



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Evaluación superficial del estado del pavimento flexible y  
verificación de tramos con fallas estructurales mediante  
Deflectometría, vía Juliaca – Lampa - Puno

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

Ccama Quispe, Henry Guido (ORCID: 0000-0003-3022-7196)  
Turpo Arapa, Kennedy Yasmink (ORCID: 0000-0002-0128-0230)

**ASESOR:**

Msc. Ing. Castillo Chávez, Juan Humberto (ORCID: 0000-0002-4701-3074)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**TRUJILLO – PERÚ**

**2021**

### **Dedicatoria**

A Dios por brindarme salud y guiarme para culminar con éxito esta etapa de mi desarrollo profesional.

A nuestros padres, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por darnos la vida, brindarnos su apoyo en todo momento, consejos, comprensión, amor, nuestros valores, nuestros principios, nuestros empeños y nuestra perseverancia para conseguir nuestros objetivos. Gracias a ellos, y siempre les estaremos agradecidos.

### **Agradecimiento**

Hago llegar mi agradecimiento y reconocimiento a nuestro asesor Msc.Ing. Juan Humberto Castillo Chávez por su apoyo profesional, por su asesoramiento durante este tiempo, su invaluable colaboración en el desarrollo y culminación del presente informe de investigación.

También hago extenso este agradecimiento a nuestros padres y hermanos por su valioso, constante e incondicional apoyo; por sus muestras de amor, cariño y afecto y por alentarnos en todo momento en esta maravillosa etapa de nuestras vidas.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria .....	i
Agradecimiento .....	ii
Índice de contenidos .....	iii
Índice de tablas .....	iv
Índice de figuras .....	v
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	3
III. METODOLOGÍA.....	41
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	41
3.2. Variables y operacionalización.....	41
3.3. Población y muestra.....	43
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	43
3.5. Procedimientos: .....	46
3.6. Método de análisis de datos.....	58
3.7. Aspectos éticos .....	59
IV. RESULTADOS.....	60
V. DISCUSIÓN .....	94
VI. CONCLUSIONES .....	96
VII. RECOMENDACIONES .....	97
REFERENCIAS .....	98
ANEXOS .....	102

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> "Rangos de la clasificación PCI" .....	10
<b>Tabla 2.</b> "Niveles de severidad de baches (huecos)" .....	22
<b>Tabla 3.</b> "Distancia del punto de ensayo" .....	36
<b>Tabla 4.</b> "Niveles de intervención en carreteras" .....	39
<b>Tabla 5.</b> "Acciones a tomar en cuenta para el pavimento a nivel de la subrasante" .....	40
<b>Tabla 6.</b> "Ficha de recolección datos para la metodología PCI" .....	44
<b>Tabla 7.</b> "Modelo de recolección datos para el ensayo de deflectometría con la viga Benkelman" .....	45
<b>Tabla 8.</b> "Ecuaciones propuestas por Wiseman en relación al modelo de Hogg" .....	53
<b>Tabla 9.</b> "Coeficientes de las ecuaciones propuestas por Wiseman, para los 3 casos particulares" .....	54
<b>Tabla 10.</b> "Clasificación de la subrasante a través de su valor de CBR" .....	55
<b>Tabla 11.</b> "Relación del ESAL y el volumen de tránsito" .....	56
<b>Tabla 12.</b> "Relación de la ecuación del $D_c$ y la clasificación de la carreteara" .....	57
<b>Tabla 13.</b> "Datos para la obtención de las unidades de evaluación" .....	60
<b>Tabla 14.</b> "Parámetros determinados por la ASTM D6433" .....	61
<b>Tabla 15.</b> "Clasificación según la metodología PCI de las unidades evaluadas" .....	74
<b>Tabla 16.</b> "Características de la viga Benkelman utilizada en campo" .....	75
<b>Tabla 17.</b> "Lecturas del carril izquierdo" .....	75
<b>Tabla 18.</b> "Deflexiones de campo obtenidas en carril izquierdo en mm" .....	76
<b>Tabla 19.</b> "Deflexiones corregidas por temperatura del carril izquierdo en mm" .....	77
<b>Tabla 20.</b> "Lecturas de campo del carril derecho" .....	78
<b>Tabla 21.</b> "Deflexiones de campo obtenidas en carril derecho en mm" .....	79
<b>Tabla 22.</b> "Deflexiones corregidas por temperatura del carril derecho en mm" .....	79
<b>Tabla 23.</b> " $D_R/D_0$ , $L_0$ y $E_{sg}$ para un $h/L_0=10$ y $R=25\text{cm}$ del carril izquierdo" .....	81
<b>Tabla 24.</b> " $D_R/D_0$ , $L_0$ y $E_{sg}$ para un $h/L_0=10$ y $R=50\text{cm}$ del carril izquierdo" .....	81
<b>Tabla 25.</b> " $D_R/D_0$ , $L_0$ y $E_{sg}$ para un $h/L_0=10$ y $R=75\text{cm}$ del carril izquierdo" .....	82
<b>Tabla 26.</b> " $D_R/D_0$ , $L_0$ y $E_{sg}$ para un $h/L_0=10$ y $R=25\text{cm}$ del carril derecho" .....	83
<b>Tabla 27.</b> " $D_R/D_0$ , $L_0$ y $E_{sg}$ para un $h/L_0=10$ y $R=50\text{cm}$ del carril izquierdo" .....	83
<b>Tabla 28.</b> " $D_R/D_0$ , $L_0$ y $E_{sg}$ para un $h/L_0=10$ y $R=75\text{cm}$ del carril derecho" .....	84
<b>Tabla 29.</b> "Selección de la longitud característica y el $E_{sg}$ por el valor de $D_R/D_0$ " .....	85
<b>Tabla 30.</b> "CBR de cada tramo calculado por el $E_{sg}$ " .....	86
<b>Tabla 31.</b> "Datos necesarios para la determinación del ESAL" .....	88
<b>Tabla 32.</b> "ESAL de cada vehículo con una proyección de 15 años" .....	89
<b>Tabla 33.</b> "Deflexiones promedio del carril izquierdo" .....	90
<b>Tabla 34.</b> "Datos obtenidos de las deflexiones y el estudio de tránsito del carril izquierdo" .....	91
<b>Tabla 35.</b> "Deflexiones promedio del carril derecho" .....	92
<b>Tabla 36.</b> "Datos obtenidos de las deflexiones y el estudio de tránsito del carril derecho" .....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> "Fisura de piel de cocodrilo" .....	12
<b>Figura 2.</b> "Exudación presente en el pavimento" .....	13
<b>Figura 3.</b> "Fisura en bloque" .....	14
<b>Figura 4.</b> "Abultamiento y hundimiento presente en el pavimento" .....	14
<b>Figura 5.</b> "Presencia de corrugación en pavimentos" .....	15
<b>Figura 6.</b> "Presencia de depresión en pavimentos" .....	16
<b>Figura 7.</b> "Fisuras de borde en pavimentos" .....	17
<b>Figura 8.</b> "Fisura de reflexión de junta" .....	18
<b>Figura 9.</b> "Desnivel de carril y berma" .....	19
<b>Figura 10.</b> "Fisuras longitudinales en pavimentos" .....	20
<b>Figura 11.</b> "Parches presentes en el pavimento" .....	21
<b>Figura 12.</b> "Pulimento de agregados presente en pavimentos" .....	22
<b>Figura 13.</b> "Baches o huecos presentes en pavimentos" .....	23
<b>Figura 14.</b> "Cruce de vías férreas en pavimentos" .....	23
<b>Figura 15.</b> "Ahuellamiento en pavimentos" .....	24
<b>Figura 16.</b> "Desplazamiento en pavimentos" .....	25
<b>Figura 17.</b> "Grieta parabólica presente en el pavimento" .....	26
<b>Figura 18.</b> "Hinchamiento presente en el pavimento" .....	27
<b>Figura 19.</b> "Desprendimiento de agregados en pavimentos" .....	28
<b>Figura 20.</b> "Ensayo de la viga Benkelman" .....	29
<b>Figura 21.</b> "Deflectómetro de impacto" .....	30
<b>Figura 22.</b> "Curvas de deflexiones en el modelo de Hogg para la configuración de carga de la viga Benkelman" .....	31
<b>Figura 23.</b> "Nomograma para la examinación estructural en base al modelo de Hogg" .....	32
<b>Figura 24.</b> "Representación de la metodología del modelo de Hogg y la viga Benkelman" .....	33
<b>Figura 25.</b> "Partes de la viga Benkelman" .....	34
<b>Figura 26.</b> "Curva de deflexiones" .....	35
<b>Figura 27.</b> "Punto de localización del extremo de la viga Benkelman" .....	37
<b>Figura 28.</b> "Colocación de la viga Benkelman" .....	37
<b>Figura 29.</b> "Posición inicial del camión, deflexión máxima ( $D_0$ )" .....	38
<b>Figura 30.</b> "Posición a 50cm ( $D_{50}$ )" .....	38
<b>Figura 31.</b> "Posición a 100cm ( $D_{100}$ )" .....	38
<b>Figura 32.</b> "Posición final, deflexión cero) .....	38
<b>Figura 33.</b> "Grafica para la estimación de los valores deducidos corregidos" .....	49
<b>Figura 34.</b> "Nomograma $D_R/D_0$ vs R para un $H/L_0 = 10$ " .....	52
<b>Figura 35.</b> "Monograma $L_0$ , $D_R/D_0$ , $D_0 \times E_0$ para un $R=25\text{cm}$ " .....	52
<b>Figura 36.</b> "Representación de la vía de estudio" .....	60
<b>Figura 37.</b> "Esquema de las unidades de muestra y evaluación del tramo 5 de la vía Juliaca - Lampa" .....	62
<b>Figura 38.</b> "Estado de la unidad de evaluación N°01" .....	62
<b>Figura 39.</b> "Estado de la unidad de evaluación N°02" .....	63

<b>Figura 40.</b> "Estado de la unidad de evaluación N°03" .....	64
<b>Figura 41.</b> "Estado de la unidad de evaluación N°04" .....	65
<b>Figura 42.</b> "Estado de la unidad de evaluación N°05" .....	66
<b>Figura 43.</b> "Estado de la unidad de evaluación N°06" .....	67
<b>Figura 44.</b> "Estado de la unidad de evaluación N°07" .....	68
<b>Figura 45.</b> "Estado de la unidad de evaluación N°08" .....	69
<b>Figura 46.</b> "Estado de la unidad de evaluación N°01" .....	70
<b>Figura 47.</b> "Estado de la unidad de evaluación N°10" .....	71
<b>Figura 48.</b> "Estado de la unidad de evaluación N°11" .....	72
<b>Figura 49.</b> "Estado de la unidad de evaluación N°11". .....	73
<b>Figura 50.</b> "Esquema de los puntos ensayados del carril izquierdo" .....	75
<b>Figura 51.</b> "Grafica de las deflexiones promedio del carril izquierdo" .....	77
<b>Figura 52.</b> "Esquema de los puntos ensayados del carril derecho" .....	78
<b>Figura 53.</b> "Grafica de las deflexiones promedio del carril izquierdo" .....	80
<b>Figura 54.</b> "Diagrama de los valores del CBR de todos los puntos evaluados" .....	87
<b>Figura 55.</b> "Grafica de los porcentajes de las clasificaciones según la MTC del CBR de la subrasante" .....	87
<b>Figura 56.</b> "Deflectograma del carril izquierdo" .....	91
<b>Figura 57.</b> "Deflectograma del carril derecho" .....	93

## RESUMEN

Este estudio titulado como Evaluación superficial del estado del pavimento flexible y verificación de tramos con fallas estructurales mediante Deflectometría, vía Juliaca – Lampa, Puno, tiene la finalidad de evaluar el estado del pavimento flexible tanto superficial como estructural de la vía Juliaca – Lampa, utilizando una metodología de investigación con un enfoque mixto, ya que se describirán y calcularán las variables de acuerdo a los métodos descritos en esta investigación, con un diseño no experimental, ya que no manipularemos las variables, y un nivel de investigación descriptivo – aplicativo, ya que evaluaremos el pavimento con el método del PCI (Índice de condición del pavimento) y también con un método no destructivo que es de la viga Benkelman, llegando a la conclusión de que el tramo 5 de la carretera Juliaca – Lampa, para la evaluación superficial, tiene un valor de PCI de 4.13 haciendo que esta tenga una clasificación de FALLADO, llegando a plantear un nivel de intervención de una reconstrucción del pavimento, y para la evaluación estructural, la vía evaluada presenta en el carril izquierdo una deflexión característica de 107.86mm/100, y en el carril derecho una deflexión característica de 150.35mm/100, sobrepasando en ambos casos a la deflexión admisible de 88.98mm/100, deduciendo que el pavimento se encuentra en un estado de fatiga; y llegando a obtener un CBR de 3.54% de subrasante, clasificándolo como un pavimento POBRE a nivel de subrasante, planteando un nivel de intervención de reconstrucción y mejoramiento de la capa subrasante del pavimento.

### **Palabras Claves:**

Pavimento Flexible

Índice de Condición del Pavimento (PCI)

Viga Benkelman

Nivel de intervención



## ABSTRACT

This study entitled as Superficial evaluation of the state of the flexible pavement and verification of sections with structural failures by means of Deflectometry, via Juliaca - Lampa, Puno, has the purpose of evaluating the state of both the superficial and structural flexible pavement of the Juliaca - Lampa via a research methodology with a mixed approach, since the variables will be described and calculated according to the methods described in this research, with a non-experimental design, since we will not manipulate the variables, and a descriptive-applicative research level, since that we will evaluate the pavement with the PCI method (Pavement Condition Index) and also with a non-destructive method that is the Benkelman beam, reaching the conclusion that section 5 of the Juliaca - Lampa highway, for the surface evaluation , has a PCI value of 4.13 making it have a FAILED classification, reaching a level of intervention On of a reconstruction of the pavement, and for the structural evaluation, the evaluated road presents in the left lane a characteristic deflection of 107.86mm/100, and in the right lane a characteristic deflection of 150.35mm/100, exceeding in both cases the admissible deflection of 88.98mm/100, deducing that the pavement is in a state of fatigue; and reaching a CBR of 3.54% of subgrade, classifying it as a POOR pavement at the subgrade level, proposing a level of intervention for reconstruction and improvement of the subgrade layer of the pavement.

### **Keywords:**

Flexible Pavement

Pavement Condition Index (PCI)

Benkelman beam

Intervention level

## I. INTRODUCCIÓN

Respecto a la **situación problemática**, actualmente las carreteras tienen una gran relevancia por el impulso financiero, el tiempo ahorrado en la movilización, donde esto, conlleva ventajas para los beneficiarios. Para lo cual se debe prever un apropiado, seguro y una agradable prestación en el transporte de sujetos y/o recursos. A nivel nacional la situación de los pavimentos presenta distintas clases de falla o averías en su estructura. La vía Juliaca - Lampa está inmerso a esta problemática causado por el clima y evacuación de aguas pluviales durante su vida útil. Debido principalmente a la falta de un adecuado mantenimiento vial en la dicha vía

La investigación se realizó en una zona típica del altiplano puneño, dentro de la ciudad de Juliaca, el cual presenta un clima variable característica de la zona, la importancia del sistema vial en el área de estudio permitirá analizar y estudiar los pavimentos para el logro de un tránsito eficiente en la carretera Juliaca – Lampa, y esta se encuentra en deterioro, que estas fueron provocadas por varios factores climatológicos, así como el desgaste debido a los efectos de senescencia del pavimento flexible, los cuales requieren de una evaluación para poder establecer sistemas apropiados de rehabilitación y mantenimiento.

Por este motivo, la formulación del problema del presente estudio, se orienta en proponer la aplicación métodos como el PCI y la deflectometría para conocer la condición actual de los pavimentos, la cual detallaremos, emplearemos y analizaremos los resultados obtenidos.

Teniendo como **problema general**: ¿Cuál es el estado del pavimento flexible tanto superficial como estructural de la vía Juliaca – Lampa – Puno? y planteamos los siguientes **problemas específicos** ¿Qué tipos fallas superficiales se presentan en el pavimento flexible de la vía Juliaca – Lampa – Puno?; ¿Cuál es el estado del pavimento flexible según la metodología PCI en la vía Juliaca – Lampa – Puno?; ¿Cuál es la deflexión característica del pavimento flexible de la vía Juliaca – Lampa – Puno?; ¿Cómo es la capacidad estructural a nivel de subrasante del pavimento flexible de la vía Juliaca – Lampa – Puno?; ¿Qué alternativa de intervención es más eficiente para el pavimento flexible de la vía Juliaca – Lampa – Puno?.

La justificación de la investigación, está enfocada en la importancia de permitir conocer el estado del pavimento tanto superficial como estructural, que llegara a servir como guía de información para la posterior elaboración de un plan de mejoramiento del pavimento de la vía Juliaca - Lampa. Donde se llegará a aumentar los índices de serviciabilidad y también asegurar un buen estado de conservación, evitando gastos innecesarios en la reconstrucción de vías.

Para el presente estudio de investigación, planteamos los siguientes objetivos de investigación, teniendo como **objetivo principal** el Evaluar el estado del pavimento flexible tanto superficial como estructural de la vía Juliaca – Lampa – Puno; y como **objetivos específicos**: Identificar los diferentes tipos de fallas superficiales que presenta el pavimento flexible de la vía Juliaca – Lampa – Puno, Determinar el estado del pavimento flexible según la metodología PCI en la vía Juliaca – Lampa – Puno, Determinar la deflexión característica del pavimento flexible en la vía Juliaca – Lampa – Puno, Determinar la capacidad estructural a nivel de subrasante del pavimento flexible de la vía Juliaca – Lampa – Puno, Proponer una alternativa de intervención de forma eficiente para el pavimento flexible de la vía Juliaca – Lampa – Puno.

Asimismo, planteamos las siguientes hipótesis de investigación, donde la **hipótesis general** planteada es: El estado del pavimento flexible tanto superficial como estructural de la vía Juliaca – Lampa – Puno, será regular con una clasificación de PCI de 45, y una deflexión característica de 40mm/100, para realizar el mantenimiento correctivo; y las **hipótesis específicas**: Los diferentes tipos de fallas superficiales que presenta el pavimento flexible de la vía Juliaca - Lampa, serán: fisuras longitudinales, parches, hundimientos, desprendimiento de agregados; El estado del pavimento flexible según la metodología PCI en la vía Juliaca – Lampa – Puno, será de 45 respecto al rango PCI siendo esta una vía regular; La deflexión característica del pavimento flexible en la vía Juliaca – Lampa – Puno, la deflexión característica será de 40 mm/100; La capacidad estructural a nivel de subrasante del pavimento flexible de la vía Juliaca – Lampa – Puno, tendrá un CBR de 10% y La alternativa de intervención de forma eficiente para el pavimento flexible de la vía Juliaca – Lampa – Puno, será de un mantenimiento correctivo.

## II. MARCO TEÓRICO

### ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Para conocer mejor el tema de investigación se tomó en cuenta las investigaciones en ámbitos internacionales:

Ashwini Prabhu et al (2020), según su artículo científico **denominado** “Diseño de superposición de pavimentos flexibles utilizando el método de deflexión de vigas de Benkelman: un estudio de caso” con el **objetivo** de realizar la evaluación funcional y estructural del pavimento en una carretera comunal en Nitte y SH 37 en Hosmar, distrito de Udipi, con una **metodología** en donde se enfoca en la observación visual del pavimento y la técnica de deflexión de vigas de Benkelman (BBD), **concluye** que se recolectaron las muestras de la subrasante de suelo tanto de los sitios como de pruebas de suelo como la compactación, y se llevó a cabo CBR en la subrasante y analizar los datos de deflexión de la viga de Benkelman, el diseño de la superposición se seleccionó en base a la deflexión característica y el tráfico de diseño obtenido para los respectivos pavimentos.

P. Adeke, A. Atoo y S. Orga (2019), según su artículo científico **denominado** “Evaluación del índice de condición del pavimento: un caso de pavimentos viales flexibles en la Universidad de Agricultura Campus Makurdi” con el **objetivo** de evaluar el índice de condición del pavimento (PCI) de pavimentos de carreteras flexibles en el campus de la Universidad de Agricultura de Makurdi (UAM), con una **metodología** en donde se adoptó el manual estándar ASTM D6433 para evaluar manualmente la condición del pavimento de carreteras flexibles, **concluye** que más del 65% del pavimento de la carretera en el campus de la UAM se clasificó dentro del rango de estado deficiente a fallido. Algunos tramos en diferentes rutas fueron calificados como justos y por encima (hasta buenas) condiciones.

S. Madeh y T, Diraby (2021), según su artículo científico **denominado** “Examinando la relación entre dos indicadores de desempeño vial: índice de condición del pavimento e índice internacional de rugosidad” con el **objetivo** de arrojar luz sobre la relación entre estos dos indicadores de desempeño utilizando datos LTPP. Con este fin, se recopilaron 3.954 registros de IRI e PCI para

determinar la correlación, la **metodología** utilizada es la descriptiva, donde esta consiste en la estimación del PCI e IRI, examinadas en varios tramos, **concluye** que La preparación de un conjunto de datos sin precedentes nos dio la libertad de segmentar los datos en subconjuntos más pequeños y menos ruidosos, lo que puede resultar en modelos más robustos con coeficientes de determinación más altos.

Muhammad Mubarak y Hossam Sallam (2020), según su artículo científico **denominado** “El índice más eficaz para la gestión del pavimento de las principales carreteras urbanas a nivel de red” con el **objetivo** de determinar el índice más eficaz que se adapta a la red de Jazan, una ciudad importante del Reino de Arabia Saudita, con una **metodología** donde se investigaron cuatro índices, que incluyen (1) calificación de capacidad de servicio actual (PSR), (2) índice de capacidad de servicio actual (PSI), (3) índice de rugosidad internacional (IRI) y (4) índice de angustia urbana (UDI), **concluye** que es recomendable el PSI como primera opción, ya que brinda información confiable sobre la condición del pavimento para pavimentos flexibles urbanos mediante el uso de tres angustias (agrietamiento, parcheo y surco) únicamente. Además, se ha recomendado UDI como la segunda opción, que requiere la inspección de todas las fallas del pavimento.

Miguel Figueroa, Otto Mora, Diego Borrero (2020), según su artículo científico **denominado** “Relación de la velocidad de operación con la capacidad de servicio del pavimento a partir del índice de condición del pavimento. Caso de estudio: Barranquilla, Colombia” con el **objetivo** de encontrar la relación en el campo que tiene el índice de condición de la vía con su velocidad de operación, la **metodología** utilizada para realizar esta investigación consistió en la estimación del índice de condición (PCI) y la medición de velocidades en diferentes tramos viales de la ciudad de Barranquilla (Colombia), **concluye** que Los hallazgos obtenidos consisten en la relación efectiva entre el valor del PCI y la velocidad de operación, ya que a menor índice de condición, menor velocidad de operación en la vía debido a la presencia de daños en el pavimento de la vía.

## ANTECEDENTES NACIONALES

Para conocer mejor el tema de investigación se tomó en cuenta las investigaciones en ámbitos Nacionales.

Jhordan Escobedo y Diego Herrera (2017), según su tesis **denominado** “Evaluación de las deflexiones de la vía de evitamiento Panamericana Norte km 578 al km 583, utilizando la viga de Benkelman” con el **objetivo** de inspeccionar las deflexiones empleando la viga de Benkelman de la carretera de circunvalación Panamericana norte desde el km 578 hasta el km 583, con una **metodología** donde se utiliza el retrocálculo, este método incluye evaluar directamente la resistencia de la subrasante y el pavimento a través de parámetros llamados número de estructura efectiva, **concluye** que los 5 kilómetros inspeccionados, el 70,40% de las carreteras tienen calzadas y subrasante fuertes y el 29,60% de las carreteras tienen calzadas y subrasante débiles

José Mallma (2018), según su tesis **denominado** “Evaluación de la carpeta asfáltica del pavimento flexible aplicando el método Índice de Condición del Pavimento” con el **objetivo** de examinar la capa asfáltica del pavimento flexible poniendo en práctica el método índice de condición del pavimento en la Av. Mártires del periodismo, con una **metodología** de investigación donde la clase de indagación es llevada a cabo de nivel descriptivo correlacional, diseño: no experimental y técnica: muestra – observación, **concluye** que la capa asfáltica del pavimento flexible de la Av. Mártires del periodismo se encuentra en un estado de situación del 53.10% llevando para una clasificación regular, por lo que solicita ser intervenido en seguida ya que con el transcurrir de las fechas esta condición disminuiría alcanzando a un lugar de malo

Ehlers Ventura (2019), según su tesis **denominado** “Aplicación del índice de condición del pavimento en la evaluación superficial del pavimento flexible, Av. Lima, Comas, 2019” con el **objetivo** comprender empleando el índice de condición del pavimento para poder evaluar la superficie del pavimento flexible Av, Lima, Comas. 2019, por medio de la **metodología** de la investigación no experimental de modelo descriptiva la cual evaluó de forma visual logrando como resultado un pavimento en malas condiciones, **concluye** que la situación del pavimento flexible,

empleando el índice de condición de pavimento en Av. Lima, Comas, 2019, obteniendo como resultado un estado regular de presentación 43% sobre toda la carretera.

Elías Macedo (2017), según su tesis **denominado** “Evaluación del Pavimento Flexible en las Intersecciones Viales de la Av. José Carlos Mariátegui por el Método PCI, Distrito de El Agustino, Lima, 2017” con el **objetivo** de resolver una proporción de forma directa entre las mayores severidades del pavimento flexible y las intersecciones viales, por medio del método del Índice de Condición del Pavimento, con un procedimiento en donde, se resolverá el diseño del estudio, variables, técnica e instrumentos, análisis de los antecedentes y su valides respectivo, con una **metodología** de investigación de nivel descriptivo, con un enfoque cuantitativo y diseño no experimental; finalmente se **concluye** que en las secciones con intersecciones viales, siendo una cifra muy baja de 46.5 en la escala del PCI, esto quiere indicar un estado regular, en tanto que las secciones de la avenida José Carlos Mariátegui sin intersecciones viales se determinó una media más alta es decir de 81.37 en la escala PCI, proponiendo una condición muy buena.

David Azaña, Michael Gonzales (2019), según su tesis **denominado** “Evaluación estructural del pavimento asfáltico en la carretera Huaraz Casma, Km 132+000 al 137+000, utilizando la viga Benkelman, Huaraz 2018” con el **objetivo** de calcular el comportamiento estructural del pavimento flexible en la carretera Huaraz - Casma, en el tramo del km 132+000 al 137+000, utilizando la viga Benkelman, con una **metodología** de estudio tipo aplicado y aclarativo, con un diseño de estudio no experimental, descriptivo y transversal, **concluye** tomando en cuenta las deflexiones medidas se alcanza los parámetros estructurales del sistema (módulo de elasticidad y CBR de la subrasante), que obtuvimos como resultado un estado regular; lo cual ayudará a los gobiernos locales a fin de establecer una necesidad de mantenimiento y la cual cooperaría en casos como permitir o transitar los tipos de vehículo en un pavimento flexible acordado, en el tramo de la evaluación y conocer que el pavimento no logró a su tiempo último de servicio y tal vez seguir funcionando, durante la evaluación superficial o visual.

## ANTECEDENTES LOCALES

Para conocer mejor el tema de investigación se tomó en cuenta las investigaciones en ámbitos Locales.

Andrés De la Cruz, Edson Villanueva (2018), según su tesis **denominado** “Evaluación superficial del pavimento flexible de la av. Nicolás de Piérola entre el ovalo Mansiche y el ovalo Mochica mediante la metodología PCI en Trujillo” con el **objetivo** de obtener un indicador que permita precisar la deterioro o el estado del pavimento flexible, esto se realiza aplicando el método PCI para la evaluación superficial del pavimento flexible de la Avenida Nicolás de Piérola del distrito de Trujillo con una **metodología** de estudio aplicada, con un nivel descriptivo y correlacional, **concluye** que sabemos que el estado de mantenimiento de la Avenida Nicolás de Piérola es "BUENO" con un PCI de 57.13

Nataly Chavez, Joseph Reyes (2019), según su tesis **denominado** “Desarrollo de un sistema de visión computacional para la identificación de falas superficiales en pavimento flexible en la ciudad de Trujillo” con el **objetivo** de la implementación en un sistema de visión computarizado a fin reconocer las fallas superficiales en pavimentos flexibles utilizando procesamiento de imagen digital y fundamentos de ingenio artificial, con una **metodología** en la que se utilizan 4 modelos diferentes de redes de convolución con un conjunto de datos con 7300 imágenes, de las cuales 1440 para el conjunto de entrenamiento, 360 para el conjunto de validación y 77 para la prueba, llega a la **conclusión** de que el modelo que representó los mejores indicadores para la visión computacional fue 93% efectivo, al 95,06% sensible y 95,63% específico

Frany Mendoza, Robert Vásquez (2020), según su tesis **denominado** “Diagnóstico superficial del pavimento rígido utilizando el método PCI, en las calles del distrito de Huamachuco - Sánchez Carrión - La Libertad” con el **objetivo** de conseguir el diagnóstico superficiales del pavimento inflexible empleando el procedimiento del PCI, con una **metodología** de investigación con un diseño no experimental, transversal, descriptivo simple, **concluye** que, las muestras estudiadas determinan un actual índice de PCI de 54 lo cual según el índice numérico del rango de la tabla



de PCI nos indica que los pavimentos se encuentran en estado REGULAR en su mayoría.

Cesar Donett (2020), según su tesis **denominado** “Calidad del pavimento flexible y su relación con el nivel de transitabilidad de las calles de Trujillo” con el **objetivo** de obtener el grado de correlación entre la calidad del pavimento flexible y el nivel de tránsito en los caminos de Trujillo empleando una **metodología** con un modelo de investigación descriptiva comparativa, naturalización cuantitativa, de trascendencia temporal, **concluye** que el grado de transitabilidad y la calidad del pavimento de los corredores viales de Trujillo tienen una relación regular, ya que el diseño del pavimento es moderadamente adecuado y no tiene las propiedades necesarias para sustentar una excelente relación con el grado. de viabilidad que ofrece el área de estudio.

Emily García, Elisa Rivas (2019), según su tesis **denominado** “Evaluación superficial del pavimento flexible mediante el método del PCI en la carretera industrial Conache, provincia de Trujillo, La Libertad 2019” con el **objetivo** de aplicar el método PCI para resolver el índice de condición de pavimento en la carretera industrial de Conache, con una **metodología** de investigación aplicada, con un nivel descriptivo y correlacional, **concluye** que la carretera industrial tiene una pavimento en mal estado, con un PCI ponderado igual a 34.53, y se han sugerido ciertos procedimientos de reparación, dependiendo de los defectos detectados, para restaurar la carretera en su condición original.

## **BASES TEORICAS**

### **EVALUACION SUPERFICIAL (METODO PCI)**

Los pavimentos se deterioran con el tiempo debido a las cargas de las ruedas del tráfico, el medio ambiente y las condiciones climáticas. El deterioro conduce a una reducción de su capacidad de servicio y comportamiento estructural. M, Sirhan, S. Bekor, A. Sidess (2020 pág. 1)

La evaluación del pavimento se lleva a cabo para evaluar la condición funcional y/o estructural de los sistemas de pavimento existentes. E. Ibraim, S. Badaww, E. Elbeltagi (2020 pág. 2)

La estipulación de la situación superficial de un pavimento asfáltico, así como el análisis de los tipos y causas de los defectos, es de gran importancia para la elaboración de proyectos adecuados para la conservación o incluso la recuperación de caminos. Suyanne Alves, Antonio Adilson, Francisco Lacerda, Marcos Fabio (2016 pág. 1)

Las evaluaciones subjetivas son métodos fáciles para comprobar el estado de los pavimentos, pero pueden verse perjudicados por la existencia de errores sistemáticos. Joao Soares et al (2020 pág. 5)

Comprender el deterioro de las carreteras es una parte importante de la gestión de activos viales. Madeh Piryonesi, Tamer El Diraby (2020 pág. 2)

Un instrumento útil para la examinación visual es el catálogo de fallas, que trata de una colección de documentos, cada uno de los cuales contiene el nombre de las fallas, la descripción y explicación de las posibles causas del deterioro, y también explica la forma de medida y la evaluación de estas (mediante los niveles de gravedad), y fotografías de pavimentos afectadas por dichas fallas. Lilibet Valdés, Anadelys Alonso (2017 pág. 2).

El Índice de la condición de pavimentos de bloques de aceras es el ISPCI utilizada en pavimentos de aceras. Jangrak Kim, Daegeun Park, Ypung Chan, Donghyuk Jung (2019 pág. 3)

El método recurrido actualmente en el Perú para el estudio de las carreteras es la técnica del Índice de Condición del Pavimento (PCI), el cual ha sido divulgado por la Asociación Americana de Ensayo de Materiales (ASTM) como una técnica de análisis y estudio. Byron Baque (2020 pág. 9)

La metodología PCI es un método de clasificación preciso, consistente, sistemático y repetible basado en un estudio visual para evaluar las fallas de la superficie del pavimento mediante la identificación del tipo, la gravedad y la densidad de cada falla. Andrea Simone, Claudio Lantieri (2017 pág. 5)

El índice de condición del pavimento (PCI) se determina normalmente cada año para calcular los cambios que ocurren en el sistema de la red de carreteras. La

clasificación PCI de una calzada se basa en los daños superficiales observados. Farred Karim, Khaled Haleem, Ali Abdo (2017 pág. 5)

Las malas condiciones de las vías pueden verse agravadas por condiciones climáticas adversas, golpes, mal mantenimiento o limpieza, instalación de mobiliario o equipo urbano inadecuado, ejecución deficiente, materiales de baja calidad y otros factores de deterioro. Las operaciones de emergencia son la solución más rápida para restaurar las condiciones de uniformidad, como lo demuestra la gran cantidad de parches. Como resultado, las aceras no son seguras ni cómodas y, menos aún, atractivas. María Vittoria, Paola Di Mascio, Laura Moretti (2016 pág. 6)

Luis Vásquez (2002 pág. 27) indica que el PCI es un valor numérico que va de cero para una vía en pésima condición, a cien para una vía en condición perfecta. En la tabla 1 se muestra los valores del PCI con su propia representación de la situación del pavimento.

***Tabla 1. "Rangos de la clasificación PCI"***

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

**Fuente:** Luis Vásquez (2002 pág. 2)

Algunas funciones del método PCI son: María Aps, José Tadeu, Andra Arantes (1998 pág. 5)

- Clasificar la integridad estructural y el estado operativo de la superficie de funcionamiento de los pavimentos.
- Determinar las necesidades de mantenimiento.
- Determinar las necesidades y prioridades de rehabilitación comparando los estados de diferentes tramos de pavimento.

- Predecir el desempeño del pavimento determinando periódicamente el PCI.

El rápido desarrollo de la ciencia y tecnología ha llevado al perfeccionamiento de soluciones a las variadas problemáticas que afronta la moderna sociedad. En el proceso de gestión de pavimentos, se puede desenvolver las tecnologías de apoyo para la evaluación funcional de los pavimentos. Luis Macea, Luis Márquez (2016 pág. 2)

En los últimos años, el avance en el aprendizaje profundo ha permitido a los investigadores desarrollar herramientas sólidas para analizar imágenes de pavimentos con una precisión sin precedentes. Hamed Majidifard , Yaw Adu-Gyamfi, William Buttlar (2020 pág. 1)

## **TIPOS DE FALLAS Y SUS NIVELES DE SEVERIDAD**

### **PIEL DE COCODRILO**

Las grietas de piel de cocodrilo están referidas a una secuencia de grietas interrelacionadas que son producidos por la acción de fatiga bajo cargas repetidas de tráfico del pavimento asfáltico. Elvis Paucar (2019 pág. 36)

Con niveles de severidad:

**Bajo:** Delgadas grietas longitudinales que tienen el grosor de un cabello, con una extensión paralela entre dichas grietas y con pocas fisuras en su interconexión.

**Moderado:** Finas grietas en una red de fisuras que podrían presentar un desprendimiento pequeño.

**Alto:** Los fragmentos que integran la piel de cocodrilo están perfectamente definidas y con descascaramientos en las orillas.

**Medida:** En m<sup>2</sup>, si existen 2 o más grados de severidad en la propia zona de falla, y se puede distinguir fácilmente, entonces cada grado de severidad se registrará por separado, y el caso de que no se pueda dividir fácilmente, el total de la zona de falla debe ser registrada por el nivel más alto de severidad observada.



**Figura 1.** "Fisura de piel de cocodrilo"

**Fuente:** Solís Baque y Simón Byron (2020)

## **EXUDACIÓN**

La exudación aparece como una laminilla de material bituminoso en la parte superior del pavimento, formando así una zona radiante, cristalina y reflectante que suele ser pegajosa. Elvis Paucar (2019 pág. 37)

Con niveles de severidad:

**Bajo:** La exudación sólo ocurrió a un nivel muy tenue y se puede distinguir sólo por algunos días del año.

**Moderado:** La exudación ocurrió a un nivel donde el asfalto se adhiere a los calzados o a los neumáticos de los coches por ciertas semanas del año.

**Alto:** La exudación ocurrió al punto en que el material se adhiere a los calzados y llantas de los vehículos durante varias semanas al año.

**Medida:** En m<sup>2</sup>, si la exudación es registrada, por lo tanto, el pulimiento de agregados no debe ser considerada.



**Figura 2.** "Exudación presente en el pavimento"  
**Fuente:** David Azaña y Michael Gonzales (2019)

## **FISURA EN BLOQUE**

Son grietas conectadas que seccionan al pavimento en fragmentos de forma rectangular. El rango de cambio del tamaño del bloque es de 0,30 x 0,30 m aproximadamente, lo que se debe al encogimiento del concreto asfáltico y a los cambios diarios de temperatura, lo que provoca periodos diarios de tensión y deformación. Elvis Paucar (2019 pág. 38)

Con niveles de severidad:

**Bajo:** Los bloques se presentan de forma definida por grietas delgadas con una severidad leve.

**Moderado:** Los bloques se presentan de forma definida por grietas con una severidad moderada.

**Alto:** Los bloques se presentan de forma definida por grietas de severidad alta.

**Medida:** En m<sup>2</sup>, Si las fallas tienen diferentes niveles de severidad, entonces serán registradas por separado.



**Figura 3.** "Fisura en bloque"

**Fuente:** Elvis Paucar (2019)

### **ABULTAMIENTO Y HUNDIMIENTO**

Los abultamientos son desplazamientos cortos, localizados como un bulto en la extensión del pavimento. Los hundimientos son desplazamientos repentinos cortos, hacia la parte baja de la extensión del pavimento, si dichas fallas se presentan en un modelo de forma perpendicular al sentido del tráfico y se hallan espaciados a una distancia menor de 3m (es decir 10ft), la falla es llamada corrugación. Elvis Paucar (2019 pág. 39)

Con niveles de severidad:

**Bajo:** Cuando provoca una baja gravedad de calidad de tránsito.

**Moderado:** Cuando provoca una moderada gravedad de calidad de tránsito.

**Alto:** Cuando provoca una alta gravedad de calidad de tránsito.

**Medida:** Metros (m)



**Figura 4.** "Abultamiento y hundimiento presente en el pavimento"

**Fuente:** Luis Vásquez (2002)

## CORRUGACIÓN

En forma de secuencia de abultamientos y depresiones que están distanciadas de manera muy cercana a intervalos suficientemente frecuentes que por lo general no pasan de 3m (es decir 10ft) en la extensión del pavimento. Elvis Paucar (2019 pág. 40)

Con niveles de severidad:

**Bajo:** Cuando provoca una baja gravedad de calidad de tránsito.

**Moderado:** Cuando provoca una moderada gravedad de calidad de tránsito.

**Alto:** Cuando provoca una alta gravedad de calidad de tránsito.

**Medida:** Por área (m<sup>2</sup>)



**Figura 5.** "Presencia de corrugación en pavimentos"  
**Fuente:** Solís Baque y Simón Byron (2020)

## DEPRESIÓN

Son zonas de la extensión del pavimento ubicadas como cimas sutilmente por debajo de aquellos que se hallan en el pavimento, en varias ocasiones, no son perceptibles, se pueden ver posteriormente a las precipitaciones, cuando el agua está estancada. Elvis Paucar (2019 pág. 41)

Son las zonas de la extensión del pavimento ubicadas con grados de elevación La altitud es menor que el nivel alrededor de la acera. A menudo son invisibles, pero después de la lluvia, son



Con niveles de severidad:

**Bajo:** de 13 a 25 mm (1/2" a 1").

**Moderado:** de 25 a 50 mm (1" a 2").

**Alto:** Más de 50mm (> 2").

**Medida:** En m<sup>2</sup>, primero determinar el nivel de severidad midiendo la profundidad, las depresiones son registradas por área.



**Figura 6.** "Presencia de depresión en pavimentos"

**Fuente:** Elvis Paucar (2019)

## **FISURA DE BORDE**

Se presentan de forma paralela a la orilla externa del pavimento y por lo general se localiza a una distancia de 30cm a 50cm (es decir a 1 - 1.5 pies) de la orilla. Elvis Paucar (2019 pág. 41)

Con niveles de severidad:

**Bajo:** Fisuras sin desprendimiento.

**Moderado:** Fisuras con cierta cantidad de desprendimiento.

**Alto:** Fisuras con una enorme fragmentación o desprendimiento en todo el largo de la orilla.

**Medida:** En metros



**Figura 7.** "Fisuras de borde en pavimentos"

**Fuente:** Solís Baque y Simón Byron (2020)

### **FISURA DE REFLEXIÓN DE JUNTA**

Sucede en pavimentos con superficie de asfalto fundada encima de losas de concreto, son ocasionadas especialmente por el deslizamiento de las losas de concreto provocadas por la humedad y la temperatura. Este tipo de falla no engloba grietas por reflexión sobre otra clase de asientos (como sustratos estabilizados con cal o cemento), Elvis Paucar (2019 pág. 43)

Con niveles de severidad:

**Bajo:** Grietas sin relleno, de ancho que no supere los 10mm (es decir 3/8"), o grietas parchadas de ancho cualquiera.

**Moderado:** Grietas sin relleno de ancho que no supere los 75mm (es decir 3") cercada de fisuras adyacentes de grado leve; o grietas con relleno de ancho cualquiera cercada de fisuras adyacentes de grado leve.

**Alto:** Grietas que no tengan relleno, de ancho superior a los 75mm (es decir 3"); o, grietas de ancho cualquiera, donde a 100m (es decir 4") del pavimento que la rodea se encuentra en estado de desprendimiento.

**Medida:** En m, la extensión y el grado de severidad de cada grieta debe ser reconocida y anotada de forma separada



**Figura 8.** "Fisura de reflexión de junta"

**Fuente:** Elvis Paucar (2019)

### **DESNIVEL CARRIL / BERMA**

Es la variación de la altura entre el borde y la berma, que es causada por la erosión, el asentamiento de dicha berma o la ubicación de una nueva capa sin ajustar apropiadamente la elevación de la berma. Elvis Paucar (2019 pág. 44)

Con niveles de severidad:

**Bajo:** La distancia entre las alturas del pavimento y la berma supera los 25mm (es decir 1") y no sobrepasa los 50mm (es decir 2").

**Moderado:** La distancia entre las alturas del pavimento y la berma supera los 50mm (es decir 2") y no sobrepasa los 100mm (es decir 4").

**Alto:** La distancia entre las alturas del pavimento y la berma supera los 100mm (es decir 4").

**Medida:** En metros



**Figura 9.** "Desnivel de carril y berma"

**Fuente:** Elvis Paucar (2019)

## **FISURAS LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL**

Las grietas longitudinales se encuentran de forma paralela al eje central del pavimento. En cambio, las grietas transversales se presentan dentro del ancho del pavimento estableciendo ángulos de 90ª aprox. con el eje central del pavimento. Luis Vásquez (2002 pág. 24)

Con niveles de severidad:

**Bajo:** Grietas que no tienen relleno, de ancho que no sobrepasa los 10mm (es decir 3/8"), o grietas parchadas de ancho cualquiera.

**Moderado:** Grietas que no tienen relleno, de ancho que no sobrepasa los 75mm (es decir 3") cercada de fisuras adyacentes de grado leve; o grietas parchadas de ancho cualquiera cercada de fisuras adyacentes de grado leve.

**Alto:** Grietas que no tienen relleno, de ancho que supera los 75mm (es decir 3"); o, grietas de ancho cualquiera que superen los 100mm (es decir 4") y el pavimento que la asedia, se encuentra muy estropeada.

**Medida:** En metros, si la falla tiene distintos grados de severidad en su misma longitud, se tendrá que separarlo por sus grados de severidad y registrándolos de esa manera.



**Figura 10.** "Fisuras longitudinales en pavimentos"

**Fuente:** David Azaña y Michael Gonzales (2019)

## **PARCHES DE CORTES UTILITARIOS**

Se presenta en una zona del pavimento se ha sustituido con un material nuevo para remediar el pavimento existente. Luis Vásquez (2002 pág. 28)

Con niveles de severidad:

**Bajo:** El parche se presenta en condiciones adecuadas.

**Moderado:** El parche se encuentra en deteriorado de forma moderada.

**Alto:** El parche se encuentra muy deteriorada.

**Medida:** En m<sup>2</sup>, si el parche tiene variados grados de severidad, entonces debe ser registrada por separado, otro tipo de falla presente en el parche no debería ser considerada.



**Figura 11.** "Parches presentes en el pavimento"

**Fuente:** Solís Baque y Simón Byron (2020)

## **PULIMENTO DE AGREGADOS**

Es definido como la pérdida de las pequeñas asperezas de la superficie de rodamiento llamadas microtexturas, dicha falla es provocada por cargas de tráfico de forma repetida. Esta clase de fallas se pueden reconocer por los valores de la prueba antideslizante, cuando son valores pequeños o estos valores han disminuido respecto a las estimaciones previas. Luis Vásquez (2002 pág. 30)

Con niveles de severidad:

No existen grados de severidad determinados

**Medida:** En m<sup>2</sup>, si se registra exudación, entonces no se debe considerar el pulimiento de agregados.



**Figura 12.** "Pulimento de agregados presente en pavimentos"

**Fuente:** Luis Vásquez (2002)

### **BACHES (HUECOS)**

Son concavidades en la extensión del pavimento de forma de hoyos que por lo general no sobresalen de los 750mm (es decir 30") de diámetro. Elvis Paucar (2019 pág. 49)

Con niveles de severidad:

**Tabla 2.** "Niveles de severidad de baches (huecos)"

Profundidad del Bache	Diámetro Promedio		
	100 a 200 mm (4 a 8 pulg.)	200 a 450 mm (8 a 17 pulg.)	450 a 750 mm (17 a 30 pulg.)
13 a 25 mm (1/2 a 1 pulg.)	BAJO	BAJO	MODERADO
Entre 25 y 50 mm (entre 1 y 2 pulg.)	BAJO	MODERADO	ALTO
> 50mm (> 2 pulg.)	MODERADO	MODERADO	ALTO

**Fuente:** Luis Vásquez (2002)

**Medida:** En unidades, los baches son contados y no medidos.



**Figura 13.** "Baches o huecos presentes en pavimentos"

**Fuente:** David Azaña y Michael Gonzales (2019)

### **CRUCE DE VÍA FÉRREA**

Son los deterioros coligados al cruce de vías férreas, que pueden ser las concavidades o cimas adyacentes a los rieles o entre ellos. Luis Vásquez (2002 pág. 33)

Con niveles de severidad:

**Bajo:** No tiene un efecto esencial en la calidad de tránsito.

**Moderado:** Produce un resultado moderado en la calidad de tránsito.

**Alto:** Provoca un resultado perjudicial en la calidad de tránsito.

**Medida:** En m<sup>2</sup>, es medida por área que fue afectada.



**Figura 14.** "Cruce de vías férreas en pavimentos"

**Fuente:** Elvis Paucar (2019)



## AHUELLAMIENTO

Es un hundimiento de forma leve provocadas por las huellas de los neumáticos, el levantamiento de la carpeta asfáltica puede suceder a extremos del ahuellamiento.

Luis Vásquez (2002 pág. 34)

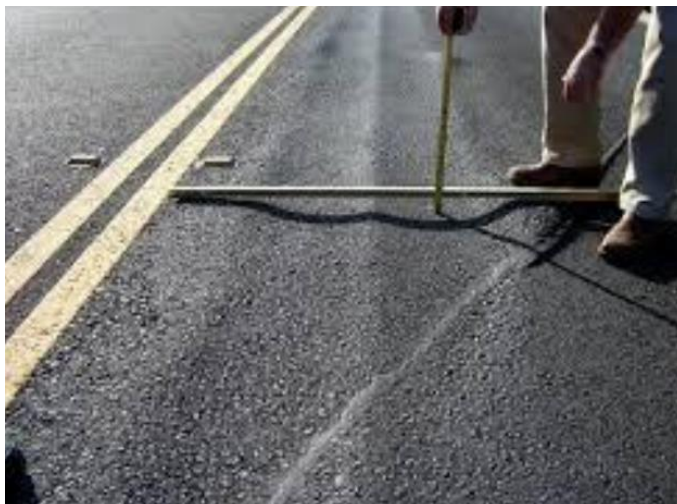
Con niveles de severidad:

**Bajo:** Profundidad media de 6 a 13mm (1/4 a 1/2 pulg).

**Moderado:** Profundidad media de 13 a 25mm (1/2 a 1 pulg).

**Alto:** Profundidad media mayor a 25mm (> 1 pulg)

**Medida:** En m<sup>2</sup>, es medida por área superficial, y para la determinación se medirá la profundidad promedio del ahuellamiento.



**Figura 15.** "Ahuellamiento en pavimentos"

**Fuente:** Luis Vásquez (2002 pág. 2)

## DESPLAZAMIENTO

Es un corrimiento longitudinal y estable de una zona ubicada en la extensión del pavimento originado por acción de los esfuerzos de rodaje y el trabajo de pavimentos volubles. Luis Vásquez (2002 pág. 35)

Este es el movimiento longitudinal y permanente de un área local de la superficie de la carretera causado por cargas de tráfico y productos inestables de la carretera.

Con niveles de severidad:

**Bajo:** Cuando provoca una calidad de rodaje de gravedad baja.

**Moderado:** Cuando provoca una calidad de rodaje de moderada gravedad.

**Alto:** Cuando provoca una calidad de rodaje de alta gravedad.

**Medida:** En m<sup>2</sup>, es medida por área superficial.



**Figura 16.** "Desplazamiento en pavimentos"

**Fuente:** David Azaña y Michael Gonzales (2019)

## **GRIETA PARABÓLICA**

Las fisuras parabólicas, son grietas que tienen forma de media luna, que habitualmente se encuentran de forma transversal al sentido del tráfico. Elvis Paucar (2019 pág. 51)

Con niveles de severidad:

**Bajo:** Cuando el ancho promedio de la grieta no supera los 10mm (es decir 3/8 de pulgada).

**Moderado:** Cuando el ancho promedio de la grieta es mayor o igual a 10mm y menor que 40mm ( $\geq 3/8$  y  $< 1\frac{1}{2}$  pulgada); o la zona del borde de la fisura se encuentra descascarada.

**Alto:** Cuando el ancho promedio de la grieta es mayor a 40mm ( $1\frac{1}{2}$  pulgada); o la zona que del borde de la fisura se encuentra fracturada en diminutas piezas removidas.

**Medida:** En m<sup>2</sup>, es medida por área superficial, y clasificada como el mayor nivel de gravedad que se encuentra en dicha zona.



**Figura 17.** "Grieta parabólica presente en el pavimento"

**Fuente:** David Azaña y Michael Gonzales (2019)

## **HINCHAMIENTO**

El hinchamiento es el abultamiento que se localiza en la extensión del pavimento, en forma de una onda de longitud considerable y de manera gradual que no sea menor a 3,00 m. Elvis Paucar (2019 pág. 53)

Con niveles de severidad:

**Bajo:** Cuando causa una calidad de tránsito de baja severidad.

**Moderado:** Cuando causa una calidad de tránsito de media severidad.

**Alto:** Cuando causa una calidad de tránsito de alta severidad.

**Medida:** En m<sup>2</sup>, es medida por área afectada.



**Figura 18.** "Hinchamiento presente en el pavimento"

**Fuente:** Luis Vásquez (2002)

### **DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS**

Se define como el desgaste en la superficie del pavimento, esto ocurre por la pérdida de ligante asfáltico o alquitrán y algunas partículas de agregado removidas. Elvis Paucar (2019 pág. 54)

Con niveles de severidad:

**Bajo:** Cuando el agregado o ligante ha iniciado a desprenderse, es decir empieza a mostrar huecos.

**Moderado:** Cuando el ligante se ha removido de los agregados, es decir la textura se encuentra rugosa y presenta pequeños huecos.

**Alto:** Cuando el desprendimiento del ligante y el agregado es considerable, es decir que la textura de la superficie es muy rugosa y está severamente ahuecada, donde las áreas ahuecadas son menores a 100mm (4") en diámetro y menores a 13mm (1/2") en profundidad

**Medida:** En m<sup>2</sup>, son medidas por área superficial.



**Figura 19.** "Desprendimiento de agregados en pavimentos"

**Fuente:** Elvis Paucar (2019)

## **EVALUACIÓN ESTRUCTURAL (DEFLECTOMETRÍA)**

La deflectometría se define como el estudio de las deformaciones de forma vertical de la superficie de una calzada, esto por la acción de una carga de solicitación, (es decir el comportamiento del pavimento por la acción de una carga ya sea dinámica o estática). Wilder Ramos (2015 pág. 28)

El estudio de la deflexión por paso de un eje sobre una estructura de pavimento tiene la ventaja de permitir pronunciarse sobre el soporte, la rigidez y la homogeneidad de ésta. Samb Fatou, Diop Ndiasse, Thaim Baye, Ba Makhaly (2018 pág. 2)

Las respuestas estáticas y dinámicas del pavimento se estiman para determinar los módulos de subrasante estáticos, haciendo uso del retrocálculo. Sunny Deol, Rakesh Kumar (2016 pág. 1)

Los dispositivos de deflexión de la velocidad del tráfico se utilizan en todo el mundo en aplicaciones de gestión de pavimentos a nivel de red debido a sus méritos relativos sobre los dispositivos de deflexión tradicionales (como, FWD, viga Benkelman, etc.) para evaluar la condición estructural del pavimento. M. Nasimifar, R. Siddharthan, S. Thyagarajan, R. Motamed (2017 pág. 2)

Los métodos simplificados son los que se procesan por ecuaciones, tablas y nomogramas que están basadas en la teoría de elasticidad, este proceso es más

veloz que el de los iterativos, pero una precisión mucho menor. Carlos Andrade, Iván Machado, Jorge Rufino (2015 pág. 2)



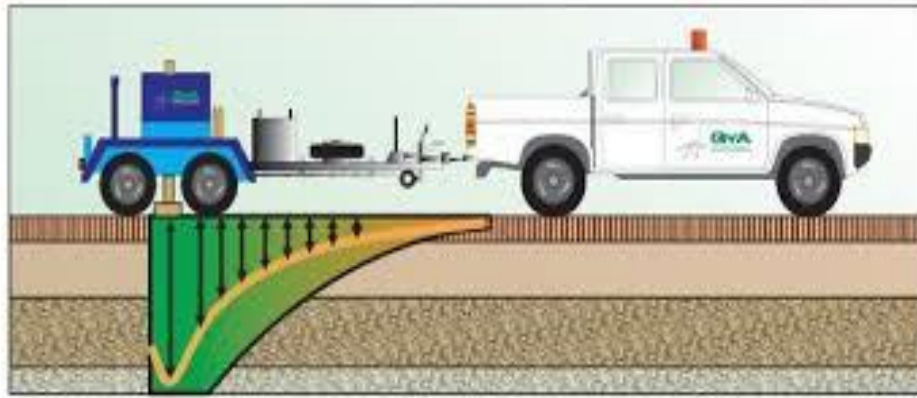
**Figura 20.** "Ensayo de la viga Benkelman"

**Fuente:** Ricardo Bardasano (2014)

Se puede calcular un número estructural para un pavimento de carretera a partir de las propiedades y espesores de la superficie, el curso base, la subbase y la subrasante. Gregory Kelly et al (2015 pág. 1)

Es necesario usar métodos heurísticos como softwares con la capacidad de predecir las reacciones de los pavimentos a los esfuerzos aplicados, y esto nos permite obtener ecuaciones para cada situación con variables locales para una mejor determinación del estado del pavimento estudiado. Carlos Andrade, Iván Machado, Jorge Rufino (2015 pág. 2)

Las fallas estructurales básicas son dependientes de la magnitud, repetición y la acumulación de deformaciones permanente de la estructura bajo pesos móviles y estáticos.



**Figura 21.** "Deflectómetro de impacto"

**Fuente:** Carlos Andrade, Iván Machado, Jorge Rufino (2015)

La deflexión del pavimento es el indicador principal que refleja la capacidad de carga de la carretera. Jianghai Liao, Hong Lin, Dejin Zhang (2019 pág. 2)

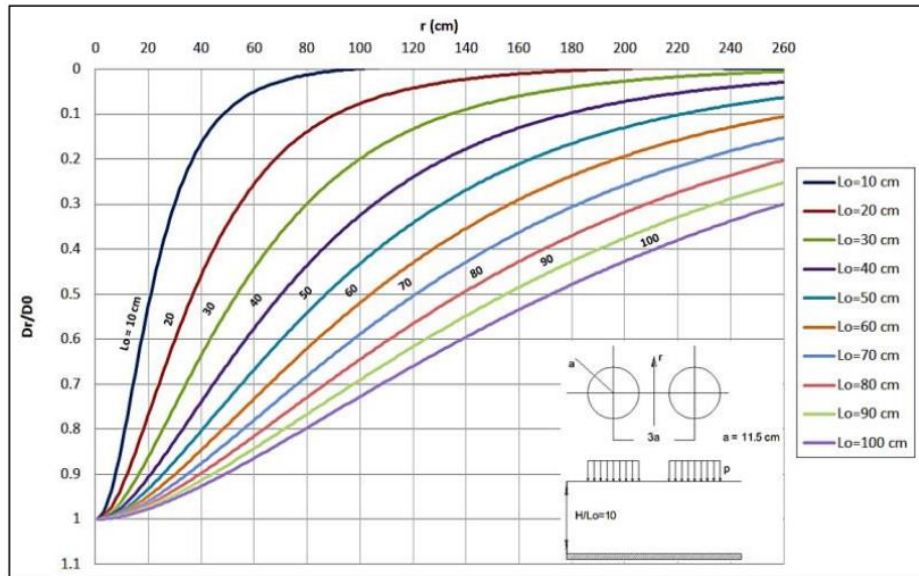
Lógicamente, el criterio principal para evaluar la capacidad estructural está basada en la capacidad de deformación los pavimentos en acción de cargas estandarizadas.

De esta forma, la deflexión es una medida de la acción del componente de la subrasante del pavimento a una carga estandarizada, lo que muestra su aplicabilidad desde un punto de vista estructural. Wilder Ramos (2015 pág. 28)

Los factores no estructurales, como las fallas de la superficie y la calidad de la conducción, se han utilizado comúnmente como los principales indicadores de las condiciones del pavimento en servicio. Omar Elbencagalati (2016 pág. 1)

## **MODELO DE HOGG**

El modelo propuesto y las nociones desarrolladas, permiten caracterizar el material del pavimento, de la subrasante, a partir del estudio e interpretación de la curva de deflexión. Para utilizar el modelo de Hogg, no es necesario conocer el grosor de los estratos del pavimento, porque la curva de deflexión teórica depende solo de la longitud elástica, lo que es un beneficio, porque la práctica ha demostrado que, en la mayoría de evaluaciones viales, el espesor es desconocido o es difícil de controlar sus cambios. Wilder Ramos (2015 pág. 28)



**Figura 22.** "Curvas de deflexiones en el modelo de Hogg para la configuración de carga de la viga Benkelman"

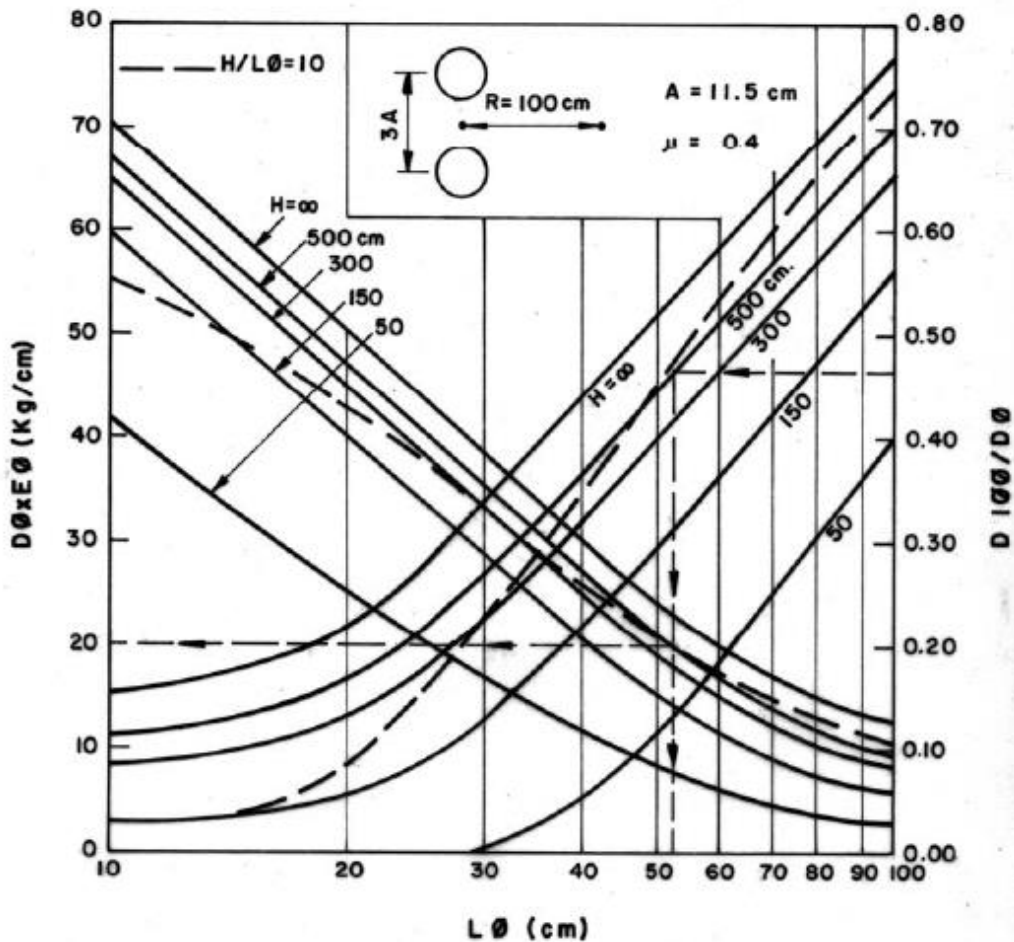
**Fuente:** Wilder Ramos (2015)

La capa rígida de hondura finita se incluye en el modelo a través de la variable "h". En el proceso de valoración, esto significa que la capa de roca presente puede usarse como índice de ajuste para limitar la amplificación horizontal de la curva de deflexión teórica, de lo contrario la deflexión horizontal será infinita, lo que contradice la curva experimental. Javier Balarezo. (2017 pág. 21)

Además, la prolongación imitada de la curva de deflexión, puede deberse al comportamiento no lineal del pavimento y de la subrasante, y no necesariamente significa que en realidad haya una capa rígida. Javier Balarezo (2017 pág. 22)

Para utilizar este modelo, se recomienda introducir una capa rígida a una profundidad igual a 10 veces la longitud elástica de la calzada.



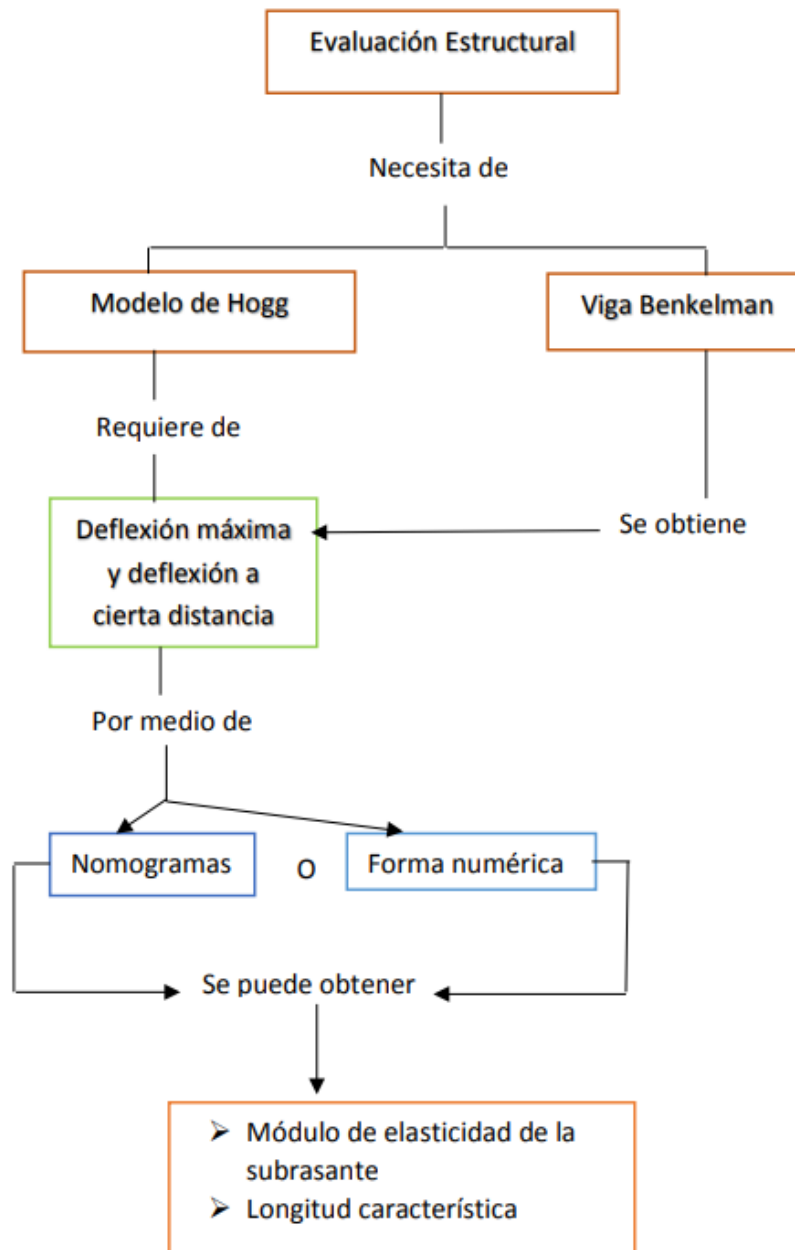


**Figura 23.** "Nomograma para la examinación estructural en base al modelo de Hogg"

Fuente: Wilder Ramos (2015)

Los nomogramas mostrados en las Figuras 20 y 21 establecen la ejecución practica del modelo utilizado para evaluar la estructura del pavimento.

La Figura 23 presenta el nomograma dispuesto de acuerdo a la solución rigurosa del modelo de Hogg para establecer el módulo elástico de la subrasante. El nomograma es para la deflexión registrada con la viga Benkelman, la carga por eje es de 18 Klbs y la huella circular es de 11.5cm, con un  $R=100\text{cm}$ , para los diferentes espesores "h" de la hondura de la capa de roca, para fomentar el uso de soluciones de los nomogramas. Wilder Ramos (2015 pág. 30)



**Figura 24.** "Representación de la metodología del modelo de Hogg y la viga Benkelman"

Fuente: Javier Balarezo (2017)

### Longitud Característica ( $L_0$ )

La longitud característica expresa la rigidez entre el pavimento y la subrasante, la estimación de su valor es dependiente a la deflexión  $DR$  (registro de la deflexión a un espacio  $R$ ),  $D_0$  (registro de la deflexión máxima) y la distancia recorrida  $R$ . El

valor de la longitud característica esta entre 15 a 80cm. Javier Balarezo (2017 pág. 22)

$L_0=80\text{cm}$  simbolizado por un pavimento rígido encima de una subrasante frágil.

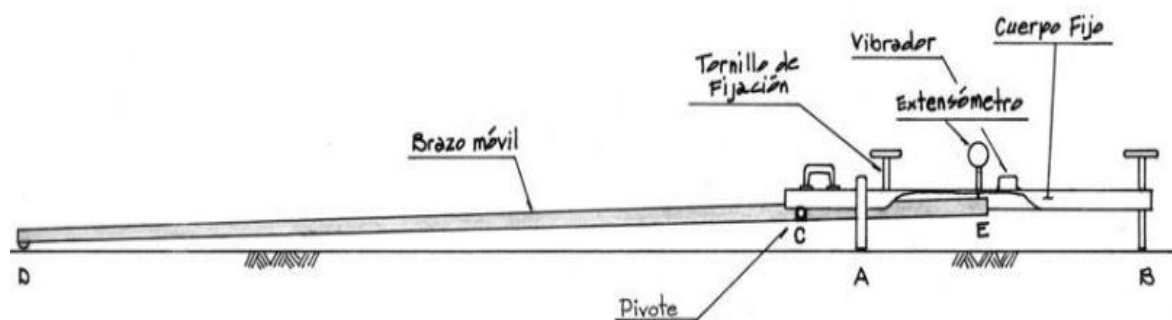
$L_0=15\text{cm}$  simbolizado por un pavimento frágil sobre una subrasante fuerte.

### Módulo de elasticidad de la subrasante ( $E_0$ )

Simboliza la capacidad de la subrasante para retornar a su período original posteriormente a la aplicación de cargas, calcula la flexibilidad que participa en la distorsión de la subrasante. La subrasante con un módulo de elasticidad más alto son más rígidas que las subrasantes con módulo de elasticidad más bajo. Javier Balarezo (2017 pág. 36)

### VIGA BENKELMAN

La viga Benkelman es totalmente mecánico y trabaja a modo de palanca y consta esencialmente de 2 fragmentos: La principal, está comprendida por un cuerpo estable que se ubica sobre el terreno por medio de 3 apoyos, dos delanteros fijos "A" y uno en la parte de atrás que es graduable "B" y la segunda está comprendida por una extremidad movedizo conectado al cuerpo estable por una articulación de momento "C", uno de sus extremos está apoyada sobre el suelo (es decir el punto "D") y el otro se localiza en contacto con el vástago de un extensómetro de desplazamiento vertical (es decir en el punto "E").



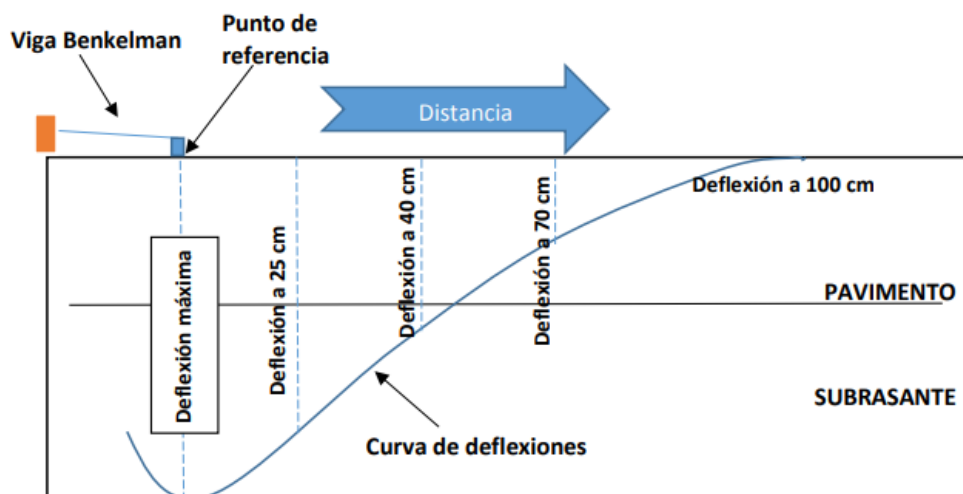
**Figura 25.** "Partes de la viga Benkelman"

**Fuente:** Javier Balarezo (2017 pág. 36)

La viga Benkelman es un instrumento auxiliar en la evaluación estructural, pudiéndose medir la deflexión de la superficie a cierta distancia. Para alcanzar estas medidas, se debe aplicar un peso de 18000 libras de los neumáticos dobles

del último eje único del camión. A medida que el camión avanza, estas deflexiones se miden en el punto de referencia inicial y en cada distancia para crear una curva de deflexión.

Las deflexiones medidas se adecuan al modelo de Hogg que manipula entradas como la relación entre la deflexión a una distancia determinada y la deflexión máxima; que con estos datos se logran a determinar la longitud característica y el CBR de la subrasante para así definir el actual estado de la estructura del pavimento.



**Figura 26.** "Curva de deflexiones"

Fuente: Javier Balarezo (2017 pág. 47)

### Medición de deflexiones

Equipo necesario para el registro de deflexiones es el siguiente:

- Viga Benkelman
- Extensómetro con dial indicador de divisores cada 0.01
- Vehículo cargado, donde el eje de atrás posea una carga de 18 Klbs y un par de neumáticos con una presión de inflado de 75 a 85 psi.
- Reloj convencional con indicador de segundos.
- Automóvil auxiliar para trasladar al personal y el quipo complementario.
- Balanza con una capacidad de 10 toneladas para pesar el vehículo cargado.

- Accesorios de medición flexómetro de 5m, plumones de punta gruesa, destornillador, alicates, hojas de registro, lápices, señales de seguridad, termómetros, cincel, martillo, varilla madera de 2m, alambres de amarre)

Para comenzar a medir las deflexiones, debe precisar el punto en el que se tomará la medición. Se recomienda registrar un punto cada 50 o 100m de distancia y alternar el carril, dichos puntos deben estar a un recorrido predeterminado desde el margen del pavimento dentro del carril.

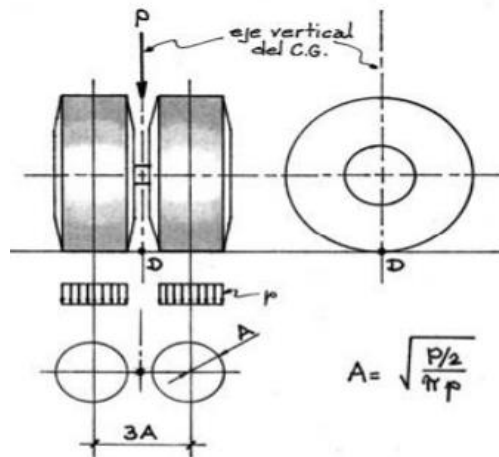
Se sugiere usar las distancias señaladas en el manual de ensayo de materiales del MTC mostrada en la tabla siguiente.

**Tabla 3.** "Distancia del punto de ensayo"

Ancho de carril	Distancia del punto de ensayo a la orilla del pavimento
2.70m	0.45m
3.00m	0.60m
3.30m	0.75m
3.60m o más	0.90m

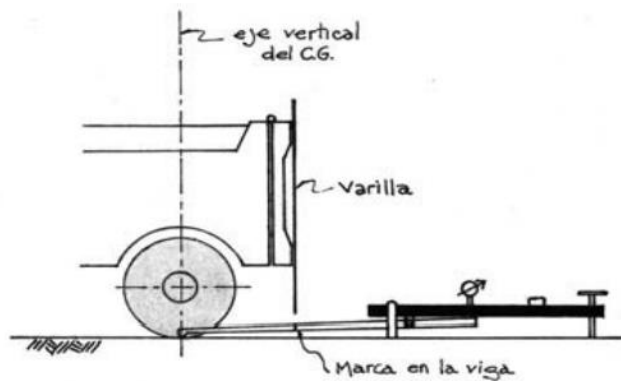
**Fuente:** MTC (2016)

Las dos ruedas exteriores del camión tendrán que estar colocadas en la posición seleccionada, para su correcta colocación se debe ubicar la guía vertical correspondiente al eje de carga en la parte trasera del camión. Moviéndolo suavemente el camión, se puede hacer coincidir la guía con la raya transversal mencionada anteriormente, de manera que este punto se ubique entre las dos llantas de la rueda doble al mismo tiempo. Javier Balarezo (2017 pág. 38)



**Figura 27.** "Punto de localización del extremo de la viga Benkelman"

**Fuente:** Javier Balarezo (2017)

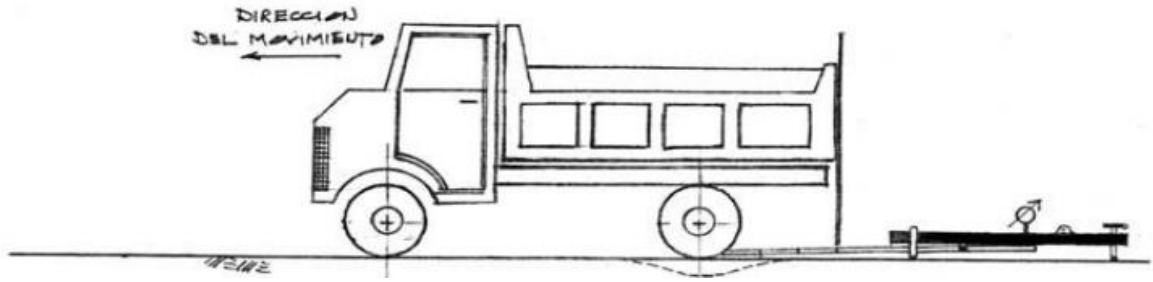


**Figura 28.** "Colocación de la viga Benkelman"

**Fuente:** Javier Balarezo (2017)

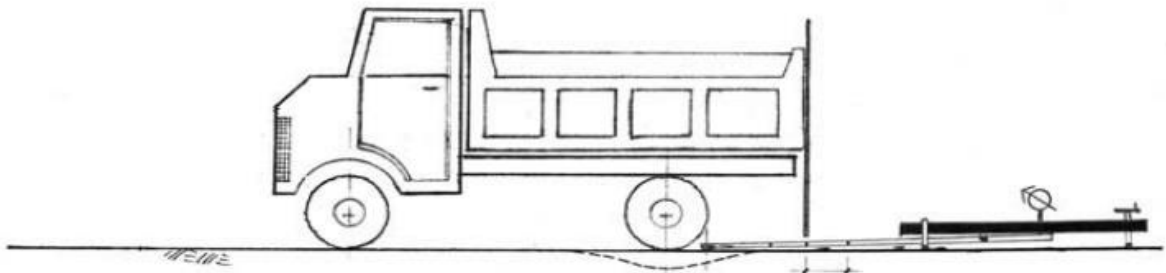
La medición en un punto se realizará a distintas distancias, se puede medir cada 25, 30, 40 o 50 cm, a esto se le llama deflexión adicional. La medida inicial es la deflexión máxima, y se mide a una distancia igual a 0cm.

Después de completar las marcas adicionales, se colocará el extensómetro, el dial se colocará a cero y cuando el camión se mueva (la velocidad sugerida es de 1 km/h), se tomarán medidas en función del elevador trasero. La posición del camión coincide con la distancia de la primera y segunda marcas adicionales hasta que el camión esté lo suficientemente lejos del punto de prueba y la guía del dial ya no se mueva (aproximadamente de 5 a 6 metros). Javier Balarezo (2017 pág. 39)



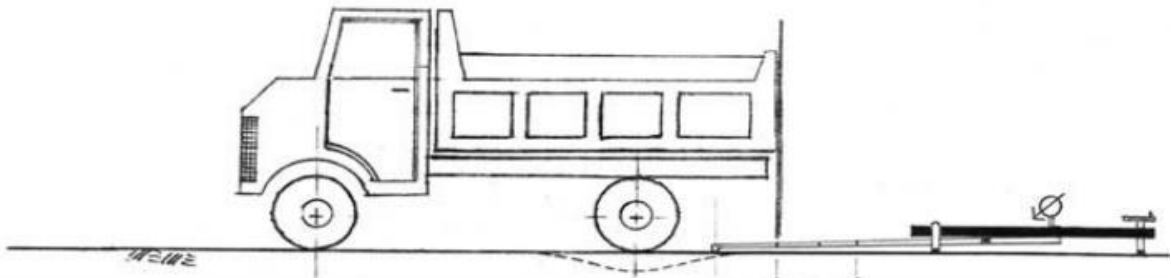
**Figura 29.** "Posición inicial del camión, deflexión máxima ( $D_0$ )"

**Fuente:** Javier Balarezo (2017)



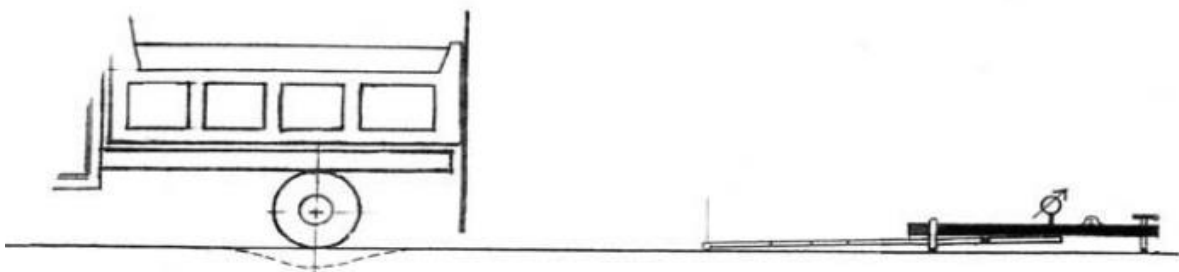
**Figura 30.** "Posición a 50cm ( $D_{50}$ )"

**Fuente:** Javier Balarezo (2017)



**Figura 31.** "Posición a 100cm ( $D_{100}$ )"

**Fuente:** Javier Balarezo (2017)



**Figura 32.** "Posición final, deflexión cero)"

**Fuente:** Javier Balarezo (2017)

Para este ensayo es recomendable la participación de 3 operadores, el primero debe estar calificado para la lectura y el dictado de las mediciones, otra persona para que haga los registros correspondientes y un asistente que coordine con el conductor del vehículo cargado y avise al operador para que las llantas del camión coincidan con las marcas forjadas en la viga Benkelman.

## ESTADO DEL PAVIMENTO

### Evaluación superficial

Se realiza mediante el método PCI donde se clasifica al pavimento para posteriormente proponer una alternativa de intervención en.

**Tabla 4.** "Niveles de intervención en carreteras"

RANGO DEL PCI	COLOR	TIPO DE MANTENIMIENTO
86 – 100 <b>EXCELENTE</b>		<b>MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PREVENTIVO</b>
71 – 85 <b>MUY BUENO</b>		(Sello de fisuras, parches, lechadas asfálticas)
56 – 70 <b>BUENO</b>		<b>MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>
41 – 55 <b>REGULAR</b>		(Recapado)
26 – 40 <b>POBRE</b>		<b>REHABILITACIÓN MAYOR</b> (Sustitución de la carpeta asfáltica)
11 – 25 <b>MUY POBRE</b>		<b>RECONSTRUCCIÓN</b>
0 – 10 <b>FALLADO</b>		(Sustitución de la carpeta asfáltica y la base granular)

Fuente: Martha Suclupe (Suclupe, 2020)



## Evaluación Estructural

Para la evaluación estructural del pavimento, se determina mediante el cálculo del CBR de la subrasante, así precisando las acciones a tomar en cuenta en el pavimento a nivel de la subrasante

**Tabla 5.** "Acciones a tomar en cuenta para el pavimento a nivel de la subrasante"

Clasificación MTC de la subrasante	Problemas estructurales en el pavimento	Estado del pavimento	Acción en el pavimento
Inadecuada CBR < 3%	Si	Daño en toda la estructura	Reconstrucción del pavimento y mejoras en la subrasante
Pobre 3% ≤ CBR < 6%	Si	Con problemas estructurales	Reconstrucción del pavimento y mejoras en la subrasante
Regular 6% ≤ CBR < 10%	No	Estructura optima	Evaluar si existe carencia estructural
Buena 10% ≤ CBR < 20%	No	Estructura optima	Evaluar si existe carencia estructural
Muy Buena 20% ≤ CBR < 30%	No	Estructura optima	Evaluar si existe carencia estructural
Excelente 30% ≤ CBR	No	Estructura optima	Evaluar si existe carencia estructural

Fuente: Javier Balarezo (2017)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**Tipo de investigación:** Aplicada

Según Zoila Vargas, (2009 pág. 159), define, “se identifica porque indaga en la implementación y sistematización de la teoría con la práctica basada en la investigación mientras busca otros conocimientos. La utilización de conocimientos y los resultados de la investigación lleva a comprender la realidad de forma rigurosa, organizada y sistemática”

**Diseño de investigación:** No Experimental.

Según Hernández Sampieri, (2019 pág. 152), el diseño no experimental expresa que la investigación que se efectúa sin maniobrar intencionadamente variables. En otras palabras, en estos estudios, no tratamos de cambiar la variable independiente para observar su impacto en otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es vigilar los sucesos que ocurren en el medio natural y estudiarlos.

#### 3.2. Variables y operacionalización

**Variable independiente:** Evaluación superficial (Método PCI)

**Definición Conceptual:** Consiste en la inspección visual del pavimento de manera superficial observando los tipos de fallas con sus respectivos niveles de severidad, haciendo registros de sus medidas para poder obtener el índice de la condición del pavimento. Luis Vásquez (2002 pág. 2)

**Definición Operacional:** Se efectuará considerando las dimensiones y los indicadores mostrados midiéndose con respecto de la escala de la razón.

**Dimensiones:** Tipos de fallas, Nivel de severidad, Extensión de las fallas, Condición del pavimento

**Indicadores:** Piel de cocodrilo, Exudación, Fisura en bloque, Abultamiento y hundimiento, Corrugación, Depresión, Fisura de borde, Fisura de reflexión de junta, Desnivel carril / berma, Fisuras longitudinal y transversal, Parches de cortes utilitarios, Pulimento de agregados, Baches, Cruce de vía férrea, Ahuellamiento, Desplazamiento, Grieta parabólica, Hinchamiento, Desprendimiento de agregados,

Leve, Moderado, Grave, Dimensiones de la falla, Medida de clasificación

**Instrumento:** Ficha de recolección o ficha de evaluación

**Escala de Medición:** Razón.

**Variable independiente:** Evaluación estructural (Deflectometría)

**Definición Conceptual:** Permite determinar la capacidad del pavimento actual para soportar las solicitaciones de diseño, a través de ensayos no destructivos donde se pueden obtener las mediciones de deflexión de los pavimentos. Edgar Muñoz (2014 pág. 33)

**Definición Operacional:** Se efectuará considerando las dimensiones y los indicadores mostrados midiéndose con respecto de la escala de la razón.

**Dimensiones:** Deformación del pavimento, Resistencia del pavimento.

**Indicadores:** Carga, Tiempo de recuperación, Temperatura del pavimento, Espesores de las capas.

**Instrumento:** Viga Benkelman, ensayo de deflectometría, Ficha de evaluación

**Escala de Medición:** Razón.

**Variable Dependiente:** Condición del pavimento

**Definición Conceptual:** Es la situación en que se encuentra el pavimento, en donde se puede cuantificar en relación a las distintas metodologías de evaluación de pavimentos. Jenny Sánchez (2017 pág. 47)

**Definición Operacional:** Se efectuará considerando las dimensiones y los indicadores mostrados midiéndose con respecto de la escala de la razón

**Dimensiones:** Condición del pavimento

**Indicadores:** Estado superficial, Estado estructural

**Instrumento:** Medida de clasificación

**Escala de Medición:** Razón

### **3.3. Población y muestra**

**Población:** La población queda constituida por la carretera Juliaca - Lampa

**Criterios de inclusión:** Las fallas presentes en el pavimento.

**Criterios de exclusión:** Las fallas presentes en los elementos que no pertenezcan a la vía como sistemas de drenajes.

**Muestra:** La muestra está constituida por el tramo 5 (km 4+000 – km 5+000) de la vía Juliaca - Lampa

**Muestreo:** Se evaluará el estado superficial y estructural del pavimento flexible en el tramo 5 de la carretera Juliaca – Lampa.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

**Técnicas de recolección de datos:** las técnicas aplicadas en el desarrollo del trabajo de investigación, fue la técnica de observación donde se examinó el pavimento utilizando fichas de inspección como muestra el manual del Índice de Condición del Pavimento (PCI), donde se hizo el registro de las variadas fallas presentes en el pavimento, también se hizo uso de fichas, donde se anotaron las deflexiones según el ensayo de la viga Benkelman para el análisis posterior.

**Instrumentos de recolección datos:** los instrumentos que se emplearán en el desarrollo de este proyecto de investigación que se realizará en campo son: los formatos para la examinación visual del pavimento, el manual de fallas del índice de condición del pavimento (PCI), para las mediciones, se realiza con un flexómetro u odómetro, una regla, cinta métrica y los planos de localización del terreno de estudio, también para el registro de deflexiones se realizara con la viga Benkelman, diales, y termómetros para el registro de las temperaturas para sus posteriores correcciones.

**Tabla 6. "Ficha de recolección datos para la metodología PCI"**

EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO DEL TRAMO 5 DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA				ESQUEMA :	
<b>ZONA</b> Carr. Juliaca – Lampa		<b>ABSCISA INICIAL</b>	<b>UNIDAD DE MUESTREO</b>		
<b>CODIGO VÍA</b> Tramo 5 (Km4 al Km5)		<b>ABSCISA FINAL</b>	<b>AREA DE MUESTREO</b>		
<b>INSPECCIONADA POR:</b> Henry Ccama, Kennedy Turpo		<b>FECHA</b>			
<b>No.</b>	<b>Daño</b>	<b>No</b>	<b>Daño</b>		
1	Piel de cocodrilo	11	Parches		
2	Exudación	12	Pulimiento de agregados		
3	Fisura en bloque	13	Baches (huecos)		
4	Abultamientos y hundimientos	14	Cruce de vía férrea		
5	Corrugación	15	Ahuellamiento		
6	Depresión	16	Desplazamiento		
7	Fisura de borde	17	Grieta parabólica		
8	Fisura de reflexión de junta	18	Hinchamiento		
9	Desnivel carril/berma	19	Desprendimiento de agregados		
10	Fisuras longitudinal y transversal				
<b>DAÑO</b>	<b>SEVERIDAD</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>LONG.</b>	<b>ANCHO</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7. "Modelo de recolección datos para el ensayo de deflectometría con la viga Benkelman"**

N°	PROGESIVAS	CARRIL	Deflexiones de Campo (mm)				Espesor del asfalto	Temperatura	Deflexiones de Corregidas por Temperatura (mm)				R escogido	PARA R = 25 cm, R= 50, R=75				
			D <sub>max</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>			D <sub>max</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>		r <sub>50</sub>	Lo	S <sub>0</sub> /S	E <sub>sg</sub>	CBR
			Promedios															

Fuente: Elaboración propia

### **3.5. Procedimientos:**

**Trabajo de campo:** en el trabajo de campo se da inicio con la visita de la vía Juliaca - Lampa, para posteriormente realizar las tomas fotográficas de ubicación, seguidamente se llevó a cabo el registro de cada una de las fallas en los formatos de evaluación visual y de forma paralela el registro de las mediciones de las respectivas fallas. Además, para la determinación de las Deflexiones se ha realizado por un método no destructivo usando el equipo conocido como Viga Benkelman donde el proceso de este ensayo se hace mención en el marco teórico.

**Trabajo de gabinete:** Primero se dio inicio con la selección de la muestra según las especificaciones del manual del PCI, posteriormente se hará el registro de datos en campo según los formatos del manual del PCI y por último el desarrollo de los mismos, determinando el estado superficial del pavimento, también obteniendo los datos de las Deflexiones, se procesará y serán complementadas con los demás resultados de inspección de pavimentos para obtener la capacidad estructural del mismo.

#### **3.5.1. Procedimiento para la evaluación PCI**

##### **3.5.1.1. Cálculo de las unidades de muestreo**

La carretera se fragmenta en unidades de muestreo, y sus medidas cambian en relación al tipo de la carpeta de rodadura de dicha carretera

Para carpetas de rodadura asfálticas, con ancho no superior a 7.3 m, la unidad de muestra debe estar dentro de  $225 \pm 90\text{m}^2$

Para carpetas de rodadura de concreto y con losas con una longitud no superior a 7.6 m, la unidad de muestra debe estar dentro de  $20 \pm 8$  losas.

Las unidades de muestra en ningún momento deben estar fuera de los rangos definidos anteriormente, además se recomienda la construcción de esquemas que presenten el tamaño y la ubicación de dichas unidades.

### 3.5.1.2. Determinación del número de unidades de evaluación

Se recomienda evaluar todas las muestras, pero si no es posible, el número mínimo de unidades de evaluación que deben examinarse se obtiene mediante la siguiente relación.

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

Donde:

$n$ : Es el número mínimo de unidades a evaluar

$N$ : Es el número total de unidades de muestreo

$e$ : Es el error admisible en la estimación del PCI

$\sigma$ : Desviación estándar del PCI entre unidades

Si las unidades mínimas a evaluar son menores a 5, ( $n < 5$ ), todas las unidades de muestreo tendrán que ser examinadas

Según la ASTM D6433 la desviación estándar para una carpeta de rodadura de asfalto es de 10, y para el concreto es de 15, además el error aceptable es del 5% para ambas cosas.

### 3.5.1.3. Selección de las unidades de evaluación

Se sugiere que las unidades seleccionadas estén distanciadas de forma equitativa, y el intervalo de muestreo se presenta como:

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

Donde:

$i$ : Es intervalo de muestreo, este valor se redondea al entero inferior

### 3.5.1.4. Inspección de las muestras

Para la evaluación de las muestras se necesita de los siguientes equipos y los siguientes procesos a tener en cuenta para un buen proceso de datos.



## **Equipo:**

El equipo necesario para la evaluación es la siguiente:

- Cinta métrica de 50m u odómetro
- Flexómetro de 5m
- Regla
- Selección de documentos donde están clasificadas los daños
- Conos

## **Proceso:**

La unidad de evaluación será examinada, donde se hará el registro de la clase de deterioro, la gravedad del daño, las dimensiones, las medidas respecto a un eje de medición, en el formato presentado de la tabla 7, tomando las consideraciones del manual de daños del PCI.

Se recomienda que los encargados de la evaluación tengan los implementos y medidas de seguridad adecuados (conos, chalecos, señales, etc.) para que su movilización en la vía sea segura.

### **3.5.1.5. Cálculo de las cantidades parciales de cada una de las fallas**

**Primero.** -Agrupar las fallas en relación al tipo y a la severidad que presentan

**Segundo.** – Establecer el tipo de medida por cada falla es decir si se mide en área, longitud o unidad, a este proceso se le denomina cantidades parciales.

**Tercero.** -Sumar todas las cantidades parciales para obtener las cantidades totales.

$$Cant. Total = \Sigma(Cant. parciales de cada tipo y severidad de falla)$$

**Cuarto.** -Se procede a hallar la densidad

$$Densidad (\%) = \frac{Cant. total}{Area de muestreo} * 100$$

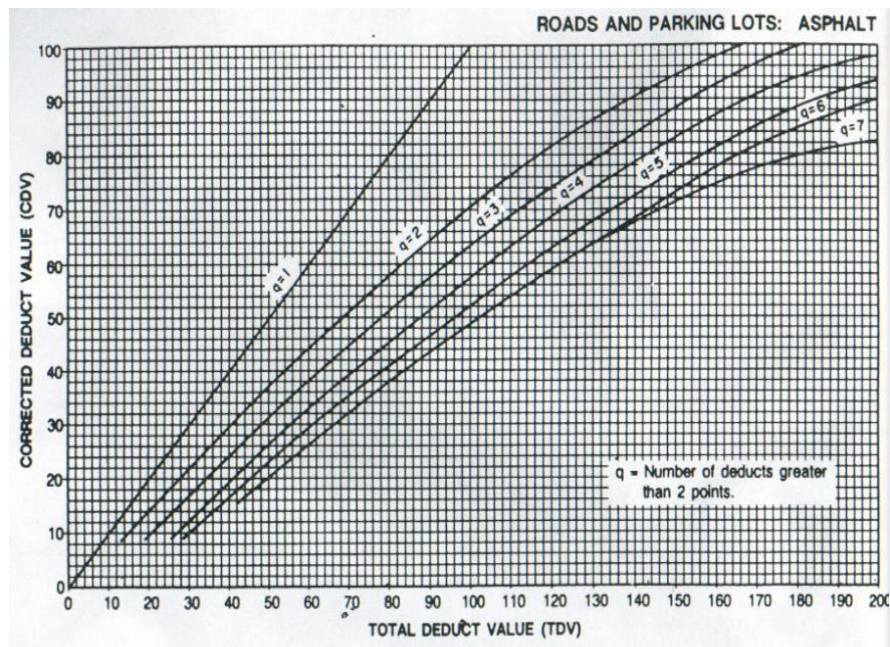
### **3.5.1.6. Determinación de los valores deducidos**

El valor deducido se obtiene por la unión de una recta perpendicular de la densidad y las curvas presentadas en los ábacos de la norma ASTM D6433, luego se traza

una línea horizontal desde el punto de conexión al eje vertical de los ábacos, y así se obtiene el valor deducido.

- Primero. -Se calcula los valores deducidos mayores a 2
- Segundo. -Se suma todos los valores deducidos individuales.
- Tercero. - e halla el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.
- Cuarto. -Se reduce a 2 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2

El máximo valor corregido es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.



**Figura 33.** "Grafica para la estimación de los valores deducidos corregidos"

**Fuente:** Luis Vásquez (2002)

### 3.5.1.7. Cálculo del PCI

El PCI de la unidad de muestra se calcula como la diferencia de 100 y el máximo valor corregido

$$PCI = 100 - \text{Max. valor VDC}$$

El PCI del pavimento será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas.

### 3.5.2. Procedimiento para la evaluación estructural

#### 3.5.2.1. Determinación de las deflexiones

Los datos recogidos de campo con la viga Benkelman, se pueden definir como la capacidad del pavimento para que regrese a su estado original, por lo tanto, para obtener las deflexiones se debe realizar una conversión de la siguiente forma:

$$D_0 = (L_0 - L_f) * K * C$$

Donde:

$D_0$ : Es representada por la deflexión de campo.

$L_0$ : Lectura inicial de la estación.

$L_f$ : Lectura final de la estación.

$K$ : Constante de la relación de brazos de la viga.

$C$ : Corrección de unidades para milímetros.

Después de que se registró las lecturas con la viga Benkelman, tendrán que ser multiplicadas por el índice del dial, las deflexiones en pavimentos con una carpeta de asfalto mayor a 5 cm, pueden ser afectadas por la temperatura, su valor se incrementa cuando a temperaturas altas, por eso es necesario hacer las correcciones de las deflexiones a una temperatura regularizada a 20°C obtenidas de campo por la siguiente ecuación:

$$D_c = \frac{\text{Deflexiones de campo}}{\left[ 1 * \frac{10^{-3}}{cm^{\circ}C} * e * x (T - 20^{\circ}C) \right] + 1}$$

Donde:

$D_c$ : Es la deflexión corregida por temperatura

$e$ : Es el espesor de la superficie de rodadura asfáltica

$T$ : Temperatura del pavimento

El registro de temperatura se realiza en cada punto antes de empezar con el ensayo de deflectometría, perforando el pavimento un aproximado de 4 cm, colocándose el termómetro.

### 3.5.2.2. Procesamiento del modelo de Hogg

Los registros de las deflexiones serán procesados usando el modelo de Hogg, donde este asume que la existe una carga estandarizada de 18000 libras sobre las 4 llantas traseras y una presión de contacto que deberá estar en un rango de 75 a 85 psi, sobre un área circular de radio A.

$$A = \sqrt{\frac{P}{\pi * p}}$$

Donde:

A: radio de huella

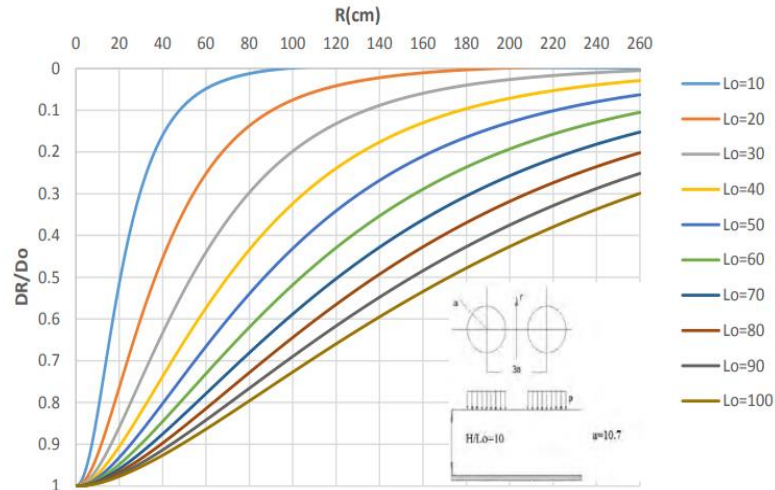
P: Carga sobre una llanta

p: Presión de inflado

En el modelo de Hogg de tiene la profundidad de la subrasante denominada como H, en el proceso de datos se debe limitar esta profundidad, ya que, si no se limita, se interpretaría como que las curvas de deflexiones son infinitas, lo que contradice con los registros de campo, por esta razón se recomienda que el valor de H sea 10 veces a la longitud característica, es decir  $H/L_0 = 10$ . Es esencial describir que los parámetros necesarios para evaluar el aspecto estructural del pavimento solo pueden hallarse por monogramas y por el método numérico, ecuaciones propuestas por Wiseman.

### 3.5.2.3. Nomogramas

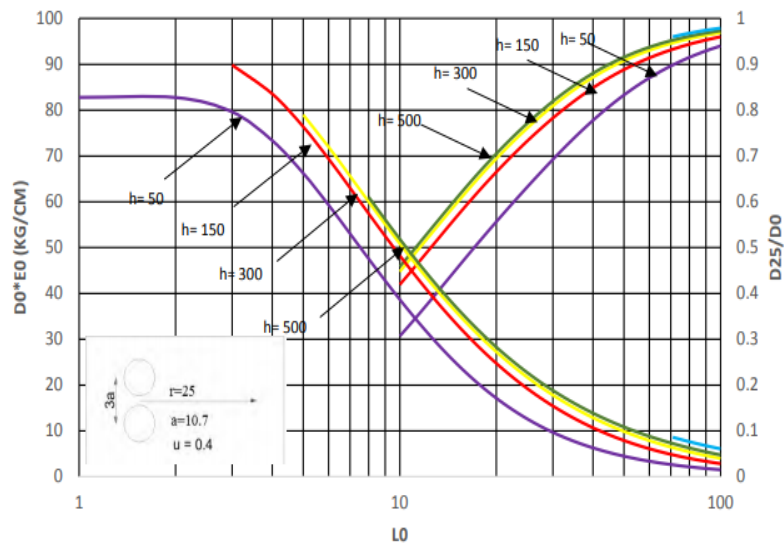
La longitud característica puede ser definida por medio del monograma con "R" en las abscisas y  $D_R/D_0$  en las ordenadas, donde se pueden obtener valores para distintos casos de  $H/L_0$ , pero en la figura siguiente se presenta el monograma para  $H/L_0 = 10$ , siendo "R" la distancia en donde  $D_R$  fue registrada. Obteniendo el valor de la longitud característica.



**Figura 34.** "Nomograma  $D_R/D_0$  vs  $R$  para un  $H/L_0=10$ ".

**Fuente:** Javier Balarezo (2017)

Una vez obteniendo el valor de  $L_0$  (longitud característica) del monograma anterior, se procede a determinar el  $D_0 \times E_0$ , por un monograma  $L_0$ ,  $D_R/D_0$ ,  $D_0 \times E_0$  específico para el "R" que donde se midió el DR anteriormente, el siguiente monograma es para un  $R = 25\text{cm}$ .



**Figura 35.** "Monograma  $L_0$ ,  $D_R/D_0$ ,  $D_0 \times E_0$  para un  $R=25\text{cm}$ "

**Fuente:** Javier Balarezo (2017)

Donde se puede determinar el  $D_0 \times E_0$  con los datos anteriores, así despejando y determinando los 2 parámetros necesarios para la evaluación estructural, los cuales son  $L_0$ ,  $E_0$ .

### 3.5.2.4. Método numérico

El valor de  $L_0$  y  $E_0$  no solo se puede hallar mediante monogramas, existen soluciones numéricas del modelo de Hogg para obtener dichos parámetros desarrollados por Wiseman, los cuales son:

**Tabla 8.** "Ecuaciones propuestas por Wiseman en relación al modelo de Hogg"

Parámetros de evaluación	Ecuación
$E_g = \frac{Ix(1 + u_0)(3 + 4u_0)}{2(1 - u_0)} \left[ \frac{S_0}{S} \right] \left[ \frac{P}{D_0 x L_0} \right]$	A
$r_{50} = R * \frac{\left(\frac{1}{\alpha}\right)^{\frac{1}{\beta}} - B}{\left[\frac{1}{\alpha} \left(\frac{D_0}{D_R} - 1\right)\right]^{\frac{1}{\beta}} - B}$	B
$L_0 = \frac{y_0 r_{50} + [(y_0 r_{50})^2 - 4mAr_{50}]^{\frac{1}{2}}}{2}$  $\text{Si } \frac{A}{L_0} < 2, \text{ entonces } L_0 = r_{50}(y_0 - 2m)$	C
$\left(\frac{S_0}{S}\right) = 1 - m' \left(\frac{A}{L_0} - 0.1\right)$  $\text{Si } \frac{A}{L_0} < 0.2, \text{ entonces } \left(\frac{S_0}{S}\right) = 1$	D

Fuente: Javier Balarezo (2017 pág. 46)

Donde:

$E_g$ : Modulo de elasticidad de la subrasante

$u_0$ : Coeficiente de Poisson de la subrasante

$S_0$ : Rigidez teórica por carga puntual

$S$ : Rigidez del pavimento

$P$ : Peso aplicado

$D_0$ : Deflexion máxima

$D_R$ : Deflexion a una distancia R

$R$ : Distancia desde el punto inicial de carga

$r_{50}$ : Distancia donde la deflexión es la mitad de la deflexión máxima,  $\frac{D_R}{D_0} = 0.5$

$L_0$ : Longitud característica

$I$ : Factor de influencia

$A$ : Radio de huella

$\alpha$ : Coeficiente de ajuste de la curva

$\beta$ : Coeficiente de ajuste de la curva

$y_0$ : Coeficiente para  $L_0$

$m$ : Coeficiente para  $L_0$

$m'$ : Coeficiente para  $L_0$

También Wiseman describió las 3 situaciones en donde se consiguen los coeficientes para ajustar la curva, donde los casos I y II son procesados para un  $H/L_0 = 10$ , con la variación de los valores de Poisson, y el caso III es para un valor infinito de  $H/L_0$  y un módulo de Poisson cualquiera.

**Tabla 9.** "Coeficientes de las ecuaciones propuestas por Wiseman, para los 3 casos particulares"

Ecuación	CASOS		I	II	III	
	Prof. del estrato rígido	$h/L_0$	10	10	Infinito	
	Coef. de Poisson	$\mu_0$	0.5	0.4	Cualquiera	
	Factor de influencia	$I$	0.1614	0.1689	0.1925	
<b>A</b>	Valor de $D_R/D_0$	$D_R/D_0$	0.7	0.426	Cualquiera	
<b>B</b>	$r_{50}$	$1/\alpha$	2.46	2.629	3.115	
		$1/\beta$	0.592	0.548	0.584	
		$B$	0	0	0	
	$r_{50}$	Valor de $D_R/D_0$	$D_R/D_0$	0.7	0.426	
		$1/\alpha$		371.1	2283.4	
		$1/\beta$		0.219	0.2004	
$B$		2	3			
<b>C</b>	$L_0$	$y_0$	0.62	0.602	0.525	
<b>D</b>	$S_0/S$	$M$	0.183	0.192	0.180	
		$m'$	0.52	0.48	0.44	

Fuente: Javier Balarezo (2017 pág. 46)

Para la obtención de los parámetros de evaluación es factible considerando  $H/L_0 = 10$ . La ventaja de trabajar con el método numérico ayuda a predecir una distancia  $D_R/D_0 = 0.5$ , esta forma de obtener el  $L_0$  es más exacto.

Para el presente trabajo, los cálculos serán realizados por el método numérico, considerando un valor de  $H/L_0 = 10$  y el módulo de Poisson de la subrasante de 0.4 que es el caso II.

### 3.5.2.5. Relación entre el módulo de elasticidad de la subrasante y el CBR

Hay una relación entre el  $E_g$  y el CBR de la subrasante por las vastas compactaciones entre los valores de  $E_0$  obtenidos por la evaluación estructural utilizando la viga Benkelman y los valores de CBR determinados en campo.

$$E_g = (100 \text{ a } 160) * CBR$$

El valor de  $K$  cambia según al tipo de suelo, donde tenemos un  $K = 100$  para suelos granulares gruesos; también un  $K = 110$  para suelos granulares finos y un  $K = 130$  para suelos finos plásticos. Por otro lado, las variadas y vastas experiencias recomiendan utilizar un factor de CBR de 110., es decir  $K = 110$ . Javier Balarezo (2017 pág. 87)

$$E_g = 110 x CBR$$

De esta forma se puede evaluar la condición estructural del pavimento a nivel de subrasante, ya que el MTC da una clasificación del CBR en relación a su valor.

**Tabla 10.** "Clasificación de la subrasante a través de su valor de CBR"

SEGÚN LA MTC	CLASIFICACIÓN
$CBR < 3\%$	INADECUADA
$3\% \leq CBR < 6\%$	POBRE
$6\% \leq CBR < 10\%$	REGULAR
$10\% \leq CBR < 20\%$	BUENA
$20\% \leq CBR < 30\%$	MUY BUENA
$30\% \leq CBR$	EXCELENTE

Fuente: MTC 2014



### 3.5.3. Procedimiento para la evaluación deflexiones

#### 3.5.3.1. Determinación de los ejes equivalentes

Los ejes equivalentes o también denominado ESAL, se refiere a la cantidad de repeticiones de una carga de eje equivalente de 80 KN, para un periodo de tiempo definido, esta carga equivalente se utiliza para el proceso del cálculo del tránsito, ya que los vehículos son variados y cada uno de ellos tiene un impacto en mayor o menor medida según las cargas que estas posean.

Se puede considerar los valores del ESAL según al volumen de transito de la carretera, pero es más confiable realizar el aforo vehicular.

**Tabla 11. "Relación del ESAL y el volumen de transito"**

Volumen de tránsito	N° de ejes equivalentes
Tránsito Alto	$ESAL \geq 10^7$
Tránsito Medio	$10^6 \leq ESAL \leq 10^7$
Tránsito Bajo	$ESAL \leq 10^6$

Fuente: AASHTO 93

#### 3.5.3.2. Determinación de la desviación estándar

Obteniendo las deflexiones corregidas, se procede a calcular el promedio aritmético de dichas deflexiones, también denominado deflexión promedio; se puede estimar de la siguiente forma:

$$D_{prom} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

Se tiene:

$D_{prom}$ : Es la deflexión promedio

$D_i$ : Es la deflexión máxima registrada en todos los puntos de ensayo

$n$ : Es la cantidad de medidas realizadas

Luego se determina la desviación estándar según:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - D_{prom})^2}{(n - 1)}}$$

Cabe destacar que esta relación solo es para registros menores o iguales a 30, es decir:

$$n \leq 30; \text{ es decir para muestras menores a 30}$$

### 3.5.3.3. Determinación de la deflexión característica

La deflexión característica se determina mediante el cuadro siguiente, propuesta por el MTC, y que tiene parámetros en la clasificación de la carretera y la confiabilidad de esta deflexión, adoptando una ecuación para la deflexión característica en relación al IMDA o la clasificación de la vía.

**Tabla 12.** "Relación de la ecuación del  $D_c$  y la clasificación de la carretera".

Clasificación de la vía	Deflexión característica	Observación
Autopistas IMDA 4001 – 6000 veh/día	$D_c = D_m + 1.645ds$	Para una confiabilidad del 95%
Carreteras de primera clase IMDA 2001 – 4000 veh/día	$D_c = D_m + 1.645ds$	Para una confiabilidad del 95%
Carreteras de segunda clase IMDA 401 – 2000 veh/día	$D_c = D_m + 1.282ds$	Para una confiabilidad del 90%
Carreteras de tercera clase IMDA 201 – 400 veh/día	$D_c = D_m + 1.282ds$	Para una confiabilidad del 90%

Carretera de bajo volumen de tránsito IMDA < 200 veh/día	$D_c = D_m + 1.036ds$	Para una confiabilidad del 85%
--	-----------------------	--------------------------------------

**Fuente:** Elaboración Propia en relación al Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos

### 3.5.3.4. Determinación de la deflexión admisible

La deflexión admisible está definida como la deflexión es la que el pavimento puede llegar a soportar una carga de tráfico que está proyectada justo un paso antes de llegar a la condición de fatiga.

Para la estimación de la deflexión admisible se utiliza la siguiente relación:

$$D_{adm} = \left( \frac{1.15}{ESAL} \right)^{0.25}$$

Se tiene que:

$D_{adm}$ : Es la deflexión admisible en un periodo de tiempo definido.

$ESAL$ : Es la cantidad de ejes equivalentes en un tiempo definido.

Se puede decir que, si la deflexión admisible está por encima de la deflexión característica, entonces el pavimento está en un estado funcional, en cambio si la deflexión característica está por encima de la deflexión admisible, se deduce que el pavimento ya está en el estado de fatiga, es decir que ya cumplió con su periodo de diseño y está soportando cargas superiores a las de su diseño.

### 3.6. Método de análisis de datos

En la actual investigación se hizo uso del método inductivo, donde el estudio realizado pueda concretar nuestras conclusiones, se realizó la deducción de los resultados a partir de la teoría registrada anteriormente, que se efectuó de manera sintética ya que la teoría establecida en esta investigación es de mucha ayuda en el desarrollo y aplicación de la investigación, también se analizó los datos de campo ordenándolo secuencialmente para ser evaluados con las hojas del PCI y luego

registrados en el programa Excel para determinar sus gráficos y su debidas interpretación.

### **3.7. Aspectos éticos**

Todo lo redactado en este documento de investigación tiene como prioridad respetar la veracidad y originalidad de los contenidos expuestos en cada capítulo, detallando en sí que las citas de acuerdo a las teorías o información redactada se encuentran debidamente detalladas en la referencias bibliográficas, además se registra el título de la obra, autor y número de página respetando el estilo ISO – 690 séptima edición según lo estipula la universidad, también el trabajo de campo realizado es de carácter reservado solo para el presente trabajo de investigación.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Información de la zona de estudio

#### 4.1.1. Ubicación

La zona de estudio se localiza en el departamento de Puno, provincia de San Román y en el distrito de Juliaca

#### 4.1.2. Zona de evaluación

Esta corresponde a la zona del kilómetro 04 hasta kilómetro 05 de la carretera Juliaca – Lampa.

- Con una longitud de vía: 1000 m
- Un ancho de calzada promedio: 7.40 m
- Con un área de estudio: 7400m<sup>2</sup>



**Figura 36.** "Representación de la vía de estudio"

Fuente: Google Maps

### 4.2. Evaluación PCI

#### 4.2.1. Unidades de evaluación

**Tabla 13.** "Datos para la obtención de las unidades de evaluación"

Datos	Valores
Longitud de la vía	1000 m
Ancho de calzada	7.40 m
Longitud de muestra	25.0 m
Área de muestra	185 m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

Donde se observa que el área de muestra está dentro del rango de  $225 \pm 90 \text{ m}^2$  correspondiente a la norma ASTM D6433

Para la determinación de las unidades de evaluación se tiene los datos siguientes

El Número total de muestras (N) se determina mediante

$$N = \frac{\text{Longitud}}{\text{Longitud de la muestra}} = \frac{1000\text{m}}{25\text{m}} = 40$$

La desviación estándar es de 10 según la norma ASTM D6433 para carpetas asfálticas.

El error aceptable es de 5% tanto para las carpetas de asfalto y de concreto según la ASTM D6433

**Tabla 14.** "Parámetros determinados por la ASTM D6433"

Parámetros	Valores
Número total de muestras	40
Desviación estándar	10
Error aceptable	5%

**Fuente:** Elaboración propia

El número de unidades a ser evaluadas "n" se determina como:

$$n = \frac{40 * 10^2}{\frac{5^2}{4} * (40 - 1) + 5^2} = 11.64$$

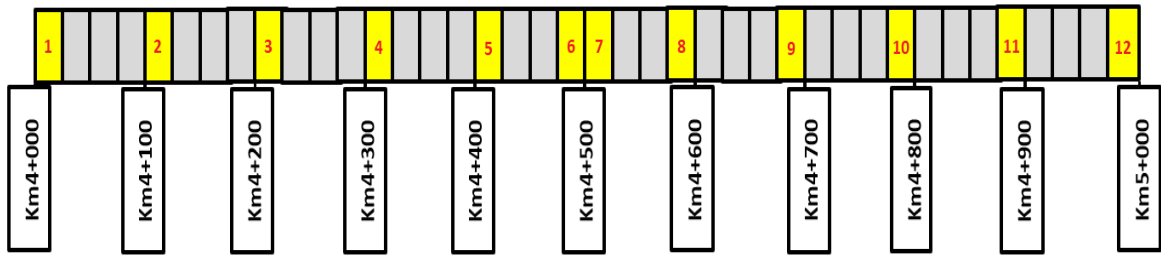
El valor de "n" se redondea al número inmediato superior, es decir  $n = 12$

Por lo tanto, tenemos: 40 unidades de muestra en donde 12 muestras serán evaluadas.

Los intervalos de muestra "i" se calcula mediante:

$$i = \frac{40}{12} = 3.33$$

Para el caso de los intervalos de muestra "i", se redondea a su máximo entero, es decir  $i = 3$



**Figura 37.** "Esquema de las unidades de muestra y evaluación del tramo 5 de la vía Juliaca - Lampa"

**Fuente:** Elaboración propia

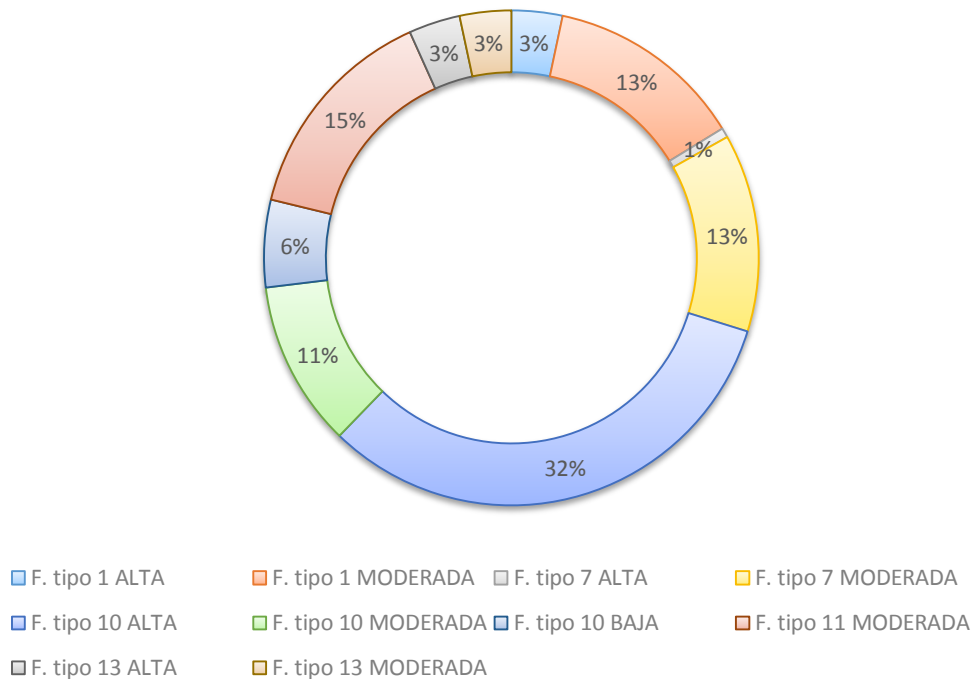
Donde cada segmento representa una unidad de muestreo, y los fragmentos numerados son las unidades de evaluación a inspeccionar, cabe resaltar que la longitud de cada unidad de evaluación es de 25m.

#### 4.2.2. Situación de las muestras de evaluación

Donde la situación de cada muestra de evaluación se presenta a continuación:

##### Muestra de evaluación Número 01

### UNIDAD DE EVALUACIÓN N° 01



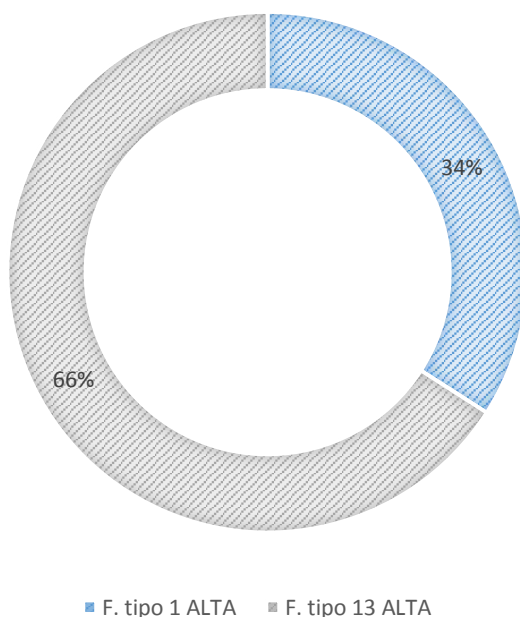
**Figura 38.** "Estado de la unidad de evaluación N°01"

**Fuente:** Elaboración propia

Donde la falla tipo 1 (Piel de cocodrilo) de severidad ALTA tiene un porcentaje de del 3%, con una gravedad MODERADA del 13%. Para la falla tipo 7 (Fisura de borde) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 1% y con una gravedad MODERADA tiene un porcentaje del 13%. Para la falla tipo 10 (Fisuras longitudinales y transversales) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 32%, con una gravedad MODERADA tiene un porcentaje del 11% y con una gravedad BAJA tiene un porcentaje del 6%. Para la falla tipo 11 (Parcheo) de severidad MODERADA tiene un porcentaje del 15%. Para la falla tipo 13 (Baches o huecos) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 3% y con una gravedad MODERADA tiene un porcentaje del 3%, en relación a los valores de las densidades halladas.

### Muestra de evaluación Número 02

## UNIDAD DE EVALUACIÓN N° 02



**Figura 39.** "Estado de la unidad de evaluación N°02"

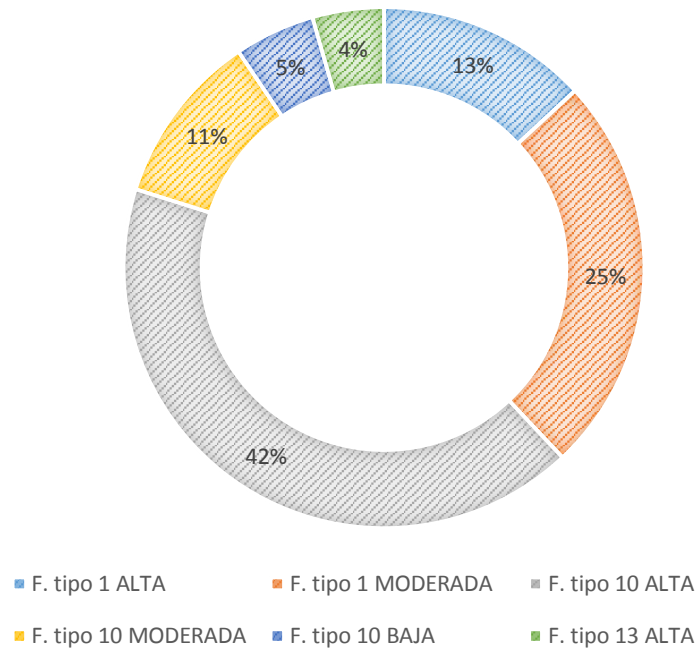
**Fuente:** Elaboración propia

Donde la falla tipo 1 (Piel de cocodrilo) de severidad ALTA tiene un porcentaje de del 34%. Para la falla tipo 13 (Baches o huecos) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 66%, en relación a los valores de las densidades halladas.



## Muestra de evaluación Número 03

### UNIDAD DE EVALUACIÓN N° 03



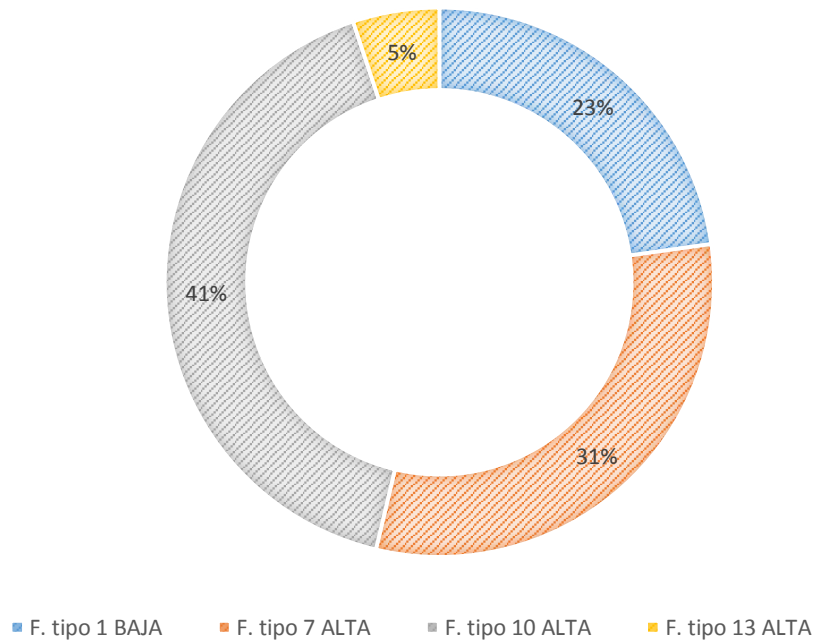
**Figura 40.** "Estado de la unidad de evaluación N°03"

**Fuente:** Elaboración propia

Donde la falla tipo 1 (Piel de cocodrilo) de severidad ALTA tiene un porcentaje de del 13%, con una gravedad MODERADA del 25%. Para la falla tipo 10 (Fisuras longitudinales y transversales) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 42%, con una gravedad MODERADA tiene un porcentaje del 11% y con una gravedad BAJA tiene un porcentaje del 5%. Para la falla tipo 13 (Baches o huecos) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 4%, en relación a los valores de las densidades halladas.

## Muestra de evaluación Número 04

### UNIDAD DE EVALUACIÓN N° 04



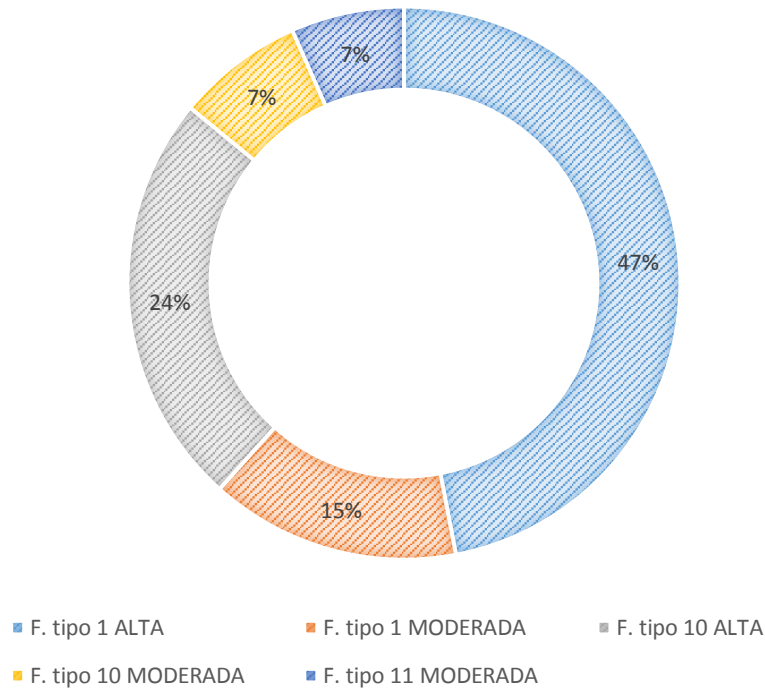
**Figura 41.** "Estado de la unidad de evaluación N°04"

**Fuente:** Elaboración propia

Donde la falla tipo 1 (Piel de cocodrilo) de severidad BAJA tiene un porcentaje de del 23%. Para la falla tipo 7 (Fisura de borde) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 31%. Para la falla tipo 10 (Fisuras longitudinales y transversales) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 41%. Para la falla tipo 13 (Baches o huecos) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 5%, en relación a los valores de las densidades halladas.

## Muestra de evaluación Número 05

### UNIDAD DE EVALUACIÓN N° 05



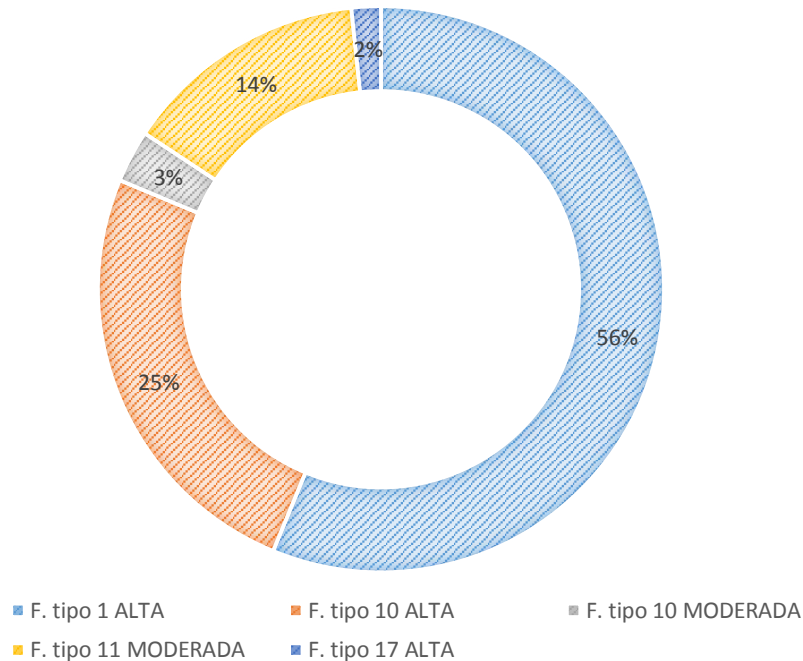
**Figura 42.** "Estado de la unidad de evaluación N°05"

**Fuente:** Elaboración propia

Donde la falla tipo 1 (Piel de cocodrilo) de severidad ALTA tiene un porcentaje de del 47%, de severidad MODERADA tiene un porcentaje de del 15%. Para la falla tipo 10 (Fisuras longitudinales y transversales) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 24%, de severidad MODERADA tiene un porcentaje del 7%. Para la falla tipo 11 (Parcheo) de severidad MODERADA tiene un porcentaje del 7%, en relación a los valores de las densidades halladas.

## Muestra de evaluación Número 06

### UNIDAD DE EVALUACIÓN N° 06



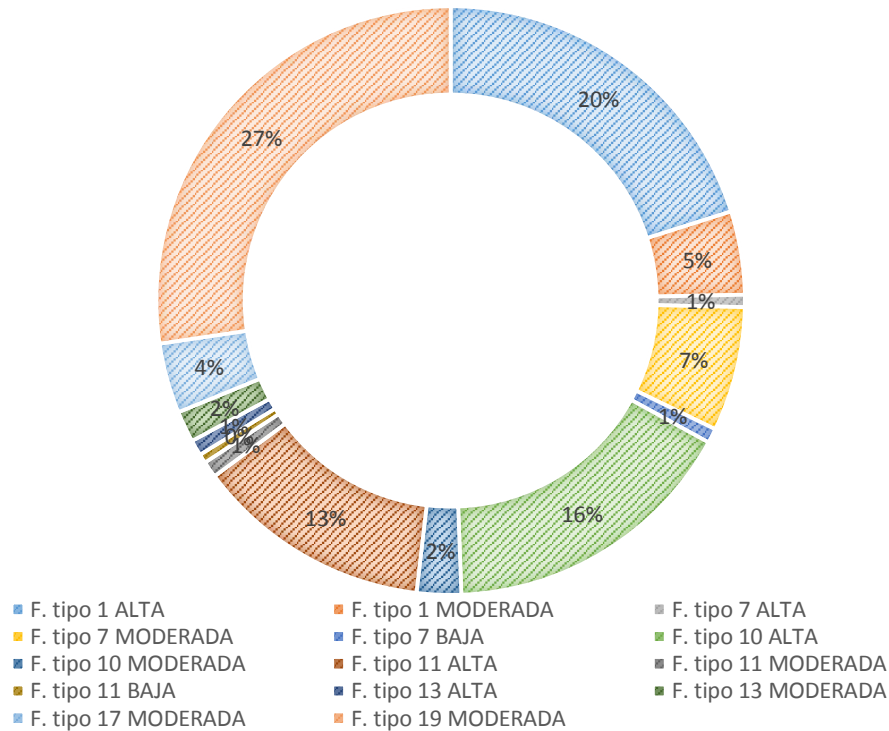
**Figura 43.** "Estado de la unidad de evaluación N°06"

**Fuente:** Elaboración propia

Donde la falla tipo 1 (Piel de cocodrilo) de severidad ALTA tiene un porcentaje de del 56%. Para la falla tipo 10 (Fisuras longitudinales y transversales) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 25%, de severidad MODERADA tiene un porcentaje del 3%. Para la falla tipo 11 (Parcheo) de severidad MODERADA tiene un porcentaje del 14%. Para la falla tipo 17 (Grietas parabólicas) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 2% en relación a los valores de las densidades halladas.

**Muestra de evaluación Número 07**

**UNIDAD DE EVALUACIÓN N° 07**



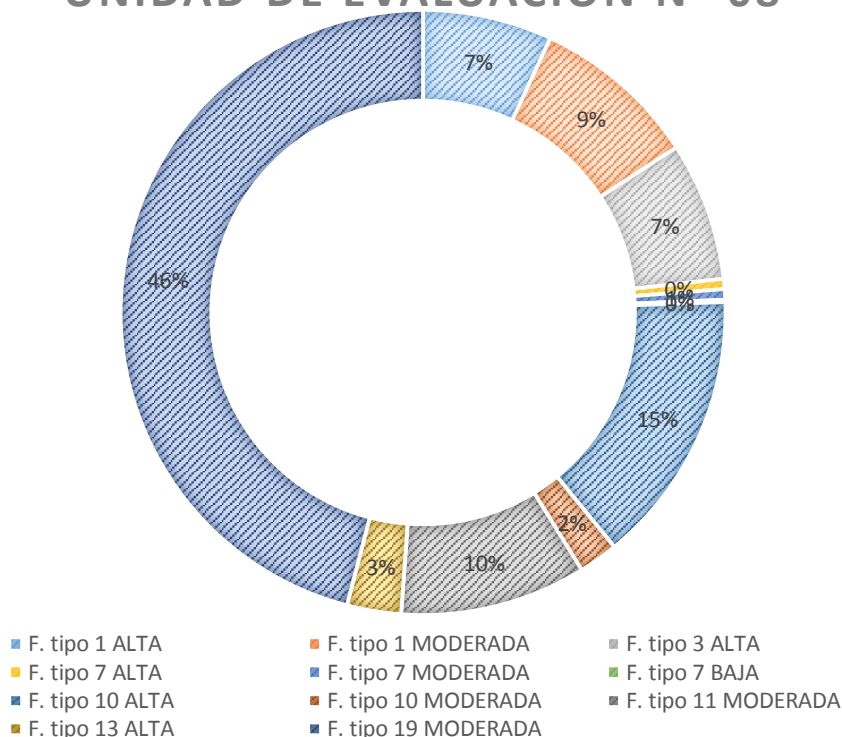
**Figura 44.** "Estado de la unidad de evaluación N°07"

**Fuente:** Elaboración propia

Donde la falla tipo 1 (Piel de cocodrilo) de severidad ALTA tiene un porcentaje de del 20%, de severidad MODERADA tiene un porcentaje de del 5%. Para la falla tipo 7 (Fisura de borde) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 1%, con una gravedad MODERADA tiene un porcentaje del 7%, con una gravedad BAJA tiene un porcentaje del 1%. Para la falla tipo 10 (Fisuras longitudinales y transversales) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 16%, de gravedad MODERADA tiene un porcentaje del 2%. Para la falla tipo 11 (Parcheo) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 13%, de gravedad MODERADA tiene un porcentaje del 1%, con una gravedad BAJA tiene un porcentaje del 0.5%. Para la falla tipo 13 (Baches o huecos) de severidad alta tiene un porcentaje del 1%, de gravedad MODERADA tiene un porcentaje del 2%. Para la falla tipo 17 (Grietas parabólicas) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 4%. Para la falla tipo 19 (Desprendimiento de agregados) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 27%; en relación a los valores de las densidades halladas.

## Muestra de evaluación Número 08

### UNIDAD DE EVALUACIÓN N° 08



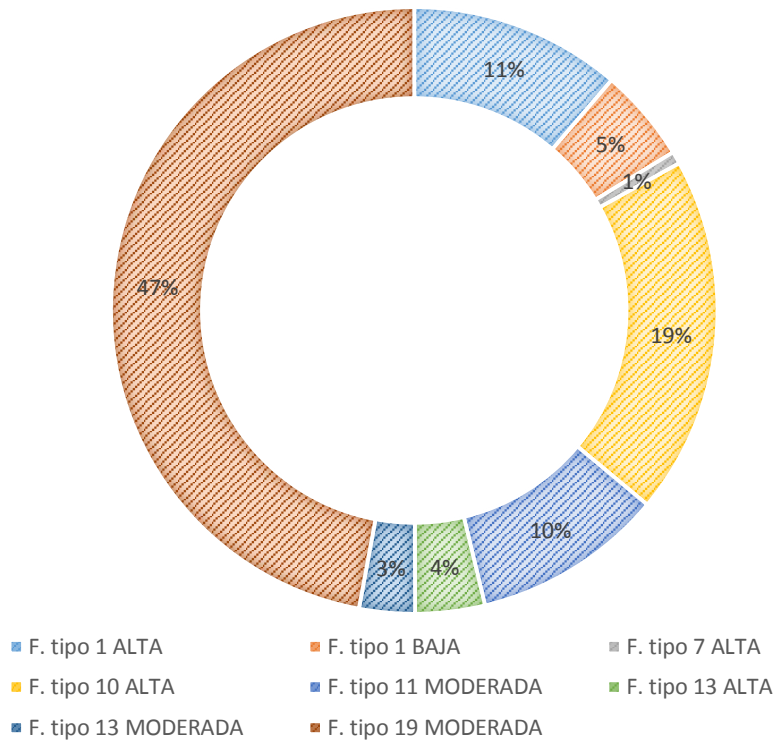
**Figura 45.** "Estado de la unidad de evaluación N°08"

**Fuente:** Elaboración propia

Donde la falla tipo 1 (Piel de cocodrilo) de severidad ALTA tiene un porcentaje de del 7%, de severidad MODERADA tiene un porcentaje de del 9%. Para la falla tipo 3 (Fisura de bloque) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 7%. Para la falla tipo 7 (Fisura de borde) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 0.25%, con una gravedad MODERADA tiene un porcentaje del 1%, con una gravedad BAJA tiene un porcentaje del 0.25%. Para la falla tipo 10 (Fisuras longitudinales y transversales) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 15%, de gravedad MODERADA tiene un porcentaje del 2%. Para la falla tipo 11 (Parcheo) de gravedad MODERADA tiene un porcentaje del 10%. Para la falla tipo 13 (Baches o huecos) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 3%. Para la falla tipo 19 (Desprendimiento de agregados) de severidad MODERADA tiene un porcentaje del 46%; en relación a los valores de las densidades halladas.

## Muestra de evaluación Número 09

### UNIDAD DE EVALUACIÓN N° 09



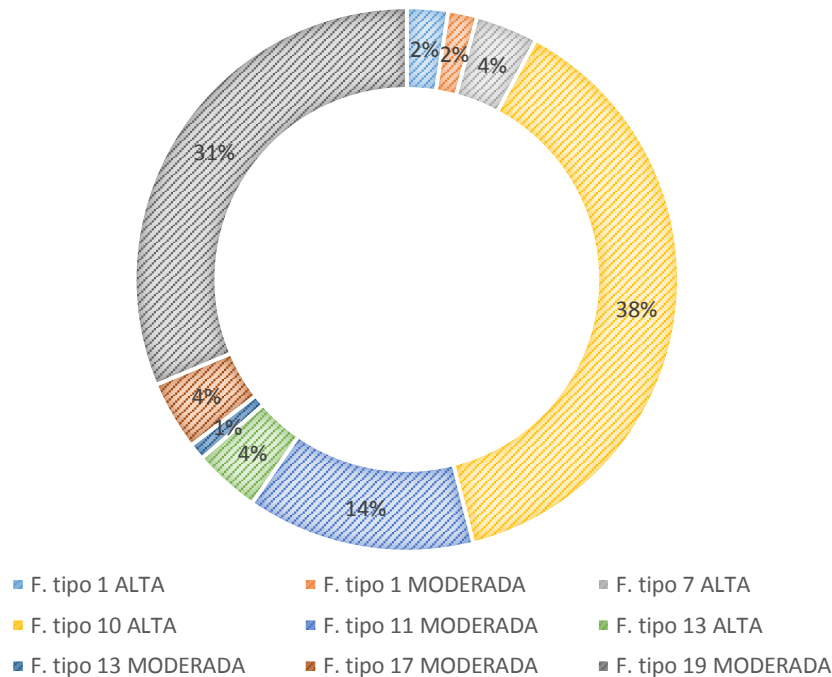
**Figura 46.** "Estado de la unidad de evaluación N°01"

**Fuente:** Elaboración propia

Donde la falla tipo 1 (Piel de cocodrilo) de severidad ALTA tiene un porcentaje de del 11%, de severidad BAJA tiene un porcentaje de del 5%. Para la falla tipo 7 (Fisura de borde) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 1%. Para la falla tipo 10 (Fisuras longitudinales y transversales) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 19%, de gravedad MODERADA tiene un porcentaje del 10%. Para la falla tipo 13 (Baches o huecos) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 4%, de severidad MODERADA tiene un porcentaje del 3%. Para la falla tipo 19 (Desprendimiento de agregados) de severidad MODERADA tiene un porcentaje del 47%; en relación a los valores de las densidades halladas.

## Muestra de evaluación Número 10

### UNIDAD DE EVALUACIÓN N° 10



**Figura 47.** "Estado de la unidad de evaluación N°10"

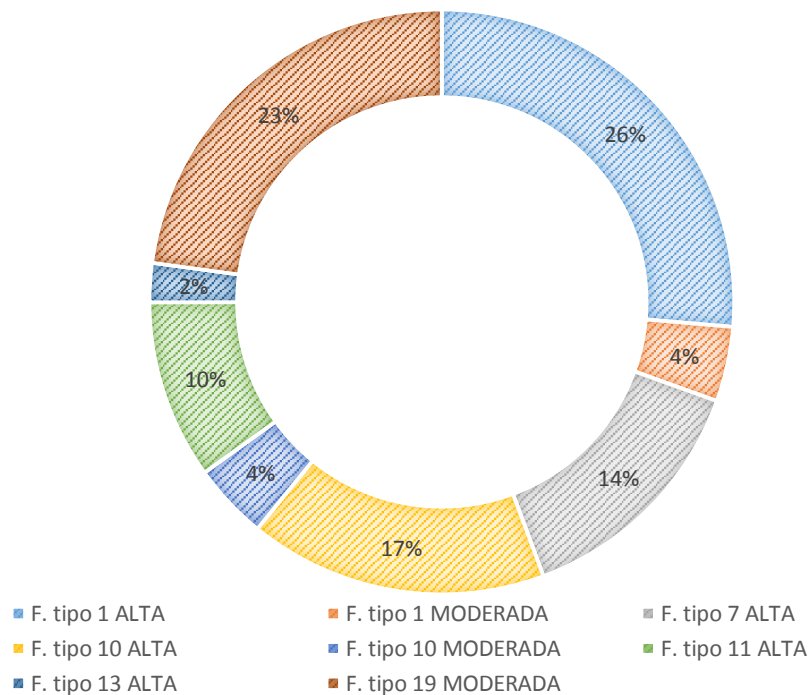
**Fuente:** Elaboración propia

Donde la falla tipo 1 (Piel de cocodrilo) de severidad ALTA tiene un porcentaje de del 2%, de severidad BAJA tiene un porcentaje de del 2%. Para la falla tipo 7 (Fisura de borde) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 4%. Para la falla tipo 10 (Fisuras longitudinales y transversales) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 38%. Para la falla tipo 11 (Parcheo) de severidad MODERADA tiene un porcentaje del 14%. Para la falla tipo 13 (Baches o huecos) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 4%, de severidad MODERADA tiene un porcentaje del 1%. Para la falla tipo 17 (Grieta parabólica) de severidad MODERADA tiene un porcentaje del 4%. Para la falla tipo 19 (Desprendimiento de agregados) de severidad MODERADA tiene un porcentaje del 31%; en relación a los valores de las densidades halladas.



## Muestra de evaluación Número 11

### UNIDAD DE EVALUACIÓN N° 11



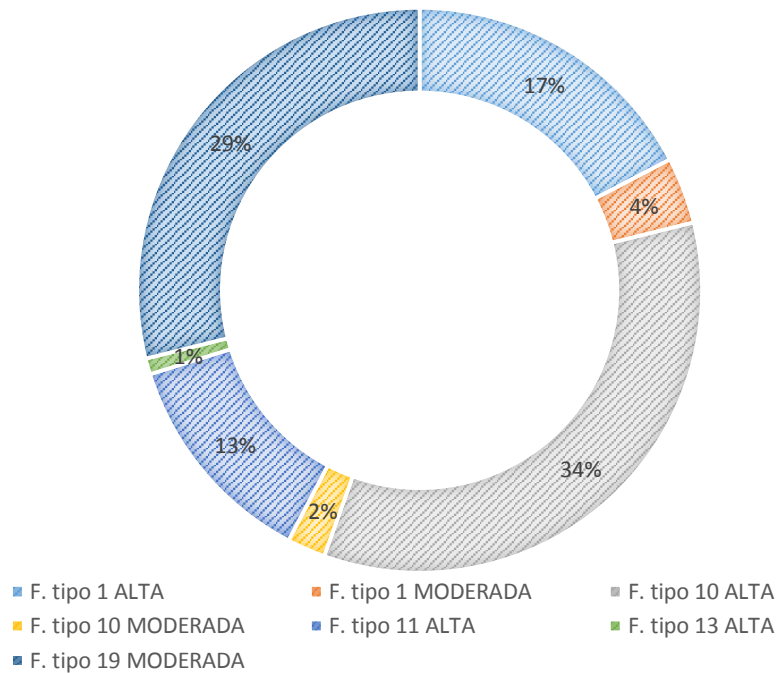
**Figura 48.** "Estado de la unidad de evaluación N°11"

**Fuente:** Elaboración propia

Donde la falla tipo 1 (Piel de cocodrilo) de severidad ALTA tiene un porcentaje de del 26%, de severidad MODERADA tiene un porcentaje de del 4%. Para la falla tipo 7 (Fisura de borde) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 14%. Para la falla tipo 10 (Fisuras longitudinales y transversales) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 17%, de severidad MODERADA tiene un porcentaje del 4%. Para la falla tipo 11 (Parcheo) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 10%. Para la falla tipo 13 (Baches o huecos) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 2%. Para la falla tipo 19 (Desprendimiento de agregados) de severidad MODERADA tiene un porcentaje del 23%; en relación a los valores de las densidades halladas.

## Muestra de evaluación Número 12

### UNIDAD DE EVALUACIÓN N° 12



**Figura 49.** "Estado de la unidad de evaluación N°12".

**Fuente:** Elaboración propia

Donde la falla tipo 1 (Piel de cocodrilo) de severidad ALTA tiene un porcentaje de del 17%, de severidad MODERADA tiene un porcentaje de del 4%. Para la falla tipo 10 (Fisuras longitudinales y transversales) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 34%, de severidad MODERADA tiene un porcentaje del 2%. Para la falla tipo 11 (Parcheo) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 13%. Para la falla tipo 13 (Baches o huecos) de severidad ALTA tiene un porcentaje del 1%. Para la falla tipo 19 (Desprendimiento de agregados) de severidad MODERADA tiene un porcentaje del 29%; en relación a los valores de las densidades halladas.

### 4.2.3. Clasificación PCI de las unidades de evaluación

**Tabla 15.** "Clasificación según la metodología PCI de las unidades evaluadas"

UNID. DE EVALUACIÓN	ÁREA (m <sup>2</sup> )	Prog. Inicial	Prog. Final	PCI	CLASIFICACIÓN	TIPO DE MANTENIMIENTO
1	185	Km 4+000	Km 4+025	2.00	FALLADO	RECONSTRUCCION
2	185	Km 4+100	Km 4+125	0.00	FALLADO	RECONSTRUCCION
3	185	Km 4+200	Km 4+225	19.00	MUY POBRE	RECONSTRUCCION
4	185	Km 4+300	Km 4+325	4.00	FALLADO	RECONSTRUCCION
5	185	Km 4+400	Km 4+425	4.00	FALLADO	RECONSTRUCCION
6	185	Km 4+475	Km 4+500	9.00	FALLADO	RECONSTRUCCION
7	185	Km 4+500	Km 4+525	4.00	FALLADO	RECONSTRUCCION
8	185	Km 4+500	Km 4+525	0.50	FALLADO	RECONSTRUCCION
9	185	Km 4+675	Km 4+700	1.00	FALLADO	RECONSTRUCCION
10	185	Km 4+775	Km 4+800	2.00	FALLADO	RECONSTRUCCION
11	185	Km 4+875	Km 4+900	0.00	FALLADO	RECONSTRUCCION
12	185	Km 4+975	Km 5+000	4.00	FALLADO	RECONSTRUCCION

**Fuente:** Elaboración propia

Donde las unidades de evaluación N° 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 se encuentran por debajo del valor del PCI de 10, clasificándolo como un pavimento FALLADO y la unidad de evaluación N° 3 tiene un valor de PCI de 19, estando en el rango de 10 a 25; clasificándolo como MUY POBRE, y proponiendo una reconstrucción de para todas las unidades de evaluación.

Además, el valor del PCI del pavimento es el promedio de los valores del PCI de las unidades de evaluación

$$PCI_{pavimento} = \frac{\sum PCI_{und. evaluadas}}{\text{Numero de und. evaluadas}}$$

$$PCI_{pavimento} = 4.13$$

Determinando el PCI del pavimento con un valor de 4.13; clasificándolo como un pavimento en estado de falla, y proponiendo una alternativa de RECONSTRUCCIÓN por el valor tan bajo obtenido de la evaluación PCI.

### 4.3. Evaluación estructural

Características de la viga Benkelman del laboratorio GeoControlTotal

**Tabla 16.** "Características de la viga Benkelman utilizada en campo"

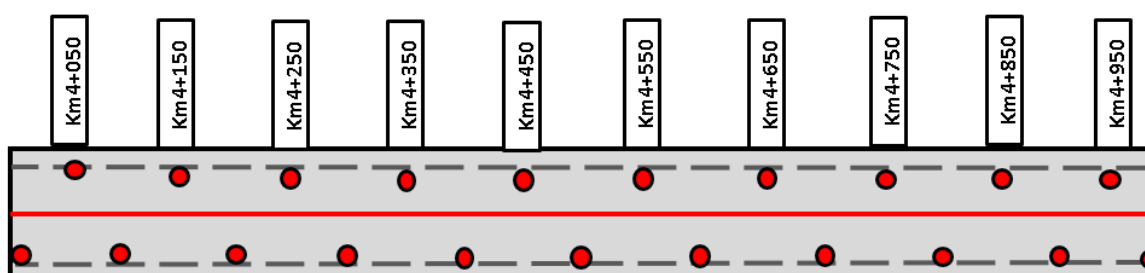
Características	Valor
Relación de brazo	4:1
Dial de precisión	0.002mm
Factor de estabilidad	1.00

Fuente: Elaboración propia

Los puntos seleccionados son a cada 50 metros, alternando los carriles tanto derecho como izquierdo; teniendo un total de 21 puntos que fueron inspeccionados a 40 cm desde el borde de la berma hacia el eje del carril.

#### 4.3.1. Deflexiones del carril izquierdo

A continuación, se presenta un esquema de los puntos evaluados y sus progresivas correspondientes.



**Figura 50.** "Esquema de los puntos ensayados del carril izquierdo"

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 17.** "Lecturas del carril izquierdo"

Nº	Progresivas	Carril	L <sub>0</sub>	L <sub>25</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>75</sub>	L <sub>max</sub>
1	04+050	Izq.	100	99	98	95	89
2	04+150	Izq.	100	99	95	91	81
3	04+250	Izq.	100	96	91	87	81
4	04+350	Izq.	100	99	95	92	81
5	04+450	Izq.	100	99	93	85	75
6	04+550	Izq.	100	98	95	88	80

7	04+650	Izq.	100	99	94	91	86
8	04+750	Izq.	100	95	87	80	67
9	04+850	Izq.	100	98	94	89	80
10	04+950	Izq.	100	99	95	90	83

**Fuente:** Elaboración Propia

Donde los registros de campo se convierten a deflexiones con las relaciones indicadas en el capítulo anterior, considerando:

Relación de brazos 4:1

Corrección de unidades para milímetros: 1

Las deflexiones de campo en dichos puntos se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 18.** "Deflexiones de campo obtenidas en carril izquierdo en mm"

Nº	Progresivas	Carril	D <sub>max</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>	Espesor del asfalto	Temp. del asfalto
1	04+050	Izq.	0.44	0.40	0.36	0.24	5.00 cm	23 °C
2	04+150	Izq.	0.76	0.72	0.56	0.40	5.00 cm	23 °C
3	04+250	Izq.	0.76	0.60	0.40	0.24	5.00 cm	23 °C
4	04+350	Izq.	0.76	0.72	0.56	0.44	5.00 cm	23 °C
5	04+450	Izq.	1.00	0.96	0.72	0.40	5.00 cm	23 °C
6	04+550	Izq.	0.80	0.72	0.60	0.32	5.00 cm	23 °C
7	04+650	Izq.	0.56	0.52	0.32	0.20	5.00 cm	23 °C
8	04+750	Izq.	1.32	1.12	0.80	0.52	5.00 cm	23 °C
9	04+850	Izq.	0.80	0.72	0.56	0.36	5.00 cm	23 °C
10	04+950	Izq.	0.68	0.64	0.48	0.28	5.00 cm	23 °C

**Fuente:** Elaboración Propia

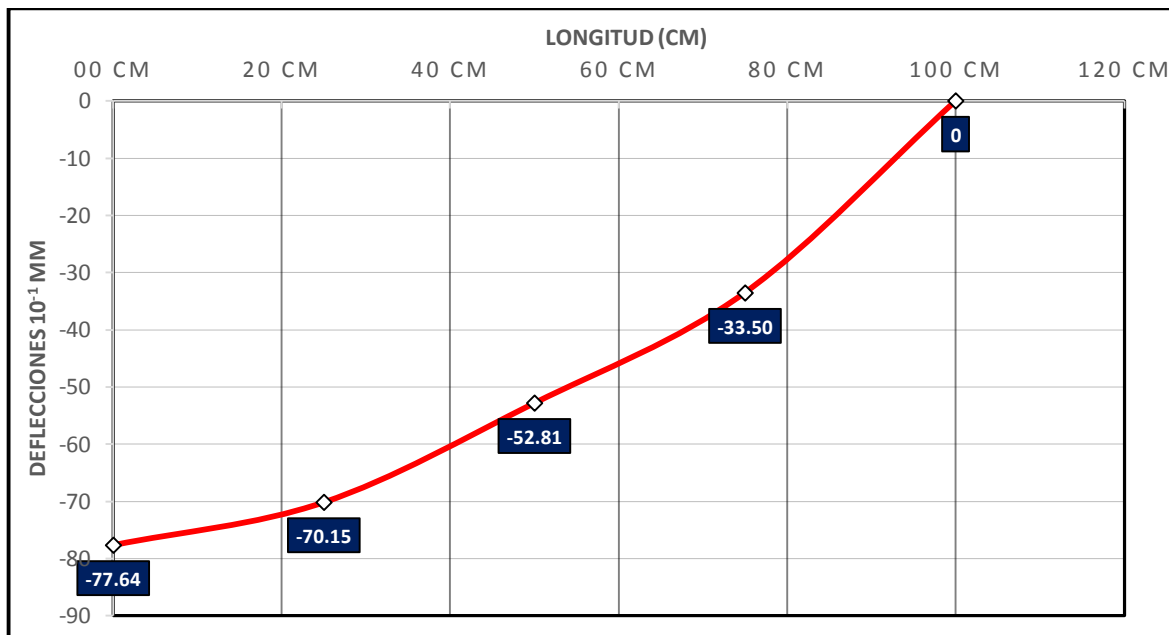
Donde se presenta el número de punto evaluado, su respectiva deflexión registrada en campo en milímetros, el espesor de la carpeta asfáltica, y la temperatura del pavimento; todo esto para corregir las deflexiones por temperatura ya que las deflexiones varían cuando el grosor de la carpeta asfáltica es superior a 5cm, para llevarlas a una temperatura estándar de 20°C.

**Tabla 19.** "Deflexiones corregidas por temperatura del carril izquierdo en mm"

Nº	Progresivas	CARRIL	D <sub>max</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>
1	04+050	lzo.	0.43	0.39	0.35	0.24
2	04+150	lzo.	0.75	0.71	0.55	0.39
3	04+250	lzo.	0.75	0.59	0.39	0.24
4	04+350	lzo.	0.75	0.71	0.55	0.43
5	04+450	lzo.	0.99	0.95	0.71	0.39
6	04+550	lzo.	0.79	0.71	0.59	0.32
7	04+650	lzo.	0.55	0.51	0.32	0.20
8	04+750	lzo.	1.30	1.10	0.79	0.51
9	04+850	lzo.	0.79	0.71	0.55	0.35
10	04+950	lzo.	0.67	0.63	0.47	0.28

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior se presentan las deflexiones ya corregidas por temperatura para cada punto en el carril izquierdo, con sus respectivas progresivas



**Figura 51.** "Gráfica de las deflexiones promedio del carril izquierdo"

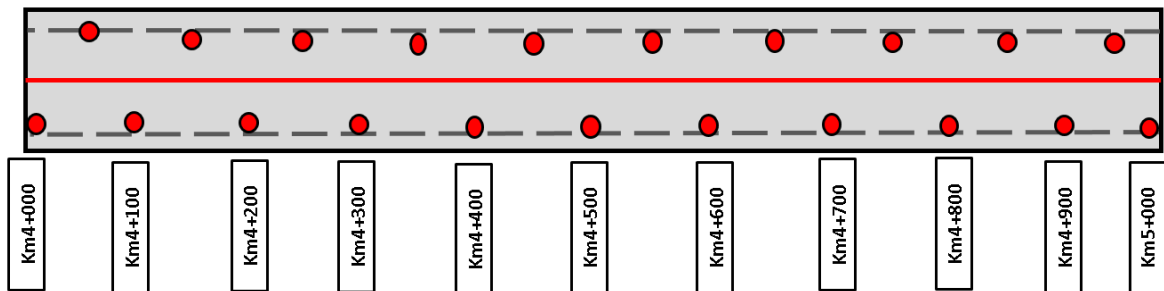
Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico anterior se observa la curva de deflexiones graficada con las deflexiones corregidas promedio del carril izquierdo, observando que la deflexión

máxima promedio es de 77.64 mm/100 a una longitud de 0 cm, 70.15 mm/100 a una longitud de 25 cm, 52.81 mm/100, a una longitud de 50 cm, 33.50 mm/100, a una longitud de 75cm llegando a 0 a una longitud de 100 cm.

#### 4.3.2. Deflexiones del carril derecho

A continuación, se presenta un esquema de los puntos evaluados y sus progresivas correspondientes.



**Figura 52.** "Esquema de los puntos ensayados del carril derecho"

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla 20.** "Lecturas de campo del carril derecho"

Nº	Progresivas	Carril	L <sub>0</sub>	L <sub>25</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>75</sub>	L <sub>max</sub>
1	04+000	Der.	100	99	94	88	69
2	04+100	Der.	100	98	91	87	69
3	04+200	Der.	100	98	93	89	62
4	04+300	Der.	100	99	95	90	70
5	04+400	Der.	100	99.5	99	95	90
6	04+500	Der.	100	99	95	86	76
7	04+600	Der.	100	98	91	84	61
8	04+700	Der.	100	99	96	90	79
9	04+800	Der.	100	98	93	90	72
10	04+900	Der.	100	99	98	94	80
11	05+000	Der.	100	99	95	89	82

**Fuente:** Elaboración Propia

Donde los registros de campo se convierten a deflexiones con las relaciones indicadas en el capítulo anterior, considerando:

Relación de brazos 4:1

Corrección de unidades para milímetros: 1

Las deflexiones en campo en dichos puntos se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 21.** "Deflexiones de campo obtenidas en carril derecho en mm"

Nº	Progresivas	Carril	D <sub>max</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>	Espesor del asfalto	Temp. del asfalto
1	04+000	Der.	1.24	1.20	1.00	0.76	5.00 cm	23 °C
2	04+100	Der.	1.24	1.16	0.88	0.72	5.00 cm	23 °C
3	04+200	Der.	1.52	1.44	1.24	1.08	5.00 cm	23 °C
4	04+300	Der.	1.20	1.16	1.00	0.80	5.00 cm	23 °C
5	04+400	Der.	0.40	0.38	0.36	0.20	5.00 cm	23 °C
6	04+500	Der.	0.96	0.92	0.76	0.40	5.00 cm	23 °C
7	04+600	Der.	1.56	1.48	1.20	0.92	6.00 cm	23 °C
8	04+700	Der.	0.84	0.80	0.68	0.44	5.00 cm	23 °C
9	04+800	Der.	1.12	1.04	0.84	0.72	5.00 cm	23 °C
10	04+900	Der.	0.80	0.76	0.72	0.56	5.00 cm	23 °C
11	05+000	Der.	0.72	0.68	0.52	0.28	5.00 cm	23°C

Fuente: Elaboración Propia

Donde se presenta el número de punto evaluado, su respectiva deflexión registrada en campo en milímetros, el espesor de la carpeta asfáltica, y la temperatura del pavimento; todo esto para corregir las deflexiones por temperatura ya que las deflexiones varían cuando el grosor de la carpeta asfáltica es superior a 5cm, para llevarlas a una temperatura estándar de 20°C.

**Tabla 22.** "Deflexiones corregidas por temperatura del carril derecho en mm"

Nº	PROGESIVAS	CARRIL	D <sub>max</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>
1	04+000	Der.	1.22	1.18	0.99	0.75
2	04+100	Der.	1.22	1.14	0.87	0.71
3	04+200	Der.	1.50	1.42	1.22	1.06



4	04+300	Der.	1.18	1.14	0.99	0.79
5	04+400	Der.	0.39	0.37	0.35	0.20
6	04+500	Der.	0.95	0.91	0.75	0.39
7	04+600	Der.	1.53	1.45	1.18	0.90
8	04+700	Der.	0.83	0.79	0.67	0.43
9	04+800	Der.	1.10	1.02	0.83	0.71
10	04+900	Der.	0.79	0.75	0.71	0.55
11	05+000	Der.	0.71	0.67	0.51	0.28

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior se presentan las deflexiones ya corregidas por temperatura para cada punto en el carril derecho, con sus respectivas progresivas

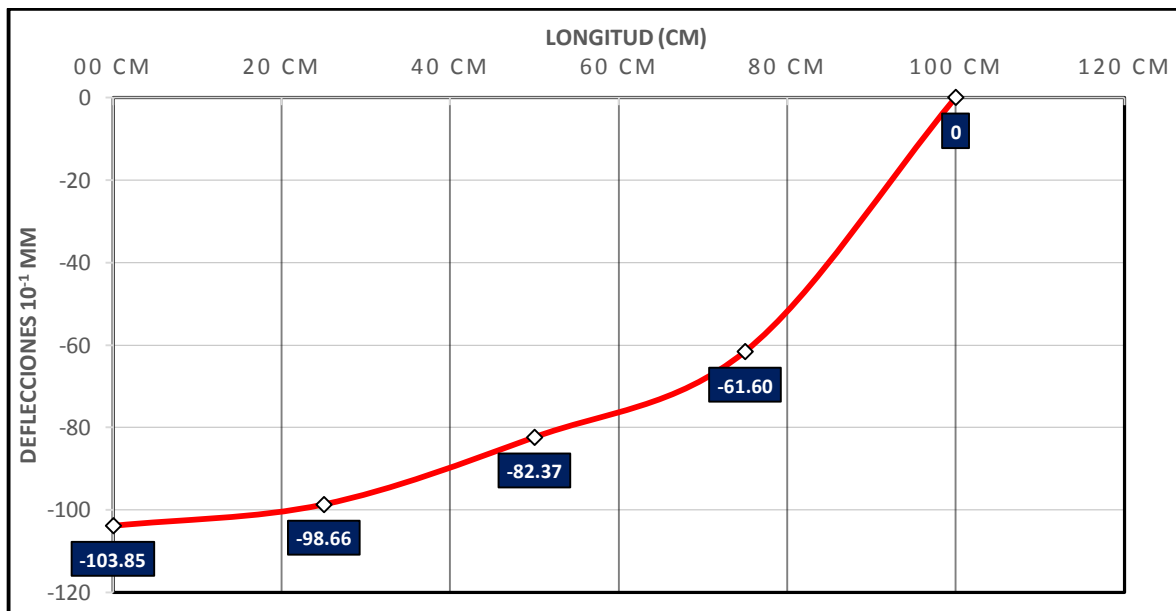


Figura 53. "Gráfica de las deflexiones promedio del carril izquierdo"

Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico anterior se observa la curva de deflexiones graficada con las deflexiones corregidas promedio del carril derecho, observando que la deflexión máxima promedio es de 103.85 mm/100 a una longitud de 0 cm, 98.66 mm/100 a una longitud de 25 cm, 82.37 mm/100 a una longitud de 50 cm, 61.60 mm/100 a una longitud de 75 cm llegando a 0 a una longitud de 100 cm.

### 4.3.3. $L_0$ y el $E_{sg}$ del carril izquierdo

Luego de corregir las deflexiones por temperatura, se procedió a encontrar la longitud característica, el módulo de elasticidad de la subrasante y otros parámetros del método numérico con las ecuaciones y constantes propuestas por Wiseman del carril izquierdo, indicado en el capítulo anterior en el apartado de procedimientos; igualmente se asume que el módulo de Poisson es de 0.4; estando en la categoría de clase II para la selección de las constantes.

**Tabla 23.** " $D_R/D_0$ ,  $L_0$  y  $E_{sg}$  para un  $h/L_0=10$  y  $R=25\text{cm}$  del carril izquierdo"

N°	Progresivas	Para un $R = 25\text{cm}$ y $h/L_0=10$		
		$D_R/D_0$	$L_0$	$E_{sg}$
1	04+050	0.91	49.47	497.73
2	04+150	0.95	26.56	553.90
3	04+250	0.79	27.13	477.64
4	04+350	0.95	26.56	553.90
5	04+450	0.96	31.10	363.73
6	04+550	0.90	46.47	289.34
7	04+650	0.93	22.22	884.26
8	04+750	0.85	34.88	224.42
9	04+850	0.90	46.47	289.34
10	04+950	0.94	24.90	656.80

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 24.** " $D_R/D_0$ ,  $L_0$  y  $E_{sg}$  para un  $h/L_0=10$  y  $R=50\text{cm}$  del carril izquierdo"

N°	Progresivas	Para un $R = 50\text{cm}$ y $h/L_0=10$		
		$D_R/D_0$	$L_0$	$E_{sg}$
1	04+050	0.82	24.85	1016.91
2	04+150	0.74	49.23	289.39

3	04+250	0.53	27.98	466.21
4	04+350	0.50	26.16	491.35
5	04+450	0.72	46.81	230.01
6	04+550	0.75	51.28	265.10
7	04+650	0.57	31.39	577.08
8	04+750	0.61	34.31	227.56
9	04+850	0.70	44.17	302.53
10	04+950	0.71	44.92	350.71

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 25.** " $D_R/D_0$ ,  $L_0$  y  $E_{sg}$  para un  $h/L_0=10$  y  $R=75\text{cm}$  del carril izquierdo"

Nº	Progresivas	Para un $R = 75\text{cm}$ y $h/L_0=10$		
		$D_R/D_0$	$L_0$	$E_{sg}$
1	04+050	0.55	46.19	528.89
2	04+150	0.53	44.12	318.80
3	04+250	0.32	26.96	479.91
4	04+350	0.58	50.08	285.04
5	04+450	0.40	32.79	311.87
6	04+550	0.40	32.79	389.83
7	04+650	0.36	29.71	603.29
8	04+750	0.39	32.33	238.97
9	04+850	0.45	36.67	355.09
10	04+950	0.41	33.68	448.53

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3.4. Lo y el $E_{sg}$ del carril derecho

Luego de corregir las deflexiones por temperatura, se procedió a encontrar la longitud característica, el módulo de elasticidad de la subrasante y otros parámetros del método numérico con las ecuaciones y constantes propuestas por Wiseman del carril derecho, indicado en el capítulo anterior en el apartado de procedimientos; igualmente se asume que el módulo de Poisson es de 0.4; estando en la categoría de clase II para la selección de las constantes.

**Tabla 26.** " $D_R/D_0$ ,  $L_0$  y  $E_{sg}$  para un  $h/L_0=10$  y  $R=25\text{cm}$  del carril derecho"

N°	Progresivas	Para un $R = 25 \text{ cm}$ y $h/L_0=10$		
		$D_R/D_0$	$L_0$	$E_{sg}$
1	04+000	0.97	35.14	261.54
2	04+100	0.94	23.60	378.31
3	04+200	0.95	26.56	276.95
4	04+300	0.97	34.50	275.03
5	04+400	0.95	27.36	1024.07
6	04+500	0.96	30.38	387.22
7	04+600	0.95	26.97	266.93
8	04+700	0.95	28.14	475.15
9	04+800	0.93	22.22	442.13
10	04+900	0.95	27.36	512.03
11	05+000	0.94	25.74	601.73

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla 27.** " $D_R/D_0$ ,  $L_0$  y  $E_{sg}$  para un  $h/L_0=10$  y  $R=50\text{cm}$  del carril derecho"

N°	Progresivas	Para un $R = 50 \text{ cm}$ y $h/L_0=10$		
		$D_R/D_0$	$L_0$	$E_{sg}$
1	04+000	0.81	23.83	374.97

2	04+100	0.71	45.42	190.49
3	04+200	0.82	24.64	296.73
4	04+300	0.83	26.33	353.65
5	04+400	0.90	36.34	785.66
6	04+500	0.79	22.65	507.00
7	04+600	0.77	21.08	333.77
8	04+700	0.81	24.09	548.09
9	04+800	0.75	51.28	189.36
10	04+900	0.90	36.34	392.83
11	05+000	0.72	47.12	317.61

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 28.** " $D_R/D_0$ ,  $L_0$  y  $E_{sg}$  para un  $h/L_0=10$  y  $R=75\text{cm}$  del carril derecho"

Nº	Progresivas	Para un $R = 75 \text{ cm}$ y $h/L_0=10$		
		$D_R/D_0$	$L_0$	$E_{sg}$
1	04+000	0.61	21.03	419.60
2	04+100	0.58	50.29	174.06
3	04+200	0.71	26.74	275.23
4	04+300	0.67	23.90	386.33
5	04+400	0.50	41.41	639.97
6	04+500	0.42	34.06	314.76
7	04+600	0.59	51.41	136.05
8	04+700	0.52	43.85	289.96
9	04+800	0.64	22.56	436.14
10	04+900	0.70	26.01	536.45
11	05+000	0.39	31.96	442.29

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3.5. CBR del pavimento

Se presentan los valores más cercanos a  $D_R/D_0 = 0.5$ , para la determinación del módulo de elasticidad y el valor del CBR de la subrasante del carril izquierdo

**Tabla 29.** "Selección de la longitud característica y el  $E_{sg}$  por el valor de  $D_R/D_0$ "

N°	Progresivas	$D_R/D_0$	Longitud característica			$E_{sg}$
			R = 25 cm	R = 50 cm	R = 75 cm	
1	04+000	0.61			✓✓	419.60
2	04+050	0.55			✓✓	528.89
3	04+100	0.58			✓✓	174.06
4	04+150	0.53			✓✓	318.80
5	04+200	0.71			✓✓	275.23
6	04+250	0.53		✓✓		466.21
7	04+300	0.67			✓✓	386.33
8	04+350	0.50		✓✓		491.35
9	04+400	0.50			✓✓	639.97
10	04+450	0.40			✓✓	311.87
11	04+500	0.42			✓✓	314.76
12	04+550	0.40			✓✓	389.83
13	04+600	0.59			✓✓	136.05
14	04+650	0.57		✓✓		577.08
15	04+700	0.52			✓✓	289.96
16	04+750	0.61		✓✓		227.56
17	04+800	0.64			✓✓	436.14
18	04+850	0.45			✓✓	355.09
19	04+900	0.70			✓✓	536.45
20	04+950	0.41			✓✓	448.53
21	05+000	0.39			✓✓	442.29

Fuente: Elaboración Propia

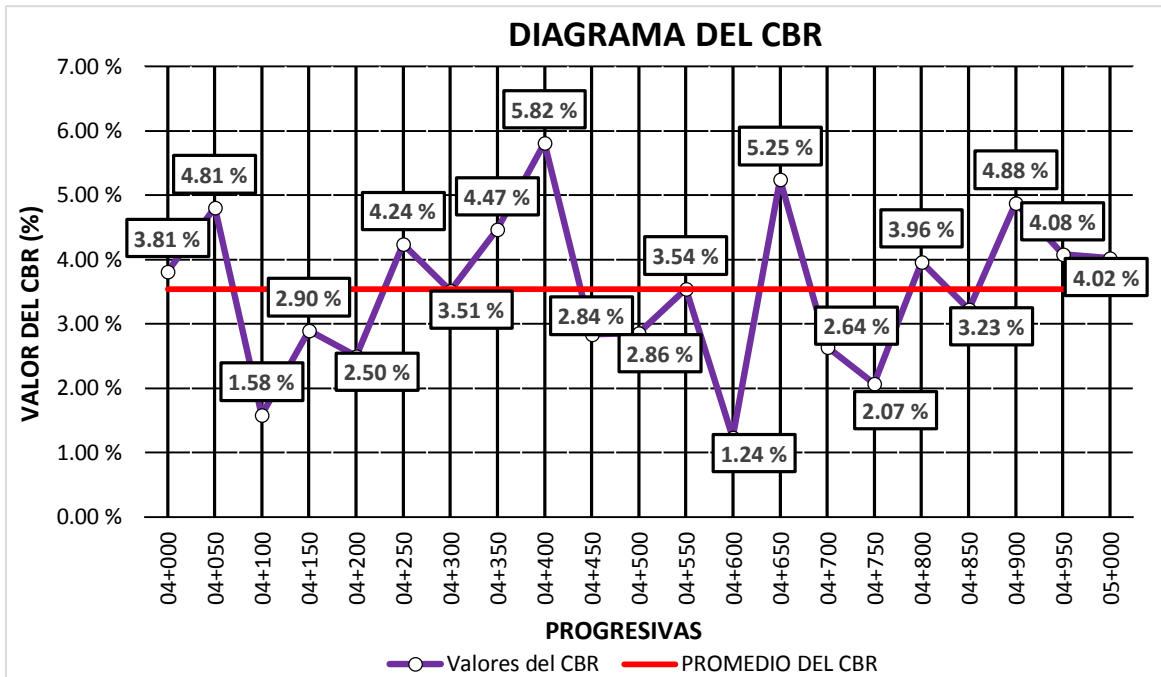
Donde en los puntos 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18, 19, 20 y 21 se escoge el módulo de elasticidad obtenido cuando el R es 75 cm; y en los puntos 6, 8, 14 y 16 se escoge el módulo de elasticidad obtenido cuando el R es de 50 cm; ya que en estos casos el valor de  $D_R/D_0$  es el más cercano a 0.5 en relación a otros valores de  $D_R/D_0$  hallados con distintos valores de R.

**Tabla 30. "CBR de cada tramo calculado por el  $E_{sg}$ "**

No	Progresivas	Longitud Característica	$E_{sg}$	CBR	Verificación
1	04+000	21.03	419.60	3.81 %	POBRE
2	04+050	46.19	528.89	4.81 %	POBRE
3	04+100	50.29	174.06	1.58 %	INADECUADA
4	04+150	44.12	318.80	2.90 %	INADECUADA
5	04+200	26.74	275.23	2.50 %	INADECUADA
6	04+250	27.98	466.21	4.24 %	POBRE
7	04+300	23.90	386.33	3.51 %	POBRE
8	04+350	26.16	491.35	4.47 %	POBRE
9	04+400	41.41	639.97	5.82 %	POBRE
10	04+450	32.79	311.87	2.84 %	INADECUADA
11	04+500	34.06	314.76	2.86 %	INADECUADA
12	04+550	32.79	389.83	3.54 %	POBRE
13	04+600	51.41	136.05	1.24 %	INADECUADA
14	04+650	31.39	577.08	5.25 %	POBRE
15	04+700	43.85	289.96	2.64 %	INADECUADA
16	04+750	34.31	227.56	2.07 %	INADECUADA
17	04+800	22.56	436.14	3.96 %	POBRE
18	04+850	36.67	355.09	3.23 %	POBRE
19	04+900	26.01	536.45	4.88 %	POBRE
20	04+950	33.68	448.53	4.08 %	POBRE
21	05+000	31.96	442.29	4.02 %	POBRE

Fuente: Elaboración Propia

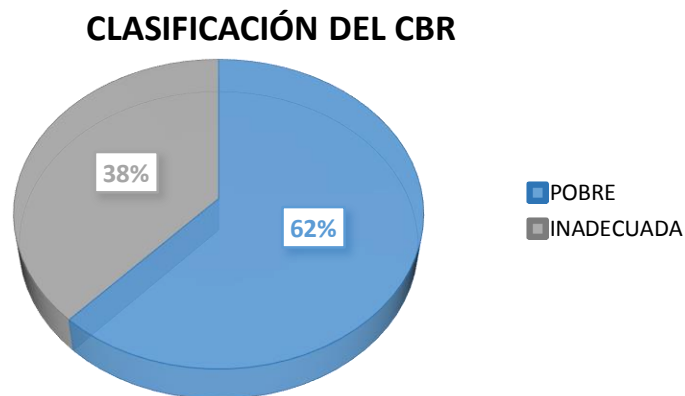
En la tabla anterior se presenta los valores de CBR obtenidos en relación al módulo de elasticidad seleccionado anteriormente, así determinando la clasificación de la subrasante según la MTC obteniendo que en los puntos 1, 2, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 17, 18, 19, 20 y 21 se le clasifica como una subrasante POBRE ya que sus valores de CBR están dentro del rango de 3% al 6%, con un nivel de intervención de tipo reconstrucción y mejoras al terreno de fundación; en cambio los puntos 3, 4, 5, 10, 11, 13, 15 y 16 se clasifican como una subrasante INADECUADA ya que sus valores del CBR son inferiores al 3%, que también la intervención recomendada es de tipo reconstrucción y mejoras al terreno de fundación.



**Figura 54.** "Diagrama de los valores del CBR de todos los puntos evaluados"

**Fuente:** Elaboración Propia

En el grafico anterior se presenta un esquema de los valores de CBR de la subrasante, donde se aprecia una variación del CBR en los puntos, esto se debe a las deflexiones máximas medidas en los puntos registrados en el pavimento; el pico superior del CBR es de 5.82%, teniendo una clasificación según la MTC de POBRE; y pico inferior es de 1.24%, teniendo una clasificación según la MTC de INADECUADA; ambos con una recomendación de reconstrucción y mejoramiento del terreno de fundación.



**Figura 55** "Grafica de los porcentajes de las clasificaciones según la MTC del CBR de la subrasante"

**Fuente:** Elaboración Propia



En la figura anterior, se observa la distribución de la clasificación del CBR según la MTC de los 21 puntos inspeccionados con la viga Benkelman, teniendo un 62% de la subrasante INADECUADA, y un 38% teniendo una subrasante POBRE.

El CBR del pavimento es el promedio de los valores de CBR de los puntos evaluados entonces:

$$CBR_{pavimento} = \frac{\sum CBR_{ptos\ evaluados}}{Numero\ de\ puntos}$$

$$CBR_{pavimento} = 3.54\%$$

Obteniendo un CBR del pavimento de 3.54% clasificado como una subrasante POBRE ya que está dentro del rango de 3% al 6% y con un nivel de intervención de tipo reconstrucción y mejoras al terreno de fundación.

#### 4.4. Deflexión característica

##### 4.4.1. Ejes equivalentes (ESAL) de la vía

Para la obtención del ESAL, se tuvo que hacer el registro diario de la cantidad de vehículos en el periodo de una semana completa es decir los días: lunes, martes, miércoles, jueves, viernes, sábado y domingo; de horas de 7:00am a 7:00pm

Considerando los siguientes datos necesarios para la determinación del ESAL.

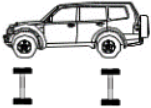
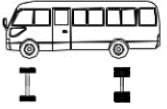
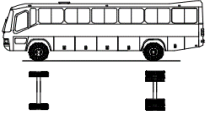



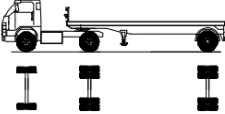
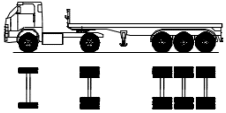
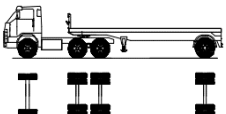
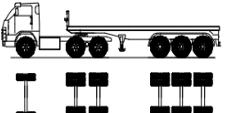
**Tabla 31.** "Datos necesarios para la determinación del ESAL"

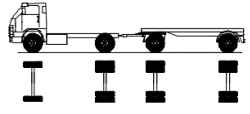
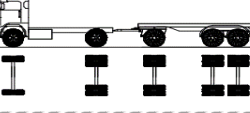
Datos necesarios	Valor
Tasa de crecimiento poblacional	2.00%
Tasa de crecimiento económico	2.00%
Periodo de diseño	15 años
Factor de dirección (FD)	0.50
Factor de carril (FC)	0.80

**Fuente:** Elaboración Propia

Con dichos datos, se obtuvo el ESAL de los distintos tipos de vehículos que circulan por la carretera Juliaca – Lampa, con una tasa de crecimiento poblacional y económico del 2.0% y un periodo de 15 años, y para el factor direccional y de carril, se considera 1 calzada, 2 sentidos, y 2 carriles, obteniendo así el factor de dirección de 0.5 y el factor de carril de 0.80.

**Tabla 32. "ESAL de cada vehículo con una proyección de 15 años"**

VAHICULO			ESAL
TIPO	GRÁFICO	IMDs	
VHL1		1968	3229
VHL2		13	2302
B2		5	54100
C2		134	1262328
C3		60	409137
C4		0.42857	0
T2S1		1	33224
T2S3		0.71429	0
T3S1		0.28571	0
T3S3		1	21812

C2R2		1	48414
C2R3		1	0

Fuente: Elaboración Propia

El ESAL total es la suma de los ESAL obtenidos por cada vehículo en particular

$$ESAL = \sum ESAL_{cada\ vehiculo}$$

Tenemos que el ESAL total es de;

$$ESAL = 1.83 \times 10^6$$

#### 4.4.2. Deflexión característica para el carril izquierdo

Teniendo las deflexiones corregidas se obtuvo el promedio y la desviación estándar del carril izquierdo

**Tabla 33.** "Deflexiones promedio del carril izquierdo"

N°	Progr.	Carril	D <sub>(MAX)</sub>
1	4+050	IZQ	43.35
2	4+150	IZQ	74.88
3	4+250	IZQ	74.88
4	4+350	IZQ	74.88
5	4+450	IZQ	98.52
6	4+550	IZQ	78.82
7	4+650	IZQ	55.17
8	4+750	IZQ	130.05
9	4+850	IZQ	78.82
10	4+950	IZQ	67.00

Fuente: Elaboración Propia

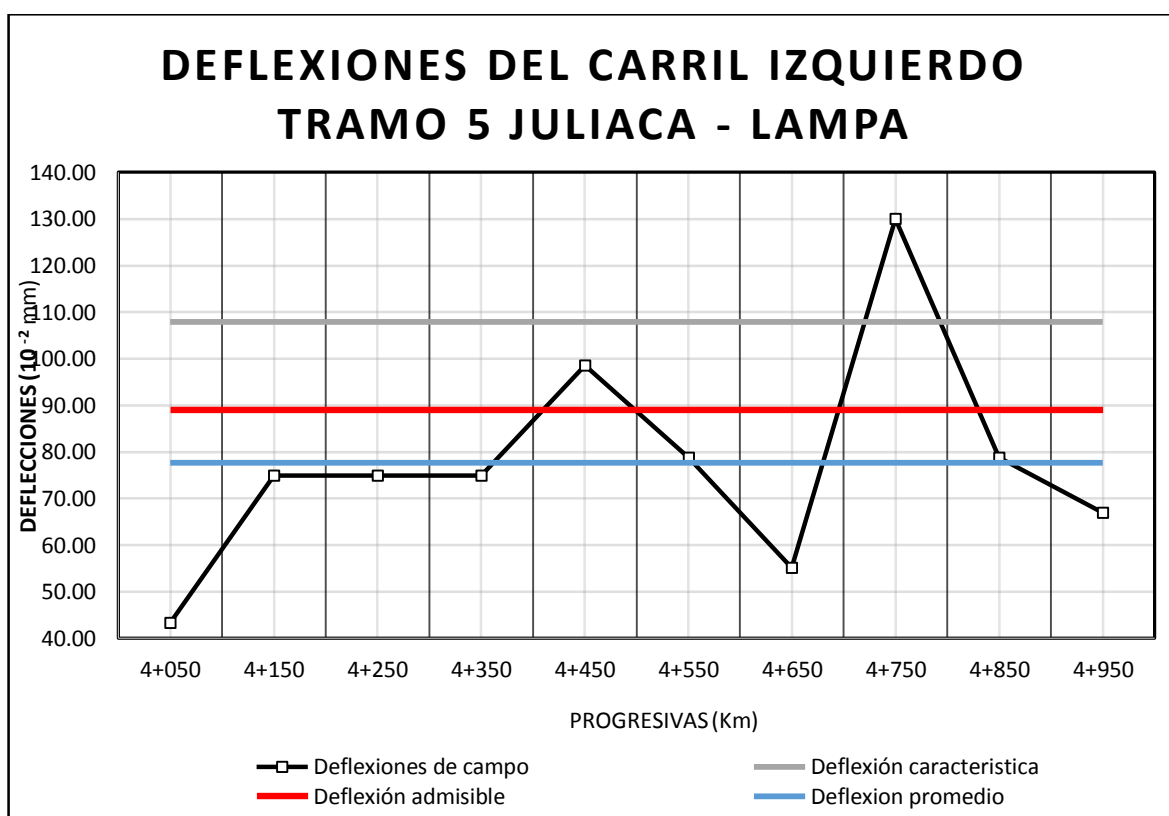
Donde se obtuvieron los resultados como:

**Tabla 34.** "Datos obtenidos de las deflexiones y el estudio de tránsito del carril izquierdo"

<b>Carril izquierdo</b>	
Deflexión promedio	$77.64 \times 10^2$ mm
Desviación estándar	23.58
Deflexión característica	$107.86 \times 10^2$ mm
Ejes equivalentes	$1.83 \times 10^6$
Confiabilidad	90%
Deflexión admisible	$88.98 \times 10^2$ mm

**Fuente:** Elaboración Propia

Donde se observa que la deflexión característica sobrepasa por mucho a la deflexión admisible para un periodo de 15 años, esto quiere decir que el pavimento sobrepasó las cargas soportadas de diseño en el carril izquierdo, sin un plan de mantenimiento hace que esta se deteriore aún más con el pasar del tiempo, lo que representa los valores calculados.



**Figura 56.** "Deflectograma del carril izquierdo"

**Fuente:** Elaboración Propia

#### 4.4.3. Deflexión característica para el carril derecho

Teniendo las deflexiones corregidas se obtuvo el promedio y la desviación estándar del carril derecho

**Tabla 35.** "Deflexiones promedio del carril derecho"

N°	Progr.	Carril	D <sub>(MAX)</sub>
1	04+000	DER	124.00
2	04+100	DER	124.00
3	04+200	DER	152.00
4	04+300	DER	120.00
5	04+400	DER	40.00
6	04+500	DER	96.00
7	04+600	DER	156.00
8	04+700	DER	84.00
9	04+800	DER	112.00
10	04+900	DER	80.00
11	05+000	DER	72.00

**Fuente:** Elaboración Propia

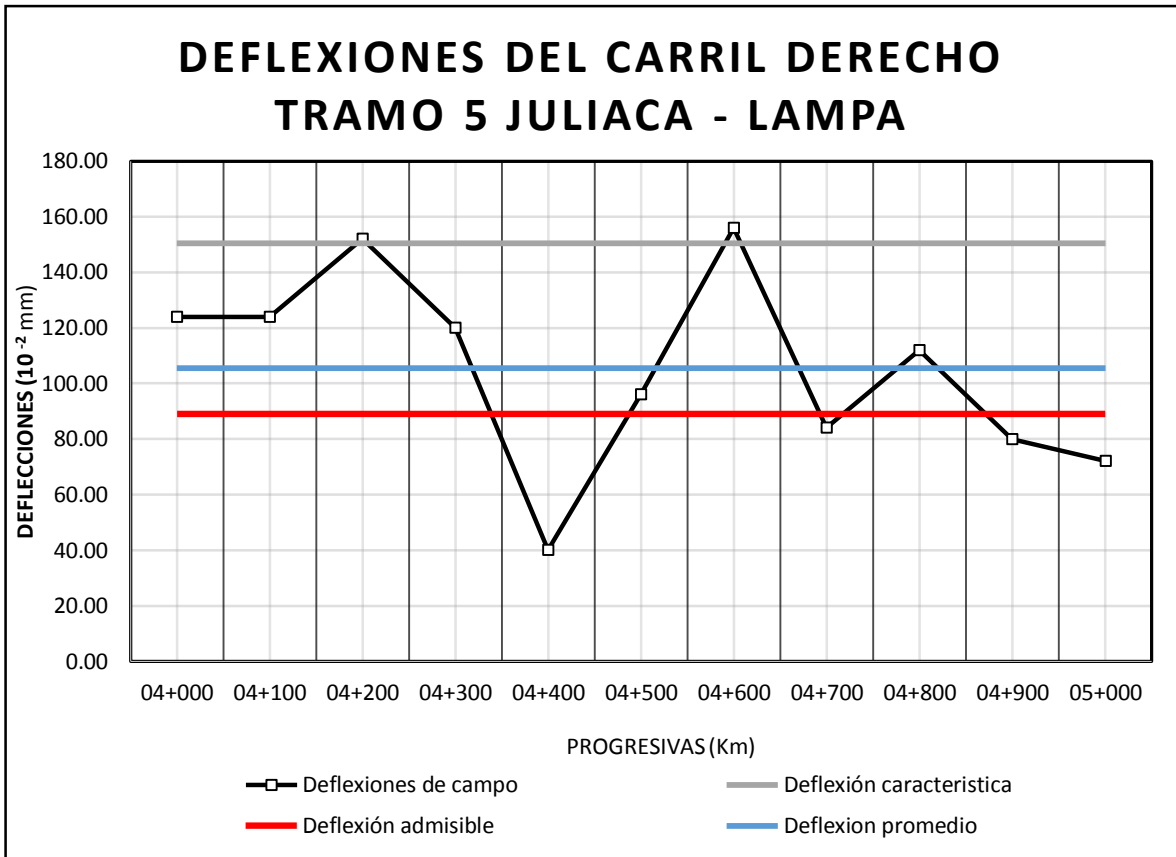
Donde se obtuvieron los resultados como:

**Tabla 36.** "Datos obtenidos de las deflexiones y el estudio de tránsito del carril derecho"

Carril derecho	
Deflexión promedio	$105.45 \times 10^2$ mm
Desviación estándar	35.02
Deflexión característica	$150.35 \times 10^2$ mm
Ejes equivalentes	$1.83 \times 10^6$
Confiabilidad	90%
Deflexión admisible	$88.98 \times 10^2$ mm

**Fuente:** Elaboración Propia

Donde se observa que la deflexión característica sobrepasa por mucho a la deflexión admisible para un periodo de 15 años, esto quiere decir que el pavimento sobrepasa las cargas soportadas de diseño en el carril derecho, sin un plan de mantenimiento hace que esta se deteriore aún más con el pasar del tiempo, lo que representa los valores calculados.



**Figura 57. "Deflectograma del carril derecho"**

**Fuente:** Elaboración Propia

## V. DISCUSIÓN

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad principal el de evaluar el estado del pavimento flexible tanto superficial como estructural de la vía Juliaca - Lampa; para lograr dicha finalidad se realizó las visitas a campo para definir los puntos y unidades de evaluación, con el fin de realizar el ensayo de la viga Benkelman y la correspondiente inspección visual del pavimento con la metodología PCI, de esta manera llegar a conocer el estado estructural y superficial de la vía.

En los resultados de este trabajo se pudo apreciar que, en la evaluación superficial, se llegó a un valor de PCI de 4.13 haciendo que esta tenga una clasificación de FALLADO, y también obteniendo un CBR de 3.54% de la subrasante, clasificándolo como un pavimento POBRE a nivel de subrasante del tramo 5 de la vía Juliaca – Lampa.

En la investigación de Ehlers Ventura Fernández (2019), encontró las fallas más comunes que son: piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, abultamiento y hundimiento, grietas de borde, grietas longitudinales y transversales, parches, parches, baches, grietas parabólicas en la avenida Lima del distrito de Comas, acorde en parte con nuestra investigación donde las fallas que más se presentan en el pavimento son: en gran medida la fisura tipo piel de cocodrilo, las grietas longitudinales y transversales, los baches o también denominados huecos, las fisuras de borde y los parches, en el tramo 5 de la carretera Juliaca – Lampa,

Existen investigaciones similares que como el de Elvis Paucar (2019) que en su estudio determinó el PCI de la avenida Floral, Puno; con un valor de 41.91, estando en una clasificación REGULAR; no acorde a nuestra investigación que el valor de PCI que se obtuvo en el tramo 5 de la vía Juliaca – Lampa, fue de 4.13 clasificándolo como FALLADO.

También Wilder Ramos (2015), encontró que la deflexión característica promedio es de 69.22mm/100 y esta no supera a la deflexión admisible de 127.5mm/100, donde se deduce que el pavimento está en condiciones aptas en la carretera Puno -Vilque - Mañazo; no acorde a nuestro estudio en donde la deflexión característica promedio es de 129.11mm/100 (  $D_C$  carril izquierdo es 107.86mm/100 y  $D_C$  en el

carril derecho es de 150.35mm/100) sobrepasando la deflexión admisible de 88.98mm/100 en el tramo 5 de la vía Juliaca – Lampa.

Igualmente, Jhordan Escobedo y Diego Herrera (2017) encontró que el 70,40% de tienen subrasantes fuertes (REGULAR o BUENA) y el 29,60% con subrasantes débiles (POBRE o MUY POBRE) en la carretera de circunvalación Panamericana norte desde el km 578 hasta el km 583; no acorde a nuestro estudio con un CBR de 3.54% de la vía (encontrando que el 38% tiene una subrasante INADECUADA y el 58% tiene una subrasante POBRE) en el tramo 5 de la vía Juliaca – Lampa.

Andrés De la Cruz y Edson Villanueva (2018), sugirieron un mantenimiento rutinario en la vía de la Avenida Nicolás de Piérola del Distrito de Trujillo; no acorde a nuestro trabajo de investigación que plantea un nivel de intervención de reconstrucción y mejoramiento de la capa subrasante del pavimento del tramo 5 de la vía Juliaca – Lampa.



## VI. CONCLUSIONES

- Los distintos tipos de fallas superficiales encontradas en las unidades de evaluación fueron en gran medida la fisura tipo piel de cocodrilo, las grietas longitudinales y transversales, los baches o también denominados huecos, las fisuras de borde y los parches, en el tramo 5 de la carretera Juliaca – Lampa.
- El estado del pavimento flexible de acuerdo a la clasificación del PCI es de 4.13 categorizándolo como un pavimento fallado, es decir muy deteriorado.
- La deflexión característica del pavimento del carril izquierdo es de 107.86mm/100 sobrepasando la deflexión permisible de 88.98mm/100 y en el del carril derecho, la deflexión característica es de 150.35mm/100 sobrepasando la deflexión permisible de 88.98mm/100; deduciendo que el pavimento ya sobrepaso su tiempo y/o cargas de diseño.
- La capacidad estructural a nivel de subrasante se obtuvo gracias al CBR de la subrasante con un valor de 3.54% clasificándolo según el MTC como una subrasante pobre del tramo 5 de la carretera Juliaca – Lampa.
- La acción a tomar en cuenta según la metodología PCI con un valor de 4.13, es la reconstrucción del pavimento, y según el CBR de la subrasante obtenido, con un valor de 3.54% es la reconstrucción y el mejoramiento del terreno de fundación; deduciendo así que la alternativa de intervención es la reconstrucción del pavimento flexible y el mejoramiento de la subrasante del tramo 5 de la carretera Juliaca – Lampa.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda inspeccionar todas las unidades de muestra para tener una mejor precisión para cuantificar el estado del pavimento flexible con la metodología PCI.
- El registro de las deflexiones con la viga Benkelman se recomienda realizarlo en meses secos, así evitar las lluvias ya que estas pueden influir en los resultados.
- Se recomienda realizar el IRI para también determinar si el pavimento presenta deficiencias estructurales y complementar la evaluación funcional de la carretera Juliaca – Lampa.
- Se recomienda una reconstrucción total del tramo 5 con un nuevo diseño de pavimentos, ya que dicho pavimento se encuentra en estado de falla.
- Se recomienda el estudio superficial y estructural total de la carretera Juliaca – Lampa, para obtener resultados más completos y verificar los tramos que necesiten una reconstrucción o un mantenimiento.

## REFERENCIAS

- A Correction Model for the Continuous Deflection Measurement of Pavements Under Dynamic Loads.* **Jianghai , Liao, y otros. 2019.** 1, Wuhan - China : IEEE Access, 2019, Vol. 7. 2169-3536.
- A modified pavement condition rating index for flexible pavement evaluation in Egypt.* **Ibrahim, F., Badaw, S. y Elbeltagi, E. 2020.** 55, Mansoura - Egipto : Springer Link, 2020, Vol. 5.
- Análisis comparativo de metodologías de evaluación de pavimentos mediante IGG y PCI.* **Alves, Suyanne, y otros. 2016.** 3, Fortaleza - Brasil : Conexões - Ciência e Tecnologia, 2016, Vol. 10. 2176-0144.
- Assessment of pavement condition index: a case of flexible road pavements on the university of agriculture Makurdi Campus.* **Adeke, P. T., Atoo, A. A. y Orga, S. G. 2019.** 1, Nsukka - Nigeria : Nigerian Journal of Technology, 2019, Vol. 38. 2467-8821.
- Avaliação superficial de pavimentos asfálticos em vias urbanas utilizando o método do PCI.* **Aps, Marcia, Tadeu, Jose y Arantes, Andrea. 1998.** 1, São Paulo - Brasil : Universidade de São Paulo, 1998, Vol. 31.
- Azaña, David y Gonzales, Michael. 2019.** *Evaluación estructural del pavimento asfáltico en la carretera Huaraz Casma, Km 132+000 al 137+000, utilizando la viga Benkelman, Huaraz 2018.* Huaraz : Universidad Cesar Vallejo, 2019.
- Balarezo, Javier. 2017.** *Evaluación estructural usando viga Benkelman aplicada a un pavimento.* Piura : Universidad de Piura, 2017.
- Bardasano Gonzales, Ricardo. 2014.** *Paveing - el asombroso mundo de la ingeniería de pavimentos.* [En línea] GoogleBlogs, 24 de Enero de 2014. [Citado el: 27 de 02 de 2021.] <http://paveing.blogspot.com/2014/01/algunas-observaciones-sobre-la.html>.
- Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles en aeropuertos para Cuba.* **Valdes Martinez, Lilibet y Alonso Aenlle, Anadelys. 2017.** 2, Habana - Cuba : CUJAE, 2017, Vol. 11. 1990-8830.
- Chavez, Nataly y Reyes , Joseph. 2019.** *Desarrollo de un sistema de vision computacional para la identificacion de falas superficiales en pavimento flexible en la ciudad de Trujillo.* Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2019.
- Comparative studies of lightweight deflectometer and Benkelman beam deflectometer in low volume roads.* **Deol Guzzarlapudi, Sunny y Kumar, Rakesh. 2016.** 5, Surat - India : Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2016, Vol. 3.
- Concept Paper: Developing Pavement Structural Deterioration Curves .* **Kelly, Gregory, y otros. 2015.** 1, Brisbane - Australia : David Publishing, 2015, Vol. 12. 1934-7359.
- Data Analytics in Asset Management: Cost-Effective Prediction of the Pavement Condition Index.* **Piroyonesi, Madeh y El Diraby, Tamer. 2020.** 1, Toronto - Canada : American Society of Civil Engineers, 2020, Vol. 26.

- De la Cruz, Andres y Villanueva, Edson. 2018.** *Evaluación superficial del pavimento flexible de la av. Nicolás de Piérola entre el ovalo mansiche y el ovalo mochica mediante la metodología PCI en Trujillo.* Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2018.
- Deep Machine Learning Approach to Develop a New Asphalt Pavement Condition Index.*  
**Majidifard, Hamed, Adu, Yaw y Buttlar, William. 2020.** 1, Columbia - EEUU : Universidad de Missouri, 2020, Vol. 247.
- Development of Sidewalk Block Pavement Condition Index (SBPCI) using Analytical Hierarchy Process.* **Kim, Jangrak, y otros. 2019.** 24, Gyeonggi - Korea : MDPI, 2019, Vol. 11.
- Donett, Cesar. 2020.** *Calidad del pavimento flexible y su relación con el nivel de transitabilidad de las calles de Trujillo.* Trujillo : Universidad Cesar Vallejo, 2020.
- Escobedo Rubio, Jhordan Brayan y Herrera Aguilar, Diego Alonso. 2017.** *Evaluación de las deflexiones de la vía de evitamiento Panamericana Norte km 578 al km 583, utilizando la viga de Benkelman.* Trujillo : Universidad Privada Antenor Orrego, 2017.
- Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí.* **Baque Solis, Byron Simon. 2020.** 2, Manabí - Ecuador : Dominio de las ciencias, 2020, Vol. 6. 2477-8818.
- Evaluación y mantenimiento del índice de condición del pavimento de carreteras (PCI): un estudio de caso de Yemen.* **Karim, Fareed, Haleem Rubasi, Khaled Abdul y Abdo Saleh, Ali. 2017.** 1, Yemen - República Árabe : SCIENDO, 2017, Vol. 8. 1847-6228.
- Evolution of the Deflection According to Truck Overloading—Comparison between Benkelman Beam Method and FEM of Lateritic Pavements.* **Fatou, Samb, y otros. 2018.** 4, Senegal : Scientific Research Publishing, 2018, Vol. 8. 2164-3172.
- Examining the relationship between two road performance indicators: Pavement condition index and international roughness index.* **Madet Piryonesi, S. y Diraby, Tamer. 2021.** 1, Toronto - Canadá : Transportation Geotechnics, 2021, Vol. 26. 2214-3912.
- Field and Numerical Evaluation of Traffic Speed Surface Deflection Measurements to Estimate Load-induced Fatigue Response.* **Nasimilar, M., y otros. 2017.** 5, Nevada - EEUU : Journal of Testing and Evaluation, 2017, Vol. 45. 0090-3973.
- García, Emily y Elisa, Rivas. 2019.** *Evaluación superficial del pavimento flexible mediante el método del PCI en la carretera industrial Conache, provincia de Trujillo, La Libertad 2019.* Trujillo : Universidad Privada Antenor Orrego, 2019.
- Gestión del mantenimiento del pavimento de las aceras: un estudio de caso para aumentar la seguridad de los peatones.* **Vittoria Corazza, Maria, Di Mascio, Paola y Moretti, Laura. 2016.** 3, Roma - Italia : Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2016, Vol. 3.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto. 2019.** *Metodología de la investigación.* Mexico : McGRAW-HILL, 2019.
- Implementation of Deep Neural Networks for Pavement Condition Index Prediction.* **Sirhan, M., Bekhor, S. y Sidess, A., 2020.** 3, Tokyo - Japon : International Conference on Pavement Engineering and Design, 2020, Vol. 14. 0000000091950263.

- La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica.* **Vargas , Zoila Rosa. 2009.** 1, Montes de Oca - Costa Rica : Revista Educacion, 2009, Vol. 33. 0379-7082.
- Macedo, Elias. 2017.** *Evaluación del Pavimento Flexible en las Intersecciones Viales de la Av. José Carlos Mariátegui por el Método PCI, Distrito de El Agustino, Lima, 2017.* Lima - Peru : Universidad Cesar Vallejo, 2017.
- Mallma Jimenez, Jose Luis. 2018.** *Evaluación de la carpeta asfáltica del pavimento flexible aplicando el método Índice de Condición del Pavimento.* Huancayo : Universidad Peruana los Andes, 2018.
- Mendoza, Frany y Vasquez, Robert. 2020.** *Diagnóstico superficial del pavimento rígido utilizando el método PCI, en las calles del distrito de Huamachuco - Sánchez Carrión - La Libertad.* Trujillo : Universidad Cesar Vallejo, 2020.
- Metodología de análisis de la condición del pavimento a partir del cuenco de deflexión.* **Andrade Neta, Carlos, Machado Lopez, Ivan y Rufino, Jorge. 2015.** 29, Angola - Cuba : LanammeUCR, 2015, Vol. 17. 2215-3705 .
- . **Andrade Neto, Carlos, Machado Lopez, Ivan y Rufino, Jorge. 2015.** 29, San Jose - Costa Rica : Universidad de Costa Rica, 2015, Vol. 17. 2215-3705.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2016.** *Manual de Ensayo de Materiales .* Lima : MTC, 2016.
- Muñoz, Edgard Ramiro. 2014.** *EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE A NIVEL DE CARPETA ASFÁLTICA DURANTE EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA PERICOS - SAN IGNACIO.* Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca, 2014.
- Overlay Design of Flexible Pavements Using Benkelman Beam Deflection Method—A Case Study.* **Prabhu, Aswini, y otros. 2020.** 1, Hosmar - India : Springer Nature Singapore, 2020, Springer, Vol. 99. 978-981-15-6828-2.
- Paucar, Elvis Franklin. 2019.** *Evaluación de pavimentos flexibles y rígidos aplicando las metodologías de inspección visual de zonas y rutas en riesgo e índice de condición del pavimento para el mantenimiento vial, caso de la Av. Floral y Jr. Carabaya, Puno.* Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2019.
- Prediction of In-Service Pavement Structural Capacity Based on Traffic-Speed Deflection Measurements.* **Elbagalati, Omar, y otros. 2016.** 11, Luisiana - EEUU : ASCE Library, 2016, Vol. 142.
- Ramos, Wilder. 2015.** *Evaluación del estado del pavimento por deflectometría e índice de rugosidad internacional de la carretera: Puno – Vilque – Mañazo - 4km críticos - 2015.* Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2015.
- Relación de la velocidad de operación con la capacidad de servicio del pavimento a partir del índice de condición del pavimento. Caso de estudio: Barranquilla, Colombia.* **Figueroa, Miguel, Mora, Otto y Borrero, Dieguo. 2020.** 37, Barranquilla- Colombia : Indian Journal of Science and Technology, 2020, Vol. 13.

- Sanchez, Jenny. 2017.** *EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO DE LA AV. RAMÓN CASTILLA, CHULUCANAS, MEDIANTE EL MÉTODO PCI*. Piura : Universidad de Piura, 2017.
- Suclupe, Martha. 2020.** *Aplicación de Métodos UAV Y VIZIR en la evaluación del estado superficial del pavimento flexible – Avenida Próceres de Huandoy - Los Olivos, 2019*. Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2020.
- The Most Effective Index for Pavement Management of Urban Major Roads at a Network Level.*  
**Mubarak, Muhammad y Sallam, Hossan. 2020.** 1, s.l. : Arabian Journal for Science and Engineering, 2020, Vol. 1. 2214-3912.
- Un procedimiento específico para la identificación y evaluación de problemas para superficies de carreteras urbanas basado en PCI.* **Simone, Andrea y Lantieri, Claudio. 2017.** 5, Roma - Italia : MDPI, 2017, Vol. 7. 2079-6412.
- Un sistema de gestión de pavimentos basado en nuevas tecnologías para países en vía de desarrollo.* **Marcea Mercado, Luis Fernando, Morales, Luis y Marquez Diaz, Luis Gabriel. 2016.** 2, Cartagena - Colombia : Ingeniería Investigación y Tecnología, 2016, Vol. 17.
- validação subjetiva da condição de pavimentos flexíveis com uso de uma escala visual: uma análise dos erros sistemáticos.* **Soares Folco, Joao Paulo, y otros. 2020.** 1, Parana - Brasil : Universidad Estatal de Londrina, 2020, Vol. 6. 2447-7028.
- Vásquez Varela, Luis Ricardo. 2002.** *PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS*. Ingeniería de Pavimentos. Manizales : ingepav, 2002.
- Vasquez, Luis Ricardo. 2002.** *PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS*. Manizales - Colombia : ingepav, 2002.
- Ventura Fernandez, Ehlers Zhamild. 2019.** *Aplicación del índice de condición del pavimento en la evaluación superficial del pavimento flexible, Av. Lima, Comas, 2019*. Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2019.

**ANEXOS**

**ANEXO N° 01:** Operacionalización de variables

**“Evaluación superficial del estado del pavimento flexible y verificación de tramos con fallas estructurales mediante Deflectometría, vía Juliaca – Lampa – Puno”**

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
<b>Evaluación superficial (Método PCI)</b>	Consiste en la inspección visual del pavimento de manera superficial observando los tipos de fallas con sus respectivos niveles de severidad, haciendo registros de sus medidas para poder obtener el índice de la condición del pavimento (Vasquez, 2002 pág. 2)	Se efectuará considerando las dimensiones y los indicadores mostrados midiéndose con respecto de la escala de la razón	Tipos de fallas	Piel de cocodrilo	Ficha de recolección de datos o ficha de evaluación	Razón
				Exudación		
				Fisura en bloque		
				Abultamiento y hundimiento		
				Corrugación		
				Depresión		
				Fisura de borde		
				Fisura de reflexión de junta		
				Desnivel carril / berma		
				Fisuras longitudinal y transversal		
				Parches de cortes utilitarios		
				Pulimento de agregados		
				Baches		
				Cruce de vía férrea		
			Ahuellamiento			
			Desplazamiento			
			Grieta parabólica			
Hinchamiento						
Desprendimiento de agregados						
Nivel de severidad	Leve					
	Moderado					
	Grave					
Extensión de las fallas	Dimensiones					
Condición del pavimento	Medida de clasificación					
<b>Evaluación estructural (Deflectometría)</b>	Permite determinar la capacidad del pavimento actual para soportar las solicitaciones de diseño, a través de ensayos no destructivos donde se pueden obtener las mediciones de deflexión de los pavimentos (Muñoz, 2014 pág. 33)	Se efectuará considerando las dimensiones y los indicadores mostrados midiéndose con respecto de la escala de la razón	Deformación del pavimento	Carga	Viga Benkelman, ensayo de deflectometría.	Razón
				Tiempo de recuperación		
				Temperatura del pavimento		
			Resistencia del pavimento	Deflexión característica	Ficha de evaluación	
<b>Estado del pavimento</b>	Es la situación en que se encuentra el pavimento, en donde se puede cuantificar en relación a las distintas metodologías de evaluación de pavimentos (Sanchez, 2017 pág. 47)	Se efectuará considerando las dimensiones y los indicadores mostrados midiéndose con respecto de la escala de la razón	Condición del pavimento	Superficial	Medida de clasificación	Razón
				Estructural		

Fuente: Elaboración propia

Matriz de Consistencia

“Evaluación superficial del estado del pavimento flexible y verificación de tramos con fallas estructurales mediante Deflectometría, vía Juliaca – Lampa – Puno”

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Dimensiones	Metodología
¿Cuál es el estado tanto superficial como estructural del pavimento flexible de la vía Juliaca - Lampa?	Evaluar el estado del pavimento flexible tanto superficial como estructural de la vía Juliaca - Lampa	El estado del pavimento flexible tanto superficial como estructural de la vía Juliaca - Lampa, será regular con una clasificación de PCI de 45, y una deflexión de 40mm/100, para realizar el mantenimiento correctivo.			
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos			
¿Qué tipos fallas superficiales se presentan en el pavimento flexible de la vía Juliaca - Lampa?	Identificar los diferentes tipos de fallas superficiales que presenta el pavimento flexible de la vía Juliaca - Lampa.	Los diferentes tipos de fallas superficiales que presenta el pavimento flexible de la vía Juliaca - Lampa, serán: fisuras longitudinales, parches, hundimientos, desprendimiento de agregados.			
¿Cuál es el estado del pavimento flexible según la metodología PCI en la vía Juliaca - Lampa?	Determinar el estado del pavimento flexible según la metodología PCI en la vía Juliaca - Lampa.	El estado del pavimento flexible según la metodología PCI en la vía Juliaca – Lampa, será de 45 respecto al rango PCI siendo esta una vía regular.	<b>Independiente</b> Índice de condición Superficial (Método del PCI)		
¿Cuál es la deflexión característica del pavimento flexible de la vía Juliaca - Lampa?	Determinar la deflexión característica del pavimento flexible en la vía Juliaca - Lampa.	La deflexión característica del pavimento flexible en la vía Juliaca – Lampa, la deflexión característica será de 40 mm/100.	<b>Independiente</b> Evaluación estructural (Deflectometría)	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tipo de fallas</li> <li>➤ Nivel de severidad</li> <li>➤ Extensión de las fallas</li> <li>➤ Condición del pavimento</li> </ul>	<p><b>Enfoque</b> Mixto</p> <p><b>Diseño de investigación</b> No Experimental</p> <p><b>Nivel de Investigación</b> Descriptivo – Aplicativo</p> <p><b>Tipo de Investigación</b> Investigación Aplicada</p> <p><b>Población</b> Carretera Juliaca – Lampa</p> <p><b>Muestra</b> Tramo 5 de la vía Juliaca Lampa (km 4+000 – km 5+000) Por criterio de los investigadores</p> <p><b>Técnica</b> Evaluación superficial Ensayo de deflectometría Recolección de datos Análisis de datos Interpretación de resultados</p> <p><b>Instrumentos</b> Guía de inspección visual Viga Benkelman Fichas de recolección de datos Software de análisis de datos.</p>
¿Cómo es la capacidad estructural del a nivel de subrasante del pavimento flexible de la vía Juliaca - Lampa?	Determinar la capacidad estructural a nivel de subrasante del pavimento flexible de la vía Juliaca - Lampa.	La capacidad estructural a nivel de subrasante del pavimento flexible de la vía Juliaca – Lampa, será del 10%, estando es estado regular.	<b>Dependiente</b> Estado del pavimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Deformación del pavimento</li> <li>➤ Resistencia del pavimento</li> </ul>	
¿Qué alternativa de intervención es más eficiente para el pavimento flexible de la vía Juliaca - Lampa?	Proponer una alternativa de intervención de forma eficiente para el pavimento de la vía Juliaca - Lampa.	La alternativa de intervención de forma eficiente para el pavimento flexible de la vía Juliaca – Lampa, será de un mantenimiento correctivo.		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Condición del pavimento</li> </ul>	

Fuente: Elaboración propia




**ANEXO N° 02:** instrumentos de recolección de datos

**Validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos**


**DATOS RECOLECTADOS DE CAMPO**

**1.- Ficha para la evaluación superficial de pavimentos**

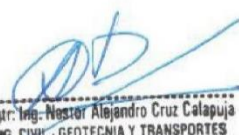
EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO DEL TRAMO 5 DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA						ESQUEMA:
ZONA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO		
<input type="text" value="Car. Juliaca - Lampa"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
CODIGO VÍA		ABSCISA FINAL		AREA DE MUESTREO		
<input type="text" value="Tramo 5 (Km4 al Km6)"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>		
INSPECCIONADA POR:				FECHA		
<input type="text" value="Henry Ccama, Kennedy Turpo"/>				<input type="text"/>		
No.	Daño	No.	Daño			
1	Piel de cocodrilo	11	Parches			
2	Exudacion	12	Pulimiento de agregados			
3	Fisura en bloque	13	Baches (huecos)			
4	Abultamientos y hundimientos	14	Cruce de via ferrea			
5	Corrugación	15	Ahuellamiento			
6	Depresion	16	Desplazamiento			
7	Fisura de borde	17	Grieta parabolica			
8	Fisura de reflexion de junta	18	Hinchamiento			
9	Desnivel carril/berma	19	Desprendimiento de agregados			
10	Fisuras longitudinal y transversa					
DAÑO	SEVERIDAD	X	Y	LONGITUD	ANCHO	



**Dr. Efrain Parillo Sosa**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.I.P. N° 93531



**Ali Americo Jacho Quea**  
MAESTRO EN INGENIERIA CIVIL  
MENCIÓN EN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES  
C.I.P. 216197



**Mgtr. Ing. Nestor Alejandro Cruz Calapuja**  
ING CIVIL - GEOTECNIA Y TRANSPORTES  
COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU REG. N° 119487

**EVALUACION ESTRUCTURAL DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO 5 (KM 4+000 AL KM 5+000) DE LA VIA JULIACA - LAMPA, PUNO**

PROYECTO : EVALUACION SUPERFICIAL DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y VERIFICACION DE TRAMOS CON FALLAS ESTRUCTURALES  
 EVALUADORES : MEDIANTE DEFLECTOMETRIA, VIA JULIACA - LAMPA - PUNO  
 : BACH: KENNEDY YASMINK TURPO ARAPA  
 : BACH: HENRY GUIDO CCAMA QUIISPE  
 UBICACION : SALIDA LAMPA TRAMO 5 (KM 4+000 AL KM 5+000) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PUNO

FECHA DE SOLICITUD : \_\_\_\_\_  
 FECHA DE EJECUCION : \_\_\_\_\_  
 Medida de Polisorción de la subbase: \_\_\_\_\_

N°	Deflexiones de Campo (mm)						Temperatura	Deflexiones de Correídas por Temperatura (mm)						PARA R = 25 cm					
	PROGRESIVAS	CARRIL	D <sub>max</sub>	D <sub>0.25</sub>	D <sub>0.50</sub>	D <sub>0.75</sub>		D <sub>max</sub>	D <sub>0.25</sub>	D <sub>0.50</sub>	D <sub>0.75</sub>	D <sub>0.25</sub>	D <sub>0.50</sub>	D <sub>0.75</sub>	R escogido	t <sub>50</sub>	L <sub>0</sub>	S <sub>d</sub> /S	E <sub>mg</sub>
Promedios																			

**RADIO DE HUELLA**

Radio de la huella (A)  $A = \sqrt{\frac{P}{17p}}$

DATOS


Carga sobre una llanta (P) \_\_\_\_\_ Libras

Carga por ensayo \_\_\_\_\_ kg

Presion de inflado (p) \_\_\_\_\_ psi

Radio de la huella (A) \_\_\_\_\_ pulg

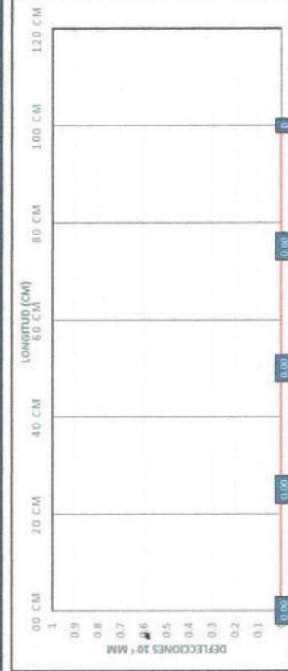
Radio de la huella (A) \_\_\_\_\_ cm

  
**Alejandro Jacho Quea**  
 INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL  
 MEMBRO EN INGENIERIA Y TRANSPORTES  
 C.I.P. 216197

















  
**Efraim Reñillo Sosa**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. C.I.P. N° 95531

  
**Asesor Alejandro Cruz Calagujia**  
 INGENIERO EN INGENIERIA Y TRANSPORTES  
 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU REG. N° 119487

**CURVA DE DEFLECCIONES PROMEDIO DEL CARRIL DERECHO**



## AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA VIA		ESTACION															
SENTIDO	UBICACIÓN	CODIGO DE LA ESTACION	DIA Y FECHA														
ENTRADA	SALIDA																
E	S																
HORA	SENTI DO	AUTO	CAMIONETAS		BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				
DIAGRA. VEH.		PICK UP	RURAL Combi	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4E	2B1/2B2	2B3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
07:00	E																
08:00	S																
08:00	E																
08:00	S																
09:00	E																
10:00	S																
10:00	E																
11:00	S																
11:00	E																
12:00	S																
12:00	E																
13:00	S																
13:00	E																
14:00	S																
14:00	E																
15:00	S																
15:00	E																
16:00	S																
16:00	E																
17:00	S																
17:00	E																
18:00	S																
18:00	E																
19:00	S																
19:00	E																
<b>TOTAL</b>																	
E																	
S																	

  
**Mtro. Ing. Nestor Alejandro Cruz Calapuja**  
 INGENIERO CIVIL - GEOTECNIA Y TRANSPORTES  
 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU REG. N° 19487

  
**Alvaro Jacio Quea**  
 MAESTRO EN INGENIERIA CIVIL  
 INGENIERO GEOTECNIA Y TRANSPORTES  
 CIP. 216197

  
**Dr. Erwin Patino Sober**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 95531



INFORME DE ENSAYO

**ANÁLISIS DEFLECTOMÉTRICA - VIGA BENKELMAN**  
(ASTM D-4695 ; MTC E-1002)

CODIGO INFORME  
**GCT - ED - 017**

pagina 1 - 2

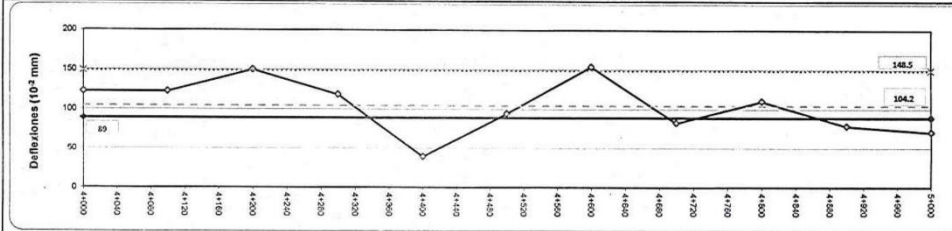
PROYECTO : "EVALUACION SUPERFICIAL DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y VERIFICACION DE TRAMOS CON FALLAS ESTRUCTURALES MEDIANTE DEFLECTOMETRIA, VÍA JULIACA - LAMPA - PUNO"  
SOLICITANTE : BACH. KENNEDY YASMINK TURPO ARAPA - BACH. HENRY GUIDO CCAMA QUISPE F. SOLICITUD : 29/01/2021  
UBICACIÓN : CARRETERA JULIACA - LAMPA TRAMO KM 4+000 AL KM 5+000, JULIACA - SAN ROMAN - PUNO F. EJECUCIÓN: 30/01/2021

ESTRUCTURA	: PAVIMENTO FLEXIBLE	ESAL	: 183E+06	D adm	: 89.0
CARRIL	: DERECHO	CARGA POR EJE	: 8.2 Tn	RELACION DE BRAZOS	: 4:1
PROGRESIVA	: KM: 4+050 AL 4+950	CARGA POR ENSAYO	: 4100Kg	UNIDAD DE LECTURA	: 10 <sup>-3</sup> mm
ESPESOR PAV.	: 5.00 cm	PRESIÓN DEL INFLADO	: 80 PSI	FACTOR ESTACIONALIDAD	: 1.0

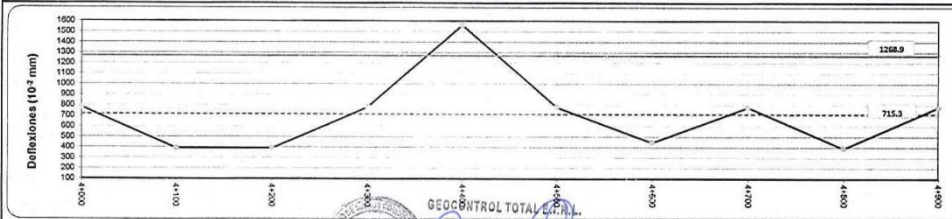
Nº	Progr. (km)	Lado	Deflexiones en Campo					Temp. Amb. °C				Deflexiones Reales sin Corregir				Deflexiones Corr. (0.01 mm.)				RC (m)	COMPORTAMIENTO DE AFIRMADO
			D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>	D <sub>Máx</sub>	Amb. °C	pasv. °C	D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>				
1	4+000	DER.	100	99	94	88	69	17	23	124	120	100	76	122	118	99	75	781	NO CUMPLE		
2	4+100	DER.	100	98	91	87	69	17	23	124	116	88	72	122	114	87	71	391	NO CUMPLE		
3	4+200	DER.	100	98	93	89	62	17	23	152	144	124	108	150	142	122	106	391	NO CUMPLE		
4	4+300	DER.	100	99	95	90	70	17	22	120	116	100	80	119	115	99	79	781	NO CUMPLE		
5	4+400	DER.	100	99.5	99	95	90	17	22	40	38	36	20	40	38	36	20	1563	SI CUMPLE		
6	4+500	DER.	100	99	95	86	76	17	22	95	92	76	40	95	91	75	40	781	NO CUMPLE		
7	4+600	DER.	100	98	91	84	61	17	22	156	148	120	92	154	147	119	91	446	NO CUMPLE		
8	4+700	DER.	100	99	96	90	79	17	22	84	80	68	44	83	79	67	44	781	SI CUMPLE		
9	4+800	DER.	100	98	93	90	72	17	22	112	104	84	72	111	103	83	71	391	NO CUMPLE		
10	4+900	DER.	100	99	98	94	80	17	22	80	76	72	56	79	75	71	55	781	SI CUMPLE		
11	5+000	DER.	100	99	95	89	82	17	22	72	68	52	28	71	67	51	28	781	SI CUMPLE		
Promedio			98.7	94.5	89.3	73.6								104.2	99.0	82.7	61.8	715.3			
Deflexión Característica			99.6	98.7	94.5	88.0								148.5	153.0	126.2	106.2	1268.9			
Desv. Estándar			0.6	2.5	3.2	8.8								34.5	32.8	26.5	27.0	336.5			
Coef. Variación			0.6	2.7	3.6	11.9								33.1	33.1	32.0	43.7	47.0			
Máximo			99.5	99.0	95.0	90.0								154.5	146.5	122.2	106.4	1562.5			
Mínimo			98.0	91.0	84.0	61.0								39.6	37.6	35.6	19.8	390.6			

Número de Ejes Equivalentes  
Deflexión Admisible - Convevial  
 $N = ((1.15 / D_0) \wedge 0.25) * 100$   
Radio de curvatura - Según MTC  
 $R_c = 3125 / (D_0 - D_{25})$

DEFLECTOGRAMA



RADIO DE CURVATURA



\* Los puntos a ensayar fueron indicados por el solicitante.

**GeoCONTROL TOTAL E.I.R.L.**  
RESERVACIONES  
Ing. José María Quispe Quispe  
CIP 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
Esta terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671588  
Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
www.geocontroltotal.com

009890

INFORME DE ENSAYO  
**ANÁLISIS DEFLECTOMÉTRICA - VIGA BENKELMAN**  
 (ASTM D-4695 ; MTC E-1002)

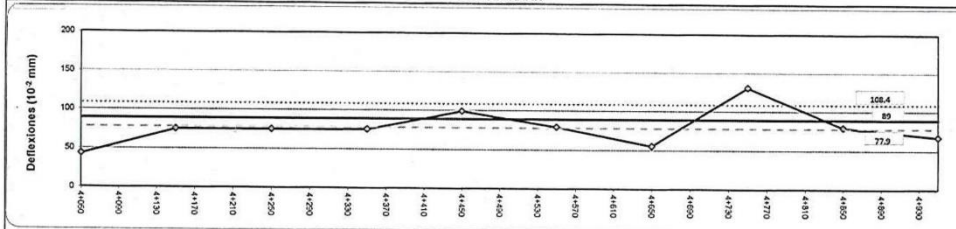
CODIGO INFORME  
**GCT - ED - 017**  
 página 2 - 2

PROYECTO : \*EVALUACION SUPERFICIAL DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y VERIFICACION DE TRAMOS CON FALLAS ESTRUCTURALES MEDIANTE DEFLECTOMETRIA, VÍA JULIACA - LAMPA - PUNO\*  
 SOLICITANTE : BACH. KENNEDY YASMINK TURPO ARAPA - BACH. HENRY GUIDO CCAMA QUISPE F. SOLICITUD : 29/01/2021  
 UBICACIÓN : CARRETERA JULIACA - LAMPA TRAMO KM 4+000 AL KM 5+000, JULIACA - SAN ROMAN - PUNO F. EJECUCIÓN: 30/01/2021

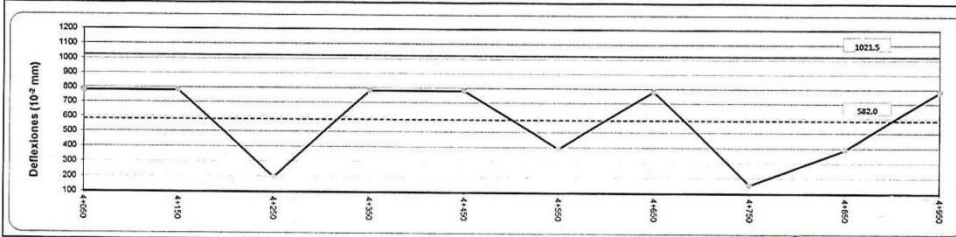
ESTRUCTURA	: PAVIMENTO FLEXIBLE	ESAL	: 1.83E+06	D adm	: 89.0
CARRIL	: IZQUIERDO	CARGA POR EJE	: 8.2 Tn	RELACION DE BRAZOS	: 4:1
PROGRESIVA	: KM. 4+050 AL 4+950	CARGA POR ENSAYO	: 4*100Kg	UNIDAD DE LECTURA	: 10 <sup>-2</sup> mm
ESPESOR PAV.	: 5.00 cm	PRESION DEL INFLADO	: 80 PSI	FACTOR ESTACIONALIDAD	: 1.0

Nº	Progr. (km)	Lado	Deflexiones en Campo					Temp. Amb. °C	temp. pav. °C	Deflexiones Reales sin Corregir				Deflexiones Corr. (0.01 mm.)				RC (m)	COMPORTAMIENTO DE AFIRMADO
			D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>	D <sub>100</sub>			D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>		
1	4+050	IZO	100	99	98	95	89	17	23	44	40	36	24	43	39	35	24	781	SI CUMPLE
2	4+150	IZO	100	99	95	91	81	17	23	76	72	56	40	75	71	55	39	781	SI CUMPLE
3	4+250	IZO	100	96	91	87	81	17	23	76	60	40	24	75	59	39	24	195	SI CUMPLE
4	4+350	IZO	100	99	95	92	81	17	22	76	72	56	44	75	71	55	44	781	SI CUMPLE
5	4+450	IZO	100	99	93	85	75	17	22	100	96	72	40	99	95	71	40	781	NO CUMPLE
6	4+550	IZO	100	98	95	88	80	17	22	80	72	60	32	79	71	59	32	391	SI CUMPLE
7	4+650	IZO	100	99	94	91	86	17	22	56	52	32	20	55	51	32	20	781	SI CUMPLE
8	4+750	IZO	100	95	87	80	67	17	22	132	112	80	52	131	111	79	51	156	NO CUMPLE
9	4+850	IZO	100	98	94	89	80	17	22	80	72	56	36	79	71	55	36	391	SI CUMPLE
10	4+950	IZO	100	99	95	90	83	17	22	68	64	48	28	67	63	48	28	781	SI CUMPLE
Promedio			98.1	93.7	88.8	80.3								77.9	70.4	53.0	33.6	582.0	
Deflexión Característica			100.5	98.5	95.6	90.1								108.4	104.0	77.9	50.3	1021.5	
Desv. Estándar			1.4	2.9	4.2	6.0								23.7	20.4	15.1	10.1	267.1	
Coef. Variación			1.5	3.1	4.7	7.5								30.5	29.0	28.5	30.1	45.9	
Máximo			99.0	98.0	95.0	89.0								130.7	110.9	79.2	51.5	781.3	
Mínimo			95.0	87.0	80.0	67.0								43.3	39.4	31.7	19.8	156.3	
Número de Ejes Equivalentes		Deflexión Admisible - Correval		Promedio		Def. Cars		Desv. Est		Coef. V.		Máximo		Mínimo					
		$N = ((1.15 / Da) * 0.25)^{100}$																	
Radio de curvatura - Según MTC		Rc = 3125/(D0 - D25)																	

**DEFLECTOGRAMA**



**RADIO DE CURVATURA**



OBSERVACIONES  
 \* Los puntos a ensayar fueron indicados por el solicitante.

GeoCONTROL TOTAL S.A.S.  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada. Esta terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L. El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

009862

**ANEXO N° 03: Hojas de Cálculo para la evaluación superficial y estructural.**  
**Para la evaluación superficial**

## UNIDADES DE EVALUACIÓN

### 1.- Datos del tramo de estudio

ASTM D6433 define que el area de muestreo es de  $225 \pm 90$

Máximo	315 m <sup>2</sup>	
Mínimo	135 m <sup>2</sup>	

Tramo a estudiar	km 4 + 000	al	km 5 + 000
Longitud de la vía	1000 m		
Ancho de calzada	7.4 m		
Longitud de la muestra	25 m		
Área de la muestra	185 m <sup>2</sup>		OK

### 2.- Determinación del número de unidades de evaluación

Número total de las muestras (N)	40
Desviación estandar(s)	10
Error aceptable	5%

inciso (7.5.2)

ASTM D6433, la desviación estandar para asfalto es de 10 y para concreto es de 15

N° de unidades a ser evaluadas ASTM D6433, inciso (7.5.2)

ASTM D6433, el error aceptable es del 5% para ambos casos

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

n = 11.64

**n = 12.00**    Unidades a ser evaluadas

Tenemos	40	unidades de muestra
Donde	12	seran evaluadas

### 3.- Selección de las unidades de evaluación

intervalos de muestra ASTM D6436, inciso (7.5.3)

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

i = 3.33

**i = 3.00**    intervalo de muestreo

# DATOS RECOLECTADOS DE CAMPO (UNIDAD DE EVALUACIÓN N° 1)

## 1.- Ficha para la evaluación superficial de pavimentos

EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO DEL TRAMO 5 DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA				ESQUEMA:	
<b>ZONA</b> Carr. Juliaca - Lampa		<b>ABSCISA INICIAL</b> Km 4 + 000	<b>UNIDAD DE MUESTREO</b> 1		
<b>CODIGO VÍA</b> Tramo 5 (Km4 al Km5)		<b>ABSCISA FINAL</b> Km 4 + 025	<b>AREA DE MUESTREO</b> 185 m2		
<b>INSPECCIONADA POR:</b> Henry Ccama, Kennedy Turpo		<b>FECHA</b> 01/02/2021			
<b>No.</b>	<b>Daño</b>	<b>No.</b>	<b>Daño</b>		
1	Piel de cocodrilo	11	Parches		
2	Exudacion	12	Pulimiento de agregados		
3	Fisura en bloque	13	Baches (huecos)		
4	Abultamientos y hundimientos	14	Cruce de via ferrea		
5	Corrugación	15	Ahuellamiento		
6	Depresion	16	Desplazamiento		
7	Fisura de borde	17	Grieta parabolica		
8	Fisura de reflexion de junta	18	Hinchamiento		
9	Desnivel carril/berma	19	Desprendimiento de agregados		
10	Fisuras longitudinal y transversal				
DAÑO	SEVERIDAD	X	Y	LONGITUD	ANCHO
10	MODERADA	4.26	1.36	0.00	1.78
10	ALTA	3.12	2.60	0.00	3.20
10	ALTA	2.10	4.62	0.00	4.74
10	MODERADA	4.13	7.90	0.00	1.72
10	BAJA	4.42	5.93	0.00	1.98
10	ALTA	1.80	9.95	0.00	4.30
10	ALTA	3.50	11.40	0.00	2.54
10	BAJA	2.37	14.68	0.00	4.30
10	ALTA	2.20	18.70	0.00	3.73
10	ALTA	2.80	21.73	0.00	3.80
10	ALTA	2.38	24.12	0.00	3.48
10	MODERADA	4.32	0.00	2.54	0.00
10	MODERADA	4.09	4.70	5.90	0.00
10	ALTA	2.00	0.00	13.70	0.00
13	ALTA	3.77	3.10		
13	ALTA	1.50	3.30		
13	MODERADA	0.48	2.60		
13	MODERADA	0.56	3.50		
7	MODERADA	0.00	1.05	0.00	0.32
7	ALTA	6.67	12.58	0.00	0.42
7	ALTA	7.13	4.70	0.00	0.27
7	MODERADA	7.08	21.17	2.87	0.00
1	ALTA	0.61	3.44	2.64	0.74
1	ALTA	1.50	9.61	1.82	0.94
1	MODERADA	4.87	6.61	1.74	1.18
1	MODERADA	5.93	10.89	1.55	0.95
1	MODERADA	0.73	13.05	3.18	2.19
1	MODERADA	5.23	21.28	2.63	1.42
11	MODERADA	3.67	0.00	15.67	0.55

## 2.- Calculo de las Cantidades Parciales de cada una de las fallas

FALLA	SEVERIDAD	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	UNIDAD	CANT. PARCIAL	TOTAL
1	ALTA	2.64	0.74		1.95	3.66
		1.82	0.94		1.71	
	MODERADA	1.74	1.18		2.05	14.22
		1.55	0.95		1.47	
		3.18	2.19		6.96	
7	ALTA	0.00	0.42		0.42	0.69
		0.00	0.27		0.27	
	MODERADA	0.00	0.32		0.32	3.19
		2.87	0.00		2.87	
		0.00	0.00		0.00	
10	ALTA	0.00	3.20		3.20	35.69
		0.00	4.74		4.74	
		0.00	4.30		4.30	
		0.00	2.54		2.54	
		0.00	3.73		3.73	
		0.00	3.48		3.48	
		13.70	0.00		13.70	
	MODERADA	0.00	1.78		1.78	11.94
		0.00	1.72		1.72	
		2.54	0.00		2.54	
	BAJA	5.90	0.00		5.90	6.28
		0.00	1.98		1.98	
	0.00	4.30		4.30		
11	MODERADA	15.67	0.55		8.62	8.62
13	ALTA			1.00	1.00	2.00
				1.00	1.00	
	MODERADA			1.00	1.00	2.00

## 3.- Determinacion de los valores deducidos por las tablas de la Norma ASTM D6436

		AREA DE MUESTRA 185 m <sup>2</sup>		
FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
1	ALTA	3.66	1.98 %	40.00
	MODERADA	14.22	7.69 %	43.00
7	ALTA	0.69	0.37 %	0.90
	MODERADA	14.22	7.69 %	12.00
10	ALTA	35.69	19.29 %	47.00
	MODERADA	11.94	6.45 %	11.00
	BAJA	6.28	3.39 %	1.50
11	MODERADA	8.62	4.66 %	34.00
13	ALTA	2.00	1.08 %	52.50
	MODERADA	2.00	1.08 %	52.50

Los valores deducidos fueron determinados por abacos

Los abacos fueron extraidos del manual de la condicion de pavimentos PCI que tambien se encuentran en la



#### 4.- Cálculo de los valores corregidos

Número de valores deducidos mayores a 2: 8  
 Valor deducido mas alto (HDV1): 52.50  
 Numero máximo de valores deducidos (mi): 5.36

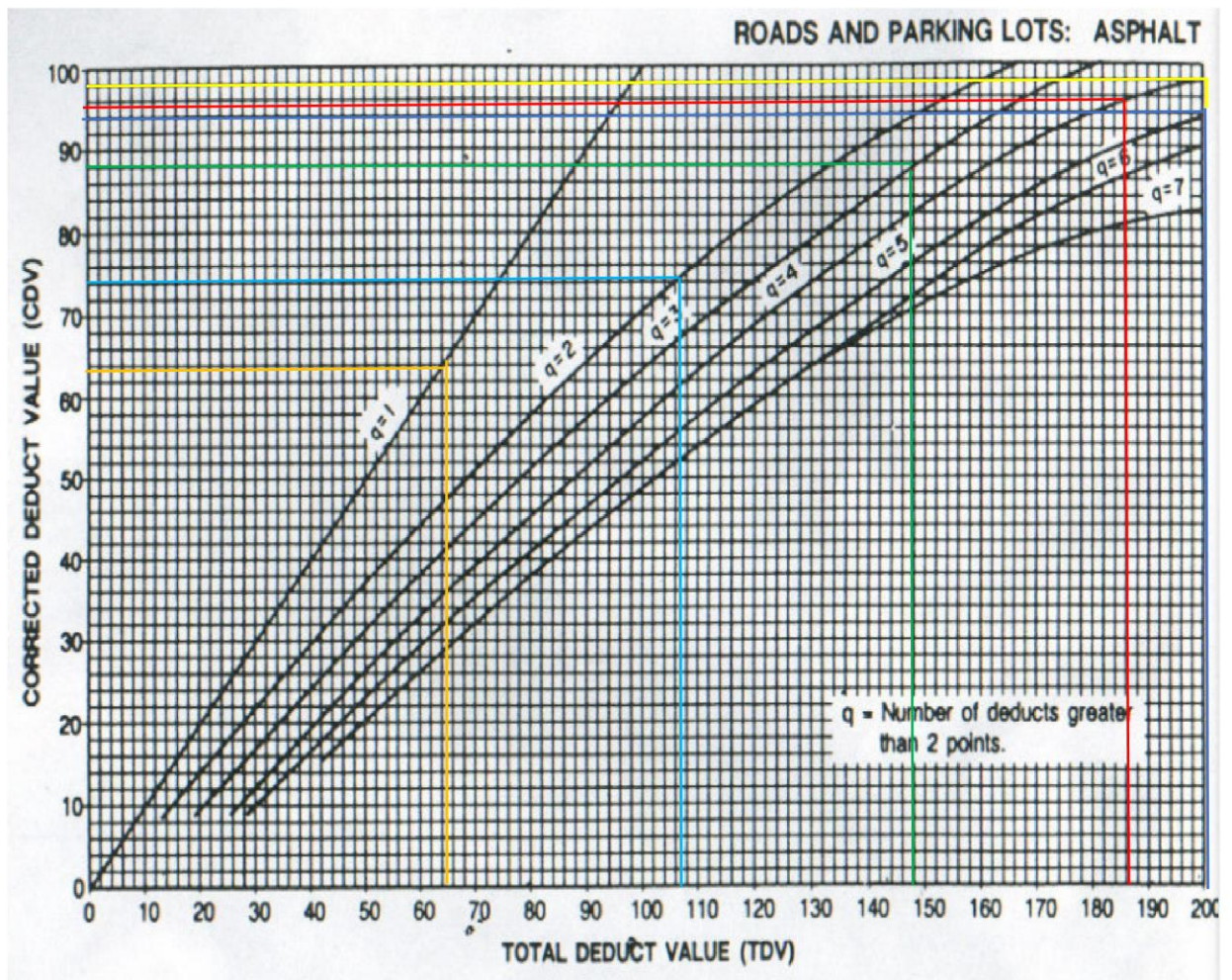
$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_1)$$

#### CÁLCULO DE VALORES CORREGIDOS

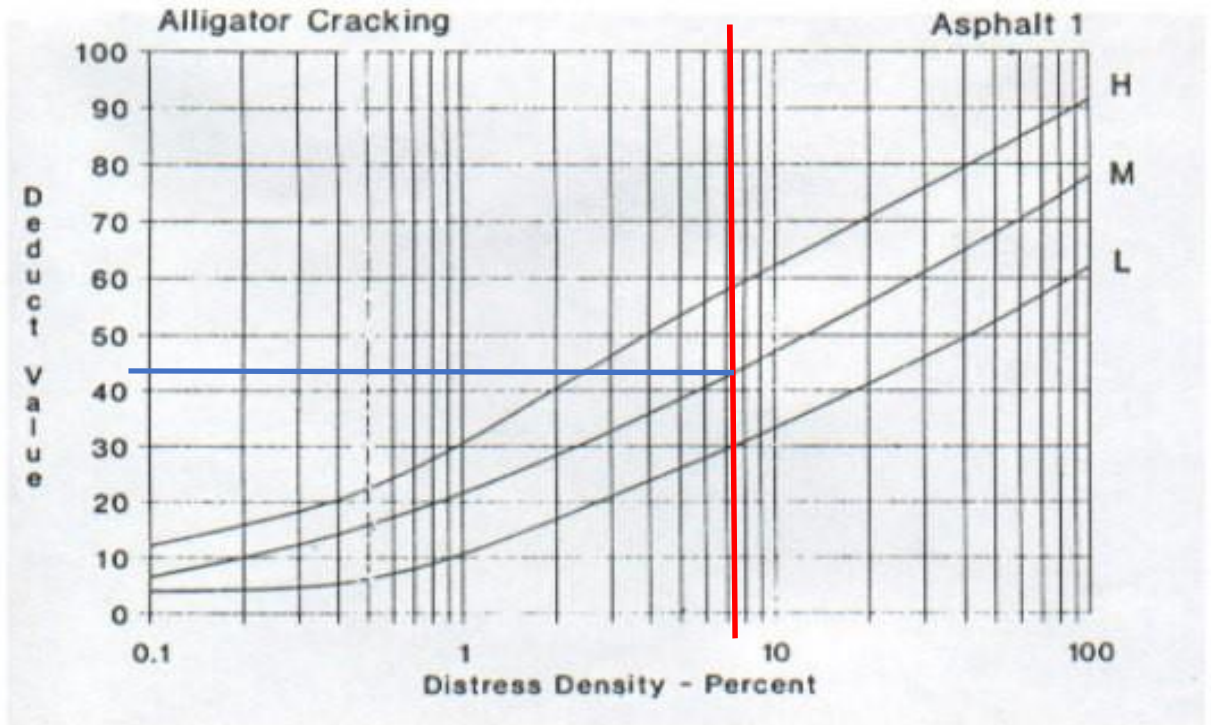
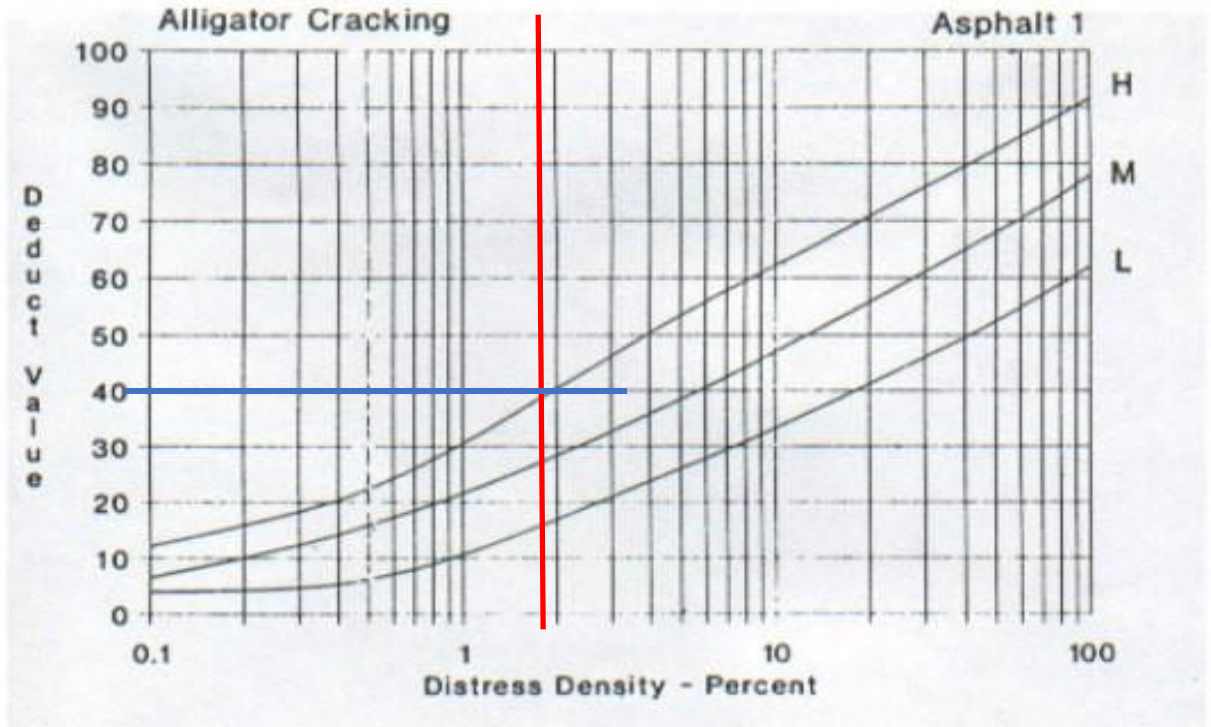
Nº	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	VDC
1	52.50	47.00	43.00	40.00	34.00	4.32	220.82	6	94.00
2	52.50	47.00	43.00	40.00	34.00	2	218.50	5	98.00
3	52.50	47.00	43.00	40.00	2	2	186.50	4	95.50
4	52.50	47.00	43.00	2	2	2	148.50	3	88.00
5	52.50	47.00	2	2	2	2	107.50	2	72.00
6	52.50	2	2	2	2	2	62.50	1	62.50
<b>Max valor de VDC</b>									<b>98.00</b>

$$PCI = 100 - \text{Max. valor VDC}$$

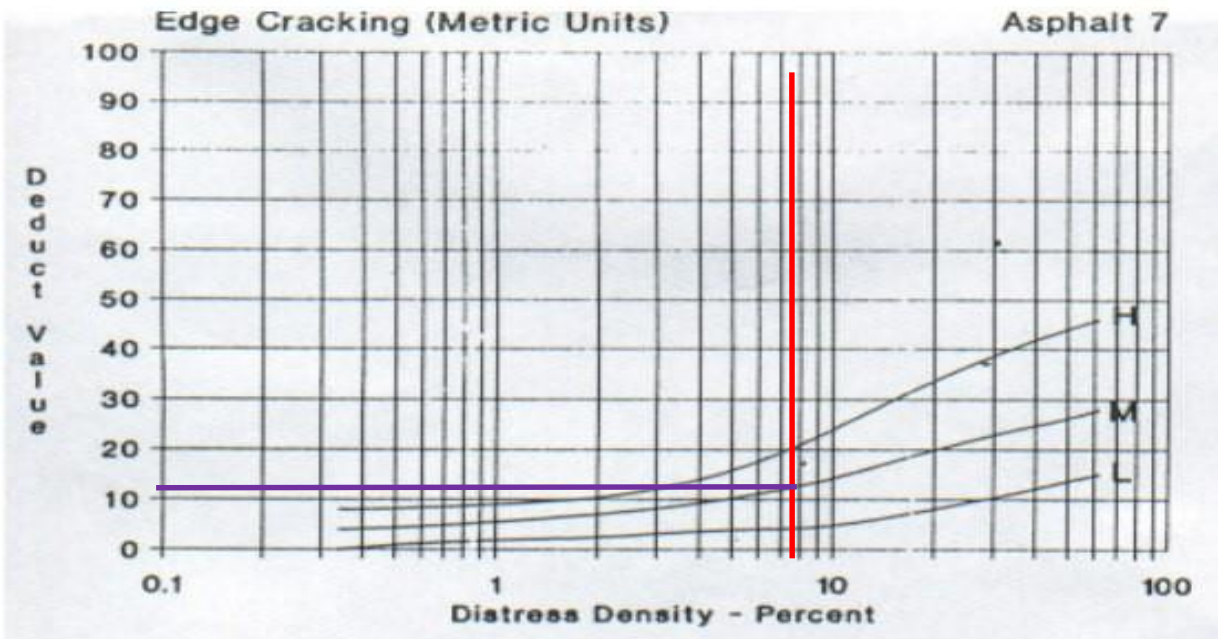
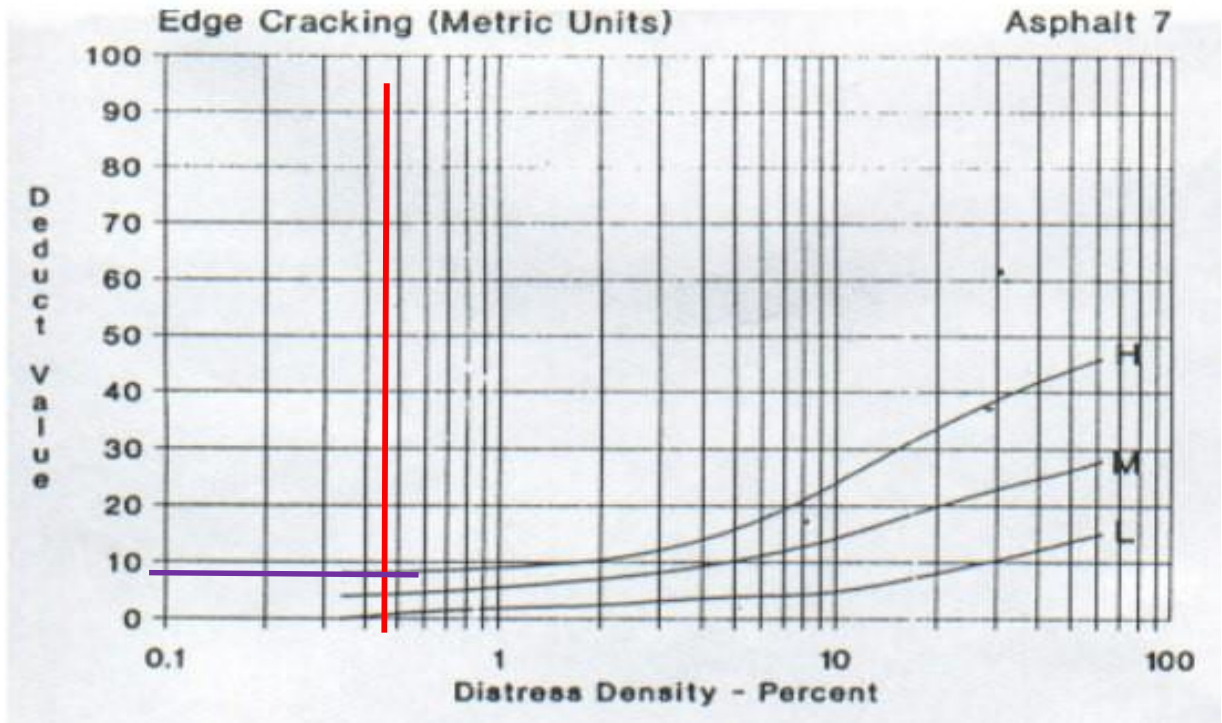
**VALOR DE PCI**      **2.00**



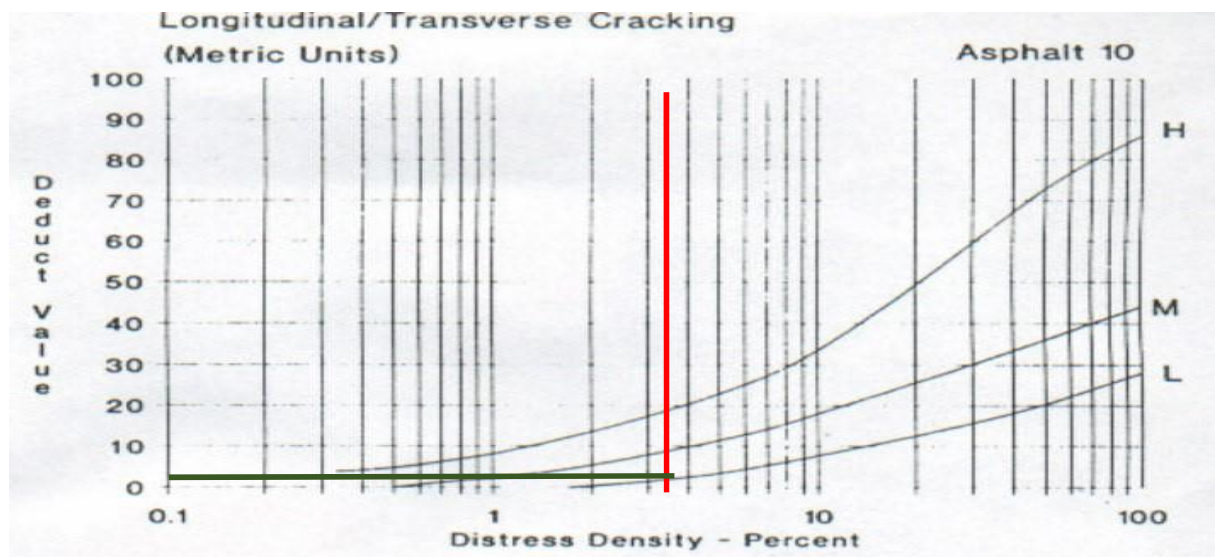
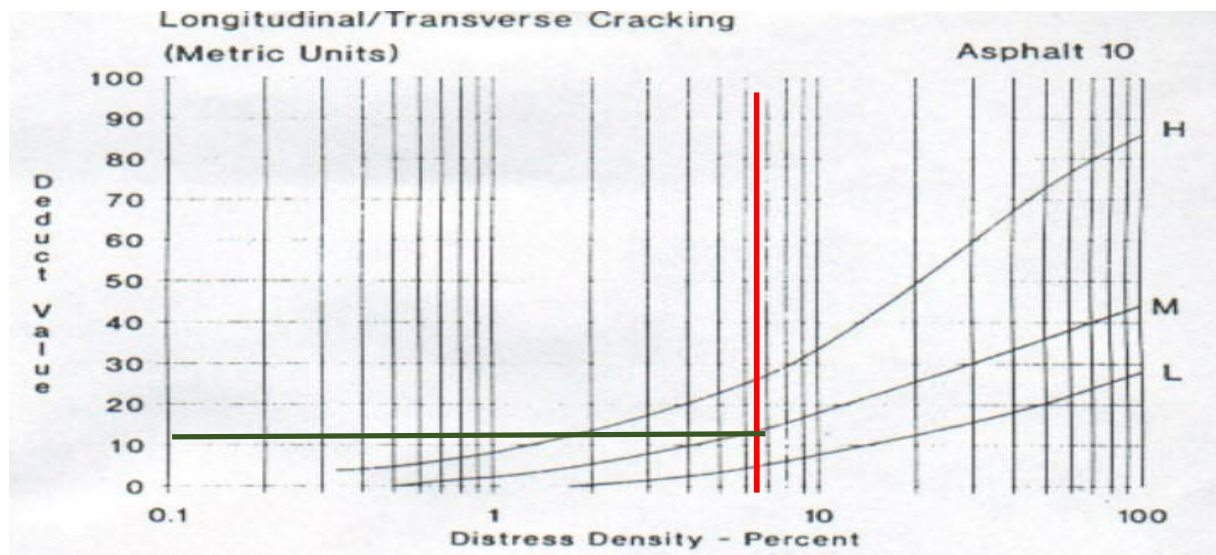
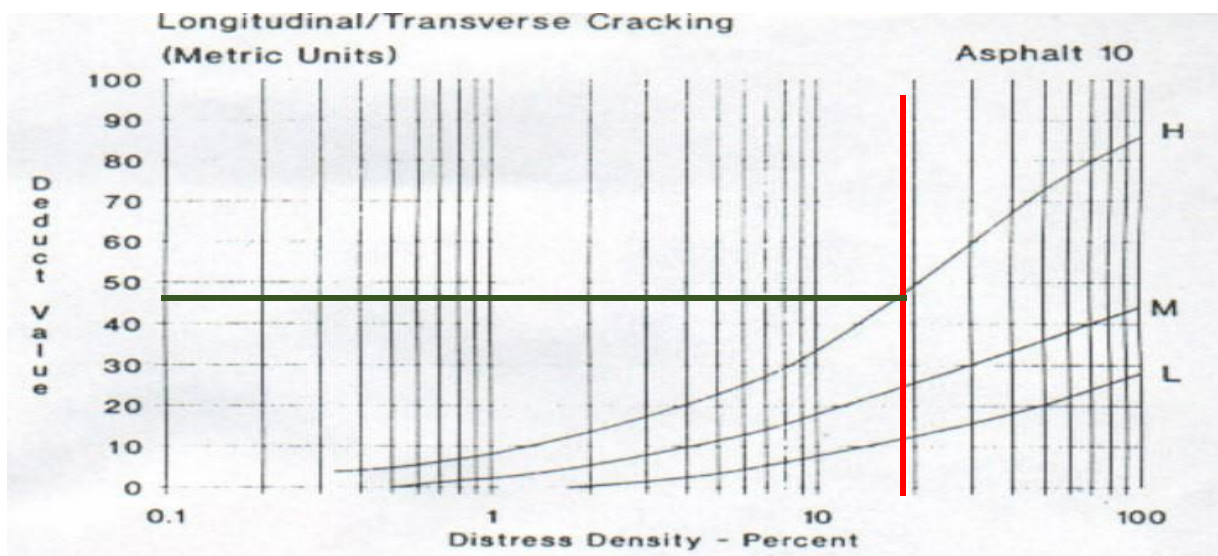
# ABACOS PARA LA FALLA N°1 (PIEL DE COCODRILO)



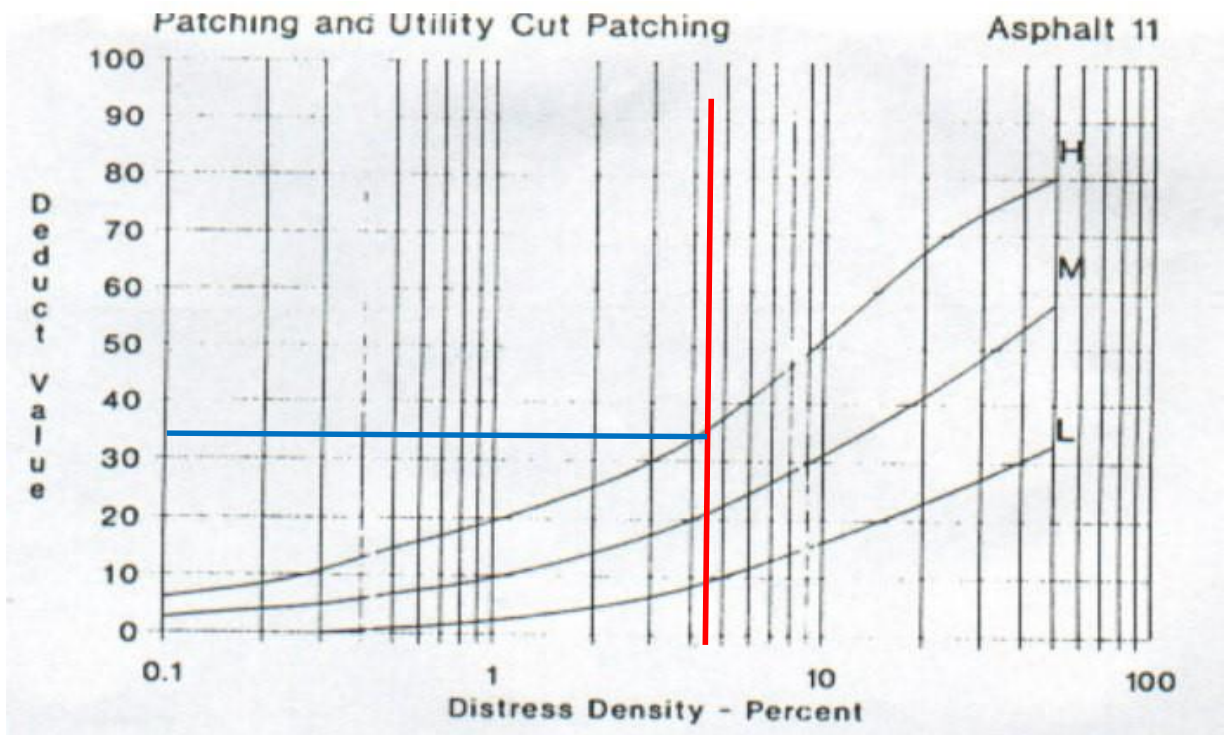
# ABACOS PARA LA FALLA N°7 (FISURA DE BORDE)



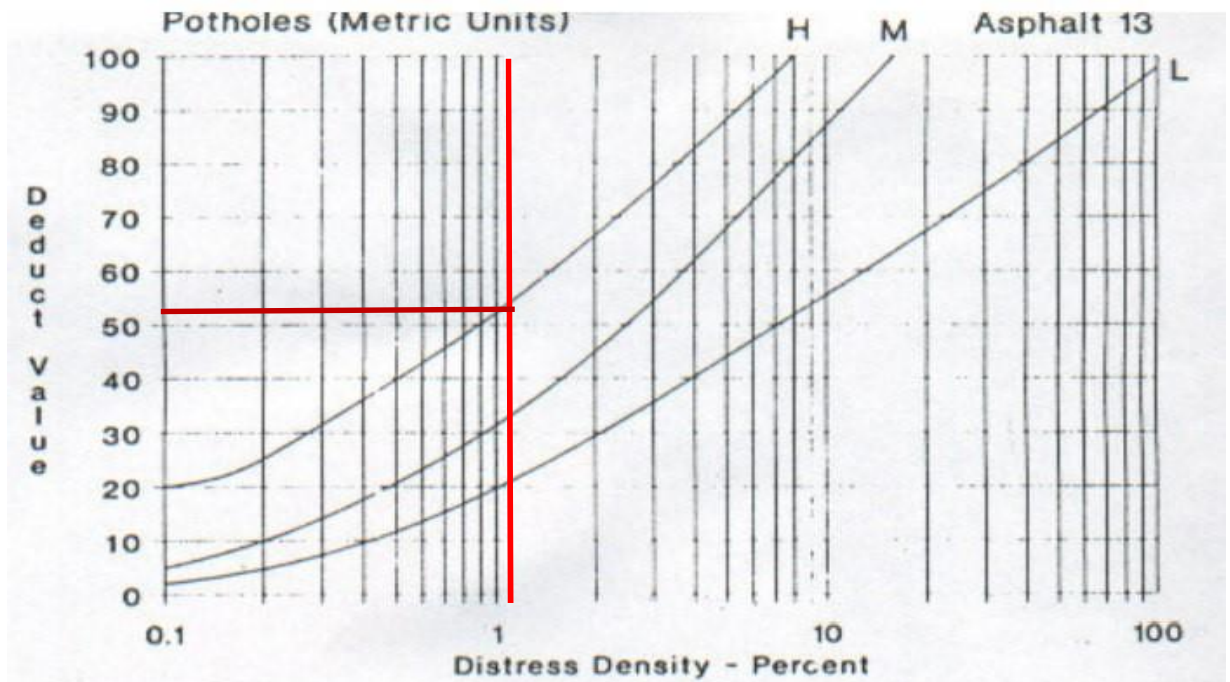
# ABACOS PARA LA FALLA N°10 (FISURAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES)



## ABACOS PARA LA FALLA N<sup>a</sup>11 (PARCHES)



## ABACOS PARA LA FALLA N<sup>a</sup>13 (BACHES O HUECOS)





**2.-Calculo de las Cantidades Parciales de cada una de las fallas**

FALLA	SEVERIDAD	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	UNIDAD	CANT. PARCIAL	TOTAL
1	ALTA	3.54	2.92		10.34	10.34
13	ALTA			1.00	1.00	20.00
				1.00	1.00	
				1.00	1.00	
				1.00	1.00	
				1.00	1.00	
				1.00	1.00	
				1.00	1.00	
				1.00	1.00	
				1.00	1.00	
				1.00	1.00	
				1.00	1.00	
				1.00	1.00	
				1.00	1.00	

**3.-Determinación de los valores deducidos por las tablas de la Norma ASTM 6436**

		AREA DE MUESTRA 185m <sup>2</sup>		
FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
1	ALTA	10.34	5.59	55.00
13	ALTA	20.00	10.81	100.00

Los valores deducidos fueron determinados por abacos

Los abacos fueron extraídos del manual de la condición de pavimentos PCI que también se encuentran en la Norma ASTM 6433

#### 4.- Calculo de los valores corregidos

Número de valores deducidos mayores a 2                                  2  
 Valor deducido mas alto (HDV1)    100.00  
 Numero máximo de valores deducidos (mi)    1.00

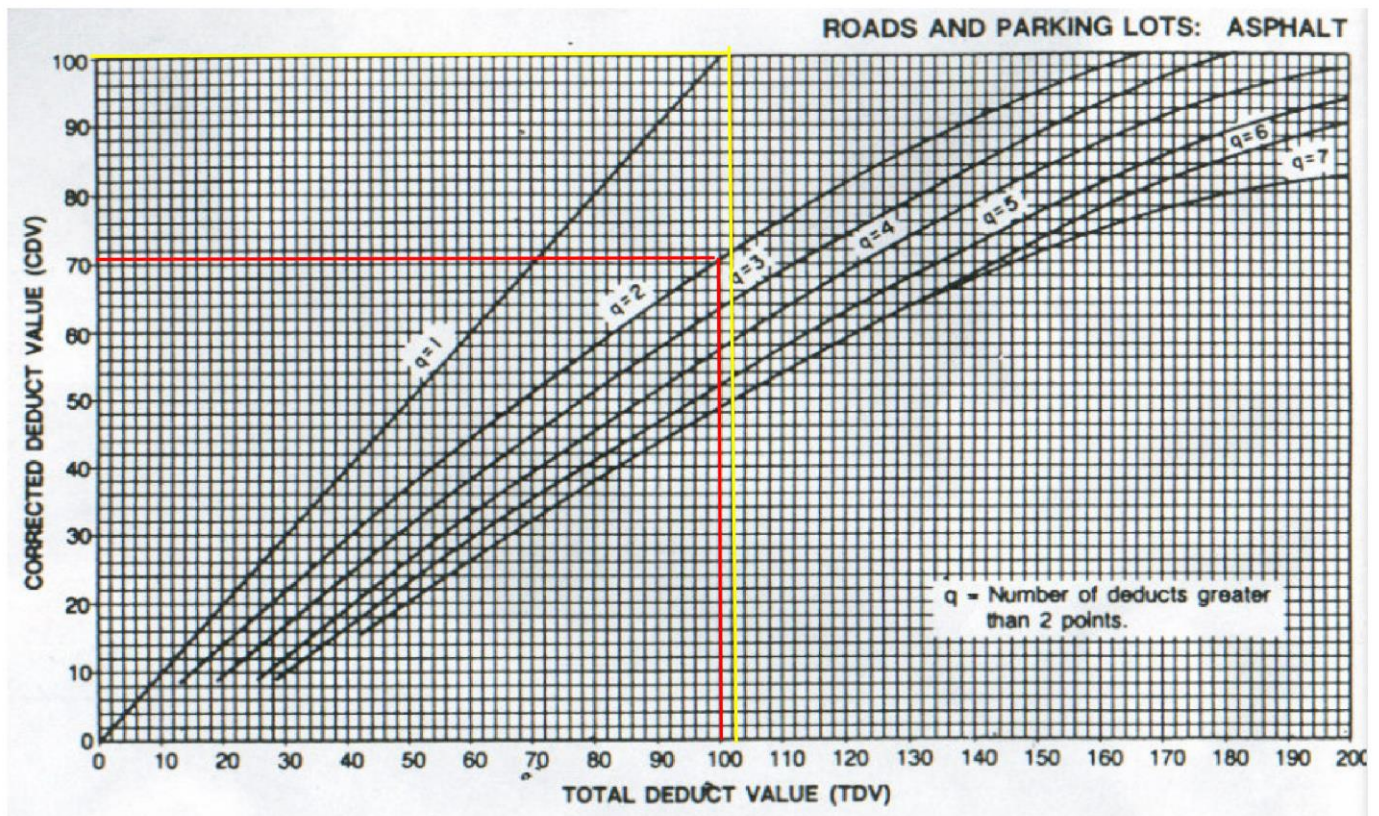
$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_1)$$

#### CALCULO DE VALORES CORREGIDOS

Nº	VALORES DEDUCIDOS		VDT	q	VDC
1	100.00	0.00	100.00	2	70.50
2	100.00	2	102.00	1	100.00
<b>Max valor de VDC</b>					<b>100.00</b>

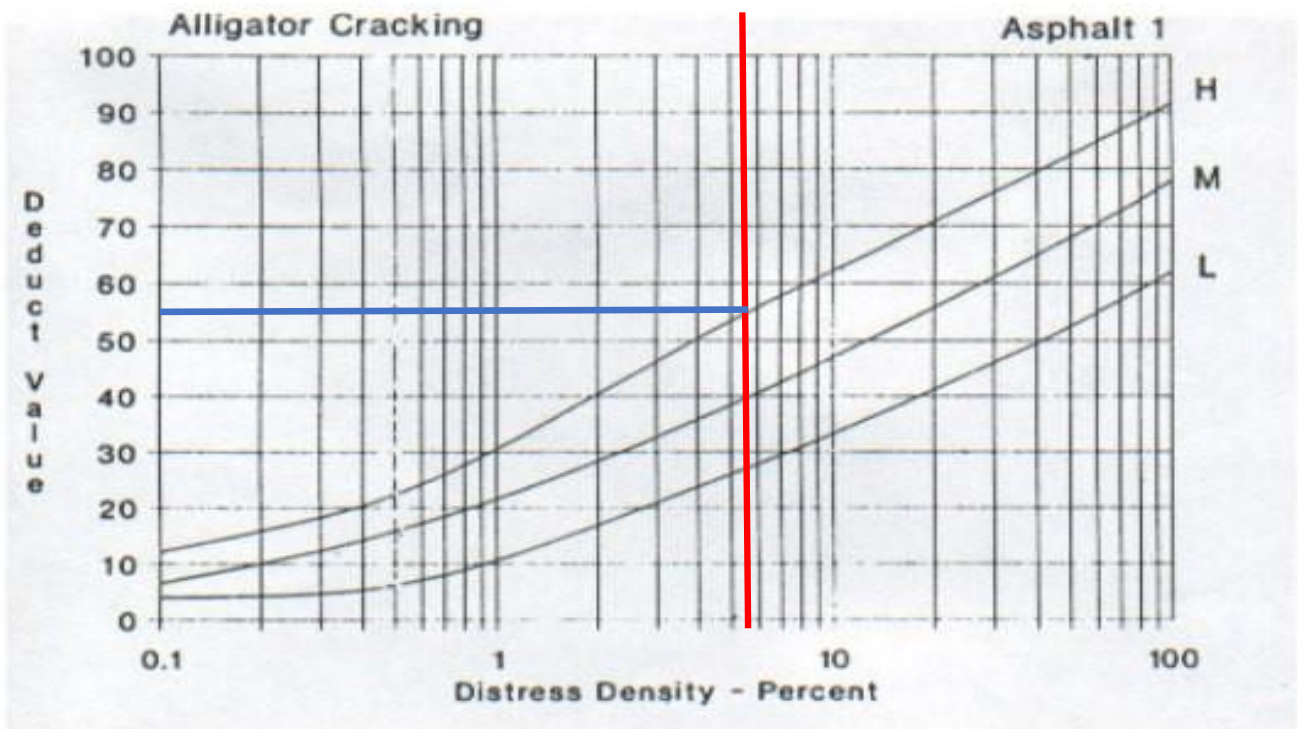
$$PCI = 100 - \text{Max. valor VDC}$$

**VALOR DE PCI      0.00**

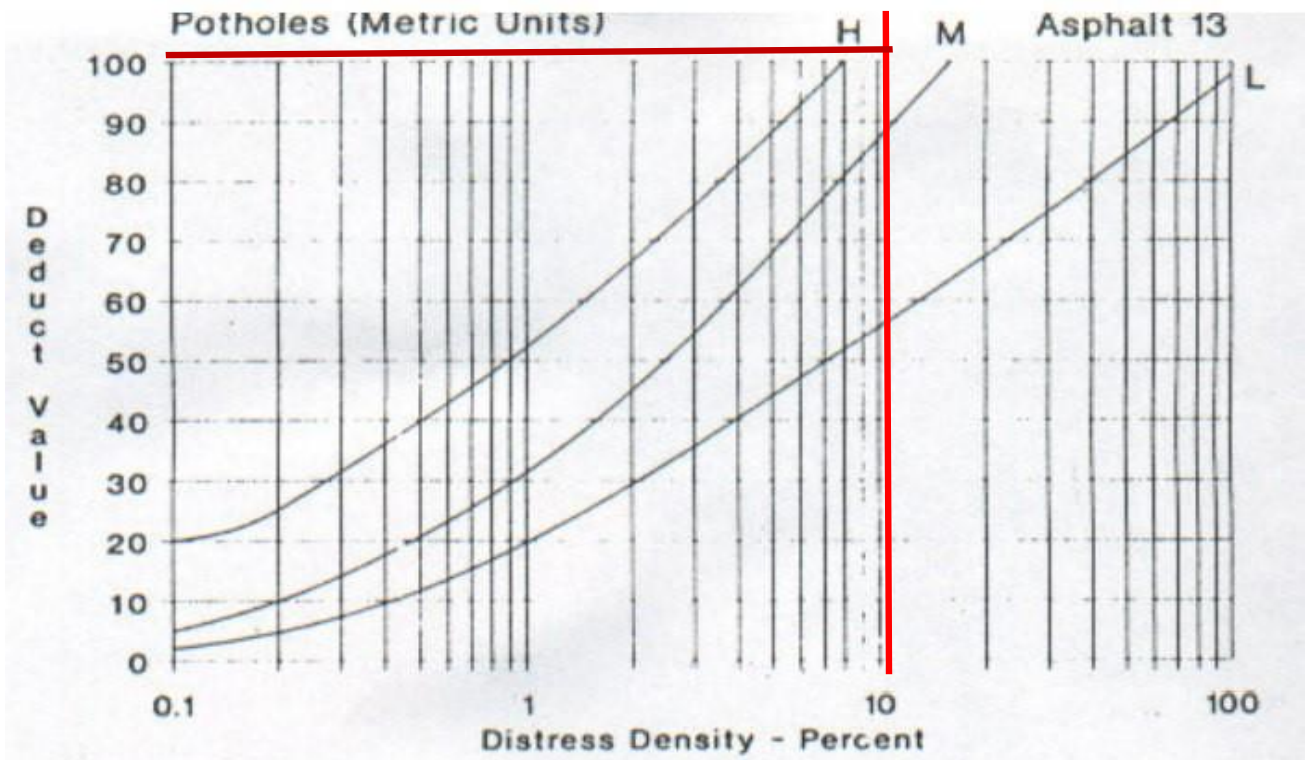




## ABACOS PARA LA FALLA N°1 (PIEL DE COCODRILO)



## ABACOS PARA LA FALLA N°13 (BACHES O HUECOS)





2.- Calculo de las Cantidades Parciales de cada una de las fallas

FALLA	SEVERIDAD	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	UNIDAD	CANT. PARCIAL	TOTAL
1	MODERADA	6.58	1.35		8.88	8.88
	BAJA	6.79	1.07		7.27	16.85
		7.10	1.35		9.59	
10	ALTA	25.00	0.00		25.00	28.38
		0.00	3.38		3.38	
	MODERADA	3.46	0.00		3.46	7.24
		0.00	3.78		3.78	
	BAJA	0.00	3.39		3.39	3.39
	13	ALTA			1.00	1.00
				1.00	1.00	
				1.00	1.00	

3.- Determinacion de los valores deducidos por las tablas de la Norma ASTM D6436

		AREA DE MUESTRA 185 m <sup>2</sup>		
FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
1	MODERADA	8.88	4.80	37.5
	BAJA	16.85	9.11	32.5
10	ALTA	28.38	15.34	40.5
	MODERADA	7.24	3.91	10
	BAJA	3.39	1.83	1
13	ALTA	3.00	1.62	59

Los valores deducidos fueron determinados por abacos

Los abacos fueron extraidos del manual de la condicion de pavimentos PCI que tambien se encuentran en la Norma ASTM 6433

#### 4.- Calculo de los valores corregidos

Número de valores deducidos mayores a 2 5  
 Valor deducido mas alto (HDV1) 59.00  
 Numero máximo de valores deducidos (mi) 4.77

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_1)$$

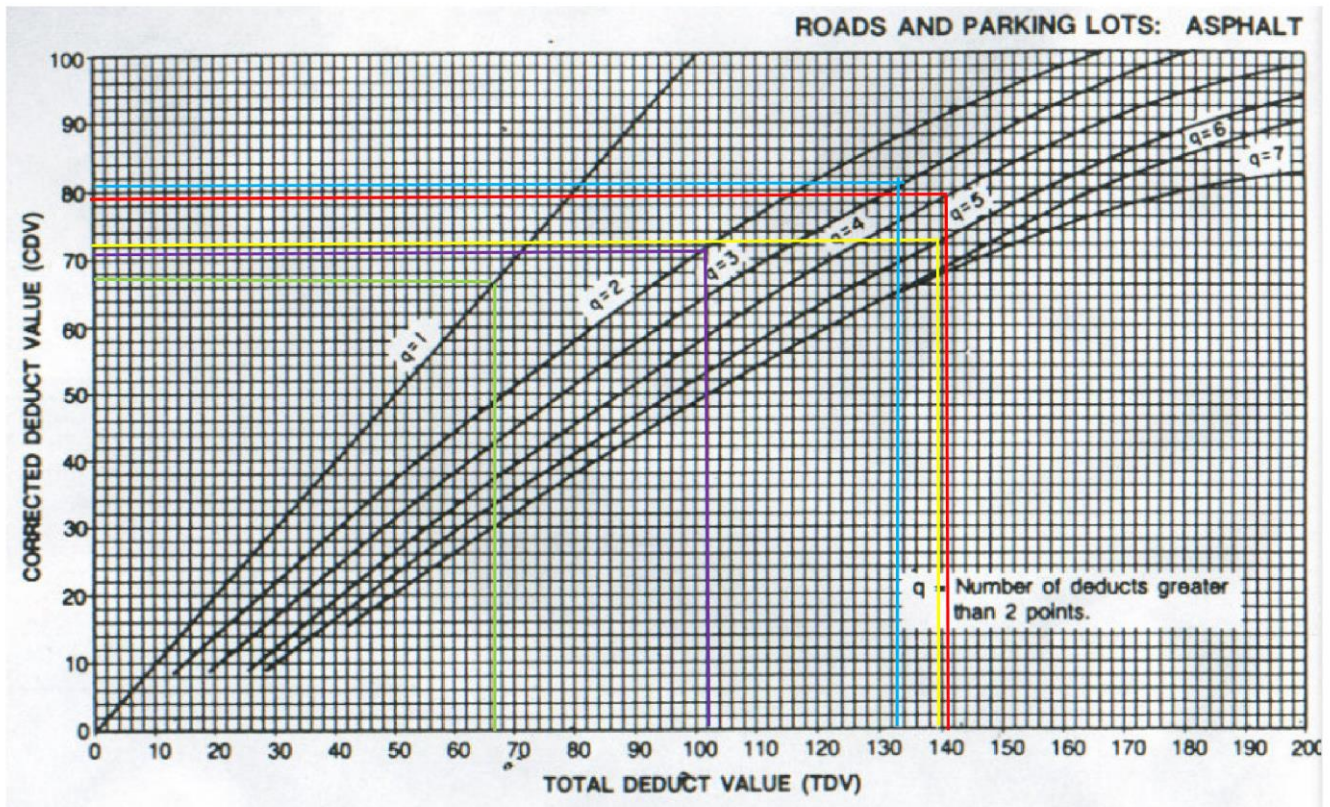
#### CALCULO DE VALORES CORREGIDOS

Nº	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
1	59.00	40.50	37.50	32.50	7.70	14105260.00	5	72.00
2	59.00	40.50	37.50	32.50	2	13651541.00	4	79.00
3	59.00	40.50	37.50	2	2	11223733.00	3	81.00
4	59.00	40.50	2	2	2	8397902.50	2	71.00
5	59.00	2	2	2	2	5333267.00	1	67.00

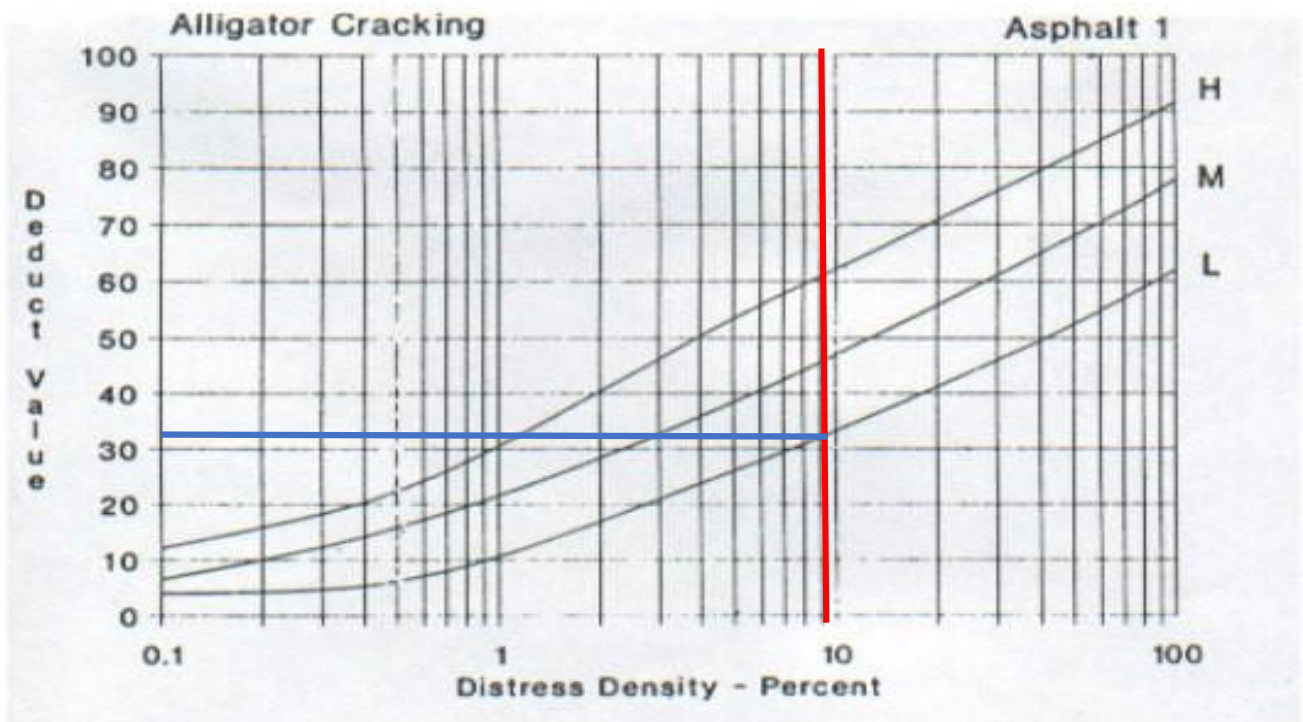
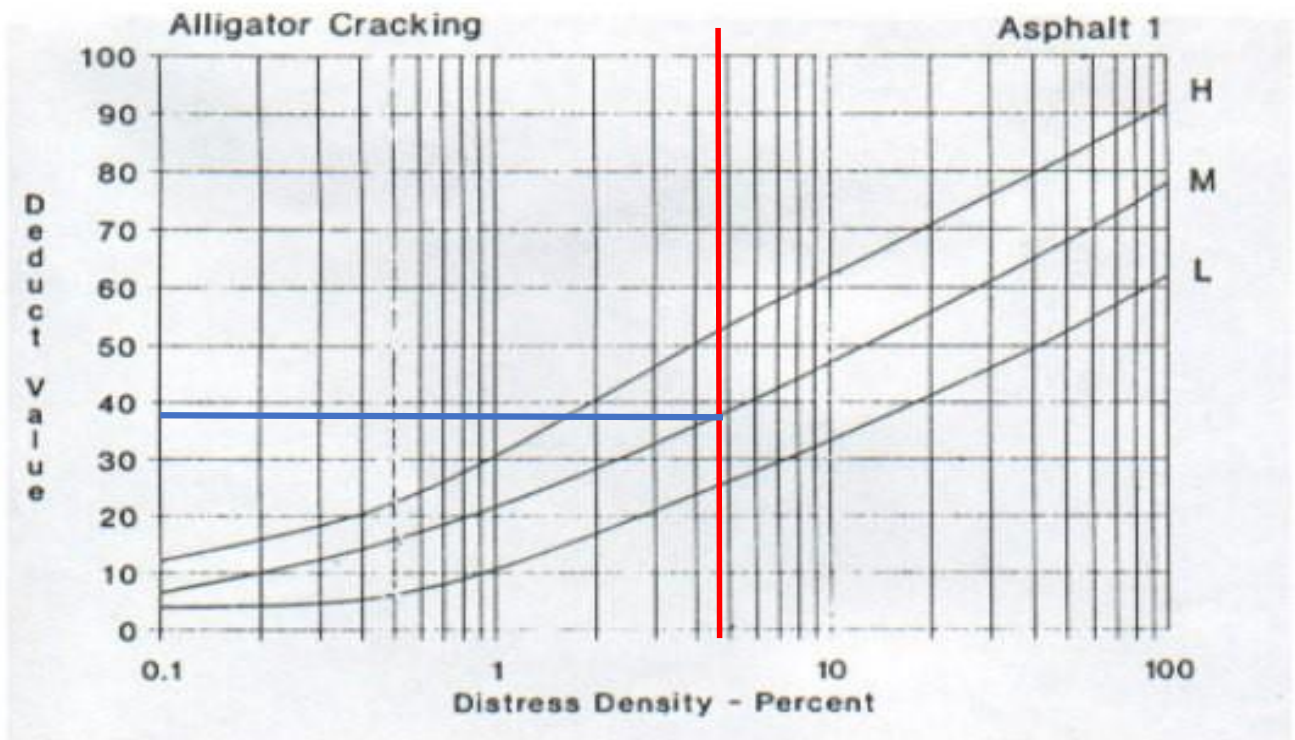
Max valor de VDC 81.00

$$PCI = 100 - \text{Max. valor VDC}$$

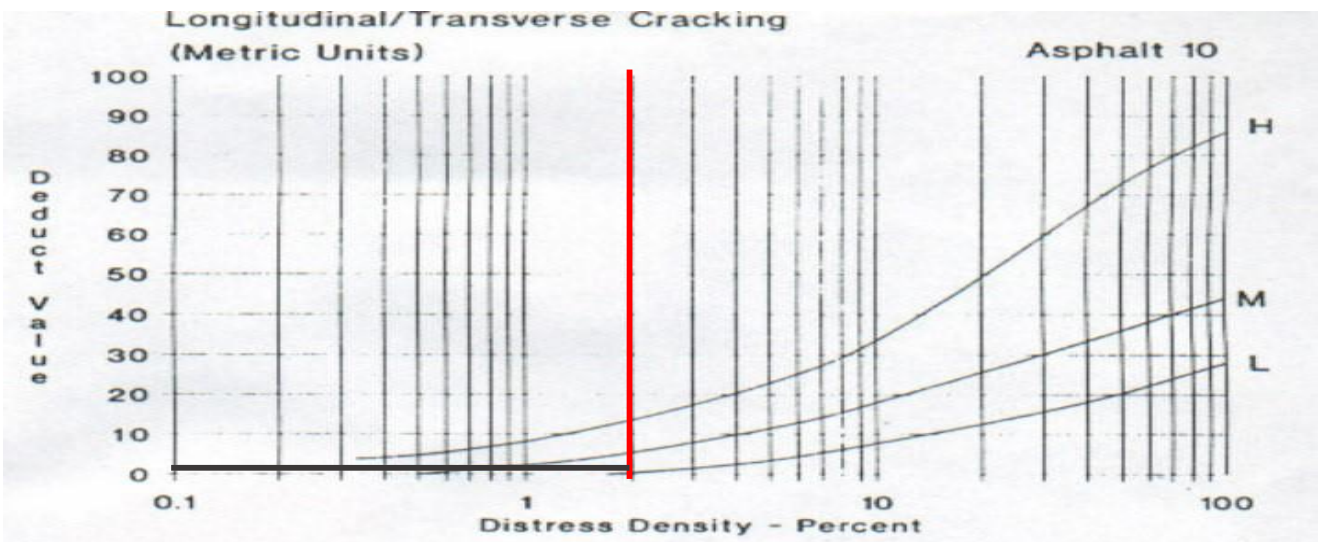
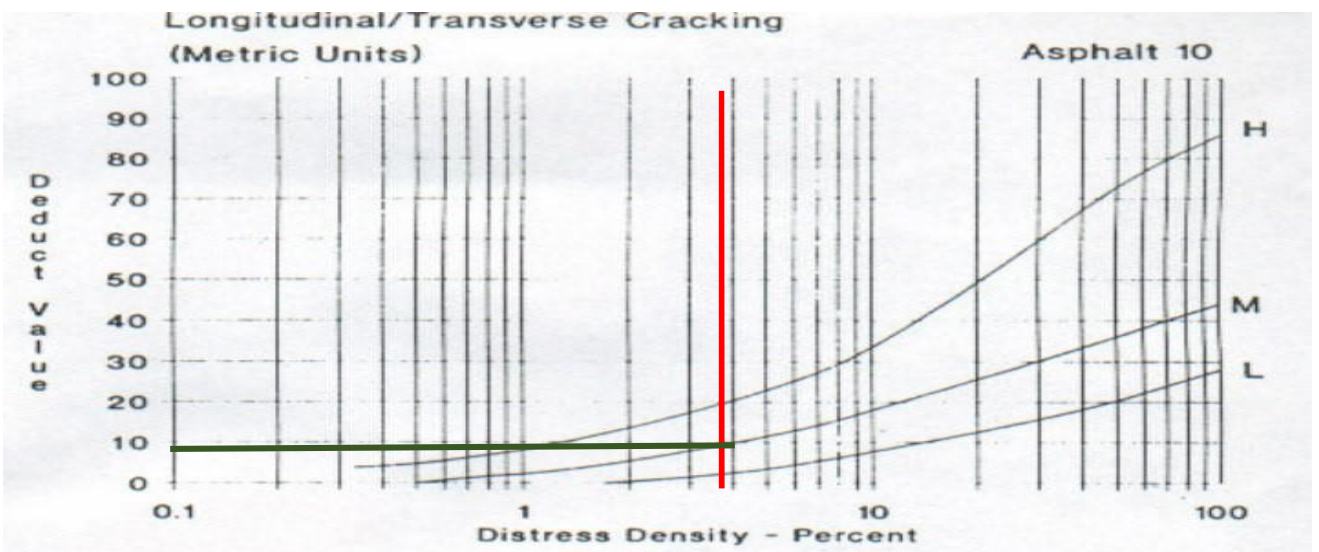
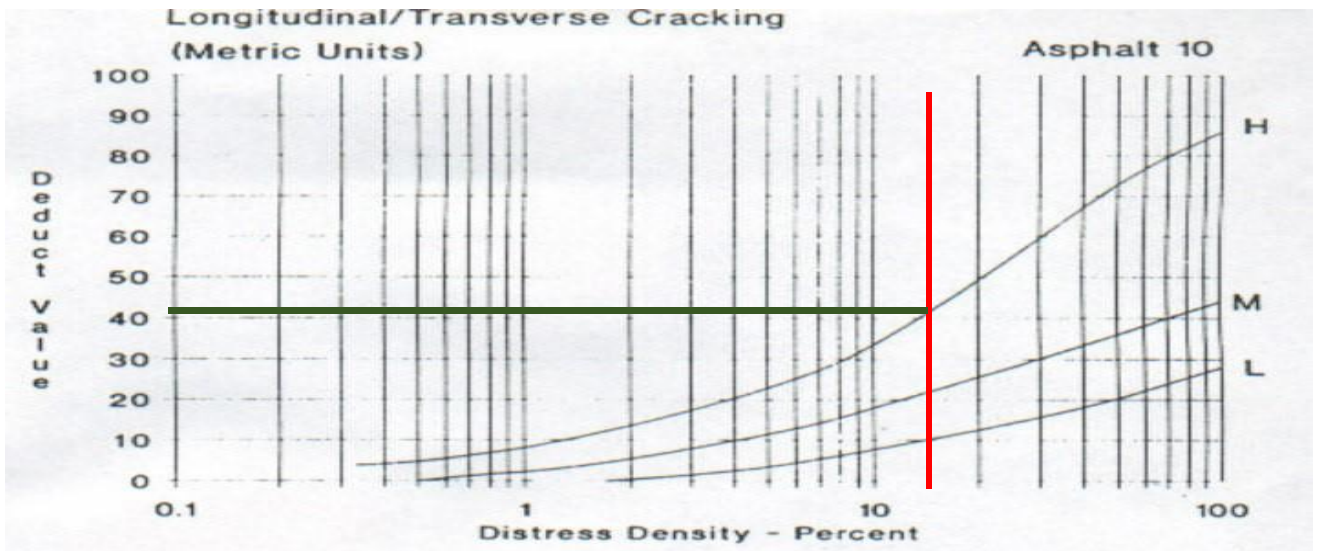
VALOR DE PCI 19.00



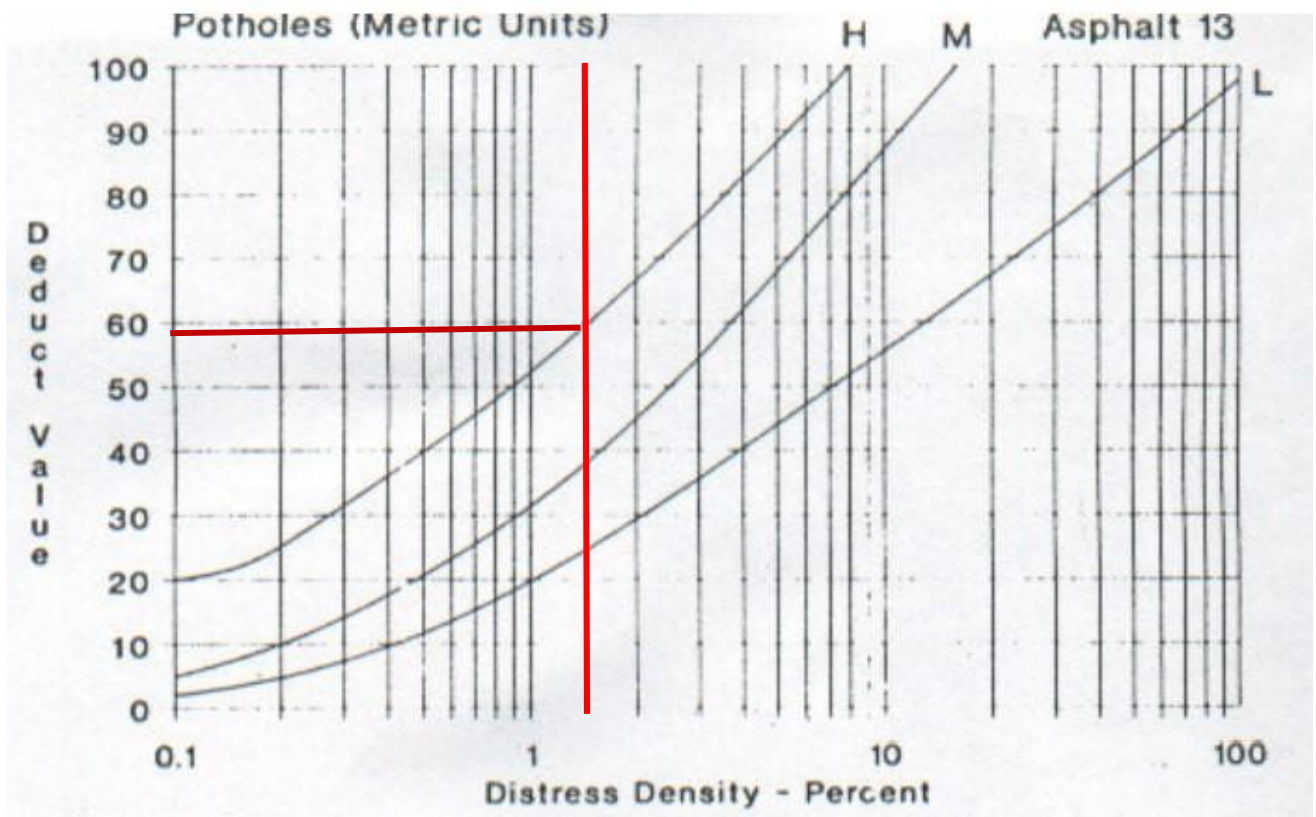
## ABACOS PARA LA FALLA N°1 (PIEL DE COCODRILO)



## ABACOS PARA LA FALLA N°10 (FISURAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES)



# ABACOS PARA LA FALLA Nº13 (BACHES O HUECOS)







## 2.- Calculo de las Cantidades Parciales de cada una de las fallas

FALLA	SEVERIDAD	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	UNIDAD	CANT. PARCIAL	TOTAL
1	BAJA	3.88	3.46		13.42	13.42
7	ALTA	18.23	0.00		18.23	18.23
10	ALTA	0.00	4.16		4.16	24.28
		0.00	3.48		3.48	
		0.00	2.23		2.23	
		0.00	3.12		3.12	
		0.00	4.76		4.76	
		0.00	6.53		6.53	
13	ALTA			1.00	1.00	3.00
				1.00	1.00	
				1.00	1.00	

## 3.- Determinacion de los valores deducidos por las tablas de la Norma ASTM D6436

		AREA DE MUESTRA	185 m <sup>2</sup>		
FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO	
1	BAJA	13.42	7.26%	30.00	
7	ALTA	18.23	9.85%	23.00	
10	ALTA	24.28	13.12%	78.00	
13	ALTA	3.00	1.62%	94.00	

Los valores deducidos fueron determinados por abacos

Los abacos fueron extraidos del manual de la condicion de pavimentos PCI que tambien se encuentran en la Norma ASTM 6433

#### 4.- Calculo de los valores corregidos

Número de valores deducidos mayores a 2	4
Valor deducido mas alto (HDV1)	94.00
Numero máximo de valores deducidos (mi)	1.55

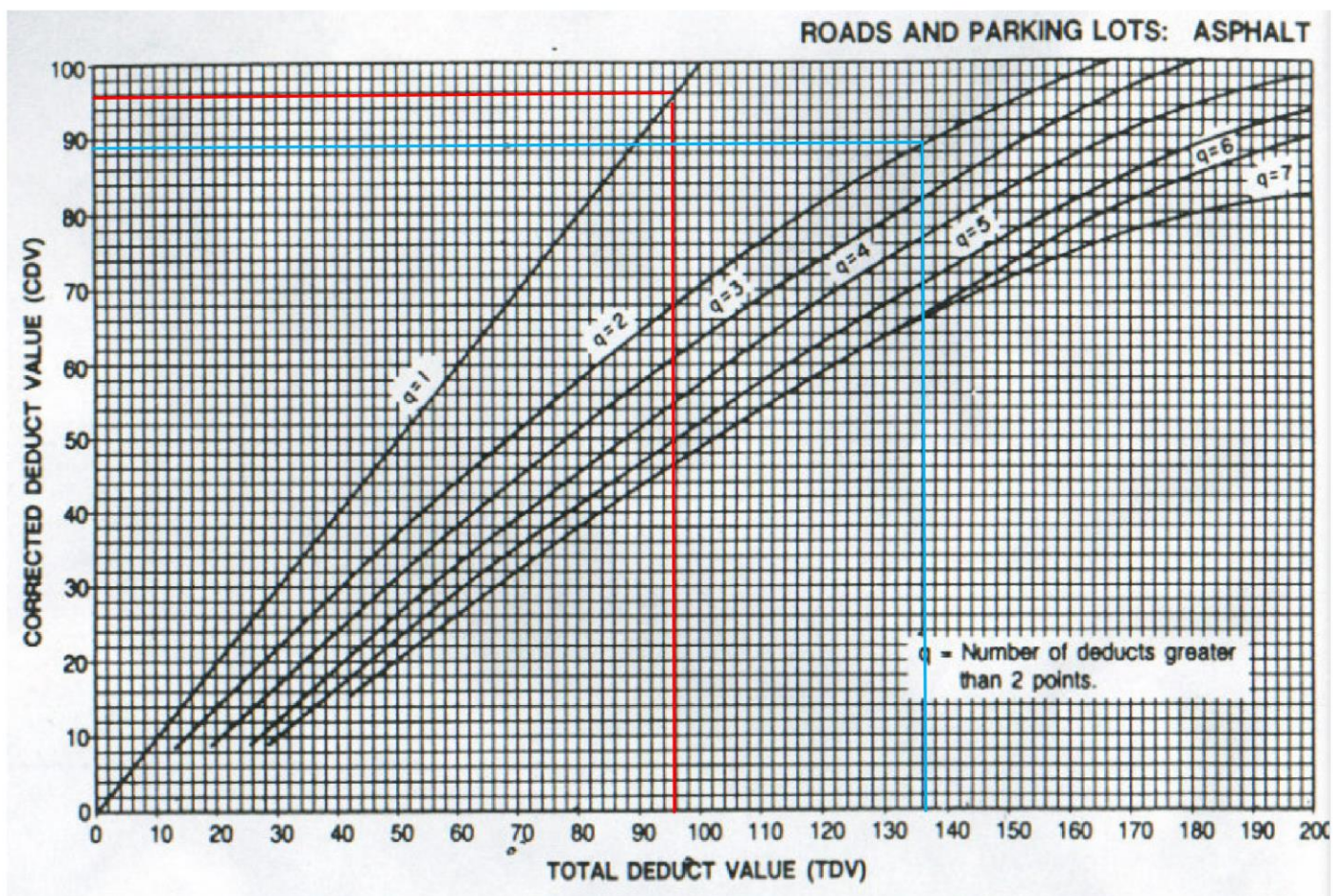
$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_1)$$

#### CALCULO DE VALORES CORREGIDOS

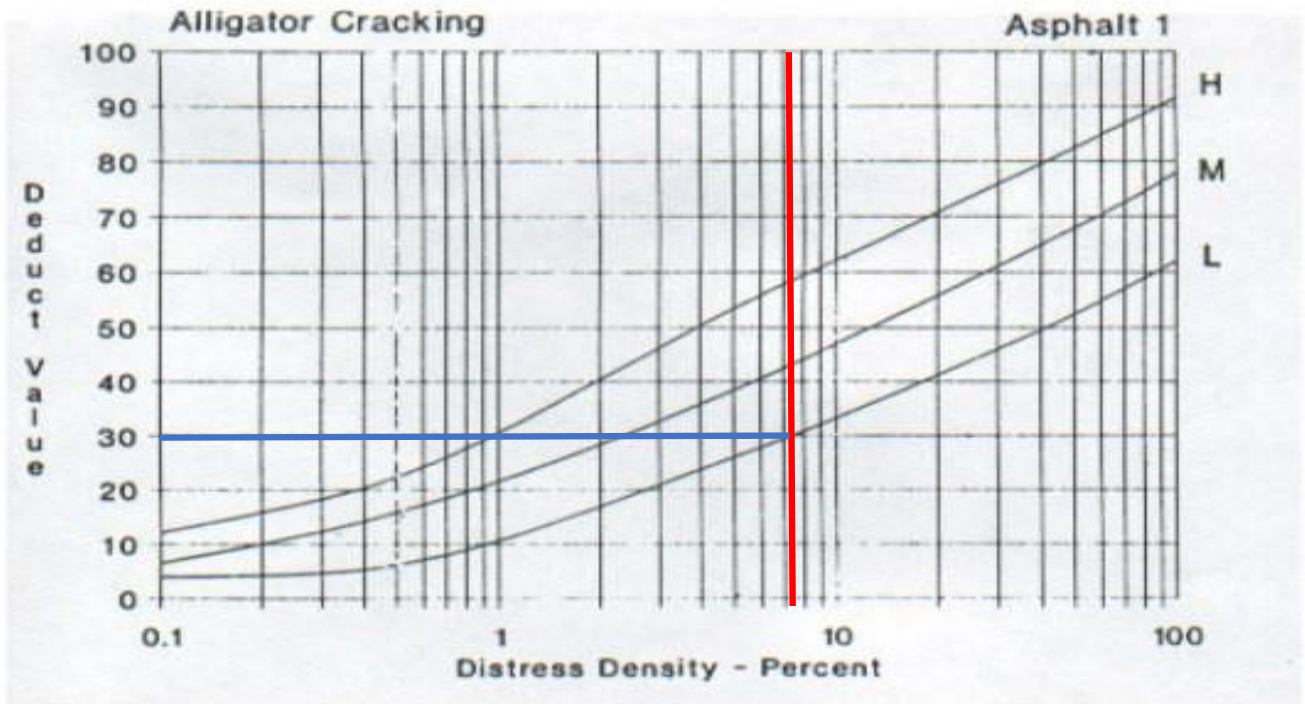
N <sup>a</sup>	VALORES DEDUCIDOS		VDT	q	VDC
1	94.00	42.90	136.90	2	89.00
2	94.00	2	96.00	1	96.00
<b>Max valor de VDC</b>					<b>96.00</b>

$$PCI = 100 - \text{Max. valor VDC}$$

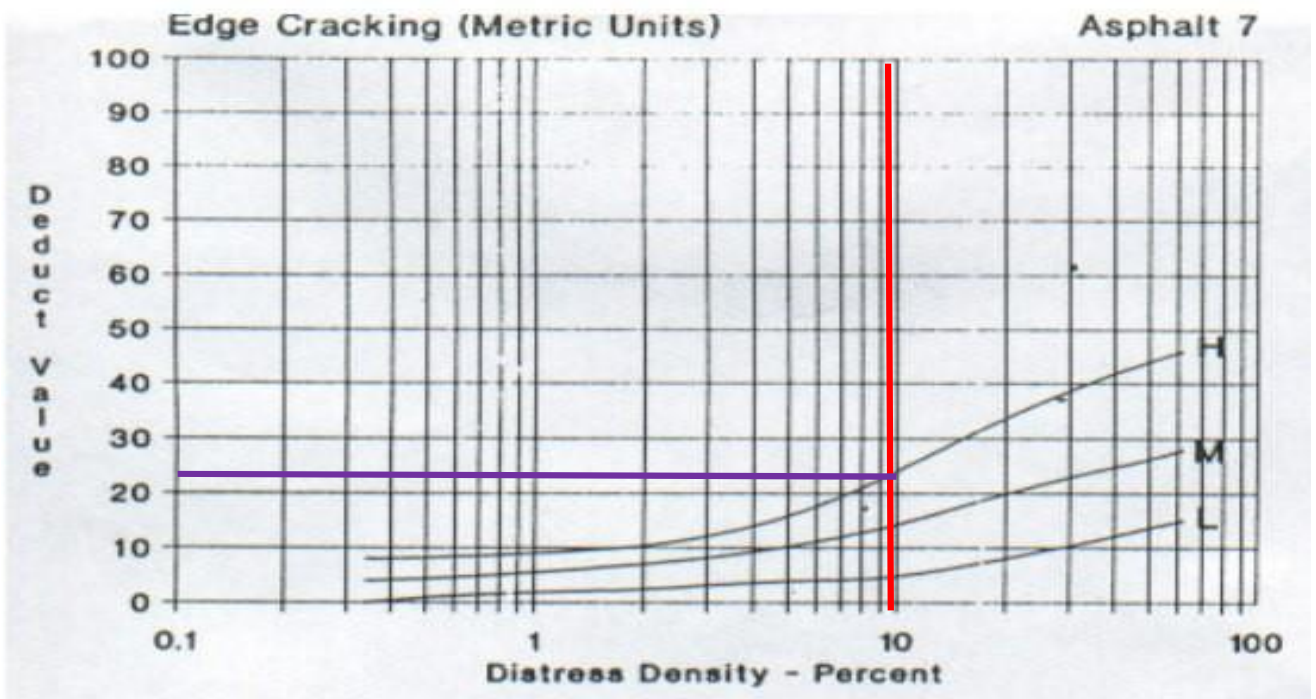
**VALOR DE PCI 4.00**



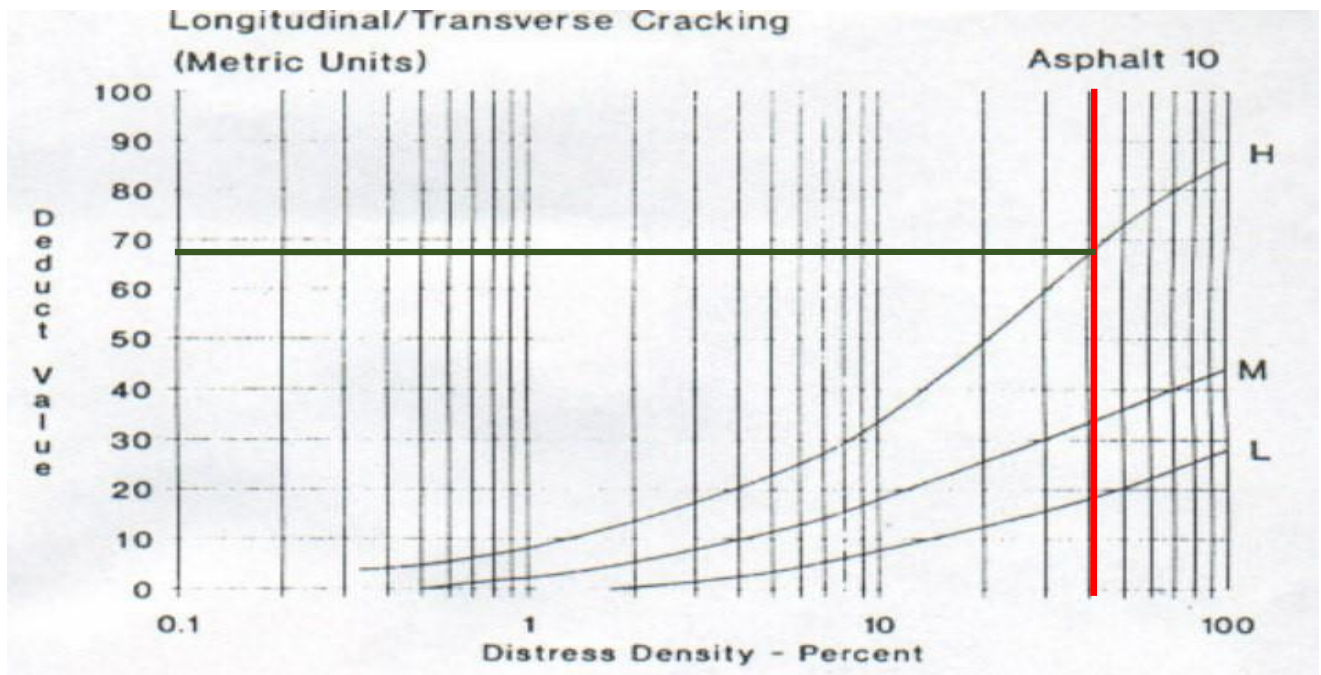
## ABACOS PARA LA FALLA N°1 (PIEL DE COCODRILO)



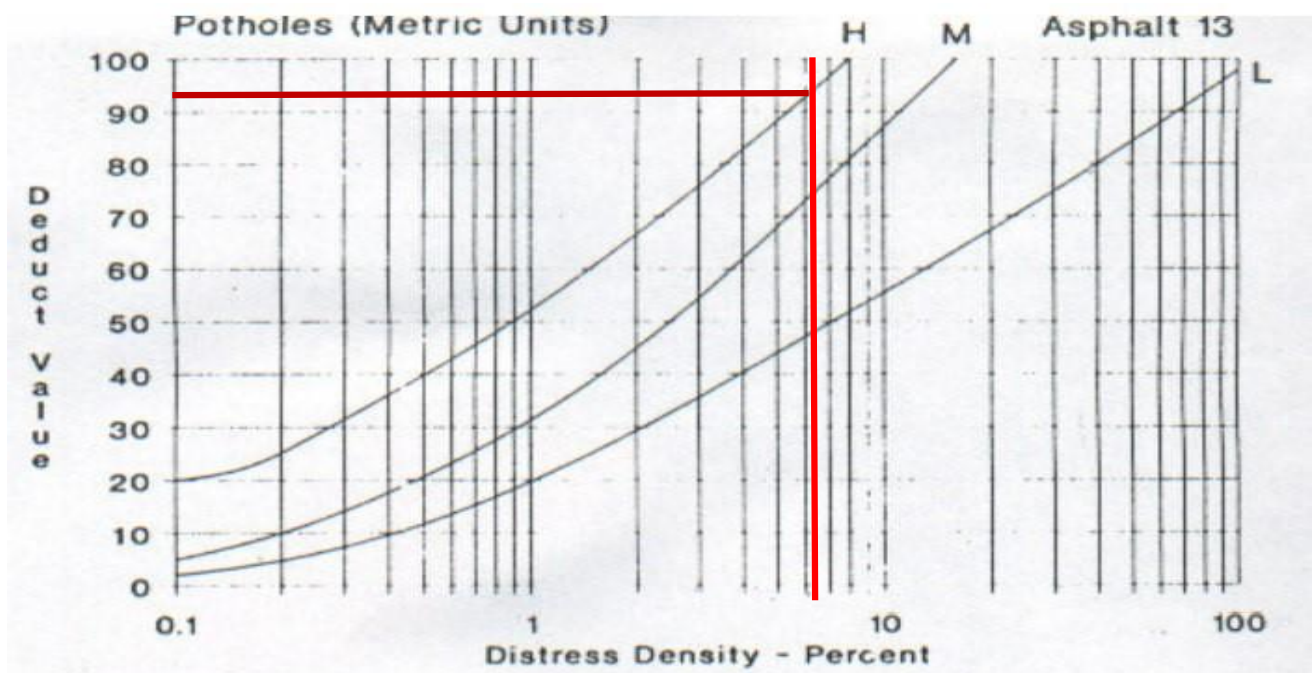
## ABACOS PARA LA FALLA N°7 (FISURA DE BORDE)



## ABACOS PARA LA FALLA N<sup>o</sup>10 (FISURAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES)



## ABACOS PARA LA FALLA N<sup>o</sup>13 (BACHES O HUECOS)



# DATOS RECOLECTADOS DE CAMPO (UNIDAD DE EVALUACIÓN N° 5)

## 1.- Ficha para la evaluación superficial de pavimentos

EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO DEL TRAMO 5 DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA				ESQUEMA:			
<b>ZONA</b> Carr. Juliaca - Lampa		<b>ABSCISA INICIAL</b> Km 4 + 400	<b>UNIDAD DE MUESTREO</b> 5				
<b>CODIGO VÍA</b> Tramo 5 (Km4 al Km5)		<b>ABSCISA FINAL</b> Km 4 + 425	<b>AREA DE MUESTREO</b> 185 m2				
<b>INSPECCIONADA POR:</b> Henry Ccama, Kennedy Turpo		<b>FECHA</b> 01/02/2021					
<b>No.</b>	<b>Daño</b>	<b>No.</b>	<b>Daño</b>				
1	Piel de cocodrilo	11	Parches				
2	Exudacion	12	Pulimiento de agregados				
3	Fisura en bloque	13	Baches (huecos)				
4	Abultamientos y hundimientos	14	Cruce de via ferrea				
5	Corrugación	15	Ahuellamiento				
6	Depresion	16	Desplazamiento				
7	Fisura de borde	17	Grieta parabolica				
8	Fisura de reflexion de junta	18	Hinchamiento				
9	Desnivel carril/berma	19	Desprendimiento de agregad				
10	Fisuras longitudinal y transversa						
DAÑO	SEVERIDAD	X	Y			LONGITUD	ANCHO
10	ALTA	5.40	10.02			1.51	0.00
10	ALTA	6.12	10.32			2.32	0.00
10	ALTA	4.72	16.75			2.08	0.00
10	ALTA	3.91	1.55			0.00	3.85
10	ALTA	3.22	4.45			0.00	3.41
10	ALTA	2.91	7.13			0.00	4.15
10	MODERADA	3.46	9.68			0.00	3.61
10	ALTA	4.21	10.18			0.00	3.09
10	ALTA	4.92	15.36	0.00	3.38		
10	MODERADA	4.18	17.09	0.00	2.72		
10	ALTA	5.75	20.07	0.00	1.12		
10	MODERADA	4.31	20.28	0.00	3.36		
10	ALTA	1.48	24.15	0.00	4.95		
10	ALTA	0.95	13.39	0.00	2.91		
1	ALTA	4.58	21.09	2.45	2.09		
1	MODERADA	0.25	0.55	5.18	3.68		
1	ALTA	0.25	5.18	8.22	1.72		
1	ALTA	0.27	13.42	11.58	3.62		
11	MODERADA	3.22	0.00	15.67	0.55		

## 2.- Calculo de las Cantidades Parciales de cada una de las fallas

FALLA	SEVERIDAD	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	UNIDAD	CANT. PARCIAL	TOTAL
1	ALTA	2.45	2.09		5.12	61.18
		8.22	1.72		14.14	
11.58		3.62		41.92		
	MODERADA	5.18	3.68		19.06	19.06
10	ALTA	1.51	0.00		1.51	31.65
		2.32	0.00		2.32	
		2.08	0.00		2.08	
		0.00	3.85		3.85	
		0.00	3.41		3.41	
		0.00	4.15		4.15	
		0.00	3.09		3.09	
		0.00	3.38		3.38	
		0.00	4.95		4.95	
		0.00	2.91		2.91	
	MODERADA	0.00	3.61		3.61	9.69
		0.00	2.72		2.72	
		0.00	3.36		3.36	
11	MODERADA	15.67	0.55		8.62	8.62

## 3.- Determinacion de los valores deducidos por las tablas de la Norma ASTM D6436

		AREA DE MUESTRA 185 m <sup>2</sup>		
FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
1	ALTA	61.18	33.07	76.50
	MODERADA	19.06	10.30	47.50
10	ALTA	31.65	17.11	44.00
	MODERADA	9.69	5.24	12.00
11	MODERADA	8.62	4.66	22.00

Los valores deducidos fueron determinados por abacos

Los abacos fueron extraídos del manual de la condición de pavimentos PCI que también se encuentran en la Norma ASTM 6433

#### 4.- Calculo de los valores corregidos

Número de valores deducidos mayores a 2                      5  
 Valor deducido mas alto (HDV1)                                      76.50  
 Numero máximo de valores deducidos (mi)                      3.16

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_1)$$

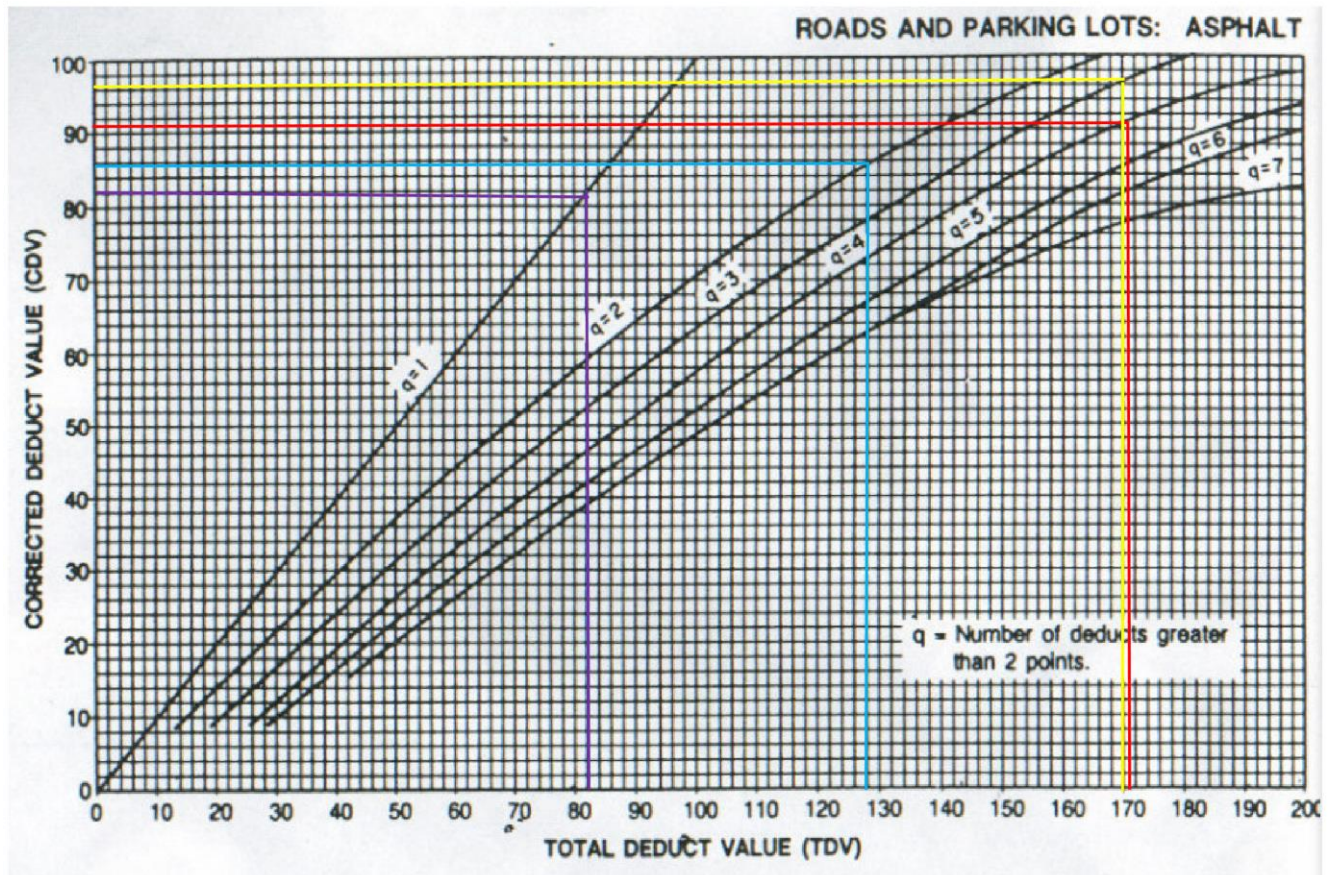
#### CALCULO DE VALORES CORREGIDOS

Nº	VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC
1	76.50	47.50	44.00	3.52	171.52	4	91.00
2	76.50	47.50	44.00	2	170.00	3	96.00
3	76.50	47.50	2	2	128.00	2	86.00
4	76.50	2	2	2	82.50	1	82.50

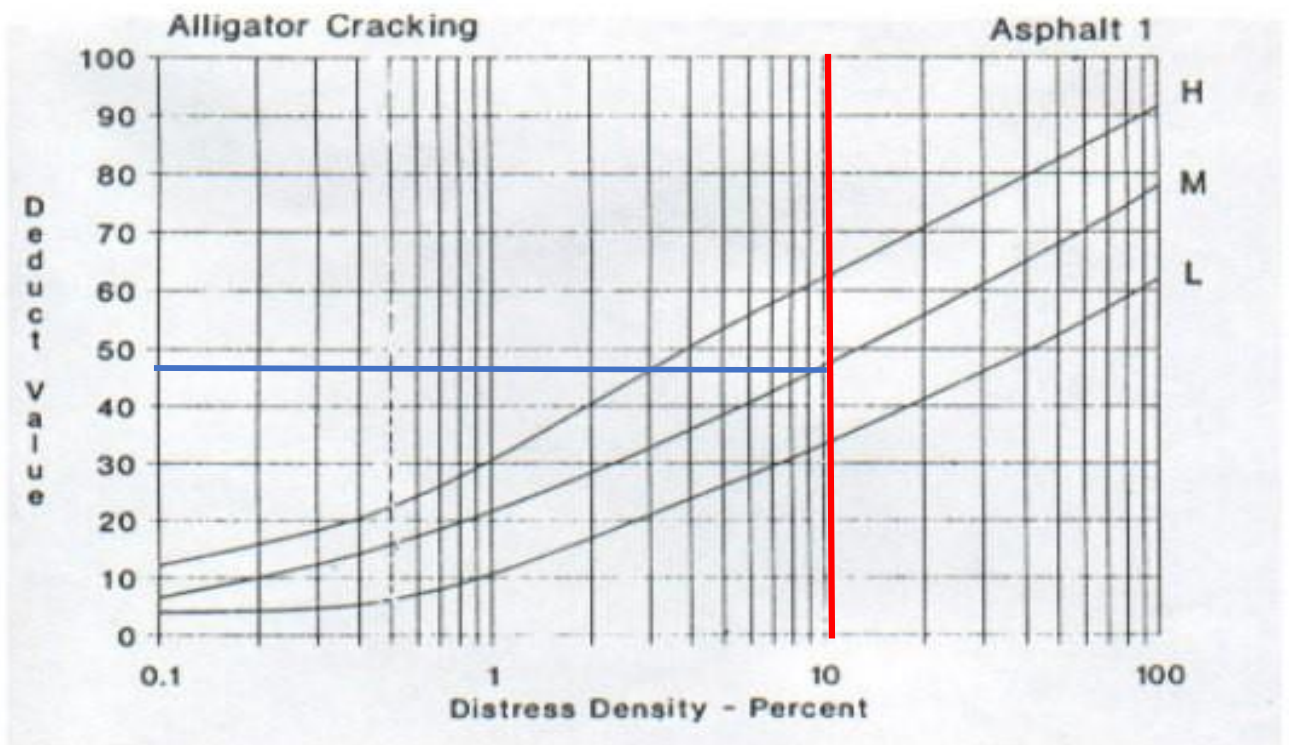
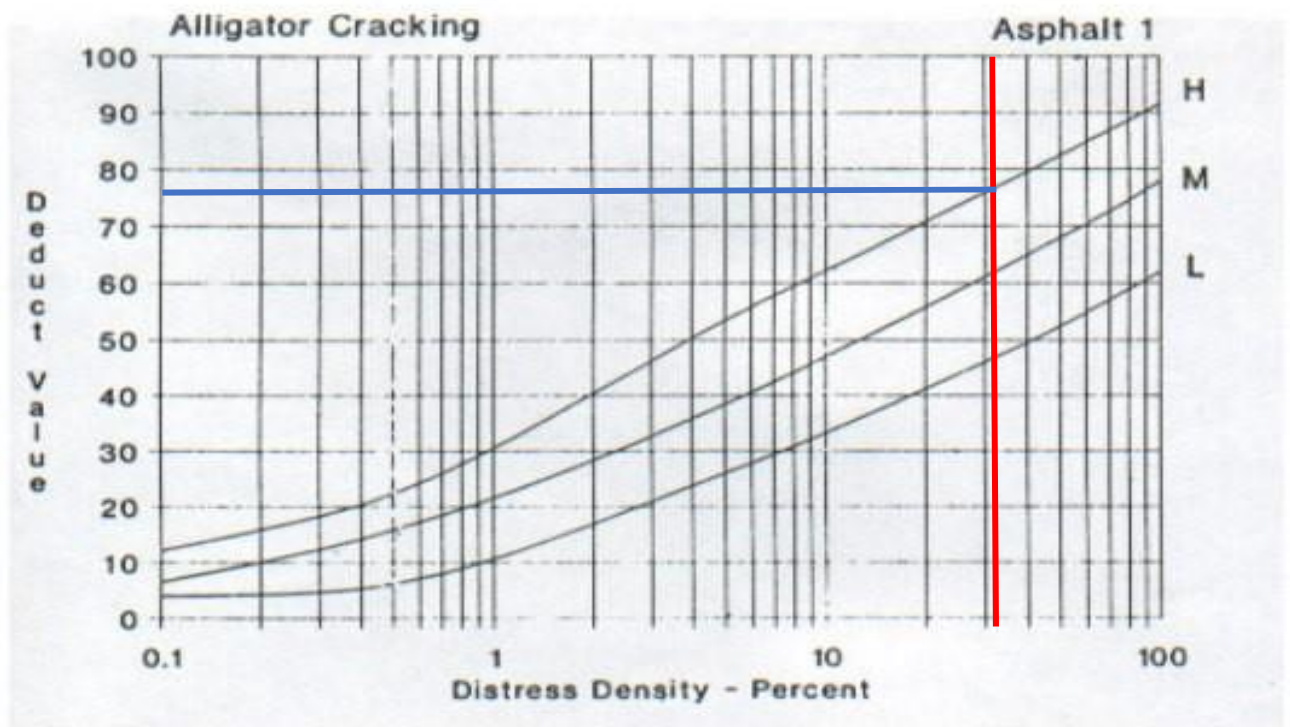
Max valor de VDC                      96.00

$$PCI = 100 - Max. valor VDC$$

VALOR DE PCI                      4.00

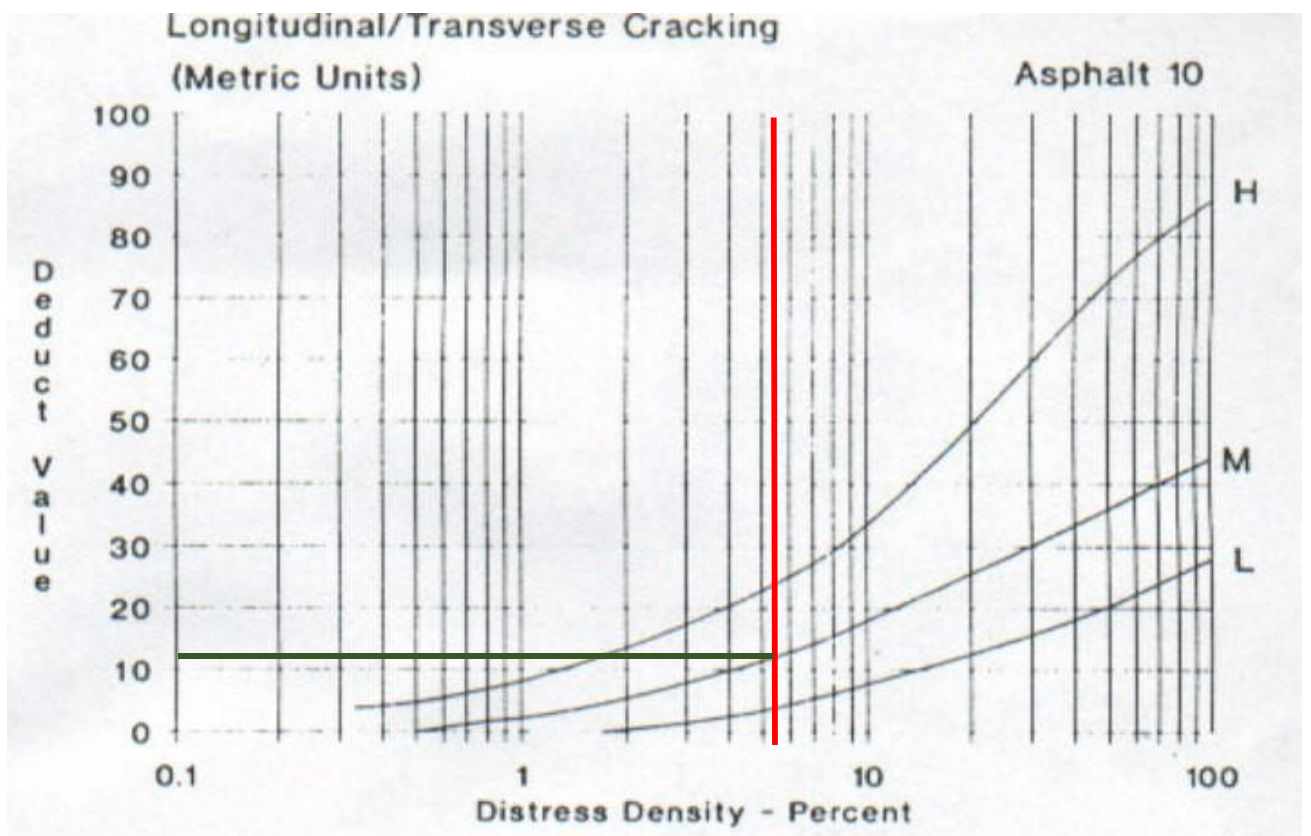
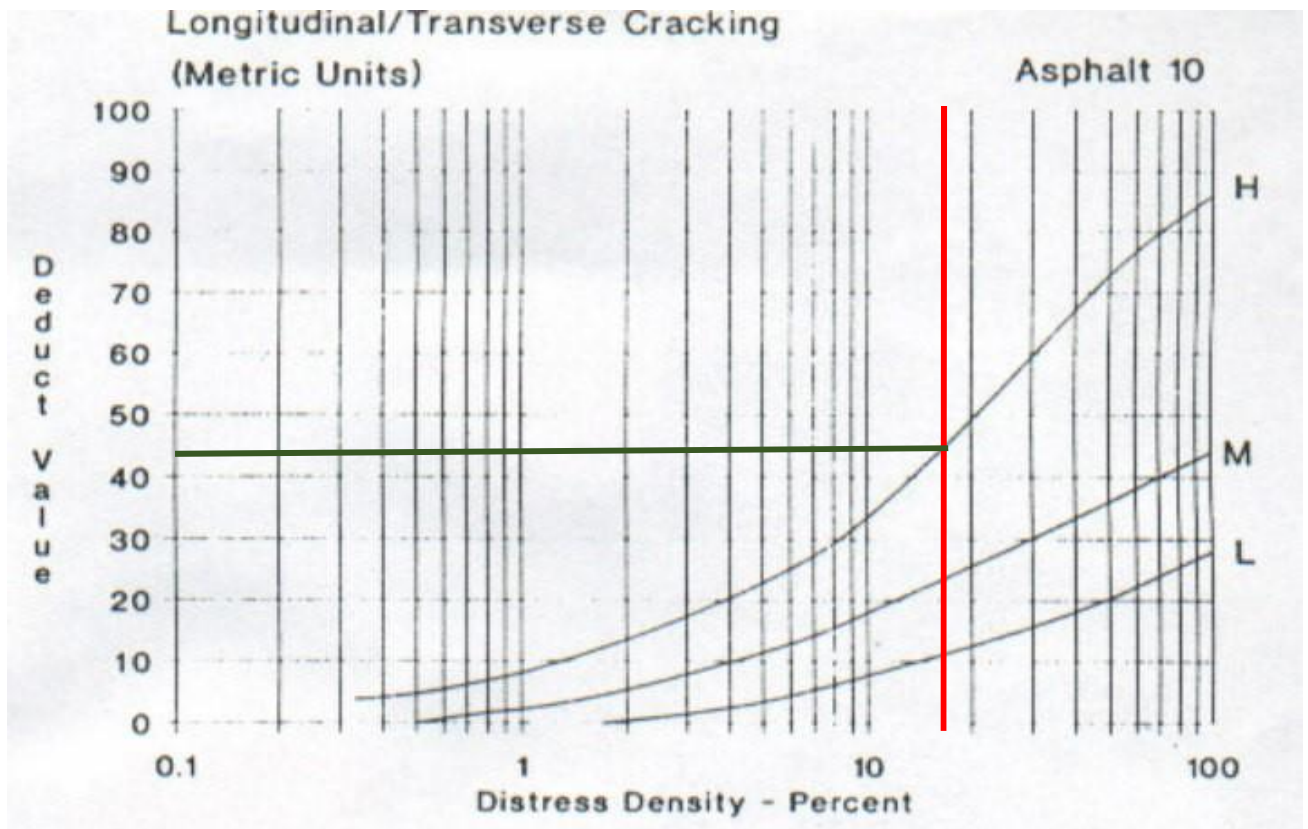


# ABACOS PARA LA FALLA N°1 (PIEL DE COCODRILO)

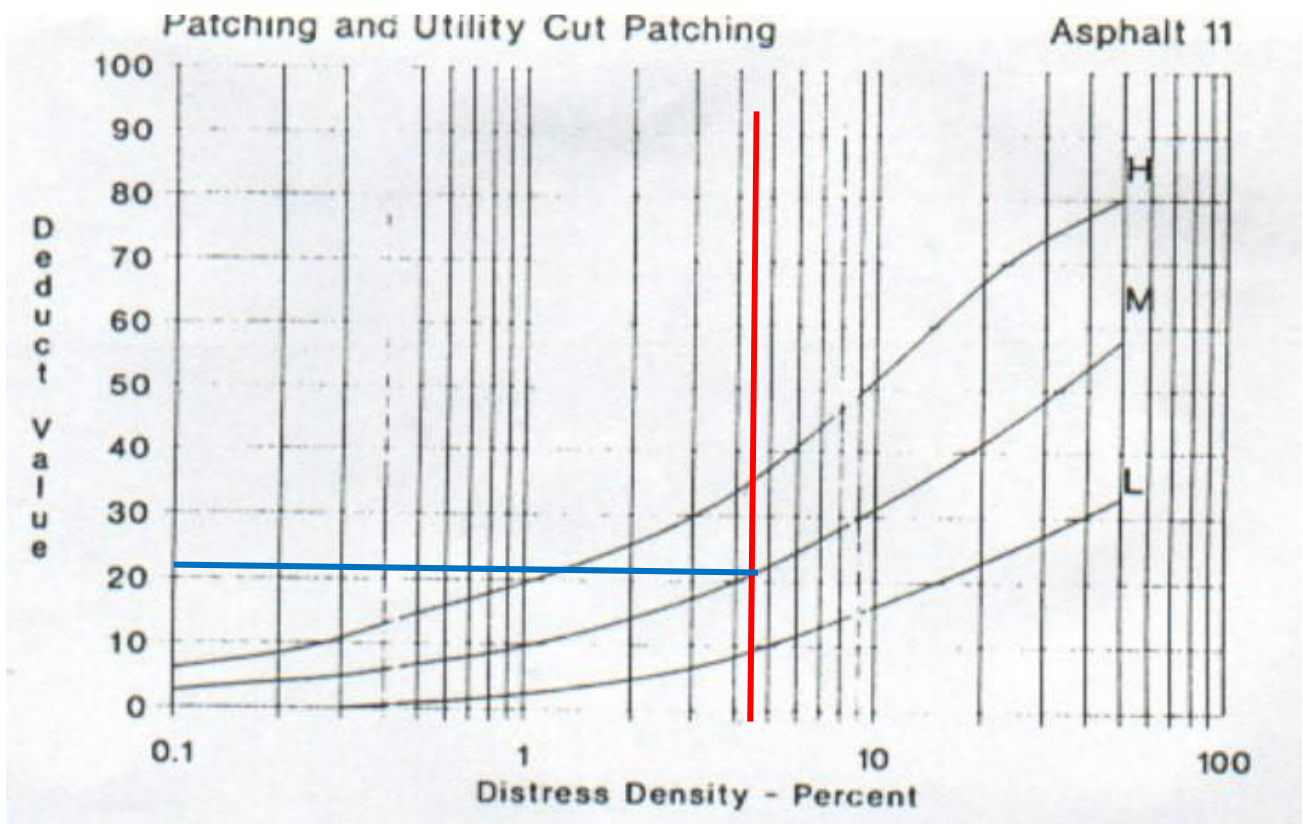




# ABACOS PARA LA FALLA N°10 (FISURAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES)



# ABACOS PARA LA FALLA N°11 (PARCHES)



# DATOS RECOLECTADOS DE CAMPO (UNIDAD DE EVALUACIÓN N° 6)

## 1.- Ficha para la evaluación superficial de pavimentos

EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO DEL TRAMO 5 DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA				ESQUEMA:			
<b>ZONA</b> Carr. Juliaca - Lampa		<b>ABSCISA INICIAL</b> Km 4 + 475	<b>UNIDAD DE MUESTREO</b> 6				
<b>CODIGO VÍA</b> Tramo 5 (Km4 al Km5)		<b>ABSCISA FINAL</b> Km 4 + 500	<b>AREA DE MUESTREO</b> 185 m2				
<b>INSPECCIONADA POR:</b> Henry Ccama, Kennedy Turpo		<b>FECHA</b> 01/02/2021					
<b>No.</b>	<b>Daño</b>	<b>No.</b>	<b>Daño</b>				
1	Piel de cocodrilo	11	Parches				
2	Exudacion	12	Pulimiento de agregados				
3	Fisura en bloque	13	Baches (huecos)				
4	Abultamientos y hundimientos	14	Cruce de via ferrea				
5	Corrugación	15	Ahuellamiento				
6	Depresion	16	Desplazamiento				
7	Fisura de borde	17	Grieta parabolica				
8	Fisura de reflexion de junta	18	Hinchamiento				
9	Desnivel carril/berma	19	Desprendimiento de agregados				
10	Fisuras longitudinal y transversa						
DAÑO	SEVERIDAD	X	Y			LONGITUD	ANCHO
10	ALTA	5.45	0.00			3.15	0.00
10	ALTA	5.15	4.18			5.82	0.00
10	ALTA	4.86	8.12			3.88	0.00
10	ALTA	5.98	18.52			3.58	0.00
10	ALTA	4.73	18.15			1.85	0.00
10	ALTA	5.48	22.19			2.78	0.00
10	ALTA	3.91	3.28			0.00	3.39
10	ALTA	3.79	6.29			0.00	3.78
10	ALTA	6.35	7.48	0.00	2.82		
10	ALTA	3.97	21.15	0.00	4.85		
10	MODERADA	1.09	1.52	0.00	2.21		
10	ALTA	0.63	9.68	0.00	3.46		
10	ALTA	0.74	14.59	0.00	3.28		
10	MODERADA	2.71	15.25	0.00	0.72		
10	ALTA	0.58	17.12	0.00	2.78		
1	ALTA	4.35	1.25	1.63	3.12		
1	ALTA	5.29	6.47	2.86	3.16		
1	ALTA	3.68	9.08	1.29	1.37		
1	ALTA	3.72	10.58	7.12	3.17		
1	ALTA	0.73	0.95	14.78	2.58		
1	ALTA	0.61	15.63	8.87	2.85		
17	ALTA	4.16	7.43	2.98	1.74		
11	MODERADA	3.22	0.00	25.00	0.55		

## 2.- Calculo de las Cantidades Parciales de cada una de las fallas

FALLA	SEVERIDAD	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	UNIDAD	CANT. PARCIAL	TOTAL
1	ALTA	1.63	3.12		5.09	101.87
		2.86	3.16		9.04	
		1.29	1.37		1.77	
		7.12	3.17		22.57	
		14.78	2.58		38.13	
		8.87	2.85		25.28	
10	ALTA	3.15	0.00		3.15	45.42
		5.82	0.00		5.82	
		3.88	0.00		3.88	
		3.58	0.00		3.58	
		1.85	0.00		1.85	
		2.78	0.00		2.78	
		0.00	3.39		3.39	
		0.00	3.78		3.78	
		0.00	2.82		2.82	
		0.00	4.85		4.85	
		0.00	3.46		3.46	
		0.00	3.28		3.28	
		0.00	2.78		2.78	
	10	MODERADA	0.00	2.21		
0.00			0.72		0.72	
11	MODERADA	25.00	0.55		13.75	13.75
17	ALTA	2.98	0.55		1.64	1.64

### 3.- Determinación de los valores deducidos por las tablas de la Norma ASTM D6436

		AREA DE MUESTRA 185 m <sup>2</sup>		
FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD (%)	VALOR DEDUCIDO
1	ALTA	101.87	55.07	83.00
10	ALTA	45.42	24.55	53.00
	MODERADA	2.93	1.58	2.50
11	MODERADA	13.75	7.43	27.50
17	ALTA	1.64	0.89	17.00

Los valores deducidos fueron determinados por abacos

Los abacos fueron extraídos del manual de la condición de pavimentos PCI que también se encuentran en la Norma ASTM 6433

#### 4.- Calculo de los valores corregidos

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_1)$$

Número de valores deducidos mayores a 2                    5  
 Valor deducido mas alto (HDV1)                                    83.00  
 Numero máximo de valores deducidos (mi)                    2.56

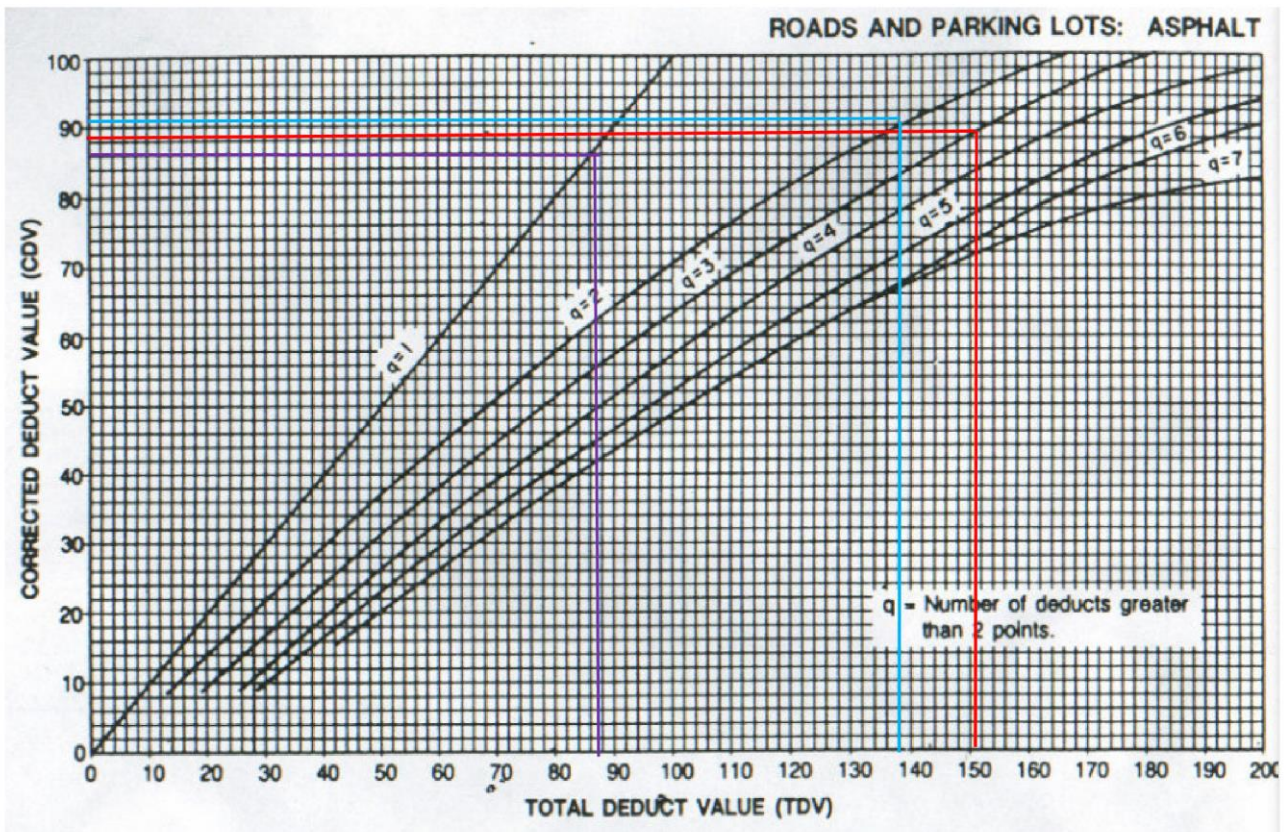
$$PCI = 100 - \text{Max. valor VDC}$$

#### CALCULO DE VALORES CORREGIDOS

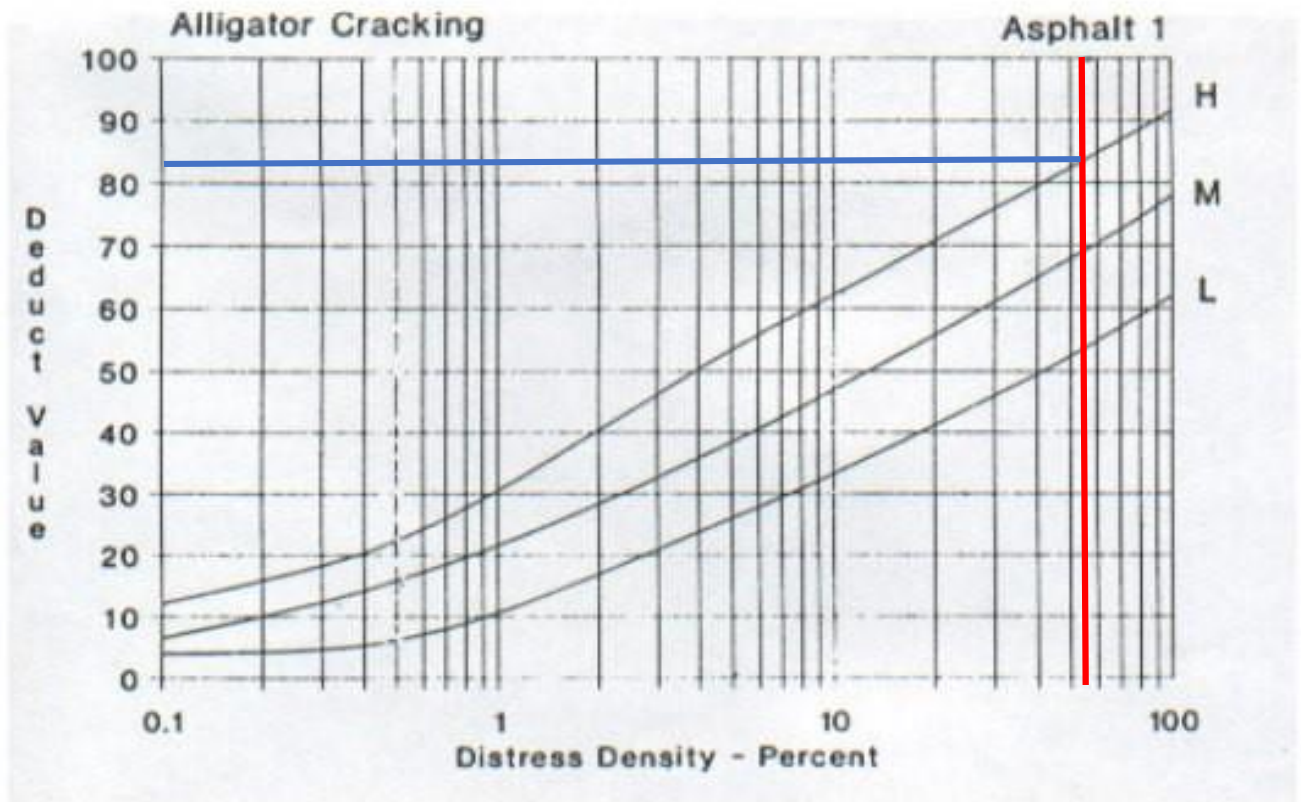
Nº	VALORES DEDUCIDOS			VDT	q	VDC
1	83.00	53.00	15.40	151.40	3	88.00
2	83.00	53.00	2	138.00	2	91.00
3	83.00	2	2	87.00	1	87.00
<b>Max valor de VDC</b>						<b>91.00</b>

$$PCI = 100 - \text{Max. valor VDC}$$

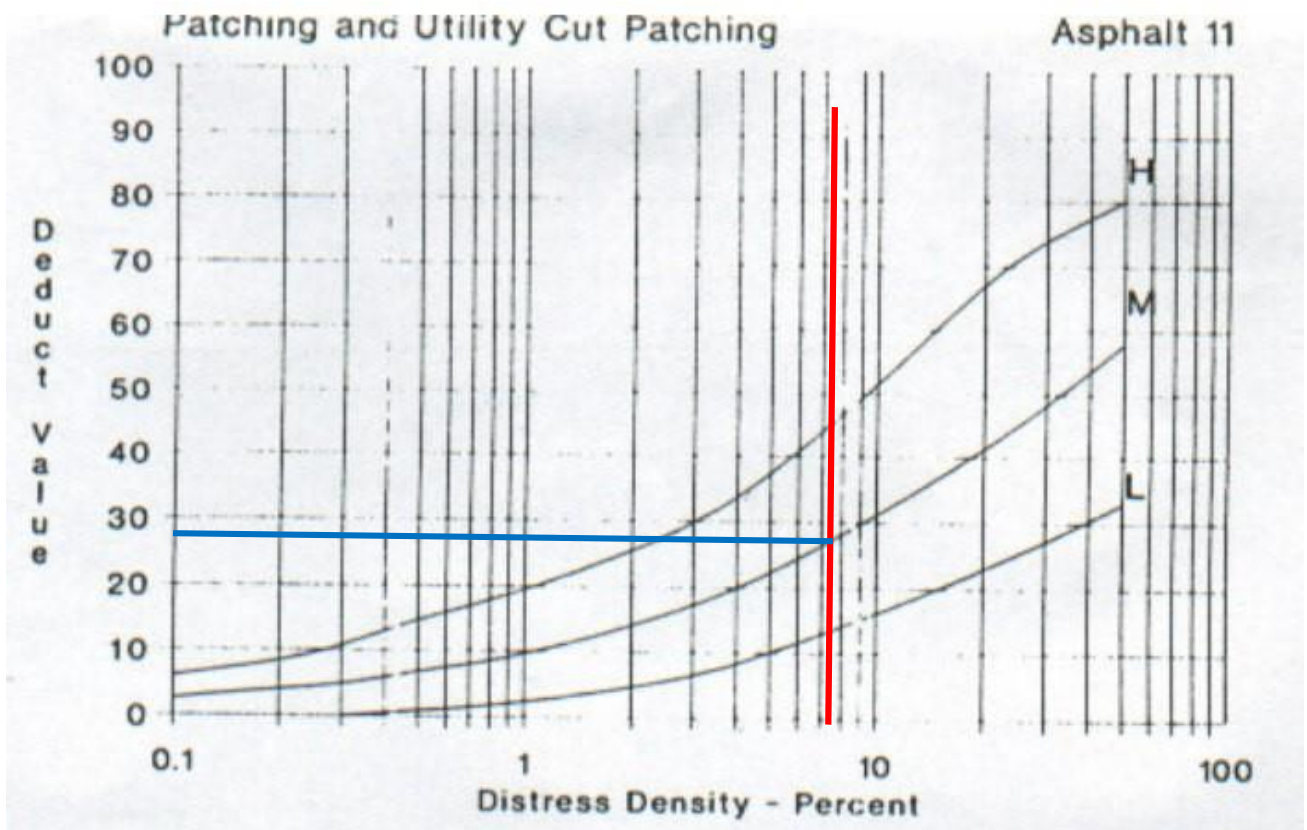
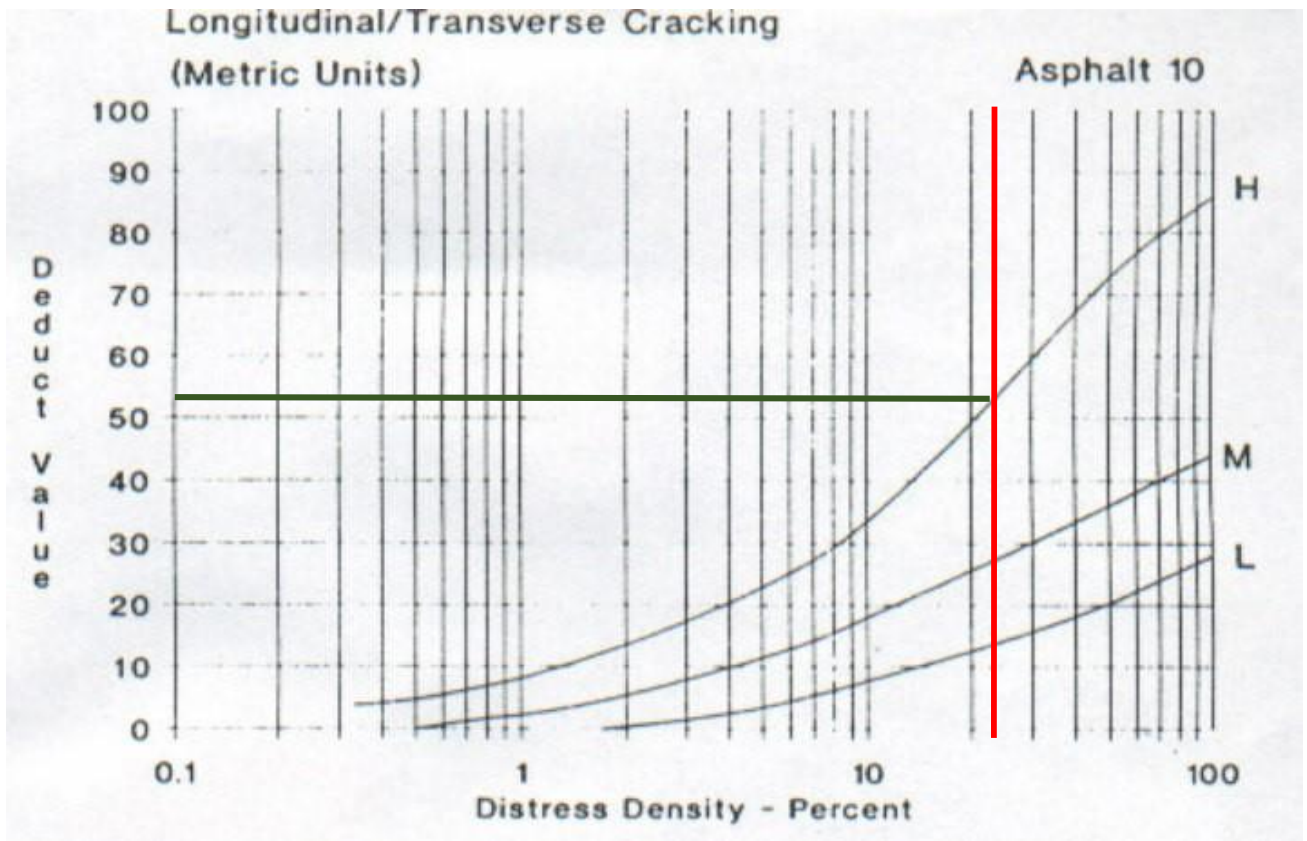
**VALOR DE PCI            9.00**



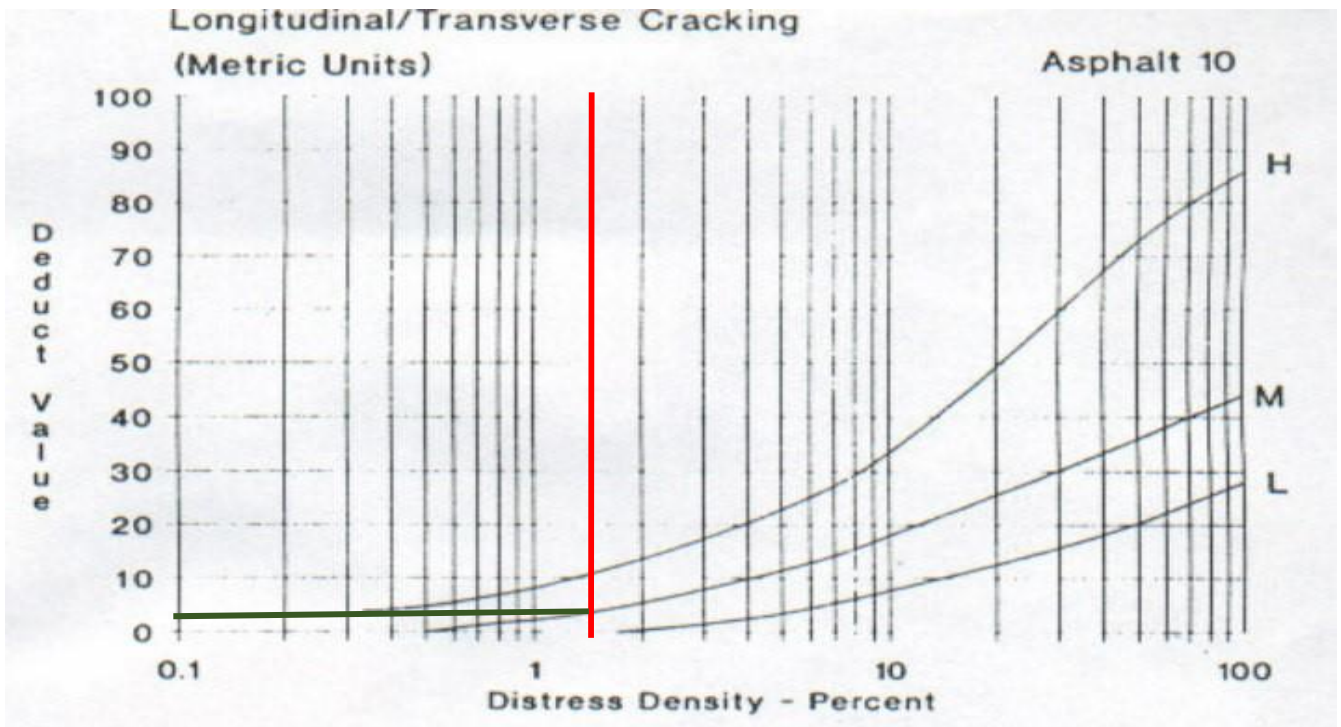
# ABACOS PARA LA FALLA N°1 (PIEL DE COCODRILO)



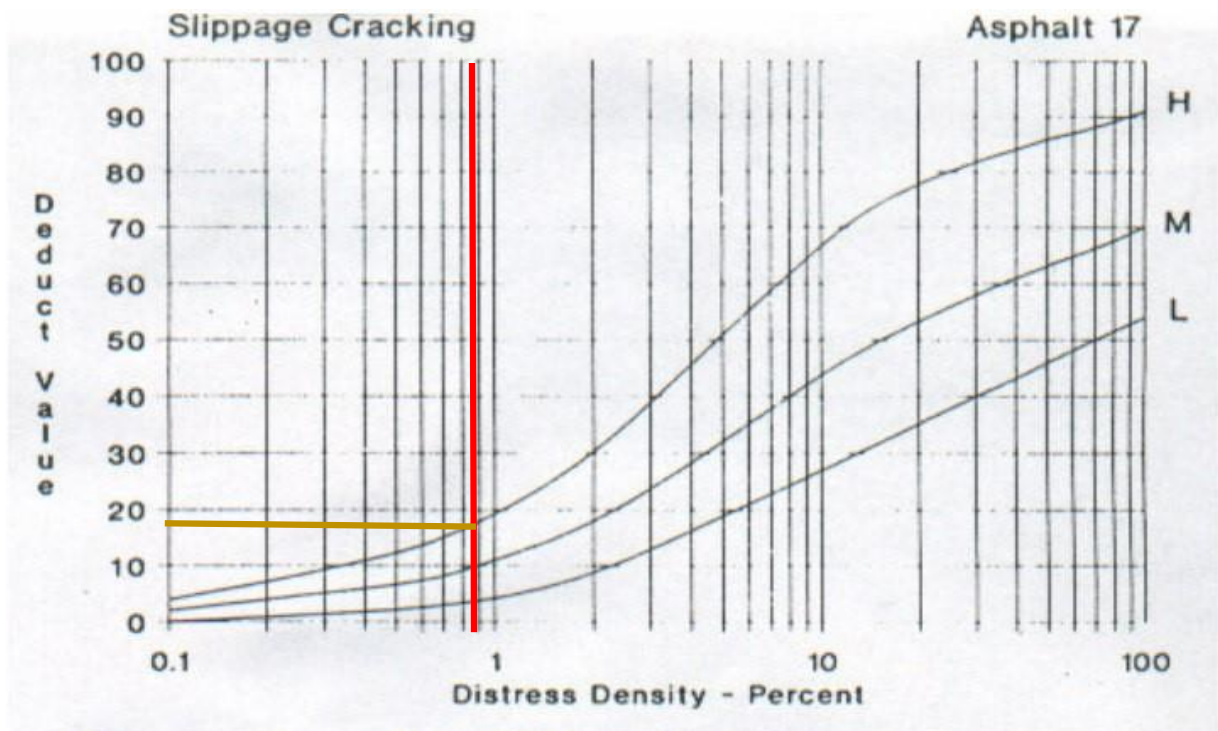
# ABACOS PARA LA FALLA N°10 (FISURAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES)



## ABACOS PARA LA FALLA Nª11 (PARCHES)



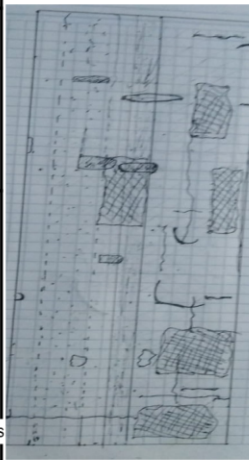
## ABACOS PARA LA FALLA Nª17 (GRIETA PARABOLICA)





## DATOS RECOLECTADOS DE CAMPO (UNIDAD DE EVALUACIÓN N° 7)

### 1.- Ficha para la evaluación superficial de pavimentos

EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO DEL TRAMO 5 DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA				ESQUEMA:	
<b>ZONA</b> Carr. Juliaca - Lampa		<b>ABSCISA INICIAL</b> Km 4 + 500	<b>UNIDAD DE MUESTREO</b> 7		
<b>CODIGO VIA</b> Tramo 5 (Km4 al Km5)		<b>ABSCISA FINAL</b> Km 4 + 525	<b>AREA DE MUESTREO</b> 185 m2		
<b>INSPECCIONADA POR:</b> Henry Ccama, Kennedy Turpo		<b>FECHA</b> 01/02/2021			
<b>No.</b>	<b>Daño</b>	<b>No.</b>	<b>Daño</b>		
1	Piel de cocodrilo	11	Parches		
2	Exudacion	12	Pulimiento de agregados		
3	Fisura en bloque	13	Baches (huecos)		
4	Abultamientos y hundimientos	14	Cruce de via ferrea		
5	Corrugación	15	Ahuellamiento		
6	Depresion	16	Desplazamiento		
7	Fisura de borde	17	Grieta parabolica		
8	Fisura de reflexion de junta	18	Hinchamiento		
9	Desnivel carril/berma	19	Desprendimiento de agregados		
10	Fisuras longitudinal y transversa				
DAÑO	SEVERIDAD	X	Y	LONGITUD	ANCHO
10	ALTA	0.00	1.52	0.00	4.29
10	ALTA	4.37	2.61	0.00	3.32
10	MODERADA	5.84	3.18	0.00	1.89
10	MODERADA	6.34	8.76	0.00	0.94
10	ALTA	5.03	13.55	0.00	1.18
10	ALTA	5.38	24.24	0.00	1.70
10	ALTA	5.68	2.48	2.84	0.00
10	ALTA	5.94	6.62	2.23	0.00
10	ALTA	4.92	9.89	3.51	0.00
7	MODERADA	5.64	10.37	7.24	0.00
7	MODERADA	6.95	2.52	0.00	0.54
7	MODERADA	0.00	8.45	0.00	0.17
7	BAJA	0.28	16.65	0.93	0.00
7	ALTA	7.28	19.05	0.00	0.37
7	ALTA	7.22	23.82	0.00	0.41
17	MODERADA	4.72	8.28	1.79	1.46
17	MODERADA	5.55	11.76	1.63	1.14
1	ALTA	4.38	0.00	1.65	3.72
1	ALTA	5.25	4.27	2.45	2.33
1	ALTA	6.29	12.56	3.73	1.37
1	MODERADA	2.63	12.62	3.80	1.40
1	ALTA	5.77	18.04	4.70	1.36
13	MODERADA	2.19	4.41		
13	MODERADA	3.71	4.53		
13	ALTA	1.14	13.68		
11	MODERADA	2.63	10.15	0.32	0.83
11	MODERADA	3.24	15.82	0.57	1.37
11	BAJA	1.67	16.60	0.48	1.22
11	ALTA	3.15	20.27	0.27	2.12
11	ALTA	1.41	21.12	0.22	1.08
11	ALTA	3.07	0.00	25.00	0.57
19	ALTA	0.86	0	25	1.27

### 2.- Calculo de las Cantidades Parciales de cada una de las fallas

FALLA	SEVERIDAD	LONGITUD(m)	ANCHO(m)	UNIDAD	CANT. PARCIAL	TOTAL
1	ALTA	1.65	3.72		6.14	23.35
		2.45	2.33		5.71	
		3.73	1.37		5.11	
		4.7	1.36		6.39	
	MODERADA	3.8	1.4		5.32	

7	ALTA	0 0	0.37 0.41		0.37 0.41	0.78	
	BAJA	0.93	0		0.93	0.93	
	MODERADA	7.24 0 0	0 0.54 0.17		7.24 0.54 0.17	7.95	
10	ALTA	0 0 0 0	4.29 3.32 1.18 1.7		4.29 3.32 1.18 1.7	19.07	
		2.84 2.23 3.51	0 0 0		2.84 2.23 3.51		
		0	1.89		1.89		2.83
MODERADA	0	0.94		0.94			
11	ALTA	0.27 0.22 25	2.12 1.08 0.57		0.57 0.24 14.25	15.06	
		0.48	1.22		0.59		0.59
		MODERADA	0.32 0.57	0.83 1.37			0.27 0.78
13	ALTA			1		1	
	MODERADA			1 1		2	
17	MODERADA	1.79 1.63	1.46 1.14		2.61 1.86	4.47	
19	MODERADA	25	1.27		31.75	31.75	

### 3.- Determinación de los valores deducidos por las tablas de la Norma ASTM D6436

FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD(%)	VALOR DEDUCIDO
1	ALTA	23.35	12.62%	78
	MODERADA	5.32	2.88%	32
7	ALTA	0.78	0.42%	8
	BAJA	0.93	0.50%	1
	MODERADA	7.95	4.30%	10
10	ALTA	19.07	10.31%	34
	MODERADA	2.83	1.53%	2.5
11	ALTA	15.06	8.14%	48
	BAJA	0.59	0.32%	0
	MODERADA	1.05	0.57%	6

Los valores deducidos fueron determinados por abacos

Los abacos fueron extraídos del manual de la condición de pavimentos PCI que también se encuentran en la Norma ASTM 6433

13	ALTA	1	0.54%	40
	MODERADA	2	1.08%	32
17	MODERADA	4.47	2.42%	20
19	MODERADA	31.75	17.16%	30

#### 4.- Calculo de los valores corregidos

Número de valores deducidos mayores a 2                    12  
 Valor deducido mas alto (HDV1)                                    78.00  
 Numero máximo de valores deducidos (mi)                    3.02

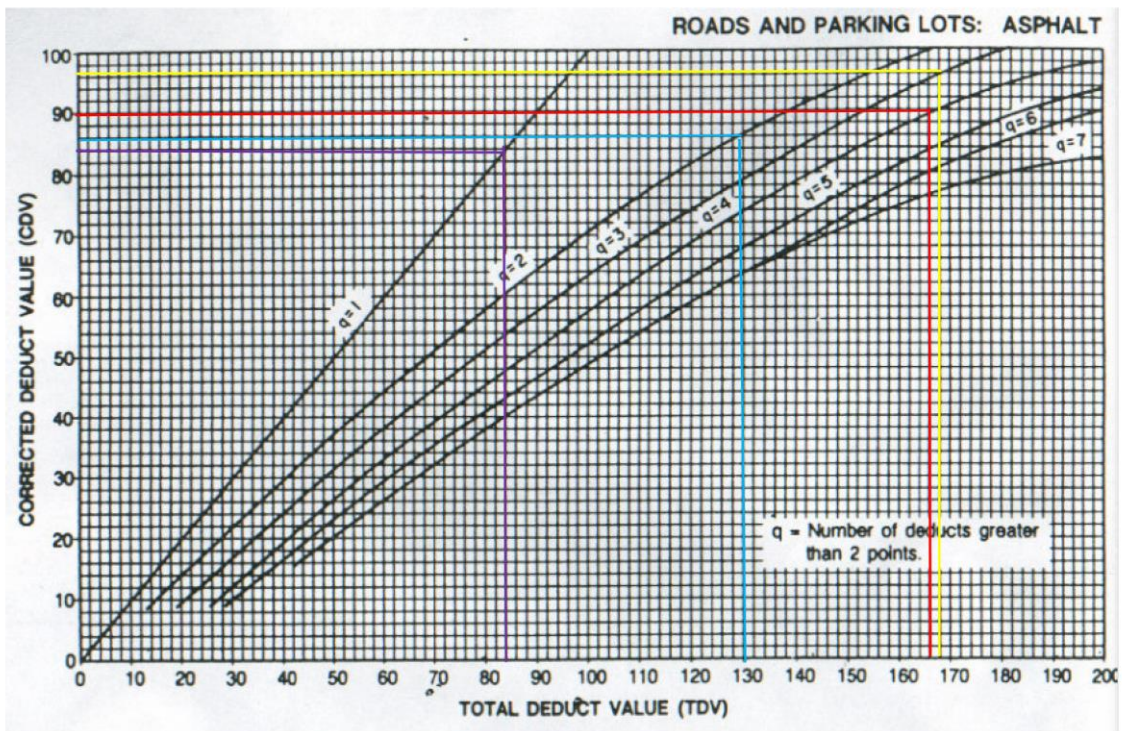
$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_1)$$

#### CALCULO DE VALORES CORREGIDOS

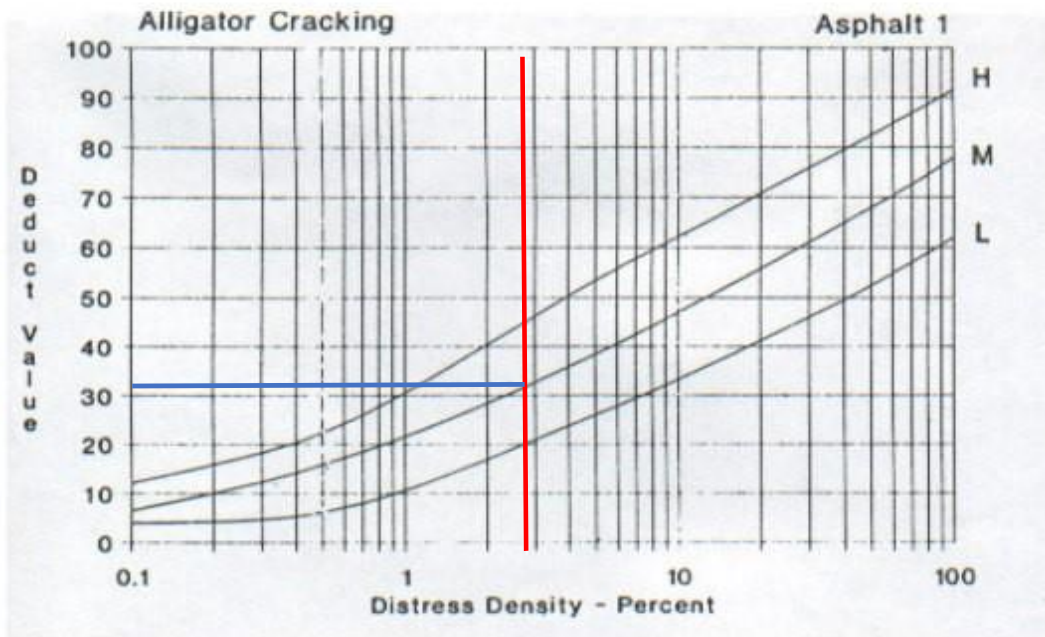
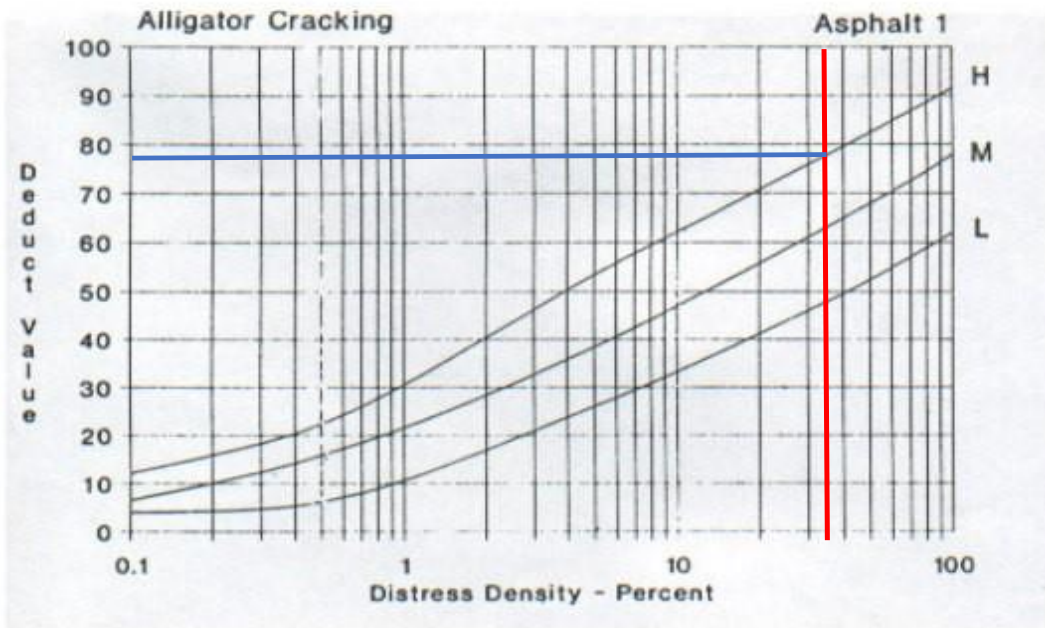
Nº	VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC
1	78.00	48.00	40.00	0.68	166.68	4	90.00
2	78.00	48.00	40.00	2	168.00	3	96.00
3	78.00	48.00	2	2	130.00	2	86.00
4	78.00	2	2	2	84.00	1	84.00
<b>Max valor de VDC</b>							<b>96.00</b>

$$PCI = 100 - \text{Max. valor VDC}$$

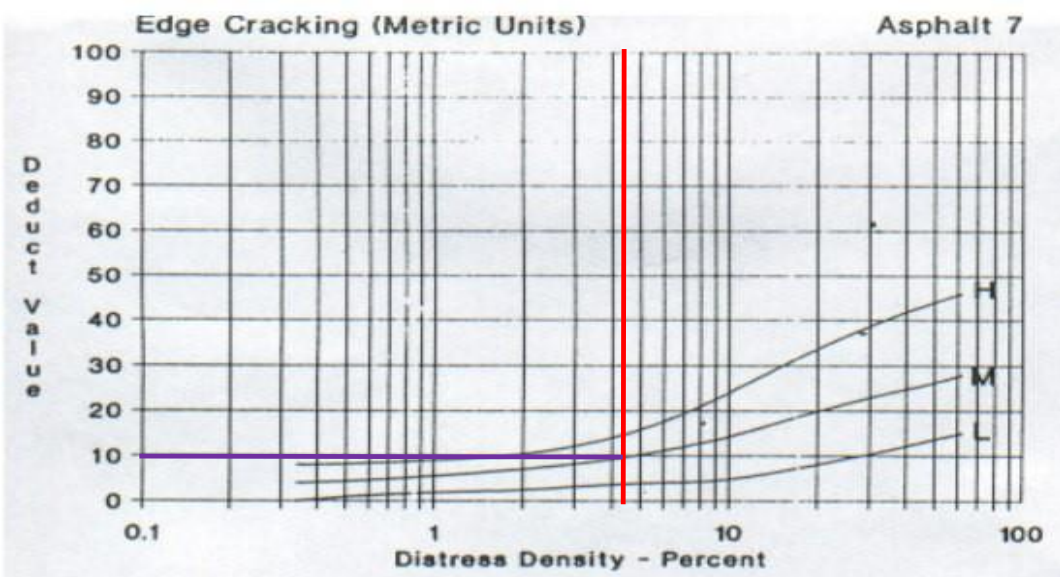
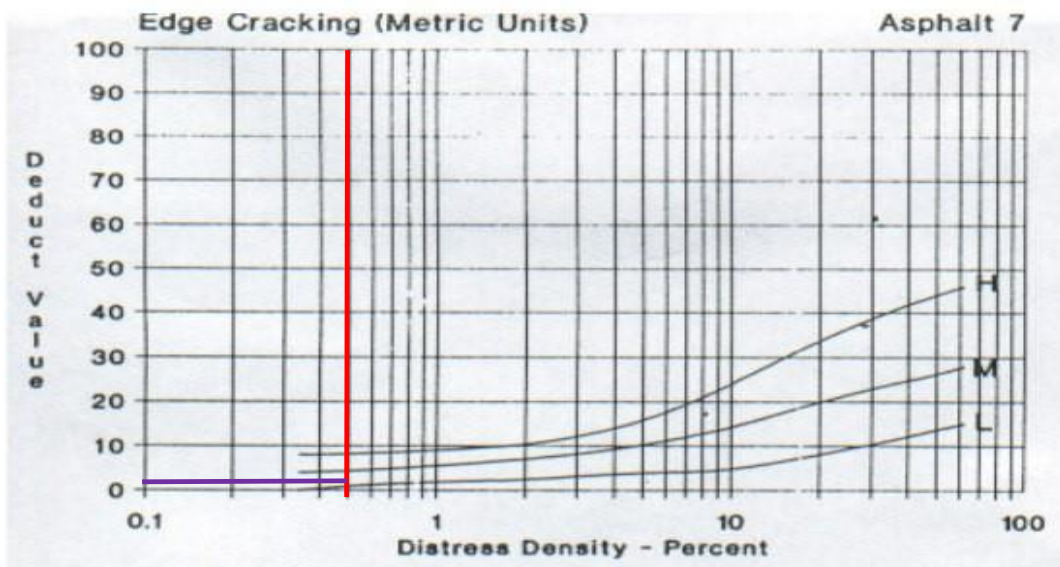
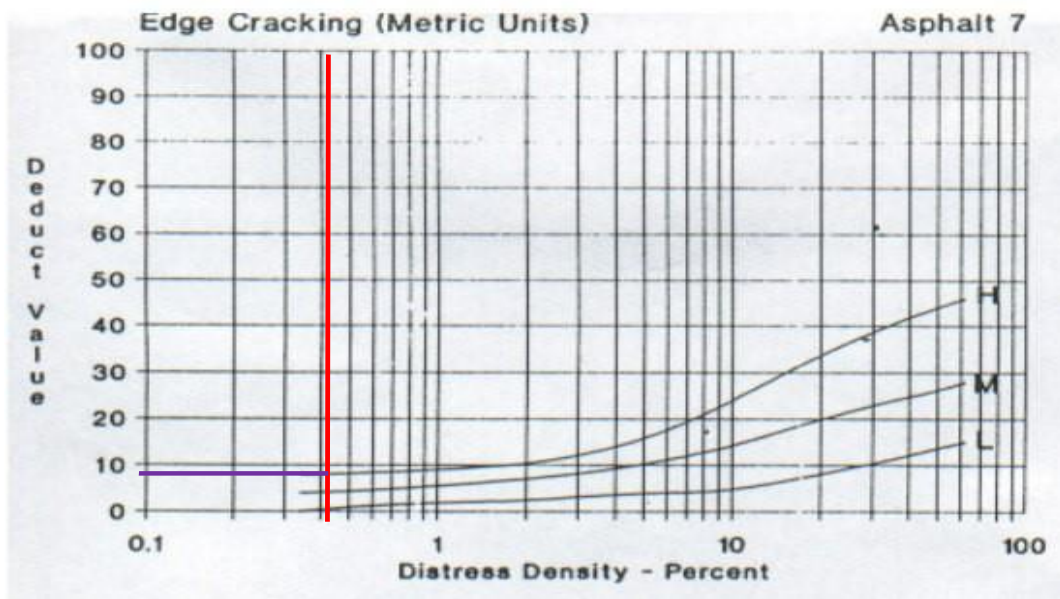
**VALOR DE PCI      4.00**



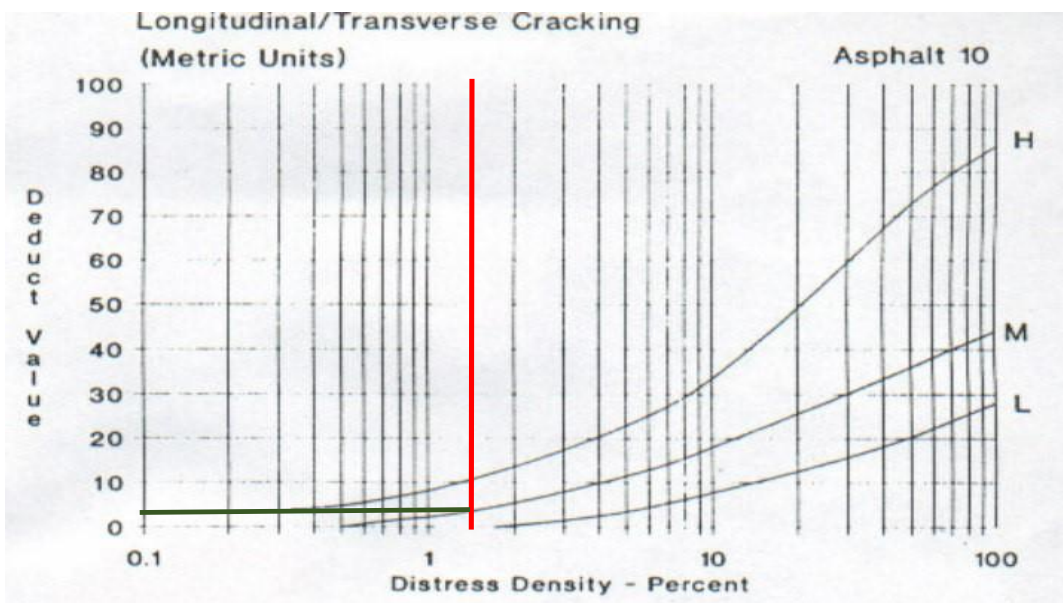
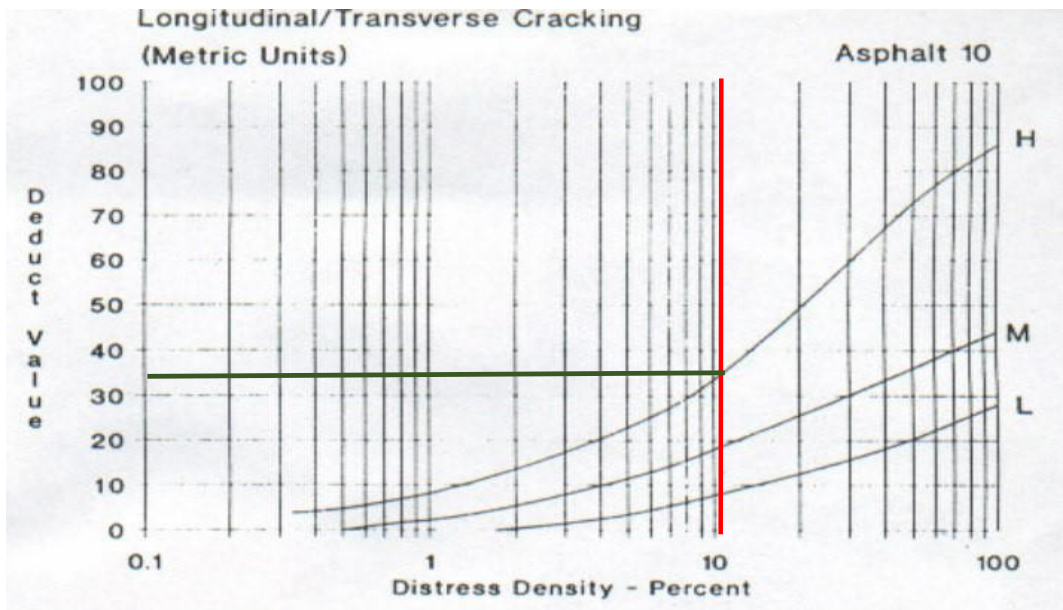
# ABACOS PARA LA FALLA N<sup>a</sup>1 (PIEL DE COCODRILO)



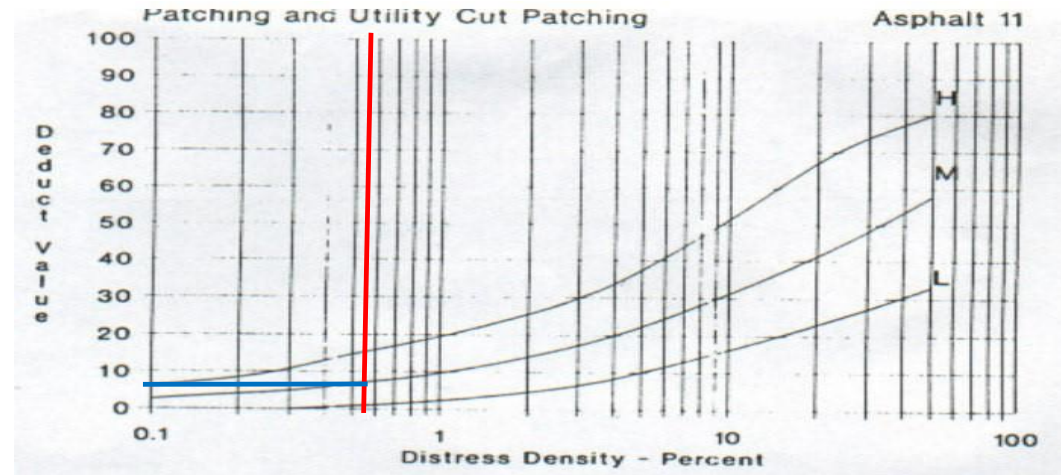
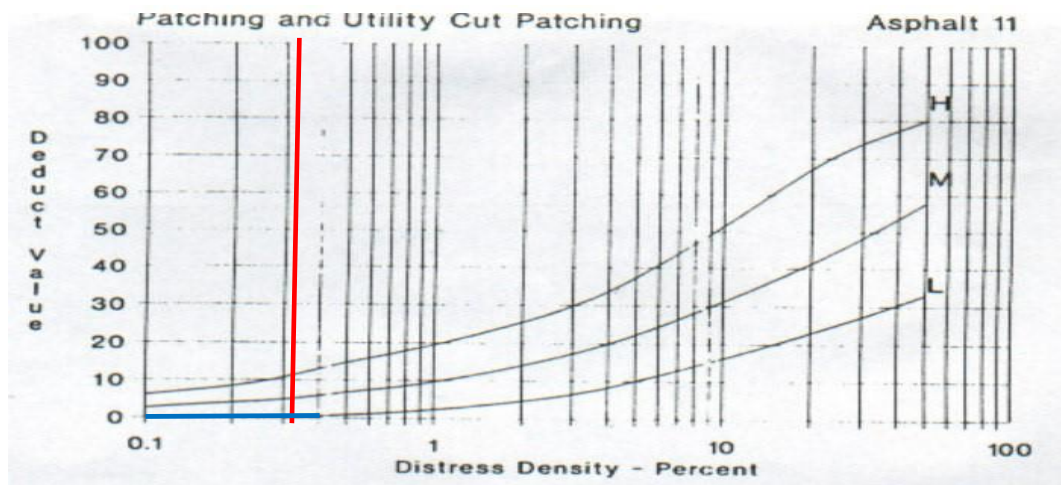
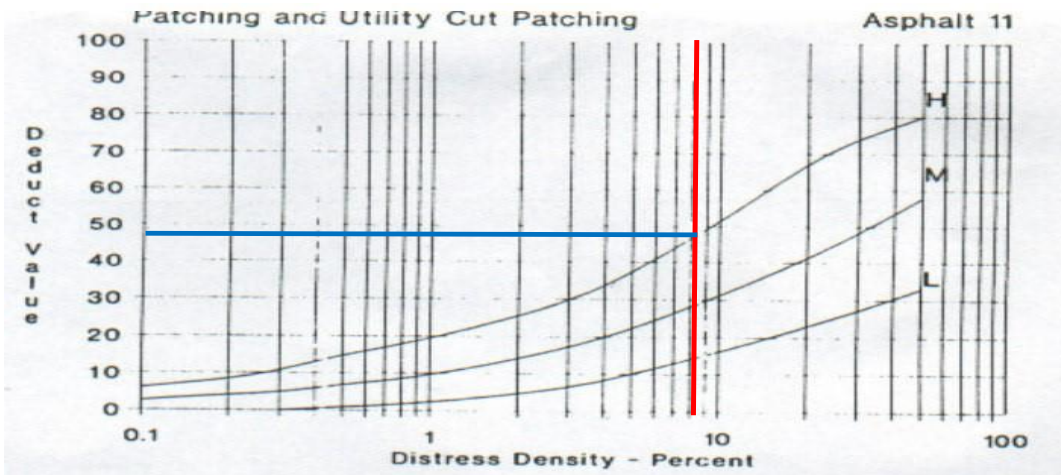
# ABACOS PARA LA FALLA N°7 (FISURA DE BORDE)



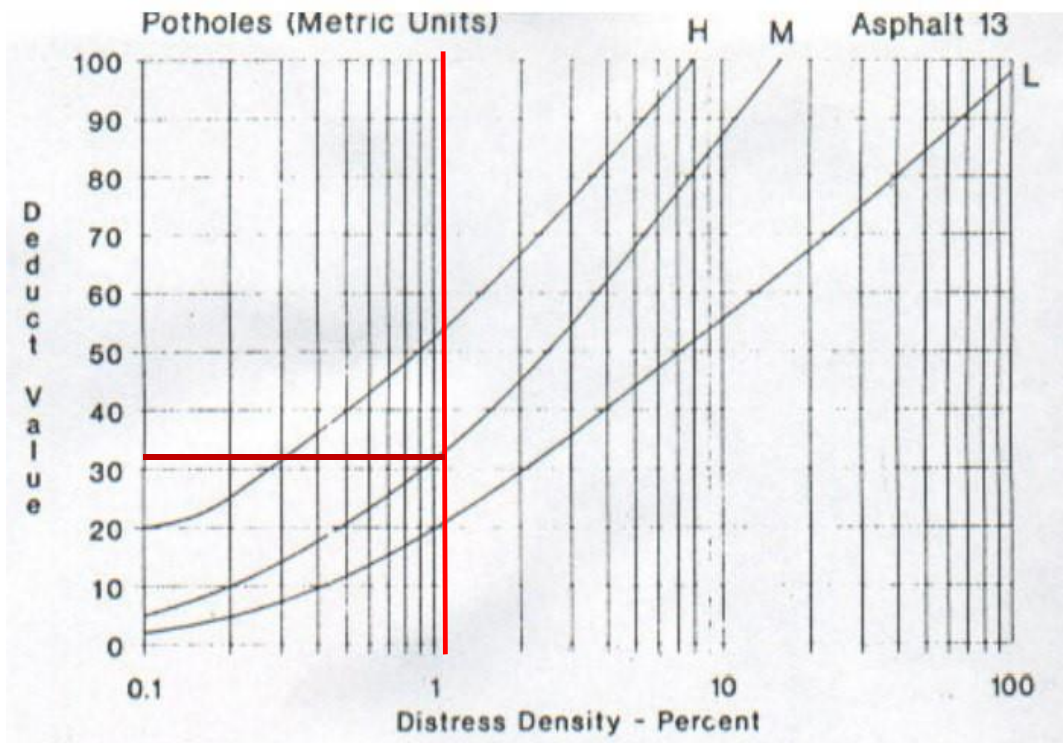
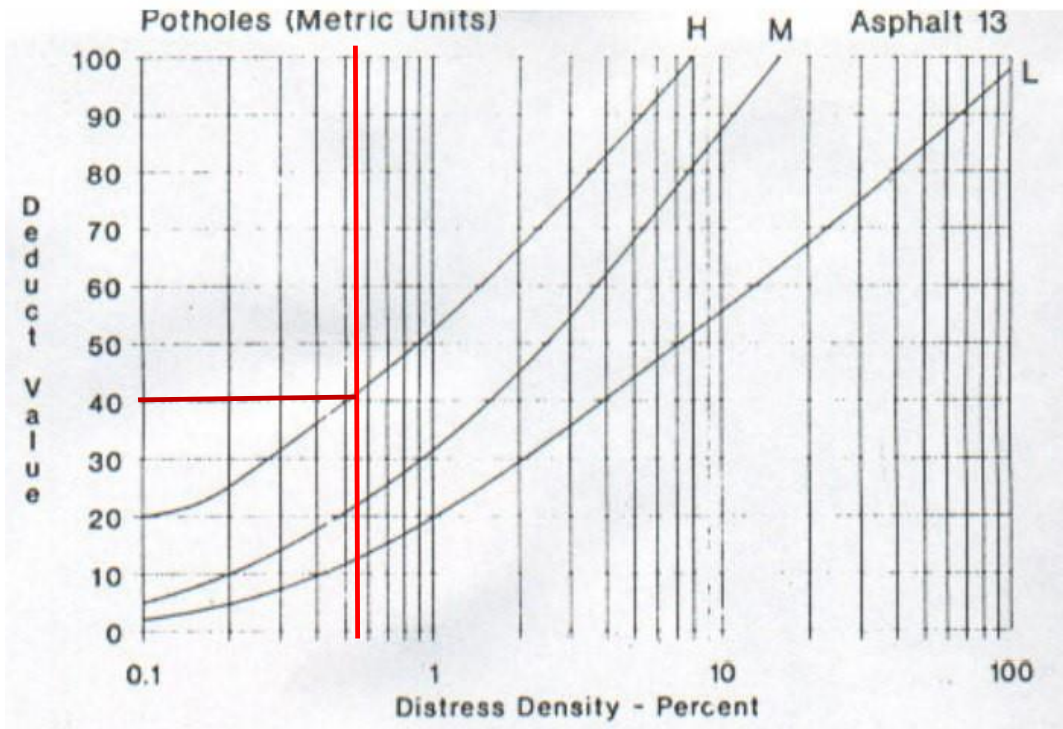
ABACOS PARA LA FALLA Nº10 (FISURAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES)



# ABACOS PARA LA FALLA Nº11 (PARCHES)

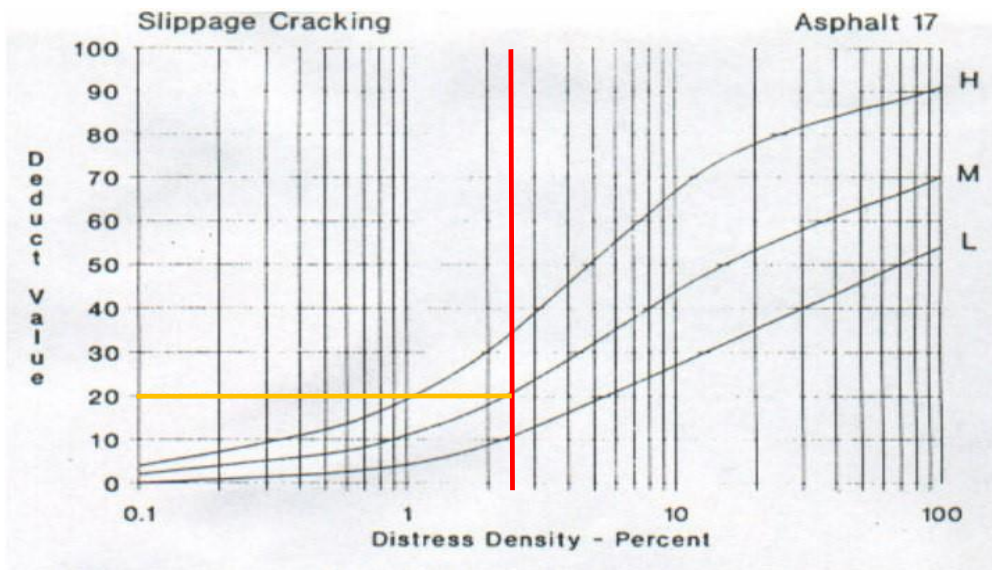


# ABACOS PARA LA FALLA N°13 (BACHES O HUECOS)

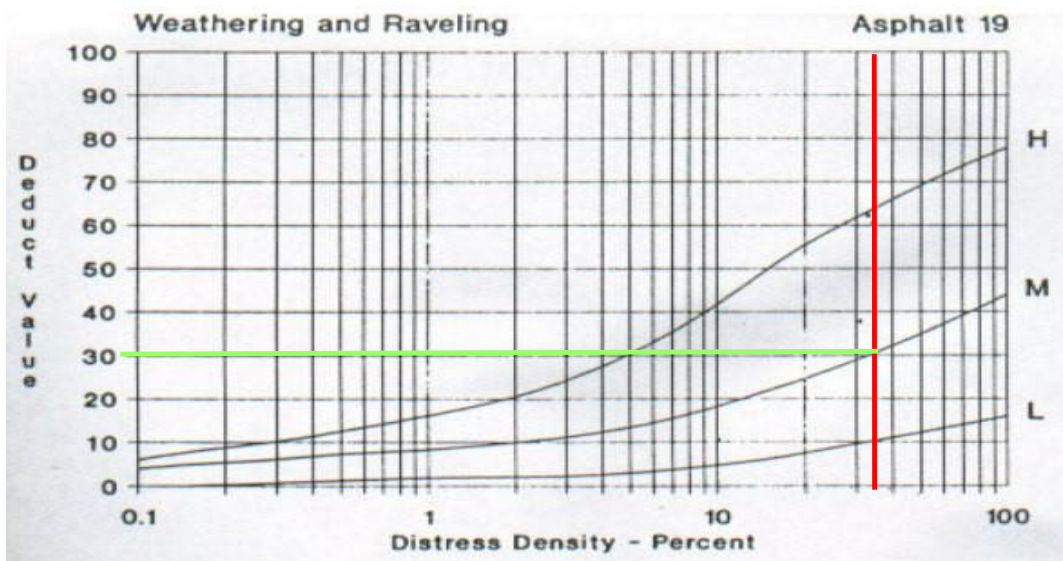




## ABACOS PARA LA FALLA N°17 (GRIETA PARABOLICA)

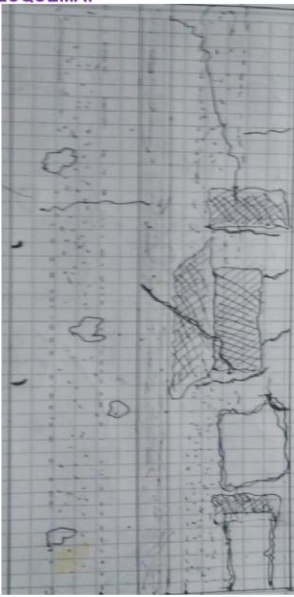
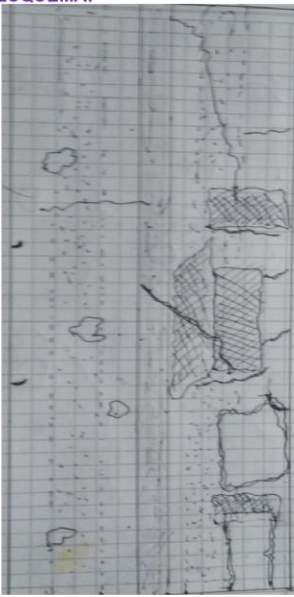


## ABACOS PARA LA FALLA N°19 (DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS)



# DATOS RECOLECTADOS DE CAMPO (UNIDAD DE EVALUACIÓN N° 8)

## 1.- Ficha para la evaluación superficial de pavimentos

EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO DEL TRAMO 5 DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA				ESQUEMA:			
<b>ZONA</b> Carr. Juliaca - Lampa		<b>ABSCISA INICIAL</b> Km 4 + 500	<b>UNIDAD DE MUESTREO</b> 8				
<b>CODIGO VÍA</b> Tramo 5 (Km4 al Km5)		<b>ABSCISA FINAL</b> Km 4 + 525	<b>AREA DE MUESTREO</b> 185 m2				
<b>INSPECCIONADA POR:</b> Henry Ccama, Kennedy Turpo		<b>FECHA</b> 01/02/2021					
<b>No.</b>	<b>Daño</b>	<b>No.</b>	<b>Daño</b>				
1	Piel de cocodrilo	11	Parches				
2	Exudacion	12	Pulimiento de agregados				
3	Fisura en bloque	13	Baches (huecos)				
4	Abultamientos y hundimientos	14	Cruce de via ferrea				
5	Corrugación	15	Ahuellamiento				
6	Depresion	16	Desplazamiento				
7	Fisura de borde	17	Grieta parabolica				
8	Fisura de reflexion de junta	18	Hinchamiento				
9	Desnivel carril/berma	19	Desprendimiento de agregados				
10	Fisuras longitudinal y transversal						
DAÑO	SEVERIDAD	X	Y			LONGITUD	ANCHO
3	ALTA	5.64	0.00			3.12	1.41
3	ALTA	5.64	4.24			3.23	1.81
1	ALTA	5.59	9.38			4.22	1.10
1	MODERADA	4.14	9.21			6.94	1.77
1	ALTA	5.11	15.57			1.67	2.11
1	ALTA	5.64	2.80			1.27	1.10
7	ALTA	0.00	8.63			0.00	0.21
7	BAJA	0.00	14.80			0.00	0.17
10	ALTA	4.80	8.68			0.00	2.24
7	MODERADA	7.11	7.62	0.00	0.61		
7	MODERADA	7.13	10.72	0.00	0.17		
7	ALTA	6.79	13.55	0.00	0.54		
10	ALTA	5.02	15.79	0.00	2.12		
10	MODERADA	0.89	16.14	0.00	2.91		
10	ALTA	6.01	19.79	0.00	1.76		
10	ALTA	5.81	9.47	5.76	0.00		
10	ALTA	6.08	17.02	8.37	0.00		
13	ALTA	1.03	2.05				
13	ALTA	2.47	7.67				
13	ALTA	1.46	11.22				
13	ALTA	0.98	18.73				
11	MODERADA	3.22	0.00	25.00	0.55		
19	ALTA	0.86	0.00	25.00	1.27		
19	ALTA	4.51	0.00	25.00	1.27		

## 2.- Calculo de las Cantidades Parciales de cada una de las fallas

FALLA	SEVERIDAD	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	UNIDAD	CANT. PARCIAL	TOTAL
1	ALTA	4.22 1.67 1.27	1.10 2.11 1.10		4.64 3.52 1.40	9.56
	MODERADA	6.94	1.77		12.28	12.28
3	ALTA	3.12 3.23	1.41 1.81		4.40 5.85	10.25
7	ALTA	0.00 0.00	0.21 0.54		0.21 0.54	0.75
	BAJA	0.00	0.17		0.17	0.17
	MODERADA	0.00 0.00	0.61 0.17		0.61 0.17	0.78
10	ALTA	0.00 0.00 5.76 8.37 0.00	2.24 1.76 0.00 0.00 2.12		2.24 1.76 5.76 8.37 2.12	20.25
	MODERADA	0.00	2.91		2.91	2.91
11	MODERADA	25.00	0.55		13.75	13.75
13	ALTA			1.00 1.00 1.00 1.00		4.00
19	ALTA	25.00 25.00	1.27 1.27		31.75 31.75	63.5

### 3.- Determinación de los valores deducidos por las tablas de la Norma ASTM D6436

		AREA DE MUESTRA 185 m2		
FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD(%)	VALOR DEDUCIDO
1	ALTA	9.56	5.17%	55
	MODERADA	12.28	6.64%	57
3	ALTA	10.25	5.54%	21
7	ALTA	0.75	0.41%	8
	BAJA	0.17	0.09%	0
	MODERADA	0.78	0.42%	5

10	ALTA	20.25	10.95%	34
	MODERADA	2.91	1.57%	3.5
11	MODERADA	13.75	7.43%	28
13	ALTA	4	2.16%	68
19	MODERADA	63.5	34.32%	30

Los valores deducidos fueron determinados por abacos

#### 4.- Cálculo de los valores corregidos

Número de valores deducidos mayores a 2                    10  
Valor deducido mas alto (HDV<sub>1</sub>)                                    68.00  
Numero máximo de valores deducidos (mi)                    3.94

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_1)$$

#### CALCULO DE VALORES CORREGIDOS

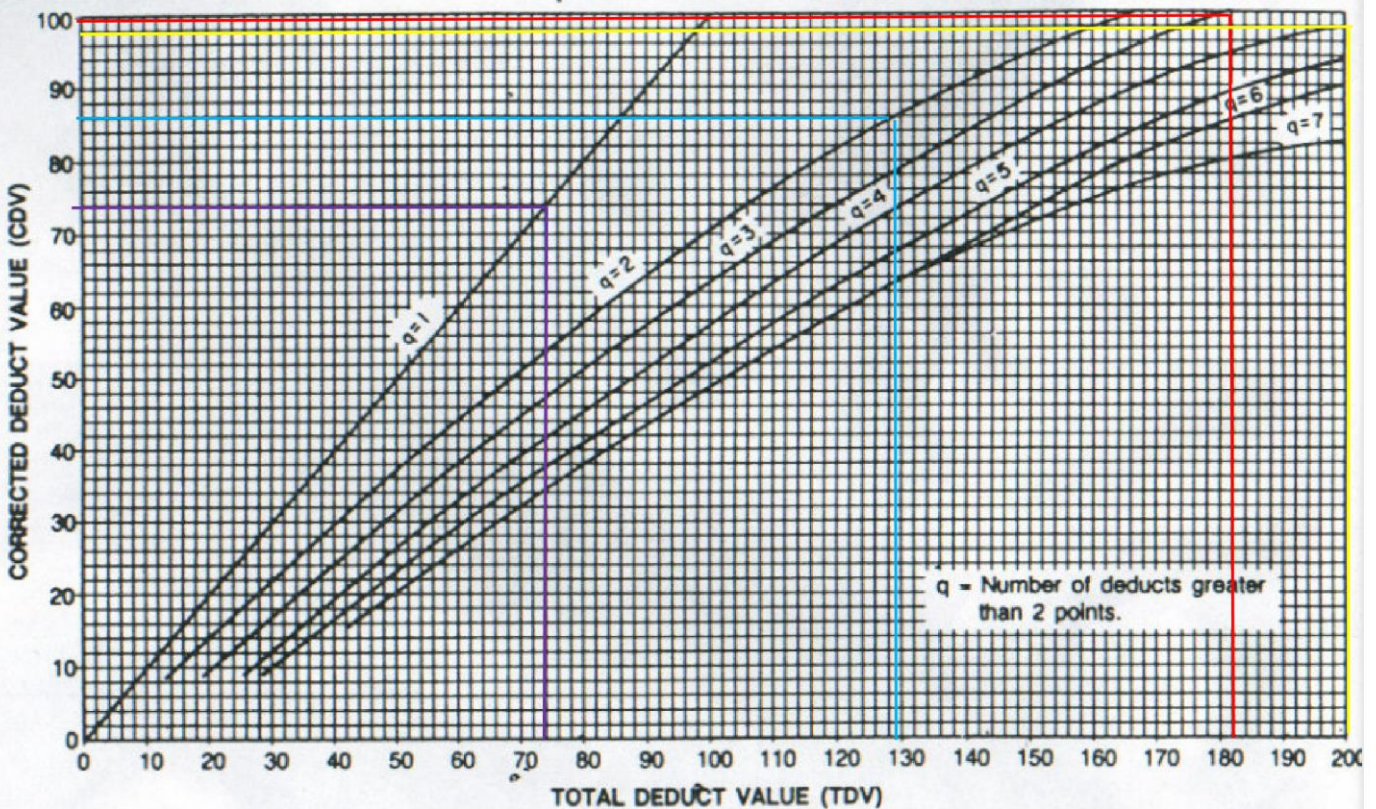
Nº	VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC
1	68.00	57.00	55.00	31.96	211.96	4	98.00
2	68.00	57.00	55.00	2	182.00	3	99.50
3	68.00	57.00	2	2	129.00	2	96.00
4	68.00	2	2	2	74.00	1	74.00

Max valor de VDC                    99.50

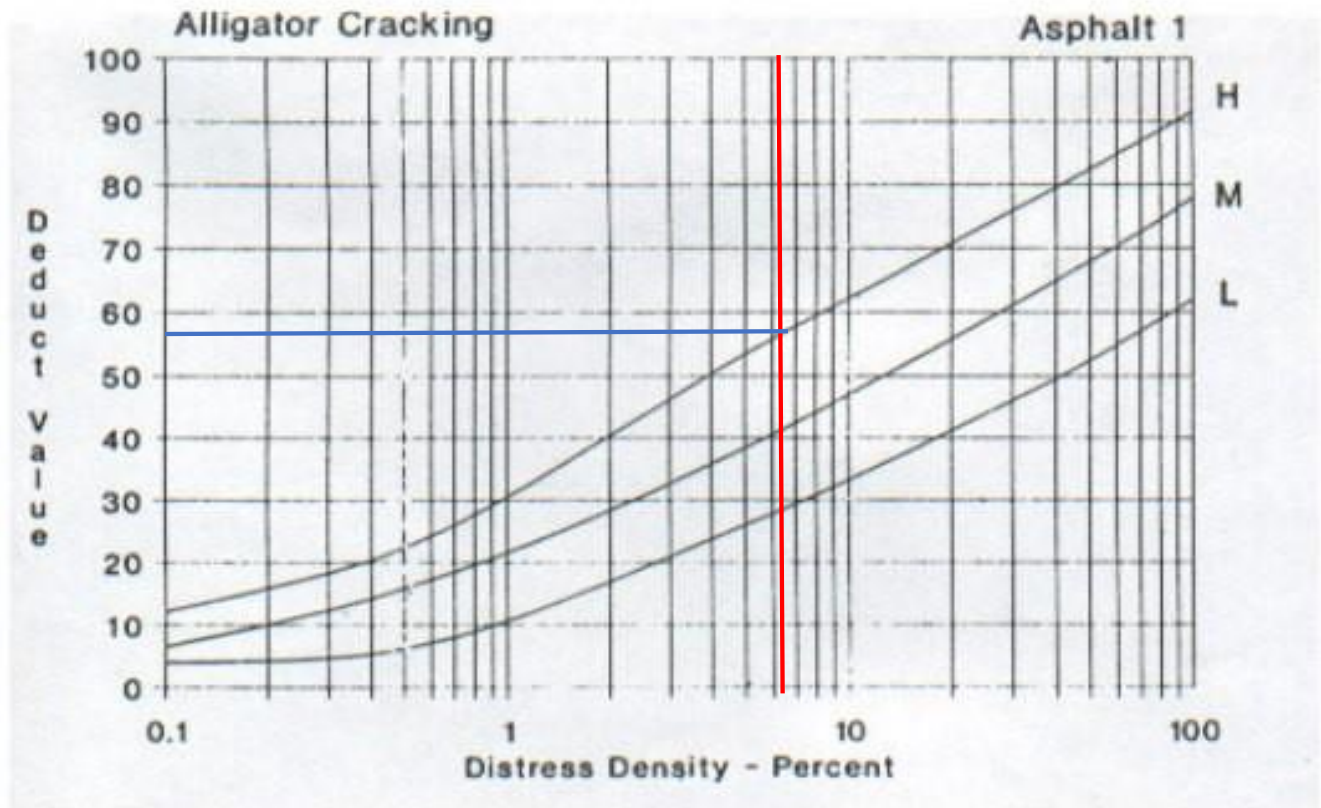
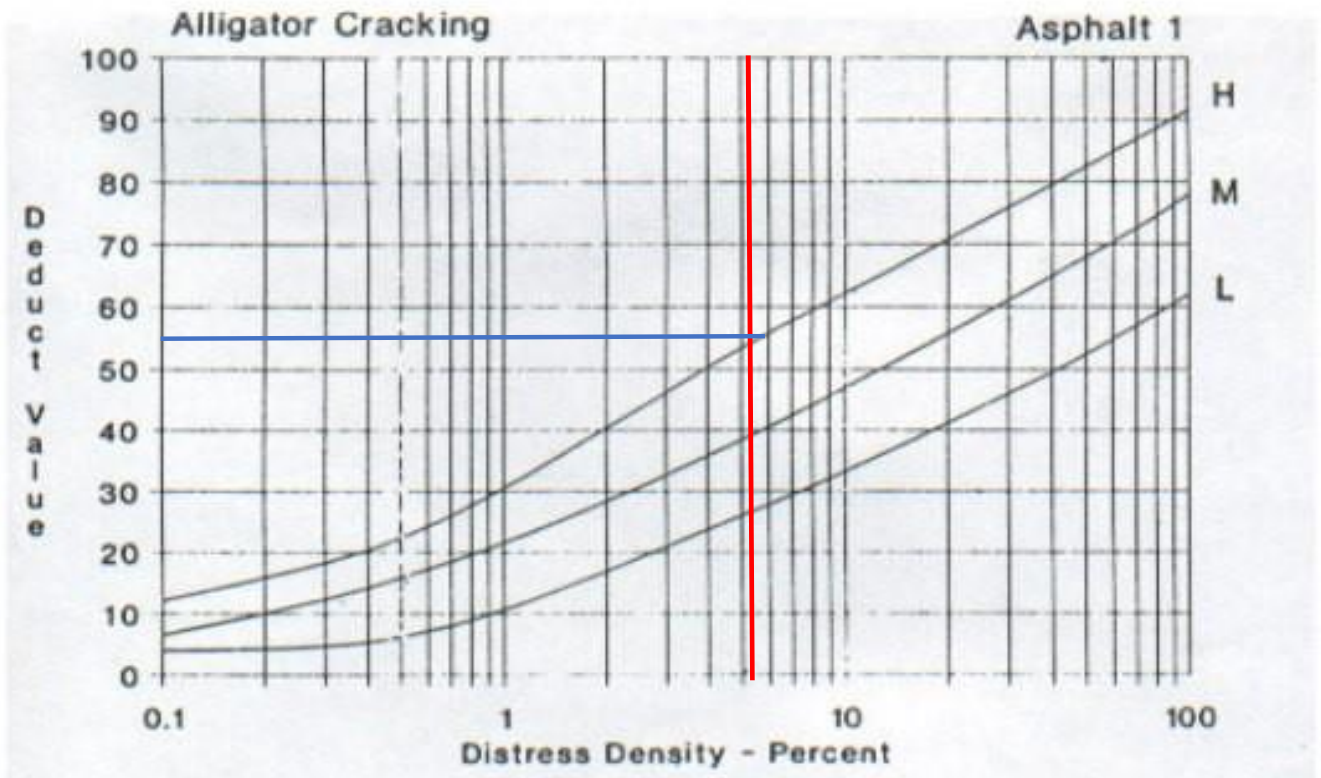
$$PCI = 100 - \text{Max. valor VDC}$$

VALOR DE PCI                    0.50

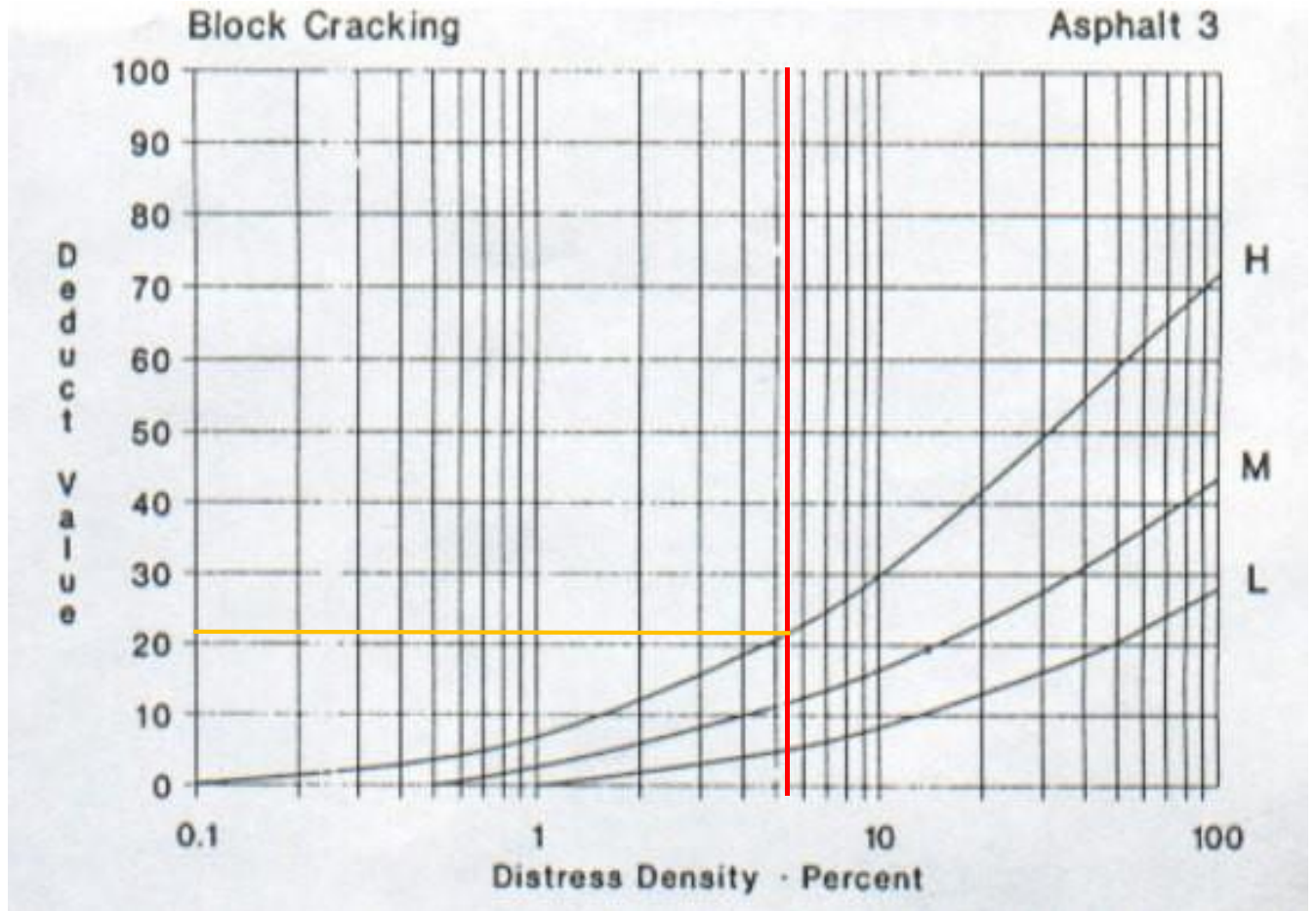
#### ROADS AND PARKING LOTS: ASPHALT



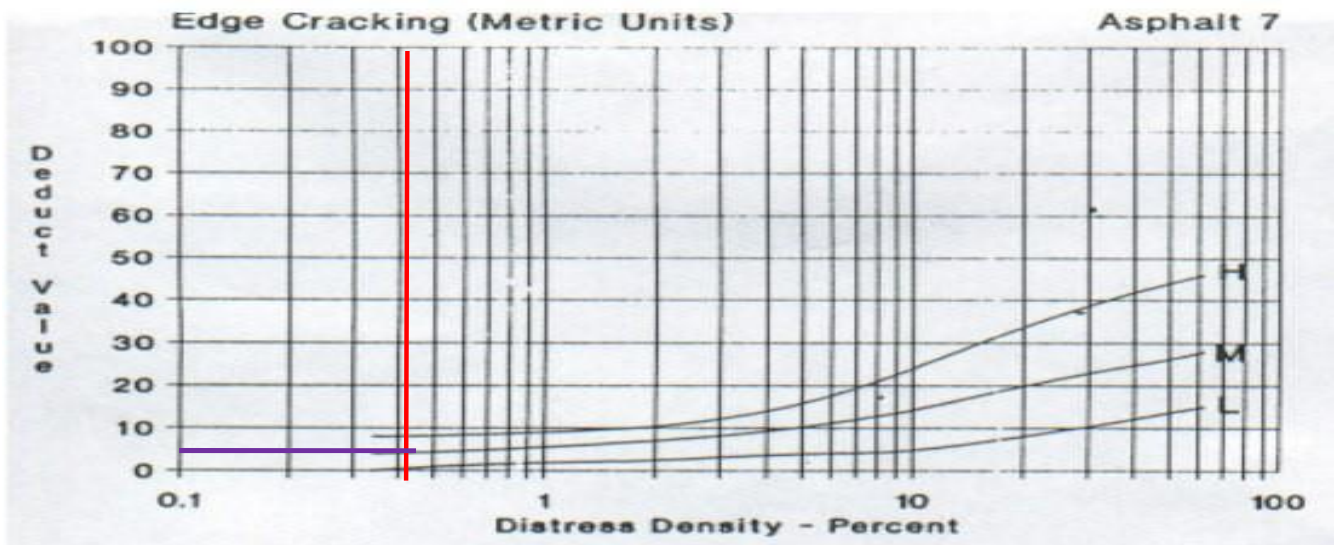
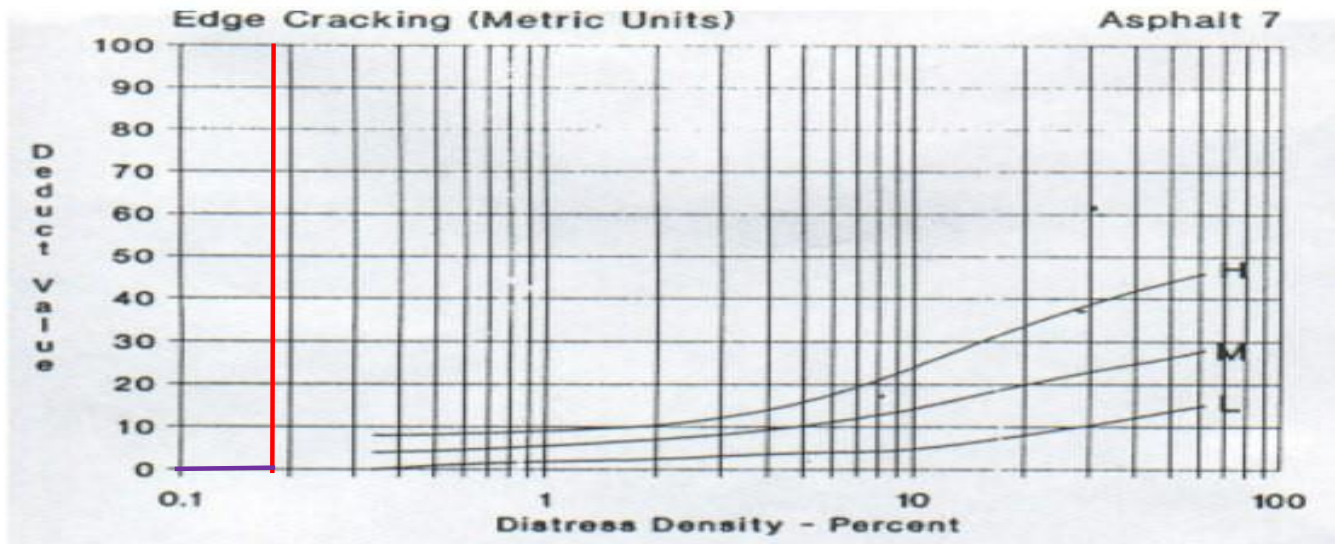
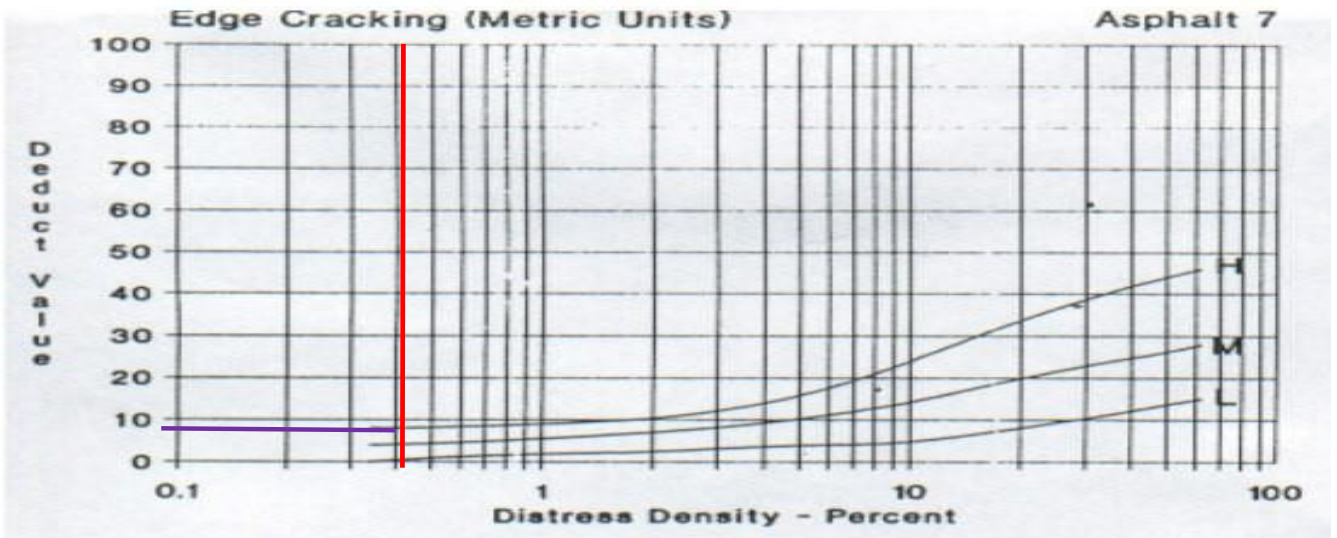
# ABACOS PARA LA FALLA N°1 (PIEL DE COCODRILO)



## ABACOS PARA LA FALLA N°3 (FISURA EN BLOQUE)

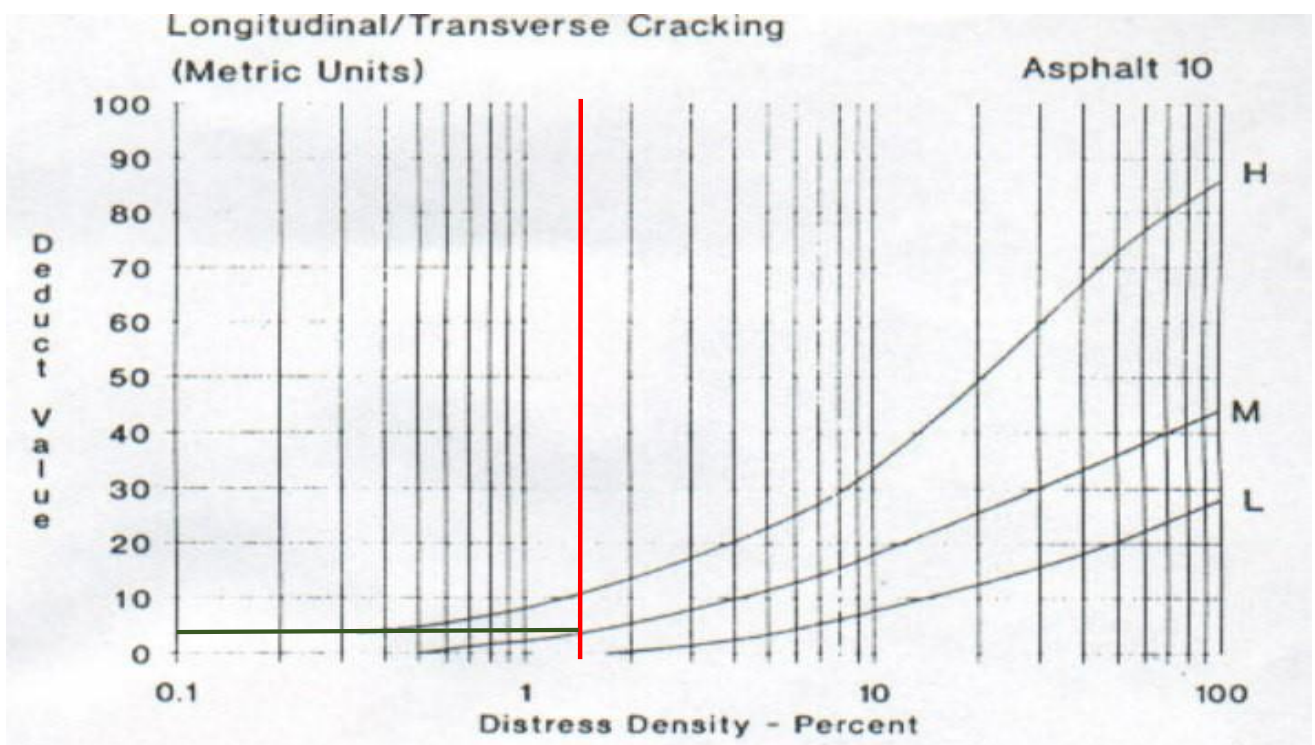
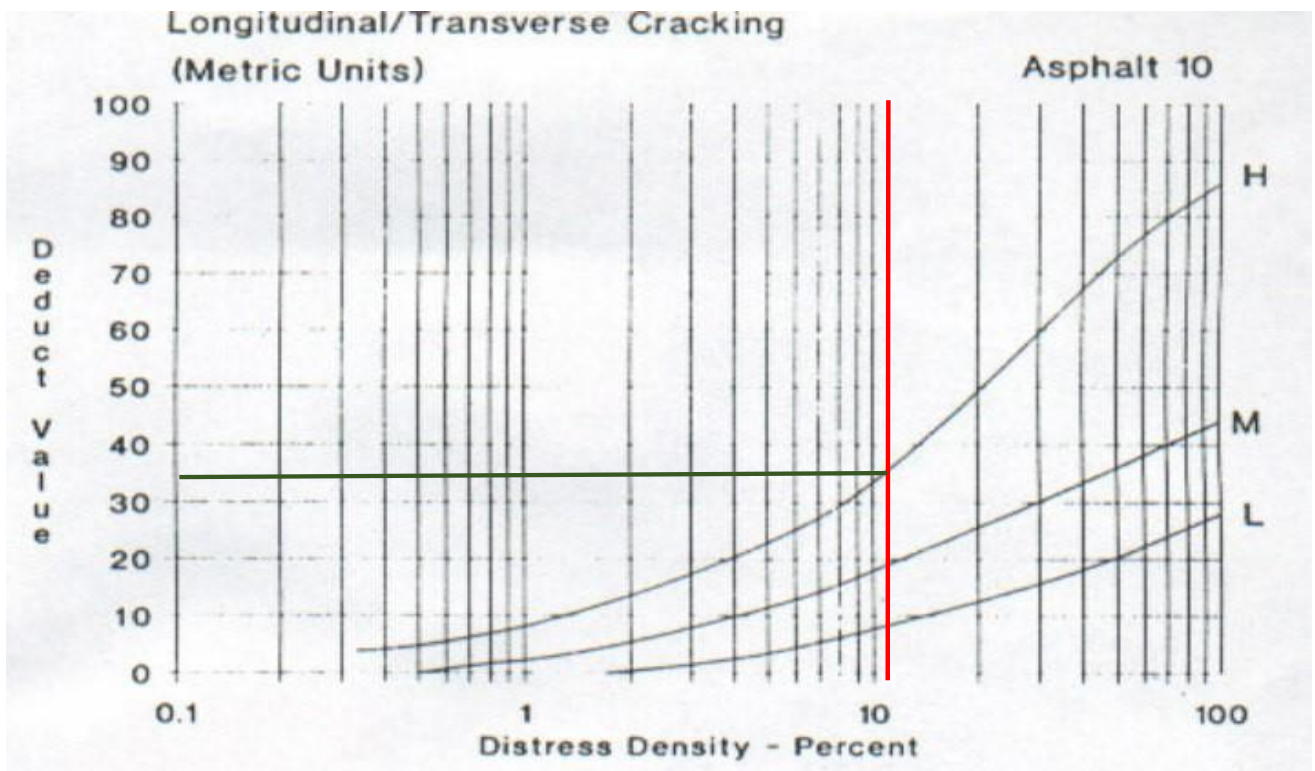


# ABACOS PARA LA FALLA N°7 (FISURA DE BORDE)

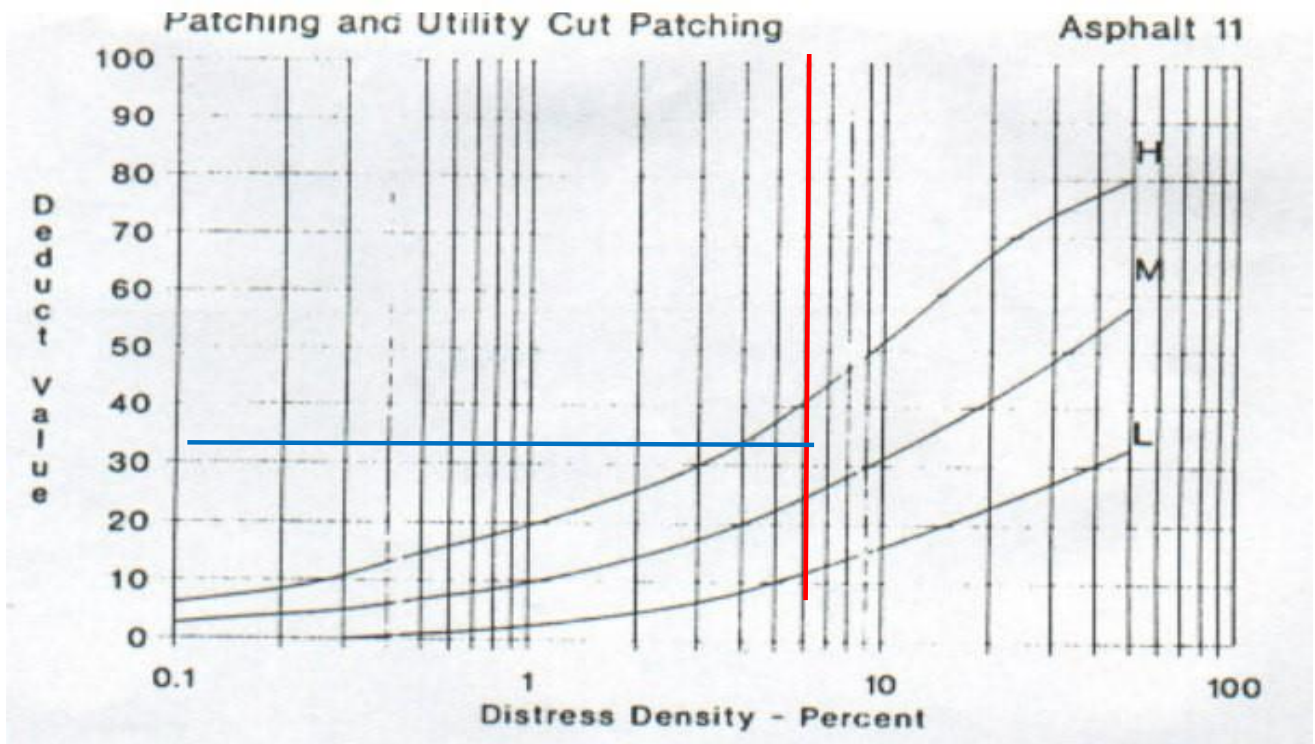




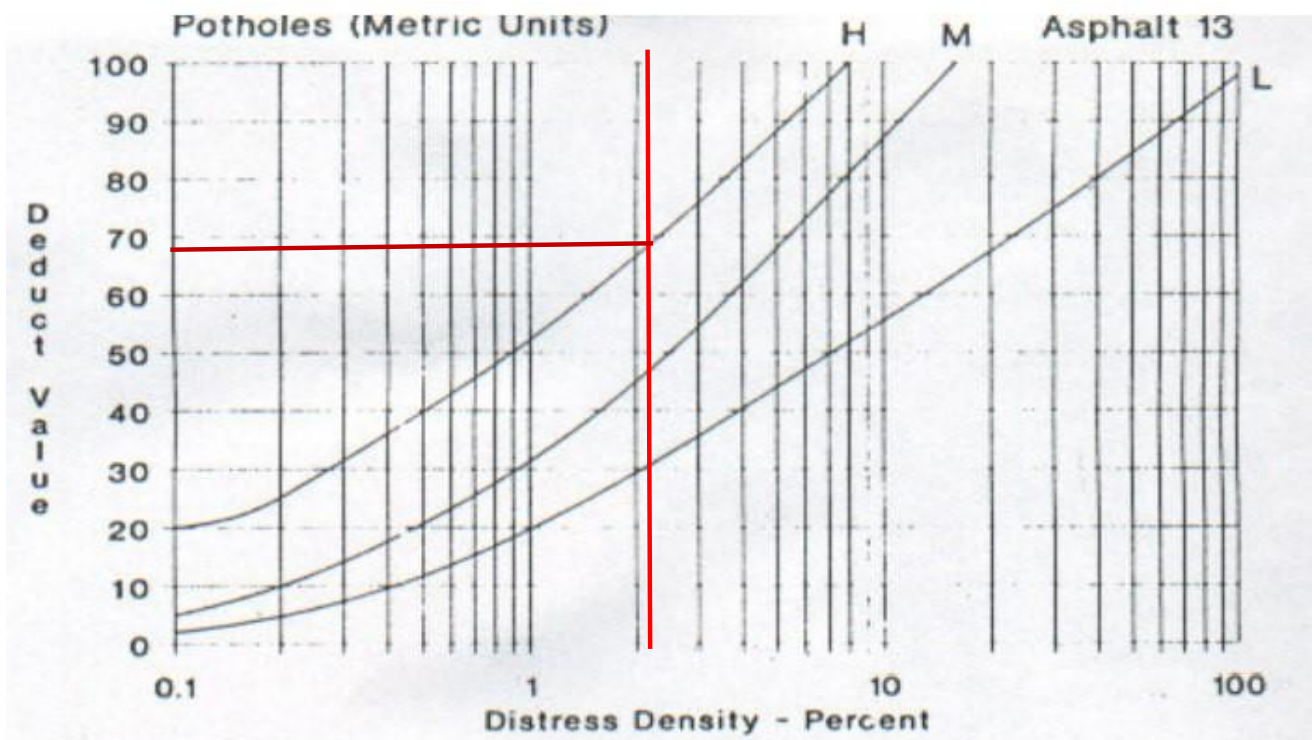
# ABACOS PARA LA FALLA N°10 (FISURAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES)



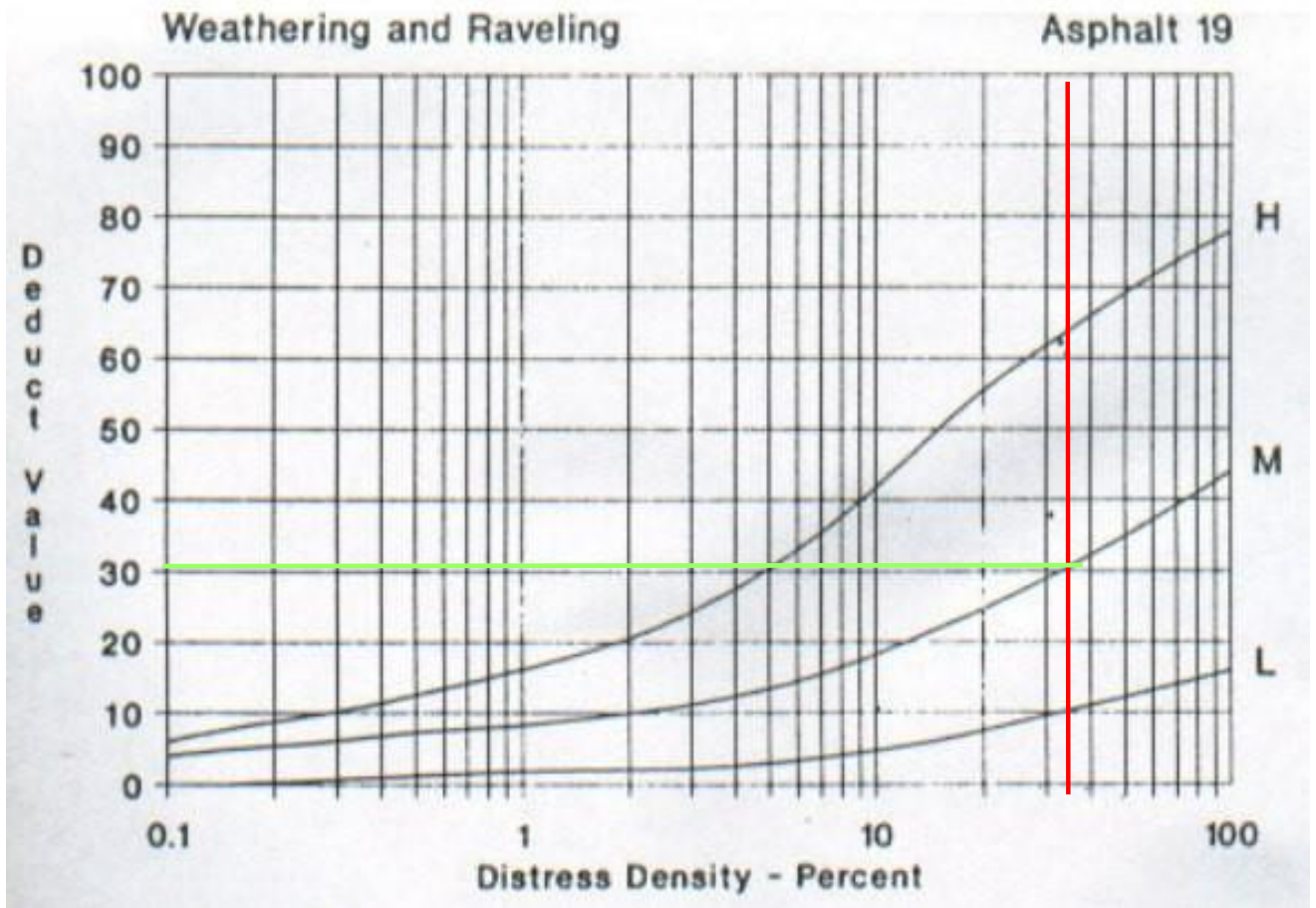
## ABACOS PARA LA FALLA Nª11 (PARCHES)



## ABACOS PARA LA FALLA Nª13 (BACHES O HUECOS)

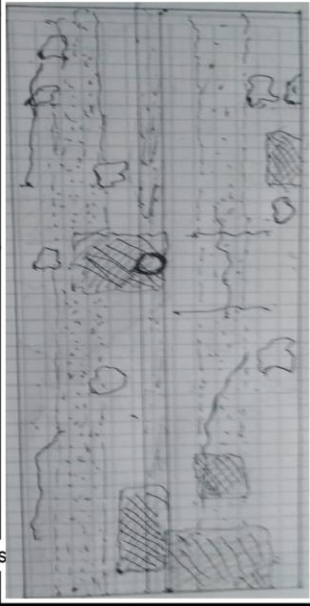


# ABACOS PARA LA FALLA N°19 (DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS)



# DATOS RECOLECTADOS DE CAMPO (UNIDAD DE EVALUACIÓN N° 9)

## 1.- Ficha para la evaluación superficial de pavimentos

EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO DEL TRAMO 5 DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA				ESQUEMA:			
<b>ZONA</b> Carr. Juliaca - Lampa		<b>ABSCISA INICIAL</b> Km 4 + 675	<b>UNIDAD DE MUESTREO</b> 9				
<b>CODIGO VÍA</b> Tramo 5 (Km4 al Km5)		<b>ABSCISA FINAL</b> Km 4 + 700	<b>AREA DE MUESTREO</b> 185 m2				
<b>INSPECCIONADA POR:</b> Henry Ccama, Kennedy Turpo		<b>FECHA</b> 01/02/2021					
<b>No.</b>	<b>Daño</b>	<b>No.</b>	<b>Daño</b>				
1	Piel de cocodrilo	11	Parches				
2	Exudacion	12	Pulimiento de agregados				
3	Fisura en bloque	13	Baches (huecos)				
4	Abultamientos y hundimientos	14	Cruce de via ferrea				
5	Corrugación	15	Ahuellamiento				
6	Depresion	16	Desplazamiento				
7	Fisura de borde	17	Grieta parabolica				
8	Fisura de reflexion de junta	18	Hinchamiento				
9	Desnivel carril/berma	19	Desprendimiento de agregados				
10	Fisuras longitudinal y transversa						
DAÑO	SEVERIDAD	X	Y			LONGITUD	ANCHO
1	ALTA	3.73	0.00			2.67	2.83
1	ALTA	9.96	13.62			2.27	0.97
1	ALTA	18.55	4.37			2.50	1.27
1	ALTA	6.45	18.70			2.11	1.08
1	BAJA	2.70	1.18			3.70	1.82
10	ALTA	4.28	12.36			0.00	2.63
10	ALTA	4.76	15.74			0.00	1.91
10	ALTA	4.70	4.04			6.53	0.00
10	ALTA	0.64	2.53	4.99	0.00		
10	ALTA	5.60	12.26	4.94	0.00		
10	ALTA	0.44	17.74	4.80	0.00		
13	ALTA	1.90	9.34				
13	ALTA	6.54	9.93				
13	MODERADA	0.69	14.35				
13	ALTA	2.81	14.40				
13	MODERADA	6.91	16.45				
13	ALTA	2.11	17.80				
13	MODERADA	1.44	21.00				
13	ALTA	0.70	22.90				
13	MODERADA	6.09	21.40				
7	ALTA	21.14	7.27	0.89	0.35		
11	MODERADA	3.22	0.00	25.00	0.55		
19	ALTA	0.86	0.00	25.00	1.27		
19	ALTA	4.51	0.00	25.00	1.27		

## 2.- Calculo de las Cantidades Parciales de cada una de las fallas

FALLA	SEVERIDAD	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	UNIDAD	CANT. PARCIAL	TOTAL
1	ALTA	2.67	2.83		7.56	15.21
		2.27	0.97		2.20	
		2.50	1.27		3.18	
		2.11	1.08		2.28	
	BAJA	3.70	1.82		6.73	6.73
7	ALTA	0.89	0.35		0.89	0.89
10	ALTA	0.00	2.63		2.63	25.80
		0.00	1.91		1.91	
		6.53	0.00		6.53	
		4.99	0.00		4.99	
		4.94	0.00		4.94	
11	MODERADA	25.00	0.55		13.75	13.75
13	ALTA			1.00	5.00	5.00
				1.00		
				1.00		
				1.00		
	MODERADA			1.00	4.00	4.00
				1.00		
				1.00		
				1.00		
19	ALTA	25.00	1.27		31.75	63.50
		25.00	1.27		31.75	

## 3.- Determinacion de los valores deducidos por las tablas de la Norma ASTM D6436

FALLA	SEVERIDAD	AREA DE MUESTRA	185 m <sup>2</sup>	VALOR DEDUCIDO
		TOTAL	DENSIDAD (%)	
1	ALTA	15.21	8.22%	60.00
	BAJA	6.73	3.64%	62.00
7	ALTA	0.89	0.48%	0.90
10	ALTA	25.80	13.95%	36.00
11	MODERADA	13.75	7.43%	28.00
13	ALTA	5.00	2.70%	54.00
	MODERADA	4.00	2.16%	48.00
19	MODERADA	63.50	34.32%	30.00

Los valores deducidos fueron determinados por abacos

Los abacos fueron extraidos del manual de la condicion de pavimentos PCI que tambien se encuentran en la Norma ASTM 6433

4.- Calculo de los valores corregidos

Número de valores deducidos mayores a 2: 7  
 Valor deducido mas alto (HDV1): 62.00  
 Numero máximo de valores deducidos (mi): 4.49

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_1)$$

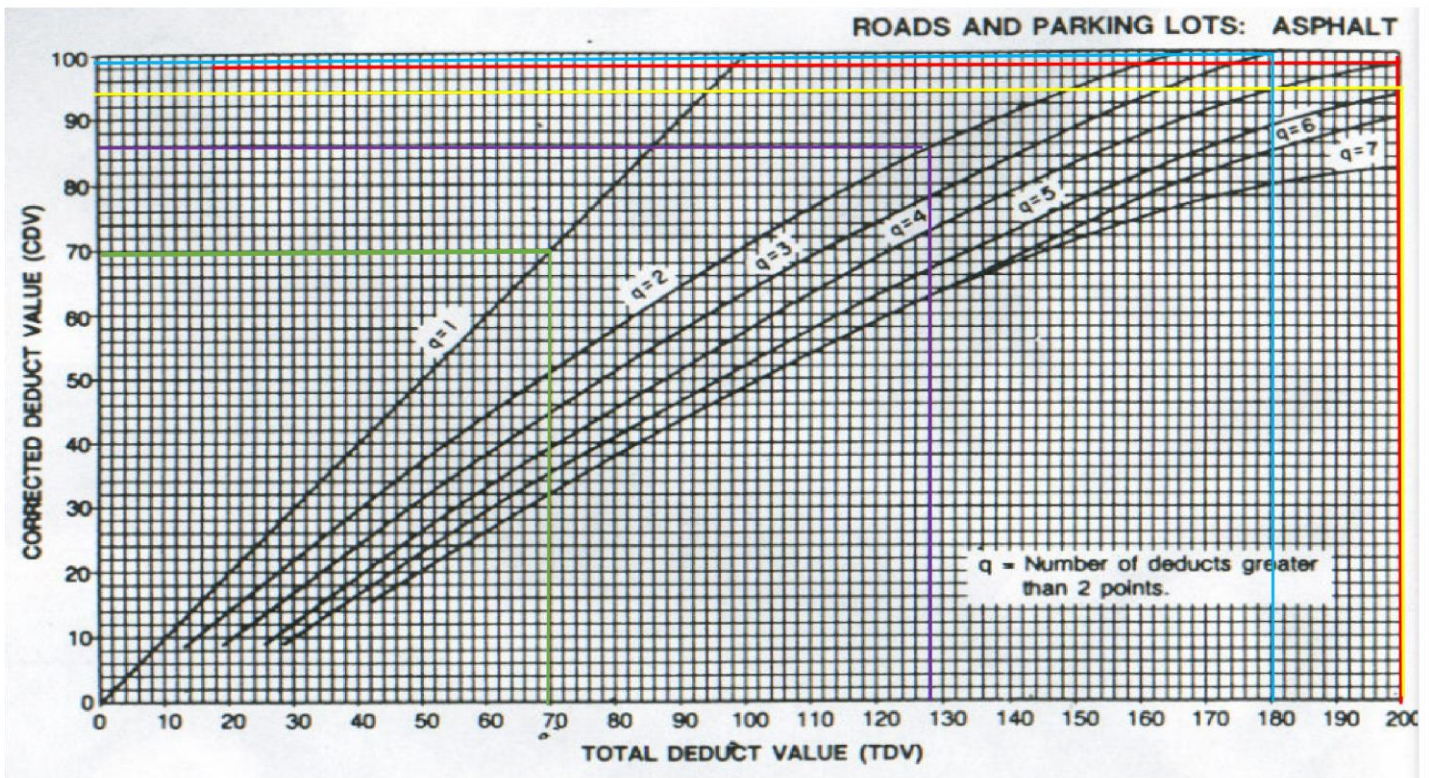
**CALCULO DE VALORES CORREGIDOS**

Nª	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
1	62.00	60.00	54.00	48.00	17.64	241.64	5	94.00
2	62.00	60.00	54.00	48.00	2	226.00	4	98.00
3	62.00	60.00	54.00	2	2	180.00	3	99.00
4	62.00	60.00	2	2	2	128.00	2	86.00
5	62.00	2	2	2	2	70.00	1	70.00

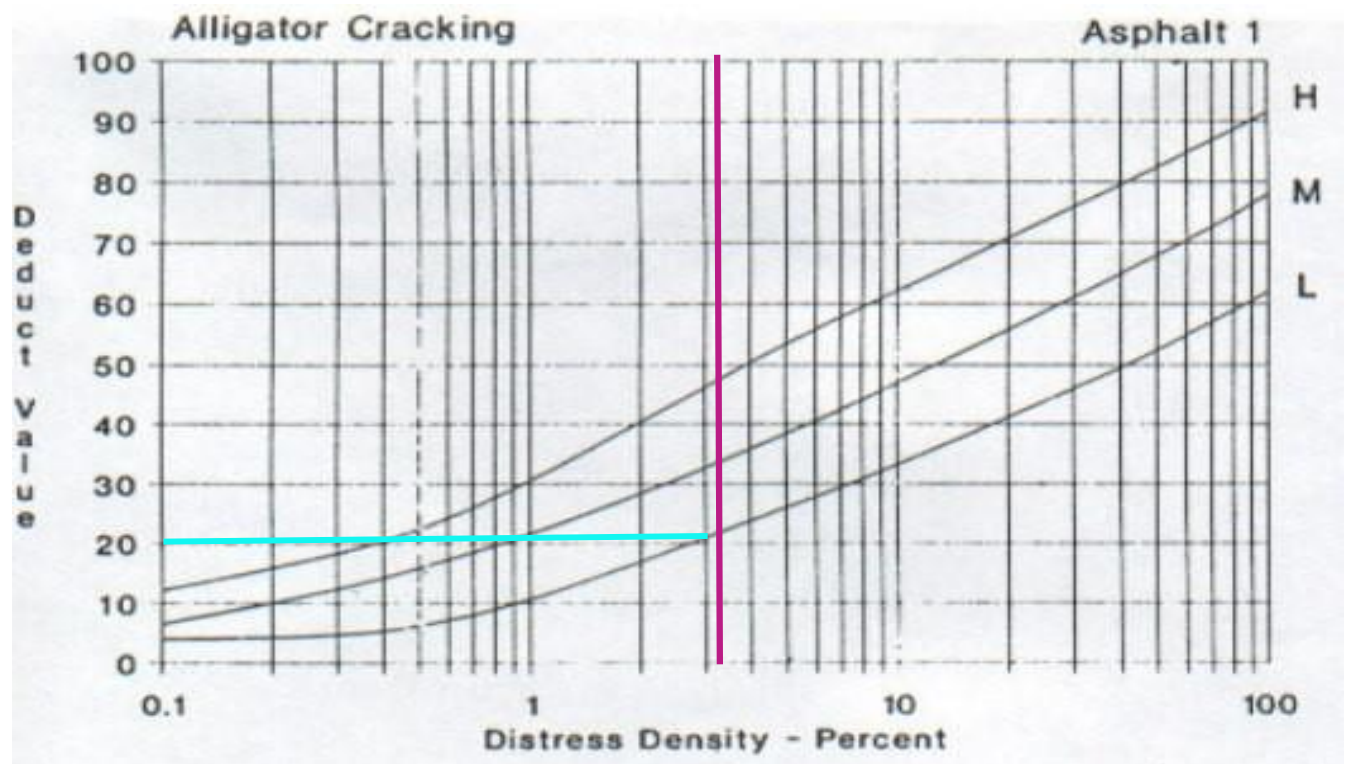
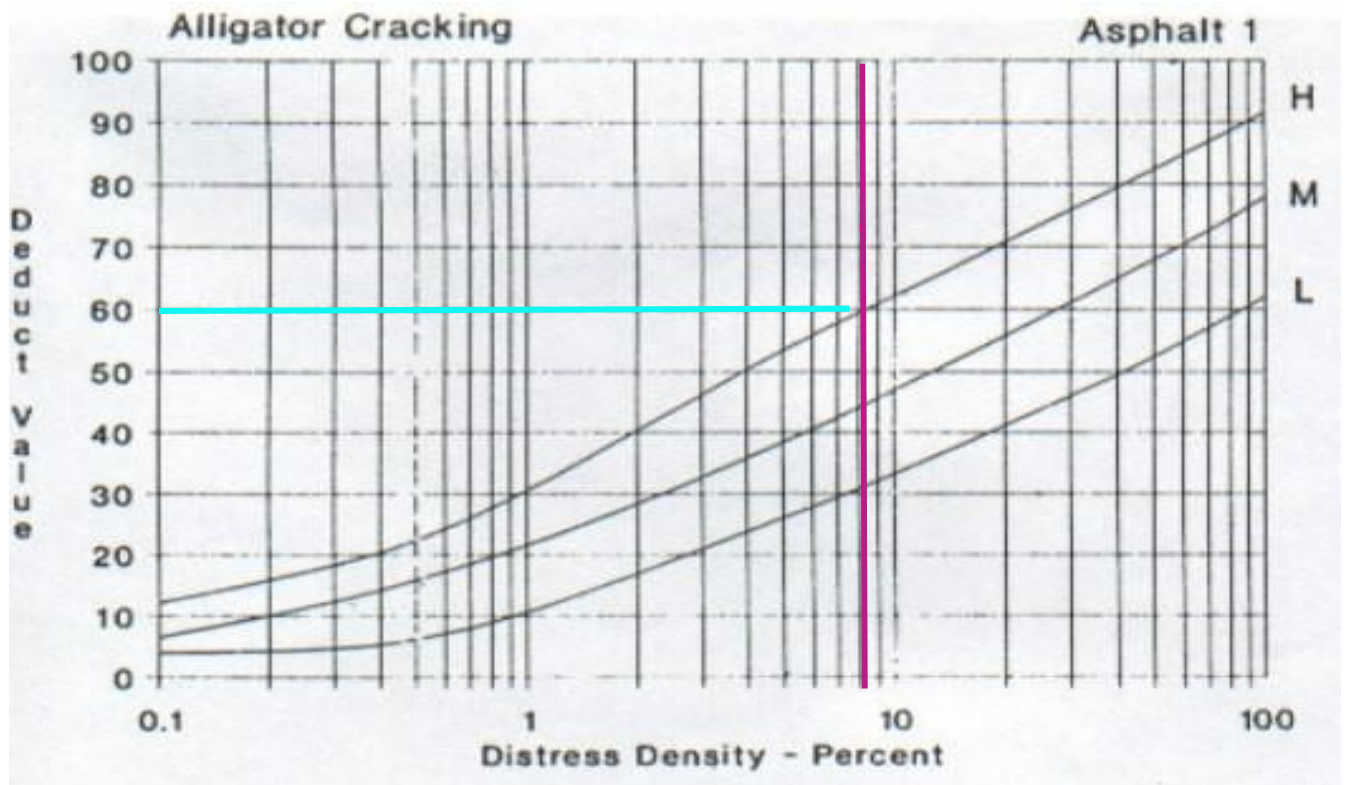
Max valor de VDC: 99.00

$$PCI = 100 - \text{Max. valor VDC}$$

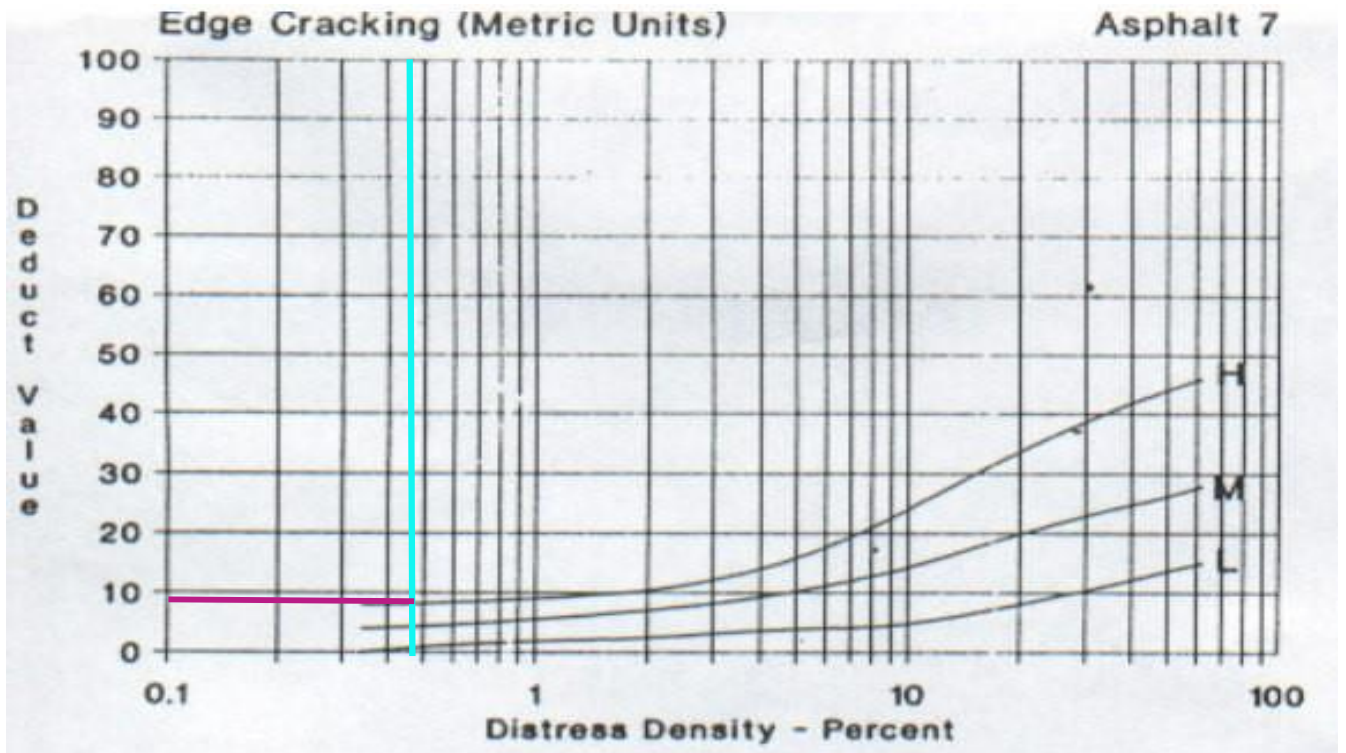
VALOR DE PCI: 1.00



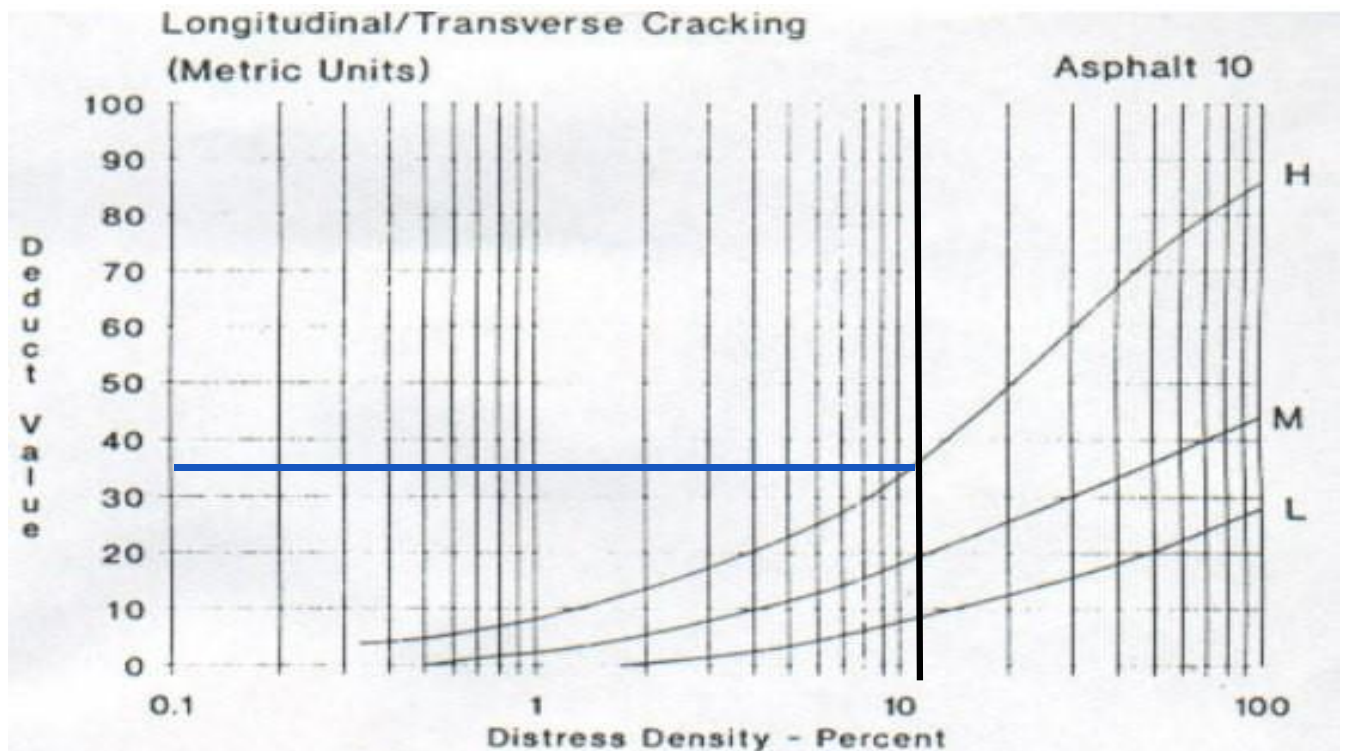
# ABACOS PARA LA FALLA N°1 (PIEL DE COCODRILO)



## ABACOS PARA LA FALLA N°7 (FISURA DE BORDE)

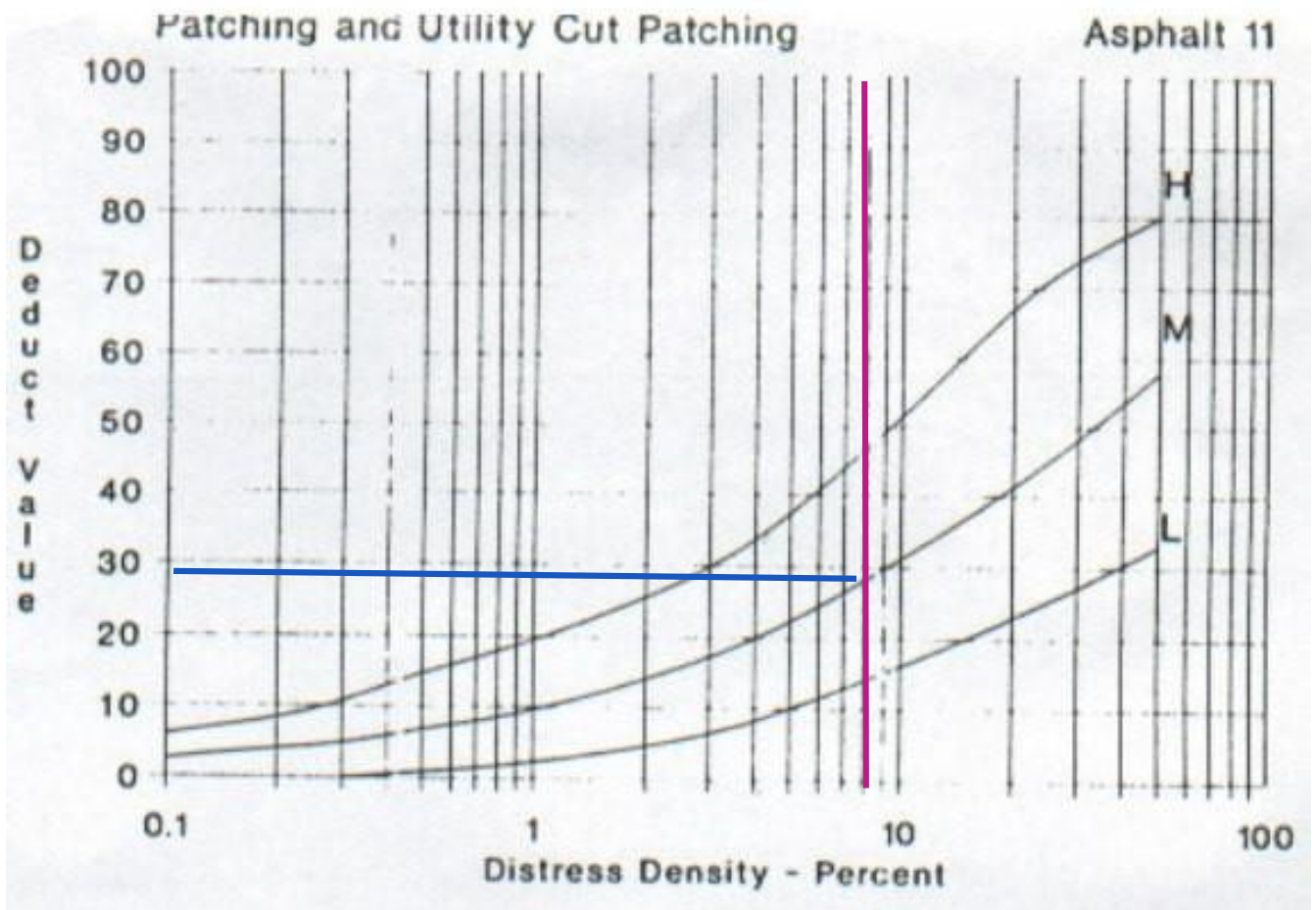


## ABACOS PARA LA FALLA N°10 (FISURAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES)

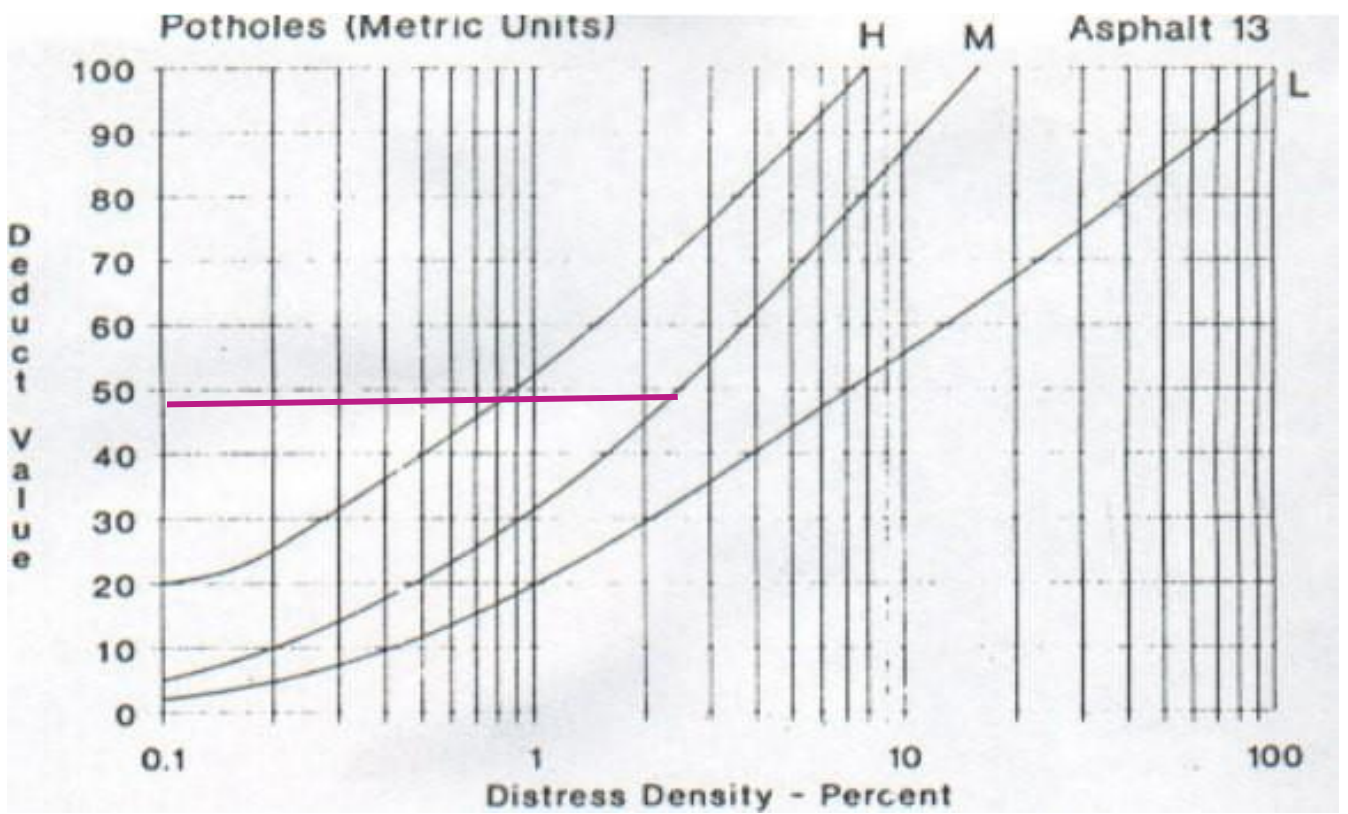
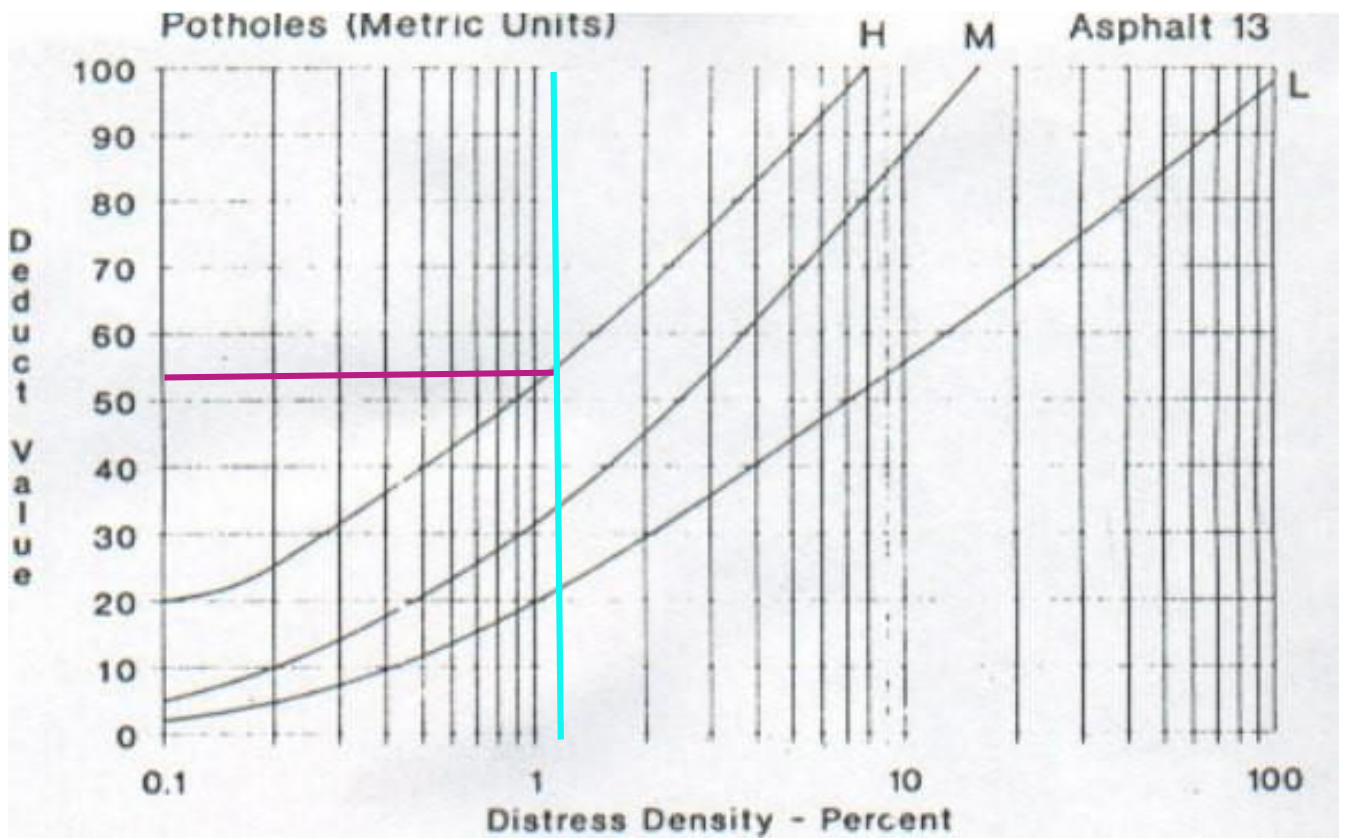




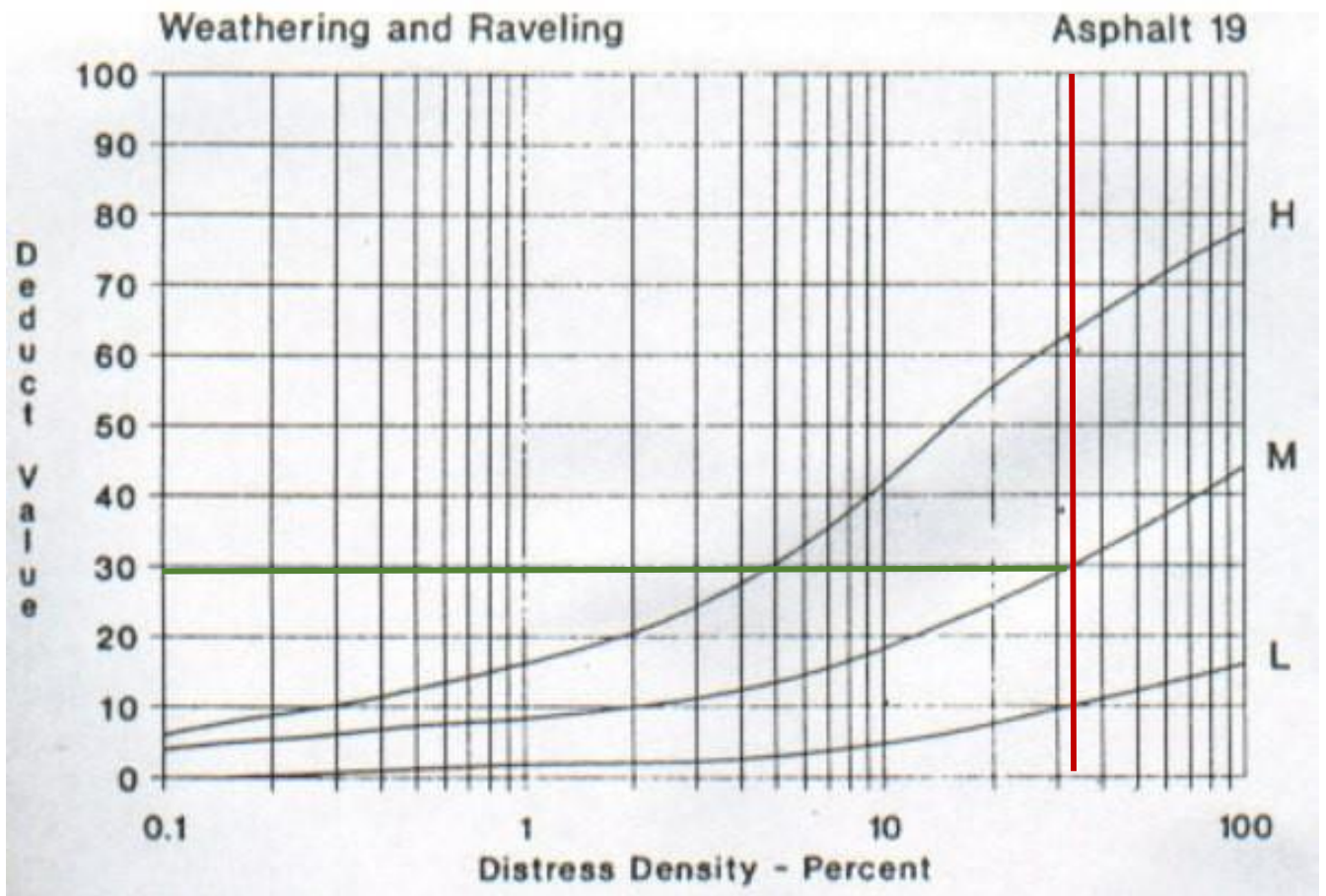
## ABACOS PARA LA FALLA N°11 (PARCHES)



## ABACOS PARA LA FALLA N°13 (BACHES O HUECOS)

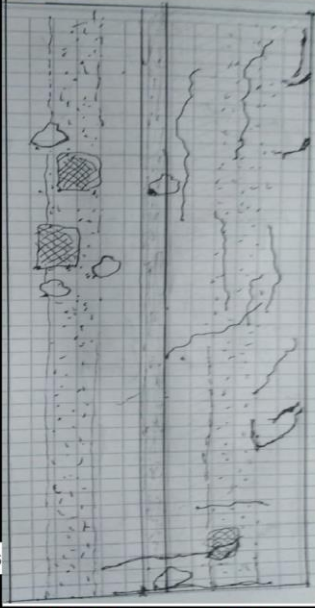
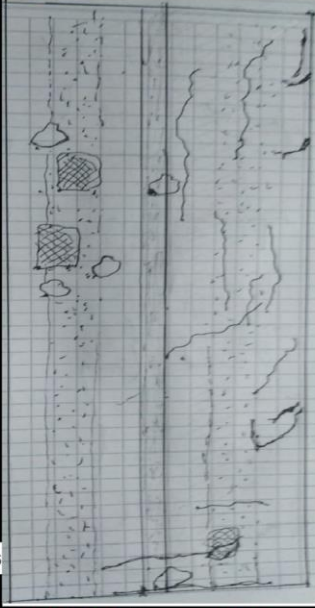


# ABACOS PARA LA FALLA N°19 (DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS)



# DATOS RECOLECTADOS DE CAMPO (UNIDAD DE EVALUACIÓN N° 10)

## 1.- Ficha para la evaluación superficial de pavimentos

EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO DEL TRAMO 5 DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA				ESQUEMA:			
<b>ZONA</b> Carr. Juliaca - Lampa		<b>ABSCISA INICIAL</b> Km 4 + 775	<b>UNIDAD DE MUESTREO</b> 10				
<b>CODIGO VÍA</b> Tramo 5 (Km4 al Km5)		<b>ABSCISA FINAL</b> Km 4 + 800	<b>AREA DE MUESTREO</b> 185 m2				
<b>INSPECCIONADA POR:</b> Henry Ccama, Kennedy Turpo		<b>FECHA</b> 03/02/2021					
<b>No.</b>	<b>Daño</b>	<b>No.</b>	<b>Daño</b>				
1	Piel de cocodrilo	11	Parches				
2	Exudacion	12	Pulimiento de agregados				
3	Fisura en bloque	13	Baches (huecos)				
4	Abultamientos y hundimientos	14	Cruce de via ferrea				
5	Corrugación	15	Ahuellamiento				
6	Depresion	16	Desplazamiento				
7	Fisura de borde	17	Grieta parabolica				
8	Fisura de reflexion de junta	18	Hinchamiento				
9	Desnivel carril/berma	19	Desprendimiento de agregados				
10	Fisuras longitudinal y transversal						
DAÑO	SEVERIDAD	X	Y			LONGITUD	ANCHO
10	ALTA	2.57	0.00			0.00	3.92
10	ALTA	2.14	1.13			0.00	4.42
10	ALTA	3.98	10.13			0.00	3.80
10	ALTA	5.32	12.21			4.19	0.00
10	ALTA	6.08	11.58			2.28	0.00
10	ALTA	6.40	13.70			3.66	0.00
10	ALTA	4.28	16.35			6.45	0.00
10	ALTA	5.95	18.65			5.32	0.00
7	ALTA	6.71	19.00			0.00	0.37
7	ALTA	6.97	21.87	0.00	0.31		
7	ALTA	7.20	22.34	2.21	0.00		
10	ALTA	4.60	3.36	0.00	1.75		
10	ALTA	5.67	8.62	2.92	0.00		
7	ALTA	6.65	8.19	0.87	0.00		
17	MODERADA	6.03	6.17	1.36	3.06		
13	ALTA	1.22	12.88				
13	ALTA	2.44	13.78				
13	ALTA	0.58	19.20				
13	ALTA	3.47	0.00				
13	MODERADA	3.47	17.20				
1	ALTA	4.87	1.36	1.22	0.63		
1	ALTA	1.22	17.23	1.86	0.92		
1	MODERADA	0.78	14.23	2.03	0.86		
11	MODERADA	3.22	0.00	25.00	0.55		
19	MODERADA	0.86	0.00	25.00	1.27		

## 2.- Calculo de las Cantidades Parciales de cada una de las fallas

FALLA	SEVERIDAD	LONGITUD(m)	ANCHO(m)	UNIDAD	CANT. PARCIAL	TOTAL
1	ALTA	1.22 1.86	0.63 0.92		0.77 1.71	2.48
	MODERADA	2.03	0.86		1.75	1.75
7	ALTA	0.00	0.37		0.37	3.76
		0.00	0.31		0.31	
		2.21	0.00		2.21	
		0.87	0.00		0.87	
10	ALTA	0.00	3.92		3.92	38.71
		0.00	4.42		4.42	
		0.00	3.80		3.80	
		4.19	0.00		4.19	
		2.28	0.00		2.28	
		3.66	0.00		3.66	
		6.45	0.00		6.45	
		5.32	0.00		5.32	
		0.00	1.75		1.75	
2.92	0.00		2.92			
11	MODERADA	25.00	0.55		13.75	13.75
13	ALTA			1.00	1.00	4.00
				1.00	1.00	
				1.00	1.00	
				1.00	1.00	
	MODERADA			1.00	1.00	1.00
17	MODERADA	1.36	3.06	3.00	4.16	4.16
19	MODERADA	25.00	1.27		31.75	31.75

## 3.- Determinacion de los valores deducidos por las tablas de la Norma ASTM D6436

		AREA DE MUESTRA 185 m2		
FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD(%)	VALOR DEDUCIDO
1	ALTA	2.48	1.34%	34.00
	MODERADA	1.75	0.94%	20.00
7	ALTA	3.76	2.03%	10.00
10	ALTA	38.71	20.92%	56.00
11	MODERADA	13.75	7.43%	48.00

Los valores deducidos fueron determinados por abacos

Los abacos fueron extraidos del manual de la condicion de pavimentos PCI que tambien se encuentran en la

13	ALTA	4.00	2.16%	69.00
	MODERADA	1.00	0.54%	20.00
17	MODERADA	4.16	2.25%	25.00
19	MODERADA	31.75	17.16%	30.00

**4.- Calculo de los valores corregidos**

Número de valores deducidos mayores a 2                      9  
 Valor deducido mas alto (HDV1)                                      69.00  
 Numero máximo de valores deducidos (mi)                      3.85

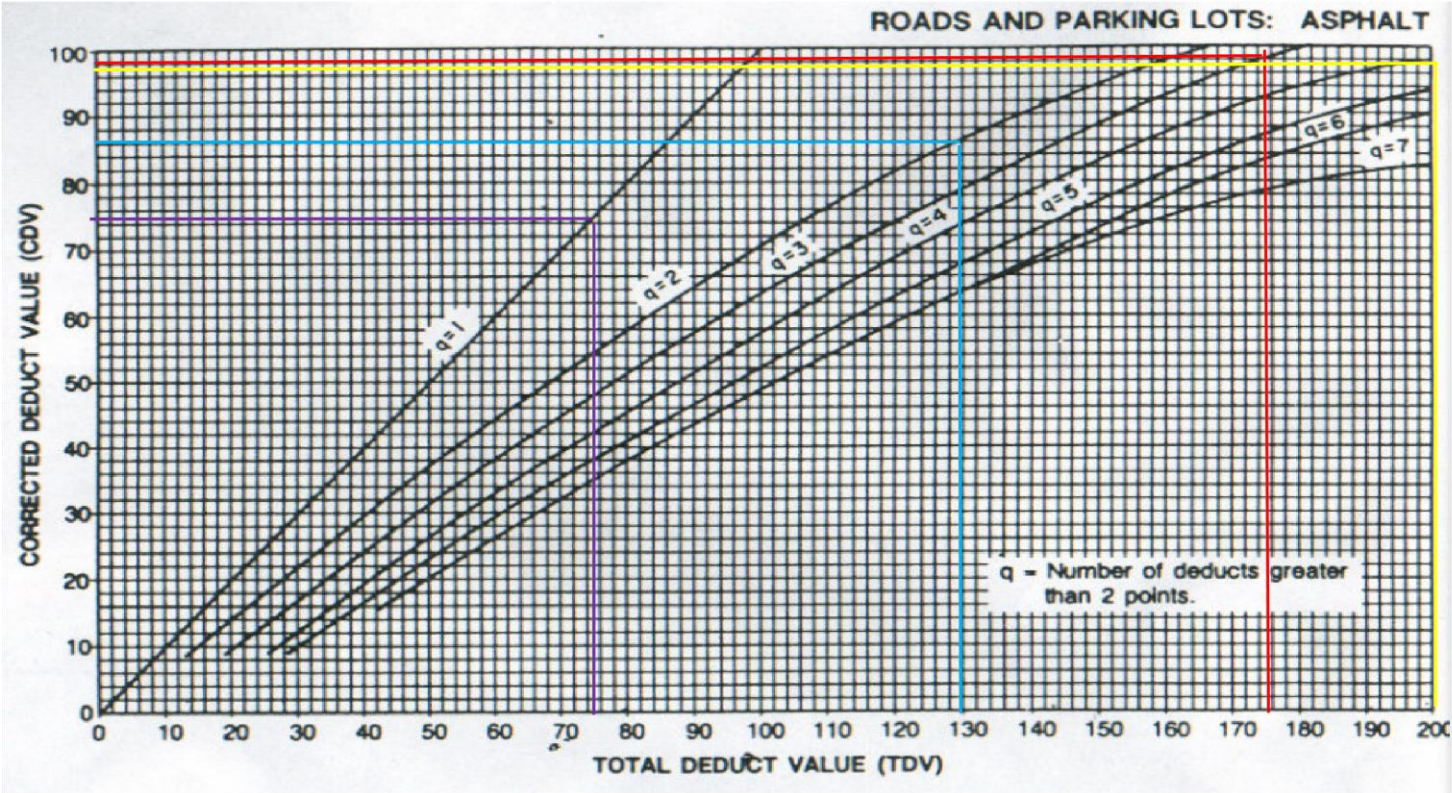
$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_1)$$

**CALCULO DE VALORES CORREGIDOS**

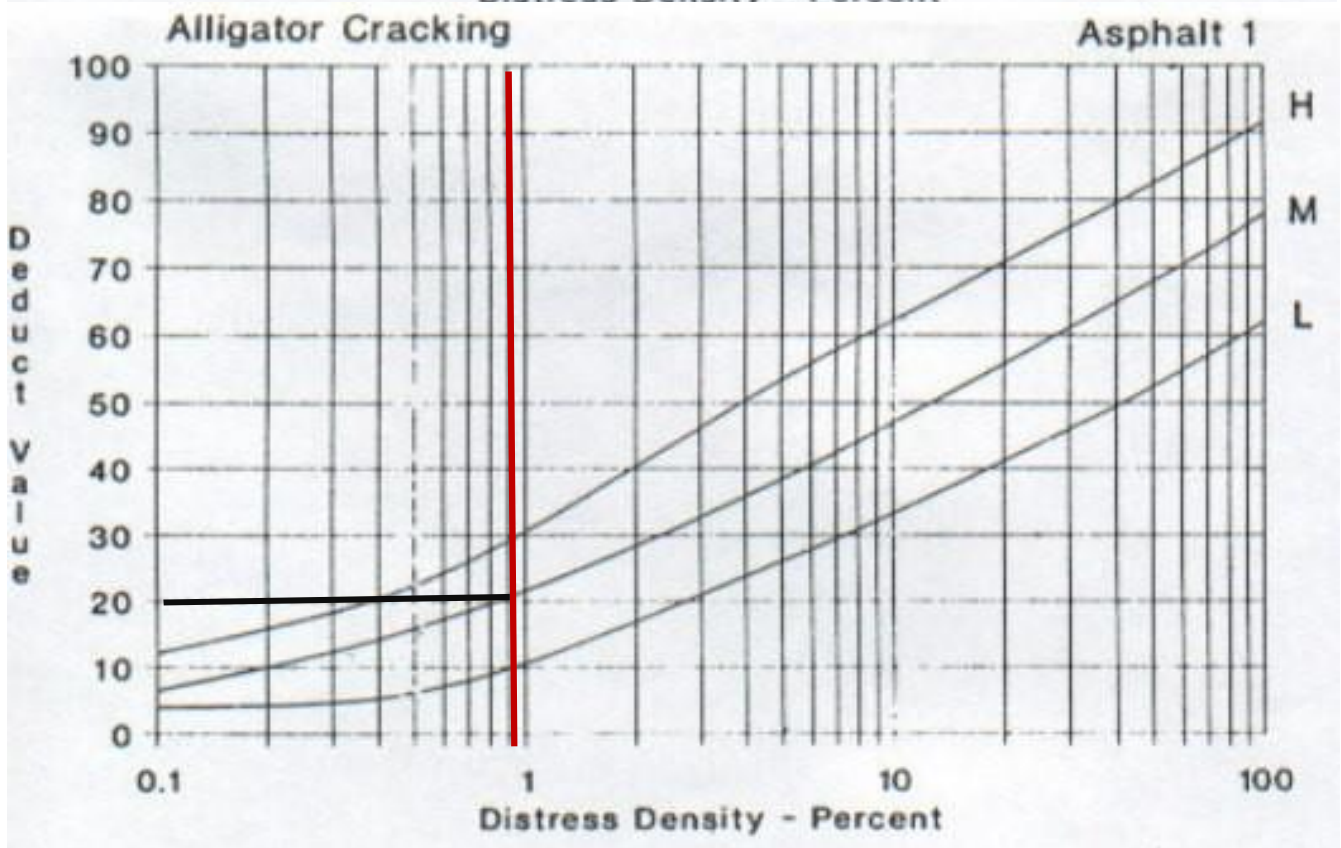
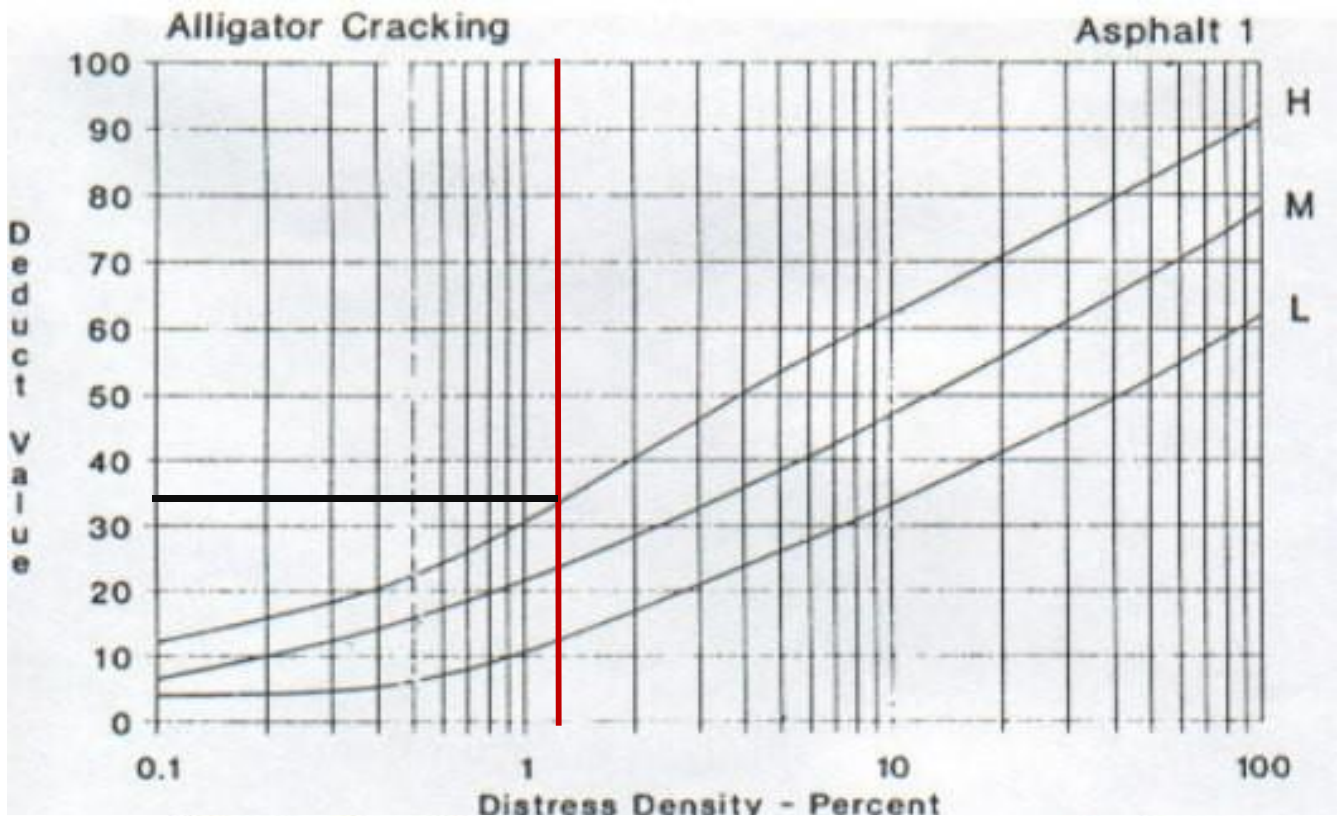
N <sup>a</sup>	VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	VDC
1	69.00	56.00	48.00	28.90	201.90	4	97.00
2	69.00	56.00	48.00	2	175.00	3	98.00
3	69.00	56.00	2	2	129.00	2	86.00
4	69.00	2	2	2	75.00	1	75.00
<b>Max valor de VDC</b>							<b>98.00</b>

$$PCI = 100 - Max. valor VDC$$

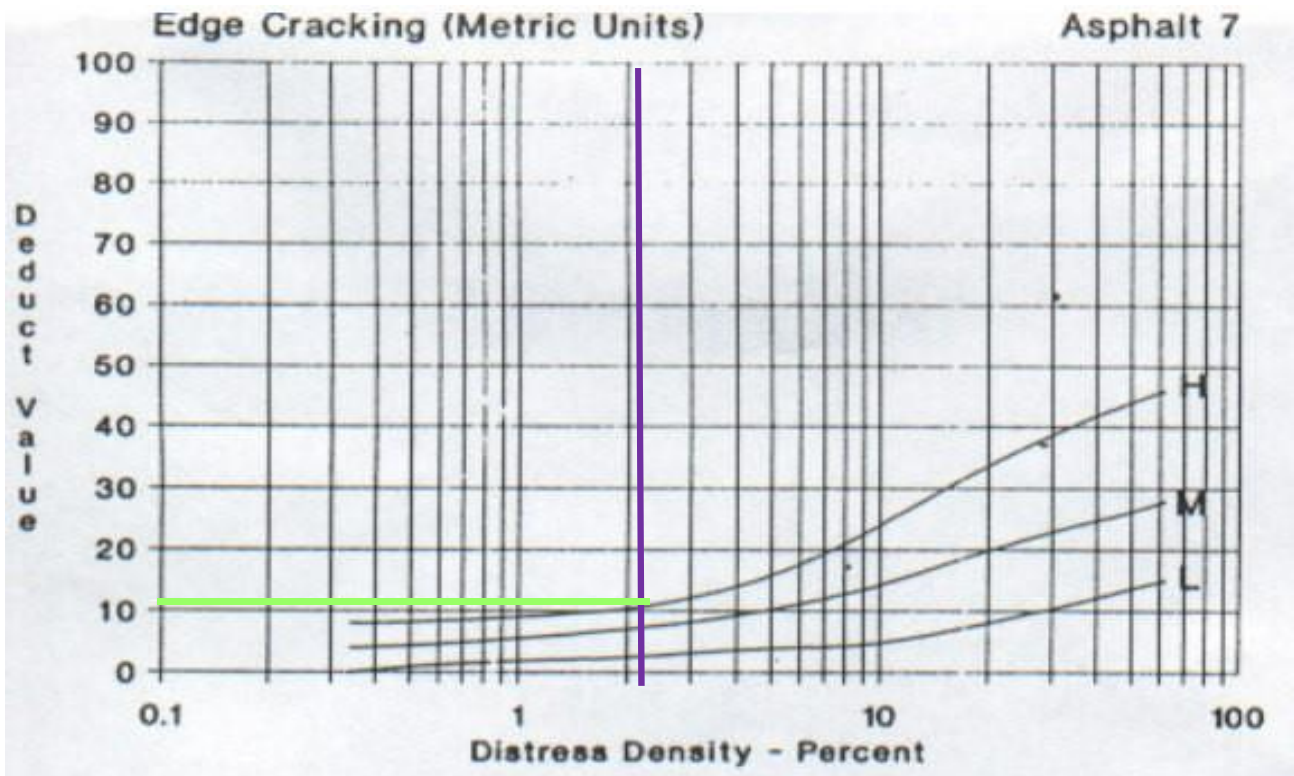
**VALOR DE PCI      2.00**



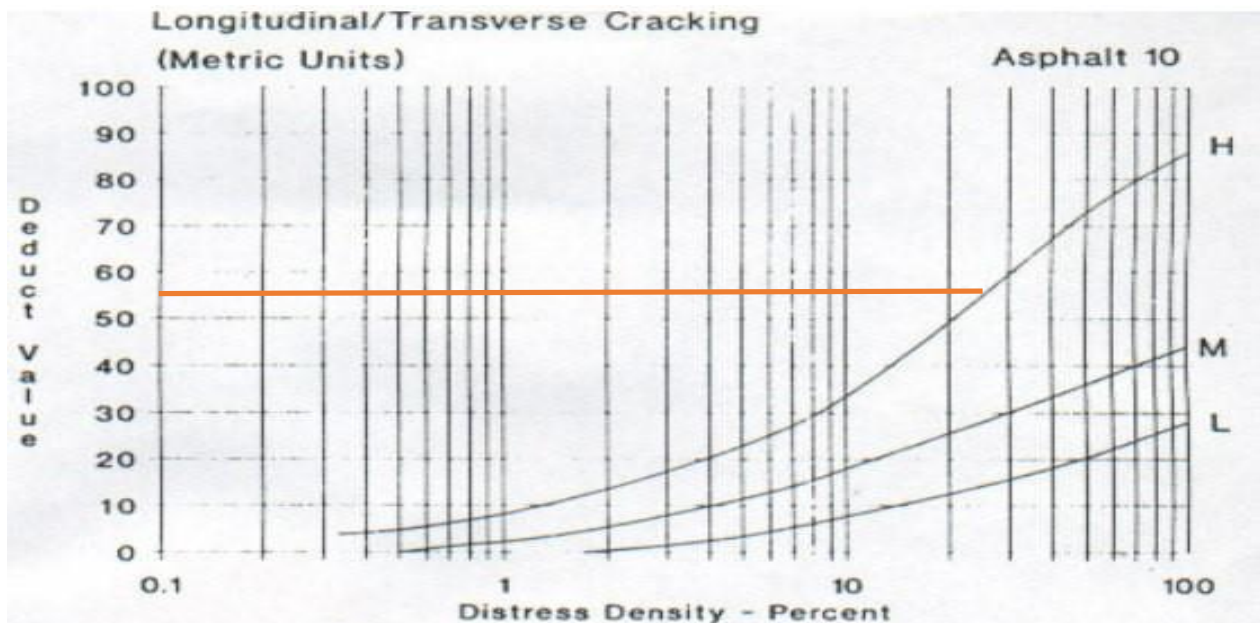
# ABACOS PARA LA FALLA N°1 (PIEL DE COCODRILO)



## ABACOS PARA LA FALLA N°7 (FISURA DE BORDE)

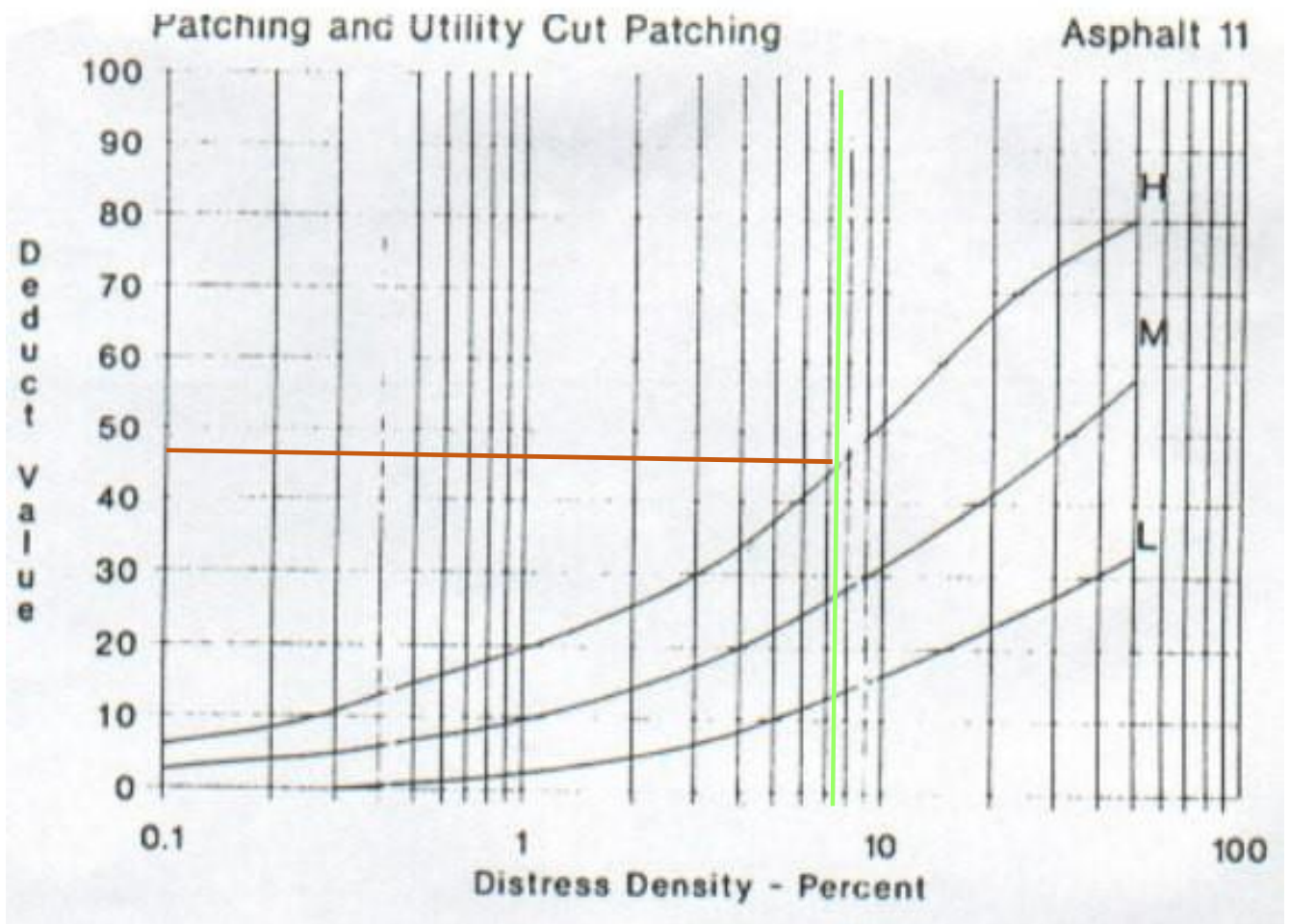


## ABACOS PARA LA FALLA N°10 (FISURAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES)

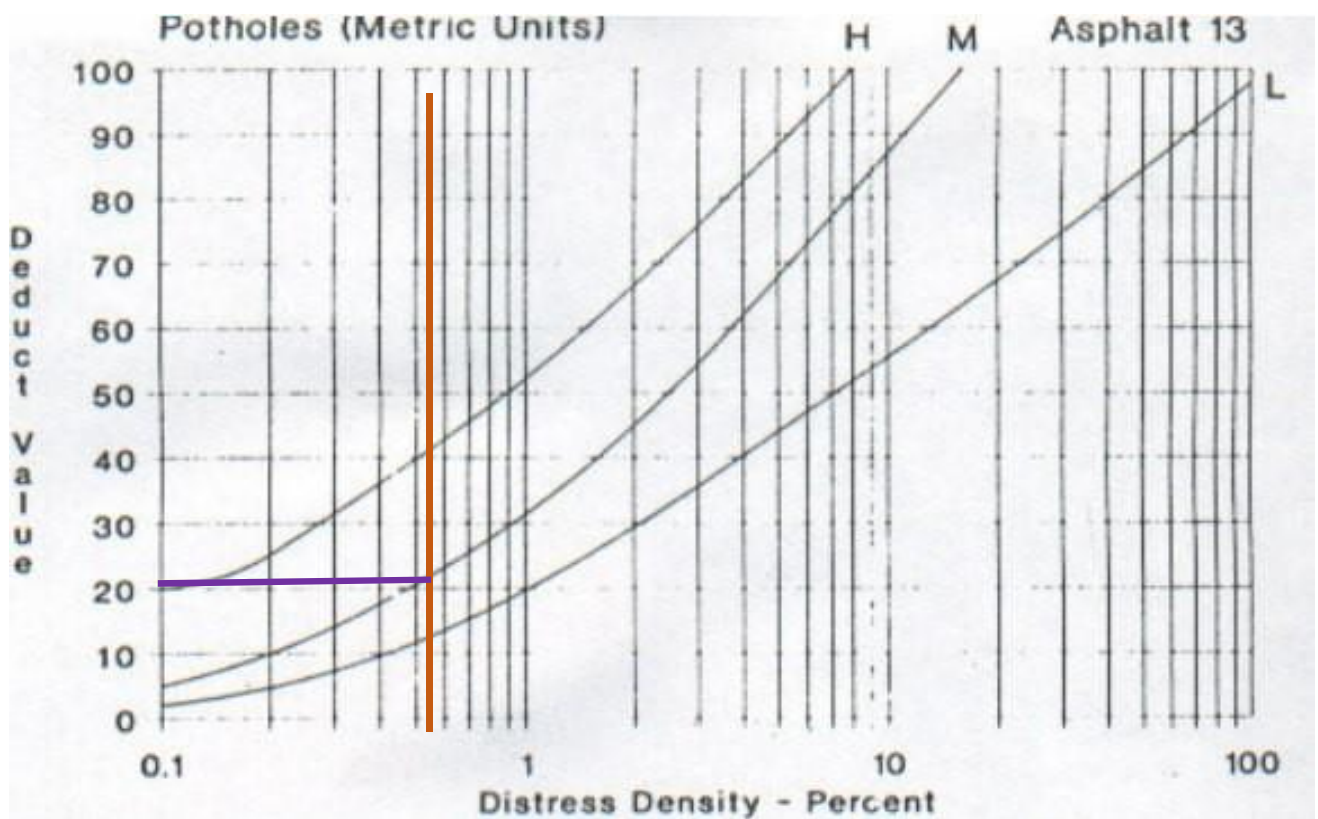
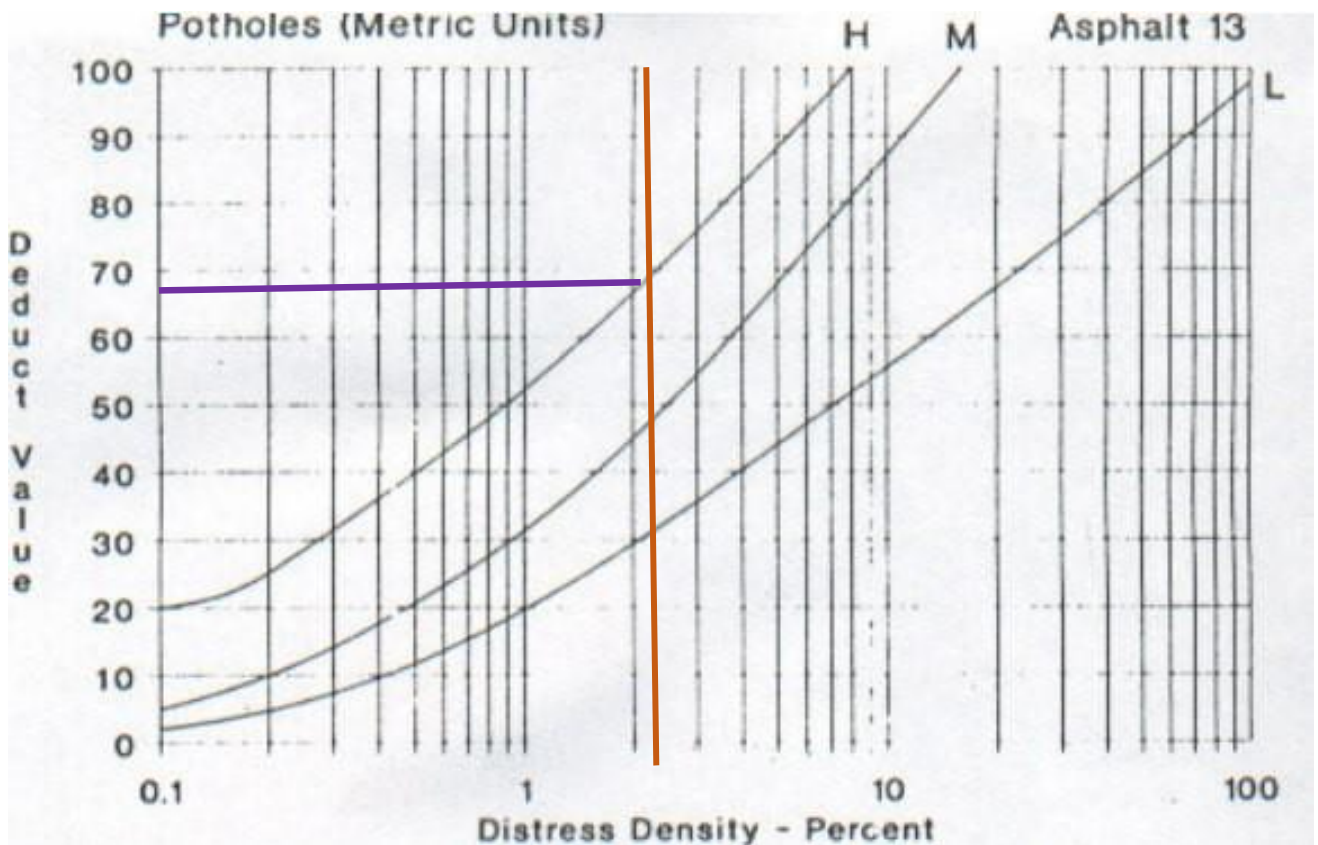




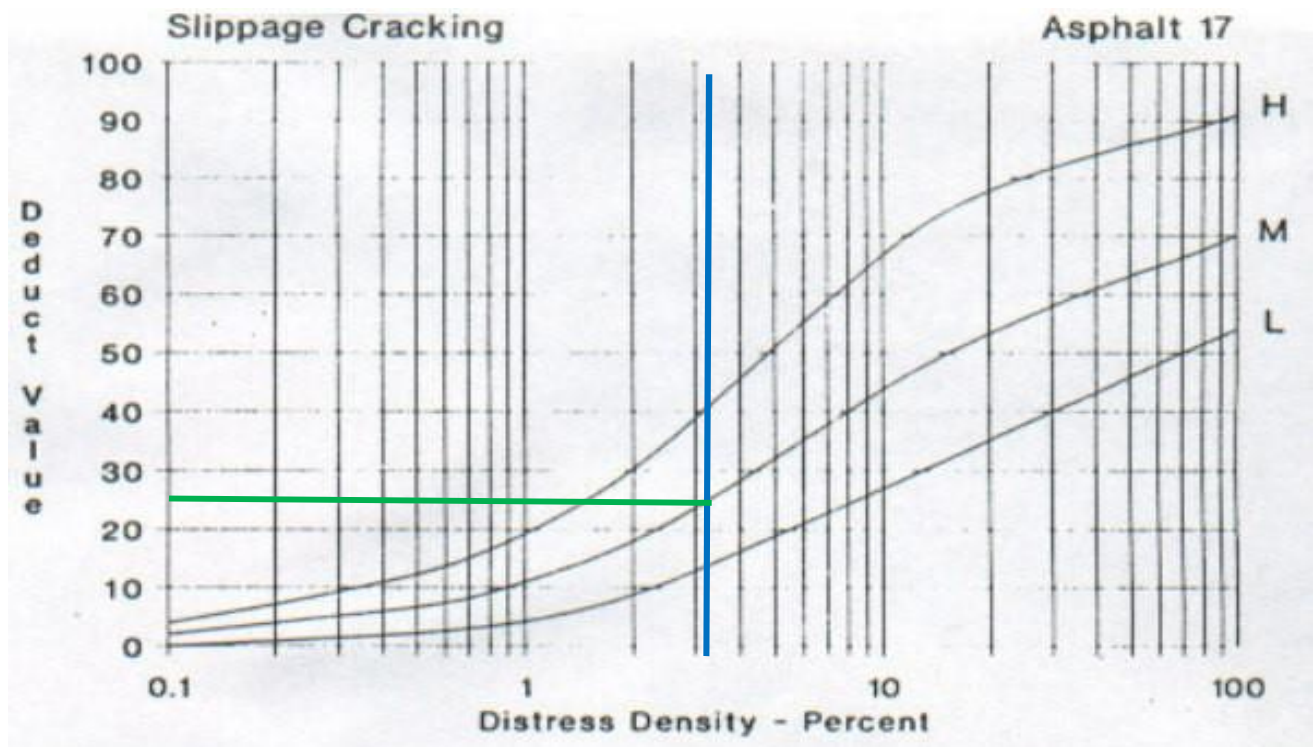
# ABACOS PARA LA FALLA N°11 (PARCHES)



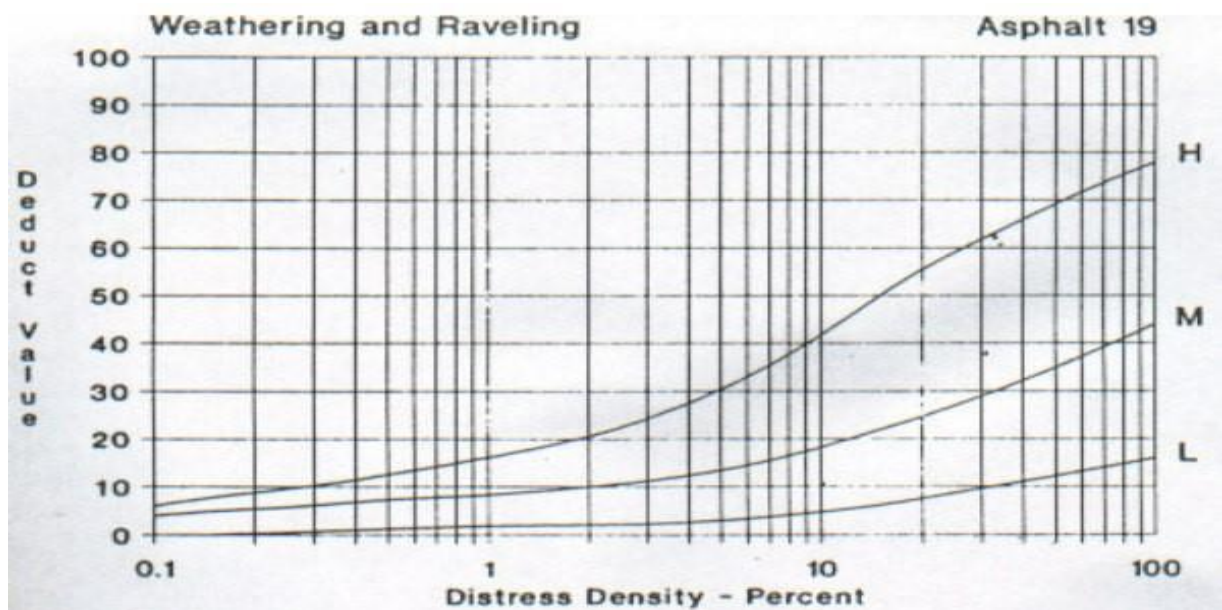
# ABACOS PARA LA FALLA N°13 (BACHES O HUECOS)



## ABACOS PARA LA FALLA N°17 (GRIETA PARABOLICA)





## ABACOS PARA LA FALLA N°19 (DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS)



# DATOS RECOLECTADOS DE CAMPO (UNIDAD DE EVALUACIÓN N° 10)

## 1.- Ficha para la evaluación superficial de pavimentos

EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO DEL TRAMO 5 DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA				ESQUEMA:			
<b>ZONA</b> Carr. Juliaca - Lampa		<b>ABSCISA INICIAL</b> Km 4 + 875	<b>UNIDAD DE MUESTREO</b> 11				
<b>CODIGO VÍA</b> Tramo 5 (Km4 al Km5)		<b>ABSCISA FINAL</b> Km 4 + 900	<b>AREA DE MUESTREO</b> 185 m2				
<b>INSPECCIONADA POR:</b> Henry Ccama, Kennedy Turpo		<b>FECHA</b> 03/02/2021					
<b>No.</b>	<b>Daño</b>	<b>No.</b>	<b>Daño</b>				
1	Piel de cocodrilo	11	Parches				
2	Exudacion	12	Pulimiento de agregados				
3	Fisura en bloque	13	Baches (huecos)				
4	Abultamientos y hundimientos	14	Cruce de via ferrea				
5	Corrugación	15	Ahuellamiento				
6	Depresion	16	Desplazamiento				
7	Fisura de borde	17	Grieta parabolica				
8	Fisura de reflexion de junta	18	Hinchamiento				
9	Desnivel carril/berma	19	Desprendimiento de agregados				
10	Fisuras longitudinal y transversa						
DAÑO	SEVERIDAD	X	Y			LONGITUD	ANCHO
10	ALTA	5.25	3.81			6.68	0.00
10	ALTA	6.18	20.45			3.29	0.00
10	MODERADA	0.09	19.09			1.38	0.00
10	ALTA	1.08	14.98			1.29	0.00
10	MODERADA	4.15	1.18			0.00	3.19
10	ALTA	4.42	9.32			0.00	2.66
10	ALTA	9.91	22.85			0.00	2.18
10	ALTA	0.48	23.28			0.00	1.68
10	ALTA	2.45	22.18	0.00	1.62		
10	ALTA	0.98	20.27	0.00	1.91		
10	MODERADA	0.51	16.05	0.00	1.28		
10	ALTA	0.15	10.42	0.00	1.63		
11	ALTA	3.72	1.32	2.51	2.68		
11	ALTA	3.71	9.81	9.68	1.72		
11	ALTA	3.76	14.39	10.51	1.78		
1	ALTA	1.95	0.81	8.98	1.81		
1	ALTA	1.68	9.78	3.28	1.79		
1	MODERADA	1.95	13.09	3.18	1.81		
1	ALTA	2.08	16.18	8.78	1.65		
11	ALTA	3.22	0.00	25.00	0.55		
7	ALTA	7.43	0.00	19.23	0.00		
19	MODERADA	0.86	0.00	25.00	1.27		

2.- Calculo de las Cantidades Parciales de cada una de las fallas

FALLA	SEVERIDAD	LONGITUD(m)	ANCHO(m)	UNIDAD	CANT. PARCIAL	TOTAL	
1	ALTA	8.98	1.81		16.25	36.61	
		3.28	1.79		5.87		
		8.78	1.65		14.49		
	MODERADA	3.18	1.81		5.76	5.76	
7	ALTA	19.23	0.00		19.23	19.23	
10	ALTA	6.68	0.00		6.68	22.94	
		3.29	0.00		3.29		
		1.29	0.00		1.29		
		0.00	2.66		2.66		
		0.00	2.18		2.18		
		0.00	1.68		1.68		
		0.00	1.62		1.62		
		0.00	1.91		1.91		
			0.00	1.63			1.63
		MODERADA	1.38	0.00			1.38
		0.00	3.19		3.19		
		0.00	1.28		1.28		
11	ALTA	25.00	0.55		13.75	13.75	
13	ALTA			1.00	1.00	3.00	
				1.00	1.00		
				1.00	1.00		
19	MODERADA	25.00	1.27		31.75	31.8	

3.- Determinacion de los valores deducidos por las tablas de la Norma ASTM D 6433

		AREA DE MUESTRA 185m <sup>2</sup>		
FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD(%)	VALOR DEDUCIDO
1	ALTA	36.61	19.7%	62.00
	MODERADA	5.76	3.1%	33.00
7	ALTA	19.23	10.3%	60.00
10	ALTA	22.94	12.4%	60.00
	MODERADA	5.85	3.1%	0.90
11	ALTA	13.75	7.4%	62.00
13	ALTA	3	1.6%	61.00
19	MODERADA	31.75	17.1%	30.00

Los valores deducidos fueron determinados por abacos

Los abacos fueron extraidos del manual de la condición de pavimentos PCI que también se encuentran en la Norma ASTM 6433

#### 4.- Calculo de los valores corregidos

Número de valores deducidos mayores a 2: 7  
 Valor deducido mas alto (HDV1): 62.00  
 Numero máximo de valores deducidos (mi): 4.49

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_1)$$

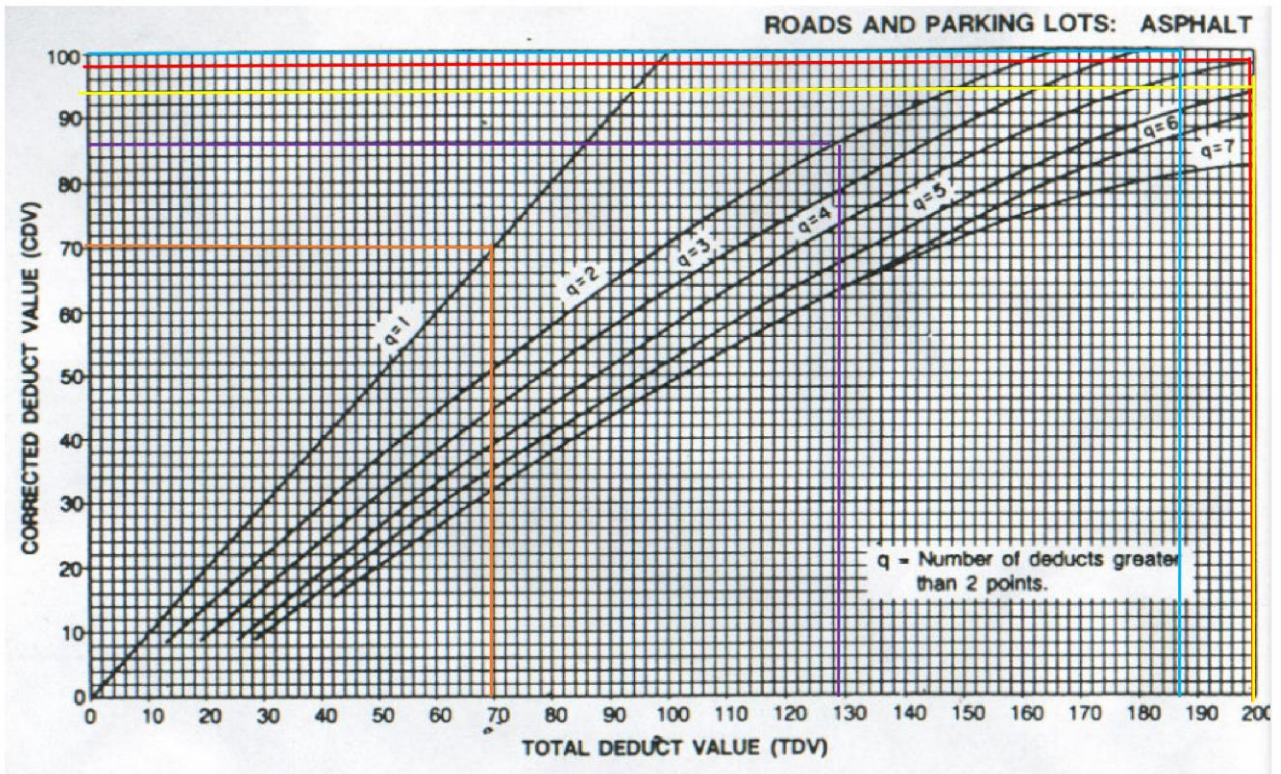
#### CALCULO DE VALORES CORREGIDOS

Nº	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
1	62.00	61.00	60.00	33.00	15.56	231.56	5	94.00
2	62.00	61.00	60.00	33.00	2	218.00	4	98.00
3	62.00	61.00	60.00	2	2	187.00	3	100.00
4	62.00	61.00	2	2	2	129.00	2	86.00
5	62.00	2	2	2	2	70.00	1	70.00

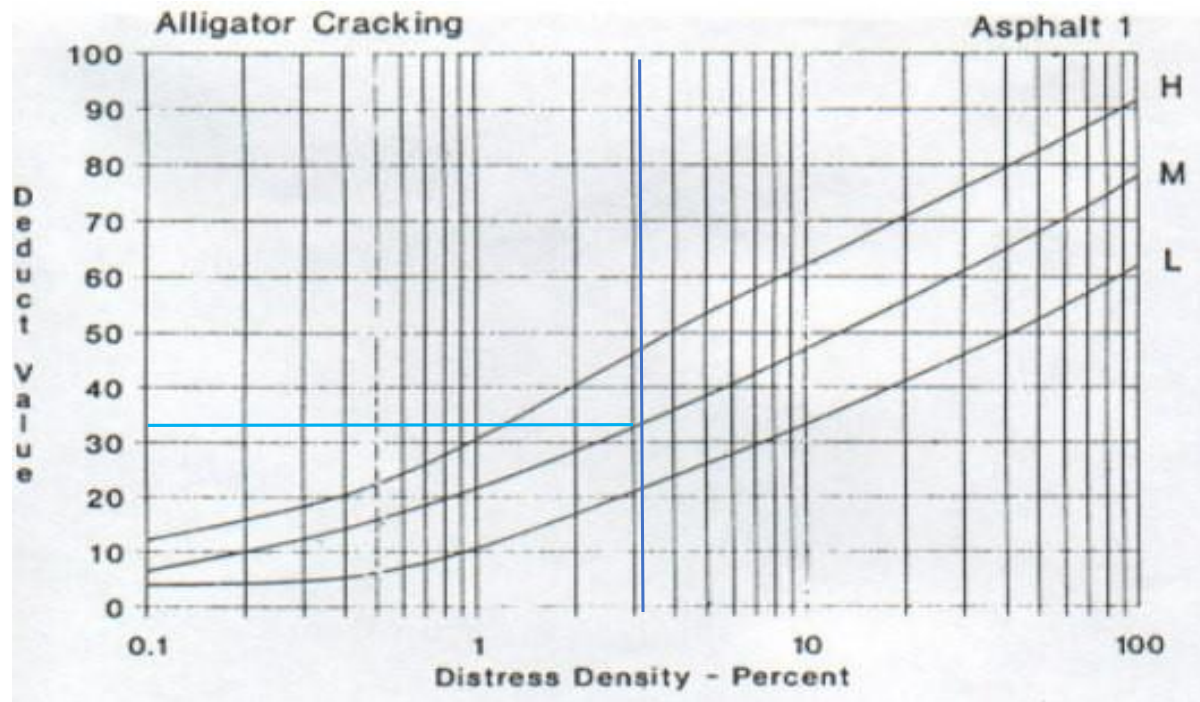
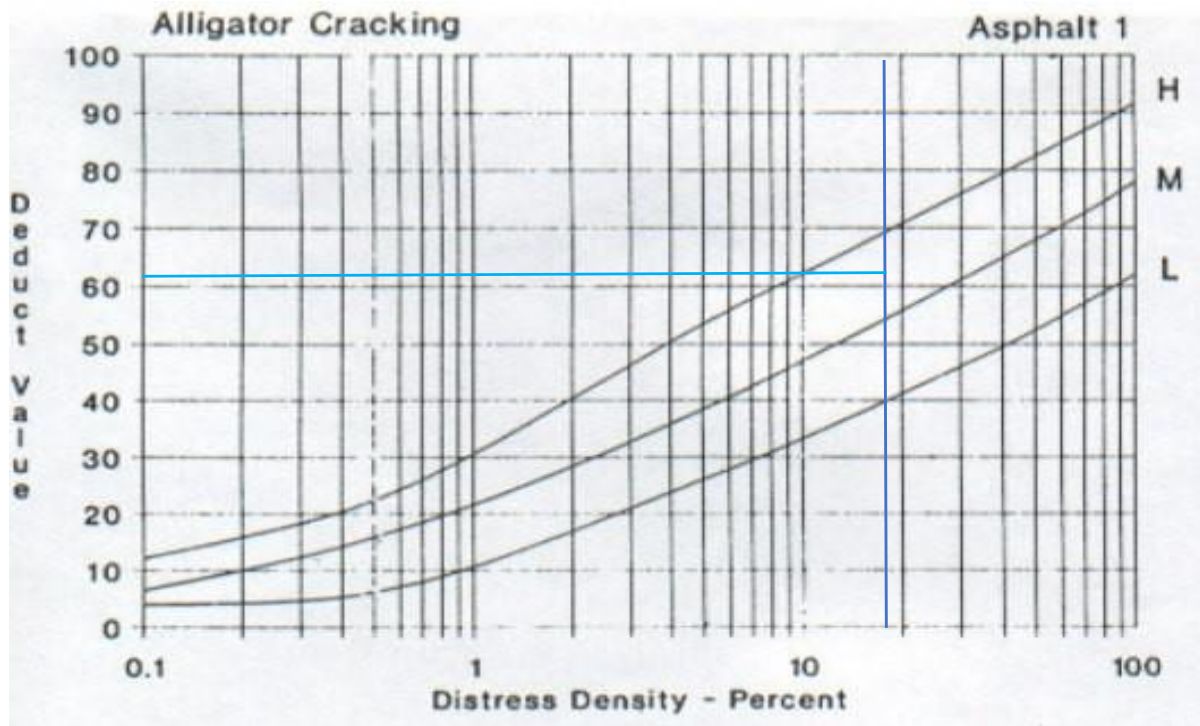
Max valor de VDC: 100.00

$$PCI = 100 - \text{Max. valor VDC}$$

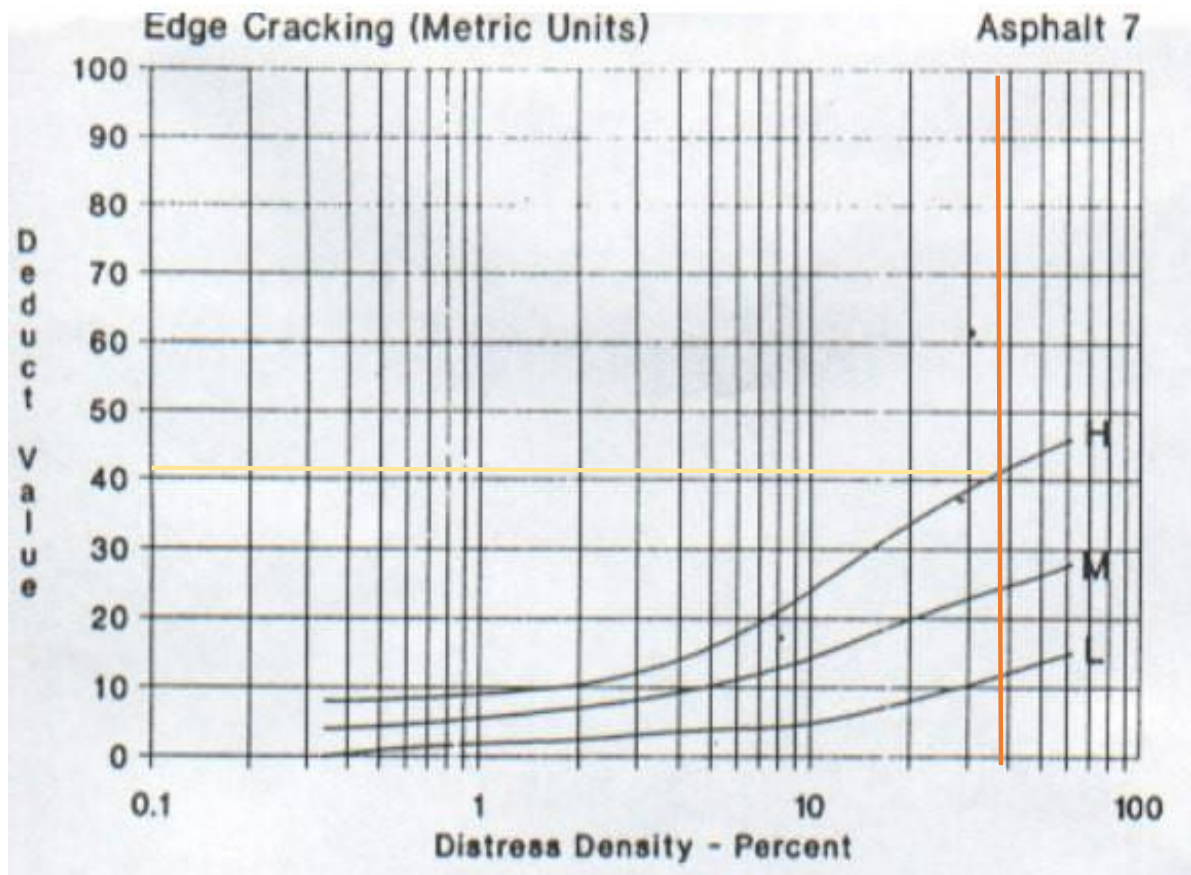
VALOR DE PCI: 0.00



# ABACOS PARA LA FALLA N°1 (PIEL DE COCODRILO)

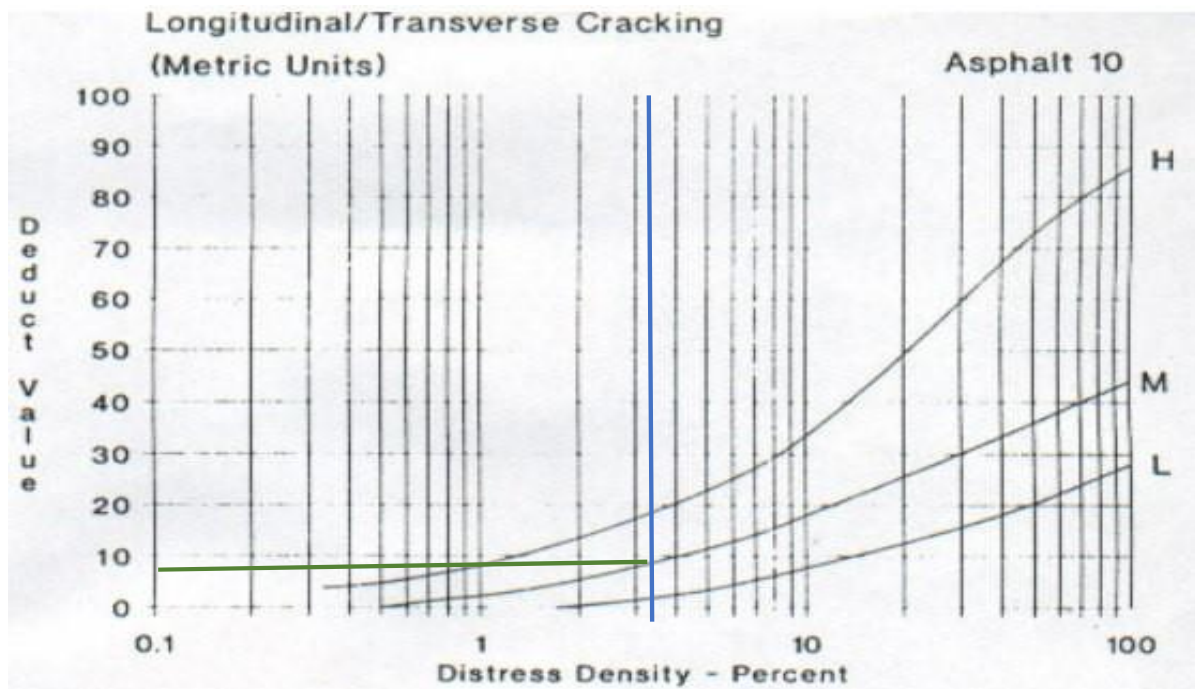
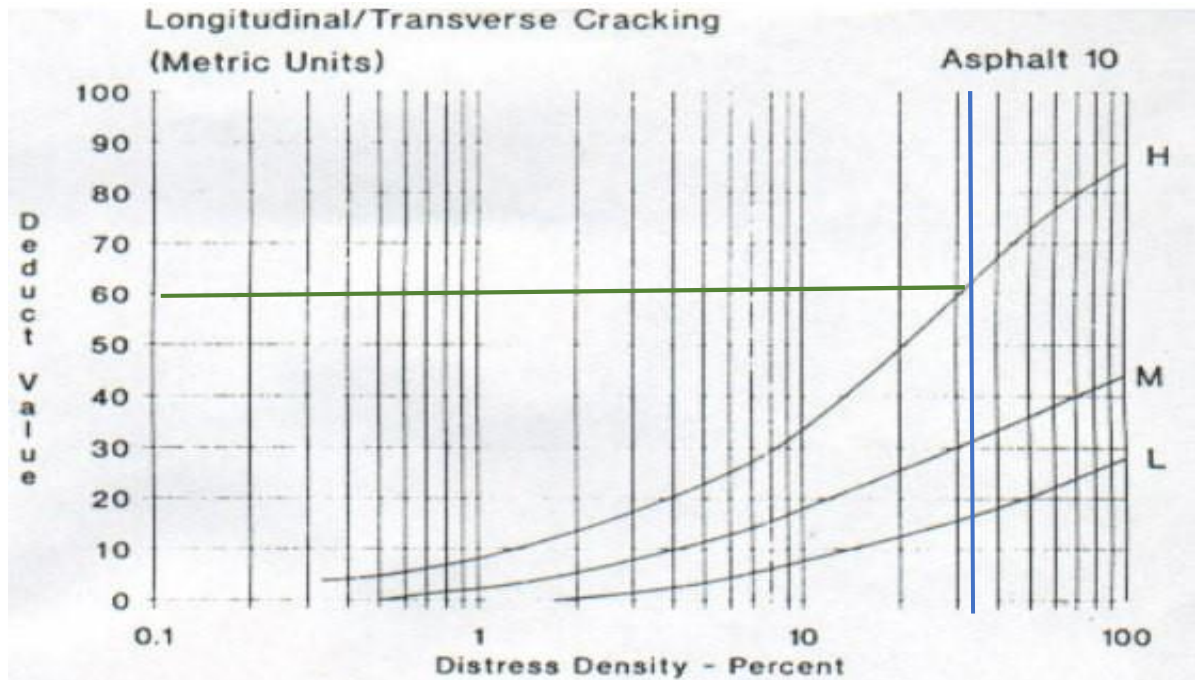


# ABACOS PARA LA FALLA N°7 (FISURA DE BORDE)

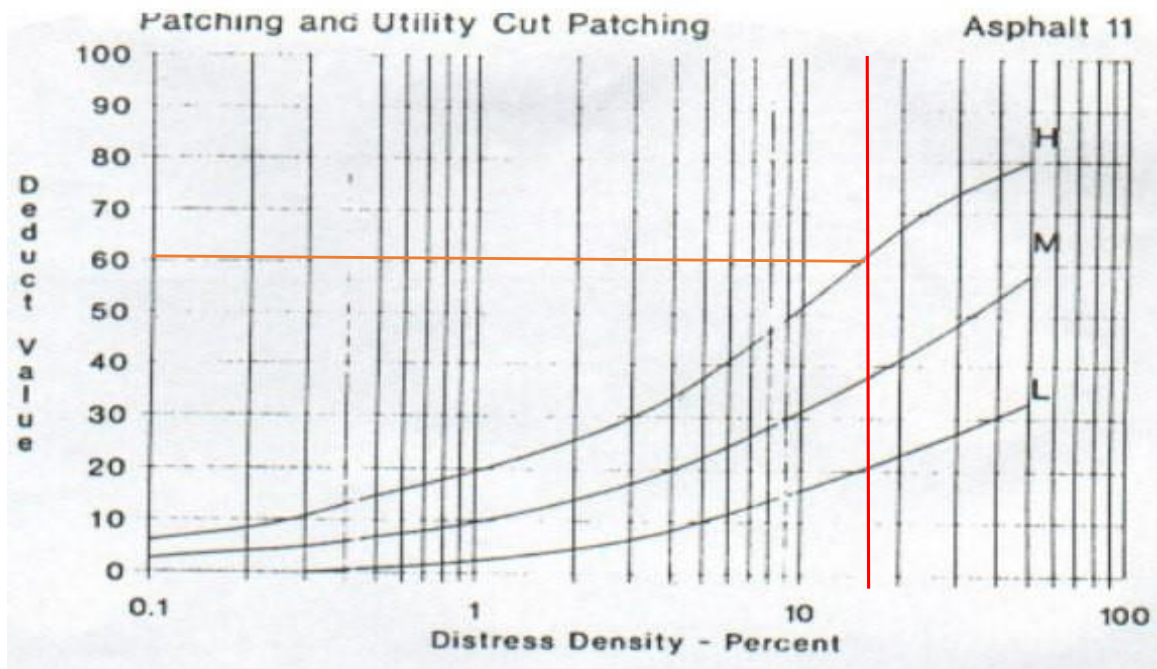




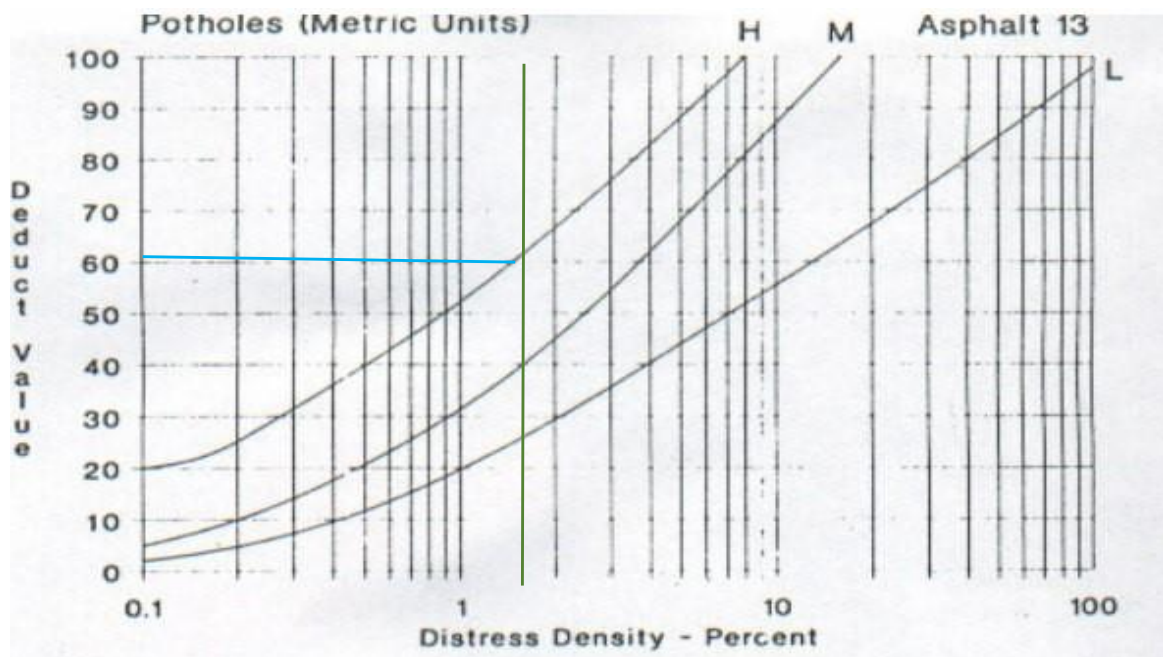
# ABACOS PARA LA FALLA N°10 (FISURAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES)



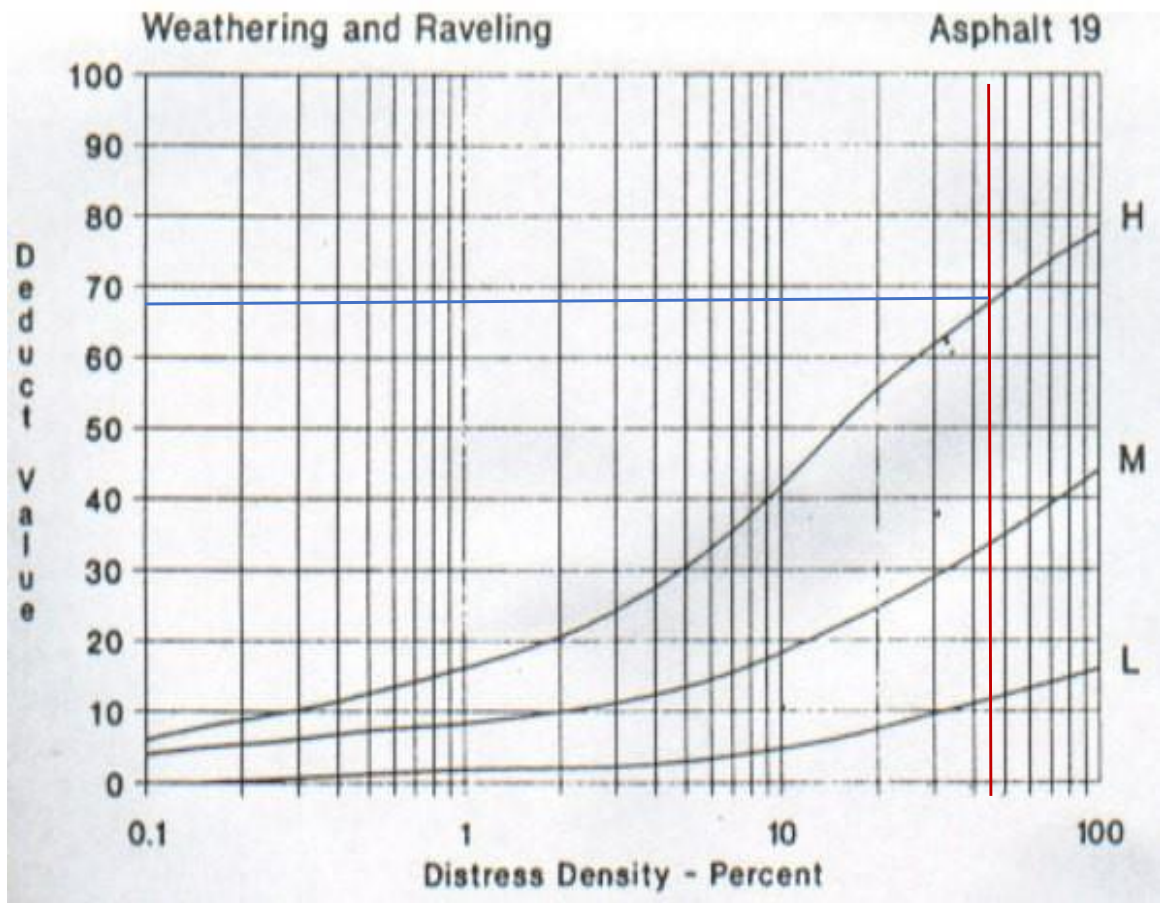
## ABACOS PARA LA FALLA Nª11 (PARCHES)



## ABACOS PARA LA FALLA Nª13 (BACHES O HUECOS)



# ABACOS PARA LA FALLA N°19 (DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS)



# DATOS RECOLECTADOS DE CAMPO (UNIDAD DE EVALUACIÓN N° 10)

## 1.- Ficha para la evaluacion superficial de pavimentos

EXPLORACION DE LA CONDICION POR UNIDAD DE MUESTREO DEL TRAMO 5 DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA				ESQUEMA:	
<b>ZONA</b> Carr. Juliaca - Lampa		<b>ABSCISA INICIAL</b> Km 4 + 975	<b>UNIDAD DE MUESTREO</b> 12		
<b>CODIGO VÍA</b> Tramo 5 (Km4 al Km5)		<b>ABSCISA FINAL</b> Km 5 + 000	<b>AREA DE MUESTREO</b> 185 m2		
<b>INSPECCIONADA POR:</b> Henry Ccama, Kennedy Turpo		<b>FECHA</b> 03/02/2021			
<b>No.</b>	<b>Daño</b>	<b>No.</b>	<b>Daño</b>		
1	Piel de cocodrilo	11	Parches		
2	Exudacion	12	Pulimiento de agregados		
3	Fisura en bloque	13	Baches (huecos)		
4	Abultamientos y hundim	14	Cruce de via ferrea		
5	Corrugación	15	Ahuellamiento		
6	Depresion	16	Desplazamiento		
7	Fisura de borde	17	Grieta parabolica		
8	Fisura de reflexion de ju	18	Hinchamiento		
9	Desnivel carril/berma	19	Desprendimiento de agre		
10	Fisuras longitudinal y tra				
DAÑO	SEVERIDAD	X	Y	LONGITUD	ANCHO
10	MODERADA	4.50	2.22	0.00	2.41
10	ALTA	4.67	6.54	0.00	2.90
10	ALTA	4.81	9.94	0.00	2.81
10	ALTA	4.90	12.07	0.00	2.71
10	ALTA	4.06	16.60	0.00	3.23
10	ALTA	4.21	18.70	0.00	2.62
10	ALTA	5.49	1.04	13.62	0.00
10	ALTA	5.81	13.79	9.86	0.00
1	ALTA	3.27	2.99	12.21	1.18
1	MODERADA	2.86	16.48	4.40	0.95
1	ALTA	0.00	22.30	1.72	2.70
11	ALTA	3.50	0.00	25.00	0.55
13	ALTA	1.20	6.20		
19	MODERADA	0.86	0.00	25.00	1.27

## 2.- Calculo de las Cantidades Parciales de cada una de las fallas

FALLA	SEVERIDAD	LONGITUD(m)	ANCHO(m)	UNIDAD	CANT. PARCIAL	TOTAL
1	ALTA	12.21	1.18		14.41	19.05
		1.72	2.70		4.64	
	MODERADA	4.40	0.95		4.18	4.18
10	ALTA	0.00	2.90		2.90	37.75
		0.00	2.81		2.81	
		0.00	2.71		2.71	
		0.00	3.23		3.23	
		0.00	2.62		2.62	
		13.62	0.00		13.62	
	9.86	0.00		9.86		
	MODERADA	0.00	2.41		2.41	2.41
11	ALTA	25.00	0.55		13.75	13.75
13	ALTA			1.00	1.00	1.00
19	MODERADA	25.00	1.27		31.75	31.75

## 3.- Determinacion de los valores deducidos por las tablas de la Norma ASTM D6436

		AREA DE MUESTRA 185 m <sup>2</sup>		
FALLA	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD(%)	VALOR DEDUCIDO
1	ALTA	19.05	10.30%	64.00
	MODERADA	4.18	2.26%	30.00
10	ALTA	37.75	20.41%	54.00
	MODERADA	2.41	1.30%	0.40
11	ALTA	13.75	7.43%	19.00
13	ALTA	1.00	0.54%	40.00
19	MODERADA	31.75	17.16%	30.00

Los valores deducidos fueron determinados por abacos

Los abacos fueron extraidos del manual de la condicion de pavimentos PCI que tambien se encuentran en la Norma ASTM 6433

#### 4.- Calculo de los valores corregidos

Número de valores deducidos mayores a 2                    6  
 Valor deducido mas alto (HDV1)                                    64.00  
 Numero máximo de valores deducidos (mi)                    4.31

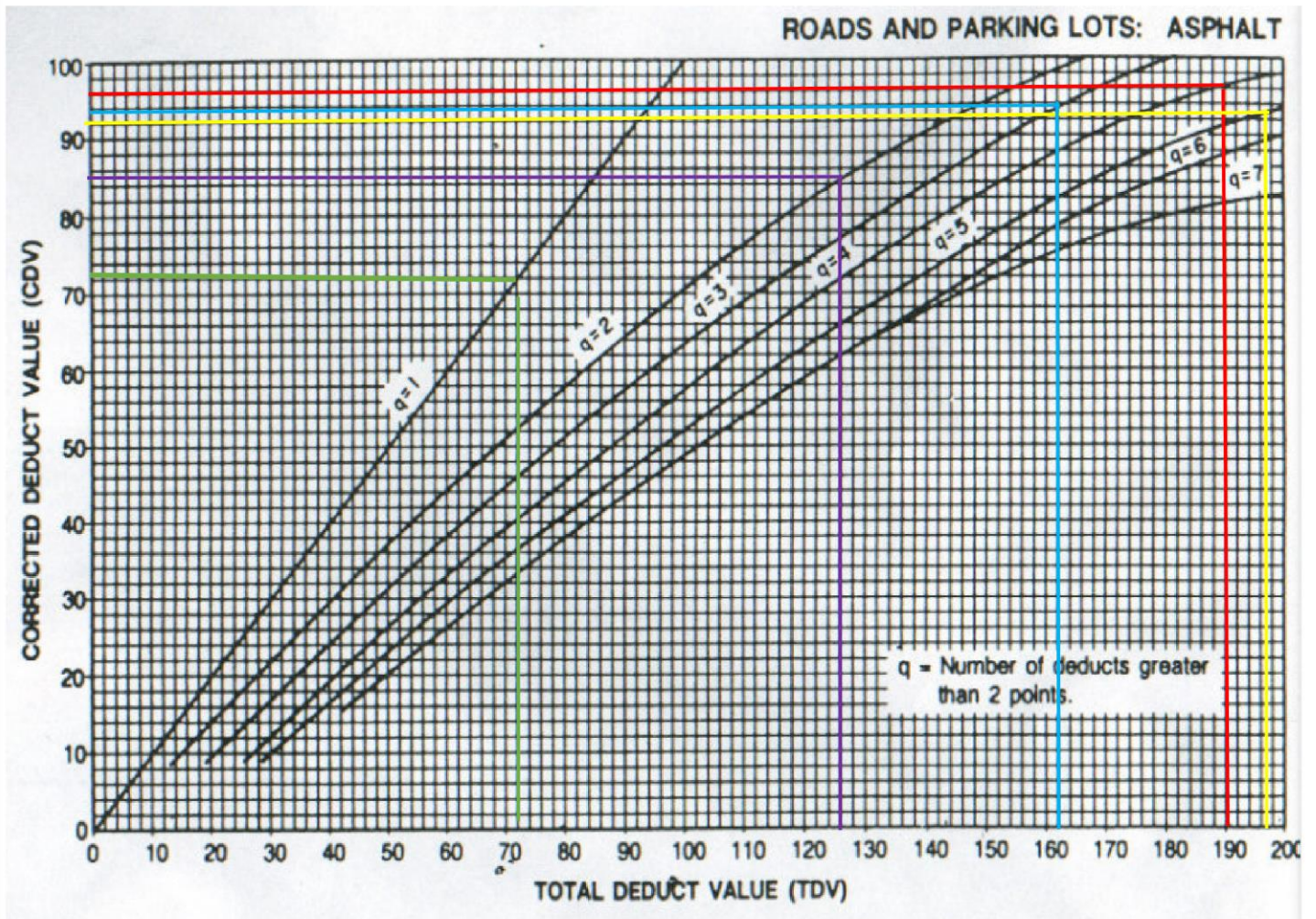
$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_1)$$

#### CALCULO DE VALORES CORREGIDOS

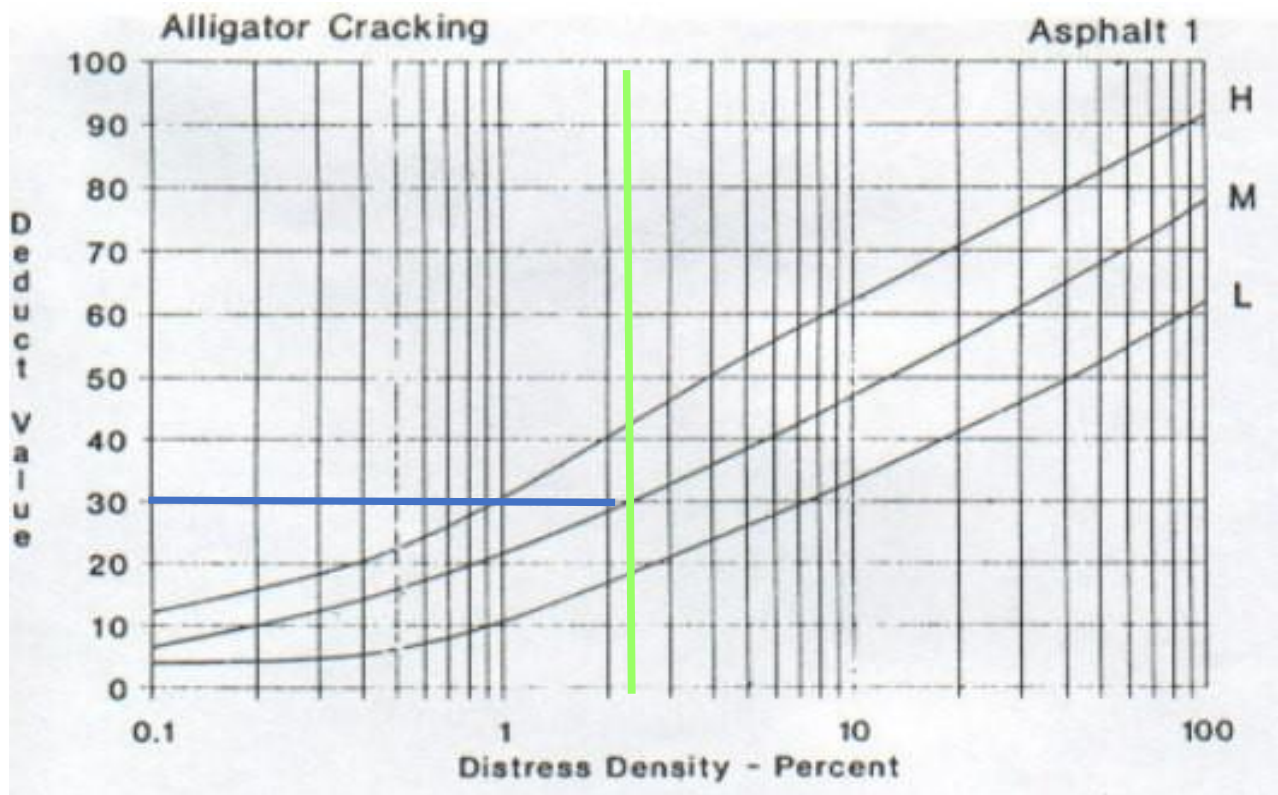
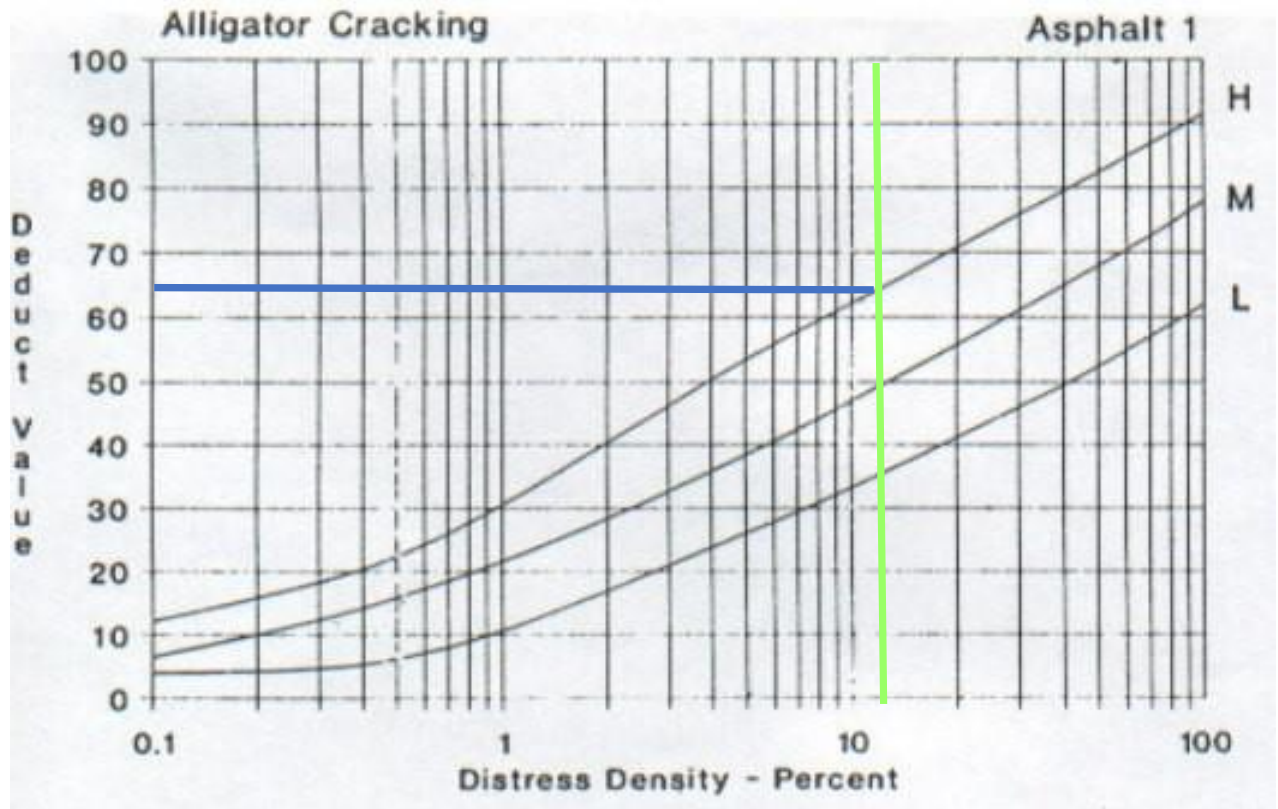
Nº	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	VDC
1	64.00	54.00	40.00	30.00	9.30	197.30	5	92.00
2	64.00	54.00	40.00	30.00	2	190.00	4	96.00
3	64.00	54.00	40.00	2	2	162.00	3	94.00
4	64.00	54.00	2	2	2	124.00	2	85.00
5	64.00	2	2	2	2	72.00	1	72.00
<b>Max valor de VDC</b>								<b>96.00</b>

$$PCI = 100 - \text{Max. valor VDC}$$

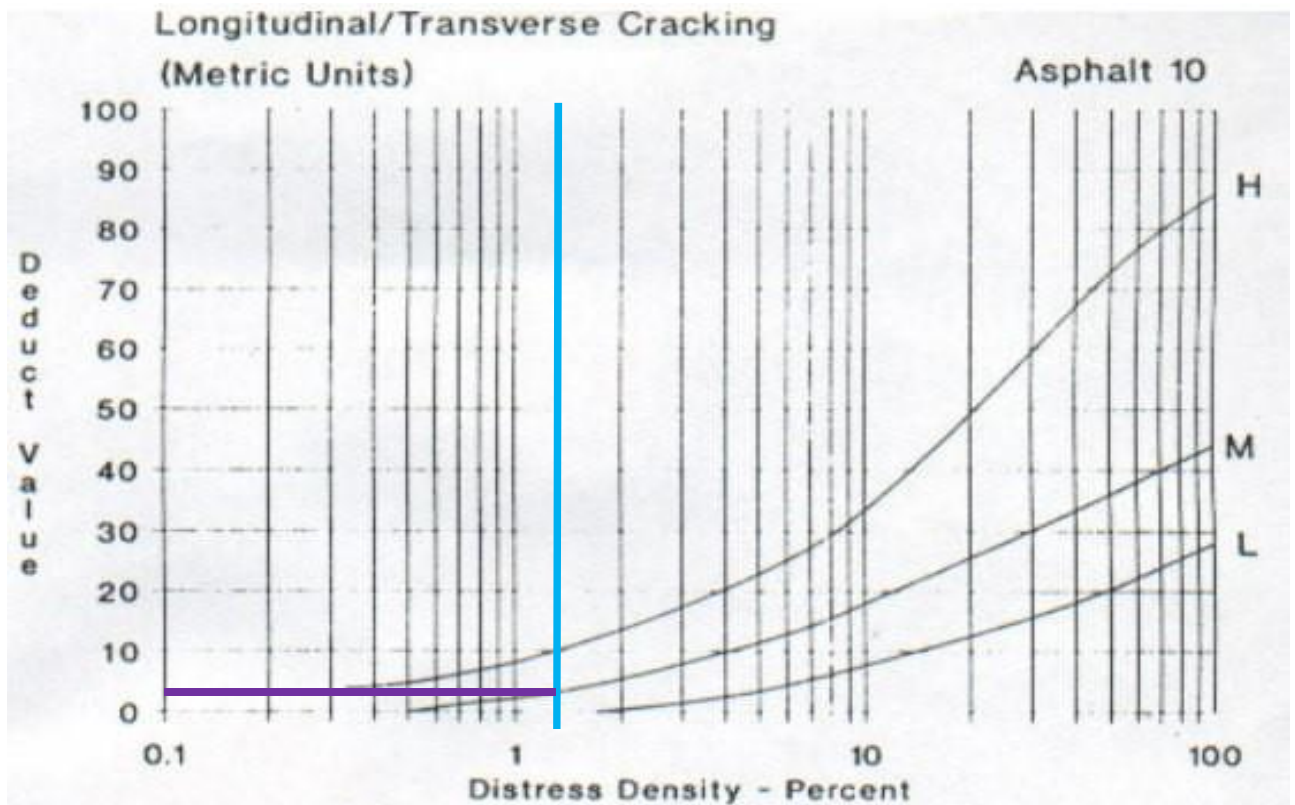
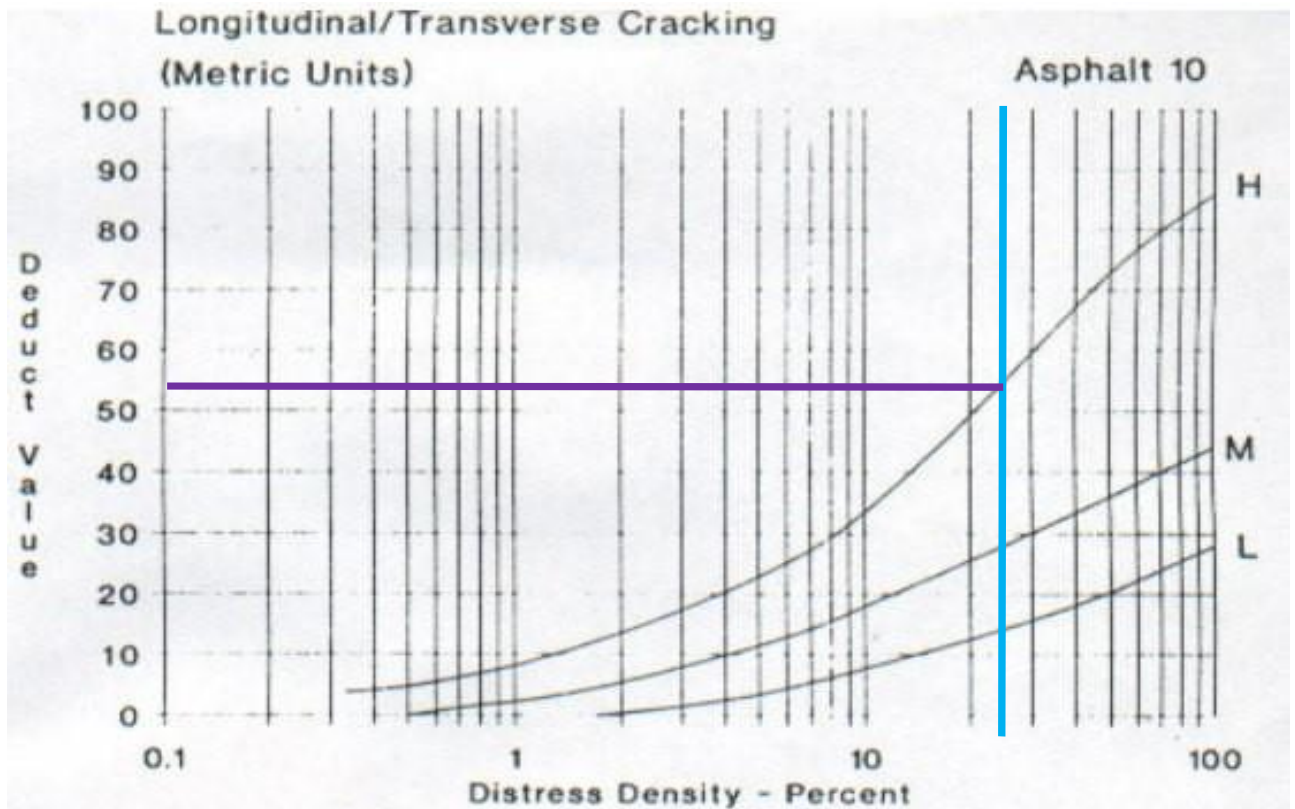
**VALOR DE PCI    4.00**



# ABACOS PARA LA FALLA N°1 (PIEL DE COCODRILO)

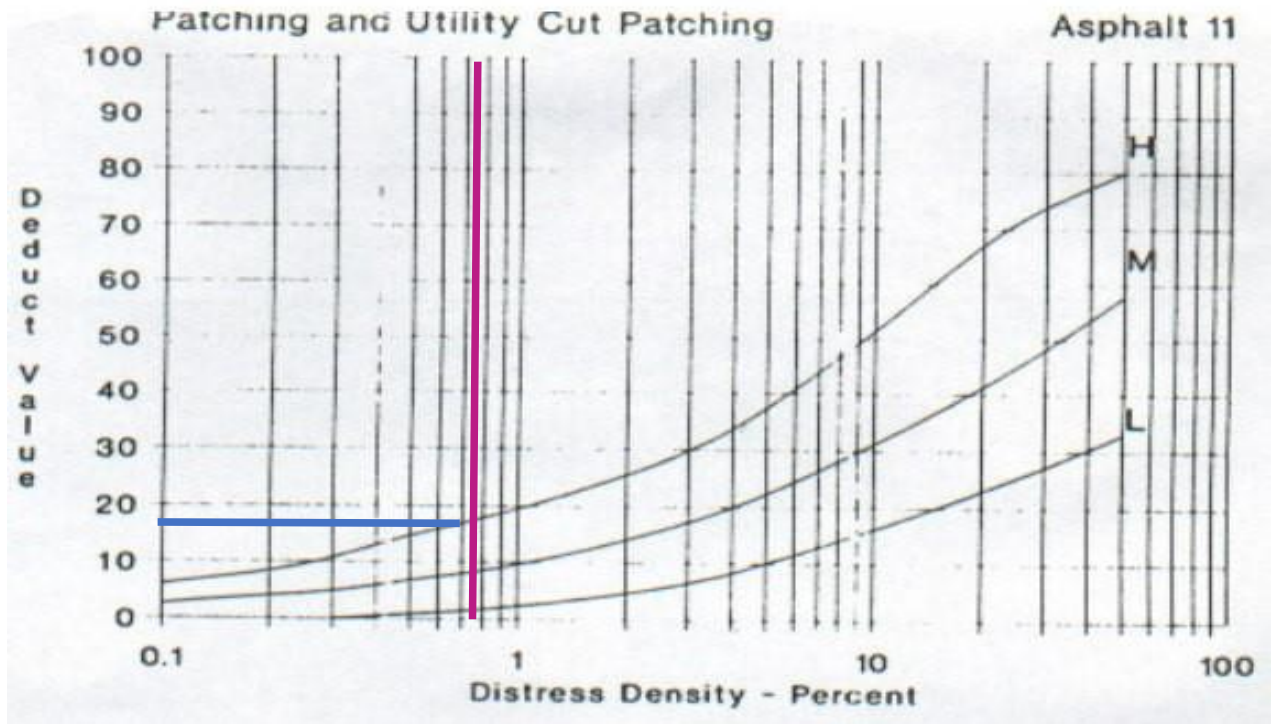


# ABACOS PARA LA FALLA N°10 (FISURAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES)

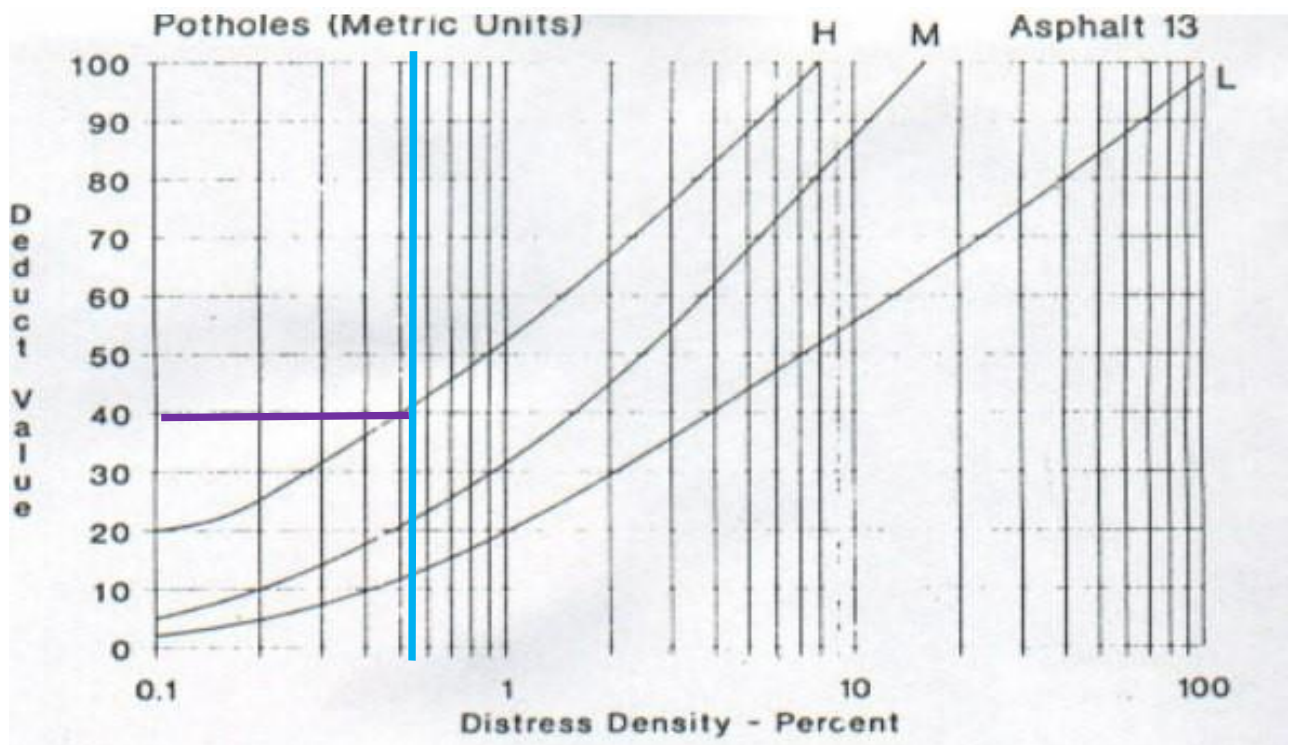




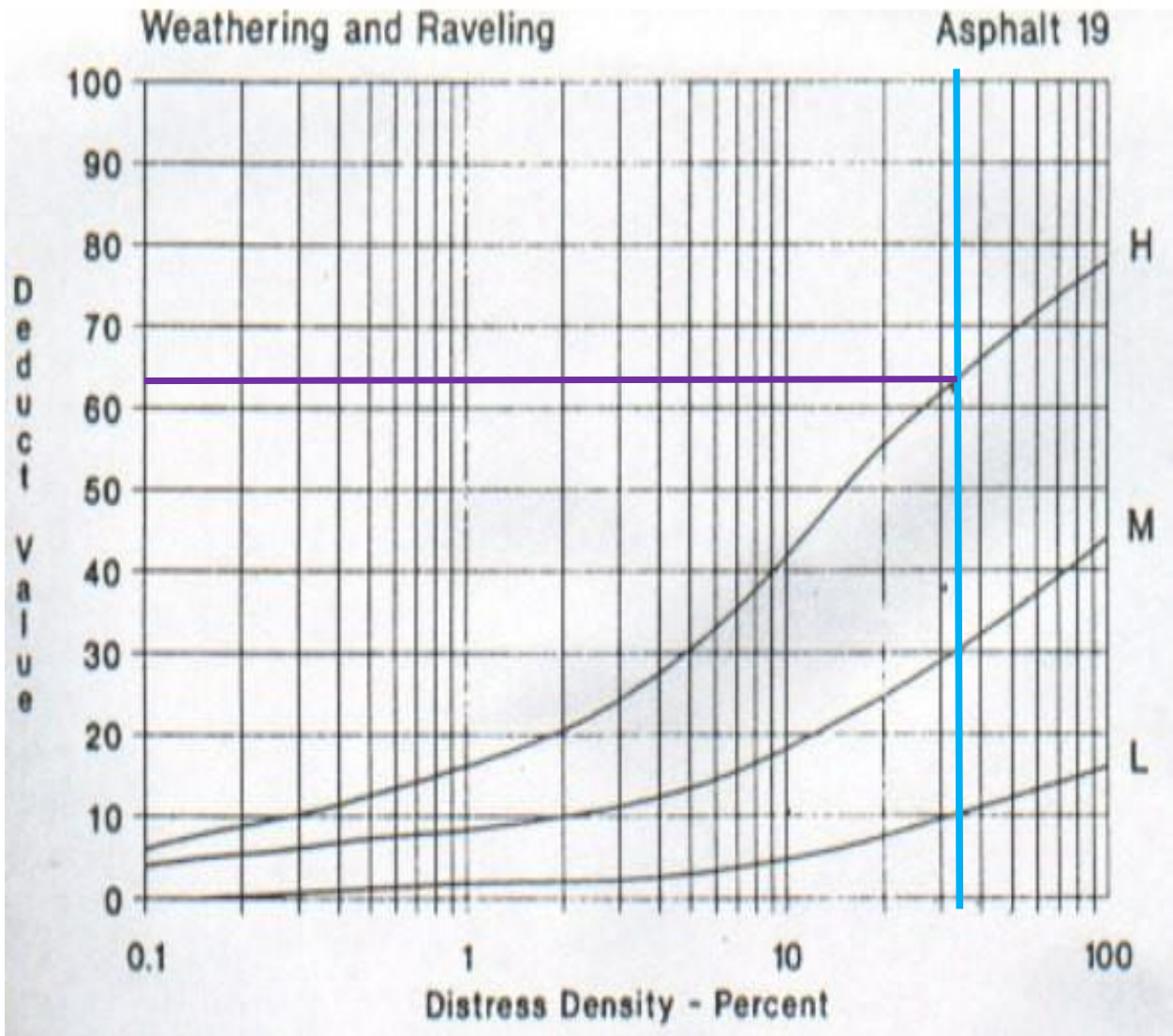
## ABACOS PARA LA FALLA Nª11 (PARCHES)



## ABACOS PARA LA FALLA Nª13 (BACHES O HUECOS)



# ABACOS PARA LA FALLA N°19 (DESPRENDIMIENTO DE AGREGADO)



# RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN PCI

## 1.- RANGO DE CLASIFICACIÓN PCI

RANGO DEL PCI	CLASIFICACIÓN
100 - 85	EXCELENTE
85 - 70	MUY BUENO
70 - 55	BUENO
55 - 40	REGULAR
40 - 25	POBRE
25 - 10	MUY POBRE
10 - 0	FALLADO

ASTM D6433,  
clasificación de la  
evaluación PCI

## 2.- TIPO DE MANTENIMIENTO DE ACUERDO A LA CLASIFICACION DEL PCI

CLASIFICACIÓN DEL PCI	COLOR	TIPO DE MANTENIMIENTO
EXCELENTE	Verde	MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PREVENTIVO (Parches, lechadas asfálticas)
MUY BUENO	Verde claro	
BUENO	Amarillo	MANTENIMIENTO CORRECTIVO (Recapado)
REGULAR	Naranja claro	
POBRE	Naranja	REHABILITACION MAYOR (Reemplazo de la carpeta asfáltica)
MUY POBRE	Naranja oscuro	RECONSTRUCCIÓN (Reemplazo de la carpeta asfáltica y base granular)
FALLADO	Rojo	

## 3.- CUADRO RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL PCI Y EL TIPO DE MANTENIMIENTO RECOMENDADO

UNID. DE EVALUACIÓN	ÁREA	Prog. Inicial	Prog. Final	PCI	CLASIFICACIÓN	TIPO DE MANTENIMIENTO
1	185	Km 4 + 000	Km 4 + 025	2.00	FALLADO	RECONSTRUCCION
2	185	Km 4 + 100	Km 4 + 125	0.00	FALLADO	RECONSTRUCCION
3	185	Km 4 + 200	Km 4 + 225	19.00	MUY POBRE	RECONSTRUCCION
4	185	Km 4 + 300	Km 4 + 325	4.00	FALLADO	RECONSTRUCCION
5	185	Km 4 + 400	Km 4 + 425	4.00	FALLADO	RECONSTRUCCION
6	185	Km 4 + 475	Km 4 + 500	9.00	FALLADO	RECONSTRUCCION
7	185	Km 4 + 500	Km 4 + 525	4.00	FALLADO	RECONSTRUCCION
8	185	Km 4 + 500	Km 4 + 525	0.50	FALLADO	RECONSTRUCCION
9	185	Km 4 + 675	Km 4 + 700	1.00	FALLADO	RECONSTRUCCION
10	185	Km 4 + 775	Km 4 + 800	2.00	FALLADO	RECONSTRUCCION
11	185	Km 4 + 875	Km 4 + 900	0.00	FALLADO	RECONSTRUCCION
12	185	Km 4 + 975	Km 5 + 000	4.00	FALLADO	RECONSTRUCCION

PCI del pavimento

4.13

FALLADO

Para la evaluación estructural

## REGISTROS DE LAS LECTURAS DE CAMPO DEL CARRIL IZQUIERDO

<b>PROGRESIVA:</b>	Km 04+050 AL Km 04+950	<b>CARGA POR ENSAYO:</b>	4100 kg	<b>RELACION DE BRAZOS:</b>	4:1
<b>CARRIL:</b>	IZQUIERDO	<b>PRESION DE INFLADO:</b>	80 PSI	<b>FACTOR DE ESTACIONALIDAD:</b>	1.0
<b>CARGA POR EJE:</b>	8.2 Tn	<b>UNIDAD DE LECTURA:</b>	10 <sup>-2</sup> mm		

N <sup>o</sup>	PROGRESIVAS	CARRIL	LECTURAS DE CAMPO					TURAS DE CAMPO CORREGIDAS V. BENKELI				Rc				
			L <sub>0</sub>	L <sub>25</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>75</sub>	L <sub>max</sub>	mm/100								
								mm								
			L <sub>0</sub>	L <sub>25</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>75</sub>	L <sub>max</sub>	D <sub>max</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>	D <sub>max</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>	Rc
1	04+050	Izq.	100	99	98	95	89	44.0	40.0	36.0	24.0	0.44	0.40	0.36	0.24	781
2	04+150	Izq.	100	99	95	91	81	76.0	72.0	56.0	40.0	0.76	0.72	0.56	0.40	781
3	04+250	Izq.	100	96	91	87	81	76.0	60.0	40.0	24.0	0.76	0.60	0.40	0.24	195
4	04+350	Izq.	100	99	95	92	81	76.0	72.0	56.0	44.0	0.76	0.72	0.56	0.44	781
5	04+450	Izq.	100	99	93	85	75	100.0	96.0	72.0	40.0	1.00	0.96	0.72	0.40	781
6	04+550	Izq.	100	98	95	88	80	80.0	72.0	60.0	32.0	0.80	0.72	0.60	0.32	391
7	04+650	Izq.	100	99	94	91	86	56.0	52.0	32.0	20.0	0.56	0.52	0.32	0.20	781
8	04+750	Izq.	100	95	87	80	67	132.0	112.0	80.0	52.0	1.32	1.12	0.80	0.52	156
9	04+850	Izq.	100	98	94	89	80	80.0	72.0	56.0	36.0	0.80	0.72	0.56	0.36	391
10	04+950	Izq.	100	99	95	90	83	68.0	64.0	48.0	28.0	0.68	0.64	0.48	0.28	781

## REGISTROS DE LAS LECTURAS DE CAMPO DEL CARRIL DERECHO

PROGRESIVA:	Km 04+000 AL Km 05+000	CARGA POR ENSAYO:	4100 kg	RELACION DE BRAZOS:	4:1
CARRIL:	DERECHO	PRESION DE INFLADO:	80 PSI	FACTOR DE ESTACIONALIDAD:	1.0
CARGA POR EJE:	8.2 Tn	UNIDAD DE LECTURA:	10 <sup>-2</sup> mm		

		k = 4		c = 1												
		LECTURAS DE CAMPO							LECTURAS DE CAMPO CORREGIDAS V. BENKE							
		mm/100							mm							
N°	PROGESIVAS	CARRIL	L <sub>0</sub>	L <sub>25</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>75</sub>	L <sub>max</sub>	D <sub>max</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>	D <sub>max</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>	Rc
1	04+000	Der.	100	99	94	88	69	124.0	120.0	100.0	76.0	1.24	1.20	1.00	0.76	781
2	04+100	Der.	100	98	91	87	69	124.0	116.0	88.0	72.0	1.24	1.16	0.88	0.72	391
3	04+200	Der.	100	98	93	89	62	152.0	144.0	124.0	108.0	1.52	1.44	1.24	1.08	391
4	04+300	Der.	100	99	95	90	70	120.0	116.0	100.0	80.0	1.20	1.16	1.00	0.80	781
5	04+400	Der.	100	99.5	99	95	90	40.0	38.0	36.0	20.0	0.40	0.38	0.36	0.20	1563
6	04+500	Der.	100	99	95	86	76	96.0	92.0	76.0	40.0	0.96	0.92	0.76	0.40	781
7	04+600	Der.	100	98	91	84	61	156.0	148.0	120.0	92.0	1.56	1.48	1.20	0.92	391
8	04+700	Der.	100	99	96	90	79	84.0	80.0	68.0	44.0	0.84	0.80	0.68	0.44	781
9	04+800	Der.	100	98	93	90	72	112.0	104.0	84.0	72.0	1.12	1.04	0.84	0.72	391
10	04+900	Der.	100	99	98	94	80	80.0	76.0	72.0	56.0	0.80	0.76	0.72	0.56	781
11	05+000	Der.	100	99	95	89	82	72.0	68.0	52.0	28.0	0.72	0.68	0.52	0.28	781

## EVALUACION ESTRUCTURAL DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO 5 (KM 4+000 AL KM 5+000) DE LA VIA JULIACA - LAMPA, PUNO

**PROYECTO** : TRAMOS CON FALLAS ESTRUCTURALES MEDIANTE DEFLECTOMETRIA, VIA JULIACA - LAMPA - PUNO  
**EVALUADORE** : BACH. KENNEDY YASMINK TURPO ARAPA  
**UBICACIÓN** : BACH. HENRY GUIDO CCAMA QUISPE  
 SALIDA LAMPA TRAMO 5 (KM 4+000 AL KM 5+000) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PUNO

**FECHA DE SOLICITUD** : 29/01/2020  
**FECHA DE EJECUCION** : 30/01/2020

Modulo de Poisson de la subrasante

**CLASE II**

N°	PROGESIVAS	CARRIL	Deflexiones de Campo (mm)				Espesor del asfalto	Temperatura	Deflexiones de Corregidas por Temperatura (mm)				PARA R = 25 cm					
			D <sub>max</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>			D <sub>max</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>	R escogido	r <sub>50</sub>	Lo	S <sub>0/S</sub>	E <sub>sg</sub>	CBR
1	04+050	lqz.	0.44	0.40	0.36	0.24	5.00 cm	23 °C	0.43	0.39	0.35	0.24	25 cm	88.30	49.47	0.9437	497.73	4.52 %
2	04+150	lqz.	0.76	0.72	0.56	0.40	5.00 cm	23 °C	0.75	0.71	0.55	0.39	25 cm	121.85	26.56	0.9740	553.90	5.04 %
3	04+250	lqz.	0.76	0.60	0.40	0.24	5.00 cm	23 °C	0.75	0.59	0.39	0.24	25 cm	51.58	27.13	0.8578	477.64	4.34 %
4	04+350	lqz.	0.76	0.72	0.56	0.44	5.00 cm	23 °C	0.75	0.71	0.55	0.43	25 cm	121.85	26.56	0.9740	553.90	5.04 %
5	04+450	lqz.	1.00	0.96	0.72	0.40	5.00 cm	23 °C	0.99	0.95	0.71	0.39	25 cm	142.66	31.10	0.9853	363.73	3.31 %
6	04+550	lqz.	0.80	0.72	0.60	0.32	5.00 cm	23 °C	0.79	0.71	0.59	0.32	25 cm	83.34	46.47	0.9370	289.34	2.63 %
7	04+650	lqz.	0.56	0.52	0.32	0.20	5.00 cm	23 °C	0.55	0.51	0.32	0.20	25 cm	101.95	22.22	0.9586	884.26	8.04 %
8	04+750	lqz.	1.32	1.12	0.80	0.52	5.00 cm	23 °C	1.30	1.10	0.79	0.51	25 cm	64.26	34.88	0.9001	224.42	2.04 %
9	04+850	lqz.	0.80	0.72	0.56	0.36	5.00 cm	23 °C	0.79	0.71	0.55	0.35	25 cm	83.34	46.47	0.9370	289.34	2.63 %
10	04+950	lqz.	0.68	0.64	0.48	0.28	5.00 cm	23 °C	0.67	0.63	0.47	0.28	25 cm	114.23	24.90	0.9688	656.80	5.97 %

Promedios	0.78	0.70	0.53	0.33
-----------	------	------	------	------

### RADIO DE HUELLA

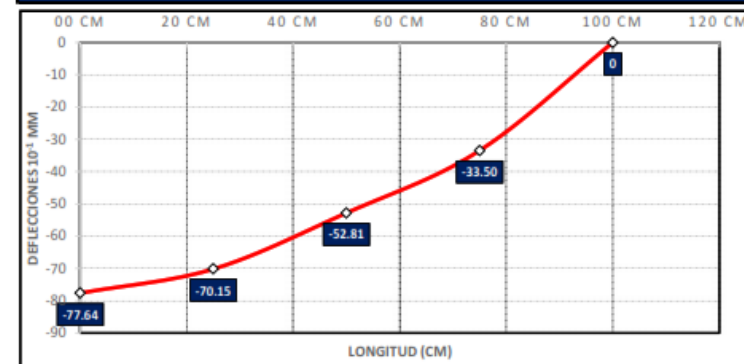
Radio de la huella (A)  $A = \sqrt{\frac{P}{\pi p}}$

#### DATOS

Carga sobre una llanta (P)	4500	Libras
Carga por ensayo	4100	kg
Presion de inflado (p)	80	psi
Radio de la huella (A)	4.23	pulg

Radio de la huella (A) **10.75 cm**

### CURVA DE DEFLECCIONES PROMEDIO DEL CARRIL DERECHO



## EVALUACION ESTRUCTURAL DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO 5 (KM 4+000 AL KM 5+000) DE LA VIA JULIACA - LAMPA, PUNO

**PROYECTO :** TRAMOS CON FALLAS ESTRUCTURALES MEDIANTE DEFLECTOMETRIA, VIA JULIACA - LAMPA - PUNO  
**EVALUADORE :** BACH. KENNEDY YASMINK TURPO ARAPA  
**UBICACIÓN :** BACH. HENRY GUIDO CCAMA QUISPE  
**UBICACIÓN :** SALIDA LAMPA TRAMO 5 (KM 4+000 AL KM 5+000) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PUNO

**FECHA DE SOLICITUD :** 29/01/2020  
**FECHA DE EJECUCION :** 30/01/2020

Modulo de Poisson de la subrasante

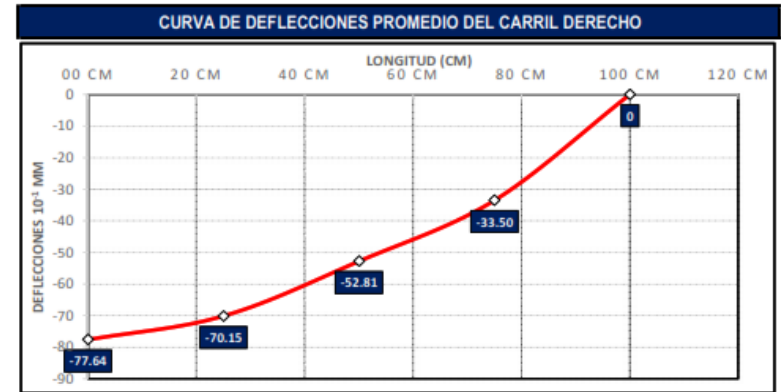
<b>CLASE</b>	<b>II</b>
--------------	-----------

N°	PROGRESIVAS	CARRIL	Deflexiones de Campo (mm)				Espesor del asfalto	Temperatura	Deflexiones de Corregidas por Temperatura (mm)				PARA R = 50 cm					
			D <sub>max</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>			D <sub>max</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>	R escogido	r <sub>50</sub>	Lo	S <sub>0</sub> /S	E <sub>sg</sub>	CBR
1	04+050	lzq.	0.44	0.40	0.36	0.24	5.00 cm	23 °C	0.43	0.39	0.35	0.24	50 cm	114.01	24.85	0.9686	1016.91	9.24 %
2	04+150	lzq.	0.76	0.72	0.56	0.40	5.00 cm	23 °C	0.75	0.71	0.55	0.39	50 cm	87.90	49.23	0.9432	289.39	2.63 %
3	04+250	lzq.	0.76	0.60	0.40	0.24	5.00 cm	23 °C	0.75	0.59	0.39	0.24	50 cm	52.97	27.98	0.8636	466.21	4.24 %
4	04+350	lzq.	0.76	0.72	0.56	0.44	5.00 cm	23 °C	0.75	0.71	0.55	0.43	50 cm	50.00	26.16	0.8508	491.35	4.47 %
5	04+450	lzq.	1.00	0.96	0.72	0.40	5.00 cm	23 °C	0.99	0.95	0.71	0.39	50 cm	83.90	46.81	0.9378	230.01	2.09 %
6	04+550	lzq.	0.80	0.72	0.60	0.32	5.00 cm	23 °C	0.79	0.71	0.59	0.32	50 cm	91.29	51.28	0.9474	265.10	2.41 %
7	04+650	lzq.	0.56	0.52	0.32	0.20	5.00 cm	23 °C	0.55	0.51	0.32	0.20	50 cm	58.54	31.39	0.8837	577.08	5.25 %
8	04+750	lzq.	1.32	1.12	0.80	0.52	5.00 cm	23 °C	1.30	1.10	0.79	0.51	50 cm	63.31	34.31	0.8976	227.56	2.07 %
9	04+850	lzq.	0.80	0.72	0.56	0.36	5.00 cm	23 °C	0.79	0.71	0.55	0.35	50 cm	79.55	44.17	0.9312	302.53	2.75 %
10	04+950	lzq.	0.68	0.64	0.48	0.28	5.00 cm	23 °C	0.67	0.63	0.47	0.28	50 cm	80.78	44.92	0.9332	350.71	3.19 %
<b>Promedios</b>									0.78	0.70	0.53	0.33						

**RADIO DE HUELLA**

Radio de la huella (A)  $A = \sqrt{\frac{P}{\pi p}}$

DATOS		
Carga sobre una llanta (P)	4500	Libras
Carga por ensayo	4100	kg
Presion de inflado (p)	80	psi
Radio de la huella (A)	4.23	pulg
Radio de la huella (A) <b>10.75 cm</b>		



## EVALUACION ESTRUCTURAL DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO 5 (KM 4+000 AL KM 5+000) DE LA VIA JULIACA - LAMPA, PUNO

**PROYECTO :** TRAMOS CON FALLAS ESTRUCTURALES MEDIANTE DEFLECTOMETRIA, VIA JULIACA - LAMPA - PUNO  
**EVALUADORE :** BACH. KENNEDY YASMINK TURPO ARAPA  
**UBICACIÓN :** BACH. HENRY GUIDO CCAMA QUISPE  
**UBICACIÓN :** SALIDA LAMPA TRAMO 5 (KM 4+000 AL KM 5+000) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PUNO

**FECHA DE SOLICITUD :** 29/01/2020  
**FECHA DE EJECUCION :** 30/01/2020

Modulo de Poisson de la subrasante

**CLASE**

**II**

N°	PROGRESIVAS	CARRIL	Deflexiones de Campo (mm)				Espesor del asfalto	Temperatura	Deflexiones de Corregidas por Temperatura (mm)				R escogido	PARA R = 75 cm					
			D <sub>max</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>			D <sub>max</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>		r <sub>50</sub>	Lo	Lo	S <sub>p</sub> /S	E <sub>sg</sub>	CBR
1	04+050	lzc.	0.44	0.40	0.36	0.24	5.00 cm	23 °C	0.43	0.39	0.35	0.24	75 cm	82.88	46.19	46.19	0.9363	528.89	4.81 %
2	04+150	lzc.	0.76	0.72	0.56	0.40	5.00 cm	23 °C	0.75	0.71	0.55	0.39	75 cm	79.46	44.12	44.12	0.9311	318.80	2.90 %
3	04+250	lzc.	0.76	0.60	0.40	0.24	5.00 cm	23 °C	0.75	0.59	0.39	0.24	75 cm	51.32	26.96	26.96	0.8567	479.91	4.36 %
4	04+350	lzc.	0.76	0.72	0.56	0.44	5.00 cm	23 °C	0.75	0.71	0.55	0.43	75 cm	89.30	50.08	50.08	0.9450	285.04	2.59 %
5	04+450	lzc.	1.00	0.96	0.72	0.40	5.00 cm	23 °C	0.99	0.95	0.71	0.39	75 cm	60.82	32.79	32.79	0.8907	311.87	2.84 %
6	04+550	lzc.	0.80	0.72	0.60	0.32	5.00 cm	23 °C	0.79	0.71	0.59	0.32	75 cm	60.82	32.79	32.79	0.8907	389.83	3.54 %
7	04+650	lzc.	0.56	0.52	0.32	0.20	5.00 cm	23 °C	0.55	0.51	0.32	0.20	75 cm	55.79	29.71	29.71	0.8744	603.29	5.48 %
8	04+750	lzc.	1.32	1.12	0.80	0.52	5.00 cm	23 °C	1.30	1.10	0.79	0.51	75 cm	60.08	32.33	32.33	0.8885	238.97	2.17 %
9	04+850	lzc.	0.80	0.72	0.56	0.36	5.00 cm	23 °C	0.79	0.71	0.55	0.35	75 cm	67.19	36.67	36.67	0.9073	355.09	3.23 %
10	04+950	lzc.	0.68	0.64	0.48	0.28	5.00 cm	23 °C	0.67	0.63	0.47	0.28	75 cm	62.29	33.68	33.68	0.8948	448.53	4.08 %

Promedios	0.78	0.70	0.53	0.33
-----------	------	------	------	------

### RADIO DE HUELLA

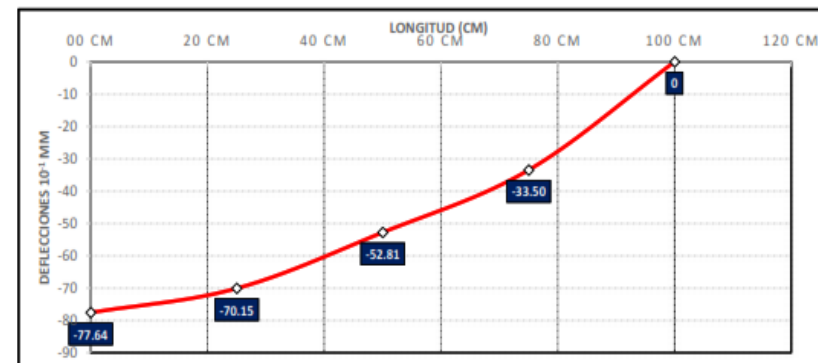
$$\text{Radio de la huella (A)} = \sqrt{\frac{P}{\pi p}}$$

#### DATOS

Carga sobre una llanta (P)	4500	Libras
Carga por ensayo	4100	kg
Presion de inflado (p)	80	psi
Radio de la huella (A)	4.23	pulg

Radio de la huella (A) **10.75 cm**

### CURVA DE DEFLECCIONES PROMEDIO DEL CARRIL DERECHO





## EVALUACION ESTRUCTURAL DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO 5 (KM 4+000 AL KM 5+000) DE LA VIA JULIACA - LAMPA, PUNO

**PROYECTO :** TRAMOS CON FALLAS ESTRUCTURALES MEDIANTE DEFLECTOMETRIA, VIA JULIACA - LAMPA - PUNO  
**EVALUADORE :** BACH. KENNEDY YASMINK TURPO ARAPA  
**UBICACIÓN :** BACH. HENRY GUIDO CCAMA QUISPE  
**UBICACIÓN :** SALIDA LAMPA TRAMO 5 (KM 4+000 AL KM 5+000) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PUNO

**FECHA DE SOLICITUD :** 29/01/2020  
**FECHA DE EJECUCION :** 30/01/2020

Modulo de Poisson de la subrasante

**CLASE**

**II**

N°	PROGRESIVAS	CARRIL	Deflexiones de Campo (mm)				Espesor del asfalto	Temperatura	Deflexiones de Corregidas por Temperatura (mm)				PARA R = 25 cm					
			D <sub>max</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>			D <sub>max</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>	R escogido	r <sub>50</sub>	Lo	S <sub>0</sub> /S	E <sub>sg</sub>	CBR
1	04+000	Der.	1.24	1.20	1.00	0.76	5.00 cm	23 °C	1.22	1.18	0.99	0.75	25 cm	161.21	35.14	0.9928	261.54	2.38 %
2	04+100	Der.	1.24	1.16	0.88	0.72	5.00 cm	23 °C	1.22	1.14	0.87	0.71	25 cm	108.24	23.60	0.9642	378.31	3.44 %
3	04+200	Der.	1.52	1.44	1.24	1.08	5.00 cm	23 °C	1.50	1.42	1.22	1.06	25 cm	121.85	26.56	0.9740	276.95	2.52 %
4	04+300	Der.	1.20	1.16	1.00	0.80	5.00 cm	23 °C	1.18	1.14	0.99	0.79	25 cm	158.25	34.50	0.9917	275.03	2.50 %
5	04+400	Der.	0.40	0.38	0.36	0.20	5.00 cm	23 °C	0.39	0.37	0.35	0.20	25 cm	125.52	27.36	0.9763	1024.07	9.31 %
6	04+500	Der.	0.96	0.92	0.76	0.40	5.00 cm	23 °C	0.95	0.91	0.75	0.39	25 cm	139.37	30.38	0.9838	387.22	3.52 %
7	04+600	Der.	1.56	1.48	1.20	0.92	6.00 cm	23 °C	1.53	1.45	1.18	0.90	25 cm	123.69	26.97	0.9752	266.93	2.43 %
8	04+700	Der.	0.84	0.80	0.68	0.44	5.00 cm	23 °C	0.83	0.79	0.67	0.43	25 cm	129.09	28.14	0.9784	475.15	4.32 %
9	04+800	Der.	1.12	1.04	0.84	0.72	5.00 cm	23 °C	1.10	1.02	0.83	0.71	25 cm	101.95	22.22	0.9586	442.13	4.02 %
10	04+900	Der.	0.80	0.76	0.72	0.56	5.00 cm	23 °C	0.79	0.75	0.71	0.55	25 cm	125.52	27.36	0.9763	512.03	4.65 %
11	04+901	Der.	0.72	0.68	0.52	0.28	5.00 cm	23 °C	0.71	0.67	0.51	0.28	25 cm	118.09	25.74	0.9715	601.73	5.47 %
Promedios									1.04	0.99	0.82	0.62						

### RADIO DE HUELLA

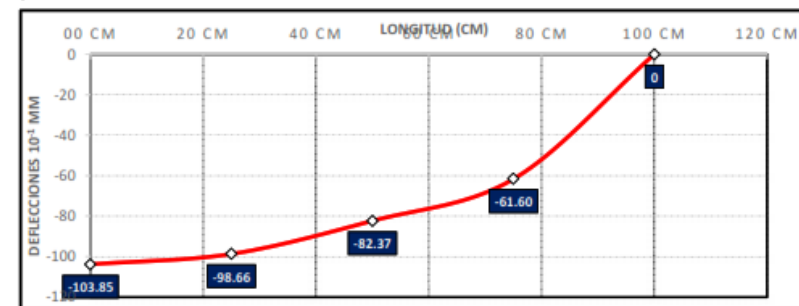
Radio de la huella (A)  $A = \sqrt{\frac{P}{\pi p}}$

#### DATOS

Carga sobre una llanta (P)	4500	Libras
Carga por ensayo	4100	kg
Presion de inflado (p)	80	psi
Radio de la huella (A)	4.23	pulg

Radio de la huella (A) **10.75 cm**

### CURVA DE DEFLECCIONES PROMEDIO DEL CARRIL DERECHO



# EVALUACION ESTRUCTURAL DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO 5 (KM 4+000 AL KM 5+000) DE LA VIA JULIACA - LAMPA, PUNO

**PROYECTO** : TRAMOS CON FALLAS ESTRUCTURALES MEDIANTE DEFLECTOMETRIA, VIA JULIACA - LAMPA - PUNO  
**EVALUADORE** : BACH. KENNEDY YASMINK TURPO ARAPA  
 : BACH. HENRY GUIDO CCAMA QUISPE  
**UBICACIÓN** : SALIDA LAMPA TRAMO 5 (KM 4+000 AL KM 5+000) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PUNO

**FECHA DE SOLICITUD** : 29/01/2020  
**FECHA DE EJECUCION** : 30/01/2020

Modulo de Poisson de la subrasante

**CLASE II**

N°	PROGRESIVAS	CARRIL	Deflexiones de Campo (mm)				Espesor del asfalto	Temperatura	Deflexiones de Corregidas por Temperatura (mm)				R escogido	PARA R = 50 cm				
			L <sub>max</sub>	L <sub>25</sub>	L <sub>50</sub>	L <sub>75</sub>			D <sub>max</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>		r <sub>50</sub>	Lo	S <sub>0/S</sub>	E <sub>sg</sub>	CBR
1	04+000	Der.	1.24	1.20	1.00	0.76	5.00 cm	23 °C	1.22	1.18	0.99	0.75	50 cm	109.30	23.83	0.9650	374.97	3.41 %
2	04+100	Der.	1.24	1.16	0.88	0.72	5.00 cm	23 °C	1.22	1.14	0.87	0.71	50 cm	81.60	45.42	0.9344	190.49	1.73 %
3	04+200	Der.	1.52	1.44	1.24	1.08	5.00 cm	23 °C	1.50	1.42	1.22	1.06	50 cm	113.01	24.64	0.9679	296.73	2.70 %
4	04+300	Der.	1.20	1.16	1.00	0.80	5.00 cm	23 °C	1.18	1.14	0.99	0.79	50 cm	120.78	26.33	0.9733	353.65	3.22 %
5	04+400	Der.	0.40	0.38	0.36	0.20	5.00 cm	23 °C	0.39	0.37	0.35	0.20	50 cm	166.68	36.34	0.9947	785.66	7.14 %
6	04+500	Der.	0.96	0.92	0.76	0.40	5.00 cm	23 °C	0.95	0.91	0.75	0.39	50 cm	103.92	22.65	0.9604	507.00	4.61 %
7	04+600	Der.	1.56	1.48	1.20	0.92	6.00 cm	23 °C	1.53	1.45	1.18	0.90	50 cm	96.72	21.08	0.9535	333.77	3.03 %
8	04+700	Der.	0.84	0.80	0.68	0.44	5.00 cm	23 °C	0.83	0.79	0.67	0.43	50 cm	110.49	24.09	0.9660	548.09	4.98 %
9	04+800	Der.	1.12	1.04	0.84	0.72	5.00 cm	23 °C	1.10	1.02	0.83	0.71	50 cm	91.29	51.28	0.9474	189.36	1.72 %
10	04+900	Der.	0.80	0.76	0.72	0.56	5.00 cm	23 °C	0.79	0.75	0.71	0.55	50 cm	166.68	36.34	0.9947	392.83	3.57 %
11	05+000	Der.	0.72	0.68	0.52	0.28	5.00 cm	23 °C	0.71	0.67	0.51	0.28	50 cm	84.41	47.12	0.9385	317.61	2.89 %
Promedios									1.04	0.99	0.82	0.62						

## RADIO DE HUELLA

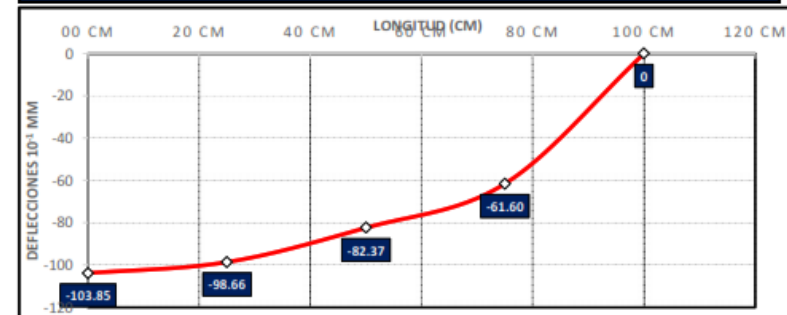
$$\text{Radio de la huella (A)} = \sqrt{\frac{P}{\pi p}}$$

### DATOS

Carga sobre una llanta (P)	4500	Libras
Carga por ensayo	4100	kg
Presion de inflado (p)	80	psi
Radio de la huella (A)	4.23	pulg

Radio de la huella (A) **10.75 cm**

## CURVA DE DEFLECCIONES PROMEDIO DEL CARRIL DERECHO



## EVALUACION ESTRUCTURAL DEL ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO 5 (KM 4+000 AL KM 5+000) DE LA VIA JULIACA - LAMPA, PUNO

**PROYECTO :** TRAMOS CON FALLAS ESTRUCTURALES MEDIANTE DEFLECTOMETRIA, VIA JULIACA - LAMPA - PUNO  
**EVALUADORE :** BACH. KENNEDY YASMINK TURPO ARAPA  
**UBICACIÓN :** BACH. HENRY GUIDO CCAMA QUISPE  
**UBICACIÓN :** SALIDA LAMPA TRAMO 5 (KM 4+000 AL KM 5+000) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PUNO

**FECHA DE SOLICITUD :** 29/01/2020  
**FECHA DE EJECUCION :** 30/01/2020

Modulo de Poisson de la subrasante

<b>CLASE</b>	<b>II</b>
--------------	-----------

N°	PROGRESIVAS	CARRIL	Deflexiones de Campo (mm)				Espesor del asfalto	Temperatura	Deflexiones de Corregidas por Temperatura (mm)				R escogido	PARA R = 75 cm				
			D <sub>max</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>			D <sub>max</sub>	D <sub>25</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>75</sub>		r <sub>50</sub>	Lo	S <sub>g</sub> /S	E <sub>sg</sub>	CBR
1	04+000	Der.	1.24	1.20	1.00	0.76	5.00 cm	23 °C	1.22	1.18	0.99	0.75	75 cm	96.48	21.03	0.9532	419.60	3.81 %
2	04+100	Der.	1.24	1.16	0.88	0.72	5.00 cm	23 °C	1.22	1.14	0.87	0.71	75 cm	89.64	50.29	0.9454	174.06	1.58 %
3	04+200	Der.	1.52	1.44	1.24	1.08	5.00 cm	23 °C	1.50	1.42	1.22	1.06	75 cm	122.68	26.74	0.9746	275.23	2.50 %
4	04+300	Der.	1.20	1.16	1.00	0.80	5.00 cm	23 °C	1.18	1.14	0.99	0.79	75 cm	109.65	23.90	0.9653	386.33	3.51 %
5	04+400	Der.	0.40	0.38	0.36	0.20	5.00 cm	23 °C	0.39	0.37	0.35	0.20	75 cm	75.00	41.41	0.9234	639.97	5.82 %
6	04+500	Der.	0.96	0.92	0.76	0.40	5.00 cm	23 °C	0.95	0.91	0.75	0.39	75 cm	62.91	34.06	0.8965	314.76	2.86 %
7	04+600	Der.	1.56	1.48	1.20	0.92	6.00 cm	23 °C	1.53	1.45	1.18	0.90	75 cm	91.50	51.41	0.9477	136.05	1.24 %
8	04+700	Der.	0.84	0.80	0.68	0.44	5.00 cm	23 °C	0.83	0.79	0.67	0.43	75 cm	79.02	43.85	0.9304	289.96	2.64 %
9	04+800	Der.	1.12	1.04	0.84	0.72	5.00 cm	23 °C	1.10	1.02	0.83	0.71	75 cm	103.50	22.56	0.9601	436.14	3.96 %
10	04+900	Der.	0.80	0.76	0.72	0.56	5.00 cm	23 °C	0.79	0.75	0.71	0.55	75 cm	119.32	26.01	0.9724	536.45	4.88 %
11	04+901	Der.	0.72	0.68	0.52	0.28	5.00 cm	23 °C	0.71	0.67	0.51	0.28	75 cm	59.47	31.96	0.8866	442.29	4.02 %
<b>Promedios</b>									1.07	1.02	0.85	0.65						

### RADIO DE HUELLA

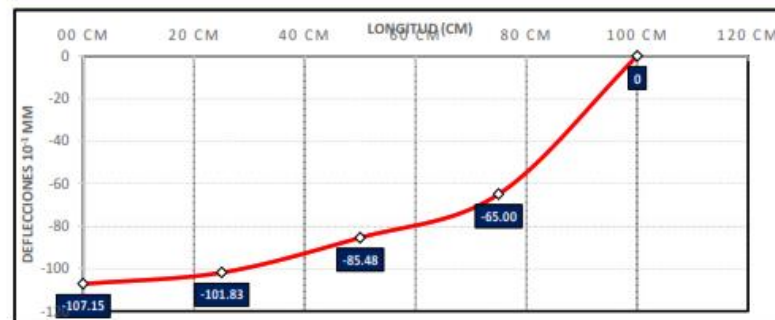
$$\text{Radio de la huella (A)} = \sqrt{\frac{P}{\pi p}}$$

#### DATOS

Carga sobre una llanta (P)	4500	Libras
Carga por ensayo	4100	kg
Presion de inflado (p)	80	psi
Radio de la huella (A)	4.23	pulg

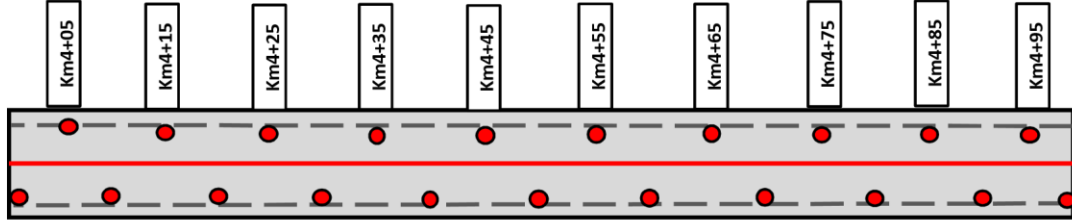
Radio de la huella (A)      **10.75 cm**

### CURVA DE DEFLECCIONES PROMEDIO DEL CARRIL DERECHO



# RESULTADOS DE LA EVALUACION ESTRUCTURAL

## 1.- ESQUEMA DE LOS PUNTOS Y PROGRESIVAS EN DODE SE REALIZO EL ENSAYO DE DEFLECTOMETRIA



## 2.- TIPO DE ACCION DEL PAVIMENTO SEGÚN EL CBR DE ACUERDO AL MTC

SEGU MTC	CLASIFICACION	ACCION
$CBR < 3\%$	INADECUADA	reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
$3\% \leq CBR < 6\%$	POBRE	reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
$6\% \leq CBR < 10\%$	REGULAR	Evaluar si existe carencia estructural
$10\% \leq CBR < 20\%$	BUENA	Evaluar si existe carencia estructural
$20\% \leq CBR < 30\%$	MUY BUENA	Evaluar si existe carencia estructural
$30\% \leq CBR$	EXCELENTE	Evaluar si existe carencia estructural

Hogg demostro que la distancia radial donde la deflexion es la mitad de la deflexion maxima  $DR/D_0=0.5$  era eficaz para eliminar el error estadistico de los parametros

## 3.- ELECCION DEL MODULO DE ELASTICIDAD DEL CARRIL IZQUIERDO

No	PROGRESIVAS	D25			D50			D75		
		$D_R/D_0$	$L_0$	$E_{sg}$	$D_R/D_0$	$L_0$	$E_{sg}$	$D_R/D_0$	$L_0$	$E_{sg}$
1	04+050	0.91	49.47	497.73	0.82	24.85	1016.91	0.55	46.19	528.89
2	04+150	0.95	26.56	553.90	0.74	49.23	289.39	0.53	44.12	318.80
3	04+250	0.79	27.13	477.64	0.53	27.98	466.21	0.32	26.96	479.91
4	04+350	0.95	26.56	553.90	0.50	26.16	491.35	0.58	50.08	285.04
5	04+450	0.96	31.10	363.73	0.72	46.81	230.01	0.40	32.79	311.87
6	04+550	0.90	46.47	289.34	0.75	51.28	265.10	0.40	32.79	389.83
7	04+650	0.93	22.22	884.26	0.57	31.39	577.08	0.36	29.71	603.29
8	04+750	0.85	34.88	224.42	0.61	34.31	227.56	0.39	32.33	238.97
9	04+850	0.90	46.47	289.34	0.70	44.17	302.53	0.45	36.67	355.09
10	04+950	0.94	24.90	656.80	0.71	44.92	350.71	0.41	33.68	448.53

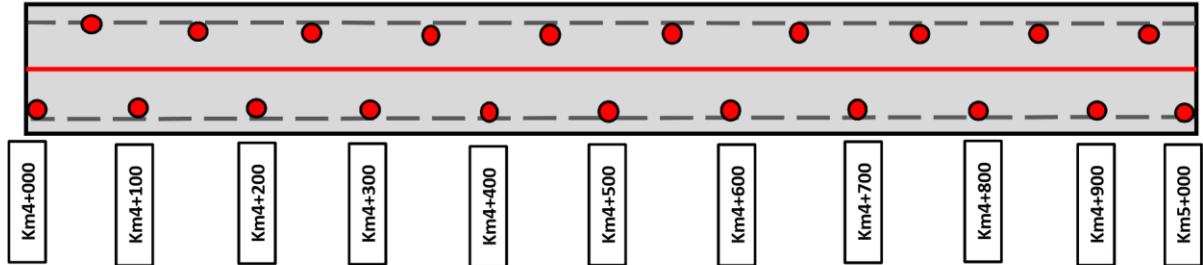
## 4.- DETERMINACION DEL CBR DEL CARRIL IZQUIERDO

No	PROGRESIVAS	Longitud Característica	$E_{sg}$	CBR	Verificacion	ACCION
1	06+500	46.19	528.89	4.81 %	POBRE	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
2	06+550	44.12	318.80	2.90 %	INADECUADA	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
3	06+600	27.98	466.21	4.24 %	POBRE	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
4	06+650	26.16	491.35	4.47 %	POBRE	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
5	06+700	32.79	311.87	2.84 %	INADECUADA	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
6	06+750	32.79	389.83	3.54 %	POBRE	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
7	06+800	31.39	577.08	5.25 %	POBRE	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
8	06+850	34.31	227.56	2.07 %	INADECUADA	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
9	06+900	36.67	355.09	3.23 %	POBRE	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
10	06+950	33.68	448.53	4.08 %	POBRE	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion

PROMEDIO DEL CBR    3.74 %    POBRE

# RESULTADOS DE LA EVALUACION ESTRUCTURAL

## 1.- ESQUEMA DE LOS PUNTOS Y PROGRESIVAS EN DODE SE REALIZO EL ENSAYO DE DEFLECTOMETRIA



## 2.- TIPO DE ACCION DEL PAVIMENTO SEGÚN EL CBR DE ACUERDO AL MTC

SEGU MTC	CLASIFICACION	ACCION
$CBR < 3\%$	INADECUADA	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
$3\% \leq CBR < 6\%$	POBRE	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
$6\% \leq CBR < 10\%$	REGULAR	Evaluar si existe carencia estructural
$10\% \leq CBR < 20\%$	BUENA	Evaluar si existe carencia estructural
$20\% \leq CBR < 30\%$	MUY BUENA	Evaluar si existe carencia estructural
$30\% \leq CBR$	EXCELENTE	Evaluar si existe carencia estructural

Hogg demostro que la distancia radial donde la deflexion es la mitad de la deflexion maxima  $DR/D0=0.5$  era eficaz para eliminar el error estadistico de los parametros

## 3.- ELECCION DEL MODULO DE ELASTICIDAD DEL CARRIL DERECHO

No	PROGESIVAS	D25			D50			D75		
		$D_R/D_0$	Lo	$E_{sg}$	$D_R/D_0$	Lo	$E_{sg}$	$D_R/D_0$	Lo	$E_{sg}$
1	04+000	0.97	35.14	261.54	0.81	23.83	374.97	0.61	21.03	419.60
2	04+100	0.94	23.60	378.31	0.71	45.42	190.49	0.58	50.29	174.06
3	04+200	0.95	26.56	276.95	0.82	24.64	296.73	0.71	26.74	275.23
4	04+300	0.97	34.50	275.03	0.83	26.33	353.65	0.67	23.90	386.33
5	04+400	0.95	27.36	1024.07	0.90	36.34	785.66	0.50	41.41	639.97
6	04+500	0.96	30.38	387.22	0.79	22.65	507.00	0.42	34.06	314.76
7	04+600	0.95	26.97	266.93	0.77	21.08	333.77	0.59	51.41	136.05
8	04+700	0.95	28.14	475.15	0.81	24.09	548.09	0.52	43.85	289.96
9	04+800	0.93	22.22	442.13	0.75	51.28	189.36	0.64	22.56	436.14
10	04+900	0.95	27.36	512.03	0.90	36.34	392.83	0.70	26.01	536.45
11	04+1000	0.94	25.74	601.73	0.72	47.12	317.61	0.39	31.96	442.29

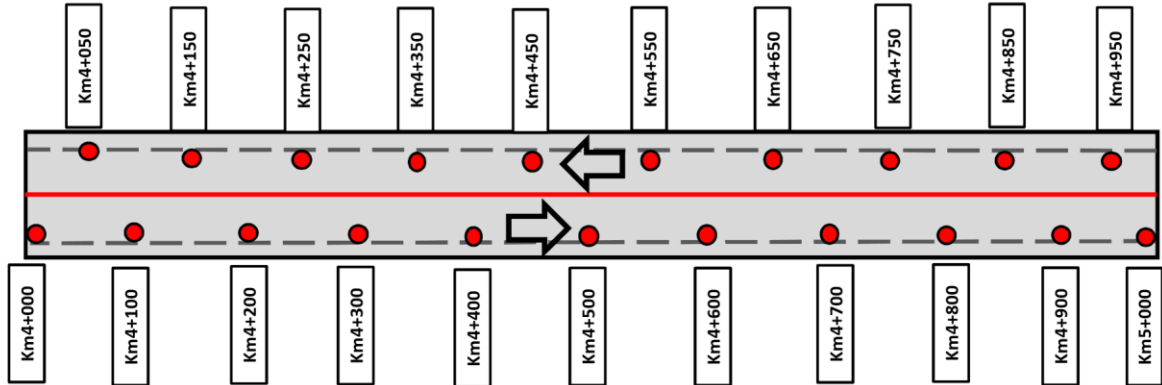
## 3.- DETERMINACION DEL CBR DEL CARRIL DERECHO

No	PROGESIVAS	Longitud Caracteristica	$E_{sg}$	CBR	Verificacion	ACCION
1	04+000	21.03	419.60	3.81 %	POBRE	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
2	04+100	50.29	174.06	1.58 %	INADECUADA	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
3	04+200	26.74	275.23	2.50 %	INADECUADA	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
4	04+300	23.90	386.33	3.51 %	POBRE	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
5	04+400	41.41	639.97	5.82 %	POBRE	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
6	04+500	34.06	314.76	2.86 %	INADECUADA	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
7	04+600	51.41	136.05	1.24 %	INADECUADA	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
8	04+700	43.85	289.96	2.64 %	INADECUADA	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
9	04+800	22.56	436.14	3.96 %	POBRE	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
10	04+900	26.01	536.45	4.88 %	POBRE	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
11	05+000	31.96	442.29	4.02 %	POBRE	Reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion

PROMEDIO DEL CBR	3.35 %	POBRE
------------------	--------	-------

# RESULTADOS DE LA EVALUACION ESTRUCTURAL

## 1.- ESQUEMA DE LOS PUNTOS Y PROGRESIVAS EN DODE SE REALIZO EL ENSAYO DE DEFLECTOMETRIA



## 2.- TIPO DE ACCION DEL PAVIMENTO SEGÚN EL CBR DE ACUERDO AL MTC

SEGU MTC	CLASIFICACION	ACCION
$CBR < 3\%$	INADECUADA	reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
$3\% \leq CBR < 6\%$	POBRE	reconstruccion y mejoras al terreno de fundacion
$6\% \leq CBR < 10\%$	REGULAR	Evaluar si existe carencia estructural
$10\% \leq CBR < 20\%$	BUENA	Evaluar si existe carencia estructural
$20\% \leq CBR < 30\%$	MUY BUENA	Evaluar si existe carencia estructural
$30\% \leq CBR$	EXCELENTE	Evaluar si existe carencia estructural

Hogg demostro que la distancia radial donde la deflexion es la mitad de la deflexion maxima  $DR/D0=0.5$  era eficaz para eliminar el error estadistico de los parametros

## 3.- ELECCION DEL MODULO DE ELASTICIDAD DEL PAVIMENTO

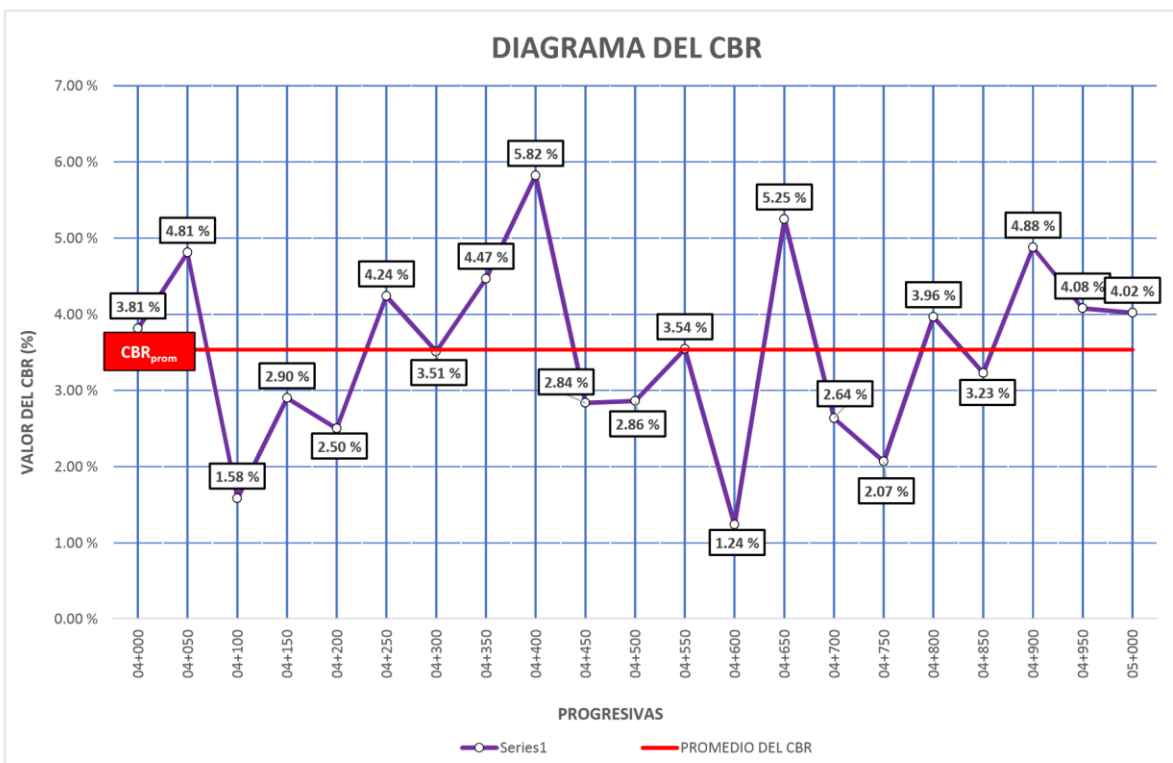
No	PROGRESIVAS	D25			D50			D75		
		$D_R/D_0$	$L_0$	$E_{sg}$	$D_R/D_0$	$L_0$	$E_{sg}$	$D_R/D_0$	$L_0$	$E_{sg}$
1	04+000	0.97	35.14	261.54	0.81	23.83	374.97	0.61	21.03	419.60
2	04+050	0.91	49.47	497.73	0.82	24.85	1016.91	0.55	46.19	528.89
3	04+100	0.94	23.60	378.31	0.71	45.42	190.49	0.58	50.29	174.06
4	04+150	0.95	26.56	553.90	0.74	49.23	289.39	0.53	44.12	318.80
5	04+200	0.95	26.56	276.95	0.82	24.64	296.73	0.71	26.74	275.23
6	04+250	0.79	27.13	477.64	0.53	27.98	466.21	0.32	26.96	479.91
7	04+300	0.97	34.50	275.03	0.83	26.33	353.65	0.67	23.90	386.33
8	04+350	0.95	26.56	553.90	0.50	26.16	491.35	0.58	50.08	285.04
9	04+400	0.95	27.36	1024.07	0.90	36.34	785.66	0.50	41.41	639.97
10	04+450	0.96	31.10	363.73	0.72	46.81	230.01	0.40	32.79	311.87
11	04+500	0.96	30.38	387.22	0.79	22.65	507.00	0.42	34.06	314.76
12	04+550	0.90	46.47	289.34	0.75	51.28	265.10	0.40	32.79	389.83
13	04+600	0.95	26.97	266.93	0.77	21.08	333.77	0.59	51.41	136.05
14	04+650	0.93	22.22	884.26	0.57	31.39	577.08	0.36	29.71	603.29
15	04+700	0.95	28.14	475.15	0.81	24.09	548.09	0.52	43.85	289.96
16	04+750	0.85	34.88	224.42	0.61	34.31	227.56	0.39	32.33	238.97
17	04+800	0.93	22.22	442.13	0.75	51.28	189.36	0.64	22.56	436.14
18	04+850	0.90	46.47	289.34	0.70	44.17	302.53	0.45	36.67	355.09
19	04+900	0.95	27.36	512.03	0.90	36.34	392.83	0.70	26.01	536.45
20	04+950	0.94	24.90	656.80	0.71	44.92	350.71	0.41	33.68	448.53
21	05+000	0.94	25.74	601.73	0.72	47.12	317.61	0.39	31.96	442.29

### 3.- DETERMINACION DEL CBR DEL PAVIMENTO

No	PROGRESIVAS	Longitud Característica	E <sub>sg</sub>	CBR	Verificacion	ACCION
1	04+000	21.03	419.60	3.81 %	POBRE	Reconstuccion y mejoras al tereno de fundacion
2	04+050	46.19	528.89	4.81 %	POBRE	Reconstuccion y mejoras al tereno de fundacion
3	04+100	50.29	174.06	1.58 %	NADECUADA	Reconstuccion y mejoras al tereno de fundacion
4	04+150	44.12	318.80	2.90 %	NADECUADA	Reconstuccion y mejoras al tereno de fundacion
5	04+200	26.74	275.23	2.50 %	NADECUADA	Reconstuccion y mejoras al tereno de fundacion
6	04+250	27.98	466.21	4.24 %	POBRE	Reconstuccion y mejoras al tereno de fundacion
7	04+300	23.90	386.33	3.51 %	POBRE	Reconstuccion y mejoras al tereno de fundacion
8	04+350	26.16	491.35	4.47 %	POBRE	Reconstuccion y mejoras al tereno de fundacion
9	04+400	41.41	639.97	5.82 %	POBRE	Reconstuccion y mejoras al tereno de fundacion
10	04+450	32.79	311.87	2.84 %	NADECUADA	Reconstuccion y mejoras al tereno de fundacion
11	04+500	34.06	314.76	2.86 %	NADECUADA	Reconstuccion y mejoras al tereno de fundacion
12	04+550	32.79	389.83	3.54 %	POBRE	Reconstuccion y mejoras al tereno de fundacion
13	04+600	51.41	136.05	1.24 %	NADECUADA	Reconstuccion y mejoras al tereno de fundacion
14	04+650	31.39	577.08	5.25 %	POBRE	Reconstuccion y mejoras al tereno de fundacion
15	04+700	43.85	289.96	2.64 %	NADECUADA	Reconstuccion y mejoras al tereno de fundacion
16	04+750	34.31	227.56	2.07 %	NADECUADA	Reconstuccion y mejoras al tereno de fundacion
17	04+800	22.56	436.14	3.96 %	POBRE	Reconstuccion y mejoras al tereno de fundacion
18	04+850	36.67	355.09	3.23 %	POBRE	Reconstuccion y mejoras al tereno de fundacion
19	04+900	26.01	536.45	4.88 %	POBRE	Reconstuccion y mejoras al tereno de fundacion
20	04+950	33.68	448.53	4.08 %	POBRE	Reconstuccion y mejoras al tereno de fundacion
21	05+000	31.96	442.29	4.02 %	POBRE	Reconstuccion y mejoras al tereno de fundacion

PROMEDIO DEL CBR    3.54 %    POBRE

### 4.- DIAGRAMA DEL CBR



# RESULTADOS DE LAS DEFLEXIONES

## 1.- DETERMINACION DE LA DEFLEXIÓN PROMEDIO

N°	Progr.	Carril	D <sub>25</sub>	D <sub>(MAX)</sub>	(D <sub>0</sub> -D <sub>prom</sub> ) <sup>2</sup>	RC	
1	4+050	IZQ	39.41	43.35	1175.51	781.25	
2	4+150	IZQ	70.94	74.88	7.61	781.25	
3	4+250	IZQ	59.11	74.88	7.61	195.31	
4	4+350	IZQ	70.94	74.88	7.61	781.25	
5	4+450	IZQ	94.58	98.52	436.25	781.25	
6	4+550	IZQ	70.94	78.82	1.40	390.63	
7	4+650	IZQ	51.23	55.17	504.59	781.25	
8	4+750	IZQ	110.34	130.05	2747.21	156.25	
9	4+850	IZQ	70.94	78.82	1.40	390.63	
10	4+950	IZQ	63.05	67.00	113.22	781.25	
$\sum(D_0 - D_{prom})^2 =$					5002.40		

La deflexion característica debe ser menor a la deflexion permisible para decir que el pavimento aun es servicable

Promedio de Dmax 77.64

Promedio de RC 582.03

## 2.- DETERMINACION DE LA DESVIACION ESTANDAR

Desviacion estandar ( $\sigma$ )  $\sigma = \sqrt{\frac{\sum(D_0 - D_{prom})^2}{n-1}}$   $\sigma = 23.58$

para "n" < 30

## 3.- DETERMINACION DE LA DEFLEXION CARACTERISTICA

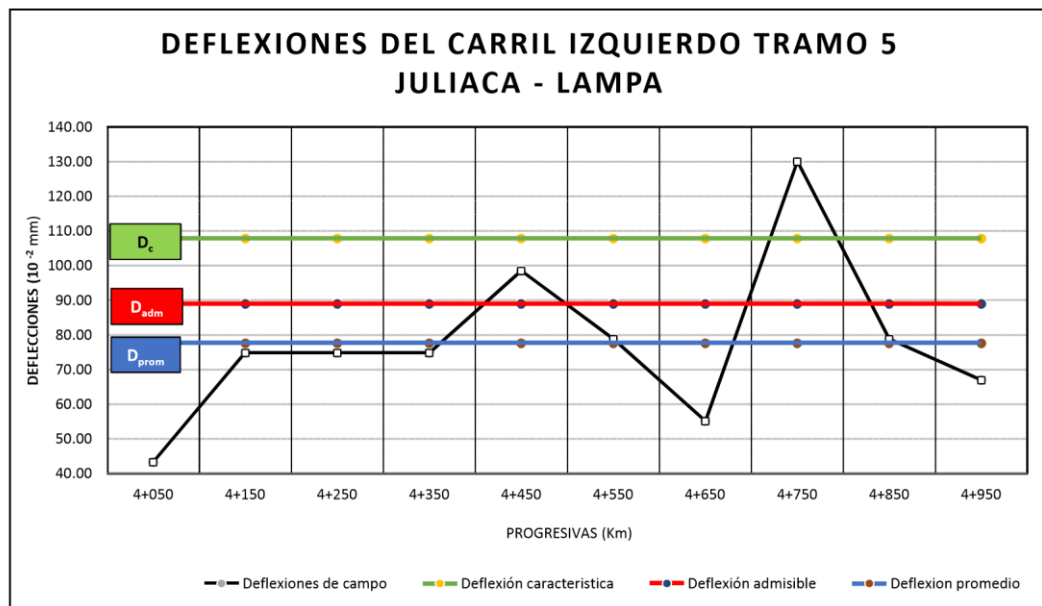
Deflexión característica  $D_c = D - 1.282 * \sigma$   $D_c = 107.86 \times 10^{-2} \text{mm}$

Ejes Equivalentes (ESAL)  $1.835 \times 10^6$

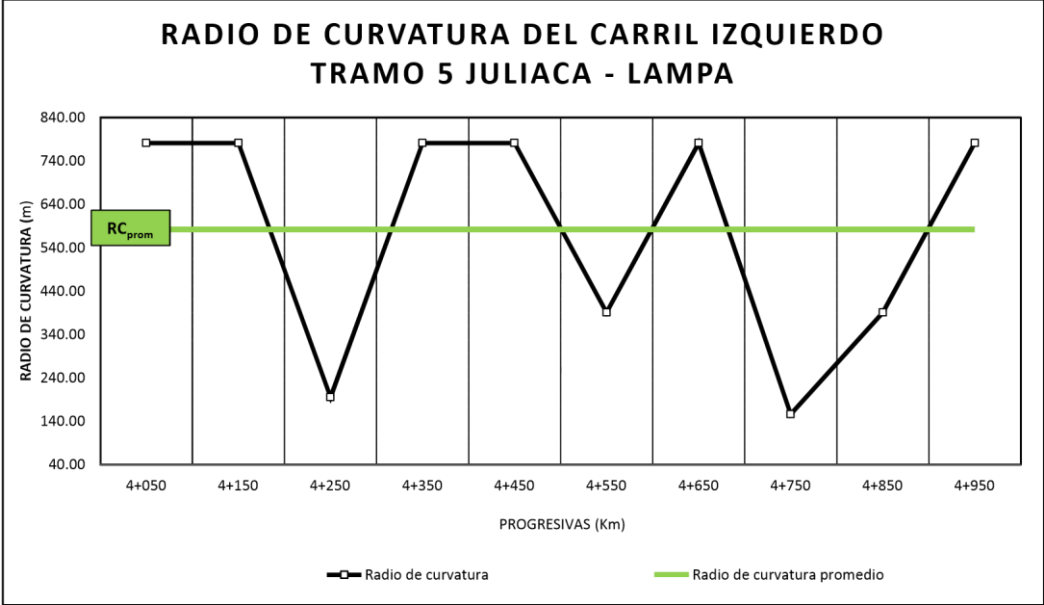
## 4.- DETERMINACION DE LA DEFLEXION ADMISIBLE

Deflexión admisible  $D_{adm} = \left(\frac{1.15}{ESAL}\right)^{0.25}$   $D_{adm} = 88.98 \times 10^{-2} \text{mm}$  **NO CUMPLE**

## 5.- DEFLECTOGRAMA DEL CARRIL DERECHO







# RESULTADOS DE LAS DEFLEXIONES

## 1.- DETERMINACION DE LA DEFLEXIÓN PROMEDIO

N°	Progr.	Carril	D <sub>25</sub>	D <sub>(MAX)</sub>	(D <sub>0</sub> -D <sub>prom</sub> ) <sup>2</sup>	RC
1	04+000	DER	120.00	124.00	231.04	781.25
2	04+100	DER	116.00	124.00	231.04	390.63
3	04+200	DER	144.00	152.00	1866.24	390.63
4	04+300	DER	116.00	120.00	125.44	781.25
5	04+400	DER	38.00	40.00	4733.44	1562.50
6	04+500	DER	92.00	96.00	163.84	781.25
7	04+600	DER	148.00	156.00	2227.84	390.63
8	04+700	DER	80.00	84.00	615.04	781.25
9	04+800	DER	104.00	112.00	10.24	390.63
10	04+900	DER	76.00	80.00	829.44	781.25
$\sum(D_0 - D_{prom})^2 =$					11033.60	

La deflexion característica debe ser menor a la deflexion permisible para decir que el pavimento aun es servicable

Promedio de Dmax 108.80

Radio de curvatura 703.13

## 2.- DETERMINACION DE LA DESVIACION ESTANDAR

Desviacion estandar ( $\sigma$ )  $\sigma = \sqrt{\frac{\sum(D_0 - D_{prom})^2}{n-1}}$   $\sigma = 35.01$  para "n" < 30

## 3.- DETERMINACION DE LA DEFLEXION CARACTERISTICA

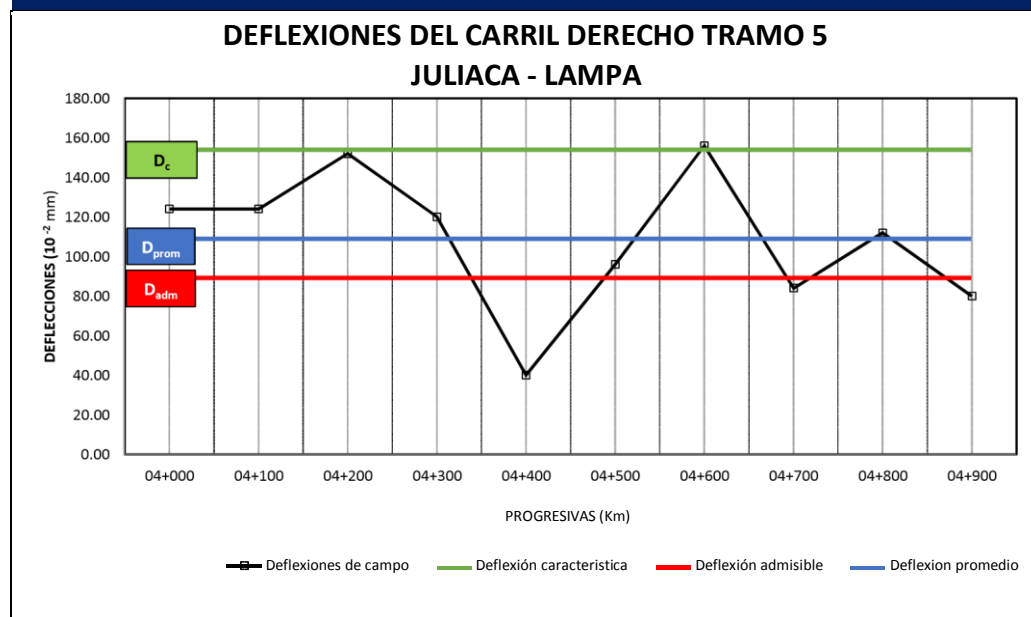
Deflexión característica %  $1.282 * \sigma$   $D_c = 153.69 \times 10^{-2} \text{mm}$

Ejes Equivalentes (ESAL)  $1.835 \times 10^6$

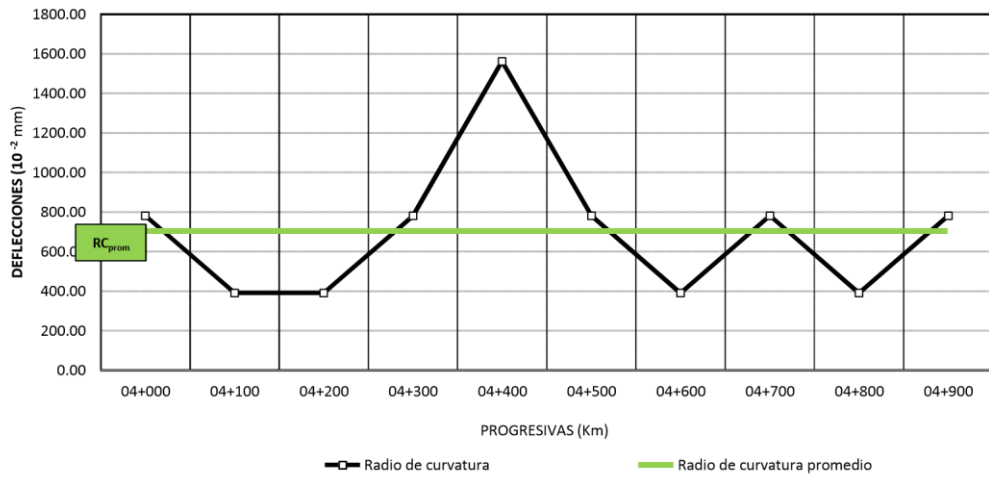
## 4.- DETERMINACION DE LA DEFLEXION ADMISIBLE

Deflexión admisible  $1.15 \cdot s$   $D_{adm} = 88.98 \times 10^{-2} \text{mm}$  **NO CUMPLE**

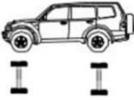
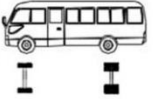

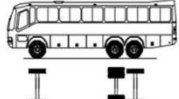
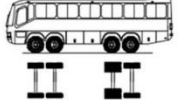
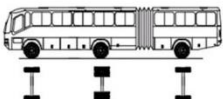




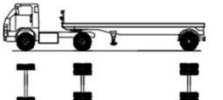
## 5.- DEFLECTOGRAMA DEL CARRIL DERECHO



### RADIO DE CURVATURA DEL CARRIL DERECHO TRAMO 5 JULIACA - LAMPA



Para el estudio de trafico

CONTEO VEHICULAR												
VEHÍCULO		CONTEO								TOTAL	IMDs	%
COD	GRÁFICO	DIR	D	L	M	M	J	V	S			
VHL1_		IDA	959	1067	1004	941	906	802	906	6585	1968	47.82%
		VUE.	1032	1146	1073	1018	1096	859	968	7192		52.18%
VHL2_		IDA	10	16	4	12	4	3	2	51	13	53.85%
		VUE.	7	13	4	5	3	5	3	40		46.15%
B2_		IDA	1	3	3	2	9		2	20	5	60.00%
		VUE.		1	5	1	4	3	1	15		40.00%
B3_1		IDA								0	0	
		VUE.								0		
B4_1		IDA								0	0	
		VUE.								0		
BA_1		IDA								0	0	
		VUE.								0		
_C2		IDA	66	73	76	73	55	50	58	451	134	47.76%
		VUE.	86	95	77	73	51	52	58	492		52.24%
_C3		IDA	46	52	26	29	34	22	17	226	60	53.33%
		VUE.	42	46	28	17	24	22	17	196		46.67%
_C4		IDA			1			1		2	0.429	0.00%
		VUE.				1				1		0.00%
_8X4		IDA								0	0	
		VUE.								0		
T2S1		IDA	1		1			1	1	4	1	100.00%
		VUE.		2						2		0.00%



## FACTORES DE DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL Y DE CARRIL

### 1.00 FACTOR DIRECCIONAL Y DE CARRIL

El factor de distribución direccional expresado como una relación, que corresponde al número de vehículos pesados que circulan en una dirección o sentido de tráfico normalmente corresponde a la mitad del total del tránsito circulante en ambas direcciones, pero en algunas ocasiones puede ser mayor en una dirección que en otra, el que se definirá según el conteo vehicular del tráfico

NUMERO DE CALZADAS	NÚMERO DE SENTIDOS	NÚMERO DE CARRILES POR SENTIDO	FACTOR DIRECCIONAL (FD)	FACTOR DE CARRIL (FC)	FACTOR PONDERADO (FD x FC)
1 Calzada	1 Sentido	1	1	1	1
	1 Sentido	2	1	0.8	0.8
	1 Sentido	3	1	0.6	0.6
	1 Sentido	4	1	0.5	0.5
	2 Sentidos	1	0.5	1	0.5
	2 Sentidos	2	0.5	0.8	0.4
2 Calzadas	2 Sentidos	1	0.5	1	0.5
	2 Sentidos	2	0.5	0.8	0.4
	2 Sentidos	3	0.5	0.6	0.3
	2 Sentidos	4	0.5	0.5	0.25

Número de Calzadas : **1 Calzada**

Número de Sentidos : **2 Sentidos**

Numero de Carriles : **2 Carriles**

Factor de Dirección (FD) = **0.50**

Factor de Carril (FC) = **0.80**

## TASA DE CRECIMIENTO Y PROYECCIÓN

Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula de progresión geométrica por separado para el componente de crecimiento de tránsito de vehículos de pasajeros y para el componente de tránsito de vehículos de carga

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r} \quad \text{PERIODO DE DISEÑO (n) = } \mathbf{15 \text{ Años}}$$

### 1.00 FACTOR DE CRECIMIENTO POBLACIONAL

TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL (r1) = **2.00%**       $Fca_1 = 17.293$

### 1.00 FACTOR DE CRECIMIENTO ECONÓMICO

TASA DE CRECIMIETNO ECONÓMICO (r2) = **2.00%**       $Fca_2 = 17.293$

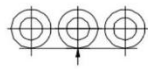

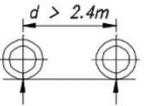
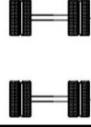
## CALCULO DE EJES EQUIVALENTES

### 1.00 NUMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES

El efecto del tránsito se mide en la unidad definida por AASHTO, como ejes equivalentes (EE) acumulados durante el periodo de diseño timado en el análisis. AASHTO definió como un EE, al efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2 Ton de peso, con neumáticos a la presión de 80lbs/pulg<sup>2</sup>. Los Ejes Equivalentes (EE) son factores de equivalencia que representan el factor destructivo de las distintas cargas, por tipo de eje que conforman cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento.

NOMENCLATURA	CONJ. DE EJES	SIMBOLOGIA	N° DE NEUMATIC.	GRÁFICO	PESO
_1VL	SIMPLE		2		1
_2VL	SIMPLE		2		2
_4VL	SIMPLE		4		4
_1RS	SIMPLE		2		7
_1RD	SIMPLE		4		11
_1RS_1RD	TANDEM		6		16
_2RS	TANDEM		4		12
_2RD	TANDEM		8		18
_3RS	TRIDEM		6		16
_1RS_2RD	TRIDEM		10		23
NOMENCLATURA	CONJ. DE EJES	SIMBOLOGIA	N° DE NEUMATIC.	GRÁFICO	PESO

### CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES

_3RD	TRIDEM		12		25
_1RD_1RD	SIMPLE		8		22

Para el calculo de ejes equivalentes utilizamos las siguientes formulas dadas en el manual AASHTO93

### 1.01 CÁLCULO DEL FACTOR DE EQUIVALENCIA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

$$\log\left(\frac{1}{FEE}\right) = 4.79 \times \log(18 + 1) - 4.79 \times \log(L_x + L_2) + 4.33 \times \log(L_2) + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}}$$

$$G_t = \log\left(\frac{4.2 - P_t}{4.2 - 1.5}\right) \quad \beta_x = 0.40 + \frac{0.081 \times (L_x + L_2)^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} \times L_2^{3.23}}$$

### 1.02 CÁLCULO DEL FACTOR DE EQUIVALENCIA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS

$$\log\left(\frac{1}{FEE}\right) = 4.62 \times \log(18 + 1) - 4.62 \times \log(L_x + L_2) + 3.28 \times \log(L_2) + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}}$$

$$G_t = \log\left(\frac{4.5 - P_t}{4.5 - 1.5}\right) \quad \beta_x = 1.00 + \frac{3.63 \times (L_x + L_2)^{5.20}}{(D + 1)^{8.46} \times L_2^{3.52}}$$

Donde:

$FEE$  = factor de ejes equivalentes

$L_x$  = peso del eje en kips (kilo Libras)

$L_2$  = código del eje: (simple = 1, tandem = 2, Tridem = 3)

$\beta_x$  = Factor que depende del tipo y codigo de eje y del número estructural

$P_t$  = Índice de serviciabilidad final

$S_N$  = Número estructural en pulgadas       $D$  = Espesor de la losa en pulgadas

### 1.02 CÁLCULO DEL FACTOR DE EQUIVALENCIA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

TIPO DE EJE	EJE EQUIVALENTE
Eje Simple de Ruedas Simples	$EE = (P/6.6)^4$
Eje Simple de Ruedas Dobles	$EE = (P/8.2)^4$
Eje tandem (1 Eje Ruedas Dobles + 1 Eje Ruedas Simples)	$EE = (P/14.8)^4$
Eje Tandem (2 Ejes de Ruedas Dobles)	$EE = (P/15.1)^4$
Eje Tridem (2 Ejes Ruedas Dobles + 1 Eje Ruedas Simples)	$EE = (P/20.7)^{3.9}$
Eje Tridem (3 Ejes Ruedas Dobles)	$EE = (P/21.8)^{3.9}$

Para el cálculo de ejes equivalentes en **Pavimentos Flexibles**

$P_t = 2.5$

$S_N = 4.0$  pulg

### CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES



CÁLCULO DE FACTOR DE EJES EQUIVALENTES									
NOMENCLATURA	GRÁFICO	Peso (ton)	Lx kips	L2	$\beta_x$	$\beta_{18}$	$G_t$	$\log\left(\frac{1}{FEE}\right)$	FEE
_1VL		1	2.2	1	0.401	0.6578	-0.20091	3.50676	0.00031
_2VL		2	4.41	1	0.404	0.6578	-0.20091	2.42221	0.00378
_4VL		4	8.82	1	0.431	0.6578	-0.20091	1.21216	0.06135
_1RS		7	15.4	1	0.561	0.6578	-0.20091	0.24952	0.56297
_1RD		11	24.3	1	1.046	0.6578	-0.20091	-0.47831	3.0082
_2RS		14	30.9	2	0.561	0.6546	-0.20091	0.11253	0.77174
_1RS_1RD		16	35.3	2	0.642	0.6578	-0.20091	-0.10575	1.2757
_2RD		18	39.7	2	0.748	0.6578	-0.20091	-0.29424	1.9690
_1RS_2RD		23	50.7	3	0.613	0.6578	-0.20091	-0.11813	1.3126
_3RD		25	55.1	3	0.674	0.6578	-0.20091	-0.25225	1.78752
_1RD_1RD		22	48.5	2	1.046	0.658	-0.201	-0.478	6.016

CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES



T3Se2													
T3S3		1	0.56297	1.96898	1.78752			4.3195	100.00%	0.8	365	17.2934	21812
T3Se3													
_C2R2		1	0.56297	3.00820	3.00820	3.00820		9.5876	100.00%	0.8	365	17.2934	48414
_C2R3		1	0.56297	3.00820	3.00820	1.96898		8.5484	0.00%	0.8	365	17.2934	0
_C3R2													
_C3R3													
_C3R4													
_C4R2													
_C4RB2													
_8X4RB1													
_8X4RB2													
T3S2_S2													
T3Se2_Se													
T3S2_S1S													
3Se2S1Se													

ESAL = 1.83E+06

**ANEXO N° 04: Panel Fotográfico**

**Panel fotográfico de la zona de estudio**



**Fotografía 1.** "Inicio del tramo 5 de la carretera Juliaca - Lampa "



**Fotografía 2.** "Falla transversal y piel de cocodrilo ubicada en el tramo 5 de la carretera Juliaca - Lampa"



**Fotografía 3.** "Presencia de huecos con agua, grietas de borde y piel de cocodrilo de severidad alta en el tramo 5 de la vía Juliaca - Lampa"



**Fotografía 4.** "Presencia de piel de cocodrilo, grieta transversal, y huecos con agua en el tramo 5 de la vía Juliaca - Lampa"



**Fotografía 5.** "Presencia de piel de cocodrilo, huecos de baja y alta severidad ubicada en el tramo 5 de la vía Julaica - Lampa"



**Fotografía 6.** "Fisuras transversales y grietas de borde también la presencia de piel de cocodrilo de la vía Juliaca - Lampa"



**Fotografía 7.** "Existencia de grietas de borde, piel de cocodrilo y huecos de severidad alta ubicada en el tramo 5 de la vía Juliaca - Lampa"



**Fotografía 8.** "Fisuras de borde y piel de cocodrilo presentes en la vía Juliaca - Lampa"



**Fotografía 9.** "Presencia de grietas longitudinales, piel de cocodrilo y huecos con presencia de agua en el tramo 5 de la vía Juliaca - Lampa"



**Fotografía 10.** "Presencia de piel de cocodrilo, huecos con presencia de agua y desprendimientos ubicada en el tramo 5 de la vía Juliaca - Lampa"





**Fotografía 11.** "Existencia de huecos de severidad alta, en donde ya no se observa la presencia del pavimento flexible en el tramo 5 de la vía Juliaca - Lampa"



**Fotografía 12.** "Existencia de piel de cocodrilo, huecos con presencia de agua y exudación en el tramo 5 de la vía Juliaca - Lampa"



**Fotografía 13.** "Existencia de grietas de borde, piel de cocodrilo y exudación ubicada en el tramo 5 de la vía Juliaca - Lampa"



**Fotografía 14.** "Presencia de grietas de borde, piel de cocodrilo y huecos en la vía Juliaca - Lampa"



**Fotografía 15.** "Fisuras transversales y piel de cocodrilo en la vía Juliaca - Lampa"



**Fotografía 16.** "Presencia de Baches en la vía Juliaca - Lampa"



30 de diciembre de 2020 10:00 a. m.

**Fotografía 17.** "Presencia de huecos, baches en la vía Juliaca - Lampa"



30 de diciembre de 2020 10:01 a. m.

**Fotografía 18.** "Presencia de baches y piel de cocodrilo en la vía Juliaca - Lampa"



30 de diciembre de 2020 10:02 a. m.

**Fotografía 19.** "Presencia de baches, huecos con empozamiento de agua causada por las lluvias en la carretera Juliaca - Lampa"



30 de diciembre de 2020 10:03 a. m.

**Fotografía 20.** "Presencia de huecos en la vía Juliaca - Lampa"



**Fotografía 21.** "Presencia de exudación i baches en la vía Juliaca - Lampa"



**Fotografía 22.** "Presencia de exudación y desprendimiento de agregados en la vía Juliaca - Lampa"

**Panel fotográfico de las marcas de las progresivas realizadas en la zona de estudio y el estudio de tráfico**



**Fotografía 23.** "Instrumentos necesarios para las marcas en campo de las unidades o puntos a evaluar"



**Fotografía 24.** "Registro de vehículos para el estudio de tráfico de la vía Juliaca - Lampa"



**Fotografía 25.** "Ubicación de los conos de seguridad"



**Fotografía 26.** "Uso del odómetro para realizar las mediciones de las progresivas"





**Fotografía 27.** "Reubicación del cono de seguridad a medida que pasa el odómetro"



**Fotografía 28.** "Marcaje de las referencias de las progresivas"



**Fotografía 29.** "Marca de la referencia de la progresiva del Km 04+050"



**Fotografía 30.** "Marcaje temporal de las progresivas en el pavimento"



**Fotografía 31.** "Marcas con pintura de las progresivas en el pavimento flexible"



**Fotografía 32.** "Marca de la progresiva del Km 05+000"



**Fotografía 33.** "Medición de la calzada del tramo 5 de la vía Juliaca - Lampa"

## Panel fotográfico de la evaluación superficial



**Fotografía 34.** "Comienzo de la inspección de la unidad de evaluación N°01"



**Fotografía 35.** "Marca inicial del Km 4 +000 de la unidad de evaluación N°01"



**Fotografía 36.** "Presencia de huecos en la unidad de evaluación N°01"



**Fotografía 37.** "Fallas encontradas en la unidad de evaluación N°01"



**Fotografía 38.** "Medición de las fallas encontradas en la unidad de evaluación N°01"



**Fotografía 39.** "Ubicación de la unidad de evaluación N°02 con progresivas del Km04 +100 al Km04 + 125"



**Fotografía 40.** "Presencia de huecos en la unidad de evaluación N°02"



**Fotografía 41.** "Presencia de huecos con severidad alta en la unidad de evaluación N°02"





**Fotografía 42.** "Presencia de piel de cocodrilo de severidad alta en la unidad de evaluación N°02"



**Fotografía 43.** "Ubicación de la unidad de evaluación N°03 de progresivas km04+200 al km04+225"



**Fotografía 44.** "Marcas realizadas de las fallas presentes en la unidad de evaluación N°03"



**Fotografía 45.** "Presencia de huecos, piel de cocodrilo y fisuras longitudinales en la unidad de evaluación N°01"



**Fotografía 46.** "Ubicación de la unidad de evaluación N°04 con progresivas del km04+300 al Km04+325"



**Fotografía 47.** "Marcas del inicio de la unidad de evaluación N°04"



**Fotografía 48.** "Presencia de huecos y fisuras longitudinales de la unidad de evaluación N°04"



**Fotografía 49.** "Fisuras longitudinales, transversales y fisuras de borde en la unidad de evaluación N°04"



**Fotografía 50.** "Marca del inicio de la unidad de evaluación N°05"



**Fotografía 51.** "Presencia de fisuras longitudinales, transversales y parches en la unidad de evaluación N°05"



**Fotografía 52.** "Marcas de las fallas encontradas en la unidad de evaluación N°05"



**Fotografía 53.** "Fisuras longitudinales, transversales y piel de cocodrilo de severidad alta"



**Fotografía 54.** "Marcas de las zonas que no están afectadas por la falla piel de cocodrilo en el carril izquierdo de la unidad de evaluación N°05"



**Fotografía 55.** "Marca inicial de la unidad de evaluación N°06"



**Fotografía 56.** "Fisuras longitudinales, transversales y grietas de borde de la unidad de evaluación N°06"



**Fotografía 57.** "Fisuras de piel de cocodrilo de severidad alta en la unidad de evaluación N°06"





**Fotografía 58.** "Presencia de grieta parabólica en la unidad de evaluación N°06"



**Fotografía 59.** "Presencia de parches, fisuras longitudinales, transversales y piel de cocodrilo de severidad alta"



**Fotografía 60.** "Presencia de piel de cocodrilo de severidad alta en la unidad de evaluación N°06"



**Fotografía 61.** "Presencia de piel de cocodrilo y fisuras longitudinales de severidad alta en la unidad de evaluación N°06"



**Fotografía 62.** "Marca del inicio de la unidad de evaluación N°07"



**Fotografía 63.** "Fisuras longitudinales, transversales y piel de cocodrilo en la unidad de evaluación N°07"



**Fotografía 64.** "Presencia de grieta longitudinales, transversales y piel de cocodrilo en la unidad de evaluación N°07"



**Fotografía 65.** "Fisuras longitudinales y transversales de la unidad de evaluación N°07"



**Fotografía 66.** "Presencia de piel de cocodrilo de severidad alta en la unidad de evaluación N°07"



**Fotografía 67.** "Presencia de huecos y fisuras transversales de la unidad de evaluación N°07"



**Fotografía 68.** "Presencia de grieta parabólica de la unidad de evaluación N°07"



**Fotografía 69.** "Grietas longitudinales y piel de cocodrilo en la unidad de evaluación N°07"



**Fotografía 70.** "Marca del inicio de la unidad de evaluación N°08"



**Fotografía 71.** "Parches y fisuras de bloque en la unidad de evaluación N°07"



**Fotografía 72.** "Piel de cocodrilo y grieta de borde en la unidad de evaluación N°08"



**Fotografía 73.** "Presencia de piel de cocodrilo, huecos y parches de la unidad de evaluación N°08"





**Fotografía 74.** "Presencia de hueco de severidad alta en la unidad de evaluación N°08"



**Fotografía 75.** "Grieta de borde y desprendimiento de agregados en la unidad de evaluación N°08"



**Fotografía 76.** "Fisura de borde de severidad alta en la unidad de evaluación N°08"



**Fotografía 77.** "Marca del inicio de la unidad de evaluación N°09"



**Fotografía 78.** "Presencia de piel de cocodrilo en la unidad de evaluación N°09"



**Fotografía 79.** "Presencia de grietas transversales de severidad moderada en la unidad de evaluación N°09"



**Fotografía 80.** "Grieta de borde en la unidad de evaluación N°09"



**Fotografía 81.** "Piel de cocodrilo y huecos en la unidad de evaluación N°09"



**Fotografía 82.** "Presencia grietas de borde en la unidad de evaluación N°09"



**Fotografía 83.** "Presencia de huecos de severidad alta en la unidad de evaluación N°09"



**Fotografía 84.** "Marca del inicio de la unidad de evaluación N°10"



**Fotografía 85.** "Grietas longitudinales y transversales en la unidad de evaluación N°10"



**Fotografía 86.** "Presencia de parches y grietas transversales de severidad moderada en la unidad de evaluación N°10"



**Fotografía 87.** "Fisuras transversales y desprendimiento de agregados en la unidad de evaluación N°10"



**Fotografía 88.** "Fisura transversal de severidad alta en la unidad de evaluación N°10"



**Fotografía 89.** "Presencia de fisuras de borde de severidad alta"





**Fotografía 90.** "Proceso de medición de las fallas en la unidad de evaluación N°10"



**Fotografía 91.** "Marcas del inicio y presencia de grietas de borde de la unidad de evaluación N°11"



**Fotografía 92.** "Grietas transversales, parches y desprendimiento de agregados en la unidad de evaluación N°11"



**Fotografía 93.** "Presencia de grietas de borde, fisuras transversales y huecos de severidad alta en la unidad de evaluación N°11"



**Fotografía 94.** "Presencia de fisuras longitudinales y transversales en la unidad de evaluación N°11"



**Fotografía 95.** "Hueco de severidad alta en la unidad de evaluación N°11"



**Fotografía 96.** "Fisuras longitudinales, transversales y parches en la unidad de evaluación N°11"



**Fotografía 97.** "Marca del fin de la unidad de evaluación N°11 y presencia de parche y piel de cocodrilo"



**Fotografía 98.** "Marca del inicio de la unidad de evaluación N°12"



**Fotografía 99.** "Presencia de fisuras longitudinales, transversales y piel de cocodrilo en la unidad de evaluación N°12"



**Fotografía 100.** "Presencia de parches en la unidad de evaluación N°12"



**Fotografía 101.** "Presencia de piel de cocodrilo, grietas longitudinales y desprendimiento de agregados en la unidad de evaluación N°12"



**Fotografía 102.** "Desprendimiento de agregados en la unidad de evaluación N°12"



**Fotografía 103.** "Fin de la unidad de evaluación N°12, km05+000 de la vía Juliaca - Lampa"

## Panel fotográfico de la evaluación estructural



*Fotografía 104. "Camión cargado y la viga Benkelman para el ensayo de deflectometría"*



*Fotografía 105. "Vehículo de señalización del ensayo y ubicación de la viga Benkelman"*



*Fotografía 106. "Ensayo de deflectometría lista para que el camión avance"*





**Fotografía 107.** "Puesta de los diales en el punto de ensayo"



**Fotografía 108.** "verificación de la puesta de la viga Benkelman en el punto de ensayo"



**Fotografía 109.** "Puesta y verificación de la viga Benkelman en el punto de ensayo"



**Fotografía 110.** "Ubicación de la punta de la viga Benkelman y verificación de las marcas para las medidas que serán registradas"



**Fotografía 111.** "Lectura y registro de los diales en el punto ensayado"



**Fotografía 112.** "Medidas de los diales a medida que el camión avanza"



**Fotografía 113.** "Ensayo de deflectometría con la viga Benkelman"



**Fotografía 114.** "Armado de la viga Benkelman en el punto de ensayo"



**Fotografía 115.** "Colocación de los diales en la viga Benkelman"



**Fotografía 116.** "Camión puesto en marcha en el ensayo de deflectometría"