



UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES
CHIMBOTE

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**“DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS
PATOLOGIAS DE LA CAPA DE RODADURA DEL
PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CALLE NICOLAS DE
PIEROLA CUADRA 4 Y 5, PROVINCIA DE SULLANA,
DEPARTAMENTO DE PIURA, ABRIL - 2014”**

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

AUTOR

RUMICHE ZAMBRANO, MANUEL ENRIQUE

ASESOR

CHILON MUÑOZ, CARMEN

PIURA – PERÚ

2017

2. HOJA DE FIRMA DEL JURADO DE TESIS:

**MGTR. MIGUEL A. CHAN HEREDIA
PRESIDENTE DEL JURADO**

**MGTR. WILMER CORDOVA CORDOVA
SECRETARIO DEL JURADO**

**ING. MANUEL E. SILVA ADRIANZEN MIEMBRO
DEL JURADO**

AGRADECIMIENTO

La presente investigación agradezco a DIOS por permitirme lograr este paso importante en mi vida.

A mi familia, gracias a sus consejos y apoyo incondicional crecí como persona.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis en especial a una persona que desde arriba guía mis pasos mi abuelo y a mis padres y hermanos.

También dedico mi presente trabajo de investigación, a todos los docentes por su grano de arena en mi formación académica y profesional.

RESUMEN

El objetivo es aplicar el método PCI para determinar el Índice de Condición de Pavimento en la Calle Nicolás de Piérola, las cuadras cuatro y cinco, han sido analizadas a detalle para identificar las fallas existentes y cuantificar el estado de la vía.

Inicia con una introducción a la problemática y soluciones de los pavimentos existentes en la provincia de Sullana.

Segundo tenemos los antecedentes (internacionales, nacionales y locales), también concepto básico del pavimento, su clasificación y fallas y/o daños más comunes que deterioran a los pavimentos urbanos flexibles. Así mismo, se detalla los conceptos del método de medición del PCI y su correcta aplicación.

En la tercera parte, se presentan los resultados y análisis de resultados para cada unidad de muestra inspeccionada.

Al finalizar, presenta las conclusiones y recomendaciones de la presente investigación. Se concluye que la Calle Nicolás de Piérola tiene un pavimento de estado MUY MALO, con un PCI ponderado de 21, que ha sido dividida en 2 secciones. Esta condición del pavimento como se muestra, nunca ha tenido una reparación del estado de la vía, por lo que necesita una reparación urgente en ese sector de Sullana.

Se encontraron fallas fueron de tipo funcional, en algunos sectores de la vía analizada que no afectan al tránsito normal de vehículos, en otros sectores si por el nivel de dificultad que tiene ese pavimento para que puedan transitar con normalidad los vehículos.

ABSTRACT

The objective is to apply the PCI method to determine the Pavement Condition Index at Nicolás de Piérola Street, blocks four and five, have been analyzed in detail to identify existing faults and quantify the condition of the road.

It begins with an introduction to the problems and solutions of existing pavements in the province of Sullana.

Second, we have the background (international, national and local), also basic concepts of pavement, their classification and common faults and / or damages that deteriorate to flexible urban pavements. Also, the concepts of the method of measuring the PCI and its correct application are detailed.

In third part, the results and analysis of results are presented for each sample unit inspected.

At the end, it presents the conclusions and recommendations of the present investigation. It is concluded that Nicolás de Piérola Street has a VERY BAD state pavement, with an average PCI of 20.75, which has been divided into 2 sections. This condition of the pavement as shown, has never had a repair of the condition of the road, reason why it needs an urgent repair in that sector of Sullana.

Failures were found to be functional in some sectors of the road analyzed that do not affect the normal traffic of vehicles, in other sectors if by the level of difficulty that pavement has so that they can walk with normality vehicles.

CONTENIDO

1. TITULO DE LA TESIS	i
2. HOJA DE FIRMA DEL JURADO Y ASESOR	ii
3. HOJA DE AGRADECIMIENTO Y/O DEDICATORIA	
Agradecimiento	iii
Dedicatoria	iv
4. RESUMEN Y ABSTRACT	
Resumen	v
Abstract	vi
5. CONTENIDO	vi
6. INDICE DE GRAFICOS, TABLAS Y CUADROS	
6.1 Índice de Gráficos	ix
6.2 Índice de Tablas	xi
6.3 Índice de Cuadros	xi
I. INTRODUCCION	13
II. REVISION DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES	
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	15
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	16
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	17
2.2. BASES TEORICAS DE LA INVESTIGACION	
2.2.1. DEFINICIÓN DE PAVIMENTO	18
2.2.2. CLASIFICACION DE PAVIMENTOS Y CARACTERISTICAS	18
2.2.3. INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)	20
2.2.3.1. Descripción del Método	20
2.2.3.2. Terminología	20
2.2.3.3. Materiales e Instrumentos	21
2.2.3.4. Muestreo y unidades de muestra	23
2.2.3.5. Procedimiento de inspección	25
2.2.3.6. Aplicación del Método	26

2.2.4. NIVELES Y CLASIFICACION DE FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	33
2.2.4.1. Fisuras y grietas	33
2.2.4.2. Deformaciones superficiales	38
2.2.4.3. Desintegración o desprendimientos	45
2.2.4.4. Afloramientos y otras fallas	47
III. METODOLOGIA	
3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACION	48
3.2. POBLACION Y MUESTRA	49
3.3. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	51
3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS	52
3.5. PLAN DE ANALISIS	52
3.6. MATRIZ DE CONSISTENCIA	53
3.7. PRINCIPIOS ETICOS	54
IV. RESULTADOS	
4.1. RESULTADOS	54
4.2. ANALISIS DE RESULTADOS	101
V. CONCLUSIONES	105
ASPECTOS COMPLEMENTARIOS	107
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	108
ANEXOS	110

6. INDICE DE GRAFICOS, TABLAS Y CUADROS

6.1. INDICE DE GRAFICOS

Gráfico N° 01: Estructura típica de un pavimento asfaltico (flexible)	18
Gráfico N° 02: Estructura típica de un pavimento rígido.	19
Gráfico N° 03: Estructura típica de un pavimento articulado	20
Gráfico N° 04: Odómetro Manual	21
Gráfico N° 05: Regla de aluminio	22
Gráfico N° 06: Cordel	22
Gráfico N° 07: Curvas de valor deducido de fallas para pavimentos asfalticos	27
Gráfico N° 08: Ajuste del número de valores deducidos (m)	29
Gráfico N° 09: Curvas de corrección del valor deducido para pavimentos flexibles	31
Gráfico N° 10: Piel de cocodrilo	34
Gráfico N° 11: Fisuras o grietas en bloque	34
Gráfico N° 12: Fisuras de reflexión de junta	35
Gráfico N° 13: Fisuras de borde	36
Gráfico N° 14: Fisura longitudinal	37
Gráfico N° 15: Fisura transversal	37
Gráfico N° 16: Fisura parabólica o por deslizamiento	38
Gráfico N° 17: Abultamientos y hundimientos	39
Gráfico N° 18: Corrugación	40
Gráfico N° 19: Depresión	40
Gráfico N° 20: Desnivel Carril – Berma	41
Gráfico N° 21: Parche	42

Gráfico N° 22: Corte Utilitario	42
Gráfico N° 23: Ahuellamiento	43
Gráfico N° 24: Desplazamiento	44
Gráfico N° 25: Hinchamiento	44
Gráfico N° 26: Baches	45
Gráfico N° 27: Agregado Pulido	46
Gráfico N° 28: Peladura por intemperismo y desprendimientos de agregados	47
Gráfico N° 29: Exudación	47
Gráfico N° 30: Mapa de Muestreo	50
Gráfico N° 31: Porcentaje acumulado de fallas, de la unidad de muestra 1	60
Gráfico N° 32: PCI de la unidad de muestra 1	60
Gráfico N° 33: Presentacion de baches de severidad media	61
Gráfico N° 34: Presentacion de ahuellamiento de severidad media	61
Gráfico N° 35: Presentacion de peladura por intemperismo de severidad media	62
Gráfico N° 36: Porcentaje acumulado de fallas,de la unidad de muestra 2	69
Gráfico N° 37: PCI de la unidad de muestra 2	69
Gráfico N° 38: Presentacion de peladura por intemperismo de severidad media	70
Gráfico N° 39: Presentacion de parche de severidad alta	70
Gráfico N° 40: Presentacion de bache de severidad media	71
Gráfico N° 41: Porcentaje acumulado de fallas, de la unidad de muestra 3	77
Gráfico N° 42: PCI de la unidad de muestra 3	77
Gráfico N° 43: Presentacion de fisura parabolica o por deslizamiento de severidad alta	78
Gráfico N° 44: Presentacion de fisura bache de severidad alta	78
Gráfico N° 45: Porcentaje acumulado de fallas, de la unidad de muestra 4	84
Gráfico N° 46: PCI de la unidad de muestra 4	84
Gráfico N° 47: Presentacion baches de baja y media severidad	85
Gráfico N° 48: Presentacion de peladura por intemperismo de media severidad	85
Gráfico N° 49: Porcentaje acumulado de fallas, de la unidad de muestra 5	91
Gráfico N° 50: PCI de la unidad de muestra 5	91
Gráfico N° 51: Presentación de parche de corte utilitario de media severidad	92
Gráfico N° 52: Presentación de peladura por intemperismo de media severidad	92

Grafico N° 53: Presentación de baches de media y alta severidad	93
Gráfico N° 54: Porcentaje acumulado de fallas, de la unidad de muestra 6	99
Gráfico N° 55: PCI de la unidad de muestra 6	99
Grafico N° 56: Presentación de bache y peladura de media severidad	100
Grafico N° 57: Presentación de parche y bache de media severidad	100
Gráfico N° 58: Estado real de Nicolás de Piérola, muestra 3, sección 2	103
Gráfico N° 59: Estado real de Nicolás de Piérola, muestra 1, sección 1	104
Gráfico N° 60: Resumen de valores del PCI según unidad de muestra	104
Gráfico N° 61: Intersección entre Nicolás de Piérola y trans. Piura	105
Gráfico N° 62: Calzada con falla de baches y corrugación	110
Gráfico N° 63: Calzada con falla de corrugación	110
Gráfico N° 64: Calzada con falla de peladura y baches	111
Gráfico N° 65: Calzada con falla de parches, peladura, corrugación y baches	111
Gráfico N° 66: Calzada con falla de parches, baches	112
Gráfico N° 67: Calzada con falla de baches, fisura de borde	112

6.2. INDICE DE TABLAS Tabla N° 01: Hoja de Registro en vías de pavimento flexible**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla N° 02: Ejemplo de hoja de Registro en una vía de pavimento flexible	29
Tabla N° 03: Hoja de Registro de la unidad de muestra U-1, sección 1	59
Tabla N° 04: Hoja de Registro de la unidad de muestra U-2, sección 1	68
Tabla N° 05: Hoja de Registro de la unidad de muestra U-3, sección 2	78
Tabla N° 06: Hoja de Registro de la unidad de muestra U-4, sección 2	86
Tabla N° 07: Hoja de Registro de la unidad de muestra U-5, sección 2	94
Tabla N° 08: Hoja de Registro de la unidad de muestra U-6, sección 2	103

6.3. INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01: Calculo del PCI en un pavimento flexible	29
Cuadro N° 02: Niveles de severidad para piel de cocodrilo	33
Cuadro N° 03: Niveles de severidad para fisuras en bloque	34

Cuadro N° 04: Niveles de severidad para fisuras de reflexión de juntas	35
Cuadro N° 05: Niveles de severidad para fisuras de borde	36
Cuadro N° 06: Niveles de severidad para fisuras longitudinales y transversales	37
Cuadro N° 07: Niveles de severidad para fisura parabólica o por deslizamiento	38
Cuadro N° 08: Niveles de severidad para abultamientos y hundimientos	39
Cuadro N° 09: Niveles de severidad para corrugación	39
Cuadro N° 10: Niveles de severidad para depresión	40
Cuadro N° 11: Niveles de severidad para desnivel carril – berma	41
Cuadro N° 12: Niveles de severidad para parches y parches de corte utilitario	41
Cuadro N° 13: Niveles de severidad para ahuellamientos	43
Cuadro N° 14: Niveles de severidad para desplazamientos	43
Cuadro N° 15: Niveles de severidad para hinchamiento	44
Cuadro N° 16: Niveles de severidad para baches	45
Cuadro N° 17: Niveles de severidad para agregado pulido	46
Cuadro N° 18: Niveles de severidad para peladura por intemperismo	46
Cuadro N° 19: Niveles de severidad para exudación	47
Cuadro N° 20: Muestreo de las secciones analizadas	49
Cuadro N° 21: Operacionalización de Variables	51
Cuadro N° 22: Matriz de Consistencia	53
Cuadro N° 23: CDV de la Unidad de Muestra U-1	55
Cuadro N° 24: CDV de la Unidad de Muestra U-2	63
Cuadro N° 25: CDV de la Unidad de Muestra U-3	72
Cuadro N° 26: CDV de la Unidad de Muestra U-4	79
Cuadro N° 27: CDV de la Unidad de Muestra U-5	86
Cuadro N° 28: CDV de la Unidad de Muestra U-6	94
Cuadro N° 29: Resumen de resultados según unidad muestra y sección	101
Cuadro N° 30: Resumen de resultados de la sección 1	102
Cuadro N° 31: Resumen de resultados de la sección 2	103

I. INTRODUCCION

Los pavimentos tienen un papel muy importante en el mundo, sobre todo en nuestro país, que hoy en día el volumen de vehículos cada año aumenta, donde tenemos que diseñar un pavimento resistente a las cargas que transmite cada vehículo, de acuerdo a la forma en que se transmiten las cargas a la sub-rasante, encontramos pavimentos flexibles, pavimentos mixtos o articulado (adoquines) y rígidos.

Para obtener un pavimento flexible óptimo y duradero, el uso de los agregados debe estar en buen estado para que la mezcla sea de buena calidad. Una característica esencial del agregado es su resistencia al desgaste debido al efecto del paso de vehículos continuo, así como el efecto de trituración interna, es decir recibe cargas de manera consecutiva sobre el asfalto.

El periodo de vida de los pavimentos es variable según su diseño, proceso constructivo dado, el aproximado entre 30 años, donde presentan problemas de fallas, durante el tiempo de periodo de vida o después, los cuales pueden ser: Asentamientos diferenciales, deformaciones plásticas, factores climáticos, la intensidad del tránsito circulante, las condiciones de drenaje, etc. El pavimento se debe dar un mantenimiento periódico eficiente y económico, a partir del tercer año.

En la actualidad; existen en la Provincia de Sullana; la mayoría de las calles son pavimentadas, como también no pavimentadas (AAHH, Urbanizaciones, etc.). Existen calles con pavimentos rígidos, flexibles y articulados, el cual algunos no presentan un buen estado, se observan patologías de todo tipo.

La necesidad de mejorar el estado en que se encuentran los pavimentos en la provincia de Sullana, es una preocupación que afecta a todos los ciudadanos. La realidad que se vive es preocupante, pues es imposible tener un viaje seguro, debido a las innumerables fallas presentes en el pavimento, que lo van deteriorando poco a poco y disminuyendo su índice de serviciabilidad.

Lo ideal para la problemática que vive Sullana, es reparar el pavimento dañado y dejarlo en una condición óptima. Para conseguirlo es necesario conocer el estado real en el que

se encuentra el pavimento a reparar, para indicar exactamente que técnica aplicar. No basta con reparar las zonas con más daños, también es necesario evaluar cómo se va comportando la vía después de la reparación y saber cuándo es necesario darle el mantenimiento adecuado para no incurrir a gastos innecesarios con una reconstrucción.

Para verificar el estado de los caminos, como paso previo, se emplean diferentes índices que permiten conocer el estado real de los pavimentos, estos índices representan mediante números que indican la calidad del pavimento. En la presente investigación se empleará el índice de condición del pavimento (PCI) que consiste en determinar la calificación del pavimento por medio de la inspección visual de los daños que puedan presentarse y cuantificarlas. Cada falla presenta tres niveles de severidad (bajo, medio y alto).

Para determinar el PCI del pavimento se toma en cuenta cantidad y severidad a cada falla. Para poder evaluar correctamente estos factores se emplea un factor de ponderación que permite mostrar el grado de afectación. Estos se combinan y permiten así obtener una medida de la condición real del pavimento, este procedimiento permite estimar el índice de condición del pavimento, que varía desde cero para un pavimento en mal estado hasta cien para un pavimento en óptimo estado.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Miranda Rebolledo, Ricardo J. (2010)¹, su línea de investigación se resume en, los tipos de pavimentos existentes para el desarrollo de las calles, para mostrarles diversos tipos de decaimientos que aparecen en un pavimento, sus causas distintivas a través de su desarrollo o a lo largo de los años, además plantea los tipos de procedimientos de reparación conectados en las obras de limpieza, Demostrando sus formas de desarrollo unidas por un registro fotográfico para la comprensión más notable del procedimiento (...).

OBJETIVO GENERAL:

Reconocer las deficiencias que sufren los pavimentos flexibles y rígidos y dar respuestas a la protección y restauración del mismo, al menor costo y con el resultado más productivo y concebible.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Desarrollar un manual para conocer los debilitamientos distintivos en pavimentos y sus arreglos productivos.
- Revisión en el catálogo actual, culpas promedio en pavimentos flexibles y rígidos.
- Entregar los parámetros fundamentales de desarrollo para completar el trabajo de soporte distintivo.
- Aplicar el sistema en el Sector 1 y 2 de Valdivia, y las operaciones correctas para devolver el servicio a los pavimentos.

○ **Mba Lozano, Eduardo y Tabares Gonzales, Ricardo (2005)²**, su línea de investigación se resume en las diversas técnicas utilizadas para el trazado de las estructuras de pavimentos, según lo indicado por criterios y parámetros experimentales, semiautomáticos y equilibrados, para establecer las opciones básicas distintivas que existen aquí (...).

○ **Membrillo Fernández, Omar T. (2004)³**, su objetivo de su investigación se basó en informar sobre el uso de la estructura SMA con Viatop 66 en la

restauración de la carpeta asfáltica en la pista de carreras de los hermanos Rodríguez en la ciudad de Iztacalco de México, así como en el diseño de sistemas de compactación, Aplicaciones Viatop 66 y pruebas de control de calidad. Clarificar el trabajo que se completó en el recorrido de la ciudad, donde se realizan investigaciones de mecánica del suelo, efectos naturales y juegos (...).

- **Espinoza Rodríguez, Diego A. (2009)⁴**, su tesis se basó en buscar la temática del mantenimiento vial abordando los conceptos desde la observación en obra de los procedimientos de conservación rutinaria y periódica, realizando una descripción de estos de acuerdo con el soporte bibliográfico de documentos técnicos sobre pavimentos a nivel nacional e internacional, y afianzando los lineamientos de las normas y especificaciones para la construcción de vías (...).
- **Rodríguez Mineros Carmen E. y Rodríguez Molina José A. (2004)⁵**, su tesis se basó en las estrategias de conservación de calles, disminuye los gastos de reproducción, de mano de obra y equipo a utilizar, lo que ha llevado consigo las opciones como la extracción de los materiales que componen el pavimento y reutilizarlos, a lo que se reutiliza (...).

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

- **Huamán Guerrero, Néstor W. (2011)⁶**, su tesis dependía de la revisión que muestra la idea de la distorsión inmutable y las estructuras distintivas que se manifiestan en las capas del pavimento e incluso en el nivel de subrasidad, trayendo deficiencias tanto útiles como básicas; También se desarrolla en la información de enlace asfálticas y fundamentalmente en su conducta topográfica que nos permite utilizarla mejor como una pieza constituyente de mezclas asfálticas (...).
- **Camposano Olivera, Jhessy E. y García Cárdenas, Kenny V. (2012)⁷**, su tesis se basó en hacer un hallazgo para la actual extensión de calle Av. 24 de Junio y Av. Argentina, utilizando la técnica PCI, según los criterios y parámetros del Método de Evaluación ASTM 5340-98 de la PCI, que pone en un espectáculo el estado actual de la estructura y la superficie móvil, con un

trabajo de campo, en el cual el curso se hace, tomando nota de las culpas limitadas y decidiendo su seriedad, haciendo uso de los instrumentos de medición y la lista de la culpa para los pavimentos asfálticos, después de la decepción se juega el trabajo en la oficina con la última figura de PCI , siendo éste el paso inicial para lograr una calle pavimentada de mejor calidad y que efectivamente satisfaga su valiosa vida (...).

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

- **Gamboa Chicchón, Karla Patricia (2009)⁸**, su tesis se basó en la utilización del índice de condición del pavimento (PCI) a un área de pista en la ciudad de Piura, una prueba que puede llenar por ejemplo el uso del método de revisión ASTM D6433 en nuestra nación y como fuente de perspectiva para gobiernos locales (...).
- **Rodríguez Velásquez, Edgar Daniel (2009)⁹**, su tesis se basó en realizar el método PCI para decretar el Índice de Condición de Pavimento en la Av. Luis Montero. Mil doscientos metros lineales de pista que han sido analizados a detalle para conocer las fallas actuales y cuantificar el estado de la vía (...).

2.2. BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1. DEFINICIÓN DE PAVIMENTO

(Ingeniería de pavimentos)¹⁰

Un pavimento comprende una disposición de capas superpuestas, generalmente niveladas, que están esbozadas y realmente constituidas con materiales apropiados y adecuadamente compactados.

2.2.2. CLASIFICACION DE PAVIMENTOS Y CARACTERISTICAS

En nuestro medio los pavimentos se clasifican en: pavimentos flexibles, semirrígidos, rígidos y articulados.

Pavimentos Flexibles:

(Ingeniería de pavimentos)¹⁰. Este modelo de pavimentos está formado por una capa asfáltica bituminosa sujeta encima de dos capas elásticas, la base y la sub-base. Sin embargo, cualquiera de estas dependencias puede ser dispensada de las necesidades particulares de cada obra.



Gráfico N°01: Estructura típica de un pavimento asfáltico (flexible).

Fuente: Propia.

Pavimento Semirrígido:

(Ingeniería de pavimentos)¹⁰. Este tipo de pavimento mantiene esencialmente una estructura indistinguible de un pavimento flexible, una de sus capas se solidifica engañosamente con una sustancia añadida que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y productos químicos. La utilización de estas sustancias añadidas tiene la razón esencial para remediar o cambiar las propiedades mecánicas de los materiales cercanos que no son apropiadas para el desarrollo de las capas del pavimento, considerando que las adecuadas están en tales separaciones que ampliarían los gastos.

Pavimento Rígido:

(Quintero Jerez, Franyeli M)¹¹. Está constituido básicamente por una losa de concreto accionada por agua, sostenida sobre la subrasante o sobre una capa, del material escogido, que está por debajo de la base (sub-base) del pavimento rígido.

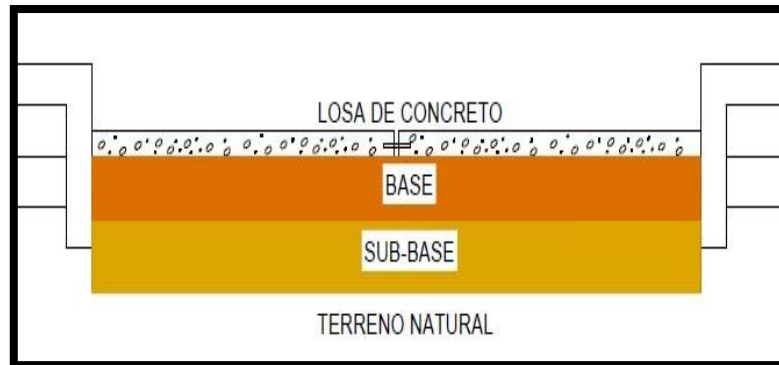


Gráfico N°02: Estructura típica de un pavimento rígido.

Fuente: Propia.

Pavimento Articulado:

(Quintero Jerez, Franyeli M)¹¹. Se componen de una capa rodadura que está hecha de bloques sólidos pre-fabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme y equivalentes entre sí. Esto puede ir sobre una capa de arena a la subrasante, dependiente de la naturaleza de esto y la extensión y recurrencia de cargas por dicho pavimento.

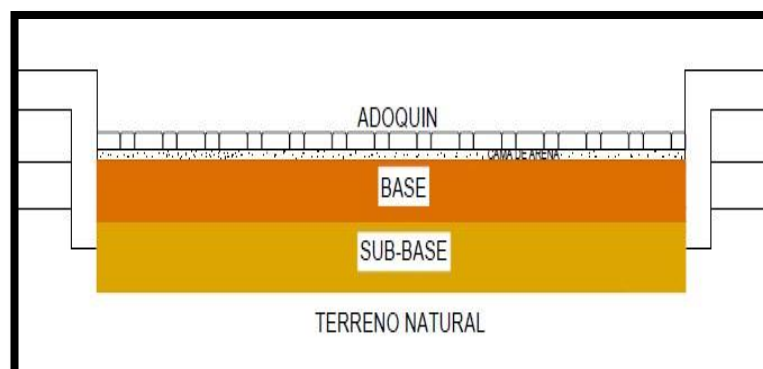


Gráfico N° 03: Estructura típica de un pavimento articulado.

Fuente: Propia.

2.2.3. ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)

2.2.3.1. Descripción del Método

(Rodríguez Velásquez, Edgar D.)⁸

El índice de condición de pavimento (PCI) es un archivo numérico que cambia de cero y cien, usado para mostrar el estado de una calle, donde cero demuestra un pavimento fallado y cien en condiciones fenomenales. Esta técnica se utiliza ampliamente como parte de ingeniería del transporte.

El PCI no puede medir la resistencia al deslizamiento, la dureza o límite estructural del pavimento, sino que sólo da un aprendizaje de la información sobre el estado real de la calle. El PCI se revisa periódicamente constantemente para aumentar la tasa de debilitamiento del pavimento y para tomar las medidas restauradoras esenciales.

2.2.3.2. Terminología

(Rodríguez Velásquez, Edgar D.)⁸

- ✦ **Red de pavimento:** es la disposición de los pavimentos a ser manejada, es una sola entidad y presenta una función particular. Por ejemplo, un terminal aéreo (aeropuerto) o una carretera.
- ✦ **Tramo de pavimento:** es una pieza identificable de la red de pavimento. Por ejemplo, un camino, calle o escenario (plataforma).
- ✦ **Sección de pavimento:** es una región de pavimento en desarrollo, apoyo, uso y condición física. El área debe tener una medida hasta el volumen de tráfico y la potencia de carga.
- ✦ **Unidad de muestra del pavimento:** es una ramificación de un área de pavimento que presenta una medida estándar va desde 225 +/- 90 m² para pavimentos flexibles.
- ✦ **Muestra al azar:** es una muestra del área de pavimento, escogida para ser observada mediante el sistema de muestreo aleatorio.
- ✦ **Muestra adicional:** es una muestra observada complementaria a las muestras escogidas al azar concluyendo en la agregación de unidades de muestra no representativas en la evaluación del pavimento.

2.2.3.3. Materiales e Instrumentos

(Rodríguez Velásquez, Edgar D.)⁸

- ✦ **Odómetro Manual:** herramienta utilizada para la medición de distancias en calles, carreteras, caminos, etc.



Gráfico N° 04: Odómetro Manual

- ✦ **Regla o Cordel:** mide la deformidad tanto longitudinal y transversal del pavimento estudiado.

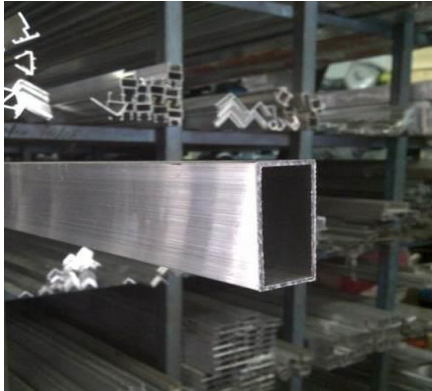


Gráfico N° 05: Regla de aluminio



Gráfico N° 06: Cordel

- ✦ **Plano de Distribución:** plano donde se sintetiza la red de pavimento que se evaluará.
- ✦ **Hojas de datos de campo:** escrito donde se anotará toda la averiguación obtenida durante la evaluación óptica. (Tabla N° 01)

METODO PCI						ESQUEMA					
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO											
Nombre de la via: _____				Seccion: _____				Unidad de muestra: _____			
Ejecutor: _____				Fecha: _____				Area: _____			
1. Piel de Cocodrilo	6. Depresion	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura Parabolica o por deslizamiento								
2. Exudacion	7. Fisura de borde	12. Agregado guiado	17. Hinchamiento								
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexion de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados								
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Abollamiento									
5. Corrugacion	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento									
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO			

Tabla N° 01: Hoja de registro en vías de pavimento flexible

2.2.3.4. Muestreo y unidades de muestra

(Rodríguez Velásquez, Edgar D.)⁸

El muestreo se llevará a cabo siguiendo el procedimiento detallado a continuación:

1. Reconocer segmentos o regiones en el pavimento con diversos usos en el plano de apropiación del sistema, por ejemplo, calles y aparcamientos.
2. Separar cada segmento en secciones construidos del pavimento en unidades de muestra.
3. Aislar los segmentos construidos del pavimento en las muestras.
4. Distinguir las unidades de muestra del espécimen con las evaluaciones tales que los monitores lo permitan, situar efectivamente sobre la superficie del asfalto. Es fundamental que las unidades de muestra sean efectivamente reubicables, a fin de que se pueda contemplar, verificando los datos de deficiencia existentes, filtrando las variedades de la unidad de muestra después de algún tiempo y evaluaciones futuras de un ejemplo similar si fuera necesario

5. Seleccione las unidades de muestra a evaluar. La cantidad de unidades de muestra que una investigación puede tomar como resultado: considerando todas las unidades de muestra en el segmento, varios ejemplos de unidades que no aseguran un nivel de calidad insatisfactorio del 95% o menos de unidades de muestra

✚ Todas las muestras de la sección pueden ser evaluadas para decretar el valor de PCI promedio en la sección. Este estudio es adecuado para una mejor estimación de conservación y reparaciones necesarias.

✚ El valor mínimo de muestras “n” a ser evaluadas en una sección dada, para conseguir un valor estadísticamente adecuado (95% de confiabilidad), es calculado empleando y redondeando el valor obtenido de “n” al contiguo número entero mayor y empleando la siguiente ecuación.

(ecua. N° 01)

$$n = \frac{Ns^2}{(e_1)^2(N-1) + e_2}$$

Donde:

e = error admisible en el cálculo del PCI de la sección, comúnmente, e = +/- 5 puntos del PCI
 s = desviación estándar del PCI de una muestra a otra en la sección. Al realizar la evaluación en pavimentos asfálticos se toma como desviación estándar 10. Esta deducción se comprueba después de haber decretado los números del PCI. Para subsiguientes indagaciones, la desviación estándar de la indagación anterior se usará para determinar el valor de “n”.

N = valor total de muestras en la sección.

✚ Para calcular el valor actual de la desviación estándar, después de calcular el valor de PCI de la unidad de muestra anterior, se emplea la siguiente ecuación:

(ecua. N° 02)

$$S = \left(\sum_{i=1}^n \frac{PCI_i - PCI_s}{n} \right)^2 \cdot \frac{1}{2}$$

Donde:

PCI i = valor PCI de muestras indagadas i.

PCI s = valor PCI de la sección.

n = número total de muestras indagadas.

- ✚ Calcular el mínimo número revisado de unidades, muestras a ser evaluadas haciendo uso de la desviación estándar deducida.

Si el valor de muestras revisadas es superior que el valor de muestras ya estimadas, se debe seleccionar e indagar muestras adicionales al azar. Estas unidades de muestra deben ser separadas iguales entre la sección. Se repite esta sucesión hasta que el número total de las muestras indagadas sea igual o mayor al número mínimo solicitado de las muestras “n”, utilizando la desviación estándar total de muestras real.

- ✚ Calcular el intervalo de esparcimiento de las muestras utilizando el muestreo táctico al azar. Las muestras deben ser igualmente espaciadas a través de toda la sección seleccionando la primera muestra al azar.

(*ecua. N° 03*)

$$i = N/n$$

Donde:

i = intervalo de esparcimiento.

N = valor total de muestras en la sección. n

= número de muestras a ser indagadas.

- Las unidades de muestra deben ser investigadas justo cuando se observan las deficiencias no representativas. Estas unidades de muestra son habilitadas por el usuario.

2.2.3.5. Procedimiento de Inspección

(Rodríguez Velásquez, Edgar D.)⁸ ○ Investigue cada unidad de prueba elegida por separado.

- Registre el tramo y el área numérica, así como el número y tipo de unidad de muestra (al azar o adicional).
- Registre el tamaño de la unidad de muestra medida con el odómetro manual. ○ Realice la inspección de los daños, midiendo cada nivel de seriedad y registrando la información conseguida.
- La técnica de estimación se incorpora en la representación de cada culpa.
- Repetir esta estrategia para cada unidad de muestra que se revisará.

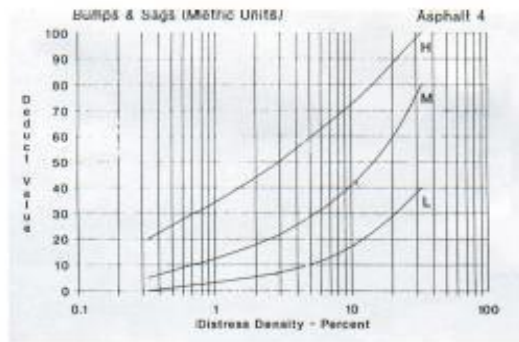
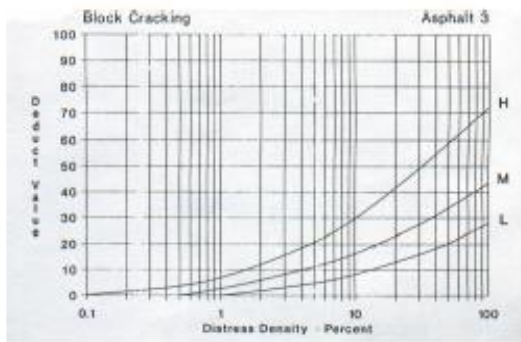
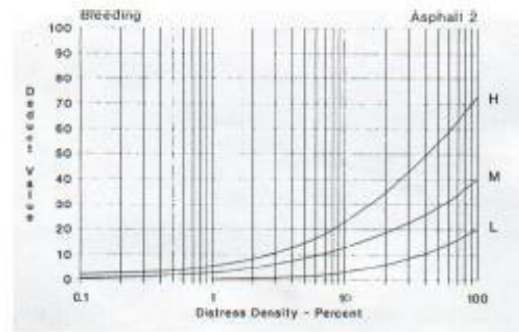
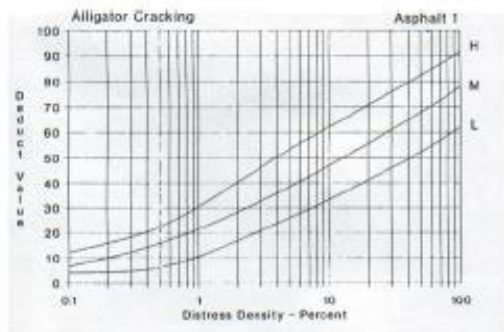
2.2.3.6. Aplicación del Método

(Rodríguez Velásquez, Edgar D.)⁸

‡ Determinación del PCI de la muestra

- a) Sumar el número total del tipo de daño, tipo de nivel de severidad encontrado, y registrar este aviso en la columna “Total de Severidades”. Por ejemplo, (Tabla N° 02) se observa que la falla piel de cocodrilo tiene 1.2 m² de pavimento de nivel bajo y 1.29 m² de nivel medio. Las unidades para las cantidades deben ser en metro cuadrado, metro lineal, o número de ocurrencia, dependiendo del tipo de patología.
- b) Dividir el número total de distintos daños para cada severidad (columna total de severidades) entre el área de la muestra y multiplicarlo por 100 obteniéndose la densidad porcentual. (Tabla N° 02)
- c) Decretar el número deducido (DV) para cada combinación de tipo de daños y severidades utilizando las curvas de valor deducido para diferente patología.

CURVAS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS



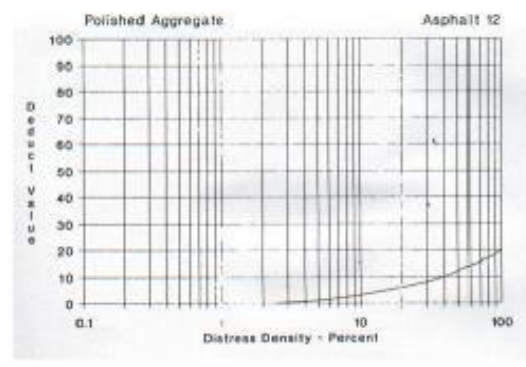
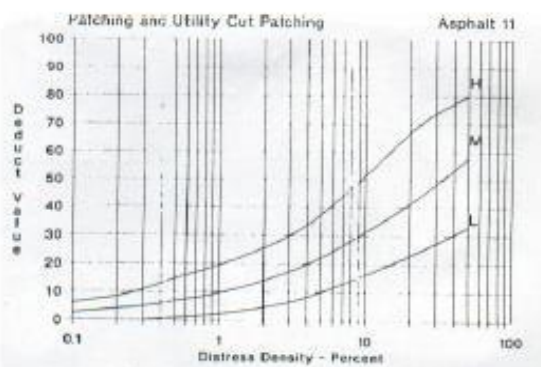
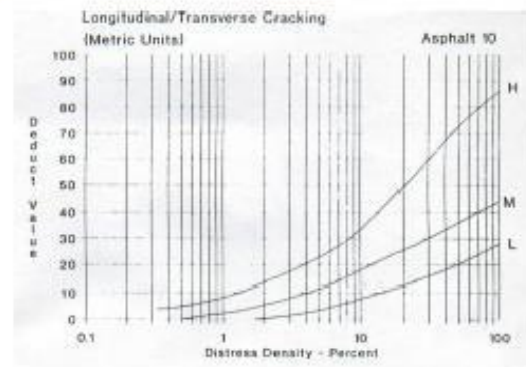
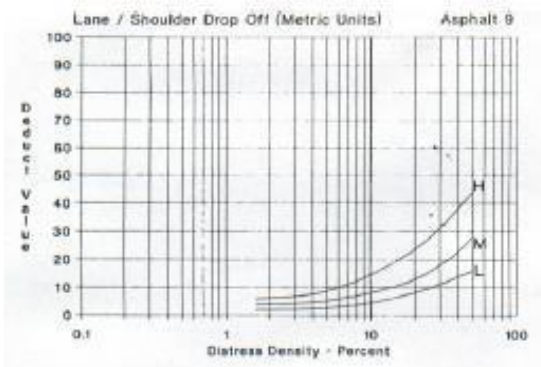
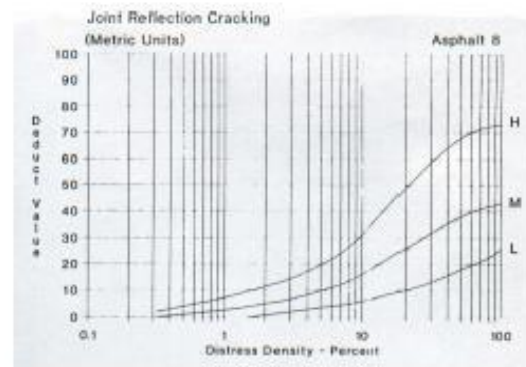
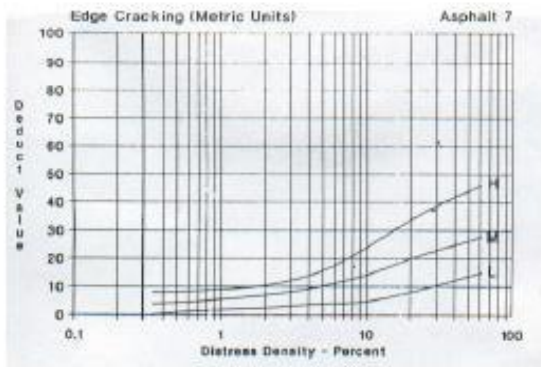
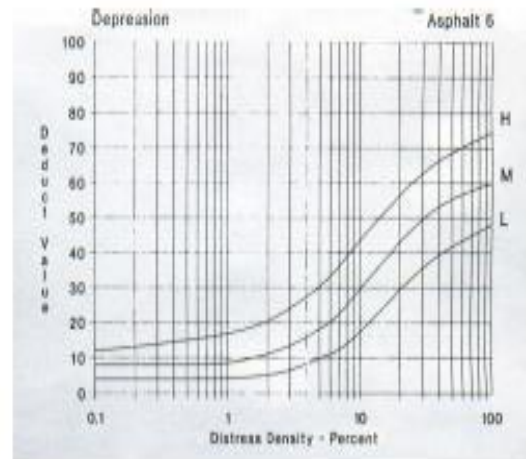
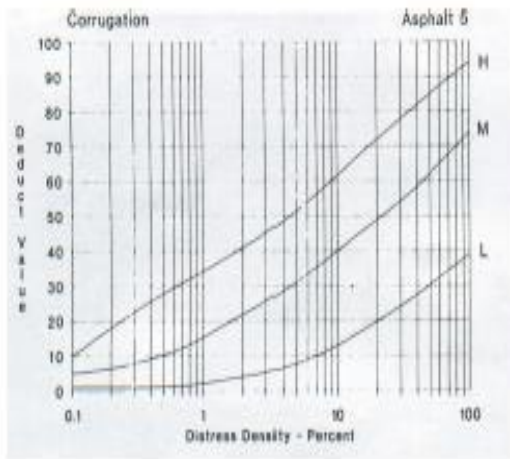


Gráfico N° 07: Curvas de valor deducido de fallas para pavimentos asfálticos.

d) Decretar el supremo valor deducido corregido (CDV), interviniendo los siguientes pasos:

- Si ningún o sólo un número deducido es superior que dos. El número total se utiliza en lugar del máximo CDV para determinar el PCI; de otra forma, el máximo CDV se decretará usando un desarrollo descrito en el siguiente punto.
- Crear una lista de números deducidos individuales colocados de mayor a menor. Por ejemplo, (Tabla N° 02) la lista será 25.1, 23.4, 17.9, 11.2, 7.9, 7.5, 6.9, y 5.3.
- Determinar el número de deducciones permisibles, “m”, o empleando la siguiente formula:

(*ecua. N° 04*)

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98} \right) 100 - HDV \leq 10$$

Donde: m = número superior admisible de números deducidos incluyendo descomposiciones (≤ 10).

HDV = superior número deducido individual para la muestra.

- La cantidad de valores deducidos individuales es reducida al máximo valido de números deducidos “m”, implicando su parte fraccionaria. Por ejemplo (Tabla N° 03), los valores son 25.1, 23.4, 17.9, 11.2, 7.9, 7.5, 6.9, y 4.8 (el 4.8 se obtiene multiplicando 5.3 por 0.9). Si presentamos un número de valores deducidos menor a “m”, se usarán todos los valores deducidos.

METODO PCI						ESQUEMA			
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la via: <u>Calle Nicolas de Pierola</u>					Seccion: <u>1</u>		Unidad de muestra: <u>U-1</u>		
Ejecutor: <u>Manuel E. Rumiche Zambrano</u>					Fecha: <u>13/03/2009</u>		Area: <u>230.9</u>		
1. Piel de Cocodrilo	6. Depresion	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura Parabolica o por deslizamiento						
2. Exudacion	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento						
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexion de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados						
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Almellamiento							
5. Corrugacion	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento							
FALLA	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1L	0.25	0.55	0.40				1.20	0.52	7.90
1M	0.72	0.57					1.29	0.56	23.40
7L	5.00	6.00	1.00				12.00	5.20	7.50
8M	4.00	3.00	2.50	1.00	2.70		13.20	5.72	25.10
11H	1.00	1.03					2.03	0.88	17.90
13L	0.09						0.09	0.04	11.20
14L	1.04	0.90					1.94	0.84	6.90
18L	23.10						23.10	10.00	5.30

Tabla N° 02: Ejemplo de hoja de registro en una vía de pavimento flexible

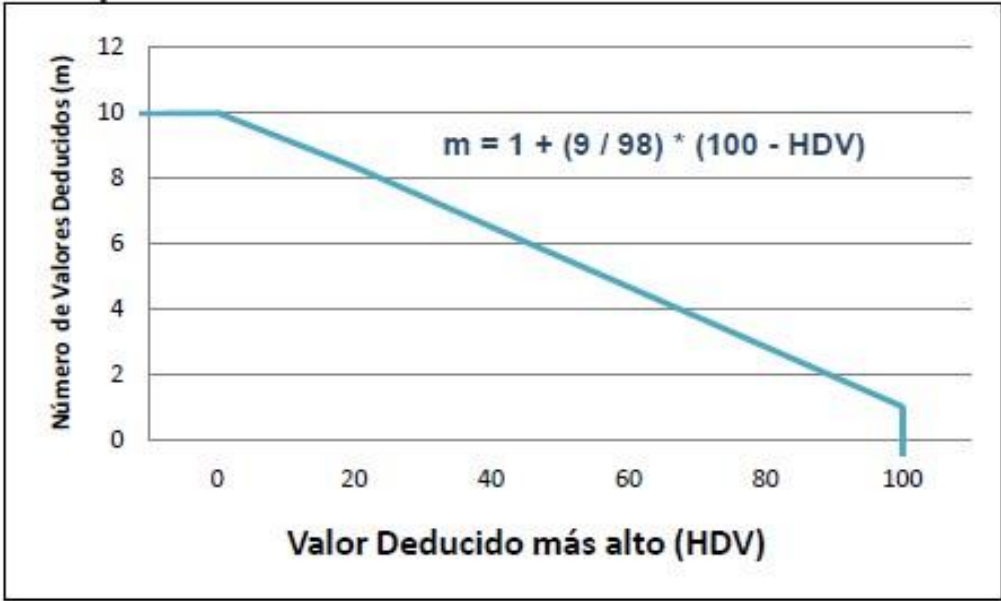


Gráfico N° 08: Ajuste del número de valores deducidos (m)

$$m = 1 + (9 / 98) * (100 - 25.1) = 7.9 < 8.0$$

$$7.9 - 7.0 = 0.9 \quad 0.9 \times 5.3 = 4.8$$

#	Valor Deducido								Total	q	CDV
1	25.1	23.4	17.9	11.2	7.9	7.5	6.9	4.8	104.7	8	51
2	25.1	23.4	17.9	11.2	7.9	7.5	6.9	2	101.9	7	50
3	25.1	23.4	17.9	11.2	7.9	7.5	2	2	97	6	46
4	25.1	23.4	17.9	11.2	7.9	2	2	2	91.5	5	47

5	25.1	23.4	17.9	11.2	2	2	2	2			85.6	4	48
6	25.1	23.4	17.9	2	2	2	2	2			76.4	3	48
7	25.1	23.4	2	2	2	2	2	2			60.5	2	49
8	25.1	2	2	2	2	2	2	2			39.1	1	38
9													

$$\begin{aligned}
 \text{Max CDV} &= 51 \\
 \text{PCI} &= \frac{\quad}{\quad} = 49 \\
 \text{Rating} &= \frac{\quad}{\quad} = \text{REGULAR}
 \end{aligned}$$

Cuadro N° 01: Calculo del PCI en un pavimento flexible

- Decretar el superior número deducido corregido (CDV) en forma iterativa (Tabla N° 03).
- Decretar el número deducido total (CDT), a través, de la operación de los valores deducidos individuales. El número deducido total que se obtiene de la suma en 4.4 es 104.7.
- Decretar “q” como el número de valores deducidos mayores a 2. Por ejemplo (Tabla N° 03) q = 8.
- Decretar el valor de CDV desde el valor deducido total (CDT) y del valor de “q” utilizado en curvas apropiadas de rectificación para pavimentos flexibles.

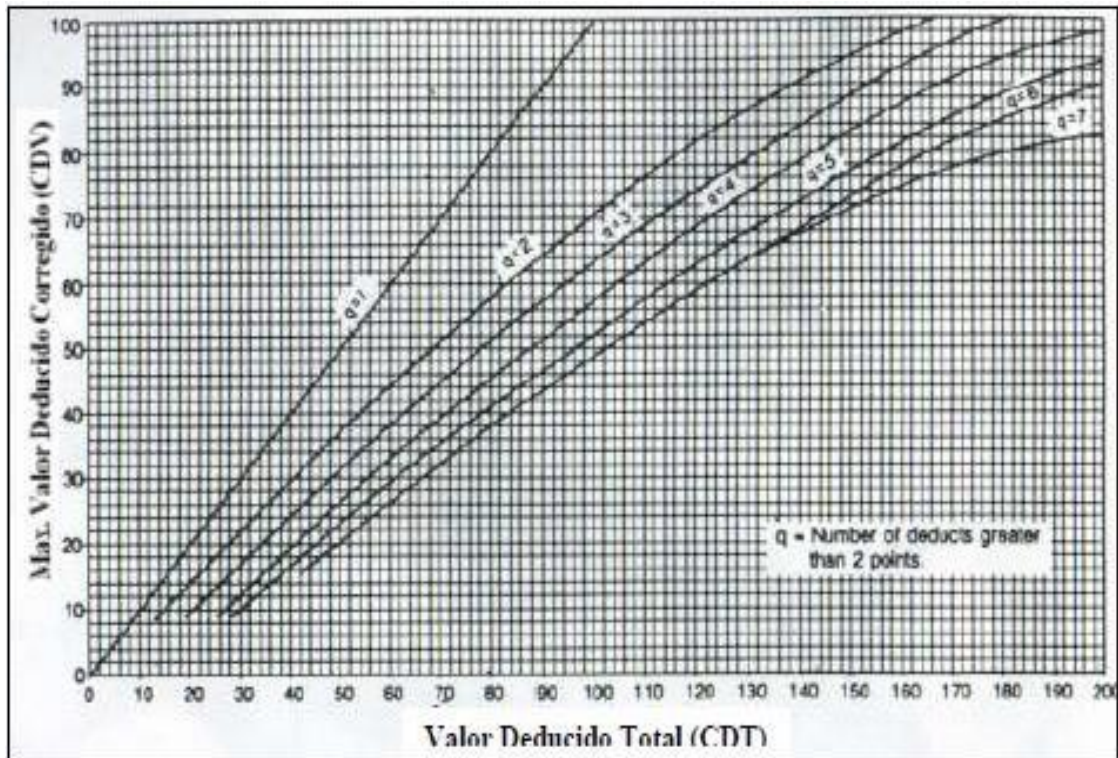


Gráfico N° 09: Curvas de corrección del valor deducido para pavimentos flexibles

- Reducir a 2 menor valor deducido individual mayor que 2 y repetir el procedimiento del primer y tercer paso anterior, hasta que “q” sea igual a 1.
- El máximo CDV es el mayor de todos los CDVs.

□ Calcular el PCI restándole a 100 el máximo CDV.

‡ **Determinación del PCI de la sección**

1. Si todas las muestras evaluadas son seleccionadas en modo aleatorio, por lo tanto, el PCI de la sección (PCIs) es evaluado como el PCI ponderado del área en que se ubican las unidades de muestra inspeccionadas en forma aleatoria (PCIr) usando la siguiente ecuación:

$$(ecua. N° 05) \sum_{i=1}^n (PCIr_i \times A_{ri})$$

$$PCIs = PCIr = \frac{\sum_{i=1}^n (PCIr_i \times A_{ri})}{\sum_{i=1}^n A_{ri}}$$

Donde:

PCIr = PCI ponderado del área de muestras evaluadas en modo aleatorio.

PCIr = PCI de la muestra aleatoria “i”.

Ari = área de la muestra aleatoria “i”.

n = número de muestras aleatorias indagadas.

Si existen muestras adicionales que se evaluaron, el PCI ponderado de área de las muestras adicionales indagadas (PCIa) es calculado el PCI de la sección de pavimento por:

(ecua. N° 06)

$$PCI_a = \frac{\sum_{i=1}^m (PCI_{ai} \times A_{ai})}{\sum_{i=1}^m A_{ai}}$$

(ecua. N° 07)

$$PCI_s = \frac{PCI_r(A - \sum_{i=1}^m A_{ai}) + PCI_a(\sum_{i=1}^m A_{ai})}{A}$$

Donde:

PCIa = PCI ponderado del área de las muestras complementaria.

PCIai = PCI de la muestra complementaria “i”.

Aai = área de la muestra complementaria “i”.

A = área de la sección.

m = número de muestras complementarias indagadas. PCIs =

PCI ponderado de la región de sección del pavimento.

2. Diagnosticar el grado de situación de la sección en conjunto haciendo uso del PCI de la sección y la escala del nivel de situación.

2.2.4. NIVELES Y CLASIFICACION DE DAÑOS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

Las fallas son provocadas por cargas exorbitantes por el movimiento del vehículo. Esta mezcla, genera el deterioro progresivo del pavimento, situación que preocupa, al no darle un tipo de conservación a la vía.

Hay dos tipos de deficiencias:

- Estructural, originan un desgaste en la estructura del pavimento, disminuyendo la fijación de las capas e influenciando su conducta contra las cargas externas.
- Las funcionales, no influyen en la transitabilidad, es decir, muestran daños leves a la superficie de rodadura.

En pavimentos flexibles las patologías son agrupados en 4 clases:

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

Así mismo, se detalla las 18 fallas más habituales, consideradas dentro de la metodología del PCI.

2.2.4.1. Fisuras y grietas

Piel de cocodrilo

(Medina Palacios, Armando)¹². Se trata de rupturas entrelazadas que enmarcan polígonos de medidas regularmente menores de 30 cm y reproducen la piel que cubre el cocodrilo o una malla de metal. Llamado también malla de gallinero.

Niveles de severidad	Und	Concepto
Leve	M2	Espesor de un cabello, paralelo entre ellas y algunas o ninguna fisura de interconexión.
Moderado		Desarrollo de fisuras, en un patrón que están ligeramente desintegradas.
Severo		Progreso de la red de fisuras, bien descritas y descascaradas en los extremos.

Cuadro N° 02: Niveles de severidad para piel de cocodrilo.



Gráfico N° 10: Piel de cocodrilo.

Fuente: Edgar Rodríguez.

Fisuras en bloque

(Medina Palacios, Armando)¹². Son rupturas que enmarcan una progresión de piezas sobre rectangular, recreando la división política de una nación, cuyas mediciones pueden ser en la vecindad de 0.1 y 10 m². Se lleva a cabo por la mezcla asfáltica muy rígida, el espesor de pavimento insuficiente, cansancio y/o deficiencia de la estructura de pavimento.

Niveles de severidad	Und	Concepto
Leve	M2	Definidos por fisuras de baja severidad.
Moderado		Definidos por fisuras de mediana severidad.
Severo		Definidos por fisuras de alta severidad.

Cuadro N° 03: Niveles de severidad para fisuras en bloque.

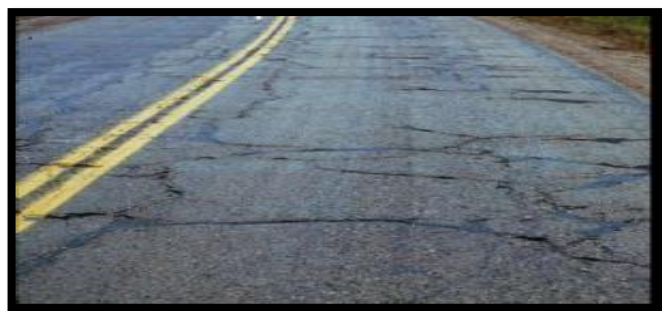


Gráfico N° 11: Fisuras o grietas en bloque.

Fuente: Edgar Rodríguez.

Fisuras de reflexión de junta

(Medina Palacios, Armando)¹². Son rupturas transversales y longitudinales entregadas por la reflexión de las juntas del pavimento rígido a la superficie de asfalto. Éstos se producen principalmente por el desarrollo de las losas de concreto debajo de la superficie asfáltica, antes de que el calor y la humedad cambie, sin relacionarse con las cargas de tránsito sometidos.

Niveles de severidad	Und	Concepto
Leve	ML	- Fisura sin relleno de ancho menor a 10 mm. - Fisura con relleno de cualquier ancho.
Moderado		- Fisura sin relleno de ancho mayor o igual a 10 mm y menor a 75 mm. - Fisura sin relleno menor o igual a 75 mm rodeada de fisuras de baja severidad. - Fisura con relleno de cualquier ancho rodeado de fisuras de baja severidad.
Severo		- Fisura con o sin henchido cerca de fisuras de severidad mediana o alta. - Fisura sin henchido de amplio mayor a 75 mm. - Fisura de cualquier amplio aproximadamente 100 mm del pavimento que lo circunda esta desprendido o fracturado.

Cuadro N° 04: Niveles de severidad para fisuras de reflexión de juntas.

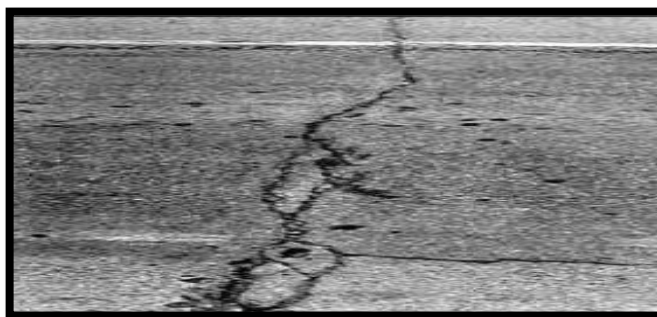


Gráfico N° 12: Fisuras de reflexión de junta.

Fuente: Edgar Rodríguez.

Fisuras de borde

(Medina Palacios, Armando)¹². Las roturas de los bordes son paralelas y están a una distancia cercana a 0,30 y 0,60 m del borde del pavimento. Se acelera por las cargas de tránsito y se puede provocar por debilitamiento de la base o sub-base cerca del borde del pavimento (ausencia de restricción o compactación de las capas inferiores a la de rodadura) y por condiciones climáticas (drenaje inadecuado).

Niveles de severidad	und	Concepto
Leve	ML	Fisuramiento de bajo o mediano sin fragmentación o desprendimiento.
Moderado		Fisuramiento mediano con presencia de fragmentación o desprendimiento.
Severo		Presencia de desintegración significativa a lo largo del borde.

Cuadro N° 05: Niveles de severidad para fisuras de borde.



Gráfico N° 13: Fisuras de borde.

Fuente: Edgar Rodríguez.

Fisuras longitudinales y transversales

(Medina Palacios, Armando)¹². Las roturas longitudinales son divisiones paralelas al eje de la pista o la línea direccional en la que se fabricó. Los transversales, en cualquier caso, son opuestos al eje del pavimento o el curso del desarrollo. Las causas son el agotamiento de la banda de rodadura de los neumáticos y la contracción de la superficie del asfalto debido a cambios en la temperatura, la solidificación del asfalto o también por una rotura de reflejo que ocurren bajo la superficie de utilización.

Niveles de severidad	Und	Concepto
Leve	ML	- Fisura sin relleno de ancho menor a 10 mm. - Fisura con relleno de cualquier ancho.

Moderado	<ul style="list-style-type: none"> - Fisura sin relleno de ancho mayor o igual a 10 mm y menor a 75 mm. - Fisura sin henchido ≤ 75 mm rodeada de fisuras en modo aleatorio, de baja severidad. - Fisura con relleno de cualquier ancho rodeado de fisuras de baja severidad y en forma aleatoria.
Severo	<ul style="list-style-type: none"> - Fisura con o sin henchido cerca de fisuras en forma aleatoria, de severidad mediana o alta. - Fisura sin henchido de amplio mayor a 75 mm. - Fisura de cualquier amplio aproximadamente 100 mm del pavimento que lo circunda esta fracturado.

Cuadro N° 06: Niveles de severidad para fisuras longitudinales y transversales.



Gráfico N° 14: Fisura longitudinal.

Fuente: Edgar Rodríguez.



Gráfico N° 15: Fisura transversal.

Fuente: Edgar Rodríguez.

Fisura parabólica o por deslizamiento

(Medina Palacios, Armando)¹². Son fracturas moldeadas en luna creciente. Se suministra cuando las ruedas que frenan o giran inician el deslizamiento o deformación de la superficie del pavimento. Este daño ocurre a la vista de una

mezcla asfáltica de baja resistencia o combinación pobre entre la superficie y la siguiente capa en la estructura de pavimento.

Niveles de severidad	Und	Concepto
Leve	M2	- Promedio de ancho de la fisura es menor a 10 mm.
Moderado		- La fisura presenta un ancho promedio ≥ 10 y < 40 mm. - El área de la fisura presenta descascaramiento moderado, o rodeado de otras fisuras.
Severo		- Ancho de fisura es > 40 mm. - Área de fisura presenta fractura en pequeñas piezas removidas.

Cuadro N° 07: Niveles de severidad para fisura parabólica o por deslizamiento.



Gráfico N° 16: Fisura parabólica o por deslizamiento.

Fuente: Edgar Rodríguez.

2.2.4.2. Deformaciones superficiales

Abultamientos y hundimientos

(Medina Palacios, Armando)¹². Los abultamientos son una progresión de levantamientos de tipo onda que, es decir, se mueven hacia arriba, y están situados a primera vista. Los hundimientos son distorsiones por el pavimento. El desmoronamiento también puede ocurrir debido a insuficiencias en la estabilidad de mezclas asfálticas y/o drenaje malo.

Niveles de severidad	Und	Concepto
Leve	ML	Se perciben pequeñas vibraciones dentro del vehículo al transitar por el área afectada.
Moderado		Se perciben significativas vibraciones dentro del vehículo al transitar por el área afectada.
Severo		Se perciben vibraciones excesivas que es necesario reducir la velocidad por seguridad y comodidad.

Cuadro N° 08: Niveles de severidad para abultamientos y hundimientos.



Gráfico N° 17: Abultamientos y hundimientos.

Fuente: Propia.

Corrugación

(Medina Palacios, Armando)¹². Serie de cimas y depresiones continuas que ocurren a intervalos genuinamente habituales (menos de 3 m). Típicamente provocado por la acción del tránsito (zonas de aceleración y frenado) unidas con una carpeta o una base precaria.

Niveles de severidad	Und	Concepto
Leve	M2	Se notan pequeñas convulsiones dentro del vehículo al transitar por el área afectada.
Moderado		Se notan significativas convulsiones dentro del vehículo al transitar por el área afectada.
Severo		Se notan convulsiones excesivas, obligado a disminuir la velocidad por seguridad.

Cuadro N° 09: Niveles de severidad para corrugación.



Gráfico N° 18: Corrugación.

Fuente: Edgar Rodríguez.

Depresión

(Medina Palacios, Armando)¹². Son áreas confinadas en la superficie del pavimento con los niveles bajos del pavimento que lo rodean. Las depresiones son simplemente inconfundibles después de la lluvia por el agua almacenada. En el pavimento seco estas pueden también ser encontrado por manchas traídas por el agua estancada. Así mismo, están formadas por el asentamiento de la sub-rasante o por un desarrollo impreciso.

Niveles de severidad	Und	Concepto
Leve	M2	Altura varia de 13 a 25 mm.
Moderado		Altura entre 25 a 50 mm.
Severo		Altura más de 50 mm.

Cuadro N° 10: Niveles de severidad para depresión.



Gráfico N° 19: Depresión

Fuente: Edgar Rodríguez.

Desnivel carril-berma

(Medina Palacios, Armando)¹². La distinción entre carril y berma es la altura (niveles) entre el borde del pavimento y la berma. Esta falla es causada por la desintegración de la berma; el asentamiento de la berma; o por poner nuevas capas en la pista, sin el cambio razonable del nivel de la berma.

Niveles de severidad	Und	Concepto
Leve	ML	Elevaciones del pavimento y berma es > 25mm y < 50 mm.
Moderado		Elevaciones del pavimento y berma es > 50mm y < 100 mm.
Severo		Elevaciones del pavimento y berma es > 100mm.

Cuadro N° 11: Niveles de severidad para desnivel carril – berma.



Gráfico N° 20: Desnivel Carril – Berma.

Fuente: Edgar Rodríguez.

Parches y parches de cortes utilitarios

(Medina Palacios, Armando)¹². Es un territorio de pavimento, que está en mal estado, y ha sido suplantado con nuevo material. Los parches también se producen mediante cortes para reparar embudos de desagüe o agua, introducción de cableado eléctrico, teléfonos y otras ocupaciones comparativas. Menciona que el uso de parches reduce el nivel de servicio de la vía.

Niveles de severidad	Und	Concepto
Leve	M2	Presenta buenas condiciones y calidad de transito son de baja severidad.

Moderado		Presenta deterioro moderado, la calidad de tránsito es de media severidad.
Severo		Presenta deterioro severo, la calidad de tránsito es de alta severidad.

Cuadro N° 12: Niveles de severidad para parches y parches de cortes utilitarios.



Gráfico N° 21: Parche.

Fuente: Propia.



Gráfico N° 22: Corte Utilitario.

Fuente: Propia.

Ahuellamientos

(Medina Palacios, Armando)¹². Depresión en el plano por las huellas de los neumáticos. Puede ser provocada por una compactación deficiente del paquete estructural, lo que provoca inseguridad en las capas permitiendo el movimiento horizontal de los materiales por las sollicitaciones del tráfico. Otras causas imaginables podrían ser una mezcla asfáltica insegura, exceso de ligante en riegos, mal diseño del paquete estructural y baja calidad de materiales o bajo control de calidad.

Niveles de severidad	Und	Concepto
Leve	M2	Profundidad entre 6 y 13 mm.
Moderado		Profundidad > 13 mm y ≤ 25 mm.
Severo		Profundidad > 25 mm.

Cuadro N° 13: Niveles de severidad para ahuellamientos.



Gráfico N° 23: Ahuellamiento.

Fuente: Propia.

Desplazamientos

(Medina Palacios, Armando)¹². Flujo longitudinal y duradero de una región limitada entregada por cargas de tránsito. El tránsito empuja contra el pavimento, produciendo una ola corta e inesperada a primera vista. Sólo sucede en mezclas asfálticas inestables. Suceden también en la confinación de los pavimentos flexibles y pavimentos rígidos de cemento Portland.

Niveles de severidad	Und	Concepto
Leve	M2	Genera gran cantidad de tránsito de baja severidad.
Moderado		Genera gran cantidad de tránsito de media severidad.
Severo		Genera gran cantidad de tránsito de alta severidad.

Cuadro N° 14: Niveles de severidad para desplazamientos.



Gráfico N° 24: Desplazamiento.

Fuente: Edgar Rodríguez.

Hinchamiento

(Medina Palacios, Armando)¹². Marca registrada por un cierre ascendente de la superficie del asfalto, una onda larga y continua con una longitud más prominente que 3.0 m. Por regla general, este daño se produce por la solidificación en la subrasante o por suelos concebible barrido.

Niveles de severidad	Und	Concepto
Leve	M2	Origina calidad de transito de baja severidad.
Moderado		Origina calidad de transito de media severidad.
Severo		Origina calidad de transito de alta severidad.

Cuadro N° 15: Niveles de severidad para hinchamiento.



Gráfico N° 25: Hinchamiento.

Fuente: Propia.

2.2.4.3. Desintegración o desprendimientos

Baches

(Medina Palacios, Armando)¹². Son pequeños depresiones en la superficie del pavimento, en su mayor parte con anchuras inferiores a 0,90 m. El desarrollo de las aberturas es acelerado por la acumulación de agua dentro de la misma. Los huecos ocurren cuando el tráfico arranca pedacitos de la superficie del pavimento. Asimismo, la estructura es inadecuada para las demandas de carga de tránsito. La descomposición del pavimento avanza a través de las mezclas superficiales pobres, los focos de la base o de la sub-rasante, o a llegado a una grave condición de piel de cocodrilo de gravedad.

Profundidad máxima del bache.	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

Cuadro N° 16: Niveles de severidad para baches.



Gráfico N° 26: Baches.

Fuente: Propia.

Agregado pulido

(Medina Palacios, Armando)¹². El agregado pulido es la pérdida de resistencia al deslizamiento del pavimento, que ocurre cuando los agregados a primera vista se desgastan. Generalmente se crean por constantes cargas vehiculares y porción insuficiente de agregado extendida sobre el asfalto.

Niveles de severidad
No existe severidades en esta falla, donde debe ser claramente notable en el trabajo de campo, y la superficie debe ser suave al tacto. (Grafico N° 24: Agregado pulido)

Cuadro N° 17: Niveles de severidad para agregado pulido.



Gráfico N° 27: Agregado Pulido.

Fuente: Edgar Rodríguez.

Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados

(Medina Palacios, Armando)¹². Descomposición superficial de la capa asfáltica debido a la pérdida del ligante y/o separación del agregado. Expande la superficie del pavimento y abre los totales a la actividad del clima y el tránsito. Razones concebibles para el daño asfalto defectuoso o endurecido y la pérdida de sus propiedades ligantes, agregados sucios y muy absorbentes, deformidades de desarrollo y la falla de agarre agregado - asfalto por el impacto de especialistas externos.

Niveles de severidad	Und	Concepto
Leve	M2	Perdida de agregados o ligante y presenta depresión en algunas áreas.
Moderado		Perdida de agregados o ligante y presentación de superficie ahuecada y rugosa.
Severo		Considerable perdida de agregados o ligante y presentación de superficie severamente ahuecada y rugosa.

Cuadro N° 18: Niveles de severidad para peladura por intemperismo.



Gráfico N° 28: Peladura por intemperismo y desprendimientos de agregados.

Fuente: Propia.

2.2.4.4. Afloramientos y otros

Exudación

(Medina Palacios, Armando)¹². Afloramiento de material bituminoso de la mezcla sobre la superficie asfáltica. Enmarca una superficie brillante, reflectante, peligrosa y pegajosa. Creado por la sustancia extrema de asfalto en la mezcla y la baja sustancia de los huecos, que con el calor son llenados por el asfalto y surge a la superficie.

Niveles de severidad	Und	Concepto
Leve	M2	Grado ligero y detectable pocos días antes del año, no se pega a los zapatos o vehículos.
Moderado		Grado moderado hasta el punto de pegarse en zapatos y vehículos pocas semanas del año.
Severo		Grado severo en forma extensa en gran cantidad de asfalto y se pega a zapatos y vehículos durante varias semanas al año.

Cuadro N° 19: Niveles de severidad para exudación.



Gráfico N° 29: Exudación

Fuente: Propia.

III. METODOLOGIA

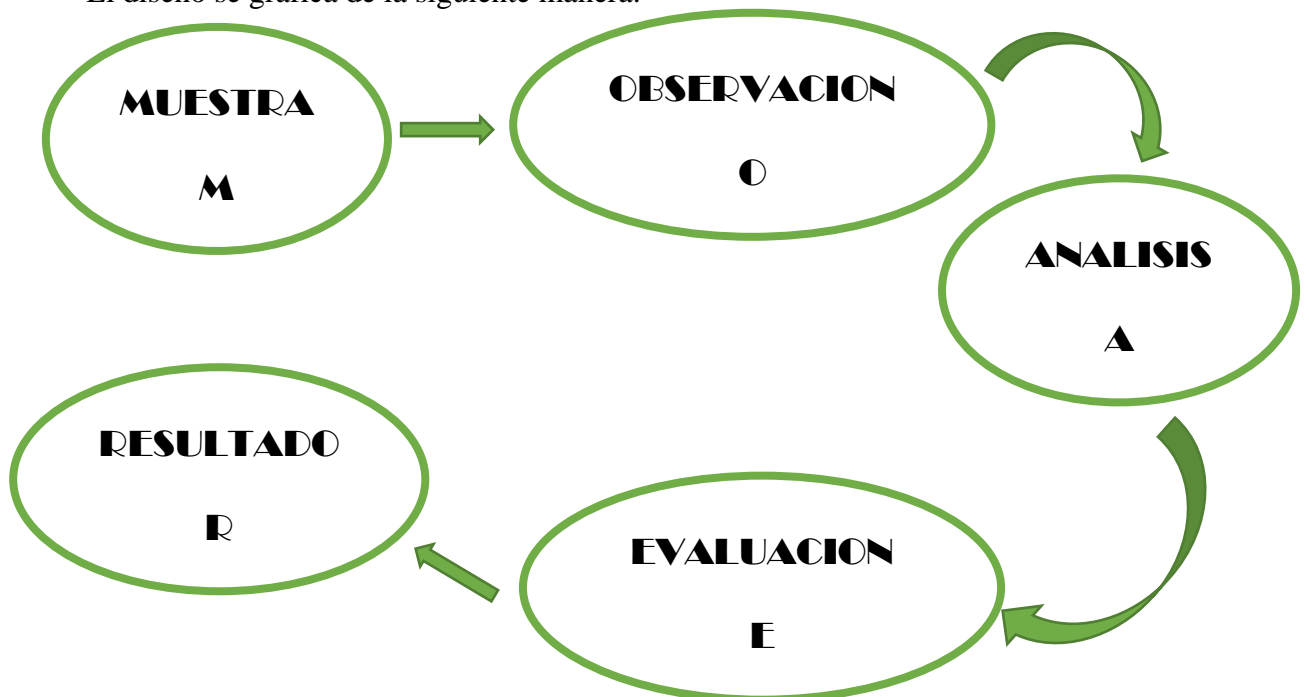
3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

En general el estudio realizado es del tipo descriptivo, no experimental y de corte transversal; es descriptivo porque describe la realidad sin alteración. Cualitativo porque estudia los detalles de cada patología y establece las posibles causas. No experimental porque estudia el problema y se analiza sin recurrir a laboratorio. Es de corte transversal porque se está analizando en un periodo definido de JULIO del año 2014.

Se efectuará siguiendo el método de muestreo, en la que se determina la calidad y condición de la patología en las estructuras de pavimento asfaltico.

Para muestrear la calle Nicolás de Piérola en la provincia de Sullana se seleccionó, utilizando el método de muestreo estratificado formando estratos mayores y menores y el muestreo aleatorio simple para analizar en cada calle y determinar los tramos a muestrear, y así el promedio de los resultados sean satisfactorios.

El diseño se grafica de la siguiente manera:



3.2. POBLACION Y MUESTRA

UNIVERSO O POBLACION

Para la presente Investigación el Universo está dado por la delimitación geográfica de la Provincia de Sullana, Departamento Piura, involucrando la Calle Nicolás de Piérola cuadra 4 y 5.

MUESTRA

Se seleccionarán las diferentes cuadras de la Calle Nicolás de Piérola, Provincia de Sullana, Departamento de Piura, debiendo cumplir con las siguientes cualidades.

- Similitud con el universo
- Participación de todas las calles
- Participación de todas las manzanas

MUESTREO

Se seleccionarán de tal manera que las cuadras perimetrales de la Calle Nicolás de Piérola estén representadas, y para ello se tendrá el ordenamiento de la información en estratos de primer orden y de segundo orden y también el muestreo completamente aleatorio en cada estrato definido.

Muestreo (M): Pavimento Flexible

Unidad de Muestra: 32.15 ml

Ancho de pista: 6.10 ml

Calle Nicolás de Piérola	Long (m)	M (und)
Cuadra 4	64.30	2
Cuadra 5	127.35	4
TOTAL	191.65	6

Cuadro N° 20: Muestreo de las secciones analizadas Condición:

Si muestra (M) \leq 150 se toman todas

Si muestra (M) $>$ 200 se toman el 20% de M

MAPA DE MUESTREO



Gráfico N° 30: Mapa de Muestreo

3.3. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

VARIABLE	La determinación de las patologías del pavimento de la calle Nicolás de Piérola cuadra 4 y 5, Provincia de Sullana, Departamento de Piura.
DEFINICION CONCEPTUAL	Es la determinación o establecimiento de la patología del pavimento que presenta en la calle Nicolás de Piérola de la Provincia de Sullana, Departamento de Piura.
DIMENSIONES	Las patologías que presenta con mayor daño sobre el pavimento de la calle, son: Peladura de agregados, baches y grietas por deslizamiento.
DEFINICION	Variabilidad en: Dimensiones y tipo de patologías de la calle.
INDICADORES	Tipo de presencia de las patologías en forma: Vertical, horizontal, oblicuo. Grado de presencia de las patologías en magnitud: Pequeña, mediana o grande.

Cuadro N° 21: Operacionalización de Variables

3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS

Se utilizó la evaluación visual y toma de datos a través de fichas técnicas como instrumento de recolección de datos en la muestra según el muestreo establecido.

La evaluación de la condición incluyo los siguientes aspectos y/o equipos:

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

3.5. PLAN DE ANALISIS

Los resultados están comprendidos en lo siguiente:

- ✦ La ubicación de área del pavimento flexible estudiado.
- ✦ Los diversos tipos de patologías que obtenido en el pavimento flexible estudiado.
- ✦ Nivel de índice de condición del pavimento (PCI).
- ✦ Cuadros del ámbito de la investigación.

3.6. MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVO	VARIABLES	INDICADORES	MARCO TEORICO	METODOLOGIA
<p>“DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DE LA CAPA DE RODADURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CALLE NICOLÁS DE PIÉROLA CUADRA 4 Y 5, PROVINCIA DE SULLANA, DEPARTAMENTO DE PIURA, ABRIL - 2014”</p>	<p>¿En qué medida la determinación y evaluación del nivel de las patologías del pavimento existente en la calle Nicolás de Piérola de la provincia de Sullana, departamento de Piura, nos permitirá evaluar su estado actual de la calle descrita e indicar las medidas correctivas y preventivas para la seguridad de las vías?</p>	<p>Determinar un índice de condición de pavimento asfáltico, para la calle Nicolás de Piérola, provincia de Sullana, a partir de la determinación y evaluación de la incidencia de las patologías del concreto asfáltico.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>Identificar riesgos y grado de afectación del pavimento de la calle Nicolás de Piérola cuadra 4 y 5 ante un fenómeno del niño, a partir de la determinación y evaluación de las patologías del mismo.</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>Patologías de la capa de rodadura del pavimento de la calle Nicolás de Piérola cuadra 4 y 5.</p>	<p>Variable Independiente (X):</p> <p>X₁= tipo de patologías X₂= procedimientos grupales X₃= criterios de solución a las patologías encontradas</p> <p>Variable Dependiente (Y):</p> <p>Y₁= estado de durabilidad en las que se encuentran las patologías Y₂= estado de durabilidad en las que se deben de encontrar las patologías</p>	<p>Es la determinación o establecimiento de la patología del pavimento que tiene la calle Nicolás de Piérola de la provincia de Sullana, departamento de Piura.</p> <p>Es el nivel de debilidad que ocasiona este tipo de patología en la calle Nicolás de Piérola de la provincia de Sullana.</p> <p>Establecimiento de los parámetros a tomar en cuenta para el mejoramiento de dicha calle.</p>	<p>La metodología utilizada para el desarrollo del proyecto fue:</p> <p>✚ La evaluación a realizar será de tipo visual y personalizada. El procesamiento de la información se hará de manera manual.</p> <p>✚ Para muestrear la calle Nicolás de Piérola en la provincia de Sullana, departamento de Piura se seleccionó las cuadras 4 y 5 utilizando el método del PCI.</p>

Cuadro N° 22: Matriz de Consistencia.

3.7. PRINCIPIOS ETICOS

La información obtenida para el desarrollo de este proyecto de tesis, con debida consideración, siempre respetando la integridad del autor y no violando sus derechos como principal fuente de información, tales como considerando su autoría en referencias bibliográficas.

IV. RESULTADOS

4.1. RESULTADOS

A continuación, se explican los datos obtenidos de la inspección visual en la calle Nicolás de Piérola las cuadras 4 y 5.

- ✚ Cálculo del Índice de condición de pavimento en cada unidad de muestra evaluada.

- ✚ Determinar el nivel de severidad e incidencias de las patologías que se muestran en el pavimento de la calle Nicolás de Piérola cuadra 4 y 5.

- ✚ Fotografías de las fallas mostradas en cada unidad de muestra.

Unidad de muestra U-1:

Analizando los datos de campo obtenidos mediante la inspección visual y medición de la unidad de muestra U-1 tenemos que:

Cuadro N° 23: CDV de la Unidad de Muestra U-1

#	Valor Deducido										Total	q	CDV
1	46	40.5	38	20.5							145	4.0	81
2	46	40.5	38	2							126.5	3.0	77
3	46	40.5	2	2							90.5	2.0	65
4	46	2	2	2							52	1.0	52
5													
6													
7													
8													
9													

$$\text{Max CDV} = 81$$

$$\text{PCI} = \frac{\quad}{19}$$

$$\text{Rating} = \underline{\underline{\text{MUY MALO}}}$$

Observaciones:

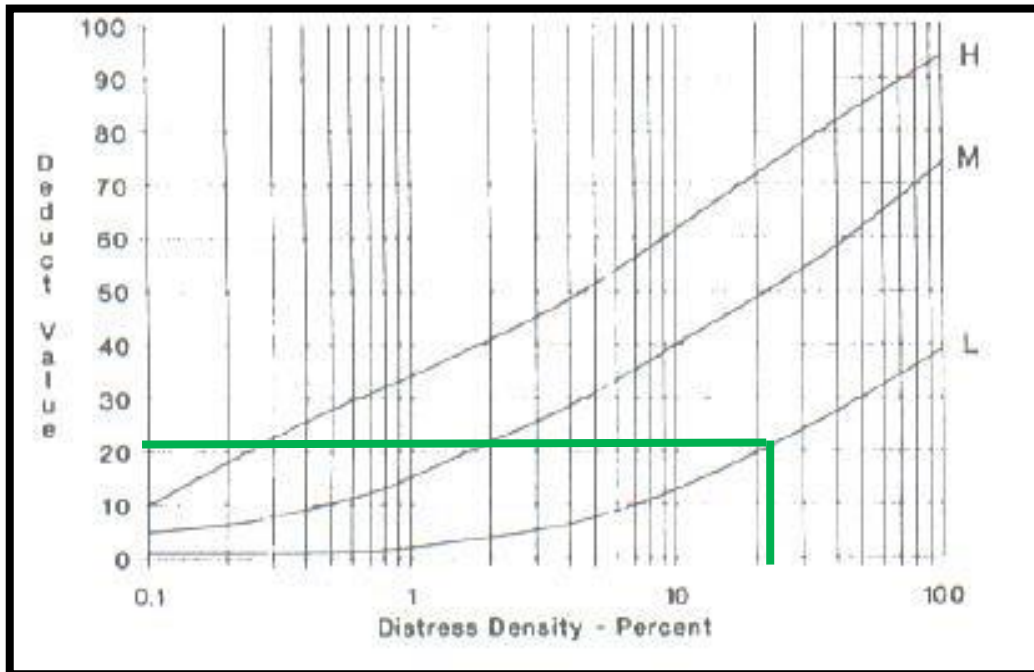
- La unidad de muestra U-1, tiene un área de 196.12 m².
- Según la evaluación visual hemos notado en esta unidad de muestra, corrugación presenta falla de severidad baja, parches, ahuellamiento y peladura por intemperismo de severidad media.
- Las fallas que más afectan al deterioro del pavimento son las que tienes severidad media. Finalmente, la que más porcentaje es la peladura por intemperismo extendiéndose por más de la mitad de área.

- Las fallas que ejercen menos influencia sobre el estado del pavimento es la corrugación de severidad baja, no influye para nada en el pavimento.

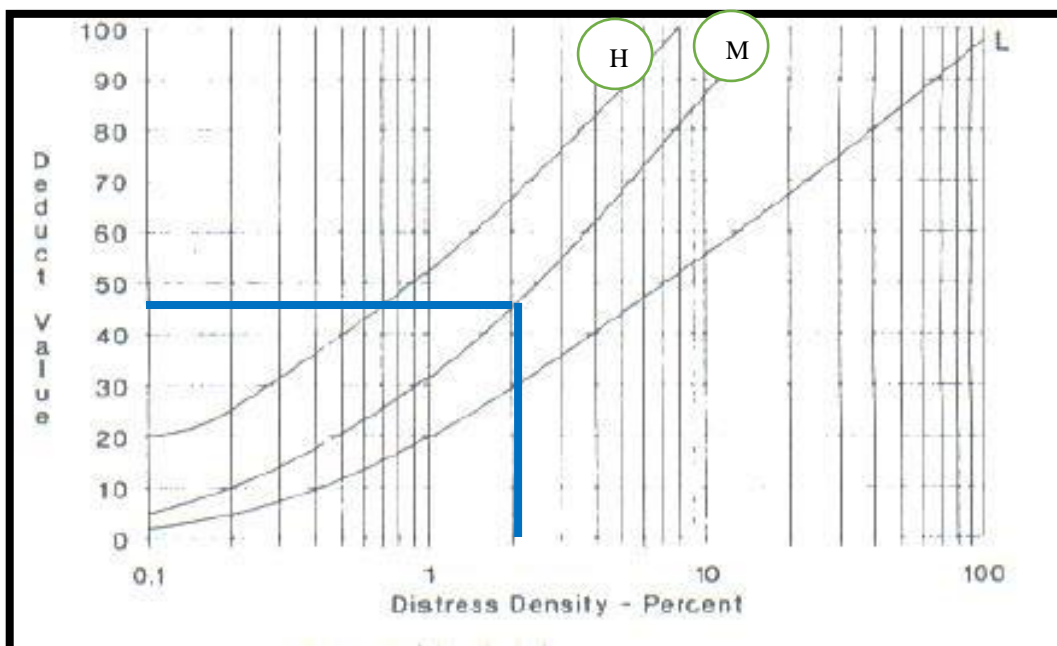
Tabla N° 03: Hoja de Registro de la unidad de muestra U-1, sección 1.

- Los valores deducidos se encuentra atraves de los siguientes abacos, son:

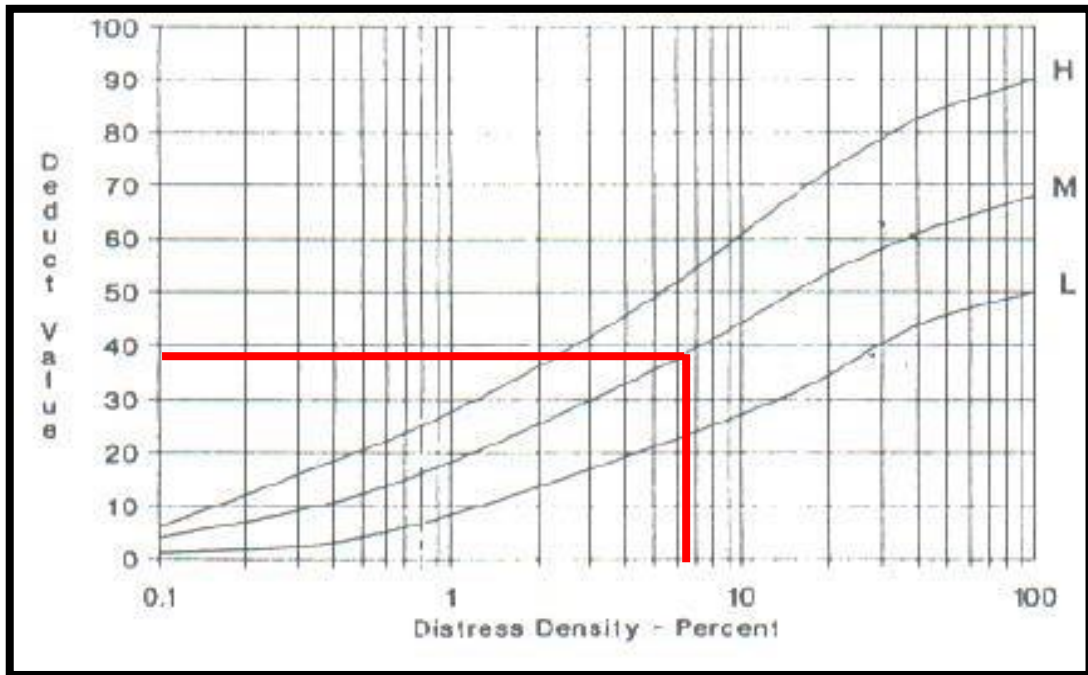
1. Corrugación



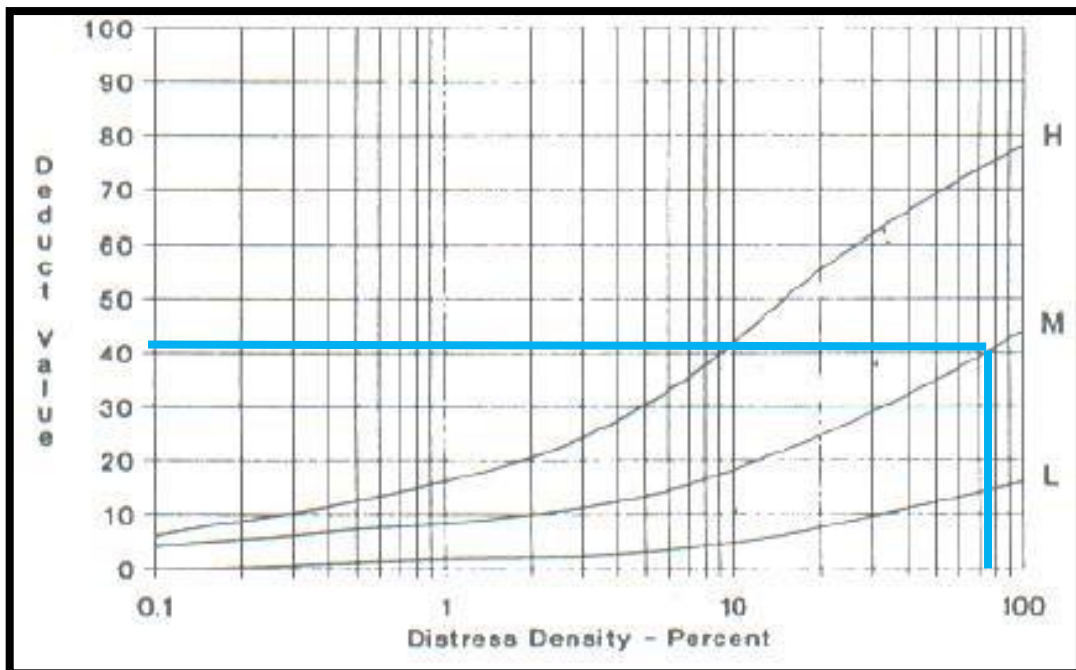
2. Baches



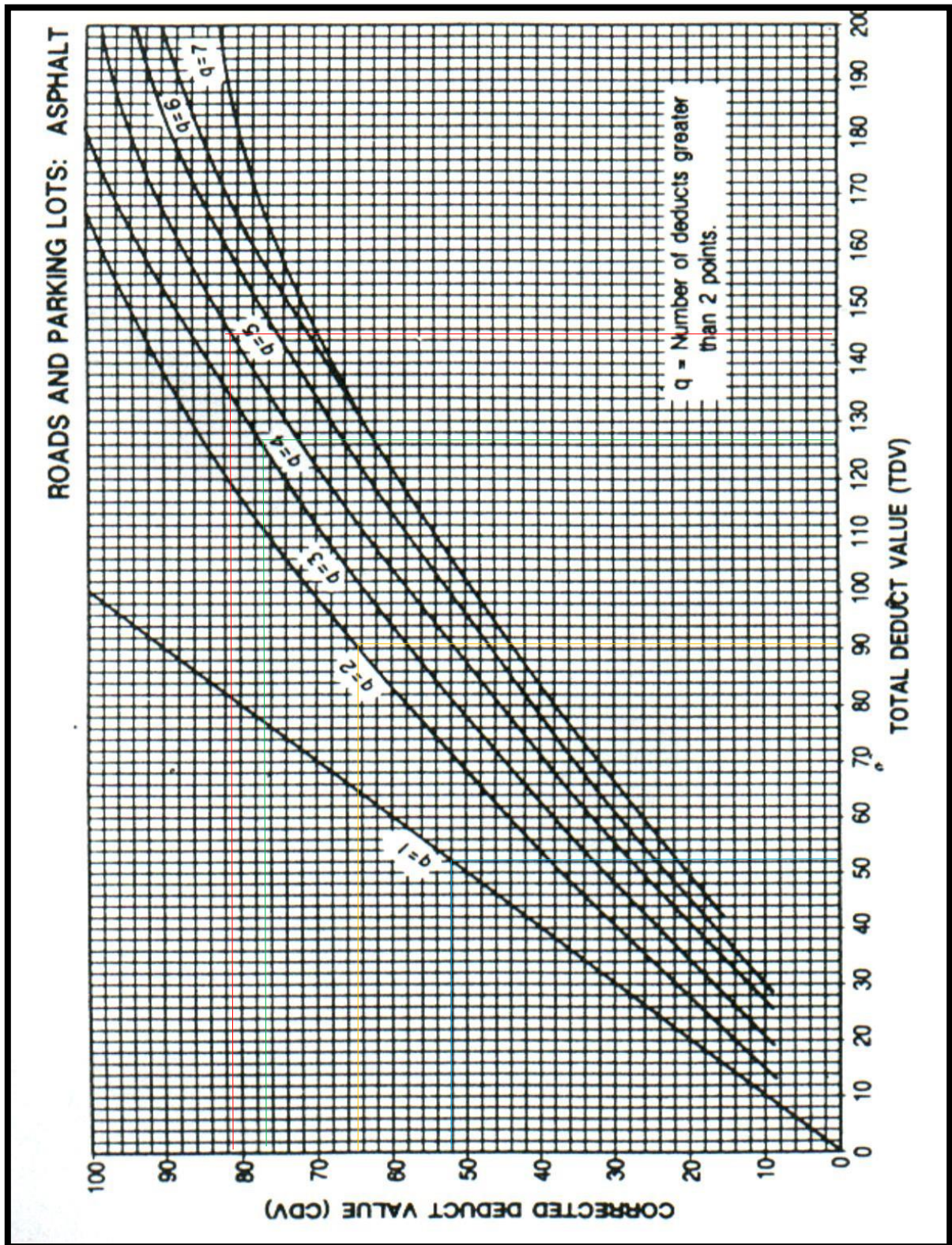
3. Ahuellamiento



4. Peladura por intemperismo



- Luego de encontrar los valores deducidos de cada falla, podemos obtener corrección de valores deducidos mediante el siguiente ábaco:



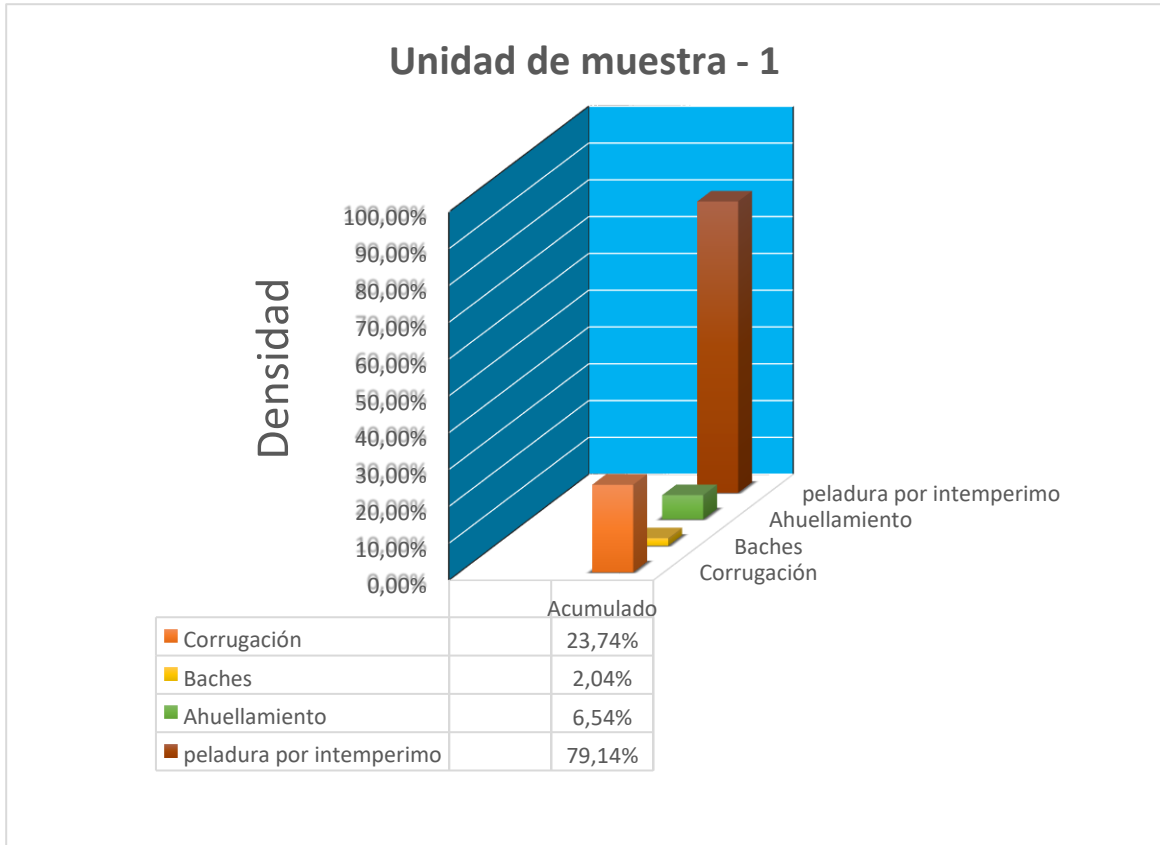


Gráfico N° 31: Porcentaje acumulado de fallas, de la unidad de muestra 1.

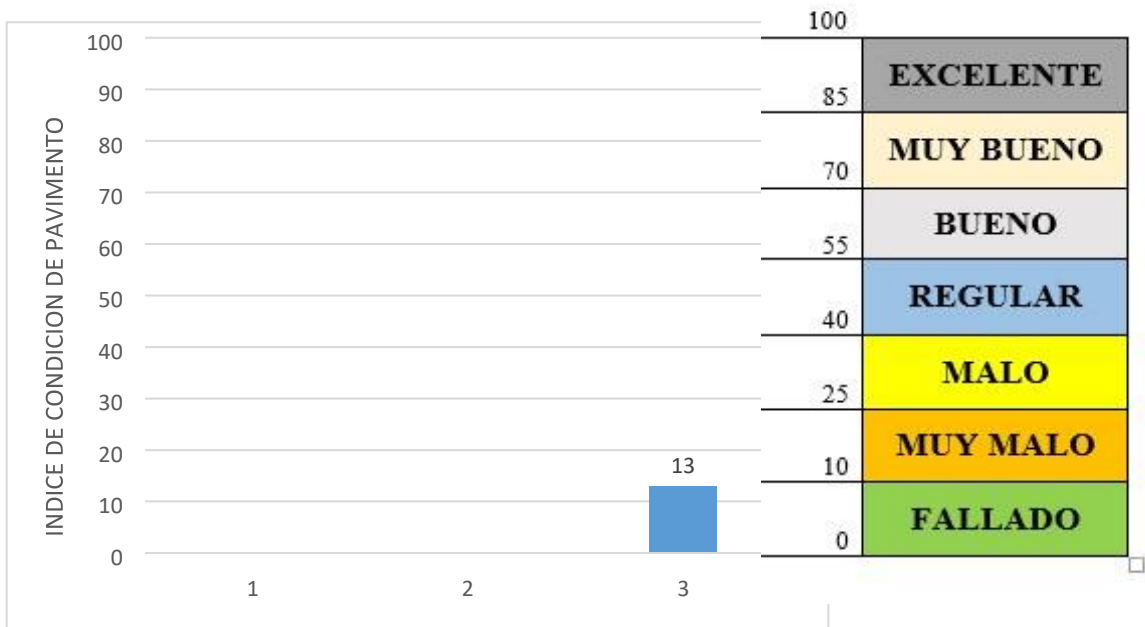


Gráfico N° 32: PCI de la unidad de muestra 1.



Grafico N° 33: Presentación de baches de severidad media.

Fuente: Propia.



Gráfico N° 34: Presentación de ahuellamiento de severidad media.

Fuente: Propia.



Grafico N° 35: Presentación de peladura por intemperismo de severidad media.
Fuente: Propia.

Unidad de muestra U-2:

Analizando los datos de campo obtenidos mediante la inspección visual y medición de la unidad de muestra U-2 tenemos que:

Cuadro N° 24: CDV de la Unidad de Muestra U-2

#	Valor Deducido										Total	q	CDV
1	57	38.5	26.5	20	12.5	9.5					164	6.0	79
2	57	38.5	26.5	20	12.5	2					156.5	5.0	80
3	57	38.5	26.5	20	2	2					146	4.0	81
4	57	38.5	26.5	2	2	2					128	3.0	78
5	57	38.5	2	2	2	2					103.5	2.0	72
6	57	2	2	2	2	2					67	1.0	67
7													
8													
9													

$$\text{Max CDV} = 81$$

$$\text{PCI} = \frac{\quad}{19}$$

$$\text{Rating} = \underline{\underline{\text{MUY MALO}}}$$

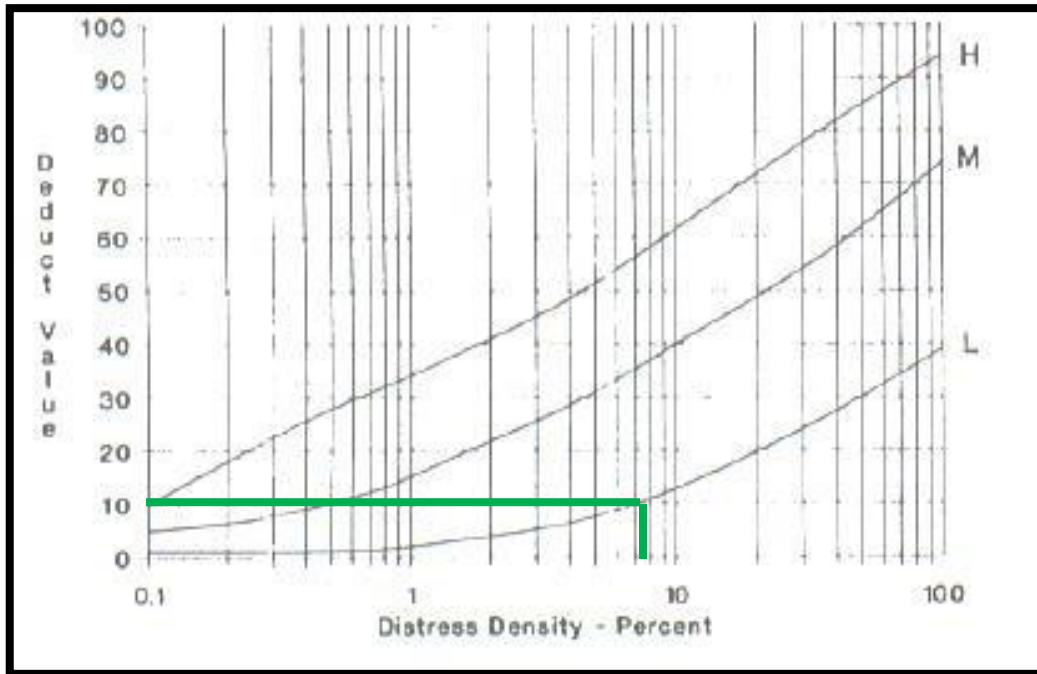
Observaciones:

- La unidad de muestra U-2, tiene un área de 196.12 m².
- Según la evaluación visual hemos notado en esta unidad de muestra, corrugación, depresión, parches, baches y peladura por intemperismo, en niveles distintos de severidad.
- La falla más representativa y más dañina son los parches, por su severidad alta es una falla estructural. También encontramos la peladura por intemperismo en gran parte del área analizada.
- Las fallas que ejercen menos influencia sobre el estado del pavimento es la corrugación y depresión de severidad baja, no influye para nada en el pavimento.

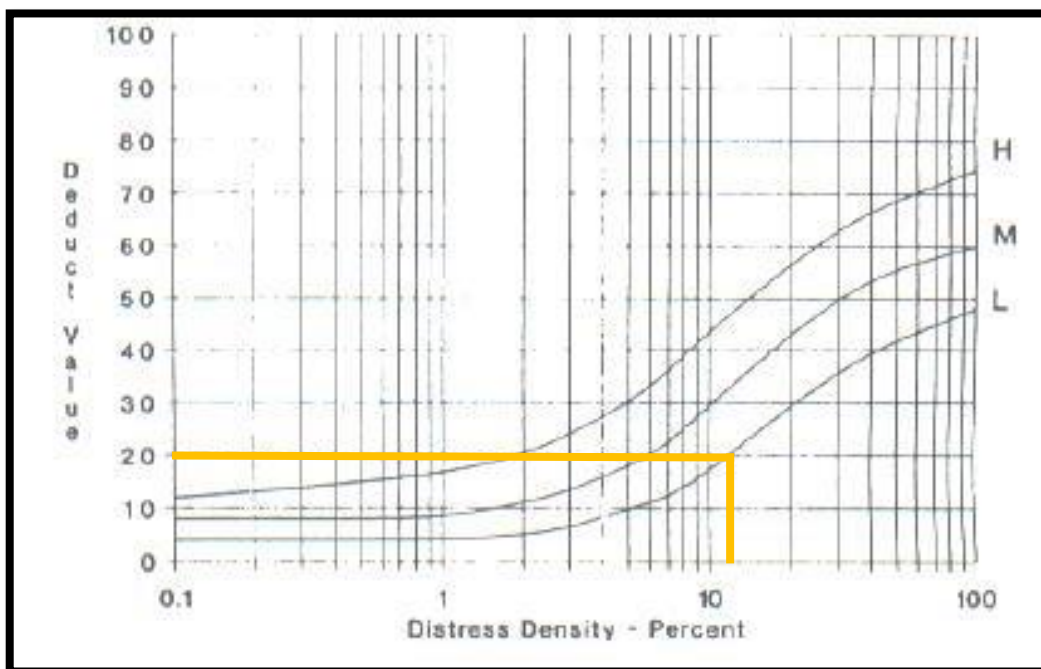
Tabla N° 04: Hoja de Registro de la unidad de muestra U-2, sección 1.

- Los valores deducidos se encuentran a través de los siguientes abacos, son:

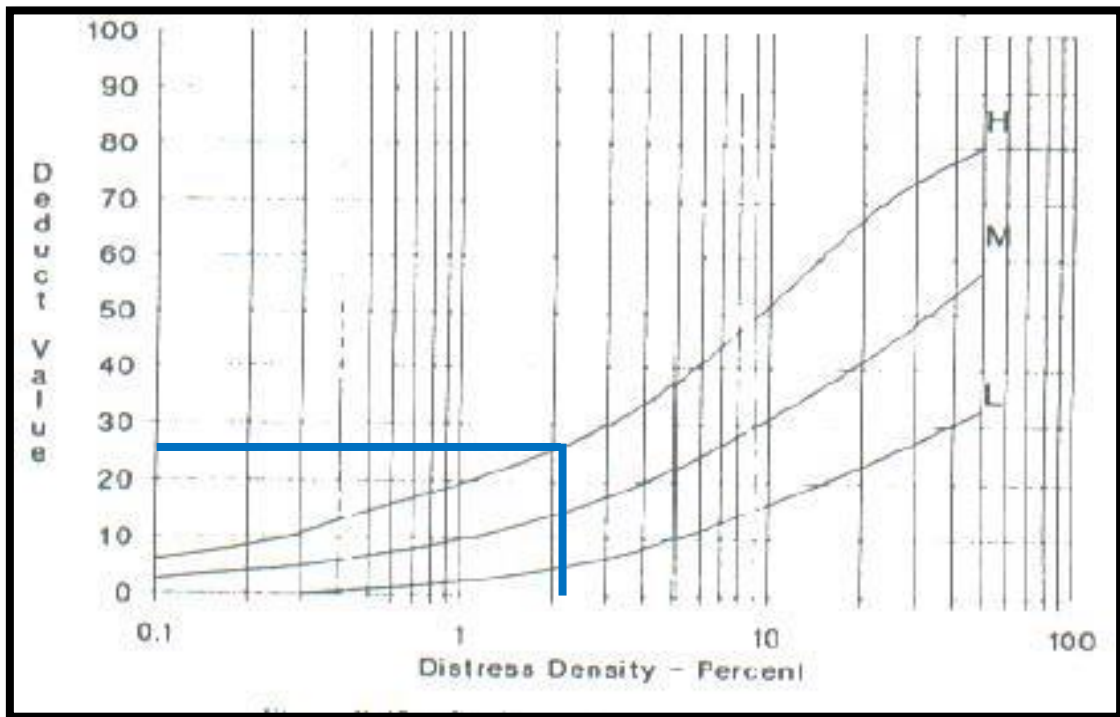
1. Corrugación



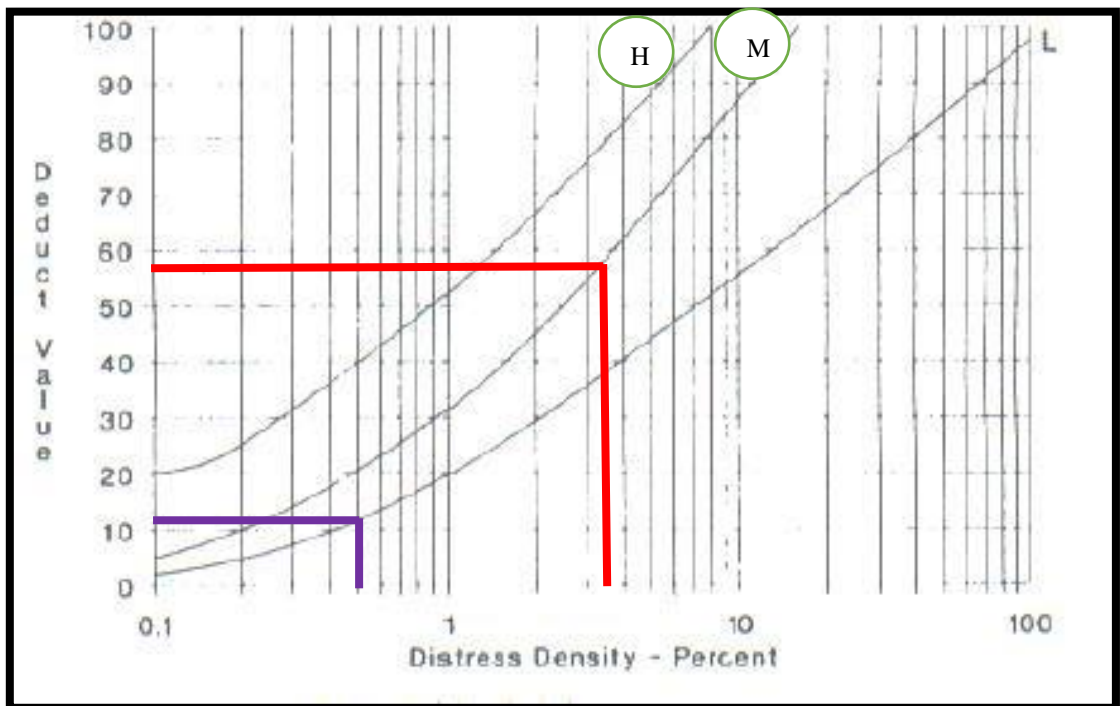
2. Depresión



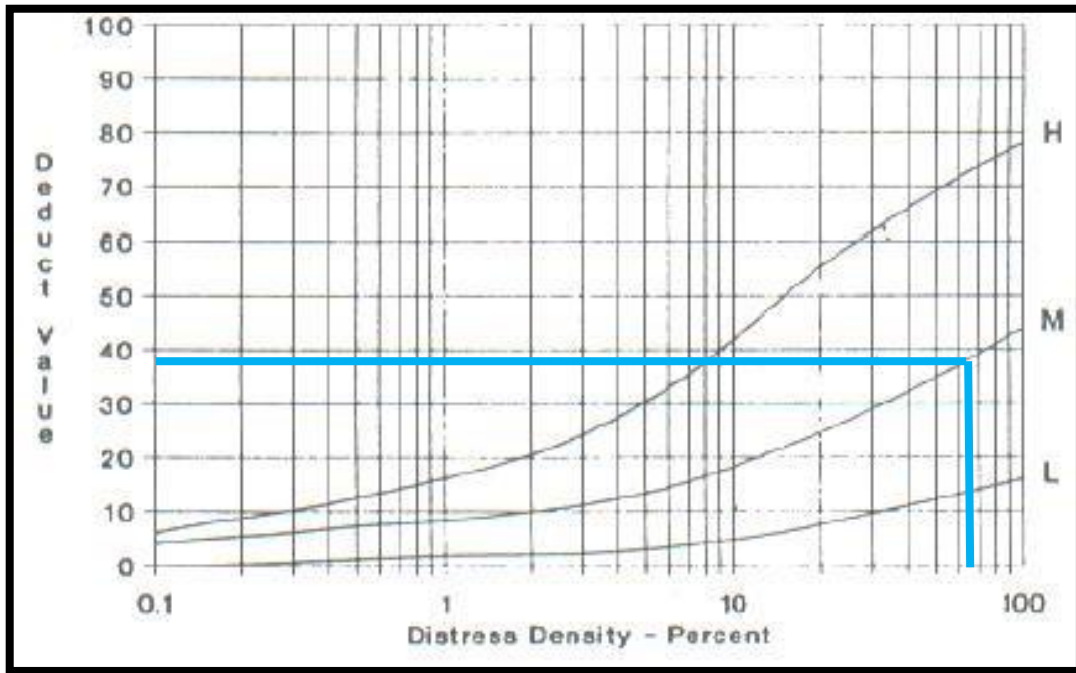
3. Parches y parches de cortes utilitarios



4. Baches

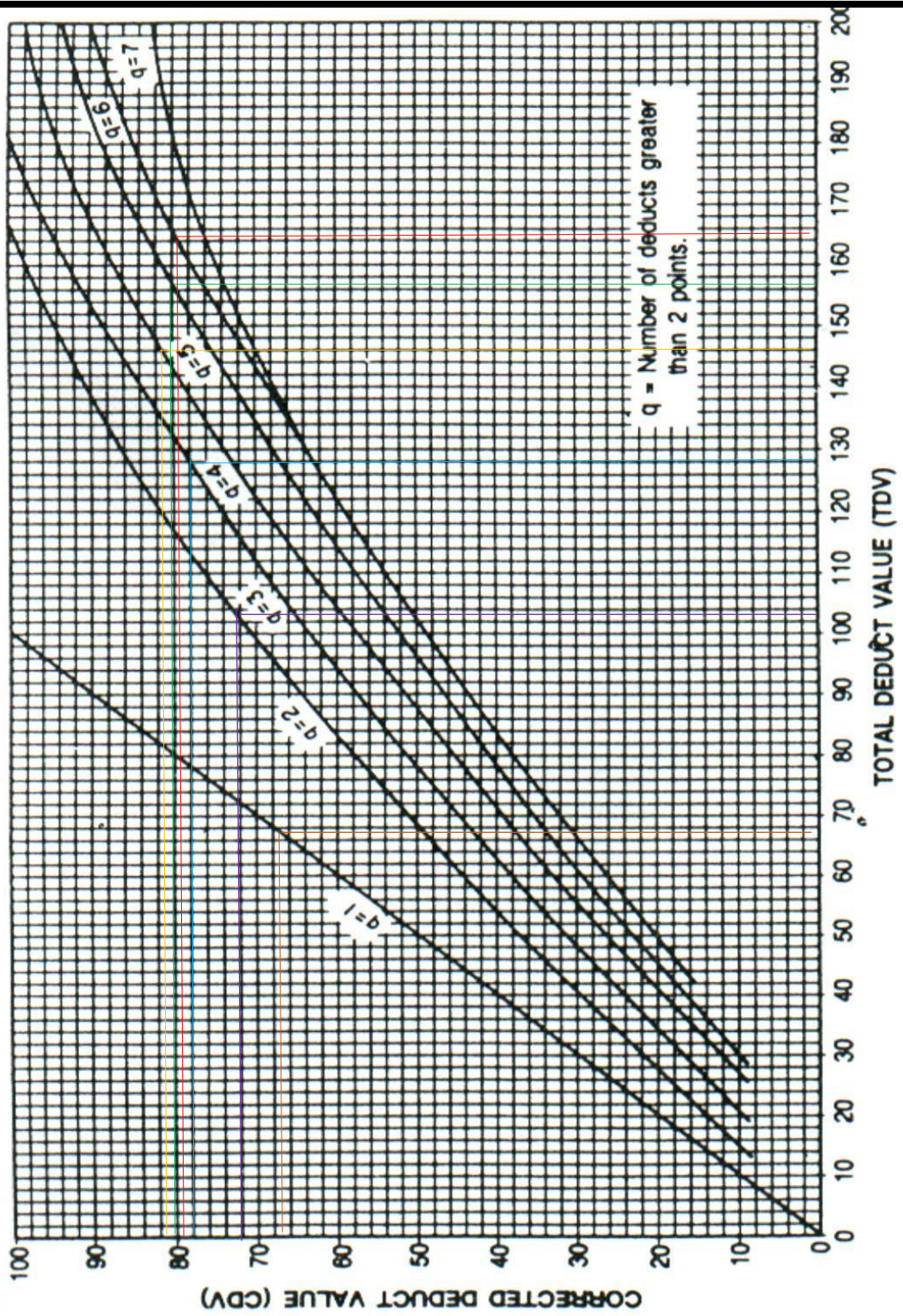


5. Peladura por intemperismo



- Luego de encontrar los valores deducidos de cada falla, podemos obtener corrección de valores deducidos mediante el siguiente ábaco:

ROADS AND PARKING LOTS: ASPHALT



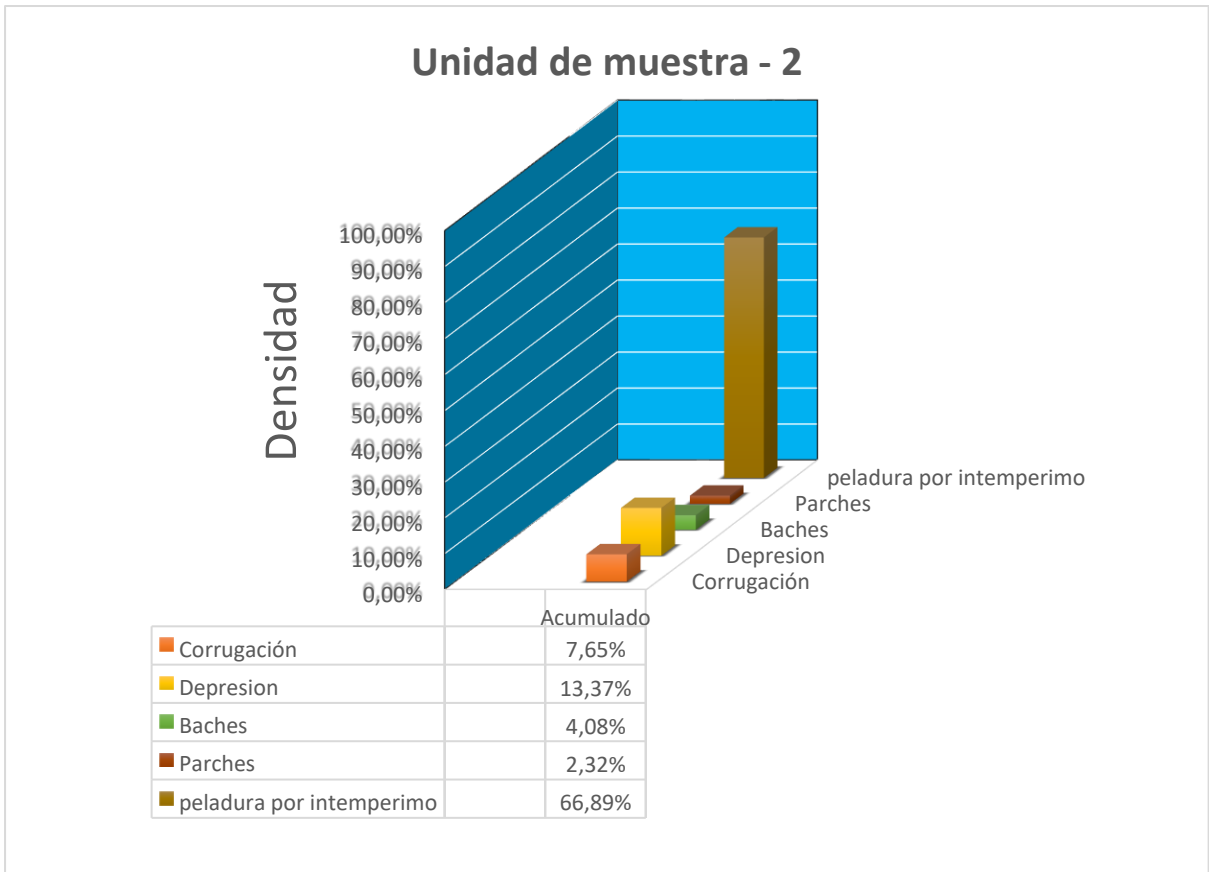


Gráfico N° 36: Porcentaje acumulado de fallas, de la unidad de muestra 2.

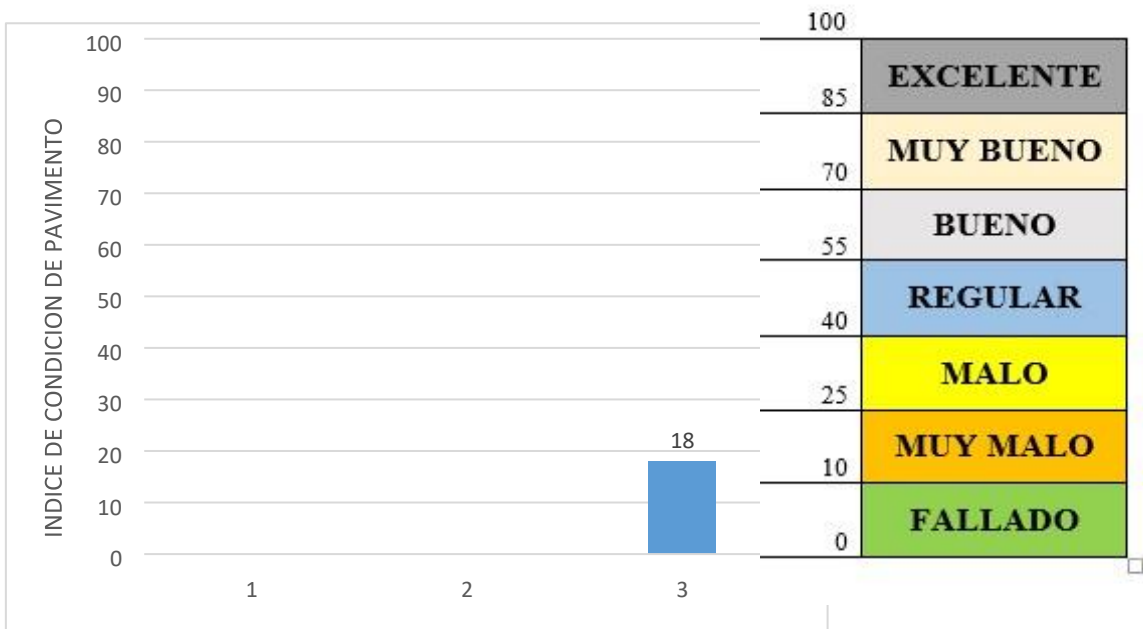


Gráfico N° 37: PCI de la unidad de muestra 2.



Grafico N° 38: Presentación de peladura por intemperismo de severidad media.
Fuente: Propia.



Grafico N° 39: Presentación de parche de severidad alta.
Fuente: Propia.



Grafico N° 40: Presentación de bache de severidad media
Fuente: Propia.

Unidad de muestra U-3:

Analizando los datos de campo obtenidos mediante la inspección visual y medición de la unidad de muestra U-3 tenemos que:

Cuadro N° 25: CDV de la Unidad de Muestra U-3

#	Valor Deducido										Total	q	CDV
1	88	72.5	3.75								164.25	3.0	100
2	88	72.5	2								162.5	2.0	99
3	88	2	2								92	1.0	92
4													
5													
6													
7													
8													
9													

$$\text{Max CDV} = 100$$

$$\text{PCI} = \frac{0}{\quad}$$

$$\text{Rating} = \frac{\text{FALLADO}}{\quad}$$

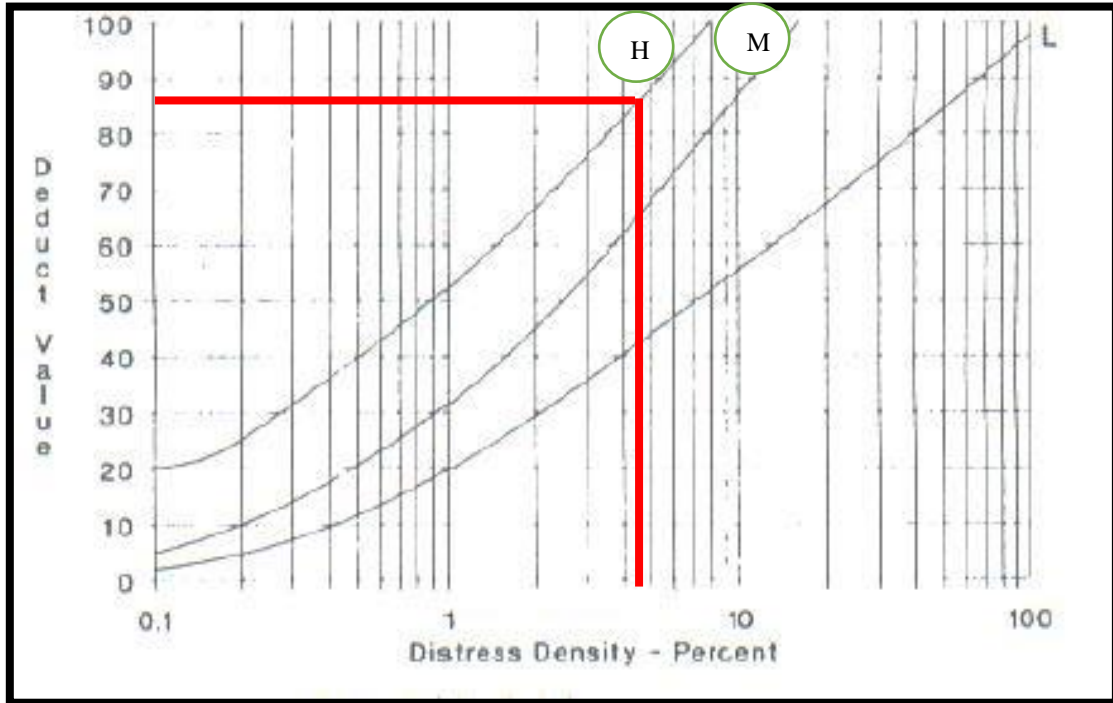
Observaciones:

- La unidad de muestra U-3, tiene un área de 196.12 m².
- Según la evaluación visual hemos notado en esta unidad de muestra U-3, exudación, baches, fisura parabólica y peladura por intemperismo.
- La falla más representativa y más dañina es la exudación, de severidad media, y la fisura parabólica de severidad baja. Además, la peladura por intemperismo influye significativamente en el estado del pavimento.

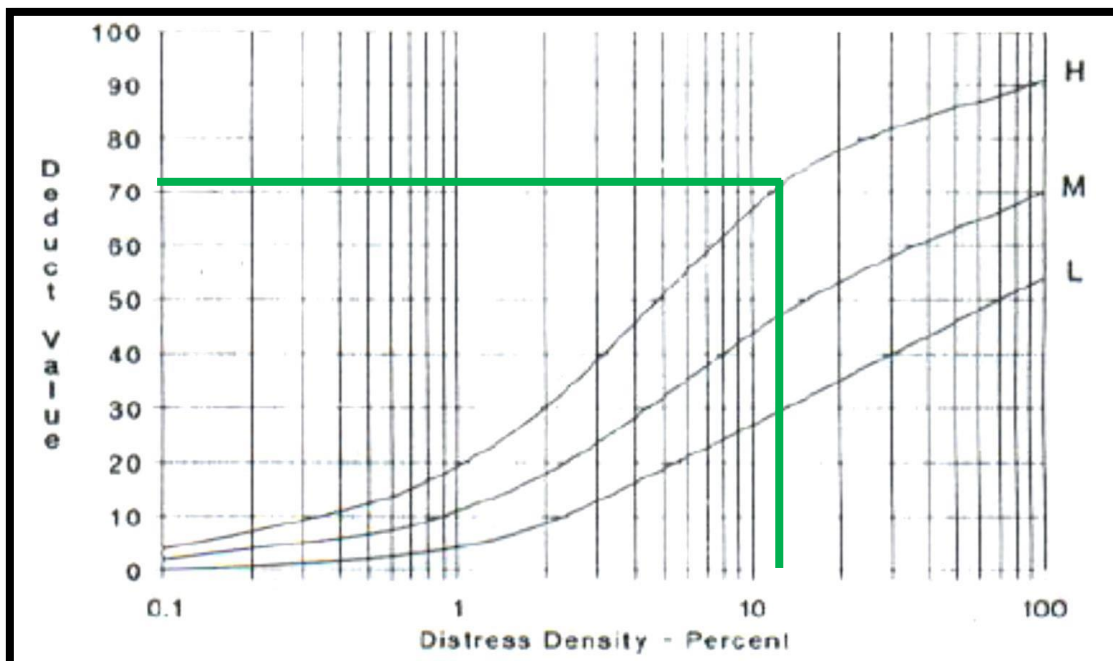
Tabla N° 05: Hoja de Registro de la unidad de muestra U-3, sección 2.

- Los valores deducidos se encuentran a través de los siguientes abacos, son:

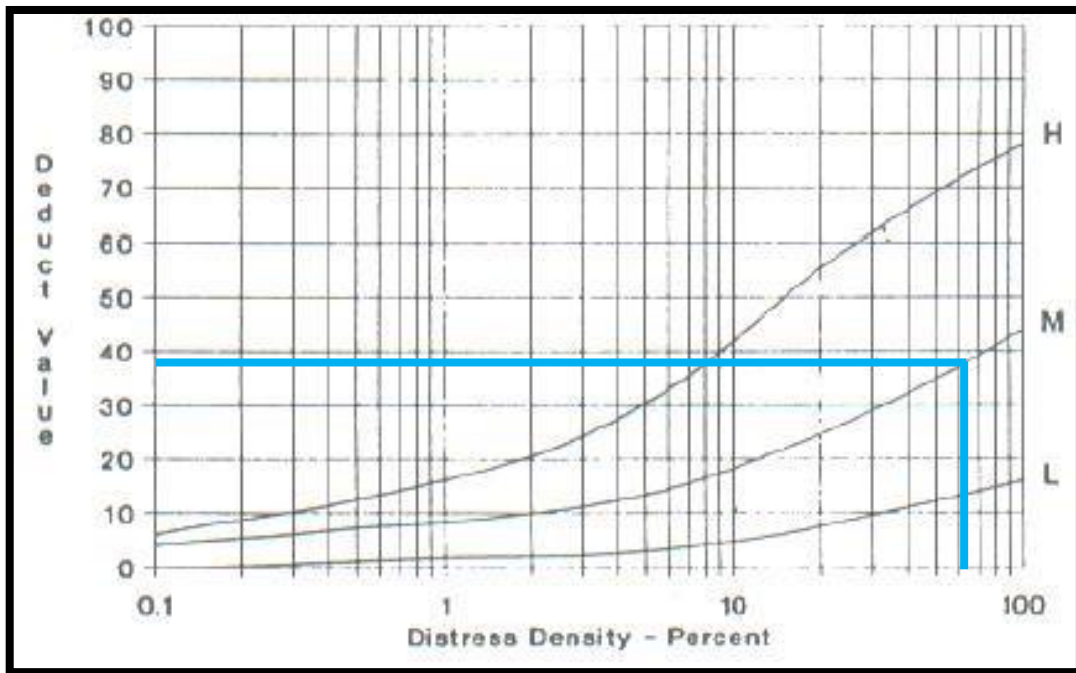
1. Baches



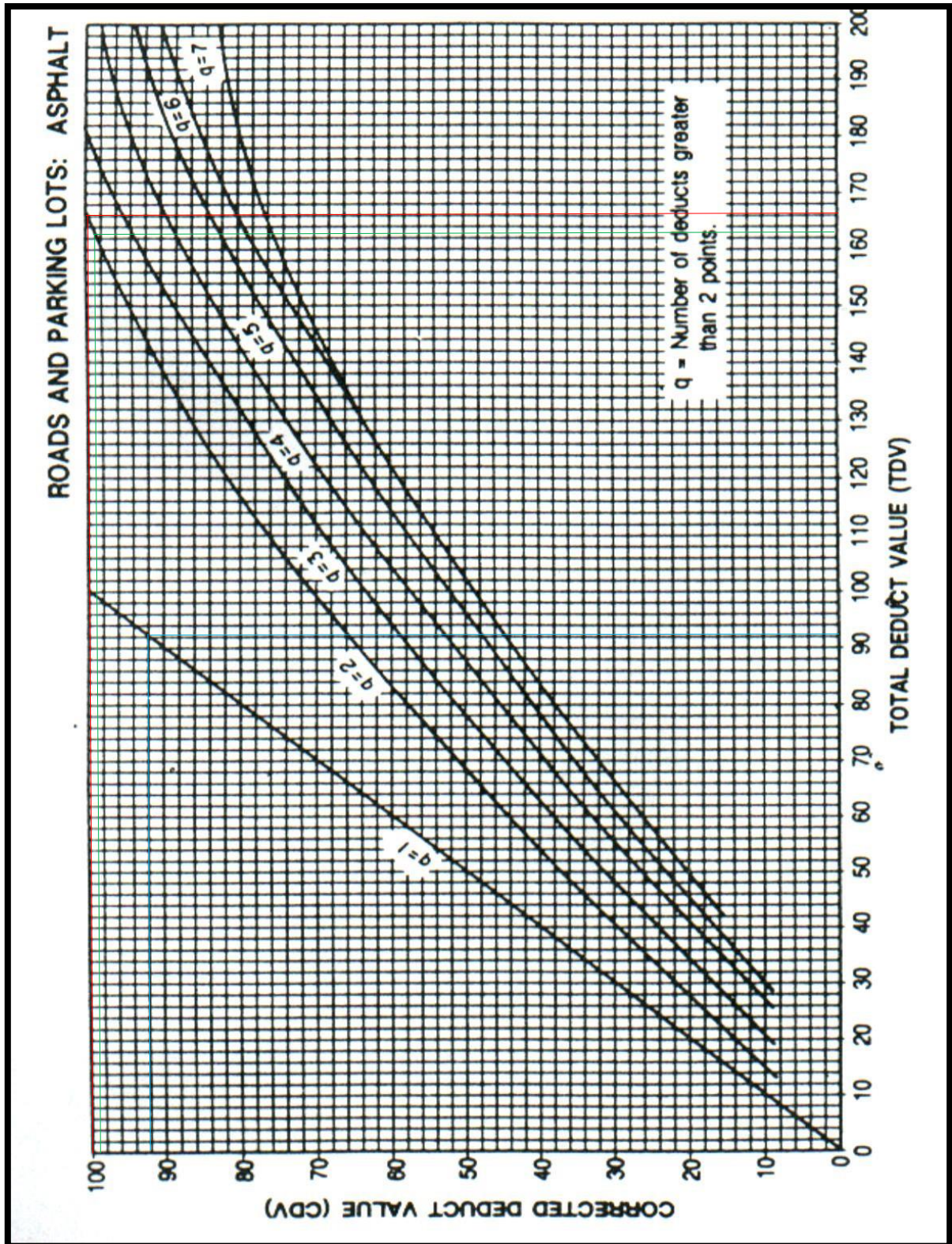
2. Fisura parabólica o por deslizamiento



3. Peladura por intemperismo



- Luego de encontrar los valores deducidos de cada falla, podemos obtener corrección de valores deducidos mediante el siguiente ábaco:



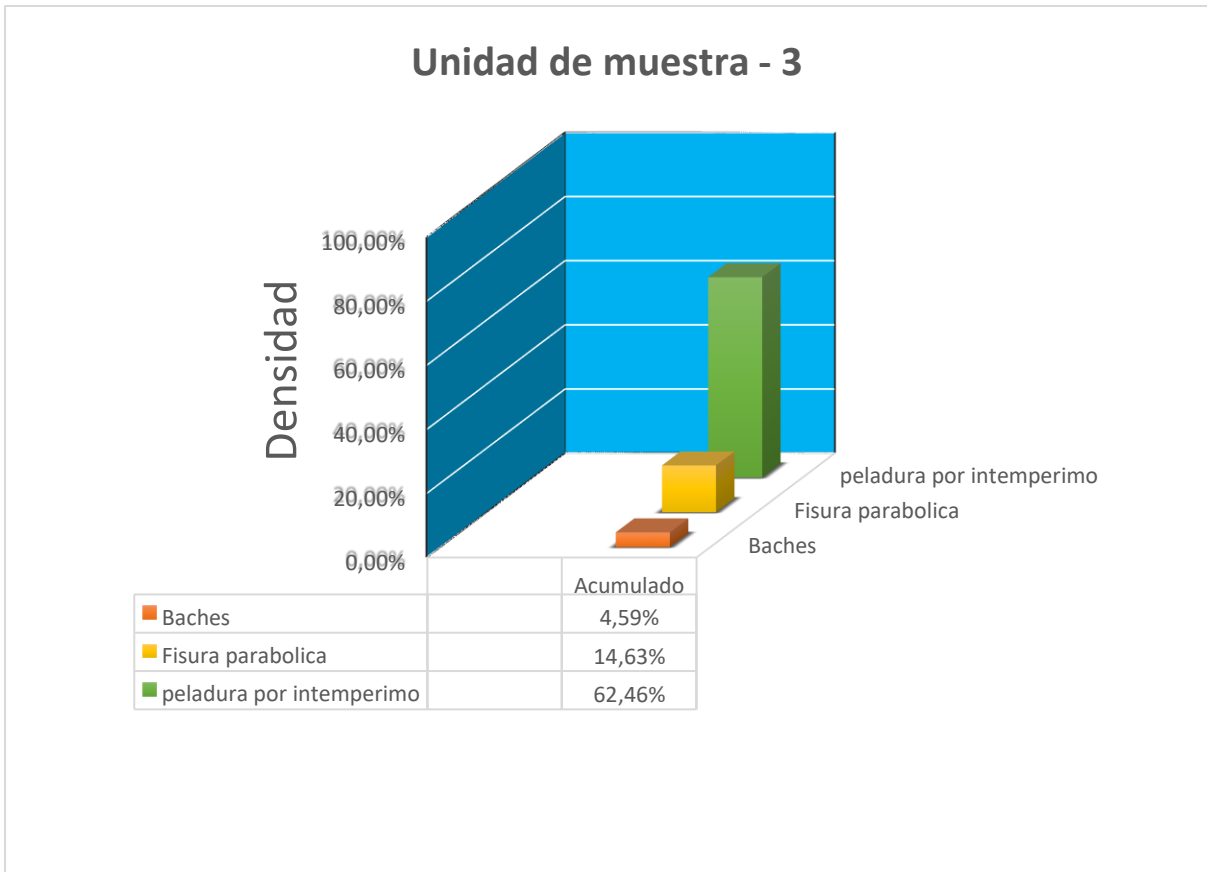


Gráfico N° 41: Porcentaje acumulado de fallas, de la unidad de muestra 3.

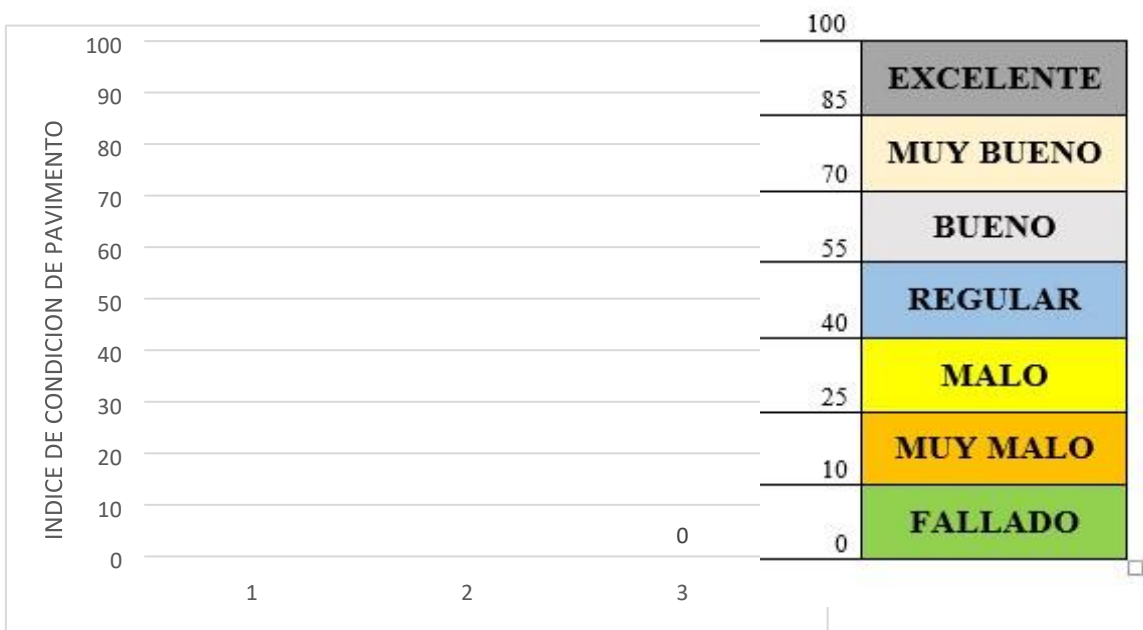


Gráfico N° 42: PCI de la unidad de muestra 3.



Grafico N° 43: Presentación de fisura parabólica o por deslizamiento de severidad alta.
Fuente: Propia.



Grafico N° 44: Presentación de fisura bache de severidad alta. Fuente:
Propia.

Unidad de muestra U-4:

Analizando los datos de campo obtenidos mediante la inspección visual y medición de la unidad de muestra U-4 tenemos que:

Cuadro N° 26: CDV de la Unidad de Muestra U-4

#	Valor Deducido										Total	q	CDV
1	50	44.5	26.5	21.5							142.5	4.0	80
2	50	44.5	26.5	2							123	3.0	76
3	50	44.5	2	2							98.5	2.0	70
4	50	2	2	2							56	1.0	56
5													
6													
7													
8													
9													

$$\text{Max CDV} = 80$$

$$\text{PCI} = \frac{\quad}{20}$$

$$\text{Rating} = \frac{\text{MUY MALO}}{\quad}$$

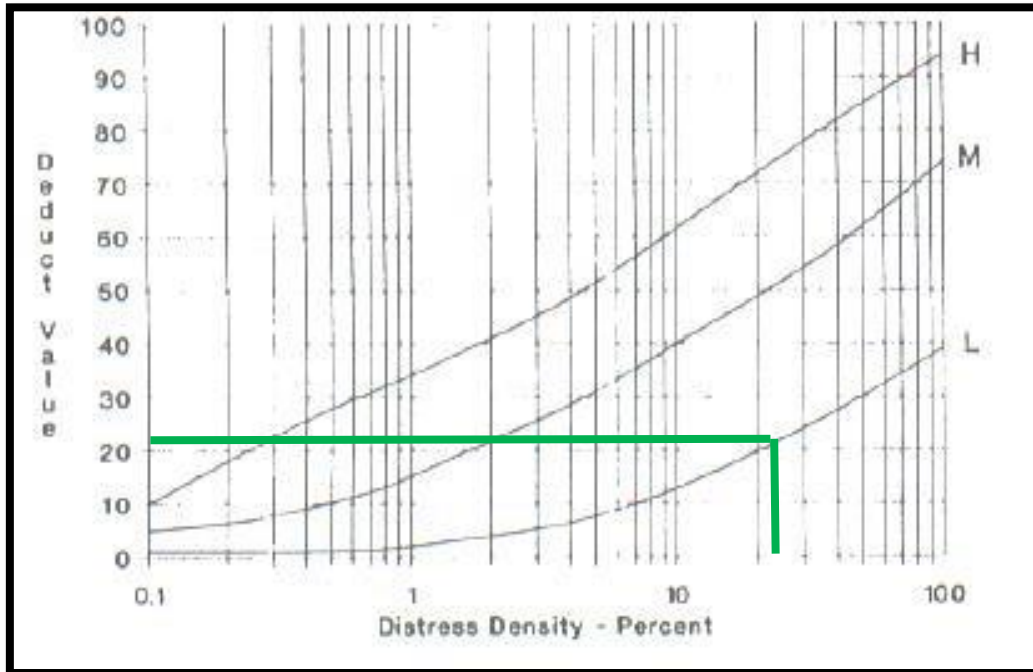
Observaciones:

- La unidad de muestra U-4, tiene un área de 196.12 m².
- Según la evaluación visual hemos notado en esta unidad de muestra, corrugación, baches y peladura por intemperismo con diferentes niveles de severidad.
- Las fallas más representativas y dañina son los baches y peladura por intemperismo de severidad media.
- Además, la falla que menos influencia ejerce en el pavimento es la corrugación de severidad baja, lo que indica que la serviciabilidad es buena.

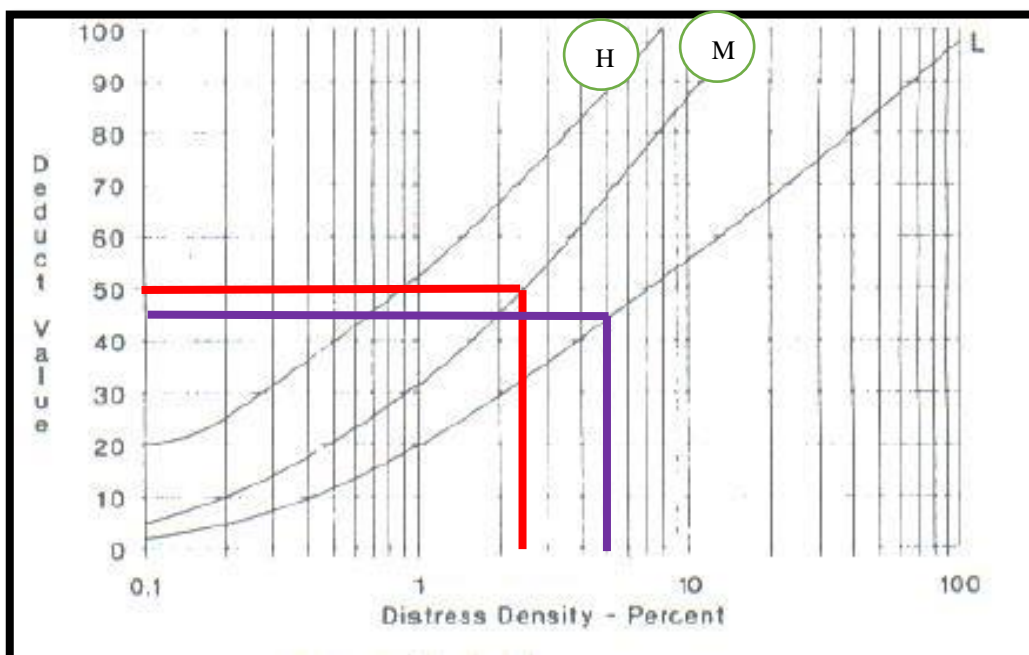
Tabla N° 06: Hoja de Registro de la unidad de muestra U-4, sección 2.

- Los valores deducidos se encuentran a través de los siguientes abacos, son:

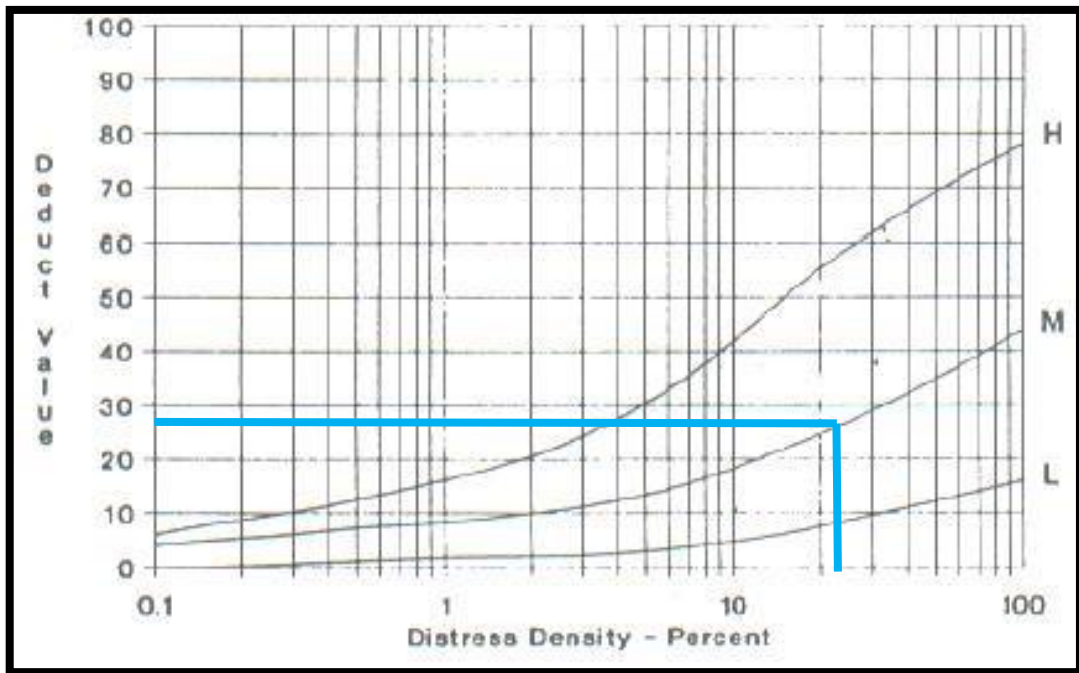
1. Corrugación



2. Baches

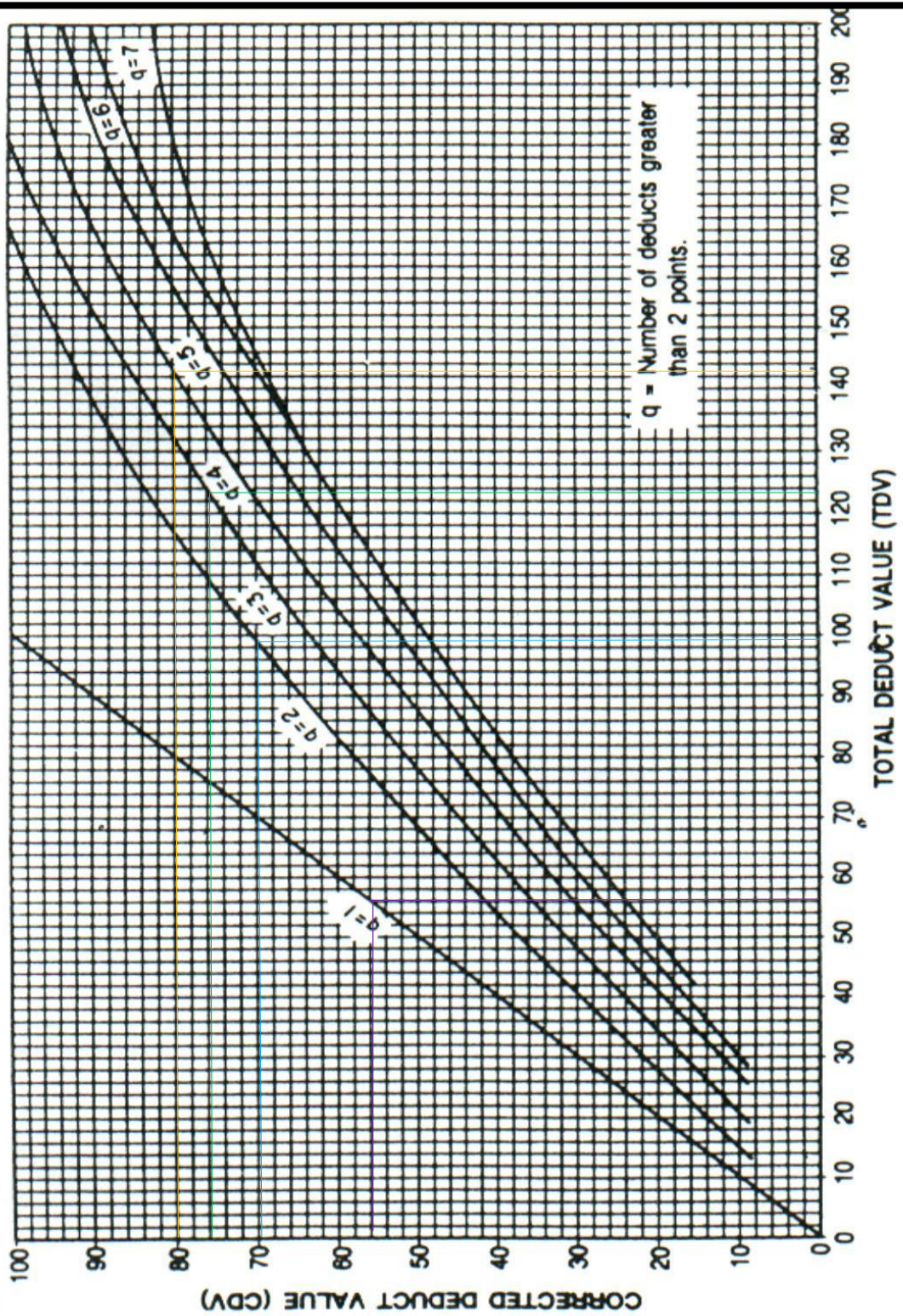


3. Peladura por intemperismo



- Luego de encontrar los valores deducidos de cada falla, podemos obtener corrección de valores deducidos mediante el siguiente ábaco:

ROADS AND PARKING LOTS: ASPHALT



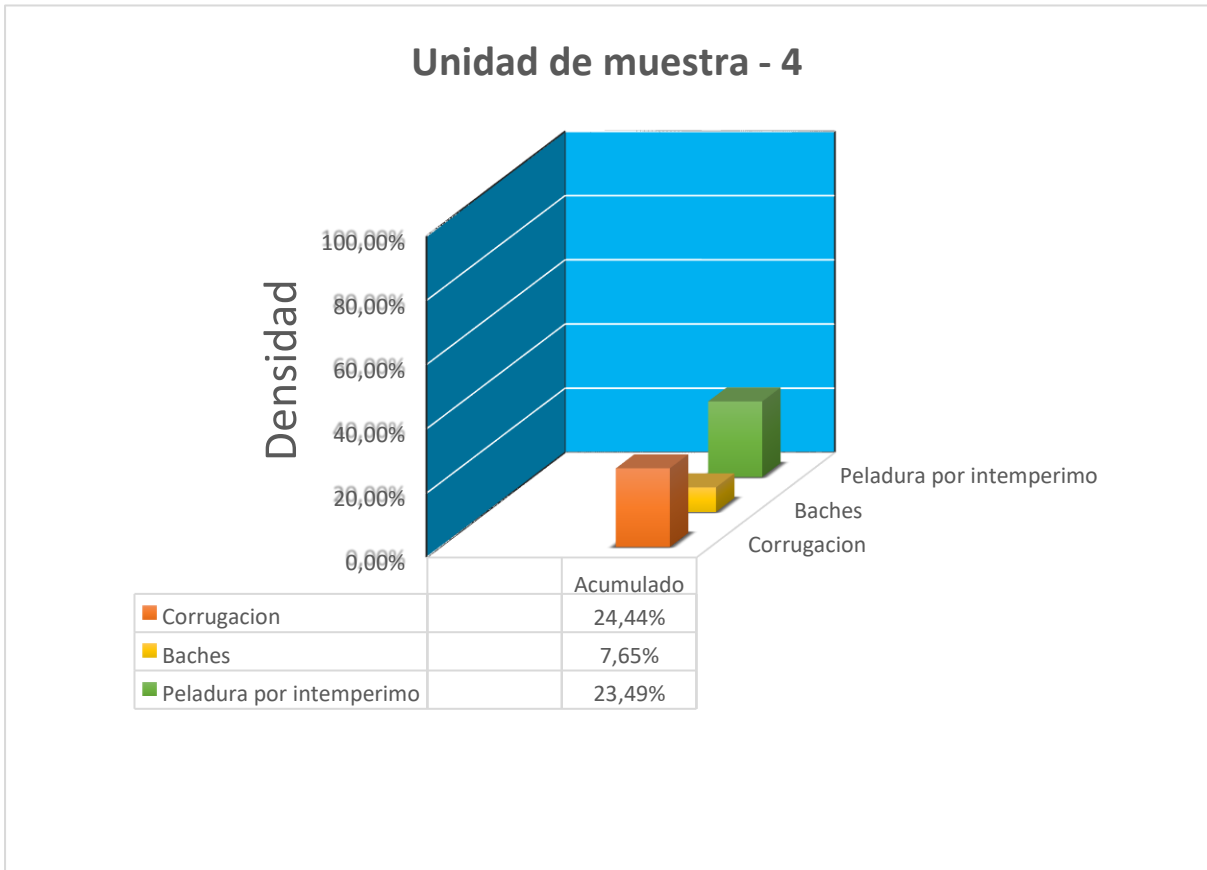


Gráfico N° 45: Porcentaje acumulado de fallas, de la unidad de muestra 4.

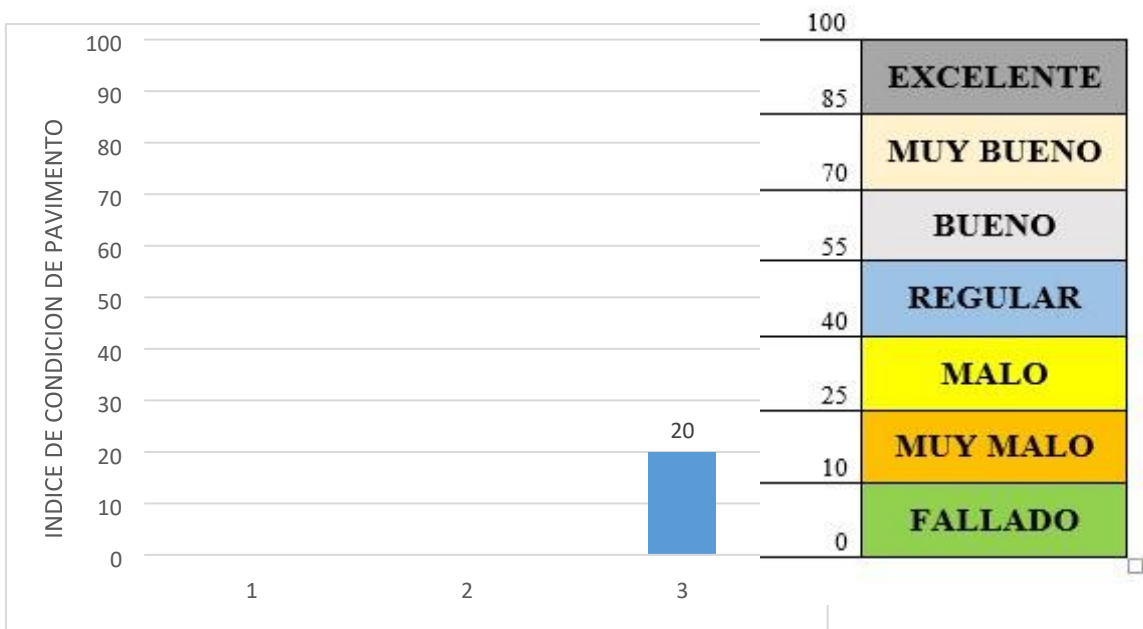


Gráfico N° 46: PCI de la unidad de muestra 4.



Grafico N° 47: Presentación de baches de baja y media severidad.
Fuente: Propia.



Grafico N° 48: Presentación de peladura por intemperismo de media severidad.
Fuente: Propia.

Unidad de muestra U-5:

Analizando los datos de campo obtenidos mediante la inspección visual y medición de la unidad de muestra U-5 tenemos que:

Cuadro N° 27: CDV de la Unidad de Muestra U-5

#	Valor Deducido										Total	q	CDV
1	40	36.5	31.5	18	5.5						131.5	5.0	69
2	40	36.5	31.5	18	2						128	4.0	73
3	40	36.5	31.5	2	2						112	3.0	70
4	40	36.5	2	2	2						82.5	2.0	60
5	40	2	2	2	2						48	1.0	48
6													
7													
8													
9													

Max CDV = 73

PCI = _____ 27

Rating = MALO

Observaciones:

- La unidad de muestra U-5, tiene un área de 196.12 m².
- Según la evaluación visual hemos notado en esta unidad de muestra, corrugación, parches, baches y peladura por intemperismo.
- La falla más representativa y más dañina es el bache por su alto nivel de severidad, las siguientes son peladura por intemperismo, parches y baches de media severidad influye significativamente en el pavimento.
- La corrugación de severidad baja, influyen en menor proporción.
- La serviciabilidad del pavimento es del tipo funcional lo que indica un nivel de serviciabilidad del pavimento malo, pero si es transitable.

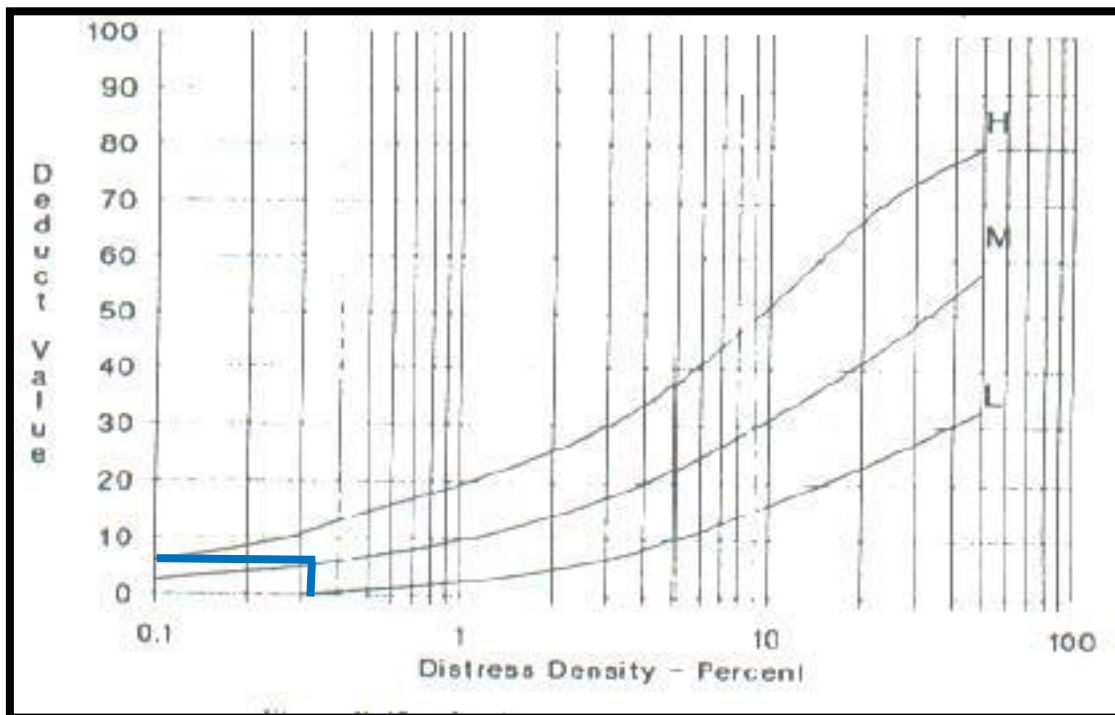
Tabla N° 07: Hoja de Registro de la unidad de muestra U-5, sección 2.

- Los valores deducidos se encuentra atraves de los siguientes abacos, son:

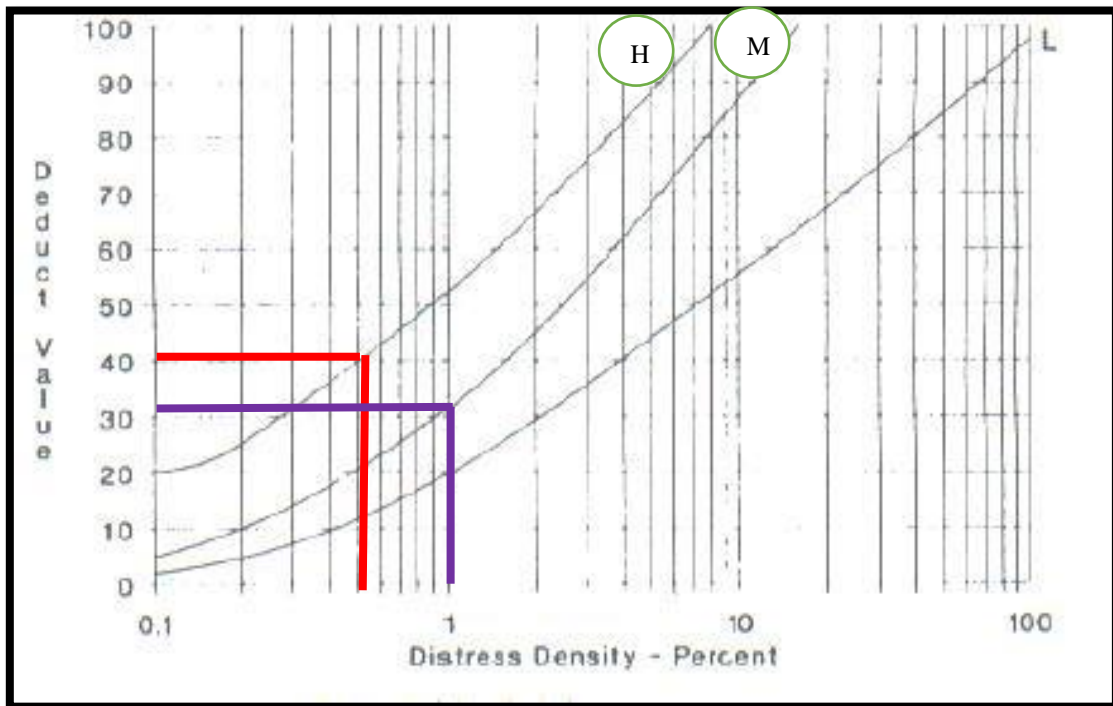
1. Corrugación



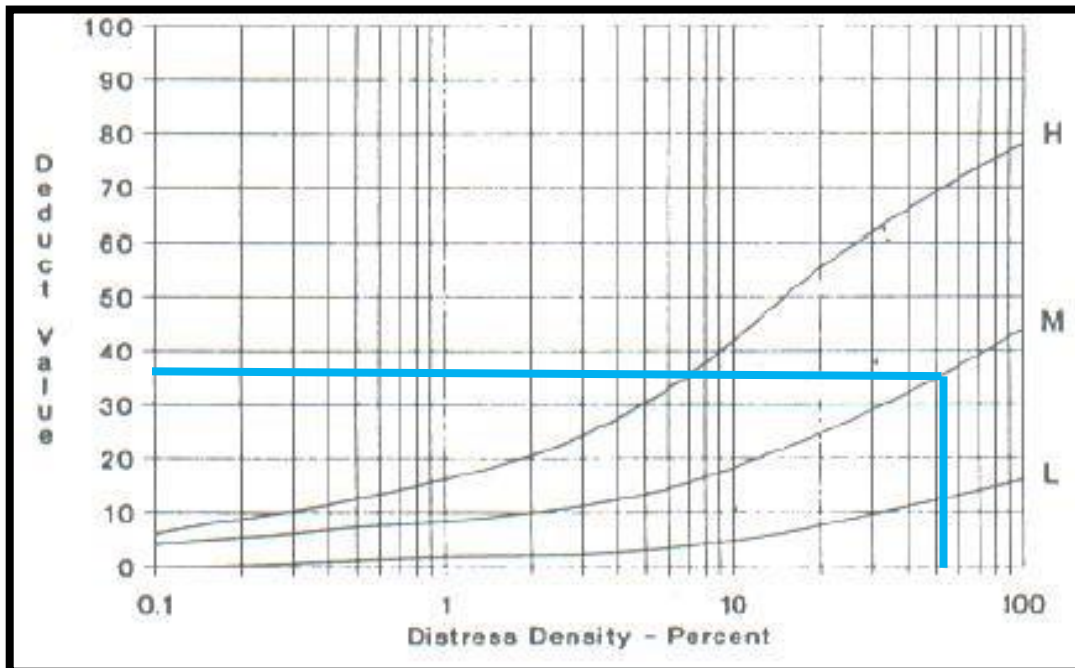
2. Parches y parches de cortes utilitarios



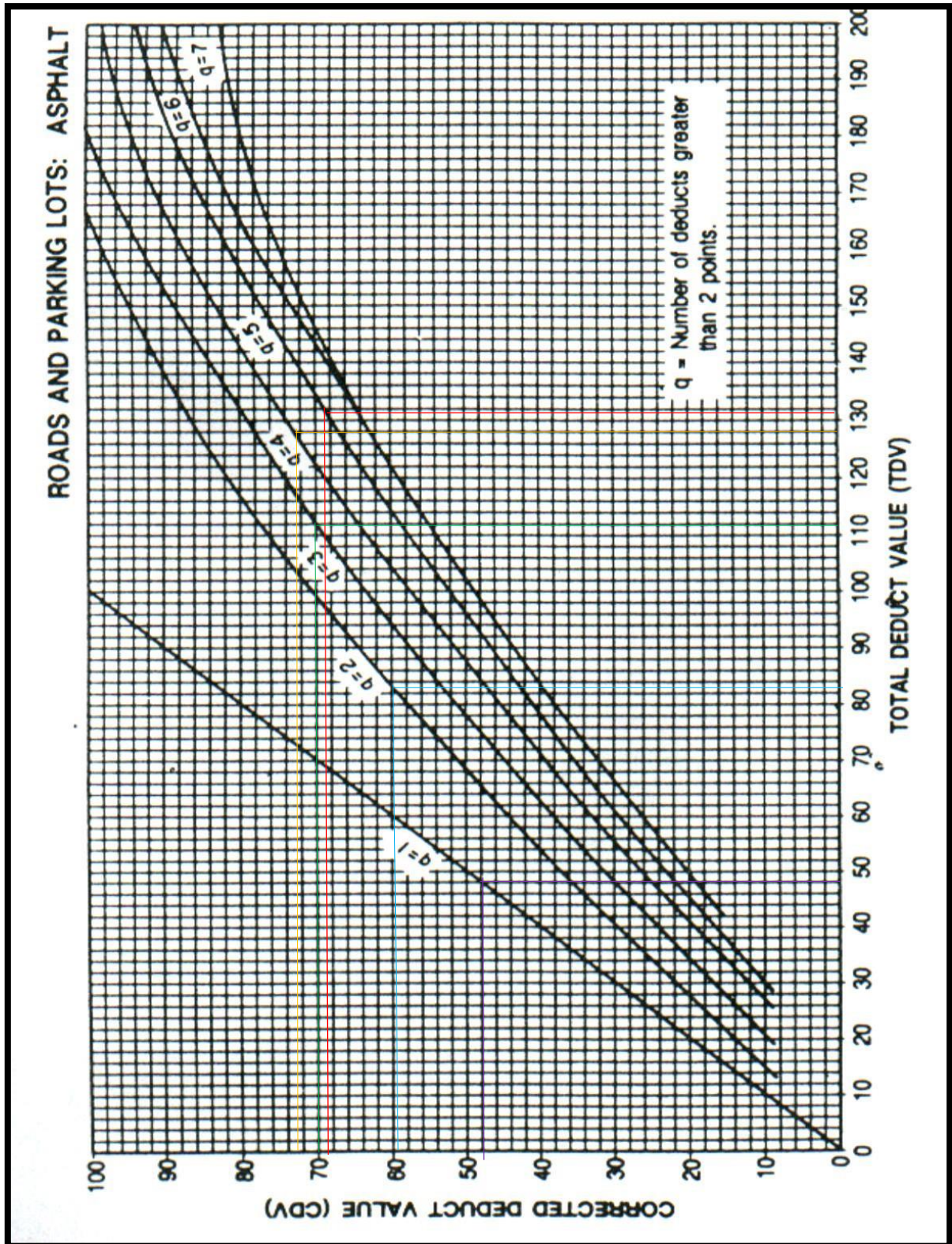
3. Baches



4. Peladura por intemperismo



- Luego de encontrar los valores deducidos de cada falla, podemos obtener corrección de valores deducidos mediante el siguiente ábaco:



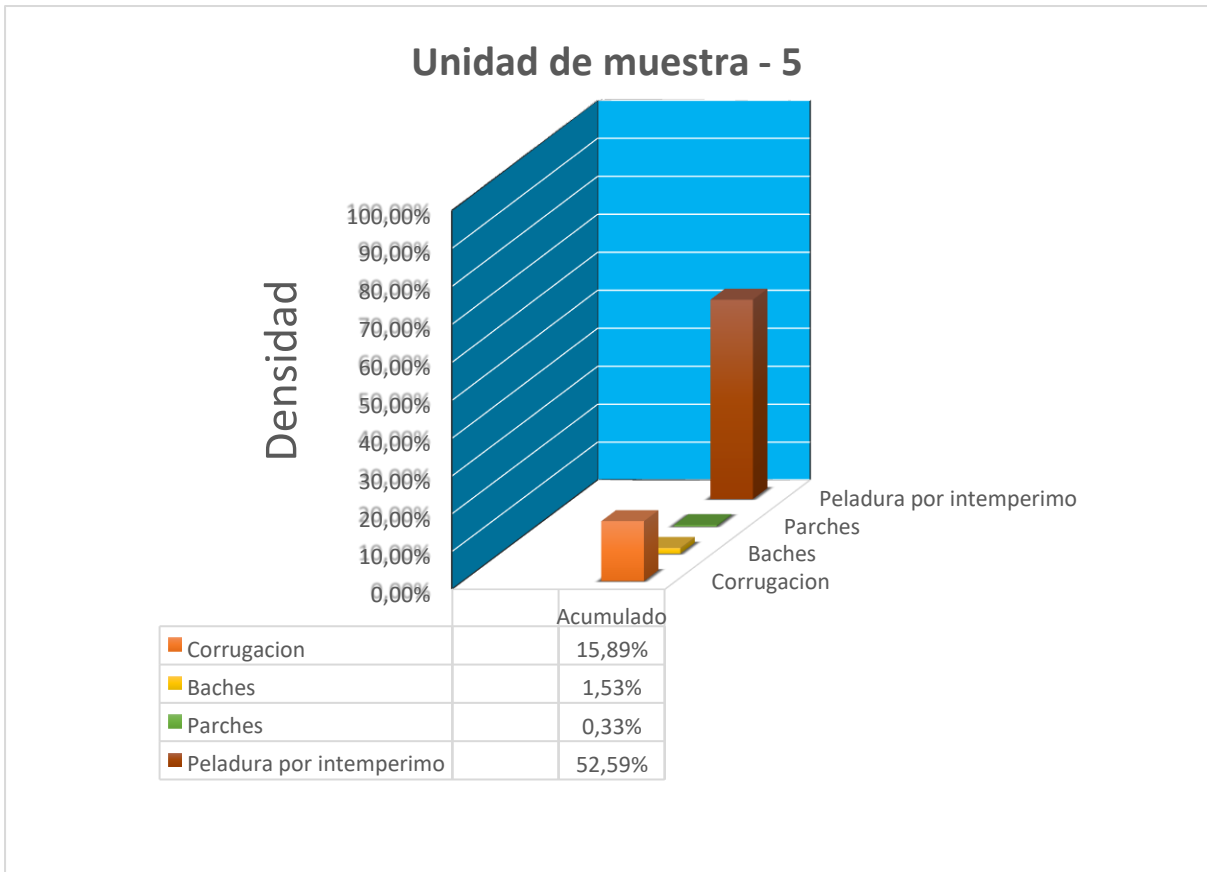


Gráfico N° 49: Porcentaje acumulado de fallas, de la unidad de muestra 5.

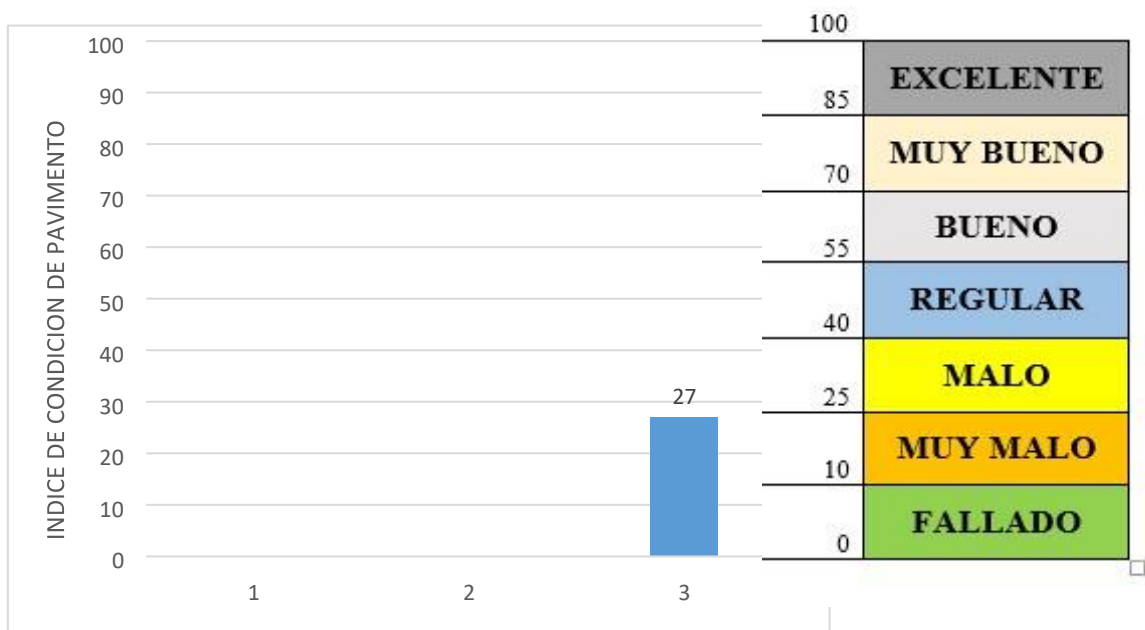


Gráfico N° 50: PCI de la unidad de muestra 5.



Grafico N° 51: Presentación de parche de corte utilitario de media severidad.
Fuente: Propia.



Grafico N° 52: Presentación de peladura por intemperismo de media severidad.
Fuente: Propia.



Grafico N° 53: Presentación de baches de media y alta severidad.

Fuente: Propia.

Unidad de muestra U-6:

Analizando los datos de campo obtenidos mediante la inspección visual y medición de la unidad de muestra U-6 tenemos que:

Cuadro N° 28: CDV de la Unidad de Muestra U-6

#	Valor Deducido										Total	q	CDV
1	38.5	36.5	14	7.5							96.5	4.0	56
2	38.5	36.5	14	2							91	3.0	58
3	38.5	36.5	2	2							79	2.0	57
4	38.5	2	2	2							44.5	1.0	45
5													
6													
7													
8													
9													

$$\text{Max CDV} = 58$$

$$\text{PCI} = \frac{\quad}{\quad} = 42$$

$$\text{Rating} = \frac{\text{REGULAR}}{\quad}$$

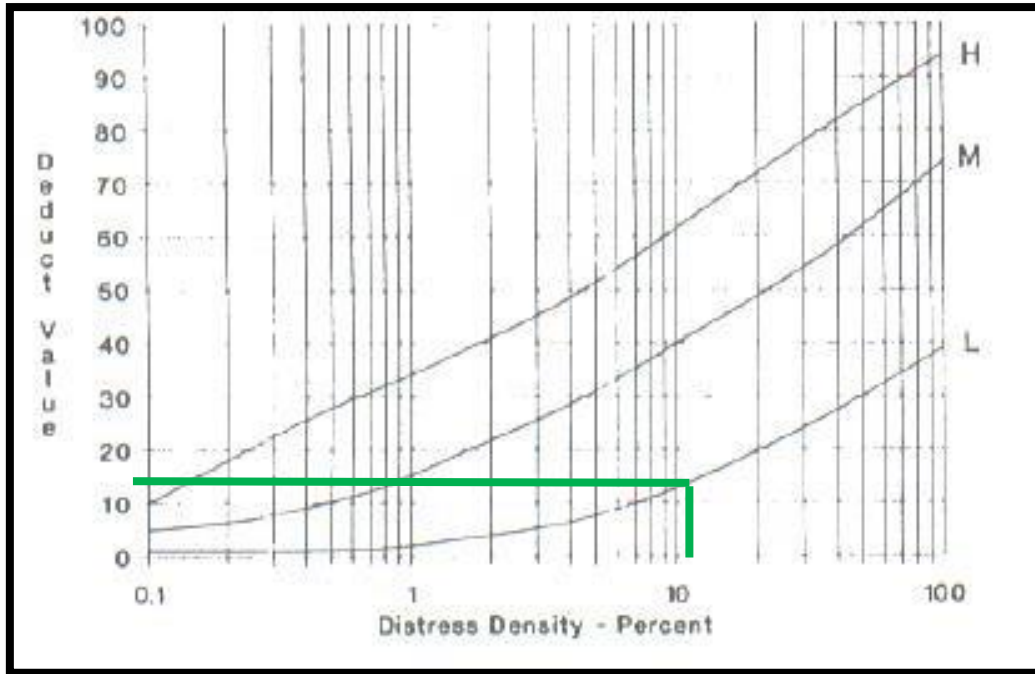
Observaciones:

- La unidad de muestra U-6, tiene un área de 188.48 m².
- Según la evaluación visual hemos notado en esta unidad de muestra, corrugación, parches, baches y peladura por intemperismo.
- La falla más representativa y más dañina en este caso son los baches, peladura por intemperismo y parches de media severidad. Además, la peladura es la que presenta mayor porcentaje en el área analizada.
- La única falla de baja severidad, es la corrugación que no influye en la serviciabilidad del pavimento.

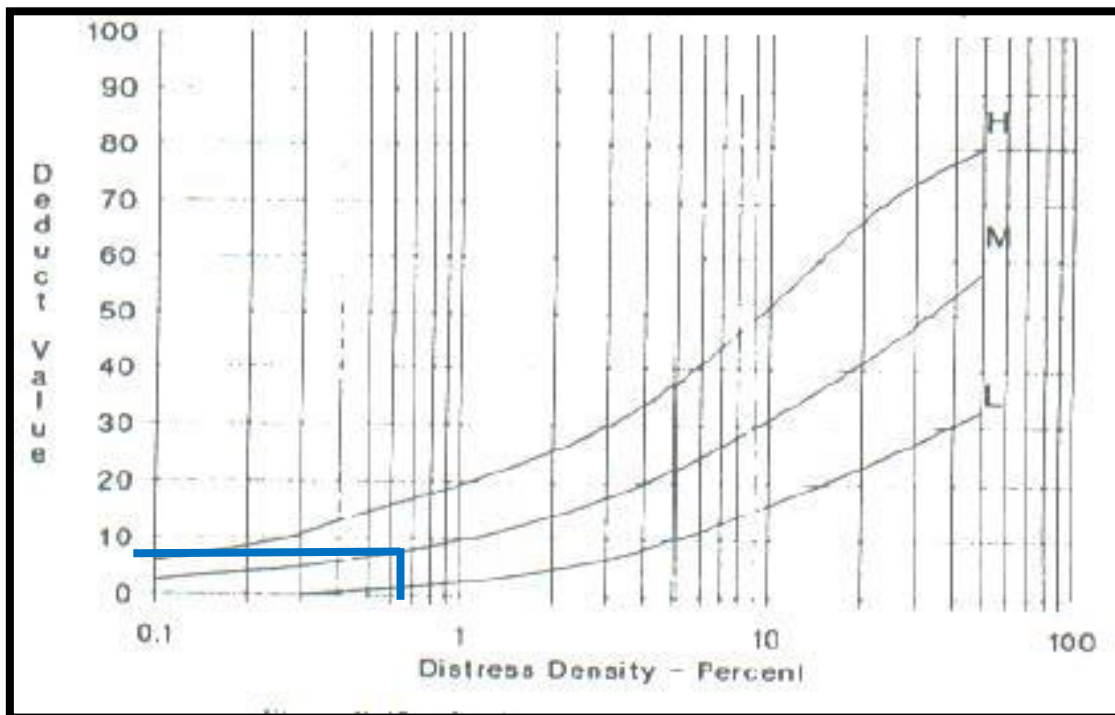
Tabla N° 08: Hoja de Registro de la unidad de muestra U-6, sección 2.

- Los valores deducidos se encuentran a través de los siguientes abacos, son:

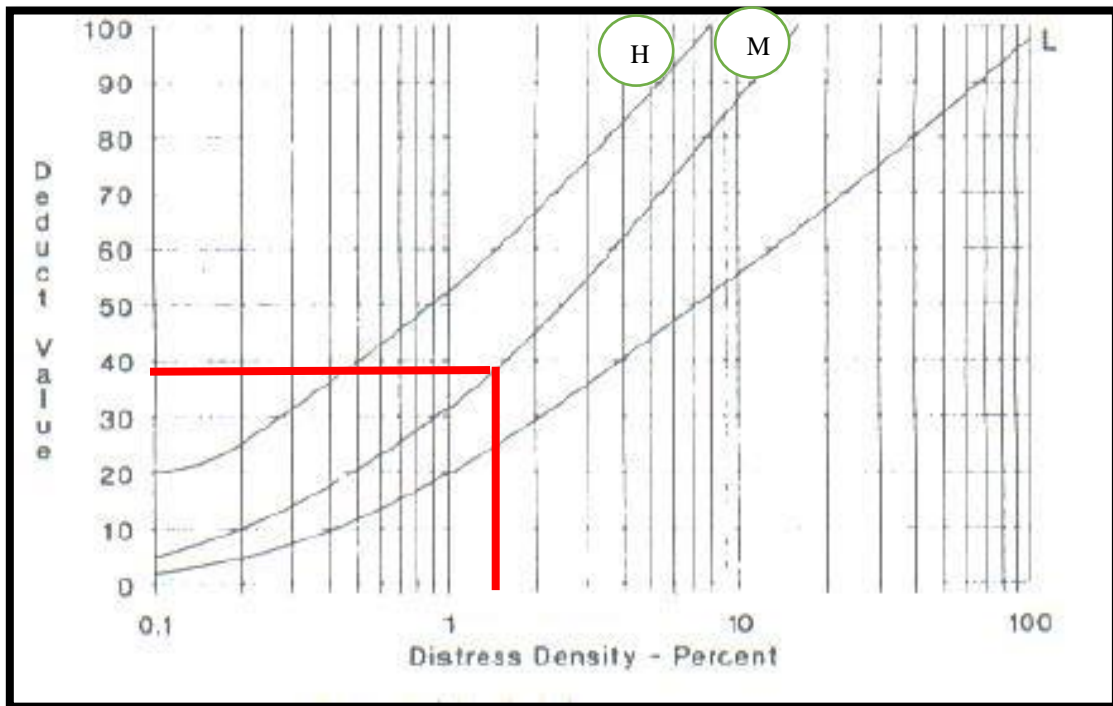
1. Corrugación



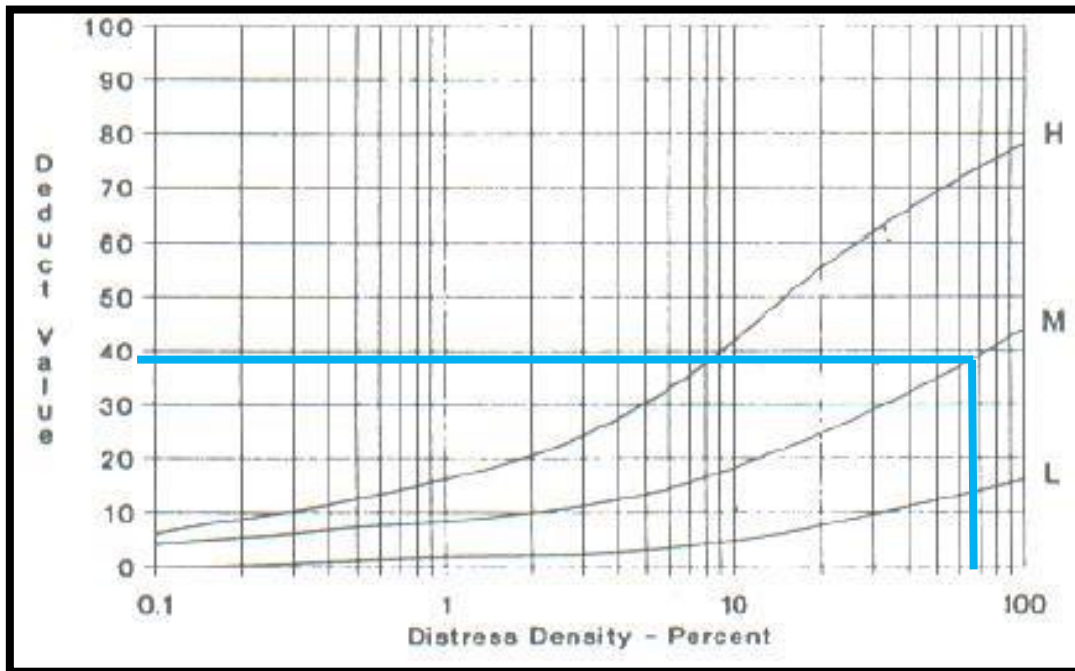
2. Parches y parches de cortes utilitarios



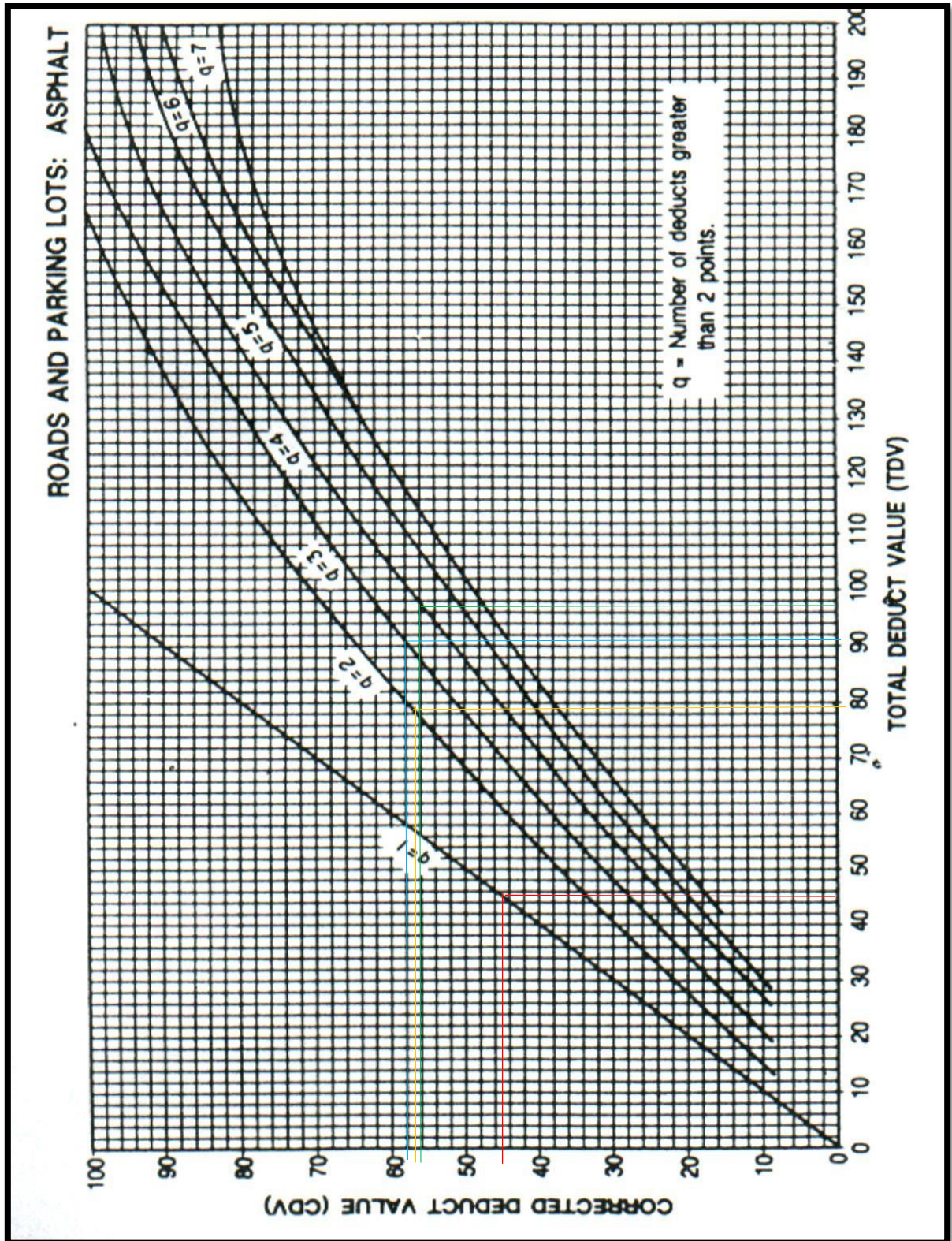
3. Baches



4. Peladura por intemperismo



- Luego de encontrar los valores deducidos de cada falla, podemos obtener corrección de valores deducidos mediante el siguiente ábaco:



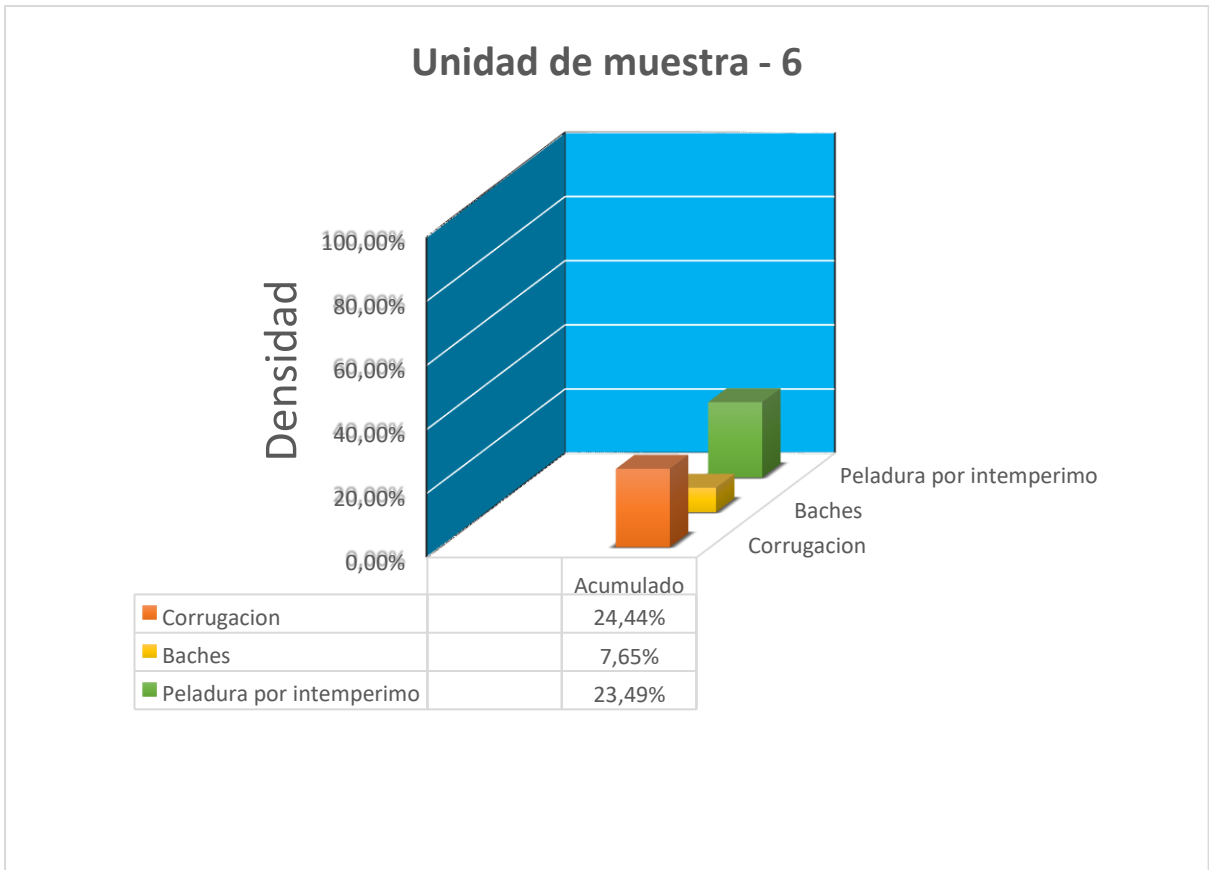


Gráfico N° 54: Porcentaje acumulado de fallas, PCI de la unidad de muestra 6.

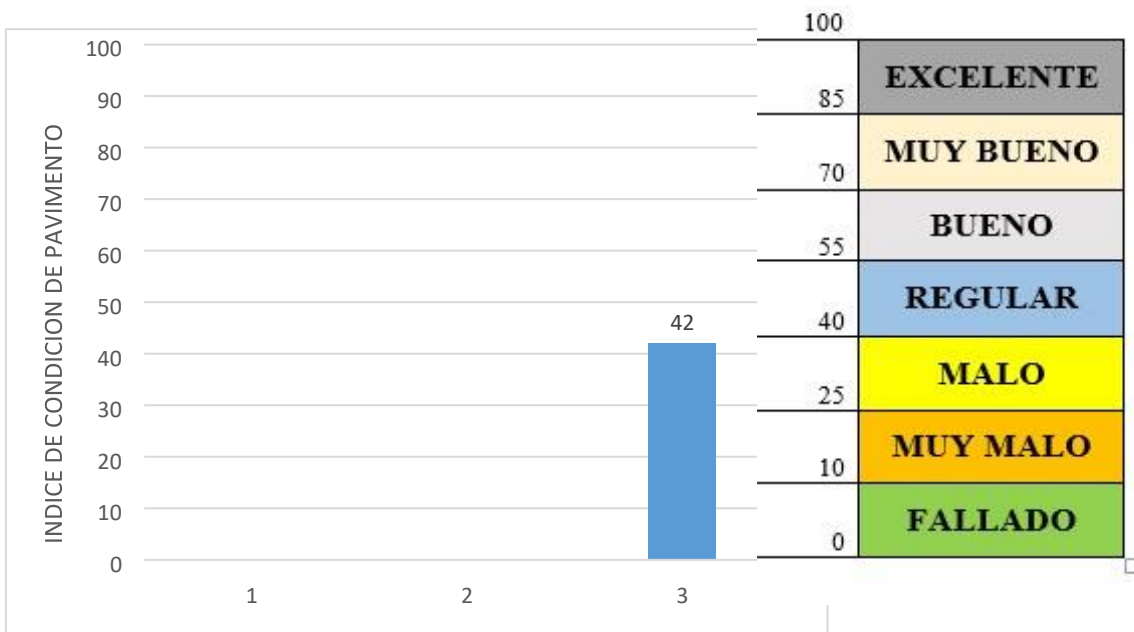


Gráfico N° 55: Porcentaje acumulado de los tipos de fallas, PCI de la unidad de muestra 6.



Grafico N° 56: Presentación de bache y peladura de media severidad.

Fuente: Propia.



Grafico N° 57: Presentación de parche y bache de media severidad.

Fuente: Propia.

4.2. ANALISIS DE RESULTADOS

Se procedió a analizar considerando las secciones estudiadas durante el desarrollo de inspección, ya que estas son consideradas homogéneas relacionado a construcción y tránsito.

Según los datos obtenidos del PCI, se determinaron el actual estado del pavimento de la calle Nicolás de Piérola las cuadras 4 y 5, sirve para concluir que niveles de intervención de conservación (mantenimiento o rehabilitación) es necesario aplicar lográndose un óptimo estado y/o funcionamiento.

Las fallas más representativas y dañinas que se encontraron en todas las unidades de muestra son; la peladura por intemperismo, debido a las altas temperaturas que siempre están en el norte del país; los baches, debido al mal proceso constructivo del pavimento o a las excesivas cargas que no van acorde al diseño del pavimento.

Una vez registrados todos los datos de campo, y obtenidos los índices de condición respectivos para cada unidad de muestra, se puede calcular el PCI promedio de las 2 secciones consideradas, para tener una idea global de cuál es el estado actual de la calle Nicolás de Piérola cuadra 4 y 5, se muestra un resumen de estos:

SECCION	UNIDAD MUESTRA	AREA	PCI	PCI sección	ESTADO
Sección 1	U1	196.12	19	19	Muy Malo
	U2	196.12	19		
Sección 2	U3	196.12	0	22	Muy Malo
	U4	196.12	20		
	U5	196.12	27		
	U6	188.48	42		

Cuadro N° 29: Resumen de resultados según unidad muestra y sección.

Analizaremos el estado actual de cada sección y determinaremos el grado de las secciones analizadas:

□ **Análisis de la sección 1:**

La sección uno está conformado por dos unidades de muestra (U-1 y U-2), que a la fecha no ha recibido ningún tipo de tratamiento, tiene un área de 392.24 m².

SECCION	UNIDAD MUESTRA	AREA	PCI	PCI sección	ESTADO
Sección 1	U1	196.12	19	19	Muy Malo
	U2	196.12	19		

Cuadro N° 30: Resumen de resultados de la sección 1.

Este valor es indicativo de la presencia de agrietamientos y deformaciones importantes. Esta sección está altamente deteriorada y tiene un muy bajo índice de servicio al usuario.

Cuenta con fallas de diferentes niveles de severidad como baja, media y alta según los resultados obtenidos por el método del PCI (Índice de condición del pavimento), donde mayor presencia son las de media y alta severidad.

La calzada de esta sección nos indica, un mal estado con un valor del PCI igual a 19, es muy probable que el pavimento no cuente con vida residual, el mismo, se decretada con precisión mediante la ejecución de pruebas no destructivos y/o destructivos.

□ **Análisis de la sección 2:**

La sección uno está conformado por cuatro unidades de muestra (U-3, U-4, U-5 y U6), que a la fecha no ha recibido ningún tipo de tratamiento, tiene un área de 776.84 m².

SECCION	UNIDAD MUESTRA	AREA	PCI	PCI sección	ESTADO
Sección 2	U3	196.12	0	22	Muy Malo
	U4	196.12	20		

U5	196.12	27
U6	188.48	42

Cuadro N° 31: Resumen de resultados de la sección 2.

Este valor es indicativo de la presencia de deformaciones y baches importantes, donde esta sección está deteriorada y un índice de muy bajo servicio al usuario.

Tenemos la unidad de muestra 3 de menor valor PCI (igual a 0), el presente estado de la calzada es debido al innumerable cantidad de vehículos pesados que transitaban por este sector, lo que ha logrado que se debilite demasiado.

La presente sección analizada, a simple vista podemos deducir que necesita una rehabilitación urgente para que no siga deteriorándose más, sin embargo, debería realizarse un estudio más profundo y optimo donde podamos ver que es lo recomendable para que esté al servicio del usuario.

En las siguientes imágenes observaremos el estado real del pavimento de la calle Nicolás de Piérola:



Gráfico N° 58: Estado real de Nicolás de Piérola, muestra 3, sección 2.

Fuente: Google Earth.

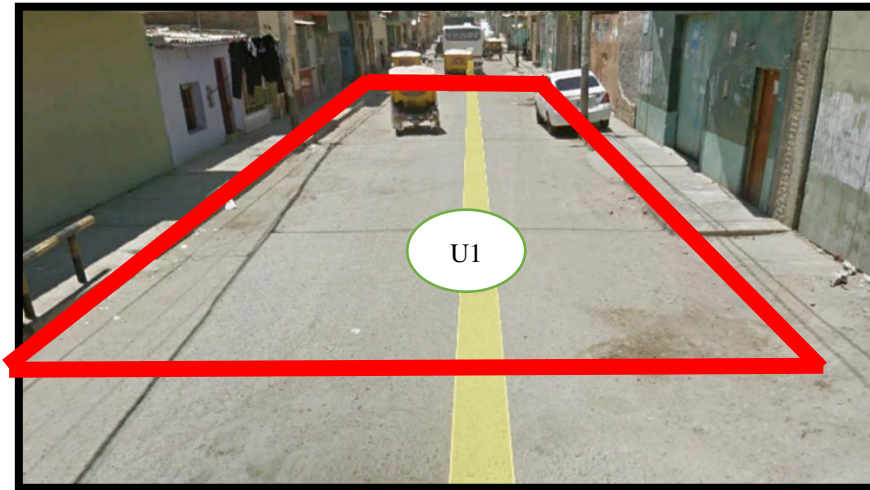


Gráfico N° 59: Estado real de Nicolás de Piérola, muestra 1, sección 1.
Fuente: Google Earth.

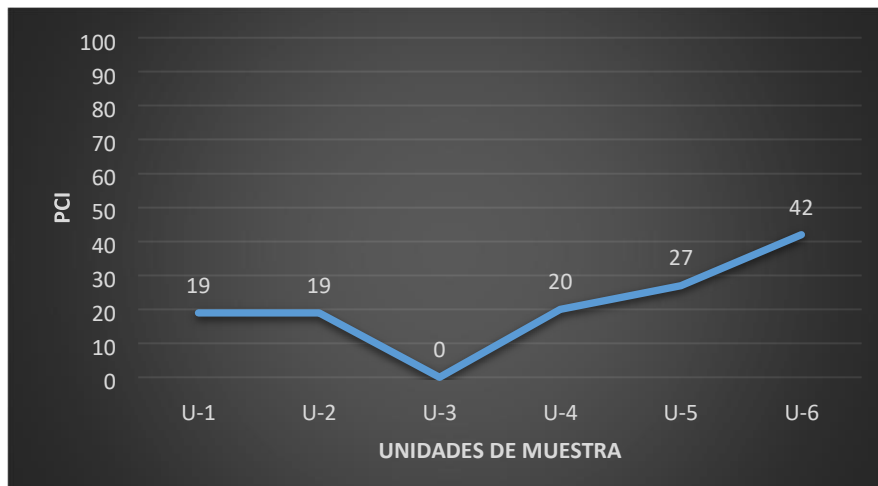


Gráfico N° 60: Resumen de valores del PCI según unidad de muestra.

V. CONCLUSIONES

Después de haber terminado el análisis, la presente investigación, se concluye lo siguiente:

- Se concluyó que el actual estado del pavimento de la calle, cuadras cuatro y cinco, están en un mal estado, el mismo, ha sufrido constantemente cargas de vehículos pesados durante un buen periodo (aprox. 10 a 15 años).
- En el análisis del trabajo de investigación se inspeccionaron las siguientes fallas de mayor presencia, son: peladura por intemperismo, corrugación y culminando con baches. Las fallas mencionadas presentan distintos porcentajes y severidades según su unidad de muestra analizada.
- El pavimento de la calle Nicolás de Piérola ha sido analizada en dos secciones, con 64.3m lineales en la sección 1, y 127.35m en la sección 2. Se evaluó un número de 6 unidades de muestra (2 muestra en la sección 1, 4 muestras en la sección 2). La sección 1 solo lleva 2 unidades de muestra porque los separa con un pavimento adoquinado en la intersección de la calle Nicolás de Piérola y Trans. Piura (ver graf. N° 61).

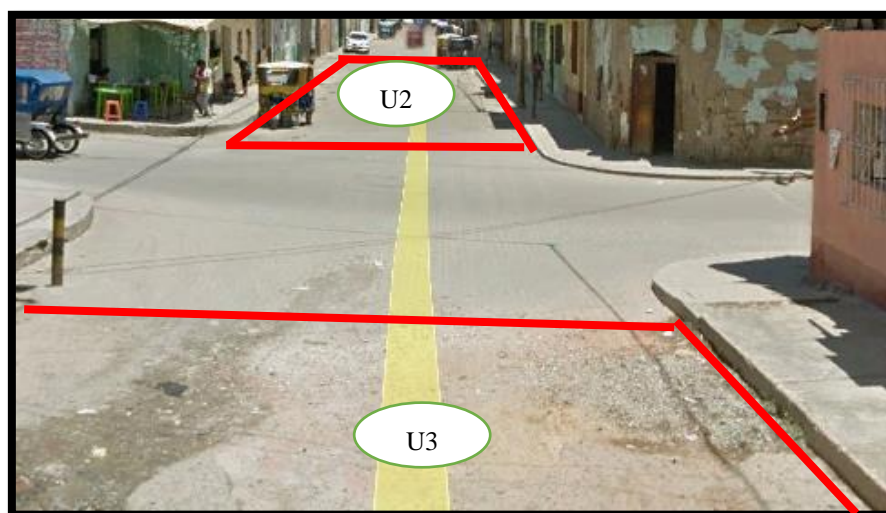


Grafico N° 61: Intersección entre Nicolás de Piérola y Trans. Piura.

Fuente: Google Earth.

- Las unidades de muestra 1, 2 y 4, desde la progresiva 0+00km hasta 0+60.30km (U1 y U2) y 0+100.45km hasta 0+130.45km (U4), se considera un estado de pavimento

muy malo con un PCI igual a 19, 19 y 20 respectivamente. La U1 presenta las siguientes fallas: corrugación un 23.74%, baches un 2.04%, ahuellamiento un 6.54% y peladura por intemperismo un 79.14%. La U2 presenta fallas como corrugación al 7.65%, depresión al 13.37%, baches al 4.08%, parches al 2.32% y peladura por intemperismo al 66.89%. Por último, la U4 las presentes fallas son corrugación con 24.44%, baches con 7.65% y peladura por intemperismo 23.49%.

- La unidad de muestra 3, desde la progresiva 0+070.30km hasta 0+100.45km se considera un estado de pavimento fallado (PCI igual a 0), porque presenta fallas como baches y fisuras parabólicas de severidad alta. Los porcentajes de las fallas encontradas son, baches con 4.59%, fisura parabólica con 14.63% y peladura por intemperismo con 62.46%.
- Las unidades de muestra 5, desde la progresiva 0+130.45km hasta 0+160.6km se considera un estado de pavimento malo (PCI=27), porque presenta fallas como corrugación al 15.89%, baches al 1.53%, parches al 0.33% y peladura por intemperismo 52.59%.
- La unidad de muestra 6, desde la progresiva 0+160.60km hasta 0+201.65km se considera un estado de pavimento regular con un PCI igual a 42, porque presenta fallas como corrugación con 24.44%, baches al 7.65% y peladura por intemperismo con 23.49%.
- Las condiciones que presenta el pavimento son regular, malo, muy malo y fallado. El cual se presentan las siguientes proporciones analizadas:
 - Regular (PCI entre 40 y 55) con un 16.67% - Malo (PCI entre 25 y 40) con un 16.67%
 - Muy malo (PCI entre 10 y 25) con un 50%.
 - Fallado (PCI entre 0 y 10) con un 16.67%.

ASPECTOS COMPLEMENTARIOS

Después de haber concluido con la línea de investigación del presente proyecto, se presentan las siguientes recomendaciones:

- En la actualidad, nuestro país existe distintos niveles de intervención en la conservación, estos se clasifican en función a la magnitud de los trabajos necesarios, desde una intervención simple (mantenimiento rutinario o periódica) hasta una intervención más complicada y por ende más costosa (rehabilitación).
- En la unidad de muestra 3, se observó un estado de pavimento FALLADO ($PCI < 10$), entendiéndose que no tiene vida residual, el cual afecta al tránsito normal de vehículos, donde es necesario trabajos de rehabilitación inmediata, tal como: remover toda esa área del pavimento hasta nivel de subrasante y colocar nuevas capas, después una imprimación asfáltica y por último ser colocado la carpeta asfáltica.
- Una lechada asfáltica o Slurry Seal está compuesta de agregado graduado con emulsión asfáltica, agua, filler y aditivos (en caso sean necesarios); es aplicada (después de una limpieza superficial de malezas) en una capa menor para conservar las capas estructurales. Esta técnica se corrigen irregularidades superficiales menores (corrugaciones), se evita el desprendimiento de agregados y peladura, se mejora la resistencia al deslizamiento, se impermeabiliza la superficie del pavimento y se proporciona una superficie muy resistente al desgaste.
- Si se desea mejorar aún más la condición de la calle Nicolás de Piérola, las técnicas apropiadas, a aplicar en las unidades de muestra restantes son: bacheo profundo para baches severos y bacheo superficial para corrugaciones y depresiones leves.
- Establecer los trabajos anteriores en toda la calle Nicolás de Piérola, si se requiere o sustituirlo por un nuevo diseño de pavimento articulado o rígido, lo adecuado para pavimentos urbanos, ya que la actual (pavimento flexible) el mejor uso que se le puede dar es en autopistas, carreteras (tramos largos).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

1. Miranda Rebolledo, Ricardo (2010). ***“Deterioros en Pavimentos Flexibles y Rígidos”***. Chile. Universidad de Chile.
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcim672d/doc/bmfcim672d.pdf>
2. Mba Lozano, Eduardo y Tabares Gonzales, Ricardo (2005). ***“Diagnóstico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la nueva vía mediante parámetros obtenidos del estudio en fase I de la vía acceso al barrio ciudadela del café – Vía la Badea”***. Colombia. Universidad Nacional de Colombia.
<http://www.bdigital.unal.edu.co/743/1/ricardotabaresgonzales.2005.pdf>
3. Membrillo Fernández, Omar T. (2004). ***“Acondicionamiento y remodelación de la carpeta asfáltica en el autódromo de los hermanos Rodríguez utilizando el sistema con Viatop 66”***. México. Instituto Tecnológico de la Construcción.
http://infonavit.janium.net/janium/TESIS/Licenciatura/Membrillo_Fernandez_Omar_Tito_44732.pdf
4. Espinoza Rodríguez, Diego A. (2009). ***“Guía de Mantenimiento para pavimentos asfálticos de vías locales en Bogotá D.C”***. Colombia. Universidad de la Salle.
<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/15498/T40.09%20E65g.pdf?sequence=1>
5. Rodríguez Mineros, Carmen E. y Rodríguez Molina, José A. (2004). ***“Evaluación y Rehabilitación de pavimentos flexibles por el método del reciclaje”***. El Salvador. Universidad de El Salvador.
http://ri.ues.edu.sv/2234/1/Evaluaci%C3%B3n_y_rehabilitaci%C3%B3n_de_pavimentos_flexibles_por_el_m%C3%A9todo_del_reciclaje.pdf
6. Huamán Guerrero Néstor (2011). ***“La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú”***. Lima – Perú. Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).
http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/819/1/huaman_gn.pdf

7. Camposano Olivera, Jhessy E. y García Cárdenas, Kenny V. (2012). ***“Diagnóstico del estado situacional de la vía: Av. Argentina – Av. 24 de Junio por el método: Índice de Condición de Pavimentos – 2012”***. Huancayo – Perú. Universidad Peruana de los Andes.
<http://cip.org.pe/imagenes/temp/tesis/45203801.pdf>

8. Gamboa Chicchón, Karla Patricia (2009). ***“Cálculo del índice de condición aplicado en el pavimento flexible en la Av. Las Palmeras de Piura”***. Piura – Perú. Universidad de Piura.
http://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1351/ICI_181.pdf?sequence=1

9. Rodríguez Velásquez, Edgar Daniel (2009). ***“Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”***. Piura – Perú. Universidad de Piura.
http://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1350/ICI_180.pdf?sequence=1

10. Alfonso Montejó Fonseca (1998). ***“Ingeniería de pavimentos para carreteras”***. Colombia.
<https://es.scribd.com/doc/109145214/Ingenieria-de-Pavimentos>

11. Quintero Jerez, Franyeli M.; Ortiz Santiago Alba M. y Sánchez José M. (2015). ***“Plan de mantenimiento para pavimento rígido y flexible sobre las vías del estado de Mérida”***. Mérida – Venezuela. Instituto Universitario Politécnico “Santiago Mariño”.
https://issuu.com/alejandrogarcia94/docs/proyecto_final1.docx

12. Medina Palacios, Armando (2015). ***“Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI”***. Lima – Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
<http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/handle/10757/581505>

ANEXOS

ANEXO 1

Mas imágenes de las fallas que se presentan en el pavimento de la calle analizada:



Gráfico N° 62: Calzada con falla de baches, corrugación.

Fuente: Propia.



Gráfico N° 63: Calzada con falla de corrugación.

Fuente: Propia.



Gráfico N° 64: Calzada con falla de peladura y baches.
Fuente: Propia.



Gráfico N° 65: Calzada con falla de parches, peladura, corrugación y baches.
Fuente: Propia.



Gráfico N° 66: Calzada con falla de parches, baches.
Fuente: Propia.



Gráfico N° 67: Calzada con falla de baches.
Fuente: Propia.

ANEXO 2 PLANO DE UBICACIÓN
Calle Nicolás de Piérola cuadra 4 y 5.