS .....	56
4. Sub Capítulos: Datos Generales, Procedimiento de Evaluación y Resultados .....	56

Datos generales .....	56
4.1. Plan de Evaluación .....	56
4.2. Datos Generales de la zona .....	57
4.3. Datos de la vía.....	60
4.4. Características de la vía.....	63
4.5. Datos de Mecánica de Suelos.....	64
Proceso de Evaluación .....	65
4.6. Proceso .....	65
Resultados.....	76
4.7. Resultados de la investigación .....	76
CAPÍTULO V.....	100
INTERPRETACION DE RESULTADOS .....	100
5.4.1. Tramo Calle Real-Jr. Arequipa .....	101
5.4.1.1. Mantenimiento y Rehabilitación.....	101
5.4.1.2. Diseño de Pavimento Flexible Convencional.....	102
5.4.1.3. Diseño de Pavimento Flexible con Mejoramiento de la Sub rasante .....	102
5.4.2. Tramo Jr. Arequipa-Av. Huancavelica .....	103
5.4.2.1. Mantenimiento y Rehabilitación.....	103
CAPITULO VI .....	104
VERIFICACION DE HIPOTESIS .....	104
CONCLUSIONES .....	106
RECOMENDACIONES.....	107
REFERENCIAS BIBLIOGRAFIAS .....	108
ANEXOS .....	109

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Niveles de Severidad de Huecos.....	23
<b>Tabla 2</b> Rangos De Calificación Del PCI .....	29
<b>Tabla 3</b> Longitudes de las Unidades de Muestreo .....	30
<b>Tabla 4</b> Fallas Consideras en PCI de Pavimentos Flexibles.....	33
<b>Tabla 5</b> Actividades de mantenimiento en función al valor del PCI .....	35
<b>Tabla 6</b> Características del pavimento en función del PCI.....	37
<b>Tabla 7</b> Forma de Pago de Sellado de Fisuras y Grietas en Calzada .....	38
<b>Tabla 8</b> Forma de Pago de Parchado Superficial en Calzada .....	39
<b>Tabla 9</b> Forma de Pago de Parchado Profundo en Calzada.....	40
<b>Tabla 10</b> Forma de Pago de Sellos Asfálticos .....	42
<b>Tabla 11</b> Forma de Pago de Recapados Asfálticos.....	43
<b>Tabla 12</b> Forma de Pago de Fresado de Carpeta Asfáltica .....	44
<b>Tabla 13</b> Variable Independiente Condición de Pavimento .....	55
<b>Tabla 14</b> Variable Dependiente Alternativas de solución.....	55
<b>Tabla 15</b> Coordenadas de Inicio y Final de la vía en estudio .....	57
<b>Tabla 16</b> Datos de la Vía.....	62
<b>Tabla 17</b> Clasificación del Suelo .....	64
<b>Tabla 18</b> Resultados de Calicata 01 .....	64
<b>Tabla 19</b> Resultados de la Calicata 02 .....	64
<b>Tabla 20</b> Resumen de IMD .....	76
<b>Tabla 21</b> Calculo del IMDa.....	77
<b>Tabla 22</b> Número de Ejes equivalentes Anuales para Pavimento Flexible .....	78
<b>Tabla 23</b> Resumen De Ensayos De Mecánica De Suelos .....	78
<b>Tabla 24</b> Cantidad de Fallas Según el Tipo .....	78

<b>Tabla 25</b> Resumen De Fallas En La Sección 1 .....	94
<b>Tabla 26</b> Resumen De Fallas En La Sección 2 .....	94
<b>Tabla 27</b> Resumen De Fallas En La Sección 3 .....	94
<b>Tabla 28</b> Resumen De Fallas En La Sección 4 .....	95
<b>Tabla 29</b> Resumen de Condición de Unidades de Muestra .....	96
<b>Tabla 30</b> Condición De La Sección 1 .....	98
<b>Tabla 31</b> Condición De La Sección 2 .....	98
<b>Tabla 32</b> Condición De La Sección 3 .....	99
<b>Tabla 33</b> Condición De La Sección 4 .....	99
<b>Tabla 34</b> Condición de los tramos del Pavimento de la Av. Leoncio Prado.....	99
<b>Tabla 35</b> Actividades de Mantenimiento y Rehabilitación para el tramo.....	101
<b>Tabla 36</b> Costo de Actividades de Mantenimiento y Rehabilitación para el tramo entre la Calle Real - Jr. Arequipa.....	102
<b>Tabla 37</b> Propuesta de Diseño del Pavimento Flexible .....	102
<b>Tabla 38</b> Propuesta de Diseño de Pavimento Flexible con Mejoramiento de la sub rasante .....	102
<b>Tabla 39</b> Actividades de Mantenimiento y Rehabilitación para el tramo entre el Jr. Arequipa- Av. Huancavelica.....	103
<b>Tabla 40</b> Correlación de las zonas de mantenimiento y rehabilitación con el PCI y la escala de condiciones.....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Estructura del Pavimento Rígido.....	10
<b>Figura 2</b> Estructura del Pavimento Flexible .....	11
<b>Figura 3</b> Falla Piel de Cocodrilo .....	13
<b>Figura 4</b> Falla Agrietamiento en Bloque .....	14
<b>Figura 5</b> Falla Grieta de Borde .....	17
<b>Figura 6</b> Falla Grieta Transversal .....	19
<b>Figura 7</b> Falla Grieta Longitudinal .....	20
<b>Figura 8</b> Falla Parcheo .....	21
<b>Figura 9</b> Falla Huecos .....	22
<b>Figura 10</b> Falla Cruce de Vía Férrea.....	23
<b>Figura 11</b> Falla Grietas Parabólicas .....	26
<b>Figura 12</b> Falla Meteorización.....	27
<i>Figura 13</i> Formato de Evaluación PCI .....	29
<b>Figura 14</b> Puntos Óptimos de Mantenimiento y Rehabilitación.....	34
<b>Figura 15</b> Ciclo de vida Útil del Pavimento .....	35
<b>Figura 16</b> Parchado Superficial en Calzada.....	39
<b>Figura 17</b> Parchado Profundo en Calzada .....	40
<b>Figura 18</b> Sellos Asfálticos .....	42
<b>Figura 19</b> Recapados Asfálticos .....	43
<b>Figura 20</b> Fresado de Carpeta Asfáltica.....	44
<b>Figura 21</b> Diseño Transversal de la Investigación.....	52
<b>Figura 22</b> Av. Leoncio Prado tramo en investigación .....	59
<b>Figura 23</b> Calzada del tramo entre Calle Real – Jr. Arequipa .....	60
<b>Figura 24</b> Calzada del tramo entre Jr. Arequipa– Av. Huancavelica .....	61

<b>Figura 25</b> El ancho de carril de la Av. Leoncio Prado tramo de la calle Real al Jr. Arequipa es de 2.60m. ....	61
<b>Figura 26</b> El ancho de carril de la Av. Leoncio Prado tramo del Jr. Arequipa a la Av. Huancavelica es de 3.10m. ....	61
<b>Figura 27</b> Cámara Fotográfica .....	65
<b>Figura 28</b> Flexómetro .....	66
<b>Figura 29</b> Formato de Evaluación.....	66
<b>Figura 30</b> Wincha .....	66
<b>Figura 31</b> Regla.....	66
<b>Figura 32</b> Pintura .....	67
<b>Figura 33</b> Brocha .....	67
<b>Figura 34</b> Tiza.....	67
<b>Figura 35</b> Secciones de la Av. Leoncio Prado.....	67
<b>Figura 36</b> Seccionamiento de la Vía en Investigación.....	68
<b>Figura 37</b> Longitudes de Unidades de Muestreo Asfálticas .....	68
<b>Figura 38</b> Formula para el cálculo de Unidades de Muestreo .....	70
<b>Figura 39</b> Formula para la selección de Unidades de Muestreo .....	70
<b>Figura 40</b> Áreas Totales de Cada Falla.....	71
<b>Figura 41</b> Densidad de cada falla por Unidad de Muestra.....	72
<b>Figura 42</b> Valores Deducidos por falla .....	72
<b>Figura 43</b> Uso del Abaco para cálculo de valores deducidos .....	73
<b>Figura 44</b> Formula para el cálculo de valores deducidos a usar .....	73
<b>Figura 45</b> Aplicación de la Fórmula para cálculo de m.....	74
<b>Figura 46</b> Cálculo del total de Valores Deducidos .....	74
<b>Figura 47</b> Uso de ábaco para el cálculo de Valor Deducido Corregido .....	75

<b>Figura 48</b> Cálculo del Valor Deducido Corregido.....	75
<b>Figura 49</b> Rango de Clasificación del PCI .....	76
<b>Figura 50</b> Valor de PCI por Unidad de Muestra.....	76

## ÍNDICE DE GRAFICOS

<b>Gráfico 1</b> Porcentaje de Vehículos del Tránsito .....	77
<b>Gráfico 2</b> Cantidad de Fallas Existentes .....	79
<b>Gráfico 3</b> Porcentaje de Fallas Existentes.....	80
<b>Gráfico 4</b> UM-1 (0+000-0+027) .....	80
<b>Gráfico 5</b> UM-2 (0+000-0+027) .....	81
<b>Gráfico 6</b> UM-3 (0+027-0+054) .....	81
<b>Gráfico 7</b> UM-4 (0+027-0+054) .....	81
<b>Gráfico 8</b> UM-5 (0+054-0+081) .....	82
<b>Gráfico 9</b> UM-6 (0+054-0+081) .....	82
<b>Gráfico 10</b> UM-7 (0+081-0+108) .....	82
<b>Gráfico 11</b> UM-8 (0+081-0+108) .....	83
<b>Gráfico 12</b> UM-9 (0+108-0+135) .....	83
<b>Gráfico 13</b> UM-10 (0+108-0+135) .....	83
<b>Gráfico 14</b> UM-11 (0+135-0+162) .....	84
<b>Gráfico 15</b> UM-12 (0+135-0+162) .....	84
<b>Gráfico 16</b> UM-13 (0+162-0+189) .....	84
<b>Gráfico 17</b> UM-14 (0+162-0+189) .....	85
<b>Gráfico 18</b> UM-15 (0+189-0+216) .....	85
<b>Gráfico 19</b> UM-16 (0+189-0+216) .....	85
<b>Gráfico 20</b> UM-17 (0+216-0+235.81) .....	86
<b>Gráfico 21</b> UM-18 (0+216-0+235.81) .....	86
<b>Gráfico 22</b> UM-19 (0+235.81-0+265.81) .....	86
<b>Gráfico 23</b> UM-20 (0+235.81-0+265.81) .....	87
<b>Gráfico 24</b> UM-21 (0+265.81-0+295.81) .....	87

<b>Gráfico 25</b> UM-22 (0+265.81-0+295.81) .....	87
<b>Gráfico 26</b> UM-23 (0+295.81-0+325.81) .....	88
<b>Gráfico 27</b> UM-24 (0+295.81-0+325.81) .....	88
<b>Gráfico 28</b> UM-25 (0+325.81-0+355.81) .....	88
<b>Gráfico 29</b> UM-26 (0+325.81-0+355.81) .....	89
<b>Gráfico 30</b> UM-27 (0+355.81-0+385.81) .....	89
<b>Gráfico 31</b> UM-28 (0+355.81-0+385.81) .....	89
<b>Gráfico 32</b> UM-29 (0+385.81-0+415.81) .....	90
<b>Gráfico 33</b> UM-30 (0+385.81-0+415.81) .....	90
<b>Gráfico 34</b> UM-31 (0+415.81-0+445.81) .....	90
<b>Gráfico 35</b> UM-32 (0+415.81-0+445.81) .....	91
<b>Gráfico 36</b> UM-33 (0+445.81-0+475.81) .....	91
<b>Gráfico 37</b> UM-34 (0+445.81-0+475.81) .....	91
<b>Gráfico 38</b> UM-35 (0+475.81-0+505.81) .....	92
<b>Gráfico 39</b> UM-36 (0+475.81-0+505.81) .....	92
<b>Gráfico 40</b> UM-37 (0+505.81-0+535.81) .....	92
<b>Gráfico 41</b> UM-38 (0+505.81-0+535.81) .....	93
<b>Gráfico 42</b> UM-39 (0+535.81-0+567.86) .....	93
<b>Gráfico 43</b> UM-40 (0+535.81-0+567.86) .....	93
<b>Gráfico 44</b> Área dañada del pavimento del tramo entre la Calle Real - Jr. Arequipa ...	95
<b>Gráfico 45</b> Área dañada del Pavimento tramo entre el Jr. Arequipa- Av. Huancavelica .....	95
<b>Gráfico 46</b> Área total dañada por las fallas.....	96
<b>Gráfico 47</b> Porcentaje de Estado del Pavimento en las Unidades de Muestra.....	97

## RESUMEN

En la investigación se planteó como problema general ¿Cuáles son las alternativas de solución para la condición del pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado tramo entre la calle Real y la Av. Huancavelica?, cuyo objetivo general es identificar las alternativas de solución a la condición del pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado tramo entre la Calle Real y la Av. Huancavelica haciendo uso del método de evaluación PCI, la hipótesis que se debe contrastar es: “La alternativa de solución a la condición del pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado tramo entre la calle Real y la Av. Huancavelica es una reconstrucción parcial de la estructura”.

La investigación es del tipo aplicada, para cumplir con el objetivo se realizó una toma de datos de campo en formatos adecuados a lo que propone la metodología PCI, dichos datos están relacionados con el tipo de fallas, cantidad y nivel de severidad. Se determinó como población de la investigación el Sistema Vial del Distrito de Chilca y como muestra no aleatoria elegida por conveniencia se tomó el Pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado tramo entre la Calle Real y la Av. Huancavelica.

La principal conclusión de esta investigación se resume en: una reconstrucción y una rehabilitación para el primer y segundo tramo respectivamente, ya que el primero se encuentra en una condición muy mala y el segundo en una condición buena. Las fallas que se encuentran con más frecuencia son los Parcheos y los huecos entre otras, estas afectan un 27% del pavimento en el primer tramo y un 39% en el segundo.

**PALABRAS CLAVES:** Sistema Vial, Alternativas de Solución, Reconstrucción, Rehabilitación, Fallas, Parcheos.

## **ABSTRACT**

In the investigation was raised as a general problem What are the solution alternatives for the condition of the flexible pavement of Av. Leoncio Prado stretch between the Royal Street and Av. Huancavelica?, whose general objective is to identify the alternatives of solution to the condition of the flexible pavement of the Av. Leoncio Prado section between the Royal Street and Av. Huancavelica making use of the method of evaluation PCI, the hypothesis to be contrasted is: "The alternative solution to the condition of the flexible pavement of the Av. Leoncio Prado stretch between the Royal Street and Av. Huancavelica is a partial reconstruction of the structure."

The research is of the applied type, to meet the objective was made a field data collection in formats appropriate to what the PCI methodology, these data are related to the type of failures, quantity and level of severity. The Chilca District Road System was determined as the research population and, as a non-random sample chosen for convenience, the flexible Pavement of Av. Leoncio Prado was taken between Royal Street and Av. Huancavelica.

The main conclusion of this investigation is summarized in: a reconstruction and a rehabilitation for the first and second tranche respectively, since the first one is in a very bad condition and the second in a good condition. The most frequently encountered faults are the patches and gaps, among others, these affect 27% of the pavement in the first tranche and 39% in the second.

**KEYWORDS:** Vial System, Solution Alternatives, Reconstruction, Rehabilitation, Faults, Patches.

## INTRODUCCION

En el presente trabajo se desarrollara la evaluación del pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado haciendo uso del método PCI, ya que por simple inspección visual ciertos tramos de la vía en estudio muestran un alto nivel de deterioro. Esta evaluación ayudara a describir las características que poseen los pavimentos que fueron ejecutados en periodos distintos y en función al valor obtenido como resultado de la evaluación, escogeremos las actividades correctivas necesarias para que la vía cumpla sus funciones principales.

En el capítulo I se hace una descripción de la realidad problemática indicando ciertas razones por las cuales se va a realizar la siguiente investigación y a partir de estos plantear los problemas, objetivos y las hipótesis; así como las variables que intervienen en el desarrollo de la investigación.

El capítulo II trata sobre las bases teóricas necesarias para la comprensión absoluta del tema de investigación entre los que destacan el concepto básico de un pavimento, los tipos de pavimentos, aspectos en la evaluación de pavimentos, método de evaluación PCI, fallas en pavimentos y la estabilización de suelos. La teoría mostrada en este capítulo ayudara a complementar la gran cantidad de cuadros y gráficos estadísticos presentados en los siguientes capítulos.

El capítulo III está dedicado únicamente a la metodología usada para el desarrollo satisfactorio de las interrogantes generadas en el primer capítulo, así como estrategias de diseño que ayuden a organizar todo el proceso de investigación, recolección y análisis de los datos de campo con que contaremos. Así mismo se escogerá la muestra que será objeto de evaluación y la población a la que pertenece.

En el capítulo IV está dedicado a la explicación del proceso temático de la investigación,

presentando datos generales de la vía en estudio, el procedimiento que se llevó a cabo en la evaluación del pavimento y los resultados obtenidos en este.

En el capítulo V se da un respuesta general a las interrogantes planteadas en el primer capítulo; así como la comprobación de las hipótesis y las respectivas medidas que se han de tomar en función a los resultados obtenidos en la evaluación del Pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado tramo entre la Calle Real y la Av. Huancavelica.

# **CAPÍTULO I**

## **GENERALIDADES**

### **1.1. Descripción de la realidad Problemática**

La Av. Leoncio Prado es una de las principales vías del distrito de Chilca y como tal el incremento del tránsito vehicular es algo que no se podrá evitar, dicho evento provoca que el pavimento se deteriore con más rapidez de lo habitual. La vía en estudio cuenta con dos tramos, el primero se encuentra entre la Calle Real y el Jr. Arequipa que fue construida en el año 2000 y la segunda se ubica entre el Jr. Arequipa y la Av. Huancavelica construida el año 2009. El primero debido a su antigüedad presenta una gran cantidad de fallas que no fueron atendidas en el momento adecuado y que hoy se presentan como un mal mayor casi imposible de remediar debido a que afectan el tránsito provocando malestar no solo en los transportistas que transitan por la vía, sino que también en las personas que viven en la zona; por otro lado el segundo tramo que va del Jr. Arequipa a la Av. Huancavelica se encuentra en una situación aceptable; pero el aumento de tráfico está acelerando su deterioro, por lo que necesitara que se hagan actividades necesarias para evitar que el pavimento caiga en un estado que le sea

imposible brindar un servicio adecuado.

## **1.2. Problema**

### **1.2.1. General**

¿Cuáles son las alternativas de solución para la condición del pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado tramo entre la calle Real y la Av. Huancavelica?

### **1.2.2. Específicos**

- ¿Cuál es la condición del pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado tramo entre la Calle Real y la Av. Huancavelica?
- ¿Qué falla se presenta con mayor frecuencia en el pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado tramo entre la Calle Real y la Av. Huancavelica?
- ¿Cuál es el área total de pavimento de la Av. Leoncio Prado tramo entre la calle Real y la Av. Huancavelica que se encuentra afectado por las fallas?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. General**

Identificar las alternativas de solución a la condición del pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado tramo entre la Calle Real y la Av. Huancavelica haciendo uso del método de evaluación PCI.

### **1.3.2. Específicos**

- Determinar la condición del pavimento de la Av. Leoncio Prado tramo entre la calle Real y la Av. Huancavelica
- Identificar la falla que se presenta con más frecuencia en el pavimento de la Av. Leoncio Prado tramo entre la Calle Real y la Av. Huancavelica.
- Calcular el área total de pavimento de la Av. Leoncio Prado tramo entre la

calle Real y la Av. Huancavelica que se encuentra afectada por las fallas.

#### **1.4. Justificación**

##### **1.4.1. Justificación Metodológica**

La aplicación del método de evaluación PCI facilita el proceso general de evaluación debido a que el conocimiento de la condición de la parte superficial del pavimento nos brinda nociones del estado de la parte estructural. Además los formatos empleados y la escala de evaluación dan la posibilidad de ser más minuciosos en cuanto a la recolección de datos y a la calificación del pavimento ya que presenta un amplio intervalo que varía de 0-100 para ubicar la situación superficial exacta de la vía.

##### **1.4.2. Justificación Práctica**

En la presente investigación se hará una evaluación de la condición superficial del pavimento de la Av. Leoncio Prado en el tramo que va desde la calle Real hasta la Av. Huancavelica haciendo uso del método PCI. Para la evaluación se delimitara la zona de estudio y se hará un seccionamiento para enumerar las fallas y su nivel de severidad, para tener un alcance más preciso de la situación de la Av. Leoncio Prado. La evaluación por el método del PCI nos permitirá conocer el estado situacional del pavimento y en función a este plantear alternativas de solución que faciliten el tránsito vehicular de la vía en estudio.

Este estudio ayudara a que pavimentos en condiciones similares reciban directamente el mantenimiento y rehabilitación que requieren, sin necesidad de realizar la evaluación respectiva ahorrando de esta en gastos que trae consigo este proceso.

#### **1.5. Limitaciones de la Investigación**

Para el desarrollo de la investigación no se contó con la autorización pertinente de la Municipalidad Distrital de Chilca para la excavación de calicatas; sin embargo se

puedo completar la excavación por la autorización personal de uno de los funcionarios que trabajan dentro de dicha institución

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. General**

La alternativa de solución a la condición del pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado tramo entre la calle Real y la Av. Huancavelica es una reconstrucción parcial de la estructura.

### **1.6.2. Especificas**

- La condición del pavimento de la Av. Leoncio Prado tramo entre la calle Real y la Av. Huancavelica es muy mala.
- Los huecos son la falla más frecuente en el pavimento de la Av. Leoncio Prado tramo entre la Calle Real y la Av. Huancavelica.
- El área total de pavimento de la Av. Leoncio Prado afectado por las fallas es de 80%.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. Antecedentes Nacionales**

- Medina, (2015), realizo la investigación *Evaluación Superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI* a la Universidad Peruana de Ciencia Aplicadas, la investigación se sintetiza de la siguiente manera:

El objetivo de la investigación es determinar el índice de condición del pavimento de Jr. José Gálvez con lo cual se podrá determinar si la vía es apta para brindar adecuadas condiciones a los usuarios. La evaluación gira en torno al método PCI el cual sirvió para determinar la condición del pavimento del Jr. José Gálvez y en función a ese valor se propuso alternativas de mantenimiento y rehabilitación con un presupuesto y cronograma incluido. Debido a los resultados obtenidos por el método PCI se determinó que se haría un mantenimiento mayor ya que gran parte de la vía en estudio presenta una calidad regular y se descartó por completo el

planteamiento de una reconstrucción ya que la estructura del pavimento no se vio muy afectada por las fallas localizadas.

- Camposano y García, (2012), realizo la investigación: *Diagnostico del estado situacional de la vía: Av. Argentina – Av. 24 de Junio por el método: Índice de Condición de Pavimentos - 2012* a la Universidad Peruana los Andes, la investigación se centra en poder identificar el estado situacional de la vía ingreso a la ciudad de Chupaca Av. Argentina – Av. 24 de haciendo uso del método PCI para poder enumerar las fallas y describir la severidad de cada una de estas. Una vez acaba la evaluación del pavimento se realizó un análisis de todas las fallas y su porcentaje de frecuencia en el pavimento para determinar las razones de falla del pavimento y elegir las mejores alternativas de solución en función a la serviciabilidad actual del pavimento. Para terminar se hizo uso del software Unalpci para darle mayor precisión al valor de PCI obtenido manualmente, este resultado ayuda a una mejor elección de las actividades de mantenimiento. También se determinar que el clima influyo demasiado en el desgaste del pavimento puesto que muchas de las fallas fueron provocadas por infiltración del agua en la estructura del pavimento.
- Rodríguez, (2009), realizo la investigación: *Cálculo del Índice de condición del pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla* a la Universidad de Piura, la investigación se sintetiza de la siguiente manera: Esta investigación se realizó con el fin de dar a conocer las fallas más comunes en los pavimentos flexibles y los pasos necesarios para cumplir con el manual del método PCI , para después aplicar dichos paso en la evaluación superficial del pavimento de la Av. Luis Montero. Los valores numéricos obtenidos en la evaluación del pavimento sirven para poder clasificar el estado de la vía en estudio y dar una solución en

función a estos. Concluido el desarrollo de la investigación se determinó que gran parte del pavimento se encontró en un estado regular y pequeños porcentajes de alta y baja calidad, la condición actual no afecta directamente el tránsito de la vía pero si necesita de un urgente mantenimiento.

### **2.1.2. Antecedentes Internacionales**

- Higuera, (2015), realizo la investigación: *El estado de las vías de pavimento rígido y su incidencia en la circulación del tráfico pesado de la planta Holcim Latacunga del Cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi* a la Universidad Técnica de Ambato, En la investigación se busca determinar la condición del pavimento haciendo uso del método del PCI, para encontrar las principales fallas y su origen. Una vez realizado el diagnóstico del pavimento se pudo analizar la influencia de este tipo de superficie dañada en el tráfico pesado. Como alternativa de solución se plantea el diseño de un pavimento rígido que sea capaz de soportar el tráfico, actividades de mantenimiento y rehabilitación en función al valor del PCI obtenido por medio de la evaluación, así como el respectivo cronograma de ejecucion. Para concluir la investigación, en la evaluación del método PCI se determinó que la losa existente en la vía no cumplía con las dimensiones requeridas para tales condiciones y la principal razón de las fallas se debe a que las cargas excedían la resistencia de la losa. El principal aporte de esta investigación es la explicación detallada de la evaluación por el método PCI.
- Tabares y MBA, (2005), realizo la investigación: *Diagnostico de Vía Existente y Diseño del Pavimento Flexible de la Vía Mediante Parámetros Obtenidos del Estudio en Fase I de la Vía Acceso al Barrio Ciudadela del Café – Vía la Badea* a la Universidad Nacional de Colombia, en esta investigación se realiza una evaluación completa de cada una de las capas del pavimento, empezando por la

superficie de rodadura para lo cual se usó el método del PCI y para poder determinar las características de las demás capas se tomó una cantidad de muestra para llevarla al laboratorio y obtener las especificaciones del material empleado en cada una de ellas. Así mismo se realizó un estudio de tráfico detallado para poder calcular el Número de Ejes equivalentes (W8.2) y aplicarlo apropiadamente en el diseño de los espesores del pavimento. Se emplearon varios métodos para el cálculo de la estructura del pavimento, entre los que destaca el método AASHTO. El principal aporte de esta investigación es el procedimiento para el diseño del pavimento.

- Armijos, (2009), realizó la investigación: *Evaluación Superficial de algunas Calles de la Ciudad de Loja* a la Universidad Técnica Particular de Loja, en esta investigación se realiza evaluaciones por el método del PCI a tramos distintos de cualquier pavimento de la zona de Loja ya sea rígido o flexible, una vez realizada la evaluación se determinó el valor de la condición del pavimento y una propuesta de mantenimiento y rehabilitación para cada uno. El principal aporte de esta investigación es la propuesta del procedimiento para la evaluación del método PCI así como formatos para el trabajo de campo.

## **2.2. Definiciones**

### **2.2.1. Pavimento**

El pavimento es una estructura vial, que va a permitir el tránsito de vehículos motorizados y no motorizados. Este va estar conformado por capas las cuales dependerán del tipo de pavimento. Este deberá contar con 3 características las cuales son:

- **Comodidad:** Todo tipo de pavimento está obligado a brindar una comodidad a los vehículos que transiten por este, sin provocar movimientos innecesarios que causen

malestar en las personas que viajen dentro de los vehículos; para lo cual deberá contar con los materiales específicos para brindar este servicio.

- **Economía:** Como en todas las estructuras se debe buscar que el pavimento cumpla con las condiciones básicas de serviciabilidad al menor costo posible.
- **Seguridad:** Todos los pavimentos deben contar con la señalización y pintado respectivo, para poder alertar a los conductores de las características de la vía a la cual van a ingresar para que puedan tomar las medidas de prevención respectivas y evitar accidentes innecesarios.

Montejo (2002, p.1) define al pavimento como “un conjunto de capas superpuestas, horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Dichas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmite durante el período para el cual fué diseñada la estructura del pavimento.”

### **2.2.2. Pavimento Rígido:**

Este tipo de pavimento posee una gran resistencia y un tiempo de vida útil entre 20 y 30 años, su estructura está formada por dos capas: una losa de concreto hidráulico y la sub base como se muestra en la figura 1. Según las características del tránsito, el pavimento rígido contara o no con pasadores que brinden mayor estabilidad y soporte a esta estructura. El pavimento rígido posee un alto costo de ejecución; sin embargo para que alcance su tiempo de vida útil no necesita de rehabilitación y el mantenimiento que requiere es mínimo ya que este solo será para las juntas que existen entre losa y losa.

Montejo (2002, p.5) lo define como “aquellos que fundamentalmente están

constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina sub base del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.”



*Figura 1* Estructura del Pavimento Rígido

### **2.2.3. Pavimento Flexible:**

Este tipo de pavimento posee la característica de poder amortiguar los pesos a los cuales es sometido y tiene un tiempo de vida útil comprendido entre 10 y 20, su estructura presenta 3 capas las cuales son: Carpeta asfáltica, base y sub base como se muestra en la figura 2. El pavimento flexible posee un bajo costo de ejecución y se puede abrir al tránsito en poco tiempo; sin embargo para que pueda cumplir con su tiempo de vida útil requiere de constantes actividades de mantenimiento y rehabilitación.

Montejo (2002, p. 2) define el pavimento flexible como “la formación de una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub base.



*Figura 2* Estructura del Pavimento Flexible

No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra”.

#### **2.2.4. Diseño de Pavimentos**

Es el proceso de cálculo y dimensionamiento de una estructura de pavimento, el cual incluye la selección del material adecuado para cada una de las capas de este, así como características de la transitabilidad. Para el diseño de pavimentos se debe tomar en cuenta factores como:

- **El tránsito:** Este factor influirá en la determinación de los espesores de los pavimentos, ya que el pavimento a diseñar tendrá que ser capaz de soportar las cargas generadas por el tránsito brindando un nivel de serviciabilidad adecuado.
- **La sub rasante:** Tiene gran importancia al momento de determinar los espesores de las capas, puesto que estos se definirán en función de la resistencia al esfuerzo cortante. Si el porcentaje de resistencia es demasiado bajo se realizaran mejoramiento o estabilizaciones con el material apropiado según el tipo de suelo.
- **El clima:** El intemperismo al cual va estar sometido el pavimento, puede acelerar o no el desgaste, es por eso que conocer bien la zona en la cual se va ejecutar la obra es muy importante, ya que si la zona presenta un clima hostil se plantearan alternativas de solución como es la inclusión de aditivos u otros materiales al diseño del pavimento.

### **2.2.5. Método de Diseño de Pavimento AASHTO 93**

Para diseñar el pavimento como alternativa de solución se usara el método AASHTO, por ser el más usado a nivel mundial y por la gran cantidad de variables que se incluyen en un cálculo completo.

### **2.2.6. Evaluación de Pavimentos**

La evaluación de un pavimento consiste en la determinación de la condición actual del pavimento, describiendo y enumerando las fallas que existen. Este proceso es muy importante para poder elegir las actividades de mantenimiento y rehabilitación necesarias en función al resultado de la evaluación. Existen dos tipos de evaluación:

#### **✓ Evaluación Funcional**

La evaluación funcional consiste en el análisis de la superficie de rodadura, para determinar si el pavimento cumple con brindar comodidad y seguridad a las personas que viajan en los vehículos. Entre las principales deficiencias que se pueden encontrar con este tipo de evaluación son: La rugosidad, fallas superficiales, pérdida de fricción, costo de usuario y el medio ambiente.

#### **✓ Evaluación Estructural**

La evaluación estructural consiste en la cuantificación de los valores que presenta cada una de las capas del pavimento para determinar si estas cumplen con su función de soporte y complemento a la superficie de rodadura. Entre las principales actividades para la evaluación estructural tenemos:

- ✓ Evaluación superficial de la condición del pavimento.
- ✓ Evaluación del sistema de drenaje.
- ✓ Determinación de espesores y tipos de materiales constituyentes de la estructura de pavimento.
- ✓ Medición de deflexiones superficiales del pavimento.

### **2.2.7. Fallas en el Pavimento Flexible**

Las fallas en el pavimento son irregularidades que se forman en la superficie por causa de agentes internos y externos.

A continuación se presenta una lista de las fallas en pavimentos flexibles.

#### **1. Piel de Cocodrilo**



**Figura 3** Falla Piel de Cocodrilo

*Nota.* Recuperado de <http://www.actiweb.es/selladorasfaltico/>

Descripción: Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo, son una falla importante en el pavimento originado por las repetidas cargas de tránsito. El daño se inicia en la base asfáltica creando una vulnerabilidad en la carpeta por la serie de grietas de que se forman.

#### **Niveles de severidad**

Bajo: Son grietas delgadas con un poca o ninguna interconexión.

Medio: Las grietas formadas inicialmente empiezan a levantarse y unirse.

Alto: Las grietas ya presentan un patrón bien definido y un desprendimiento de trozos de carpeta.

#### **Medida**

Esta falla se mide en metros cuadrados del área afectada.

#### **Opciones de reparación**

L: No se hace nada, sello superficial. Realizar una sobrecarpeta.

M: Parcheo parcial o en toda la profundidad. Sobrecarpeta. Reconstrucción.

H: Realizar un parcheo superficial. Sobrecarpeta. Reconstrucción.

## 2. Exudación

Descripción: La exudación es una pequeña área cubierta de asfalto que se forma en la superficie del pavimento, dicha capa suele ser pegajosa, brillante y reflectora.

### Niveles de severidad.

L: La exudación es poco notoria y solo es identificable unos pocos días.

M: La exudación se empieza a pronunciar de tal manera que empieza a pegarse en los neumáticos y zapatos.

H: La exudación se manifiesta sobre una gran área pegándose en neumáticos y zapatos por grandes temporadas.

### Medida

Esta falla se mide en metros cuadrados del área afectada.

### Opciones de reparación

L: No realizar actividad.

M: Aplicar arena y agregados.

H: Aplicar arena y agregados (precalentar si es necesario).

## 3. Agrietamiento en Bloque



**Figura 4** Falla Agrietamiento en Bloque

*Nota.* Recuperado de

<http://www.asfaltogravayterracerias.com.mx/Servicios/Pavimentos/Fallas/tabid/110/Default.aspx>

Descripción: Las grietas en bloque son patrones de grietas interconectadas cuyas dimensiones oscilan entre 0.30 x 0.30 y 3.0 x 3.0 m.

#### **Niveles de severidad**

L: Bloques definidos por grietas finas longitudinales y transversales.

M: Bloques definidos por grietas longitudinales y transversales de severidad media.

H: Bloques definidos por grietas longitudinales y transversales de severidad alta.

#### **Medida**

Esta falla se mide en metros cuadrados del área afectada.

#### **Opciones de reparación**

L: Sellar las grietas que tengan un ancho mayor a 3.0 mm. Riego de sello.

M: Sellar las grietas y hacer un reciclado superficial. Realizar una sobrecarpeta y escarificar.

N: H: Sellar las grietas y hacer un reciclado superficial. Realizar una sobrecarpeta y escarificar.

### **4. Abultamientos (Bumps) Y Hundimientos (Sags).**

Descripción: Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento.

#### **Niveles de severidad**

L: Leve levantamiento de una porción del pavimento.

M: Moderado levantamiento de una porción del pavimento.

H: Un notorio levantamiento de una porción del pavimento.

#### **Medida**

Se miden en metros lineales.

### **Opciones de reparación**

L: No hacer nada.

M: Reciclar en frío. Realizar un parchado profundo o parcial.

H: Reciclar en frío. Realizar un parchado profundo o parcial. Sobrecarpeta.

### **5. Corrugación.**

Descripción: La corrugación es una serie de subidas y bajadas de la superficie del pavimento que se dan en series menores a 3.0 metros.

#### **Niveles de severidad**

L: No alteran el tránsito.

M: Empiezan a generar un tránsito abrupto.

H: El tránsito es muy interrumpido.

#### **Medida**

Esta falla se mide en metros cuadrados del área afectada.

### **Opciones de reparación**

L: No hacer nada.

M: Necesita una reconstrucción.

H: Necesita una reconstrucción.

### **6. Depresión.**

Descripción: Son porciones del pavimento que presentan hundimientos con respecto al pavimento adyacente.

#### **Niveles de severidad.**

Máxima profundidad de la depresión:

L: 13.0 a 25.0 mm.

M: 25.0 a 51.0 mm.

H: Más de 51.0 mm.

### **Medida**

Esta falla se mide en metros cuadrados del área afectada.

### **Opciones de reparación**

L: No hacer nada.

M: Realizar un parchado parcial o profundo.

N: Realizar un parchado parcial o profundo.

## **7. Grieta De Borde**



**Figura 5** Falla Grieta de Borde

*Nota.* Recuperado de <http://fletch3hr.blogspot.pe/2013/04/deterioro-de-pavimentos.html>

Descripción: Las grietas de borde son grietas ubicadas a 0.30 o 0.60 m al borde de la calzada.

### **Niveles de severidad.**

L: Grietas finas.

M: Grietas con desprendimiento.

H: Grietas con desprendimiento severo.

### **Medida**

La grieta de borde se mide en metros lineales.

### **Opciones de reparación**

L: No hacer nada. Sellar grietas que tengan un ancho mayor a 3 mm.

M: Sellar grietas. Realizar un parchado superficial o profundo.

H: Realizar un parchado superficial o profundo.

## **8. Grieta De Reflexión De Junta (De Losas De Concreto De Cemento Pórtland).**

Descripción: Esta falla ocurre cuando se ha colocado una losa de concreto sobre el asfalto, y esta se ha deslizado provocando un agrietamiento.

### **Niveles de Severidad**

L: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm, o
2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta sin relleno con ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.
3. Grieta rellena de cualquier ancho rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad.
2. Grietas sin relleno de más de 76.0 mm.
3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas (la grieta está severamente fracturada).

### **Medida**

La grieta de reflexión de junta se mide en metros lineales.

### **Opciones de Reparación.**

L: Sellar grietas con un ancho mayor a 3.00 mm.

M: Sellar grietas. Realizar un parchado superficial o profundo.

H: Realizar un parchado profundo. Reconstruir la junta.

### **9. Desnivel Carril / Berma.**

Descripción: Esta falla se da cuando existe un desnivel entre la berma y la calzada.

#### **Niveles de severidad.**

L: Cuando el desnivel está entre 25 y 51 mm.

M: Cuando el desnivel está entre 51.0 mm y 102.0 mm.

H: Cuando el desnivel es mayor que 102.00 mm.

#### **Medida**

El desnivel carril / berma se miden en metros lineales.

#### **Opciones de reparación**

L, M, H: Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.

### **10. Grietas Longitudinales Y Transversales (No Son De Reflexión De Losas De Concreto De Cemento Pórtland).**



**Figura 6** Falla Grieta Transversal

*Nota.* Recuperado de <http://fsotelo5.blogspot.pe/2011/05/inspeccion-de-danos-en-pavimentos.html>



**Figura 7** Falla Grieta Longitudinal

*Nota.* Recuperado de <http://hechosdetransito.com/danos-en-las-vias/>

Descripción: Son grietas que van en la dirección y perpendicular al eje del carril.

Las causas son las siguientes:

1. Juntas construidas pobremente.
2. Contracción del asfalto debido al intemperismo.

#### **Niveles de Severidad**

L: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grietas con un ancho menor a 10.0 mm.
2. Grieta rellena de cualquier ancho.

M: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta con ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas.
3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta.
2. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.

3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.

**Medida**

Las grietas longitudinales y transversales se miden en metros lineales.

**Opciones de reparación**

L: No hacer nada. Sellar grietas de ancho mayor que 3.0 mm.

M: Sellar Grietas.

H: Sellar grietas o realizar un parchado superficial.

**11. Parcheo Y Acometidas De Servicios Públicos.**



*Figura 8* Falla Parcheo

Descripción: Un parche es un proporción del pavimento que ha sido sellada por haber fallado.

**Niveles de Severidad.**

L: El parche se encuentra en una buena condición.

M: El parche empieza a deteriorarse y comienza a afectar el tránsito.

H: El parche está muy dañado y afecta severamente el tránsito.

**Medida.**

Los parches se miden en metros cuadrados de área afectada.

**Opciones de reparación**

L: No hacer nada.

M: No hacer nada o sustituir el parche.

H: Sustituir el parche.

## **12. Pulimento De Agregados.**

Descripción: Esta falla se produce por la fatiga causando el ablandamiento de los agregados y poca adherencia entre la calzada y el neumático.

### **Niveles de severidad.**

En esta falla no existen niveles de severidad pero se debe realizar un evaluación detallada para poder plantear actividades de solución.

### **Medida**

Se mide en metros cuadrados de área afectada.

### **Opciones de reparación**

L, M, H: No hacer nada, tratamiento superficial, sobrecarpeta y Fresado.

## **13. Huecos.**



*Figura 9* Falla Huecos

Descripción: Los huecos son desniveles en el pavimento de un diámetro inferior a 90 cm.

### **Niveles de severidad**

Según el Manual del Fallas “Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con la tabla 1. Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe

medirse el área en pies cuadrados (o metros cuadrados) y dividirla entre 5 pies<sup>2</sup> (0.47 m<sup>2</sup>) para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta”.

**Tabla 1 Niveles de Severidad de Huecos**

Profundidad máxima del hueco	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H
> 50.8 mm	M	M	H

*Nota.* Tomado de Manual PCI

### Medida

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

### Opciones de reparación

L: No hacer nada o realizar un parcheo superficial o profundo.

M: Realizar un parcheo superficial o profundo.

H: Realizar un parchado profundo.

## 14. Cruce De Vía Férrea.



**Figura 10** Falla Cruce de Vía Férrea

Descripción: Esta falla está referida a los abultamientos y depresiones generados alrededor de los rieles.

### **Niveles de severidad**

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

M: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.

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

### **Medida**

El área del cruce se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

Si el cruce no afecta la calidad de tránsito, entonces no debe registrarse. Cualquier abultamiento considerable causado por los rieles debe registrarse como parte del cruce.

### **Opciones de reparación**

L: No hacer nada.

M: Reconstruir el cruce o realizar un parchado superficial o profundo cerca a los rieles.

H: Reconstruir el cruce o realizar un parchado superficial o profundo cerca a los rieles.

## **15. Ahuellamiento.**

Descripción: Los ahuellamientos son depresiones con marcas de las huellas de las llantas producidos por fatiga.

### **Niveles de severidad**

Profundidad media del ahuellamiento:

L: 6.0 a 13.0 mm.

M: >13.0 mm a 25.0 mm.

H: > 25.0 mm.

### **Medida**

El ahuellamiento se mide en metros cuadrados de área afectada.

### **Opciones de reparación**

L: No hacer nada o realizar fresado y sobrecarpeta

M: Realizar un parchado superficial o profundo. Realizar parchado profundo o superficial.

N: Realizar un parchado superficial o profundo. Realizar parchado profundo o superficial.

### **16. Desplazamiento.**

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

#### **Niveles de severidad**

L: El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.

M: El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media.

H: El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

#### **Medida**

Los desplazamientos se miden en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

### **Opciones de reparación**

L: No hacer nada o fresar.

M: Fresar o realizar parchado superficial o profundo.

N: Fresar o realizar parchado superficial o profundo.

## 17. Grietas Parabólicas (Slippage).



**Figura 11** Falla Grietas Parabólicas

Descripción: Las grietas parabólicas son grietas en forma semicircular.

### **Nivel de severidad**

L: Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm.

M: Se presentan las siguientes condiciones:

1. Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm.
2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados.

H: Existe una de las siguientes condiciones:

1. Ancho promedio de la grieta mayor que 38.0 mm.
2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.

### **Medida**

El área asociada con una grieta parabólica se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) y se califica según el nivel de severidad más alto presente en la misma.

### **Opciones de reparación**

L: No hacer nada o realizar parchado superficial.

M: Realizar parchado superficial.

H: Realizar parchado superficial.

## 18. Hinchamiento.

Descripción: Es un abultamiento que se forma en el pavimento que no tiene más de 3.0 cm de altura.

### Nivel de severidad

L: El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad

M: El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.

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

### Medida

El hinchamiento se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

Opciones de reparación

L: No hacer nada.

M:Reconstruir o no hacer nada.

H: Reconstruir.

## 19. Meteorización / Desprendimiento De Agregados.



**Figura 12** Falla Meteorización

*Nota.* Recuperado de <https://es.slideshare.net/juanluisvilcayucra98/fallas-enpavimentos1>

Descripción: Esta falla se produce por pérdida del ligante asfáltico producto de la fatiga.

Niveles de severidad

L: Comienza a perderse el ligante

M: La pérdida del ligante es considerable y la superficie comienza a tornarse rugosa.

H: Se ha producido la pérdida total del ligante y una superficie totalmente abrupta.

### **Medida**

Se miden en metros cuadrados.

### **Opciones de reparación**

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

M: Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.

H: Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción.

Para los niveles M y H, si el daño es localizado, por ejemplo, por derramamiento de aceite, se hace parcheo parcial.

### **2.2.8. Método PCI**

El método de evaluación PCI es uno de los métodos más completos en cuanto se refiere a evaluación funcional y estructural ya que posee un amplio intervalo de evaluación que varía de 0-100, en este intervalo encontramos pavimentos desde un estado fallado hasta uno excelente.

#### **✓ Índice De Condición Del Pavimento (PCI – Pavement Condition Index)**

El deterioro del pavimento está en función del tipo de falla, la cantidad y el nivel de severidad. El cálculo de un valor que incluya los factores mencionados anteriormente es muy complicado ya que existen otras variables no tan importantes pero que si influyen en el deterioro del pavimento. Para evitar esos problemas se empezó a aplicar los “*valores deducidos*”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.



unidad de muestreo debe estar en el rango  $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$ . En la tabla 3 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

**Tabla 3** Longitudes de las Unidades de Muestreo

Ancho de Calzada	Longitud de la Unidad de Muestreo (m)
5.0	46
5.5	41
6.0	38
6.5	35
7.3 (máximo)	31

*Nota.* Tomado de Manual PCI

**b) Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación:**

En la “Evaluación De Una Red” vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo.

En la “Evaluación de un Proyecto” se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la siguiente ecuación, la cual produce un estimado del  $PCI \pm 5$  del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

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

Donde:

e = Error aceptable en estimación del PCI en la sección, comúnmente,

e = +/- 5 puntos PCI.

S = Desviación Standard del PCI de una unidad de muestra, a otra dentro de la Sección. Cuando es la primera evaluación. Asumir 10 para pavimentos flexibles y 15 para rígidos.

N = Número total de unidades de muestra en la sección.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (S) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35) En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el

rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse.

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

**c) Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección:**

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

- a. El intervalo de muestreo ( $i$ ) se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$i = N/n$$

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

$i$ : Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3)

- b. El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo  $i$ .

Así, si  $i = 3$ , la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3.

Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S + 1), (S + 2), etc.

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

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

inspeccionadas.

**d) Selección de Unidades de Muestreo Adicionales:**

El método aleatorio no es muy eficiente debido a que en muchas ocasiones se omite la evaluación de unidades de muestreo que se encuentran en un estado deplorable.

En muchas ocasiones este tipo de evaluación puede complicar el proceso ya que se salta la observación de fallas únicas que aparecen en unidades de muestreo que no entran en el grupo aleatorio.

Para evitar dicha situación se debe incluir un grupo de muestreo adicional que incluya casos exclusivos de fallas que no se presentan en el grupo estándar. Es proceso dará un valor de PCI más preciso que se puede obtener mediante la interpolación de los datos.

**e) Evaluación de la Condición:**

La evaluación del pavimento varía en función del tipo con que se esté tratando, es así que se tiene que ser minucioso con la definición de cada falla para obtener un conteo preciso de estas.

Para una evaluación correcta se tiene en cuenta los siguientes puntos:

a. Equipo.

- ✓ Odómetro
- ✓ Flexómetro y Regla
- ✓ Manual de Daños para identificar según el tipo de pavimento

b. Procedimiento. Se debe revisar cada una de las fallas en el área delimitada para la investigación teniendo en cuenta el tipo, cantidad y nivel de severidad, dichos datos serán colocados en el formato que nos proporciona el Manual del PCI, posteriormente se pasa a hacer el cálculo del valor numérico que nos indicara la condición en la que se encuentra el pavimento.

c. Para un adecuado y seguro proceso de evaluación se debe llevar todo el equipo necesario para bloquear el camino e indicar que está realizando un trabajo en la vía.

**Tabla 4** *Fallas Consideradas en PCI de Pavimentos Flexibles*

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>
1. Piel De Cocodrilo	m <sup>2</sup>
2. Exudación	m <sup>2</sup>
3. Agrietamiento En Bloque	m <sup>2</sup>
4. Abultamientos Y Hundimientos	m
5. Corrugación	m <sup>2</sup>
6. Depresión	m <sup>2</sup>
7. Grieta De Borde	m
8. Grieta De Reflexión De Junta	m
9. Desnivel Carril/Berma	m
10. Grietas Long. Y Transversal	m
11. Parcheo	m <sup>2</sup>
12. Pulimiento De Agregados	n°
13. Huecos	m <sup>2</sup>
14. Cruce De Vía Férrea	m <sup>2</sup>
15. Ahuellamiento	m <sup>2</sup>
16. Desplazamiento	m <sup>2</sup>
17. Grieta Parabólica	m <sup>2</sup>
18. Hinchamiento	m <sup>2</sup>
19. Desprendimiento De Agregados	m <sup>2</sup>

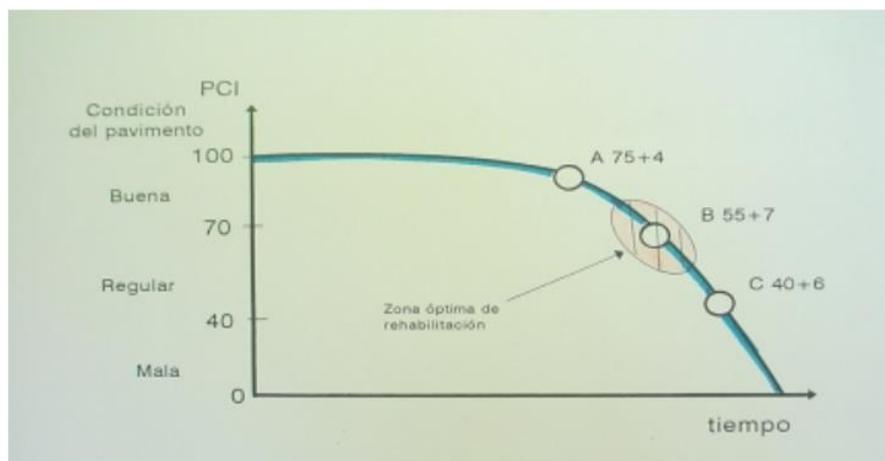
#### **2.2.10. Mantenimiento y Rehabilitación de pavimentos**

Es importante tener presente que no importa lo bien elaborado que este el diseño de un pavimento, por causa de muchos factores este terminara fallando. La única medida para poder cumplir con el tiempo de vida útil y sacarle el máximo provecho a esa estructura del pavimento es ejecutando actividades de mantenimiento y rehabilitación en el momento adecuado, para evitar que el deterioro se vuelva imparable.

Existen ciertos puntos en la vida útil del pavimento en los cuales las actividades de mantenimiento y rehabilitación muestran un mayor impacto. Jugo (1993, p.3) define los puntos de especial importancia en la vida útil del pavimento de la siguiente

manera:

- **Punto A:** El pavimento comienza a mostrar síntomas de deterioro que requieren el inicio de labores de mantenimiento rutinario menor (sellado de grietas, reparación de huecos y bacheo menor). Las acciones menores correctivas son importantes para controlar el deterioro.
- **Punto B:** La rata de deterioro comienza a crecer rápidamente, puede requerirse a algún tipo de acción mayor. Este punto está dentro de la zona denominada “óptima de rehabilitación” en la que las inversiones relativamente pequeñas producen grandes beneficios. La estructura del pavimento y su calidad de rodaje no se han deteriorado severamente, el pavimento aún conserva buena parte de su resistencia original, y una adecuada acción de rehabilitación mejorara considerablemente su condición y estructura.
- **Punto C:** La condición del pavimento ha caído en un estado crítico, tanto desde el punto de vista funcional como estructural. En este punto normalmente, se requieren costosos trabajos de mantenimiento mayor, rehabilitación o reconstrucción.



**Figura 14** Puntos Óptimos de Mantenimiento y Rehabilitación

*Nota.* Tomado de “Manual de Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles por Ing. Augusto Jugo B, 2005.

Como se puede observar la definición de estos puntos es de relevante importancia dentro de la configuración de una política efectiva de mantenimiento y

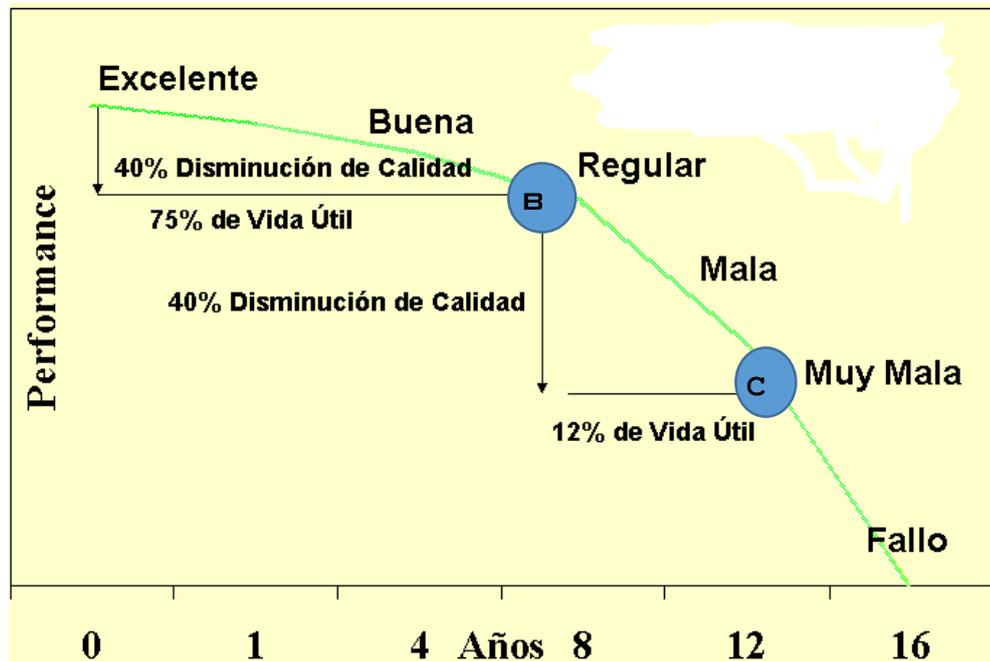
rehabilitación de pavimentos. El resultado de diferentes estudios para ubicar los puntos A, B y C en la curva de deterioro se puede resumir de la siguiente manera:

**Tabla 5** Actividades de mantenimiento en función al valor del PCI

Punto	PCI	CARACTERITICAS
A	70+/-4	El pavimento empieza a necesitar mantenimiento menor
B	55+/-7	Se inicia incremento de rata de deterioro. Zona optima de rehabilitación
C	40+/-6	Inicio de zona de falla, se requieren acciones de mantenimiento mayor.

*Nota.* Tomado de “Manual de Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles por Ing. Augusto Jugo B, 2005.

Un comentario aparte requieren los puntos B y C ya que su ubicación es importante desde el punto de vista de la definición, de acciones de Mantenimiento y Rehabilitación, el costo de estas y su efectividad



**Figura 15** Ciclo de vida Útil del Pavimento

*Nota.* Tomado de “Manual de Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles por Ing. Augusto Jugo B, 2005

**Punto Óptimo de Rehabilitación (B):** La ubicación de este punto, dentro de la denominada zona óptima de rehabilitación en función del tipo de vía y de la relación

tráfico – estructura. Las curvas de deterioro mostradas en las figuras 14 y 15 muestran un rápido incremento del deterioro entre los puntos B y C, la calidad de rodaje cae de un nivel aceptable (B) a un (C) en un corto periodo de tiempo, comprado con la vida total de pavimento. Por otra parte, es generalmente aceptado que la rehabilitación a su condición de pavimento nuevo costara de 3 a 5 veces más si se ejecuta cuando su condición cae por debajo de C, que si se hace entre B y C.

Esto significa que en un corto periodo de tiempo induce un significativo incremento de costo. El incremento en la rata del deterioro, se explica por el efecto del tráfico y los agentes atmosféricos sobre un pavimento envejecido y debilitado. La superficie desarrolla grietas que permiten la infiltración de agua, la cual reduce la capacidad de soporte de la subrasante y bases granulares, disminuyendo la resistencia integral de la estructura, por lo que el trafico induce deflexiones mayores que aceleran el daño, permitiendo más infiltración de agua, y así sucesivamente. Este proceso explica la importancia de ejecutar acciones de mantenimiento menor correctivo tan pronto como comiencen a aparecer fallas

**Punto de Falla (C):** La definición de este punto en estructuras que no fallan catastróficamente como los pavimentos no es fácil de determinar ya que tiene un importante componente subjetivo. Existen diversos esquemas para clasificar la calidad de un pavimento y consecuentemente definir distintos puntos o etapas en su curva de deterioro. En este caso se ha adoptado el método PCI para calificar su condición. El método cuantifica la condición del pavimento entre 0 y 100, según indica en la tabla 7 en base a la cual se adoptó la siguiente clasificación practica:

**Tabla 6** Características del pavimento en función del PCI

PCI	CONDICION	CARACTERITICAS
>70	BUENA	El pavimento no requiere acción especial solo mantenimiento menor
40 - 70	REGULAR	Condición intermedia. Acciones recomendables/diferibles
<40	MALA	El pavimento requiere mejoras

*Nota.* Tomado de “Manual de Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles por Ing. Augusto Jugo B, 2005

### **2.2.11. Actividades de Mantenimiento y Rehabilitación**

Generalmente las actividades de mantenimiento de pavimentos agrupan en dos categorías, preventivas y correctivas. El mantenimiento preventivo incluye aquellas actividades realizadas para proteger el pavimento y reducir su tasa de deterioro.

Por su parte el mantenimiento correctivo consiste en aquellas actividades ejecutadas para corregir fallas específicas del pavimento o áreas deterioradas.

Se ha adoptado la siguiente clasificación, que agrupa en forma práctica el concepto total de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.

### **2.2.12. Acciones de Mantenimiento y Rehabilitación en Calzada según Manual de Carreteras Conservación Vial**

#### **➤ Sellado de Fisuras y Grietas en Calzada**

El sellado de fisuras y de grietas consiste en la colocación de algún material capaz de evitar la infiltración de agua o sustancias incompresibles que hagan vulnerable la estructura del pavimento provocando que estas grietas se conviertan en fallas más graves como piel de cocodrilo.

**El Sellado de Fisuras y Grietas es eficaz para tratar los siguientes tipos de fallas:**

- Áreas agrietadas con poca o ninguna conexión entre si, sin rastros de infiltración de agua o partículas finas.

- Fisuras o grietas de borde ubicadas a 30 del límite de la cazada que no hayan perdido más del 10% de material.
- Grietas en bloque de un severidad baja.
- Grietas longitudinales y transversales cuyo origen es una pobre elaboración de la junta entre carriles.
- Fisuras que afloran entre la berma y el pavimento.

**Tabla 7** Forma de Pago de Sellado de Fisuras y Grietas en Calzada

<b>Ítem de Pago</b>	<b>Unidad de Pago</b>
Sellado de Fisuras y Grietas en calzada	Metro(m) ó Metro Cuadrado(m2)

*Nota.* Tomado de “Manual de Carreteras Conservación Vial, 2013”

#### ➤ **Parchado Superficial en Calzada**

El parchado superficial consiste en la sustitución de una área afecta del pavimento que se encuentre en mal estado producto de baches o huecos, sin embargo el daño solo deberá afectar a la capa asfáltica. Esta actividad se realiza para evitar que el daño afecta áreas adyacentes y a las otras capas de la estructura.

Manual de Carreteras Conservación Vial (2013, p.420) “La actividad de Parchado Superficial debe ser realizada en el menor tiempo posible después de que los baches se han desarrollado y su aparición es visible en el pavimento. Lo anterior requiere de inspecciones permanentes de la calzada, con el fin de identificar su presencia con la mayor prontitud después de su aparición. Se dará especial atención antes de las estaciones o periodos de lluvia”.

El Parchado Superficial es eficaz para tratar los siguientes tipos de daños en un pavimento flexible:

- Grietas producto de la fatiga interconectadas entre si; pero sin presencia levantamiento de la capa asfáltica.
- Huecos poco profundos con una profundidad no mayor a 5cm.

- En zonas donde haya presencia de corrugaciones.

Manual de Carreteras Conservación Vial (2013, p.421) menciona “El Parchado Superficial, con excepción de la reparación de las corrugaciones, contribuye al refuerzo de una estructura que se encuentra débil y actúa como un sello que impide la infiltración de agua. Sin embargo, tiene efectos negativos sobre la rugosidad superficial (IRI) del pavimento y, en consecuencia, en el nivel de servicio y en la vida útil remanente del pavimento”.



**Figura 16** Parchado Superficial en Calzada  
*Nota.* Tomado de “Manual de Carreteras Conservación Vial, 2013”

**Tabla 8** Forma de Pago de Parchado Superficial en Calzada

<b>Ítem de Pago</b>	<b>Unidad de Pago</b>
Parchado Superficial en Calzada	Metro Cuadrado(m <sup>2</sup> )

*Nota.* Tomado de “Manual de Carreteras Conservación Vial, 2013”

### ➤ **Parchado Profundo en Calzada**

El Parchado Profundo consiste en la sustitución de la carpeta asfáltica dañada severamente producto de un bache, el daño debe extenderse mínimamente hasta la base para poder considerarse parchado profundo. La temprana identificación de esta falla es ideal para evitar que el daño se propague por una área mas amplia.

Manual de Carreteras Conservación Vial ( 2013, p. 427) menciona “El objetivo del Parchado Profundo 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”.

El Parchado Profundo es eficaz para tratar los siguientes tipos de daños en el pavimento:

- Áreas donde exista piel de cocodrilo de severidad media y alta.
- Áreas donde los baches tengan una profundidad mayor a 5cm o afecten la base y capas inferiores.
- Áreas donde haya afloramiento de agua o finos por las grietas.
- En grietas de borde de alta severidad o donde haya una pérdida del material mayor al 10%.



**Figura 17** Parchado Profundo en Calzada

*Nota.* Tomado de “Manual de Carreteras Conservación Vial, 2013”

**Tabla 9** Forma de Pago de Parchado Profundo en Calzada

<b>Ítem de Pago</b>	<b>Unidad de Pago</b>
Parchado Profundo en Calzada	Metro Cuadrado(m2)

*Nota.* Tomado de “Manual de Carreteras Conservación Vial, 2013”

### ➤ Sellos Asfálticos

Manual de Carreteras Conservación Vial ( 2013, p. 470) menciona “Los Sellos Asfálticos consisten en recubrimientos sobre pavimentos flexibles con un riego asfáltico, solo o combinado con algún agregado, cualquiera fuera la extensión de la superficie por tratar. Los tipos de sellos que aquí se incluyen son: riego con emulsión, lechada asfáltica, sello de arena-asfalto y tratamiento superficial simple” . .

El objetivo de los sellos asfálticos es evitar que pequeñas fallas se conviertan en

grandes problemas por no haber sido tratados a tiempo, así mismo sirve para recuperar parte del nivel de servicio perdido producto del desgaste.

Los Sellos Asfálticos son eficaces para tratar los siguientes tipos de daños en el pavimento:

- Cubrir pequeñas fallas generando un alto nivel de impermeabilidad.
- Cuando el nivel de fricción de la capa superficial es demasiado bajo producto de la fatiga.
- Carencia de asfalto en la carpeta asfáltica.

Las principales aplicaciones de las técnicas de sellado asfáltico para la conservación de pavimentos flexibles son:

Manual de Carreteras Conservación Vial ( 2013, p. 471) menciona “Los sellos con emulsión asfáltica que se utilizan para rejuvenecer superficies que presentan un cierto grado de envejecimiento (oxidación), para sellar fisuras y grietas pequeñas y cuando se detecta una insuficiencia de asfalto en la dosificación de la mezcla asfáltica utilizada en la construcción”.

Manual de Carreteras Conservación Vial ( 2013, p. 471) menciona “Las lechadas asfálticas que cumplen una función similar que los sellos con emulsión y además detienen el desgaste superficial y mejoran la fricción entre el pavimento y los neumáticos”.

Manual de Carreteras Conservación Vial ( 2013, p. 471) menciona “Los sellos tipo arena-asfalto y tratamiento superficial simple, al igual que los sellos anteriores, rejuvenecen, sellan la superficie, detienen el desgaste superficial y mejoran la fricción entre pavimento y neumático. El tamaño del agregado a utilizar se define técnicamente, según el objetivo para el o los cuales se coloca”.



**Figura 18** Sellos Asfálticos

*Nota.* Tomado de “Manual de Carreteras Conservación Vial, 2013”

**Tabla 10** Forma de Pago de Sellos Asfálticos

Ítem de Pago	Unidad de Pago
Sellos Asfálticos	Metro Cuadrado(m2)

*Nota.* Tomado de “Manual de Carreteras Conservación Vial, 2013”

### ➤ **Recapados Asfálticos**

El recapado consiste en colocar una carpeta asfáltica sobre una existente obviamente antes de realizar esta actividad de debe realizar un mantenimiento a las fallas puntuales que existen en el asfalto existente.

El objetivo del recapado es recuperar características estructurales y de servicio producto del desgaste u otros factores. Esta actividad se debe considerar un mantenimiento periódico del pavimento una vez este haya cumplido gran parte del tiempo de vida útil para el cual ha sido diseñado ya que solucionara los problemas estructurales que empiezas a aflorar y mejorara el comodidad del transito continuo.

La Colocación de Recapados Asfálticos es eficaz para tratar las siguientes deficiencias en el pavimento:

- Insuficiencia estructural para soportar las cargas de tránsito en un periodo determinado.
- Irregularidad superficial severa más allá de los límites permitidos de rugosidad superficial.



**Figura 19** Recapados Asfálticos

*Nota.* Tomado de “Manual de Carreteras Conservación Vial, 2013”

**Tabla 11** Forma de Pago de Recapados Asfálticos

<b>Ítem de Pago</b>	<b>Unidad de Pago</b>
Recapado Asfáltico	Metro Cuadrado(m2)

*Nota.* Tomado de “Manual de Carreteras Conservación Vial, 2013”

#### ➤ **Fresado de Carpeta Asfáltica**

Manual de Carreteras Conservación Vial ( 2013, p. 480) menciona “Este trabajo consiste en la recuperación del perfil longitudinal y transversal de un pavimento asfáltico existente, mediante el fresado en frío parcial o total de las capas asfálticas, de acuerdo con los alineamientos, cotas y espesores indicados en los documentos del proyecto y las instrucciones del Supervisor. El objetivo del fresado es recuperar las condiciones estructurales y superficiales del pavimento para alcanzar una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez y economía”.

#### **Limitaciones en la ejecución**

Manual de Carreteras Conservación Vial ( 2013, p. 482) menciona “Los trabajos de fresado se deberán realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Supervisor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Contratista garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio para aquél. Si el

Contratista no ofrece esta garantía, no se le permitirá el trabajo nocturno y deberá poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar”.



**Figura 20** Fresado de Carpeta Asfáltica

*Nota.* Tomado de “Manual de Carreteras Conservación Vial, 2013”

**Tabla 12** Forma de Pago de Fresado de Carpeta Asfáltica

Ítem de Pago	Unidad de Pago
Fresado de Carpeta Asfáltica	Metro Cuadrado(m2)

*Nota.* Tomado de “Manual de Carreteras Conservación Vial, 2013”

### 2.2.13. Estabilización de Suelos

La estabilización de suelos es un proceso en el cual se busca mejorar las propiedades del suelo de fundación, cuando este no cuenta con las características suficientes para asegurar la estabilidad de la estructura de un pavimento. La estabilización de suelos por lo general se realiza cuando el CBR de la sub rasante sobre el cual se planea construir un pavimento no es el adecuado (menor a 6%). Para realizar este procedimiento es necesario tener un conocimiento detallado de las propiedades del suelo, ya que en función a estas se determinara si es necesario realizar una estabilización.

Las formas más comunes para estabilizar el suelo son las siguientes:

- ✓ **Estabilización con Cal:**

El suelo-cal se obtiene por la mezcla del suelo, la cal y el agua. La cal a usarse puede ser cal viva o hidratada. La combinación de estos puede provocar que la plasticidad del suelo cambie considerablemente, que aumente la humedad óptima de compactación y hacer que el suelo se vuelva más friable y granular. Los suelos más apropiados para estabilizar con cal son los de granulometría fina de cierta plasticidad.

✓ **Estabilización con Cemento:**

La mezcla de un suelo con cemento, agua y otros aditivos nos da como producto el suelo-cemento, este es mucho más resistente que el suelo natural pero sin llegar al grado de convertirse en una pasta de cemento endurecido. Las propiedades del suelo-cemento depende de:

- Tipo y cantidad de suelo, cemento y agua.
- Ejecucion.
- Edad de la mezcla compactada y tipo de curado.

Los suelos más adecuados para estabilizar con cemento son los granulares tipos A-1, A-2 y A-3, con finos de plasticidad baja o media.

La resistencia del suelo-cemento aumenta con el contenido de cemento y la edad de la mezcla. Al añadir cemento a un suelo y antes de iniciarse el fraguado, su IP disminuye, su LL varía ligeramente, su densidad máxima y humedad-óptima aumentan o disminuyen ligeramente, según el tipo de suelo.

✓ **Estabilización por sustitución de suelos:**

La estabilización de suelos por sustitución consiste en el reemplazo del material de la sub rasante por otro que cumpla las condiciones de resistencia que se necesite para la ejecución del proyecto de pavimentación. Este proceso solo se aplica a suelos que cuenten con un CBR pobre entre 3 y 6%.

## **2.2.14. Definición De Términos Básicos**

### **1. Aforo vehicular**

Denominado también conteo de tránsito, consiste en establecer uno o varios puntos de control para contar la cantidad de vehículos que circulan en ambos sentidos según su tipo. Lo ideal es realizar estos trabajos durante periodos largos de tiempo, sin embargo esto se realiza sólo en vías principales, en los peajes.

Por lo cual cuando se diseña una vía secundaria o menor sólo se cuenta con un aforo elaborado a corto plazo.

### **2. Aglomerante**

Material capaz de unir partículas de material inerte por efectos físicos o transformaciones químicas o ambas.

### **3. Agregado**

Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

### **4. Asfalto**

Material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo. El asfalto se encuentra en proporciones variables en la mayoría del crudo de petróleo.

### **5. Autopista De Primera Clase**

Carretera de IMDA mayor a 6 000 veh/día, de calzadas separadas por medio de un separador central mínimo de 6 m, cada una con dos o más carriles, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporciona flujos vehiculares continuos, sin pasos a nivel, con servicios auxiliares (mecánico y salud), berma lateral derecha de 3m o más y berma lateral izquierda no menor de 1,20 m, que permite velocidades de circulación mayor a 120 km/h para vehículos livianos.

## **6. Base**

Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una subbase o de la subrasante y la capa de rodadura. Esta capa puede ser también de mezcla asfáltica o con tratamientos según diseños. La base es parte de la estructura de un pavimento.

## **7. Berma**

Franja longitudinal, paralela y adyacente a la superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencia.

## **8. Calicata**

Excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas.

## **9. Calzada**

Zona de la vía destinada a la circulación de vehículos. Generalmente pavimentada o acondicionada con algún tipo de material de afirmado.

## **10. Cemento Asfáltico**

Un asfalto con flujo o sin flujo, especialmente preparado en cuanto a calidad o consistencia para ser usado directamente en la construcción de pavimentos asfálticos.

## **11. Clasificación de la condición del pavimento PCI**

Es una descripción verbal de la condiciones del pavimento en función al valor del PCI, varía de colapsado a excelente.

## **12. Concreto Asfáltico**

Mezcla procesada, compuesta por agregados gruesos y finos, material bituminoso

y de ser el caso aditivos de acuerdo a diseño y especificaciones técnicas. Es utilizada como capa de base o de rodadura y forma parte de la estructura del pavimento.

### **13. Contratista**

Proveedor que celebra contrato con Entidad Licitante o Contratante.

### **14. Emulsión Asfáltica**

Una emulsión de cemento asfáltico y agua que contiene una pequeña cantidad de agente emulsivo.

### **15. Fallas del pavimento**

Indicadores externos del deterioro del pavimento causado por cargas, factores atmosféricos, deficiencias en su construcción, o una combinación de estas.

### **16. Índice De Condición De Pavimento (PCI)**

Es una calificación numérica asociada a la condición del pavimento que varía entre 0 y 100, siendo 0 la peor condición posible y 100 la mejor.

### **17. Índice medio diario**

Representa el día de máximo tráfico durante un mes y el mes de máximo tránsito durante el año.

### **18. Muestra adicional**

Una unidad de muestra inspeccionada adicionalmente a las seleccionadas aleatoriamente para incluir unidades de muestra no representativas en la determinación de la condición del pavimento. Estas unidades presentan condiciones extremas, muy pobres o excelentes, que no son típicas de la sección, y fallas poco comunes, como los cortes en el pavimento para instalaciones. Si una unidad de muestra con fallas inusuales es seleccionada aleatoriamente debe ser contabilizada como una Muestra Adicional y otra muestra aleatoria debe ser

elegida. Si todas las unidades de muestra son inspeccionadas no existen Muestras Adicionales.

#### **19. Muestra aleatoria**

Una unidad de muestra de la sección de pavimento seleccionada para la inspección utilizando técnicas aleatorias de muestreo como la tabla de número aleatorio o procedimiento sistemático aleatorio.

#### **20. Sección de pavimento**

Es un área dentro del pavimento que presenta una construcción uniforme y continua, mantenimiento, historial de uso y condiciones uniformes. Una sección también debe tener el mismo volumen de tránsito e intensidad de carga.

#### **21. Subbase**

Capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente por debajo de la capa de Base.

#### **22. Subrasante**

Superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.

#### **23. Superficie de concreto asfáltico (AC)**

Mezcla de agregados con cemento asfáltico actuando como aglomerante. Para fines de este método, este término también se refiere a superficies construidas con asfaltos derivados del carbón y asfaltos naturales.

#### **24. Superficies porosas de alto grado de fricción**

Pavimentos asfálticos con una mezcla de agregados de granulometría abierta y asfalto actuando como aglomerante. Este es un subgrupo dentro las superficies pavimentadas con concreto asfáltico.

#### **25. Supervisor De Obra**

Persona natural o jurídica que presta el servicio de supervisión en un estudio u obra.

## **26. Tránsito vehicular**

El tránsito vehicular (también llamado tráfico vehicular, o simplemente tráfico) es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista. Se presenta también con muchas similitudes en otros fenómenos como el flujo de partículas (líquidos, gases o sólidos) y el de peatones.

## **27. Unidad de muestra del pavimento**

Es una subdivisión de la sección del pavimento que tiene un rango estandarizado de tamaño.

## **28. Vehículo**

Un vehículo es un medio que permite el traslado de un lugar a otro. Cuando traslada a personas u objetos es llamado vehículo de transporte, como por ejemplo el tren, el automóvil, el camión, el carro, el barco, el avión, la bicicleta y la motocicleta, entre otros.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

La presente investigación es de tipo aplicada o tecnológica.

#### **3.2. Nivel de Investigación**

El nivel es correlacional-explicativo, con un enfoque cuantitativo.

#### **3.3. Métodos con que se resuelven el problema**

➤ **Diseño :**

Diseño transeccional o transversal (Sampieri, p. 151)



*Figura 21* Diseño Transversal de la Investigación

### 3.4. Población y Muestra

#### 3.4.1. Población.

Nuestra población comprende el Sistema Vial del Distrito de Chilca de aquellos tramos que cuenten con una estructura de pavimento flexible en proceso de deterioro y en zonas donde haya presencia de arcillas en cualquiera de sus distintas composiciones.

#### 3.4.2. Muestra

La muestra de la investigación es no probabilística, debido a que esta se designó por conveniencia de las características que posee, por lo tanto se eligió el pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado tramo entre la Calle Real y la Av. Huancavelica

### 3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

#### 3.5.1. Técnicas

-Aplicación de las técnicas sugeridas en el manual del PCI

#### 3.5.2. Instrumentos

-Formatos de Conteo Vehicular del MTC

-Formatos de Evaluación por el Método del PCI

-Ensayos de Laboratorio

### **3.6. Procesamiento de Información**

-El proceso para el cálculo de la condición del pavimento se hizo uso del Manual de Evaluación de Condición de Pavimento (PCI)

### **3.7. Criterios de Validez y Confiabilidad de los Instrumentos**

-Para la validez de los instrumentos se acudió a profesionales con experiencia en obras viales, dichos profesionales revisaron los instrumentos empleados en la investigación que se adjuntan en los anexos.

### **3.8. Operacionalización de variables**

#### **3.8.1. Variable Independiente**

Condición del Pavimento

#### **3.8.2. Variable dependiente**

Alternativas de Solución

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

<b>Problemas</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Marco Teórico</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Metodología</b>
<p><b>Problema general</b> ¿Cuáles son las alternativas de solución para la condición del pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado tramo entre la calle Real y la Av. Huancavelica?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ¿Cuál es la condición del pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado tramo entre la Calle Real y la Av. Huancavelica distrito de Chilca?</li> <li>➤ ¿Qué falla se presenta con mayor frecuencia en el pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado tramo entre la Calle Real y la Av. Huancavelica?</li> <li>➤ ¿Cuál es el área total de pavimento de la Av. Leoncio Prado tramo entre la calle Real y la Av. Huancavelica que se encuentra afectado por las fallas?</li> </ul>	<p><b>Objetivo general</b> Identificar las alternativas de solución a la condición del pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado tramo entre la Calle Real y la Av. Huancavelica haciendo uso del método de evaluación PCI.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Determinar la condición del pavimento de la Av. Leoncio Prado tramo entre la calle Real y la Av. Huancavelica</li> <li>➤ Identificar la falla que se presenta con más frecuencia en el pavimento de la Av. Leoncio Prado tramo entre la Calle Real y la Av. Huancavelica.</li> <li>➤ Calcular el área total de pavimento de la Av. Leoncio Prado tramo entre la calle Real y la Av. Huancavelica que se encuentra afectada por las fallas.</li> </ul>	<p><b>Antecedentes Nacionales</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Medina, (2015), realizo la investigación <i>Evaluación Superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI</i> a la Universidad Peruana de Ciencia Aplicadas.</li> <li>2. Camposano y García, (2012), realizo la investigación: <i>Diagnostico del estado situacional de la vía: Av. Argentina – Av. 24 de Junio por el método: Índice de Condición de Pavimentos - 2012</i> a la Universidad Peruana los Andes.</li> <li>3. Rodríguez, (2009), realizo la investigación: <i>Cálculo del Índice de condición del pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla</i> a la Universidad de Piura.</li> </ol> <p><b>Antecedentes Internacionales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Higuera, (2015), realizo la investigación: <i>El estado de las vías de pavimento rígido y su incidencia en la circulación del tráfico pesado de la planta Holcim Latacunga del Cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi</i> a la Universidad Técnica de Ambato.</li> <li>➤ Tabares y MBA, (2005), realizo la investigación: <i>Diagnostico de Vía Existente y Diseño del Pavimento Flexible de la Vía Mediante Parámetros Obtenidos del Estudio en Fase I de la Vía Acceso al Barrio Ciudadela del Café – Vía la Badea</i> a la Universidad Nacional de Colombia.</li> <li>➤ Armijos, (2009), realizo la investigación: <i>Evaluación Superficial de algunas Calles de la Ciudad de Loja</i> a la Universidad Técnica Particular de Loja.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general</b> La alternativa de solución a la condición del pavimento flexible de la Av. Leoncio Prado tramo entre la calle Real y la Av. Huancavelica es una reconstrucción parcial de la estructura.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La condición del pavimento de la Av. Leoncio Prado tramo entre la calle Real y la Av. Huancavelica es muy mala.</li> <li>➤ Los huecos son la falla más frecuente en el pavimento a la Av. Leoncio Prado tramo entre la Calle Real y la Av. Huancavelica.</li> <li>➤ El área total de pavimento de la Av. Leoncio Prado afectado por las fallas es de 80%.</li> </ul>	<p><b>Variable Independiente:</b> Condición del Pavimento</p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación del pavimento</li> <li>• Tipo de fallas</li> </ul> <p><b>Variable Dependiente:</b> Alternativas de Solución</p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estado Superficial</li> <li>• Condición Estructural</li> </ul>	<p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo <b>Nivel:</b> Correlacional-Explicativo <b>Diseño:</b> Transversal</p> <p><b>Población y Muestra:</b></p> <p><b>Población:</b> Las calles pavimentadas del Distrito de Chilca. -Gral. Córdova tramo entre Av. Próceres y Av. Ferrocarril -Av. Huancavelica entre Av. Próceres y Ferrocarril -Av. Leoncio Prado entre Av. Huancavelica y Av. Ferrocarril</p> <p><b>Muestra:</b> Av. Leoncio Prado tramo entre la Calle Real y la Av. Huancavelica</p> <p><b>Técnica e Instrumento</b> <b>Observación:</b> -Ficha de observación y evaluación del estado del pavimento. -Fichas de conteo vehicular -Ensayos que determinan las características del suelo</p> <p><b>Muestras:</b> - Muestrear pavimentos claves donde se realizara el diagnóstico de la investigación. - Muestrear puntos claves donde se realizara y se aplicara métodos de diseño de pavimentos. -Muestras de puntos clave donde se sacra fotografías y se analizara en gabinete</p>

**Tabla 13** *Variable Independiente Condición de Pavimento*

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas
Es el estado superficial en el cual se encuentra el pavimento actualmente. Este también proporciona la facilidad para determinar la situación de la estructura interna.	Evaluación del pavimento	Funcional	¿La evaluación funcional determina el estado de la vía debido a los deterioros superficiales?	Observación Ficha de Campo
		Estructural	¿La evaluación estructural determina la capacidad resistente de las capas del pavimento?	Observación Ficha de Campo
	Tipo de Fallas	Superficie de Rodadura	¿Los tipos de fallas en la superficie de Rodadura determinan la condición del pavimento?	Observación Ficha de Campo

**Tabla 14** *Variable Dependiente Alternativas de solución*

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas
Las alternativas de solución para pavimentos son las actividades de mantenimiento y rehabilitación que se van a aplicar en función a la condición superficial que esté presente.	Estado Superficial	Textura	¿La textura en la superficie del pavimento determina las alternativas de solución?	Observación Tacto
		Cantidad de Fallas	¿La cantidad de fallas en la superficie del pavimento determina las alternativas de solución?	Observación Ficha de campo
	Condición Estructural	Base	¿La base en la estructura del pavimento determina las alternativas de solución?	Observación Calicatas
		Sub rasante	¿La sub rasante en la estructura del pavimento determina las alternativas de solución?	Observación Calicatas

## **CAPÍTULO IV**

### **PRESENTACION DE RESULTADOS**

#### **4. Sub Capítulos: Datos Generales, Procedimiento de Evaluación y Resultados**

##### **Datos generales**

##### **4.3. Plan de Evaluación**

El presente estudio se basa en el uso del método PCI para la inspección de la vía en estudio. La evaluación de la vía se realizó el día 4 de febrero en el distrito de Chilca, Av. Leoncio Prado tramo entre la calle Real y la Av. Huancavelica, dicha Avenida cuenta con 567.86m. Para la evaluación de la vía se realizó el siguiente plan:

- Preparación de los formatos para la evaluación del pavimento por el método del PCI el día 3 de febrero.
- Evaluación del pavimento de la Av. Leoncio Prado tramo entre la calle Real y la Av. Huancavelica el día 4 de febrero.
- Se pudo identificar las distintas fallas y el nivel de severidad de cada una, haciendo uso de los distintos materiales de medición.

#### 4.4. Datos Generales de la zona

##### ➤ Descripción:

El Distrito de Chilca es uno de los veintiocho que conforman la Provincia de Huancayo, ubicada en la Región de Junín, bajo la administración del Gobierno Regional de Junín, Perú. Limita por el norte con el Distrito de Huancayo; por el este con el Distrito de Sapallanga; por el sur con el Distrito de Huancán; y, por el oeste con la Provincia de Chupaca.

##### ➤ Densidad y Superficie

Actualmente, el distrito de Chilca cuenta con gran cantidad de viviendas, calles y avenidas. Aproximadamente hay un total de 75000 habitantes y una extensión de 8.3 km<sup>2</sup>. La vía de estudio comprende la Av. Leoncio Prado tramo entre la calle Real y la Av. Huancavelica

##### ➤ Vías de Acceso

La vía de estudio tiene 6 rutas de acceso:

- Av. Huancavelica – Av. Leoncio Prado, pavimento rígido.
- Gral. Córdova - Av. Leoncio Prado, pavimento flexible.
- Jr. Arequipa- Av. Leoncio Prado, pavimento rígido
- 28 de Julio - Av. Leoncio Prado, pavimento rígido.
- Calle Augusto B. Leguía - Av. Leoncio Prado, pavimento flexible
- Calle Real - Av. Leoncio Prado, pavimento rígido.

##### ➤ Ubicación:

- **Ubicación Geográfica**

**Tabla 15** *Coordenadas de Inicio y Final de la vía en estudio*

<b>CUADRANTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>
<b>Inicio</b>	8664676.919	477826.807
<b>Final</b>	8664439.415	477311.640

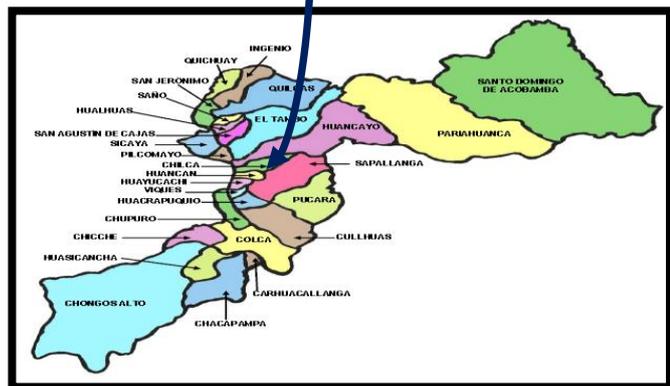
Fuente: Elaboración Propia

- **Ubicación Política**

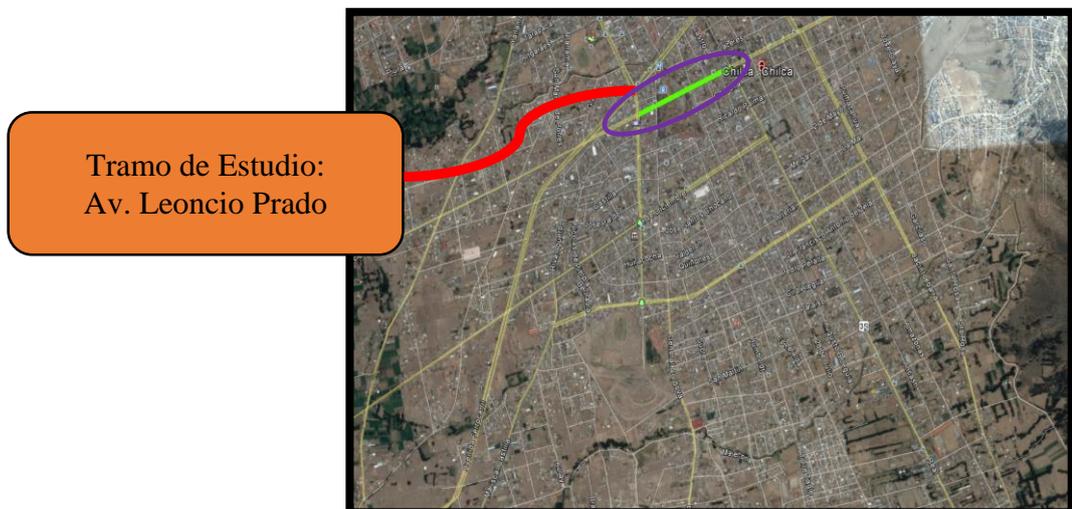
**Región:** Junín



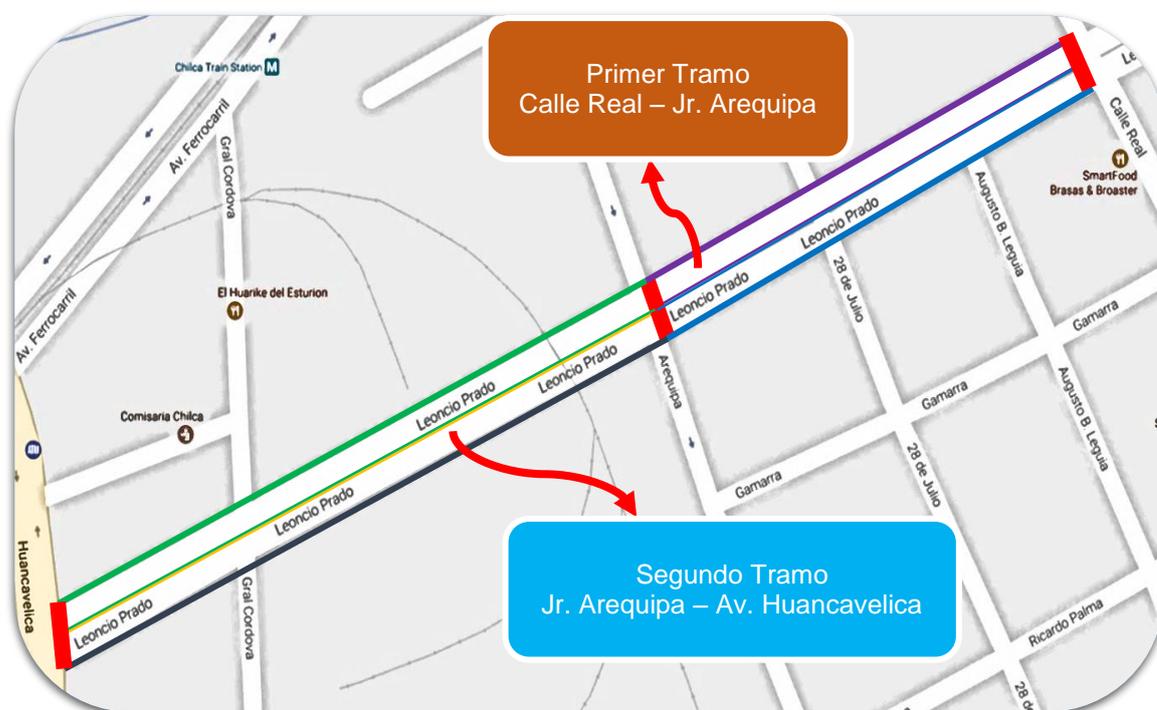
**Provincia:** Huancayo



**Distrito:** Chilca



## ➤ Localización



**Figura 22** Av. Leoncio Prado tramo en investigación

## ➤ Límites:

- **NORTE:** Distrito de Huancayo
- **SUR:** Distrito de Huancan
- **ESTE:** Distrito de Sapallanga
- **OESTE:** Provincia de Chupaca

## ➤ Altitud:

- **ALTITUD:** 3251 m.s.n.m.

## a) Condiciones Climáticas:

La temperatura mínima media es de 2.1° y 20.4°C máxima media.

Tiene una precipitación más de 750 mm aproximadamente en promedios anuales, con lluvias frecuentes en los meses de Enero a Marzo.

➤ **Geología y Sismicidad**

• **Antecedentes Geológicos:**

De acuerdo al mapa geológico de Perú la zona de la Provincia de Huancayo pertenece a la era Paleozoica del Sistema Siluriano, Ordaviciano y Cambriano.

➤ **Sismicidad**

La zona en estudio se encuentra en la zona 2 que presenta una mediana sismicidad, según el Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, de acuerdo a las normas de diseño sismo-resistente del Reglamento Nacional de Edificación.

**4.5. Datos de la vía**

➤ **Tipo de terreno:**

El terreno del área de estudio tuvo las siguientes características:

- La vía de estudio inicia en la intersección de la Av. Leoncio Prado y la Calle Real y termina en la intersección de la Av. Leoncio Prado y la Av. Huancavelica. El suelo presenta una composición de arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas y arcillas magras hasta la profundidad de 1.50m.

➤ **Ancho de Carril**

- El tramo en estudio presenta 2 anchos de carril distintos:



**Figura 23** Calzada del tramo entre Calle Real – Jr. Arequipa



**Figura 24** Calzada del tramo entre Jr. Arequipa– Av. Huancavelica



**Figura 25** El ancho de carril de la Av. Leoncio Prado tramo de la calle Real al Jr. Arequipa es de 2.60m.



**Figura 26** El ancho de carril de la Av. Leoncio Prado tramo del Jr. Arequipa a la Av. Huancavelica es de 3.10m.

➤ **Ancho de Calzada**

- La vía en estudio cuenta con dos calzadas y un separador central de 2 m en el tramo de la Av. Huancavelica – Arequipa y un separador central de 2.0 m en el tramo de la Arequipa – calle Real.

El ancho de calzada de la Av. Leoncio Prado tramo de la calle Real - Jr. Arequipa es de 5.20 m.

- El ancho de calzada de la Av. Leoncio Prado tramo del Jr. Arequipa- Av. Huancavelica es de 6.20 m.

➤ **Longitud de la vía en estudio**

La longitud del tramo de la Av. Leoncio prado que se tomó como muestra cuenta con una longitud de 567.86 m.

➤ **Velocidad de Diseño**

La velocidad de diseño es 30km/h

➤ **Clasificación de la vía**

- **Por la demanda**

La vía en estudio es una autopista de primera clase por que soporta un tráfico mayor a 6000 veh/día y en su estructura presenta un separador de 2.00m.

- **Por sus condiciones orográficas**

Por las características mostradas la vía en estudio es un Terreno Plano (tipo 1) ya que la pendiente es demasiado pequeña de 1.7%.

**Tabla 16 Datos de la Vía**

	<b>TRAMOS</b>	
<b>Ancho de Carril</b>	<b>Calle Real- Jr. Arequipa</b>	<b>Jr. Arequipa-Av. Huancavelica</b>
<b>Ancho de Berma</b>	3.00	1.4
<b>Anchos de Calzada</b>	5.20	6.20
<b>Longitud de la Vía de Muestra</b>	235.81	332.05
<b>Velocidad de Diseño</b>	30 km/h	30 km/h

Fuente: Elaboración Propia

#### **4.6. Características de la vía**

##### **✓ Categoría de la vía**

Según el Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas - 2005, se define a la vía en estudio como Vía Colectora.

##### **✓ Conteos Vehiculares**

El conteo vehicular se realizó durante una semana comenzando el día jueves 26 de Enero y terminando el miércoles 1 de Febrero durante las 24 horas, esta información nos ayudara a clasificar todos los tipos de vehículos que transitan por la vía en estudio en ambos sentidos, dicha información también servirá para un posterior diseño de pavimentos y para la elaboración de conclusiones y recomendaciones.

##### **✓ Composición Vehicular**

Según la información recolectada del conteo vehicular conjunto a un análisis detallado de la vía en estudio nos ayudó a determinar la composición vehicular del tránsito.

- Las combis tienen una presencia del 20.10 % en el tránsito como promedio diario.
- El volumen de autos aumenta con un 69.01% como promedio diario.
- El volumen de buses tiene una presencia casi nula en el tránsito con un 1.71%.
- El volumen de tráileres y semi tráileres es demasiado pobre con un 0.30%.
- El volumen de las camionetas (pick up) es del 5.59% como promedio diario
- El volumen de camiones es del 2.00 %.
- El volumen de las camionetas tipo panel es del 1.21% y de las minivans es del 0%.

Podemos concluir que el tránsito de la vía en estudio tiene composición muy bien definida con una alta presencia de vehículos ligeros, una casi nula de pesadas y una media de las combis. También hubo presencia de motos, moto taxis, bicicletas y triciclos; sin embargo su presencia no afecta de manera significativa el estado del

pavimento.

#### 4.7. Datos de Mecánica de Suelos

De acuerdo a los ensayos realizados, se ha encontrado suelos de la clasificación A-7-6(10) Y A-6(9) teniendo las categorías sobre el comportamiento de suelos, tenemos:

**Tabla 17** *Clasificación del Suelo*

<b>CATEGORIA</b>	<b>C.B.R. %</b>	<b>SUELO TIPO Y CALIFICACION</b>
<b>BUENA</b>	13-35	Grava, Grava Arenosa y Arena. A-1, A-2, A-3
<b>REGULARES</b>	6-12	Limos, y Arcillas Poco Plásticas. A-4, A-5, A-6
<b>POBRES</b>	3-5	Arcillas Muy Plásticas, Limos y Arcillas Orgánicas. A-7 Y PT

*Nota.* Tomado de Manual de Suelos y Geotecnia

En función a los resultados de los ensayos realizados podemos concluir que las condiciones del terreno son pobres.

**Tabla 18** *Resultados de Calicata 01*

<b>Ensayo</b>	<b>Resultado</b>
<b>Límite Líquido</b>	40.5
<b>Límite Plástico</b>	24.0
<b>Índice de Plasticidad</b>	16.5
<b>C.B.R. crítico</b>	6.50

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla 19** *Resultados de la Calicata 02*

<b>Ensayo</b>	<b>Resultado</b>
<b>Límite Líquido</b>	38.0
<b>Límite Plástico</b>	21.8
<b>Índice de Plasticidad</b>	16.2
<b>C.B.R. crítico</b>	5.94

**Fuente:** Elaboración Propia

## **Proceso de Evaluación**

### **4.8. Proceso**

La evaluación de la vía en estudio se realizó por el método PCI para lo cual primero se pasó a delimitar cada una de las unidades de muestreo haciendo uso de pintura para que sea más fácil de identificar, posteriormente se dio inicio a la evaluación en sí, haciendo uso de los formatos elaborados con anterioridad para poder medir las fallas encontradas en el pavimento.

#### **✓ Etapa 1: Elaboración de las hojas de muestreo**

Para la elaboración de los formatos necesarios para la evaluación del pavimento por el método del PCI fue necesario tomar como ejemplo el formato planteado en la bibliografía de la norma AASHTO, en este formato podremos clasificar las fallas, su severidad y la frecuencia con que podemos encontrarlas en una unidad de muestreo. Dichos datos nos ayudaran a calcular el valor del PCI que según las tablas de la norma AASHTO este valor nos indicara el estado del pavimento y el tratamiento necesario para que el pavimento brinde un servicio adecuado.

#### **✓ Etapa 2: Trabajo de campo y evaluación de fallas**

En esta etapa se realizó el trabajo de campo, es decir, se tuvo que ir a la vía en estudio para poder identificar las fallas existentes y su nivel de severidad basándonos en las dimensiones que menciona en la norma AASHTO. Se inició el recorrido desde la progresiva 0+000 hasta 0+567.86 para un análisis completo de las características de la vía. Las herramientas y equipos necesarios para el trabajo de campo son los sgtes.:

➤ Equipos:



**Figura 27** Cámara Fotográfica





**Figura 32** Pintura



**Figura 33** Brocha



**Figura 34** Tiza

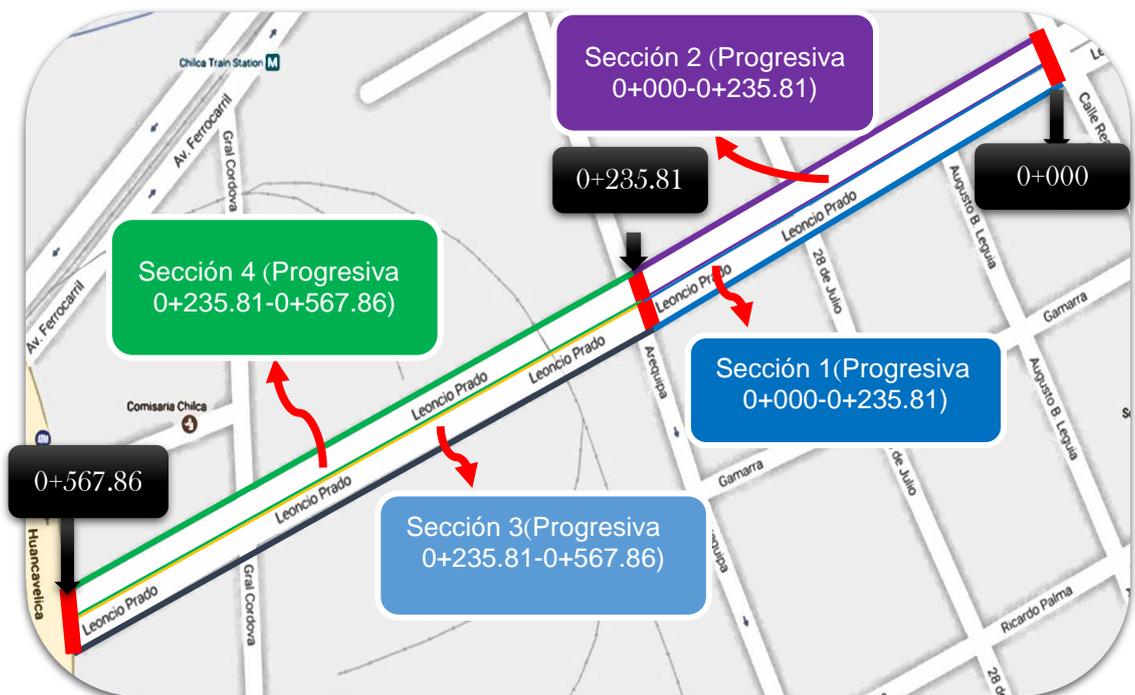
### ✓ Etapa 3: Calculo del PCI

#### A. Calculo de las unidades de Muestreo

Para poder iniciar el proceso de evaluación primeramente debemos dividir la vía en estudio en secciones en las que el pavimento no sea homogéneo o presente ciertas diferencia en la superficie, para este caso dividimos la vía en 4 secciones.



**Figura 35** Secciones de la Av. Leoncio Prado



**Figura 36** Seccionamiento de la Vía en Investigación

Las secciones 1 y 2 pertenecen al tramo de la calle Real – Jr. Arequipa, mientras que las secciones 3 y 4 inician en Arequipa y terminan en la Av. Huancavelica. Se decidió seccionar de esta manera la vía por la gran diferencia en la superficie y antigüedad que las caracteriza.

Para el cálculo de las unidades de muestreo se usó la tabla que se muestra a continuación; sin embargo la tabla solo admite valores con un ancho de calzada de 7.30 m o menores y la vía en estudio cuenta con valores de 7.60 y 8.20 m para lo cual se optó por interpolar los valores y así obtener la longitud de muestreo necesaria para cada Unidad de Muestreo.

LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFÁLTICAS	
Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

**Figura 37** Longitudes de Unidades de Muestreo Asfálticas

Operación de la Interpolación para el cálculo de la longitud de la Unidad de Muestreo:

**b) Tramo de la Calle Real – Jr. Arequipa**

$$(8.20-7.30)/(7.30-6.50)=(x-31.5)/(31.5-35.4)$$

Despejando “x”

$$X=27.09$$

Se optó por redondear el valor obtenido a 27 para mayor precisión en el cálculo.

Por tanto el número de unidades de muestreo es:

$$N= \text{Longitud total/Longitud de unidad de muestreo}$$

Reemplazando

$$N=235.81/27$$

$$N=8.7$$

Se redondea al mayor entero en este caso 9

**c) Tramo del Jr. Arequipa– Av. Huancavelica**

$$(7.60-7.30)/(7.30-6.50)=(x-31.5)/(31.5-35.4)$$

Despejando “x”

$$X=30.02$$

Se optó por redondear el valor obtenido a 30 para mayor precisión en el cálculo.

Por tanto el número de unidades de muestreo es:

$$N= \text{Longitud total/Longitud de unidad de muestreo}$$

Reemplazando

$$N=332.05/30$$

$$N=11.07$$

Se redondea al menor entero en este caso 11

Por lo tanto encontramos un total de 40 unidades de muestreo ya que la vía en

estudio cuenta con 2 calzadas

## B. Determinación de las unidades de Muestreo para Evaluación

Cuando el número de unidades de muestreo es demasiado grande se debe aplicar la siguiente fórmula para determinar el número de unidades de muestra mínimo a evaluar y con qué frecuencia, ya que evaluar una gran cantidad de unidades de muestro puede demandar mucho tiempo y dinero:

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

**Figura 38** Formula para el cálculo de Unidades de Muestreo

### Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar

N: Número total de unidades de muestreo del pavimento

E: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (5%)

$\sigma$ : Desviación estándar del PCI entre las unidades

### Reemplazando en la formula

$$n = (40 \times 10^2) / (((0.05)/4) \times (40 - 1) + 10^2)$$

$$n = 40.2$$

Este valor significa que tendremos que evaluar las 40 Unidades de muestreo.

## C. Selección de las Unidades de Muestreo para inspección

Una vez obtenido el número mínimo de unidades de muestreo a evaluar pasaremos a calcular la frecuencia o intervalo con que las evaluaremos con la siguiente ecuación.

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

**Figura 39** Formula para la selección de Unidades de Muestreo

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible

N: Número mínimo de unidades a evaluar

I: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo 3.7 se redondea a 3)

Reemplazando:

$$I=40/40.02$$

$$I=0.99=1$$

La evaluación se hará de manera consecutiva de uno en uno

#### D. Calculo de los valores deducidos

Una vez terminada la evaluación en campo de cada una de las unidades de muestreo se pasó a hacer los respectivos cálculos o trabajo de gabinete para determinar los valores deducidos. A continuación se muestra el procedimiento para el cálculo:

No.		DAÑO	No.	DAÑO
1		Piel de Cocodrilo	11	Parcheo
2		Exudacion	12	Pulimiento de Agregados
3		Agrietamiento en bloque	13	Huecos
4		Abultamientos y hundimientos	14	Cruce de via ferrea
5		Corrugacion	15	Ahuellamiento
6		Depresion	16	Desplazamiento
7		Grieta de borde	17	Grieta Parabolica
8		Grieta de reflexion de junta	18	Hinchamiento
9		Desnivel canil/bierna	19	Desprendimiento de Agregados
10		Grietas long. Y transversal		

FALLA	SEVERIDAD	NRO DE FALLAS	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO
1	M	7	4.93	4.93	2.23	34.00
11	B	6	4.13	4.13	1.67	4.00
11	A	7	4.44	4.44	2.01	25.00
13	B	3	1.26	1.26	0.57	8.00
13	A	8	5.56	5.56	2.51	65.00
13	M	1	18.15	18.15	8.20	47.00
						Mayor 65.00

m	=	4.21									
#	T	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL	q	CDV
1	65.00	47.00	34.00	25.00	1.68				172.68	5.00	79
2	65.00	47.00	34.00	25.00	1.68				172.68	4.00	30
3	65.00	47.00	34.00	2.00	1.68				143.68	3.00	87
4	65.00	47.00	2.00	2.00	1.68				117.68	2.00	80
5	65.00	2.00	2.00	2.00	1.68				72.68	1.00	73
7											
8											

Figura 40 Áreas Totales de Cada Falla

➤ Primero se hace una suma de los valores parciales de cada falla y su nivel de severidad.

ZONA		PROG. INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO								
CHILCA		0+027	UM-1								
TIPO DE VIA		PROG. FINAL	ÁREA DE MUESTREO (M <sup>2</sup> )								
		0+054	2214								
INSPECCIONADO POR: RICARDO MIGUEL GARCÍA SUASNABAR			FECHA: 04/02/2017								
No.	DAÑO	No.	DAÑO								
1	Piel de Cocodrilo	11	Parqueo								
2	Exudación	12	Pulimento de Agregados								
3	Agrietamiento en bloque	13	Huecos								
4	Abultamientos y hundimientos	14	Cruce de vía férrea								
5	Comogación	15	Ahuellamiento								
6	Depresión	16	Desplazamiento								
7	Grieta de borde	17	Grieta Parabólica								
8	Grieta de reflexión de junta	18	Hinchamiento								
9	Desnivel carril/berma	19	Desprendimiento de Agregados								
10	Grietas long. Y transversal										
FALLA	SEVERIDAD	NRO DE FALLAS	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO					
1	M	7	4.93	4.93	2.23	34.00					
11	B	6	4.13	4.13	1.87	4.00					
11	A	7	4.44	4.44	2.01	25.00					
13	B	3	1.26	1.26	0.57	8.00					
13	A	8	5.56	5.56	2.51	65.00					
19	M	1	18.15	18.15	8.20	47.00					
						Mayor	65.00				
m	=	4.21									
#	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL	q	CDV
1	65.00	47.00	34.00	25.00	1.68				172.68	5.00	79
2	65.00	47.00	34.00	25.00	1.68				172.68	4.00	90
3	65.00	47.00	34.00	2.00	1.68				149.68	3.00	87
4	65.00	47.00	2.00	2.00	1.68				117.68	2.00	80
5	65.00	2.00	2.00	2.00	1.68				72.68	1.00	73
6											
7											
8											

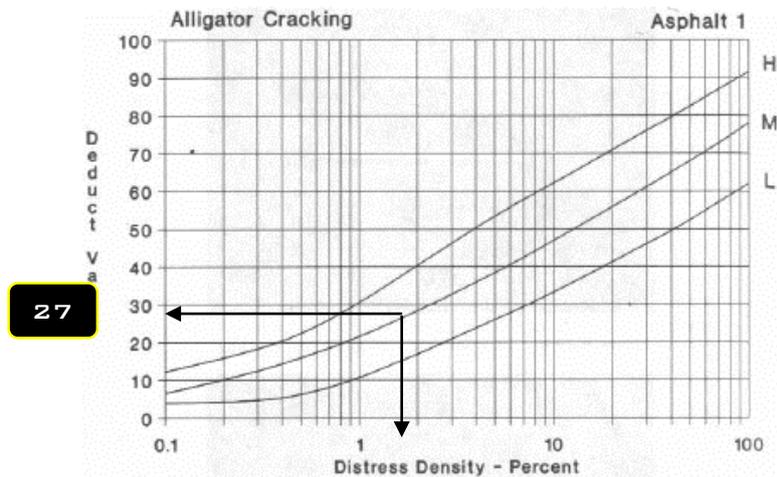
Figura 41 Densidad de cada falla por Unidad de Muestra

- Después se calcula la densidad dividiendo el total de cada falla y severidad entre el área de la unidad de muestra

FALLA	SEVERIDAD	NRO DE FALLAS	CANTIDADES PARCIALES	TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO
1	M	7	4.93	4.93	2.23	27.00
11	B	6	4.13	4.13	1.87	4.00

Figura 42 Valores Deducidos por falla

- Por ultimo para el cálculo del valor deducido pasamos a coger cada valor de la densidad, el tipo de falla y nivel de severidad y usamos las tablas adjuntas en los anexos para cada tipo de falla. Para este caso tenemos la falla 1 (Piel de Cocodrilo), severidad Media y una densidad del 2.23%



**Figura 43** Uso del Abaco para cálculo de valores deducidos

Por lo tanto el valor deducido para este falla y nivel de severidad es de 27. Este procedimiento se repite para el resto de datos

### E. CALCULO DEL VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

El valor deducido corregido es lo que nos da la calificación más real para el estado de un pavimento. Para el cálculo del valor deducido corregido primero debes calcular el valor de m (número de muestras) para lo cual debes escoger el mayor valor deducido y reemplazarlo en la siguiente ecuación:

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

**Figura 44** Formula para el cálculo de valores deducidos a usar

Donde:

m: Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción para la unidad de muestreo

HDV: El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo

DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES				TOTAL	DENSIDAD %	VALOR DEDUCIDO
1	M	1.39	1.45	2.21		5.05	2.28	26.00
1	A	1.21	0.89			2.10	0.95	35.00
7	B	2.15	1.56			3.71	1.68	4.00
11	B	1.48	0.59	0.87	1.48	4.42	2.00	4.00
11	M	1.08	1.56			2.64	1.19	9.00
13	B	0.89				0.89	0.40	8.00
13	A	1.05	1.47			2.52	1.14	48.00
19	M	16.89				16.89	7.63	14.00
							Mayor	48.00
m	=	5.78						

**Figura 45** Aplicación de la Fórmula para cálculo de m

Una vez escogido el mayor valor deducido individual que en este caso es 48 se pasó a reemplazar en la formula mostrada con anterioridad para el cálculo de m y obtenemos 5.78, esto quiere decir que se tomaran 6 muestras las 5 mayores y la sexta llevara solo el 78% del total.

**MAYORES VALORES DEDUCIDOS**

#	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL	q	CDV
1	48.00	35.00	26.00	14.00	9.00	6.24			138.24	6.00	69
2	48.00	35.00	26.00	14.00	9.00	2.00			134.00	5.00	70
3	48.00	35.00	26.00	14.00	2.00	2.00			127.00	4.00	71
4	48.00	35.00	26.00	2.00	2.00	2.00			115.00	3.00	72
5	48.00	35.00	2.00	2.00	2.00	2.00			91.00	2.00	69
6	48.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00			58	1.00	60
7											
8											

**Figura 46** Cálculo del total de Valores Deducidos

Una vez calculado el valor de m pasamos a tomar los valores y a colocarlos de mayor a menor, En este tipo de iteración se va reemplazando el menor valor por 2.00 y si el valor es menor a 2.0 este será el que reemplazara a los demás valores

Terminada la iteración pasamos a sumar cada fila para poder ubicar el Valor Deducido Corregido tomando como datos el valor de “q” y el total de la sumatoria de cada fila en el siguiente gráfico:



RANGOS DE CALIFICACION 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

**Figura 49** Rango de Clasificación del PCI

Según el resultado obtenido la calificación del estado del pavimento en la Unidad de muestra es “Malo”

### G. Calculo del PCI de una Sección

Tomaremos como ejemplo la sección 1 de la vía en estudio, el valor del PCI se obtiene de la división entre la sumatoria del producto de cada uno de los PCI's de cada muestra por su respectiva y el área total de la sección.

SECCION	UNIDAD DE MUESTRA	AREA DE MUESTRA(A)	PCI DE LA MUESTRA(B)	AXB	D/C	ESTADO DE LA SECCION
1	UM-1	221.4	10	2214	27	MALO
	UM-3	221.4	47	10405.8		
	UM-5	221.4	15	3321		
	UM-7	221.4	28	6199.2		
	UM-9	221.4	63	13948.2		
	UM-11	221.4	26	5756.4		
	UM-13	221.4	13	2878.2		
	UM-15	162.44	5	812.2		
	SUMATORIA DE A(C)	1712.24	SUMATORIA DE AXB(D)	45535		

**Figura 50** Valor de PCI por Unidad de Muestra

Para el ejemplo se obtuvo un valor de 27 que indica un estado del pavimento, dicho procedimiento se seguirá para las demás secciones.

## Resultados

### 4.9. Resultados de la investigación

- Cantidad de vehículos obtenidos del conteo vehicular

**Tabla 20** Resumen de IMD

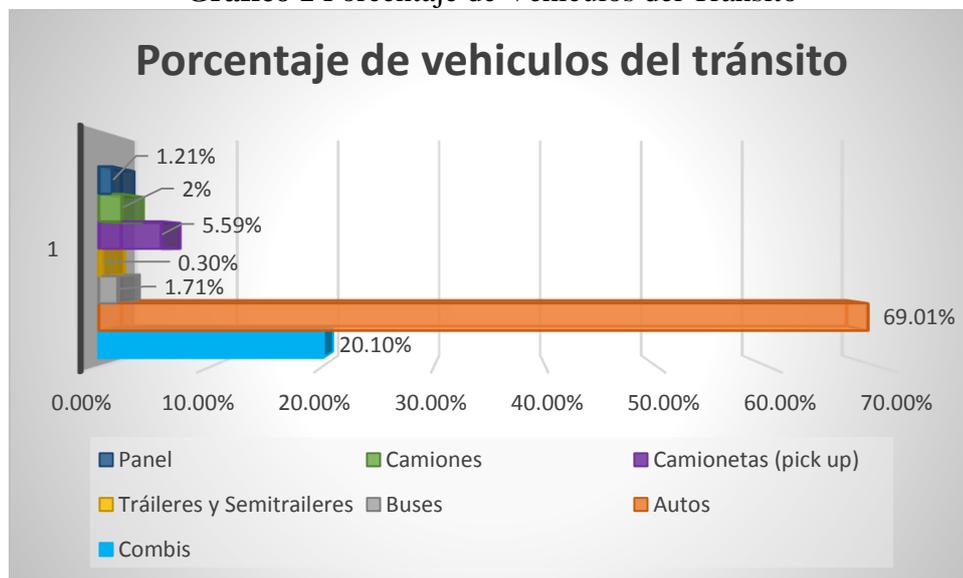
TIPO DE VEHICULO	CANTIDAD
AUTOMOVILES	4077
STATION WAGON	398
CAMIONETA PICK UP	363
PANEL	78
COMBI	1304
BUS (B2)	102

TIPO DE VEHICULO	CANTIDAD
BUS (B3-1)	9
CAMION (C2)	95
CAMION (C3)	40
T2S1	3
T2S3	2
T3S3	14
Total	<b>6485</b>

Fuente: Elaboración Propia

- Del cuadro anterior podemos ver el grafico que muestra los porcentajes de vehículos con respecto al tráfico total

**Gráfico 1** Porcentaje de Vehículos del Tránsito



Fuente: Elaboración Propia

- El siguiente cuadro muestra el IMDa que es el producto de la cantidad de vehículos por el factor de corrección (FC) que depende del tipo de vehículo.

**Tabla 21** *Calculo del IMDa*

TIPO DE VEHICULO	CANTIDAD	FC	IMDa
AUTOMOVILES	4077	1.054813	4301
STATION WAGON	398	1.054813	420
CAMIONETA PICK UP	363	1.054813	382
PANEL	78	1.054813	82
COMBI	1304	1.054813	1375
BUS (B2)	102	1.09462	112
BUS (B3-1)	9	1.09462	10

CAMION (C2)	95	1.09462	104
CAMION (C3)	40	1.09462	43
T2S1	3	1.09462	3
T2S3	2	1.09462	2
T3S3	14	1.09462	16
Total	<b>6485</b>	<b>TOTAL</b>	<b>6851</b>

Fuente: Elaboración Propia

- Calculado el IMDa pasamos a calcular el W8.2 para pavimentos flexibles

**Tabla 22** *Número de Ejes equivalentes Anuales para Pavimento Flexible*

PAVIMENTOS	W8.2
Pavimento Flexible	8,783,974.36

Fuente: Elaboración Propia

- Para el posterior diseño de pavimentos se realizaron calicatas para determinar las características del suelo

**Tabla 23** *Resumen De Ensayos De Mecánica De Suelos*

Calicata	Ubicación	Capa	Muestra	Clasificación		Límite Líquido	Límite Plástico	Índice De Plasticidad	CBR (%)
				SUCS	AASHTO				95%
C-1	0+230.00	Sub Rasante	M-1	CL	A-7-6(10)	40.50	24.00	16.50	6.50
C-2	0+410.00	Sub Rasante	M-2	CL	A-6 (9)	30.80	21.80	16.20	5.94

Fuente: Elaboración Propia

- e) Después de realizar la evaluación del pavimento por el método del PCI se encontraron un total de 1138 fallas siendo el que más predomina el parcheo o bacheo con 388 repeticiones.

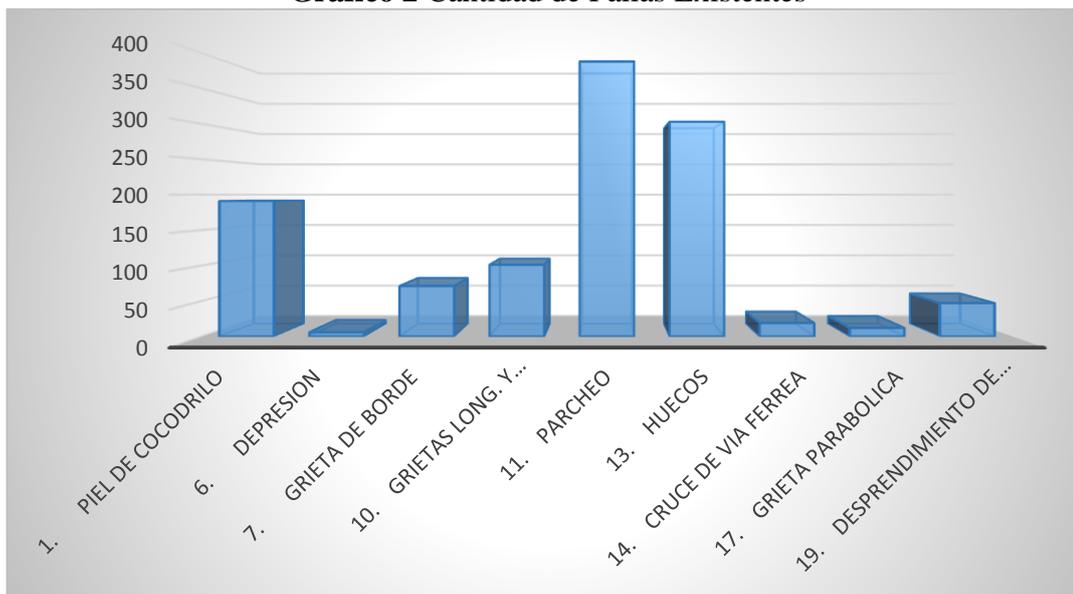
**Tabla 24** *Cantidad de Fallas Según el Tipo*

TIPO DE FALLA	NRO DE FALLAS
1. Piel De Cocodrilo	191
2. Exudación	0
3. Agrietamiento En Bloque	0
4. Abultamientos Y Hundimientos	0
5. Corrugación	0
6. Depresión	6
7. Grieta De Borde	71
8. Grieta De Reflexión De Junta	0
9. Desnivel Carril/Berma	0
10. Grietas Long. Y Transversal	101
11. Parcheo	388

12. Pulimiento De Agregados	0
13. Huecos	303
14. Cruce De Vía Férrea	19
15. Ahuellamiento	0
16. Desplazamiento	0
17. Grieta Parabólica	12
18. Hinchamiento	0
19. Desprendimiento De Agregados	47
<b>TOTAL</b>	<b>1138</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 2** Cantidad de Fallas Existentes

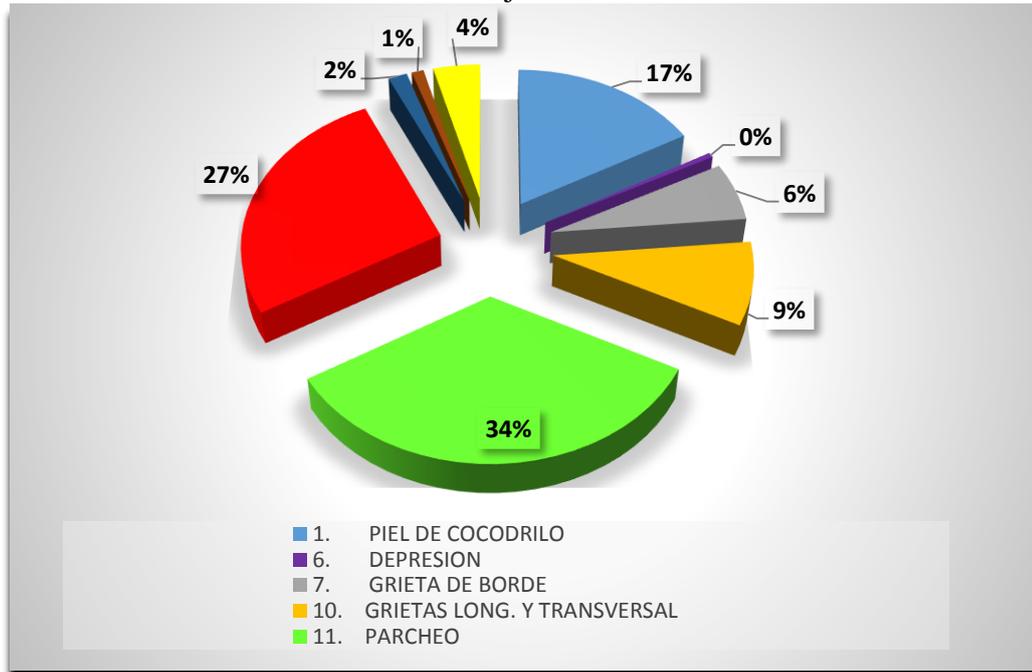


Fuente: Elaboración Propia

- El siguiente gráfico basado en el cuadro anterior nos muestra una gran presencia de Parcheos con 34% del total de fallas seguido de los huecos con un 27%, este tipo de fallas se presentan con más frecuencia en el tramo que va desde la calle Real hasta el Jr. Arequipa. También encontramos piel de cocodrilo con 17%, grietas de borde con 6%, grietas longitudinales y transversales 9%, grietas parabólicas con 1% y una casi

nula presencia de depresiones. Por otro lado tenemos el cruce de vía férrea con un 2% y desprendimiento de agregados con 4%, que los encontramos en el tramo que va del Jr. Arequipa hasta la Av. Huancavelica, cabe resaltar que en este grafico se muestra la cantidad de desprendimiento de agregados; mas no el área que abarca ya que se extiende por casi todo el tramo mencionado.

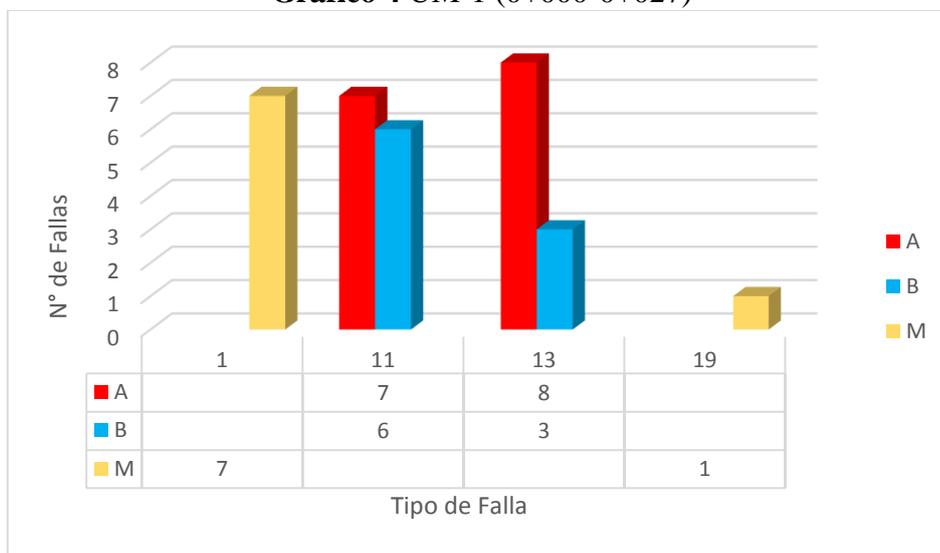
**Gráfico 3** Porcentaje de Fallas Existentes



Fuente: Elaboración Propia

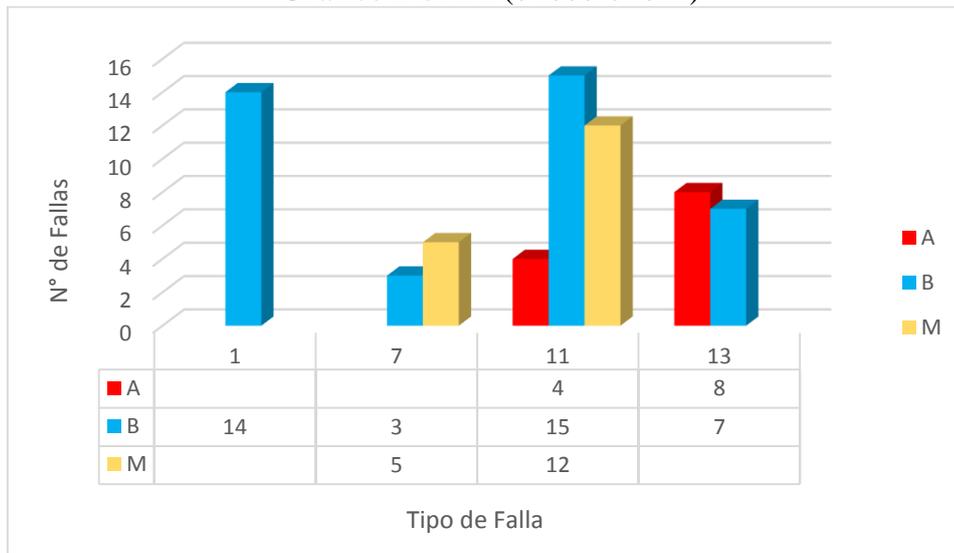
**N° DE FALLAS POR UNIDAD DE MUESTRA**

**Gráfico 4** UM-1 (0+000-0+027)



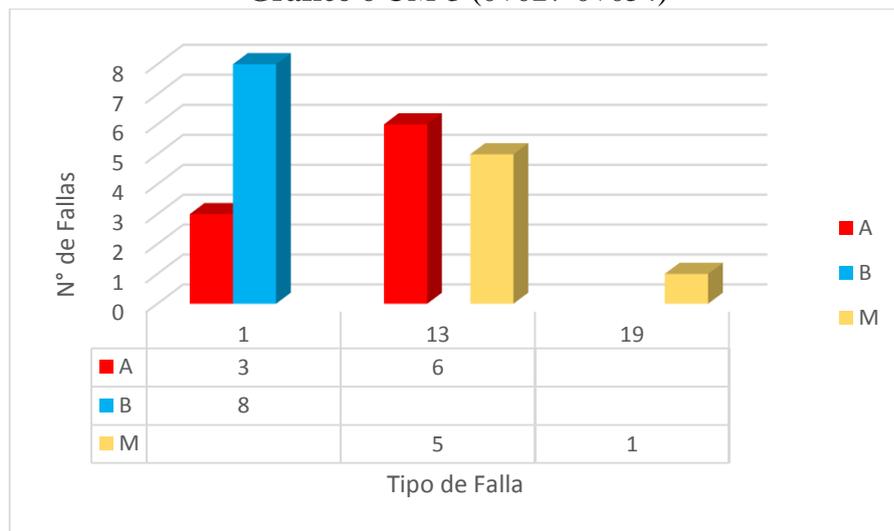
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 5 UM-2 (0+000-0+027)**



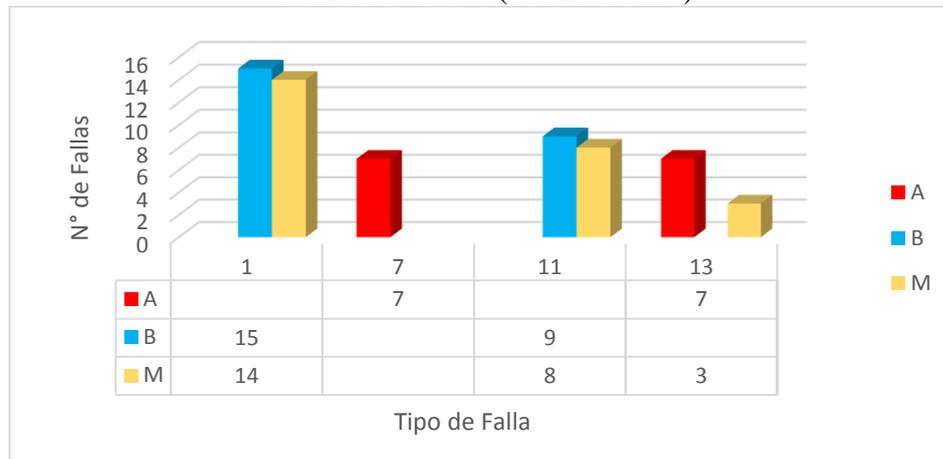
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 6 UM-3 (0+027-0+054)**



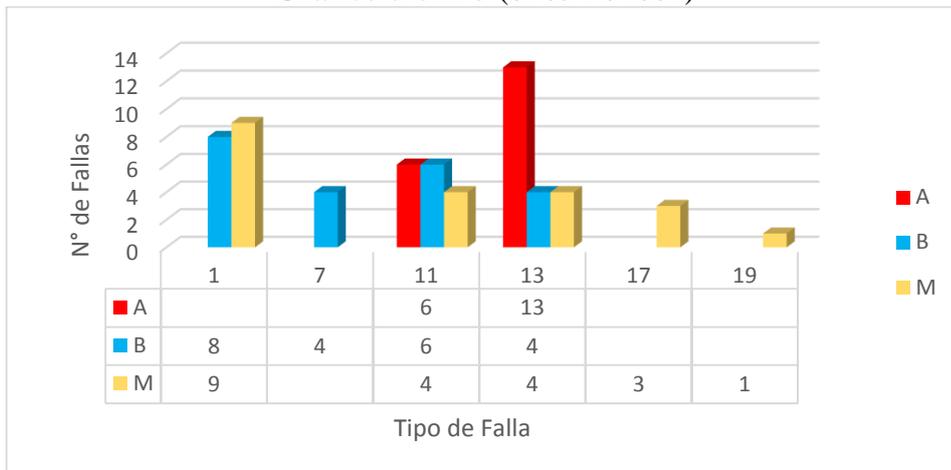
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 7 UM-4 (0+027-0+054)**



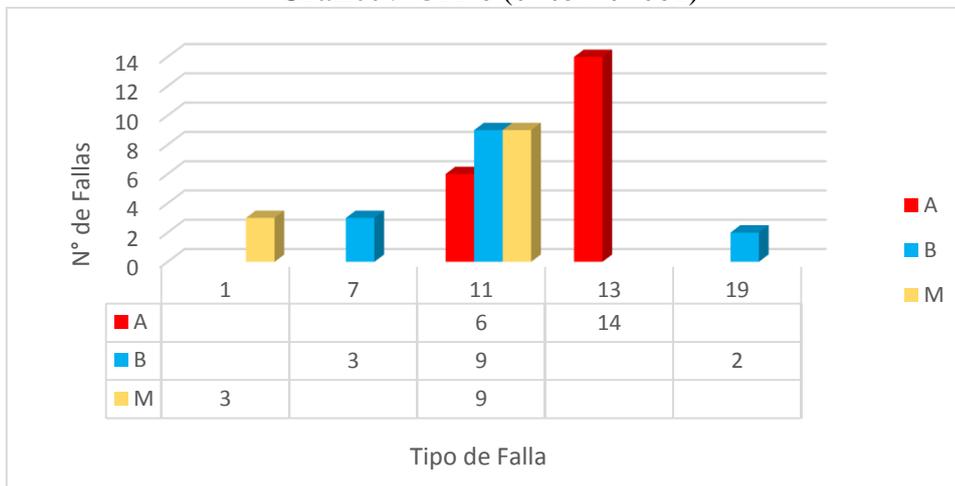
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 8 UM-5 (0+054-0+081)**



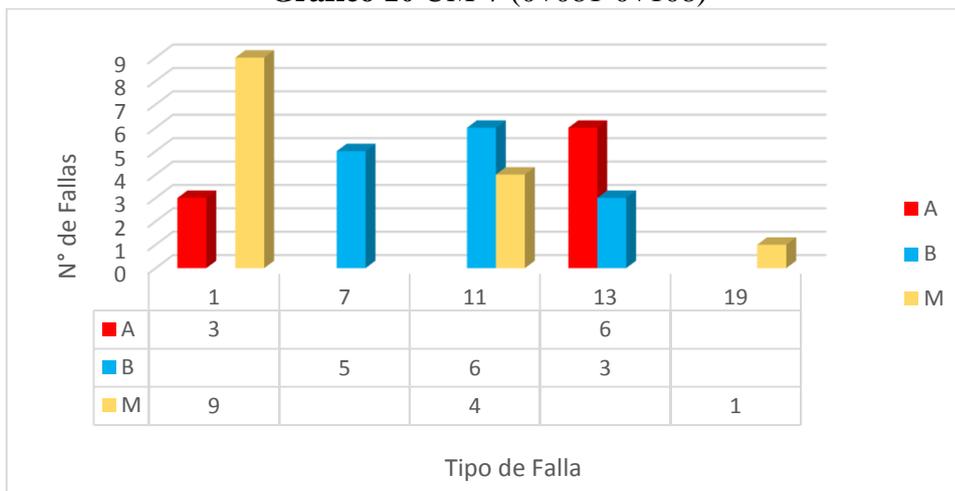
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 9 UM-6 (0+054-0+081)**



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 10 UM-7 (0+081-0+108)**



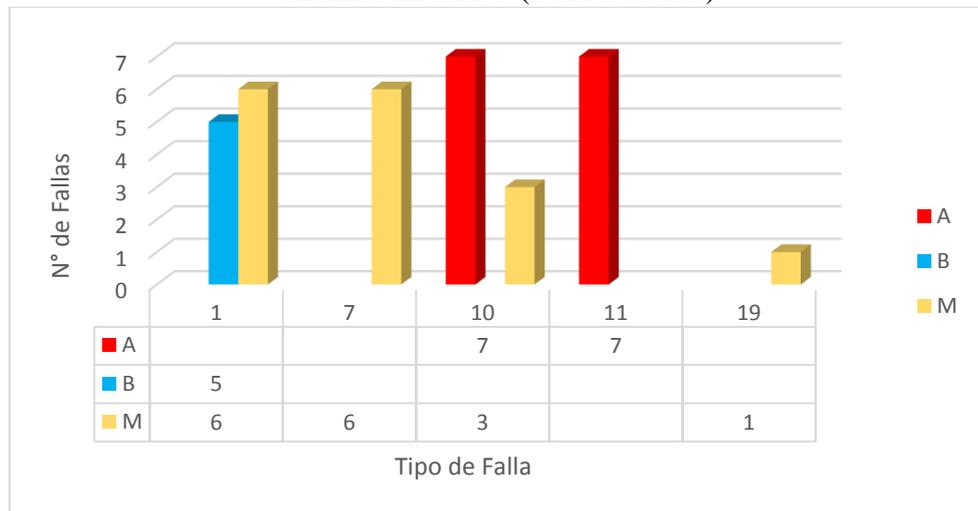
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 11 UM-8 (0+081-0+108)**



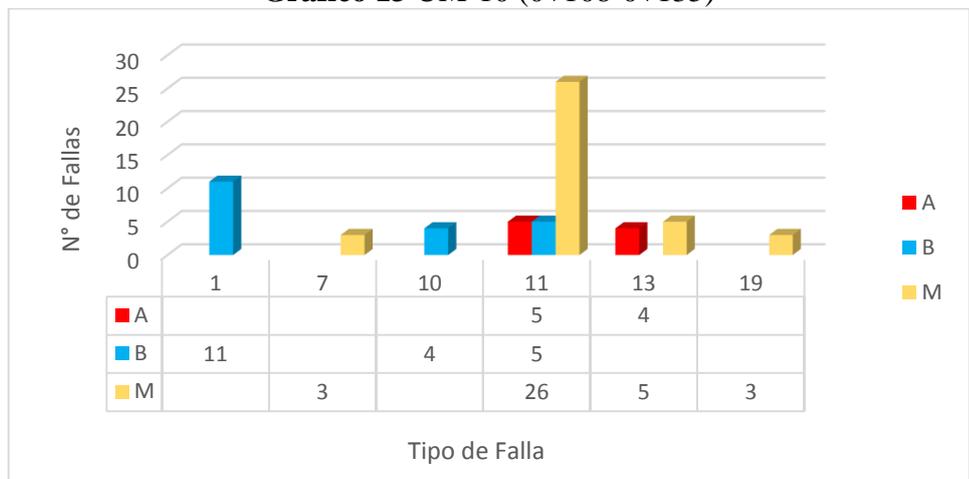
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 12 UM-9 (0+108-0+135)**



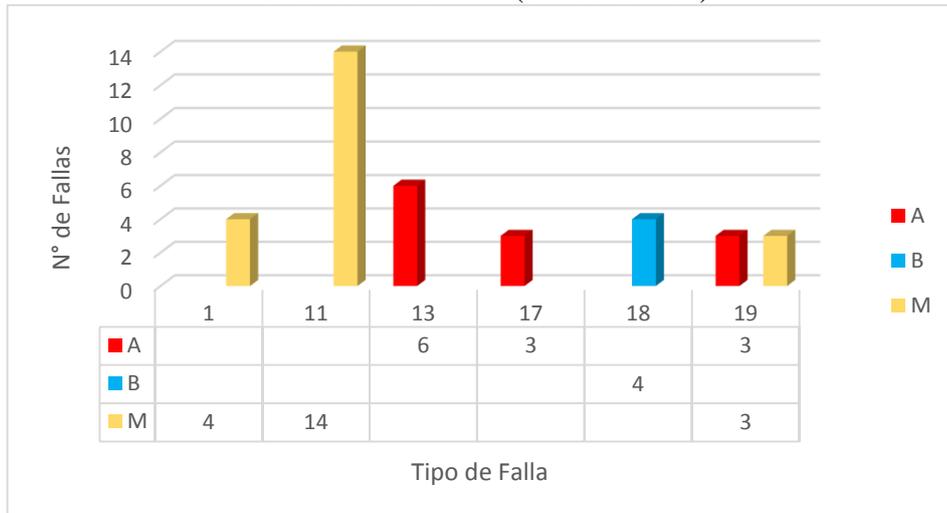
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 13 UM-10 (0+108-0+135)**



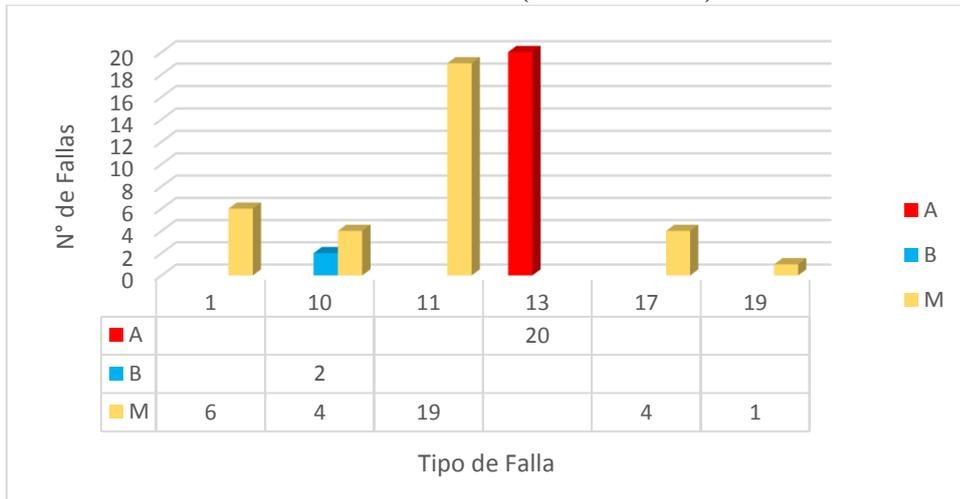
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 14 UM-11 (0+135-0+162)**



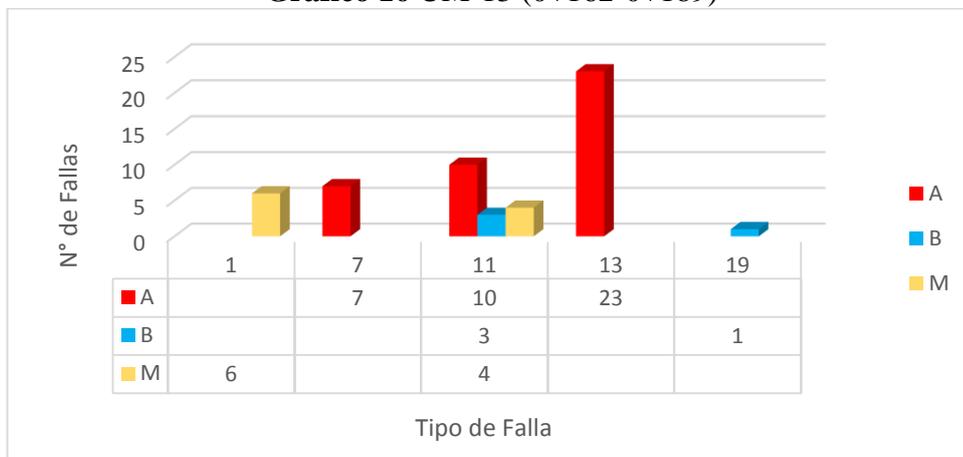
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 15 UM-12 (0+135-0+162)**



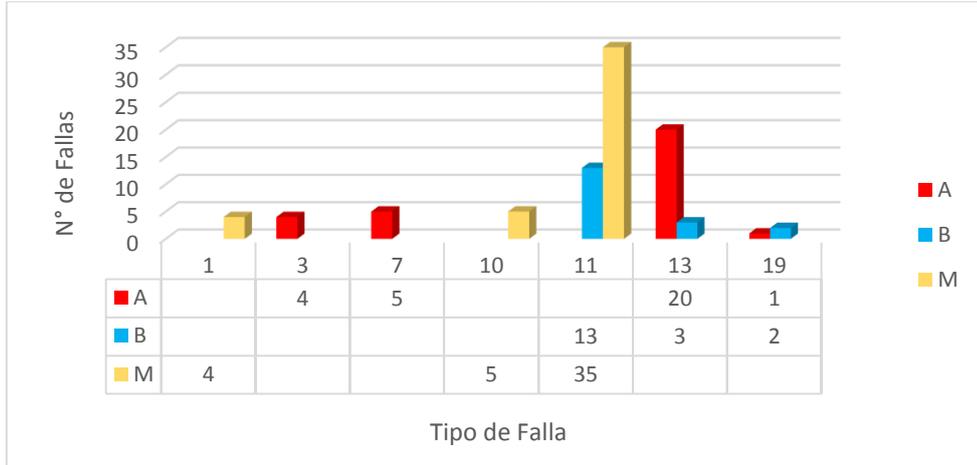
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 16 UM-13 (0+162-0+189)**



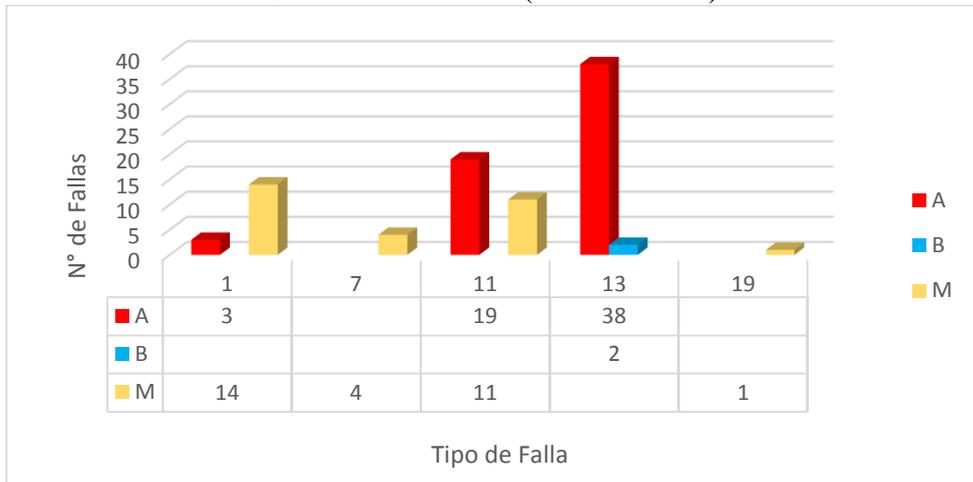
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 17 UM-14 (0+162-0+189)**



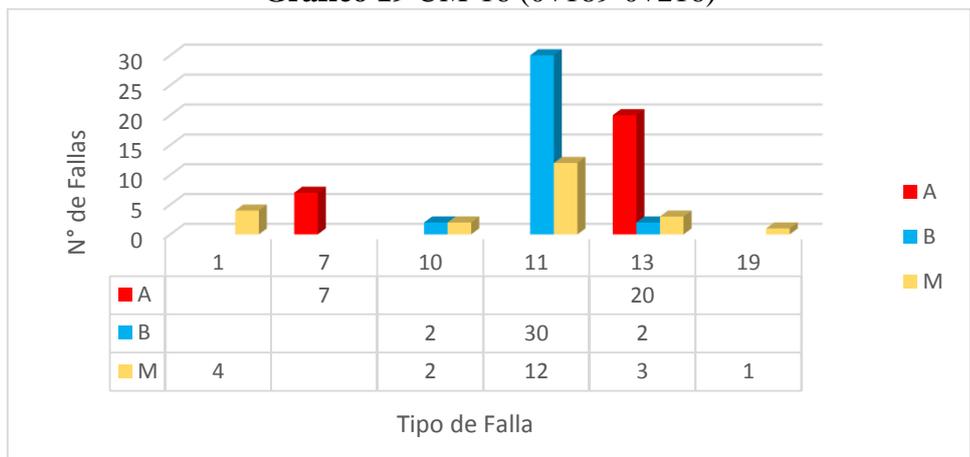
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 18 UM-15 (0+189-0+216)**



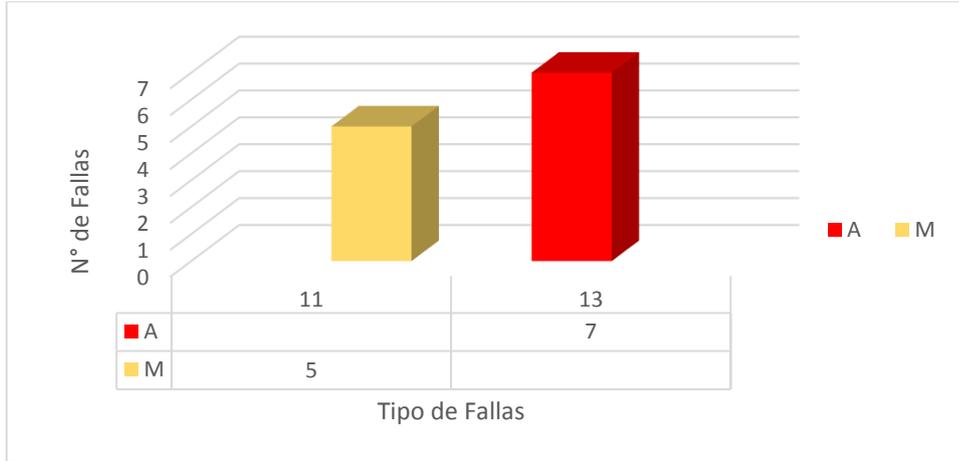
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 19 UM-16 (0+189-0+216)**



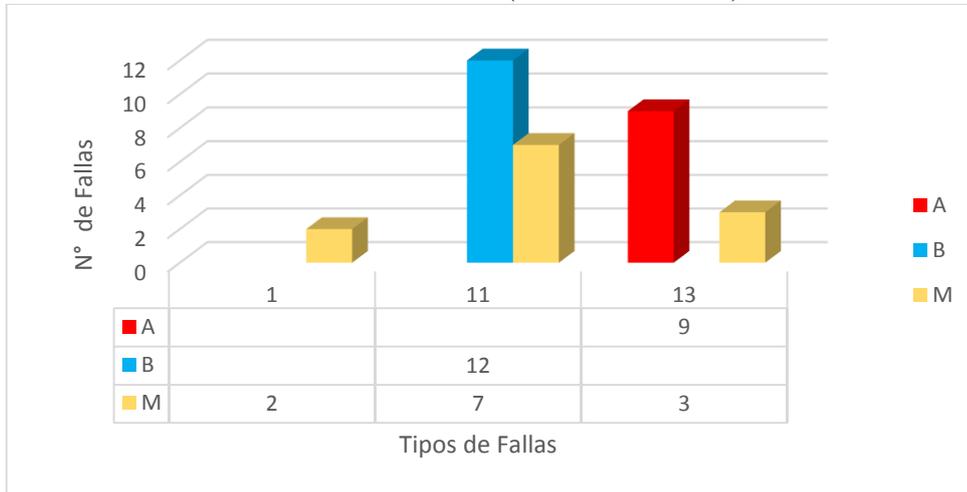
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 20 UM-17 (0+216-0+235.81)**



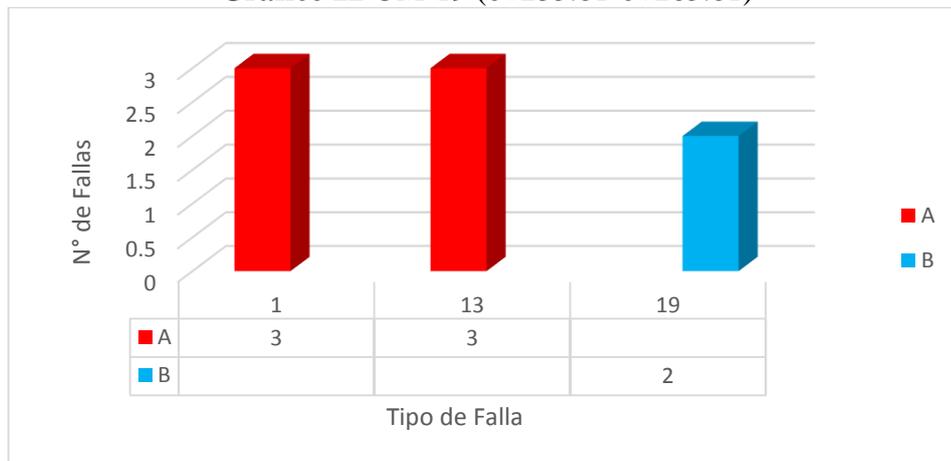
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 21 UM-18 (0+216-0+235.81)**



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 22 UM-19 (0+235.81-0+265.81)**



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 23 UM-20 (0+235.81-0+265.81)**



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 24 UM-21 (0+265.81-0+295.81)**



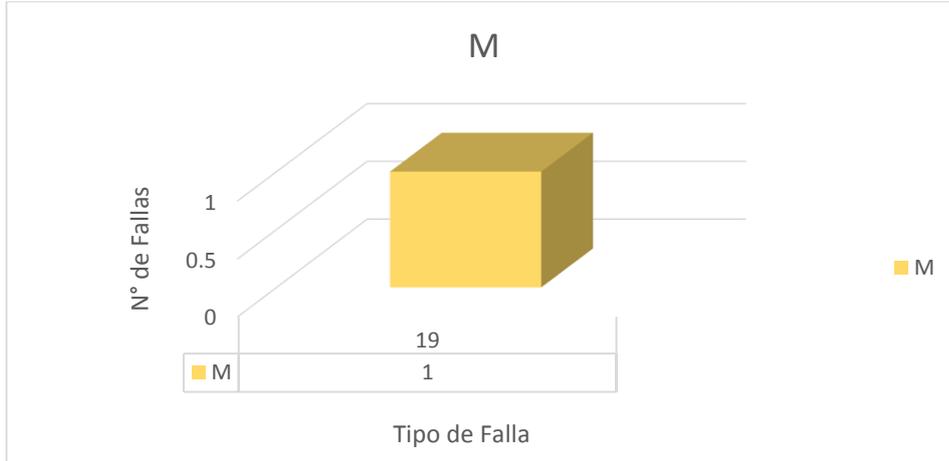
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 25 UM-22 (0+265.81-0+295.81)**



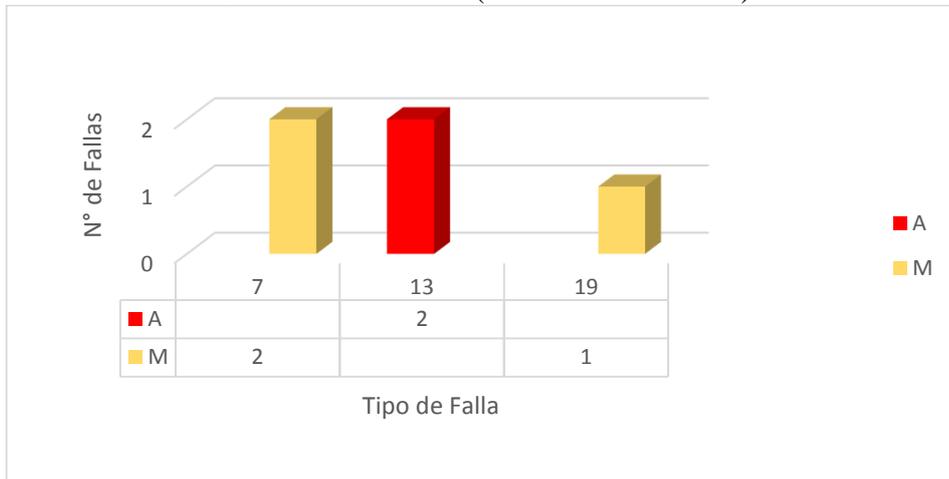
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 26 UM-23 (0+295.81-0+325.81)**



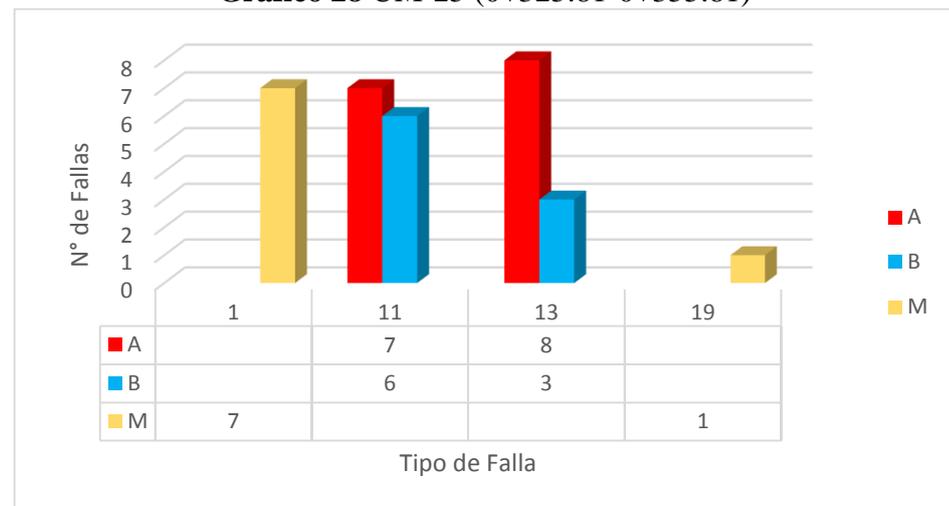
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 27 UM-24 (0+295.81-0+325.81)**



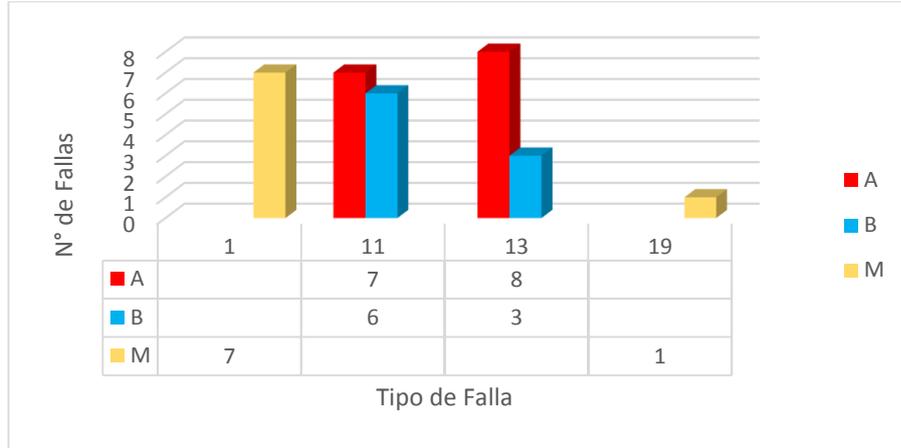
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 28 UM-25 (0+325.81-0+355.81)**



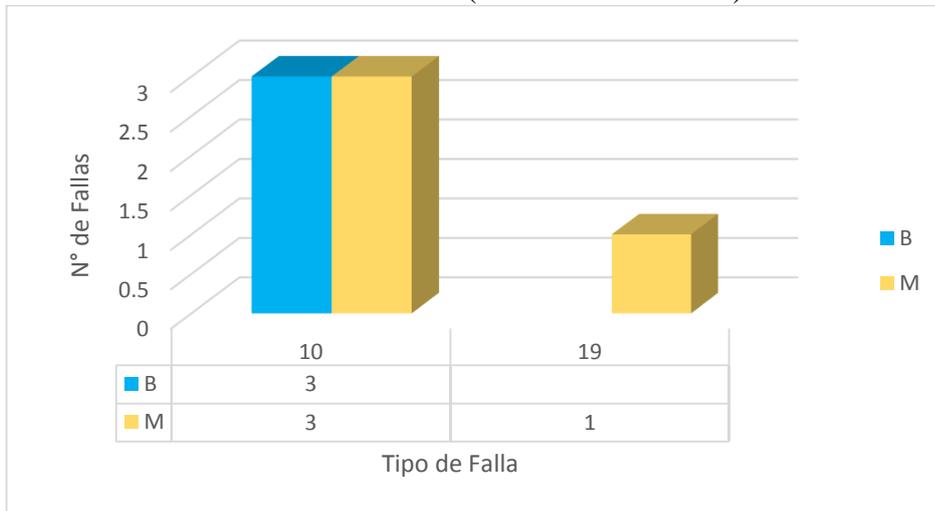
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 29 UM-26 (0+325.81-0+355.81)**



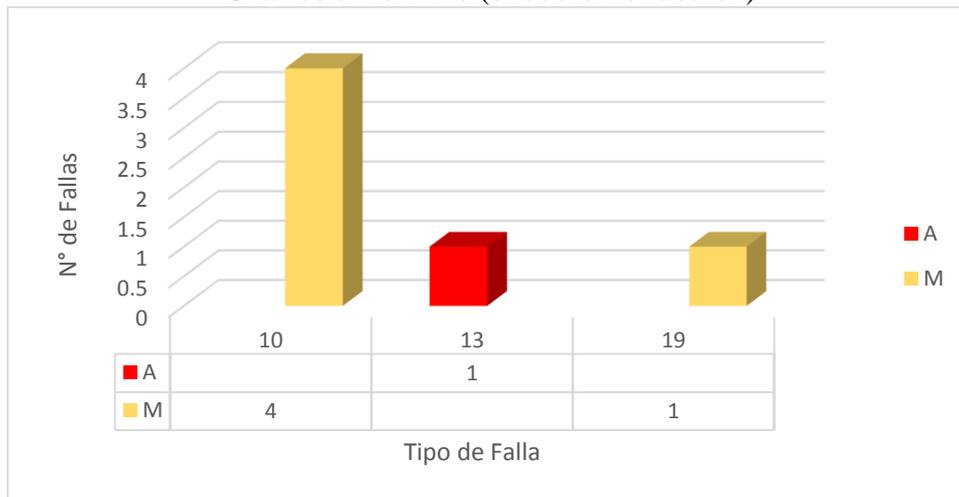
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 30 UM-27 (0+355.81-0+385.81)**



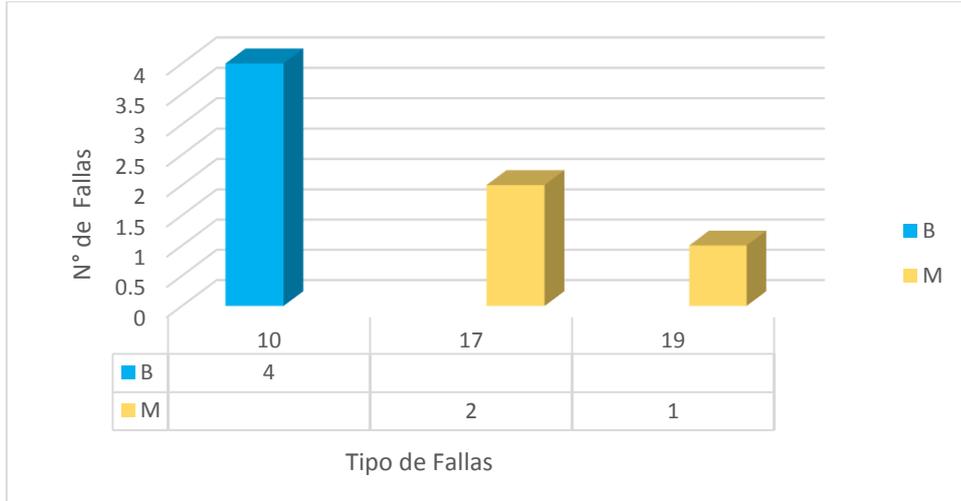
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 31 UM-28 (0+355.81-0+385.81)**



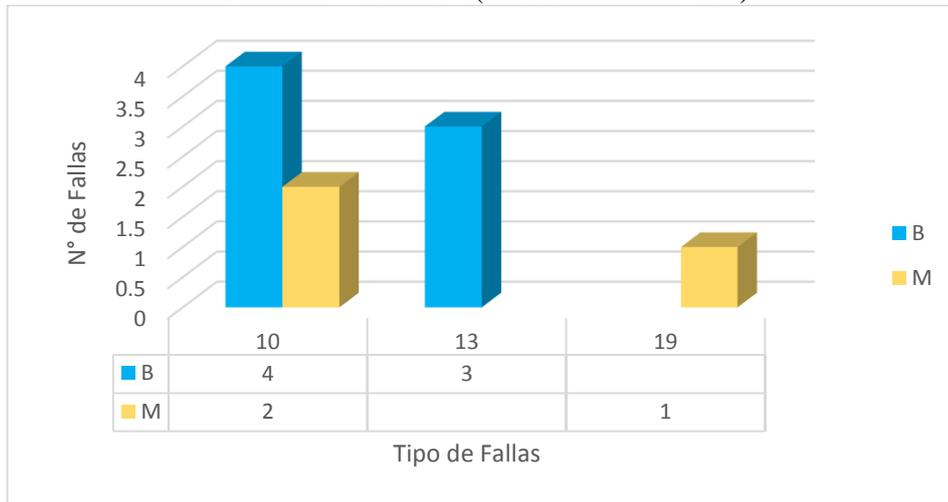
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 32 UM-29 (0+385.81-0+415.81)**



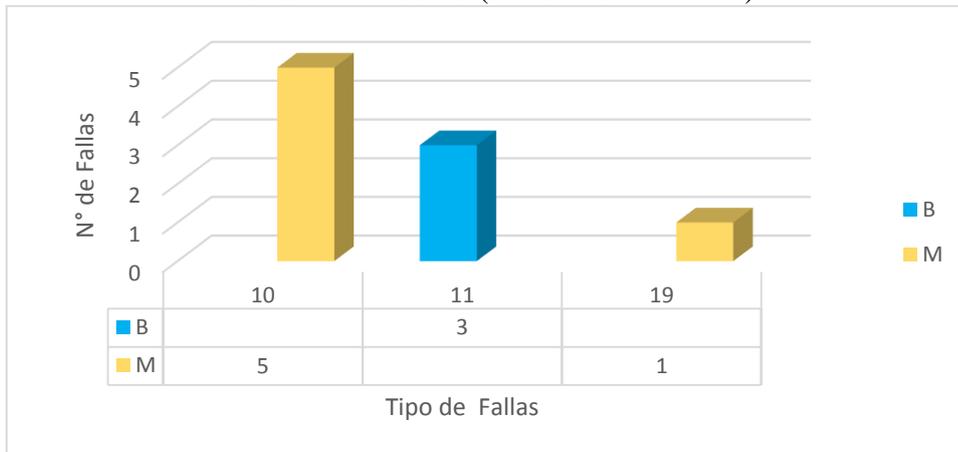
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 33 UM-30 (0+385.81-0+415.81)**



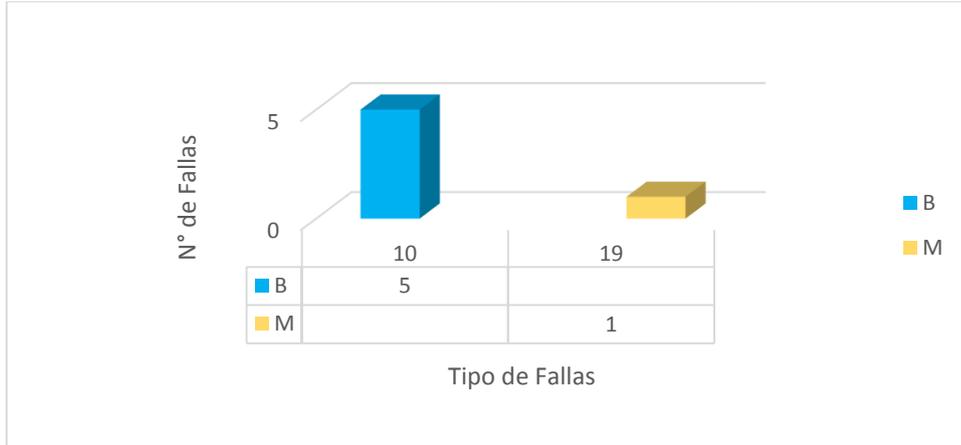
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 34 UM-31 (0+415.81-0+445.81)**



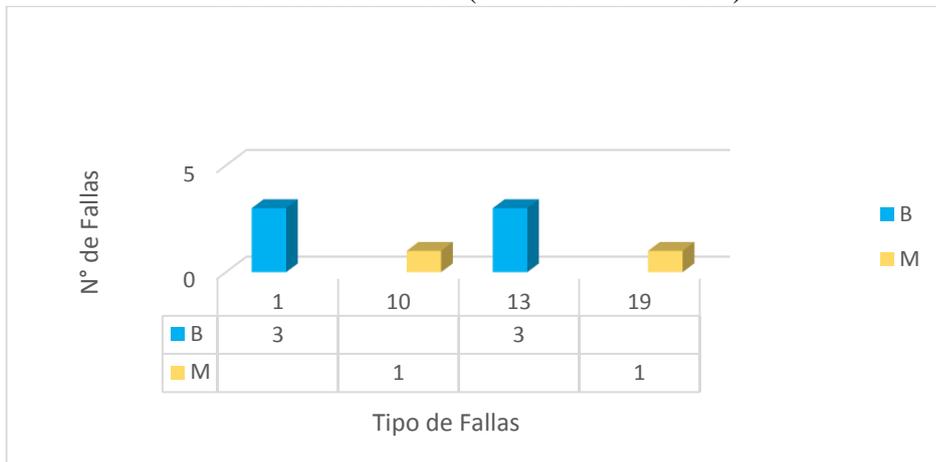
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 35 UM-32 (0+415.81-0+445.81)**



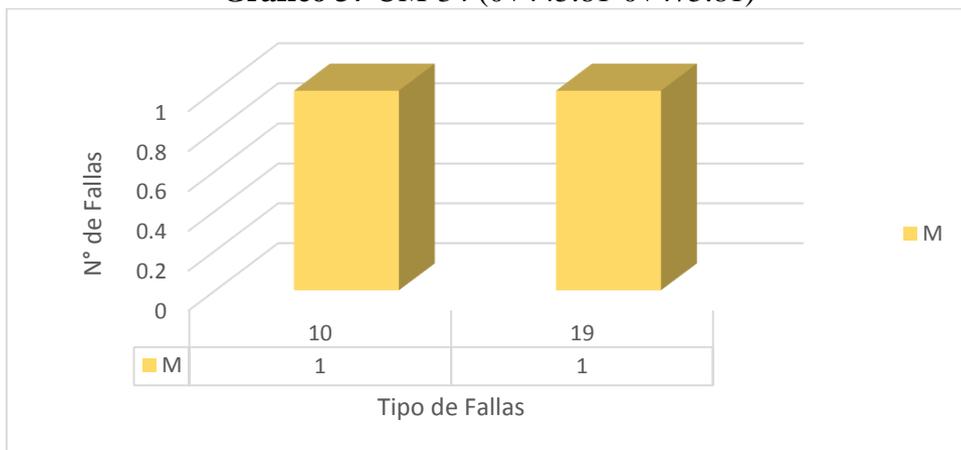
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 36 UM-33 (0+445.81-0+475.81)**



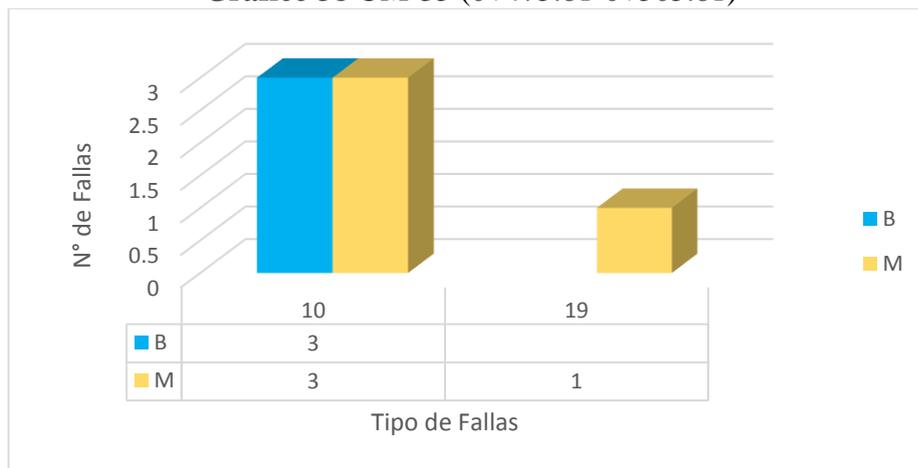
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 37 UM-34 (0+445.81-0+475.81)**



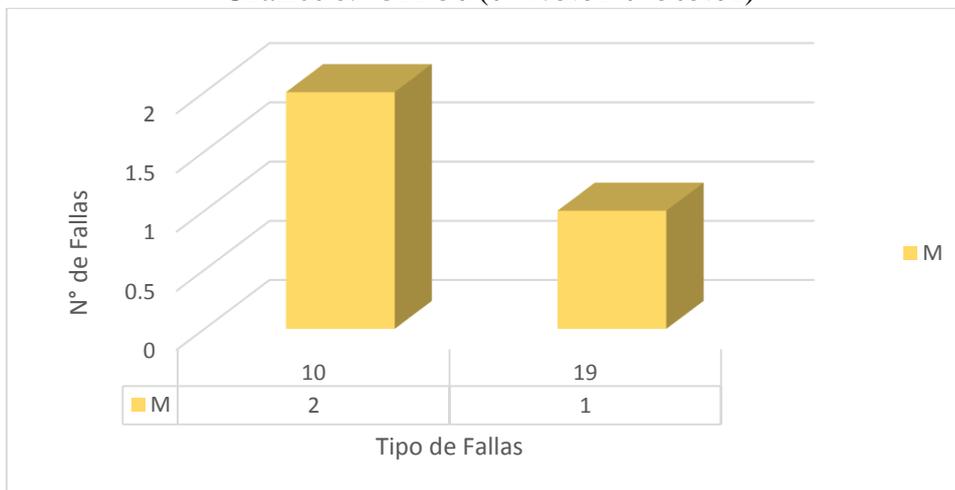
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 38 UM-35 (0+475.81-0+505.81)**



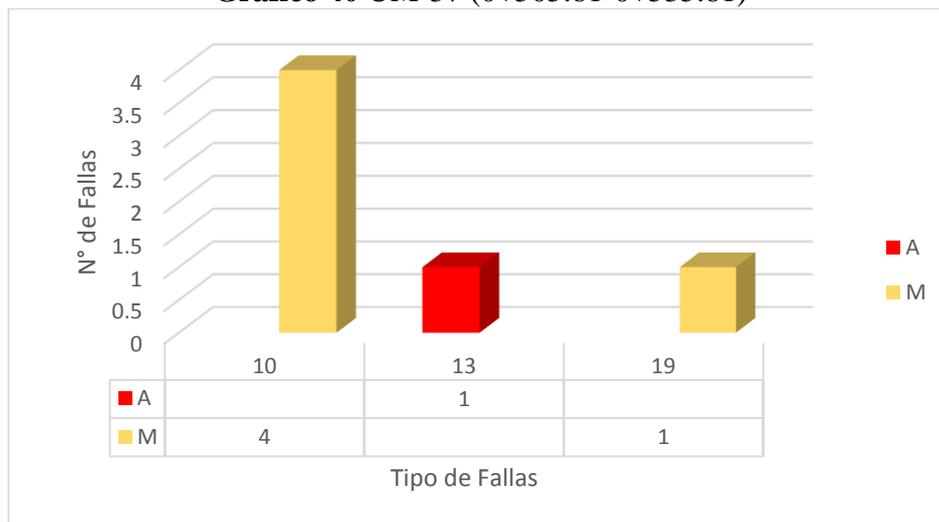
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 39 UM-36 (0+475.81-0+505.81)**



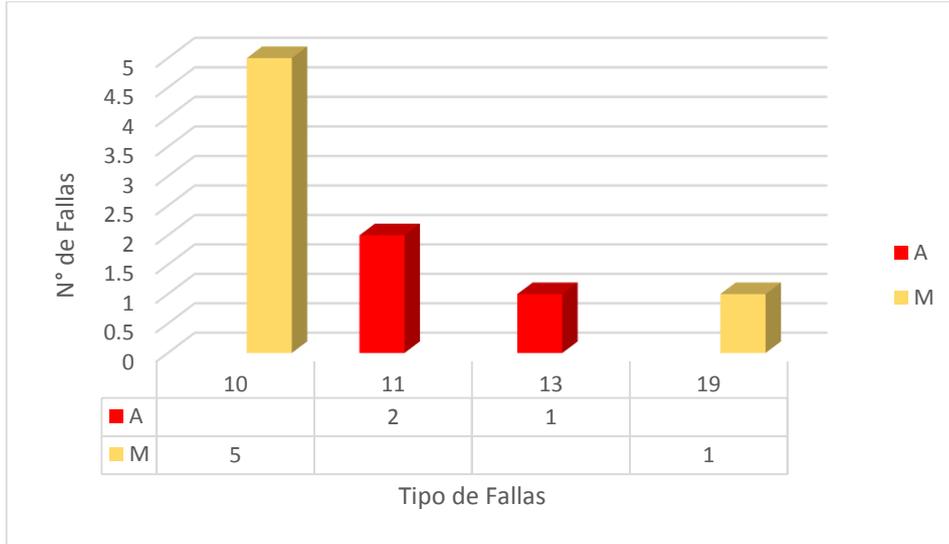
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 40 UM-37 (0+505.81-0+535.81)**



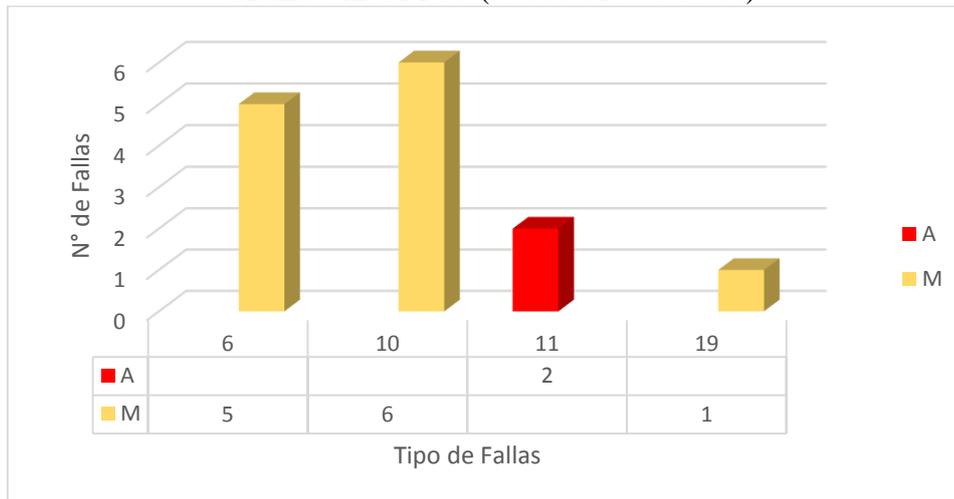
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 41 UM-38 (0+505.81-0+535.81)**



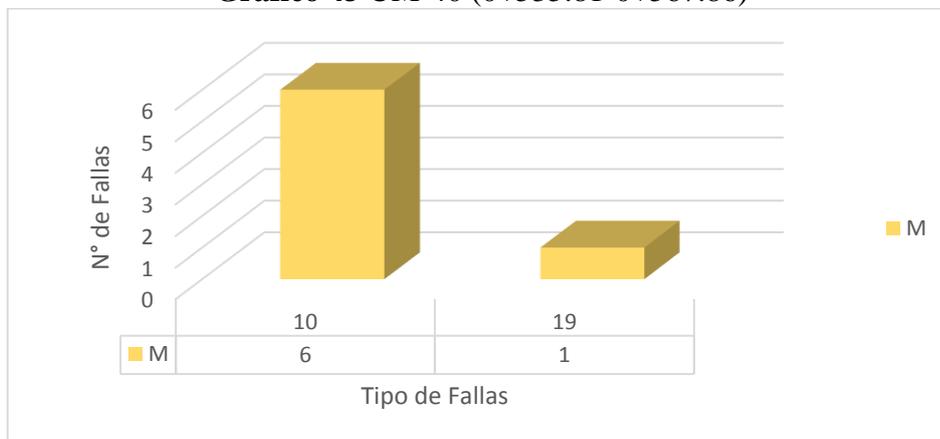
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 42 UM-39 (0+535.81-0+567.86)**



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 43 UM-40 (0+535.81-0+567.86)**



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 25 Resumen De Fallas En La Sección 1**

		<b>Unidad</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>
<b>1</b>	<b>Piel de Cocodrilo</b>	m2	5.21	36.91	10.75
<b>7</b>	<b>Grieta de borde</b>	ml	5.36	7.01	4.73
<b>10</b>	<b>Grietas long. Y transversal</b>	ml	1.31	0.89	0.00
<b>11</b>	<b>Parcheo</b>	m2	36.93	33.77	16.08
<b>13</b>	<b>Huecos</b>	m2	67.85	3.22	3.28
<b>17</b>	<b>Grieta Parabólica</b>	m2	2.15	1.23	0.00
<b>18</b>	<b>Hinchamiento</b>	m2	0.00	0.00	1.99
<b>19</b>	<b>Desprendimiento de Agregados</b>	m2	65.87	175.25	21.58

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 26 Resumen De Fallas En La Sección 2**

		<b>Unidad</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>
<b>1</b>	<b>Piel de Cocodrilo</b>	m2	6.40	32.75	28.39
<b>7</b>	<b>Grieta de borde</b>	m2	13.63	3.49	3.50
<b>10</b>	<b>Grietas long. Y transversal</b>	ml	0.00	6.17	4.23
<b>11</b>	<b>Parcheo</b>	m2	16.19	117.45	70.88
<b>13</b>	<b>Huecos</b>	m2	89.79	15.39	10.06
<b>17</b>	<b>Grieta Parabólica</b>	m2	0.00	1.15	0.00
<b>19</b>	<b>Desprendimiento de Agregados</b>	m2	6.89	127.57	94.46

Fuente: Elaboración Propia

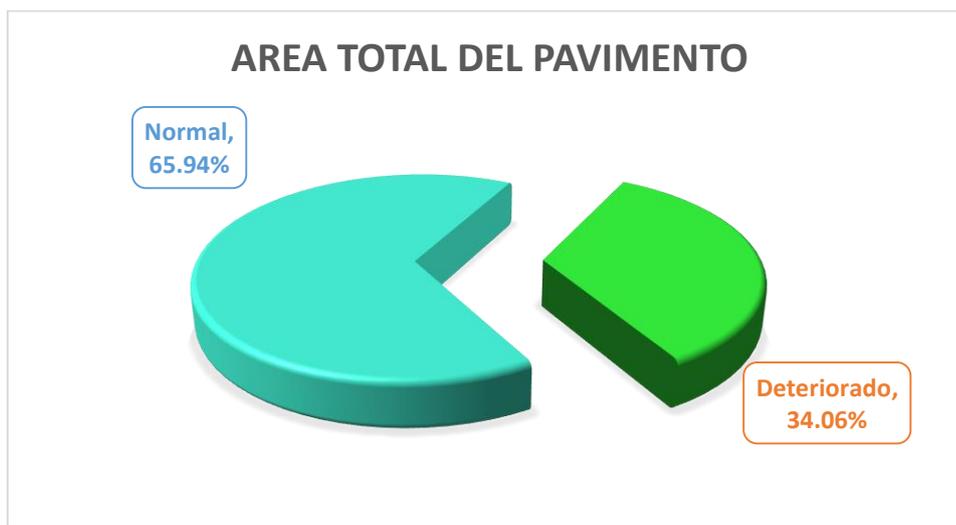
**Tabla 27 Resumen De Fallas En La Sección 3**

		<b>Unidad</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>
<b>1</b>	<b>Piel de Cocodrilo</b>	m2	2.13	2.26	1.56
<b>6</b>	<b>Depresión</b>	m2	0.00	2.42	0.00
<b>7</b>	<b>Grieta de borde</b>	ml	0.00	2.13	0.00
<b>10</b>	<b>Grietas long. Y transversal</b>	ml	1.26	16.47	6.70
<b>11</b>	<b>Parcheo</b>	m2	0.87	4.38	1.12
<b>13</b>	<b>Huecos</b>	m2	5.25	0.00	77.46
<b>14</b>	<b>Cruce de vía férrea</b>	m2	8.10	2.19	0.00
<b>17</b>	<b>Grieta Parabólica</b>	m2	0	0.94	0
<b>19</b>	<b>Desprendimiento de Agregados</b>	m2	0.00	890.54	119.56

Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 46** Área total dañada por las fallas



Fuente: Elaboración Propia

- En el siguiente cuadro se puede observar todas las Unidades de Muestreo con el valor de PCI que le corresponde producto de la evaluación y el estado en el que se encuentran en función de dicho valor:

**Tabla 29** Resumen de Condición de Unidades de Muestra

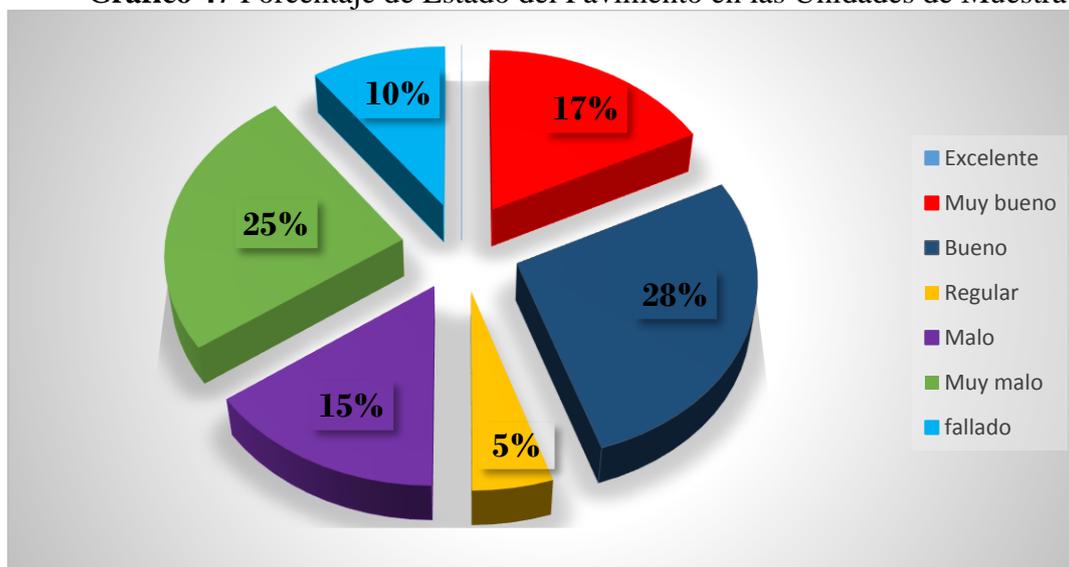
Unidades de Muestra	PCI	Estado del pavimento
UM - 1	10	Fallado
UM - 2	23	Muy malo
UM - 3	47	Regular
UM - 4	25	Muy malo
UM - 5	15	Muy malo
UM - 6	25	Muy malo
UM - 7	28	Malo
UM - 8	21	Muy malo
UM - 9	63	Bueno
UM - 10	27	Malo
UM - 11	26	Malo
UM - 12	18	Muy malo
UM - 13	13	Muy malo
UM - 14	10	Fallado
UM - 15	5	Fallado
UM - 16	1	Fallado
UM - 17	34	Malo
UM - 18	17	Muy Malo
UM - 19	35	Malo
UM - 20	20	Muy malo
UM - 21	52	Regular
UM - 22	25	Muy malo
UM - 23	71	Muy bueno

Unidades de Muestra	PCI	Estado del pavimento
UM - 24	67	Bueno
UM - 25	26	Malo
UM - 26	60	Bueno
UM - 27	69	Bueno
UM - 28	66	Bueno
UM - 29	68	Bueno
UM - 30	72	Muy bueno
UM - 31	73	Muy bueno
UM - 32	75	Muy bueno
UM - 33	67	Bueno
UM - 34	67	Bueno
UM - 35	74	Muy bueno
UM - 36	75	Muy bueno
UM - 37	66	Bueno
UM - 38	64	Bueno
UM - 39	70	Bueno

Fuente: Elaboración Propia

- f) Después de la evaluación y determinación del PCI de todas las secciones se pudo clasificar cada unidad de muestra entre las que tiene más presencia aquellas que están en un estado bueno; sin embargo también se puede ver que hay una alta presencia de pavimentos en estado muy malo.

**Gráfico 47** Porcentaje de Estado del Pavimento en las Unidades de Muestra



Fuente: Elaboración Propia

- g) Una vez registrada la cantidad y el nivel de severidad de las fallas de la vía en estudio, se pudo por determinar el PCI promedio de las secciones establecidas para determinar

la condición en la estas se encuentran y poder asignar las actividades de mantenimiento y rehabilitación correspondientes. En los cuadros se observa el PCI de cada una de las unidades de muestra calculadas por el proceso mencionado anteriormente, el PCI es un valor en la escala del 1 al 100 que representa el estado actual de la calzada y después de agruparlos en función a la sección que pertenecen, se obtuvo los siguientes valores:

- ✓ La sección 1 representa la calzada de entrada del tramo entre la Calle Real y el Jr. Arequipa.

**Tabla 30 Condición De La Sección 1**

SECCION	UNIDAD DE MUESTRA	AREA DE MUESTRA(A)	PCI DE LA MUESTRA(B)	AXB	D/C	ESTADO DE LA SECCION
1	UM-1	221.4	10	2214	27	MALO
	UM-3	221.4	47	10405.8		
	UM-5	221.4	15	3321		
	UM-7	221.4	28	6199.2		
	UM-9	221.4	63	13948.2		
	UM-11	221.4	26	5756.4		
	UM-13	221.4	13	2878.2		
	UM-15	221.4	5	1107		
	UM-17	162.44	34	5522.96		
SUMATORIA DE A(C)	1933.64	SUMATORIA DE AXB(D)	51352.76			

Fuente: Elaboración Propia

- ✓ La sección 2 representa la calzada de salida del tramo entre la Calle Real y el Jr. Arequipa.

**Tabla 31 Condición De La Sección 2**

SECCION	UNIDAD DE MUESTRA	AREA DE MUESTRA	PCI DE LA MUESTRA	AXB	D/C	ESTADO DE LA SECCION
2	UM-2	221.4	23	5092.2	19	MUY MALO
	UM-4	221.4	25	5535		
	UM-6	221.4	25	5535		
	UM-8	221.4	21	4649.4		
	UM-10	221.4	27	5977.8		
	UM-12	221.4	18	3985.2		
	UM-14	221.4	10	2214		
	UM-16	221.4	1	221.4		
	UM-18	162.44	17	2761.48		
SUMATORIA DE A(C)	1933.64	SUMATORIA DE AXB(D)	35971.48			

Fuente: Elaboración Propia

- ✓ La sección 3 representa la calzada de salida del tramo entre el Jr. Arequipa y la Av. Huancavelica.

**Tabla 32 Condición De La Sección 3**

SECCION	UNIDAD DE MUESTRA	AREA DE MUESTRA	PCI DE LA MUESTRA	AXB	D/C	ESTADO DE LA SECCION
3	UM-19	228	35	7980	62	BUENO
	UM-21	228	52	11856		
	UM-23	228	71	16188		
	UM-25	228	26	5928		
	UM-27	228	69	15732		
	UM-29	228	68	15504		
	UM-31	228	73	16644		
	UM-33	228	67	15276		
	UM-35	228	74	16872		
	UM-37	228	66	15048		
UM-39	243.58	70	17050.6			
	SUMATORIA DE A(C)	2523.58	SUMATORIA DE AXB(D)	154078.6		

Fuente: **Elaboración Propia**

- ✓ La sección 4 representa la calzada de salida del tramo entre el Jr. Arequipa y la Av. Huancavelica.

**Tabla 33 Condición De La Sección 4**

SECCION	UNIDAD DE MUESTRA	AREA DE MUESTRA	PCI DE LA MUESTRA	AXB	D/C	ESTADO DE LA SECCION
4	UM-20	228	20	4560	60	BUENO
	UM-22	228	25	5700		
	UM-24	228	67	15276		
	UM-26	228	60	13680		
	UM-28	228	66	15048		
	UM-30	228	72	16416		
	UM-32	228	75	17100		
	UM-34	228	67	15276		
	UM-36	228	75	17100		
	UM-38	228	64	14592		
	UM-40	243.58	68	16563.44		
	SUMATORIA DE A(C)	2523.58	SUMATORIA DE AXB(D)	151311.44		

Fuente: **Elaboración Propia****Tabla 34 Condición de los tramos del Pavimento de la Av. Leoncio Prado**

TRAMO	VALOR PCI PROMEDIO	CONDICION
Calle Real - Jr. Arequipa	24	<b>MUY MALO</b>
Jr. Arequipa- Av. Huancavelica	61	<b>BUENO</b>

Fuente: **Elaboración Propia**

## **CAPÍTULO V**

### **INTERPRETACION DE RESULTADOS**

#### **5.1. Interpretación de la Evaluación del PCI**

Una vez realizada la evaluación se obtuvieron los índices y condiciones de las tablas 33, 34,35 y 36 que reflejan el estado del pavimento en las secciones delimitadas al inicio de la investigación. Agrupando estos valores en función al tramo al que pertenecen se determinó que el primer tramo que se ubica entre la calle Real y el Jr. Arequipa se encuentra en un estado “muy malo” y el segundo que se ubica entre el Jr. Arequipa y la Av. Huancavelica se encuentra en un estado Bueno.

#### **5.2. Interpretación del Estudio de Trafico**

Según el conteo vehicular realizado durante una semana por 24h se obtuvo un total de 6485 vehículos que transitan por día y tras el cálculo adecuado se obtuvo un total de 8'783,974.31 repeticiones de ejes equivalentes que califican al tráfico de la vía en estudio con un Tp9 según el Manual de Carreteras.

#### **5.3. Interpretación de los estudios de Suelos**

La excavación de calicatas permitió determinar la estructura del pavimento y el tipo

de suelo de fundación, que en este caso es de arcillas inorgánicas de baja plasticidad cuyos parámetros clasifican a este en un suelo pobre e incapaz de resistir el paquete estructural.

#### 5.4. Propuesta de Alternativas de Solución

Las alternativas de solución se harán por tramos debido a que presentan niveles de deterioro distintos.

##### 5.4.1. Tramo Calle Real-Jr. Arequipa

Según el valor del PCI obtenido en la evaluación de este tramo, las actividades recomendadas son las de mantenimiento y rehabilitación o una reconstrucción parcial o total de la estructura del pavimento.

Para lo cual se hizo una propuesta de mantenimiento y rehabilitación, así como un nuevo diseño de pavimento que sea capaz de cumplir con los parámetros estructurales necesarios.

##### 5.4.1.1. Mantenimiento y Rehabilitación

**Tabla 35** *Actividades de Mantenimiento y Rehabilitación para el tramo entre la Calle Real - Jr. Arequipa*

	Severidad	Alto	Medio	Bajo
1	Piel de Cocodrilo(m2)	(parchado profundo)	(parchado profundo)	(parchado superficial)
		11.61	69.66	39.14
7	Grieta de borde(ml)	(parchado profundo)	(parchado profundo)	(sellado de grietas)
		18.99	10.50	8.23
10	Grietas long. Y transversal(ml)	(parchado profundo)	(parchado profundo)	(sellado de grietas)
		1.31	7.06	4.23
11	Parcheo(m2)	(parchado profundo)	(parchado profundo)	(bacheo superficial)
		53.12	151.22	86.96
13	Huecos(m2)	(parchado profundo)	(parchado profundo)	(bacheo superficial)
		157.64	18.61	13.34
17	Grieta Parabólica(m2)	(parchado profundo)	(parchado profundo)	(sellado de grietas)
		2.15	2.38	0.00
18	Hinchamiento	(no se hace nada)	(no se hace nada)	(no se hace nada)
		0.00	0.00	1.99
19	Desprendimiento de Agregados	(tratamiento superficial )	(tratamiento superficial )	(tratamiento superficial )
		72.76	302.82	116.04

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 36** Costo de Actividades de Mantenimiento y Rehabilitación para el tramo entre la Calle Real - Jr. Arequipa

<b>Actividades</b>	<b>Precio por m2</b>
Parchado Profundo	S/.145.53
Parchado Superficial	S/.73.37
Sellado de Grietas	S/.8.64
Tratamiento superficial	S/.8.64
<b>Presupuesto total</b>	<b>S/.134,799.41</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.1.2. Diseño de Pavimento Flexible Convencional

**Tabla 37** Propuesta de Diseño del Pavimento Flexible

<b>PAVIMENTO FLEXIBLE</b>	
<b>CAPAS</b>	<b>ESPESOR</b>
Carpeta Asfáltica en caliente	12.50 cm
Base Granular	25 cm
Sub base granular	25 cm
<b>Costo por m2</b>	<b>S/.146.49</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.1.3. Diseño de Pavimento Flexible con Mejoramiento de la Sub rasante

**Tabla 38** Propuesta de Diseño de Pavimento Flexible con Mejoramiento de la sub rasante

<b>PAVIMENTO FLEXIBLE</b>	
<b>CAPAS</b>	<b>ESPESOR</b>
Carpeta Asfáltica en caliente	5 cm
Base Granular	20 cm
Sub base granular	15 cm
Sub rasante mejorada	10 cm
<b>Costo por m2</b>	<b>S/.113.75</b>

Fuente: Elaboración Propia

## 5.4.2. Tramo Jr. Arequipa-Av. Huancavelica

### 5.4.2.1.Mantenimiento y Rehabilitación

**Tabla 39** Actividades de Mantenimiento y Rehabilitación para el tramo entre el Jr. Arequipa- Av. Huancavelica

Severidad		Alta	Media	Baja
1	Piel de Cocodrilo(m2)	(parchado profundo)	(parchado profundo)	(parchado superficial)
		6.09	3.24	1.56
6	Depresión(m2)	(no se hace nada)	(bacheo superficial)	(bacheo superficial)
		0.00	2.42	0.87
7	Grieta de borde(ml)	(parchado profundo)	(parchado profundo)	(sellado de grietas)
		0.00	3.25	0.00
10	Grietas long. Y transversal(ml)	(parchado profundo)	(parchado profundo)	(sellado de grietas)
		2.47	33.98	13.23
11	Parcheo(m2)	(parchado profundo)	(parchado profundo)	(bacheo superficial)
		1.85	9.97	1.12
13	Huecos(m2)	(parchado profundo)	(parchado profundo)	(bacheo superficial)
		20.14	0.00	78.91
14	Cruce de vía férrea(m2)	(bacheo superficial)	(bacheo superficial)	(no se hace nada)
		12.55	3.30	0.00
17	Grieta Parabólica(m2)	(parchado profundo)	(parchado profundo)	(sellado de grietas)
		0.00	0.94	0.00
19	Desprendimiento de Agregados(m2)	(tratamiento superficial )	(tratamiento superficial)	(tratamiento superficial )
		0.00	2053.03	119.56

Fuente: Elaboración Propia

### Presupuesto de las Actividades de Mantenimiento y Rehabilitación para el tramo entre el Jr. Arequipa- Av. Huancavelica

Actividades	Precio por m2
Parchado Profundo	S/.145.53
Parchado Superficial	S/.73.37
Sellado de Grietas	S/.8.64
Tratamiento superficial	S/.8.64
<b>Presupuesto total</b>	<b>S/.98,080.09</b>

Fuente: Elaboración Propia

## CAPITULO VI

### VERIFICACION DE HIPOTESIS

Después de la evaluación por el método del PCI del tramo de la vía en investigación se hizo el análisis de los datos respectivos para responder las interrogantes de la investigación y comprobar la veracidad de las hipótesis.

**6.1. Para Hipótesis General:** La hipótesis planteada no es correcta, debido a que las alternativas de solución propuestas se realizaran por tramos ya que hubo una gran diferencia en cuanto al estado de la superficie de rodadura se refiere.

**Tabla 40** *Correlación de las zonas de mantenimiento y rehabilitación con el PCI y la escala de condiciones*

<b>Zona de Mantenimiento y Rehabilitación</b>	<b>PCI</b>	<b>Escala</b>
Menor	100	Excelente
	85	Muy Bueno
Menor (Rutinario) Mayor (Efectivo)	70	Bueno
	55	Regular
Mayor	40	Malo
Mayor (Correctivo) Reconstrucción	25	Muy Malo
	10	Fallado

*Nota.* Tomado de "Manual de Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos Flexibles por Ing. Augusto Jugo B, 2005.

Como se puede apreciar en la tabla 40, el primer tramo de la calle Real al Jr. Arequipa recibirá un mayor mantenimiento y rehabilitación o una reconstrucción y el segundo tramo entre el Jr. Arequipa y la Av. Huancavelica necesitaran únicamente de una Rehabilitación mayor.

**6.2. Para hipótesis Específica “A”:** La hipótesis no es correcta debido a que no se puede determinar la condición general del pavimento de la Av. Leoncio Prado tramo entre la calle Real y la Av. Huancavelica, así que se hizo la evaluación por tramos encontrando el primero en una condición muy mala y el segundo en una buena condición.

**6.3. Para Hipótesis Específica “B”:** La Hipótesis planteada es errónea, una vez realizada la evaluación se encontró que la falla más recurrente es el parcheo o bacheo que se presenta en 388 oportunidades. La alta presencia de este tipo de falla indica que el pavimento no cuenta con una estructura adecuada, ya que encontrar gran cantidad de Parcheos da a entender que el pavimento siempre ha estado sometido a reparaciones puesto que esta actividad es la alternativa de solución a la gran mayoría de fallas, esencialmente para los huecos, falla cuyo origen se produce por una ineficiente carpeta asfáltica o por insuficiencia estructural.

**6.4. Para Hipótesis Especifica “C”:** La hipótesis planteada es errónea, ya que el área total del Pavimento que se ve afectado por las fallas es del 34.06%. El área del primer tramo afectada por las fallas es de 27% y el área del segundo tramo es de 39%.

## CONCLUSIONES

1. Para el primer tramo de la vía en estudio las alternativas de solución son actividades de mantenimiento y rehabilitación o una reconstrucción y para el segundo tramo una rehabilitación que sirva como correctivo a las fallas que empiezan a manifestarse.
2. El tramo Calle Real-Jr. Arequipa presenta una condición de pavimento muy mala con un valor PCI de 24 y el tramo Jr. Arequipa-Av. Huancavelica se encuentra en buen estado con un valor de PCI de 61.
3. La falla que más veces se repite en la vía de estudio es el parcheo o Bacheo, debido a la gran cantidad de huecos y grietas que se manifestaron en el pavimento del tramo Calle Real-Jr. Arequipa.
4. Se calculó que el área afectada por las fallas en el tramo Calle Real-Jr. Arequipa es de 27% y el área dañada en el tramo Jr. Arequipa-Av. Huancavelica es 39%; sin embargo las falla en el segundo tramo son solo de severidad baja y media.

## **RECOMENDACIONES**

- 1 Para el primer tramo que va de la calle Real al Jr. Arequipa se recomienda realizar una reconstrucción total de la estructura del pavimento por la gravedad de las fallas que se manifestaron en este.
- 2 Para evitar el origen de los Parcheos y Huecos se recomienda realizar la construcción del pavimento con materiales que cumplan las especificaciones técnicas y seguir el procedimiento constructivo indicado en el expediente técnico.
- 3 Se recomienda realizar un tratamiento superficial en el pavimento del tramo Jr. Arequipa-Av. Huancavelica para evitar que el desgaste reduzca el nivel de serviciabilidad del pavimento y ayude a alcanzar su tiempo de vida útil.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS

1. Jhessy Elian Camposano Olivera y Kenny Víctor García Cárdenas (2012). Diagnóstico el Estado Situacional de la vía: Av. Argentina – Av. 24 de Junio por el método: Índice de Condición de Pavimentos – 2012.
2. Armando Medina Palacios y Marcos De La Cruz Puma (2015). Evaluación Superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI.
3. Edgar Daniel Rodríguez Velásquez (2009). Cálculo del Índice de condición del pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla.
4. Viviana Elizabeth Higuera Bonilla, (2015). El estado de las vías de pavimento rígido y su incidencia en la circulación del tráfico pesado de la planta Holcim Latacunga del Cantón Latacunga Provincia de Cotopaxi.
5. Ricardo Tabares Gonzales y Eduardo MBA Lozano (2005). Diagnóstico de Vía Existente y Diseño del Pavimento Flexible de la Vía Nueva Mediante Parámetros Obtenidos del Estudio en Fase I de la Vía Acceso al Barrio Ciudadela del Café – Vía la Badea.
6. Alfonso Montejo Fonseca (2002). Ingeniería de Pavimentos para Carreteras (2da ed.). Bogotá D.C.
7. Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela (2002) Pavement Condition Index (PCI)
8. Traducción español. Norma ASTM 5340-98 Método de Evaluación del PCI
9. Manual de Carreteras Conservación Vial 2013
10. Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014.
11. Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández –Collado, Pilar Baptista Lucio, Metodología de la Investigación. Cuarta Edición. México: Mc Graw Hill; 2006.

## **ANEXOS**

ANEXO N° 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANEXO N° 2 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

ANEXO N° 3 CERTIFICADOS DE ENSAYOS DE MUESTRAS

ANEXO N° 4 VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

ANEXO N° 5 ESTUDIO DE TRÁFICO

ANEXO N° 6 CURVAS PARA EL CALCULO DE VALOR DEDUCIDO DEL  
MÉTODO DEL PCI

ANEXO N° 7 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE LA PROPUESTA DE LOS  
PAVIMENTOS

ANEXO N° 8 HOJAS DE EVALUACION DEL METODO PCI

ANEXO N° 9 PRESUPUESTO, METRADOS Y ANALISIS DE COSTOS

UNITARIOS

ANEXO N° 10 PANEL FOTOGRAFICO

ANEXO N° 11 PLANOS

