



**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN  
DEL PAVIMENTO, UTILIZANDO EL MÉTODO PCI, EN  
LA AV. JORGE CHÁVEZ DEL DISTRITO DE  
POCOLLAY EN EL AÑO 2016”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**PRESENTADO POR:**  
BACH. MARIANA LUCÍA HILIKUÍN BRAÑEZ

**ASESOR:** ING. MÓNICA VALCÁRCEL

TACNA – 2016

## **DEDICATORIA**

A Dios, porque sin Él, no hubiera llegado hasta aquí.

A mi MADRE Julia Lucila Brañez de Hiliquin, que en Paz descansa, porque con su amor me enseñó a luchar por mis sueños, y que siempre fue y será mi motivo para superarme cada día, a mi PADRE, Fabián Segundo Hiliquin Ruiz, que siempre confió en mí, me brindó su amor y me apoyó incondicionalmente.

A mis hermanos Edy y Toño, que desde pequeña me dieron su apoyo en todo momento y nunca me dejaron sola. A mi sobrino Matías, quien siempre me ha brindado su inmenso cariño y me ha sabido sacar una sonrisa para seguir adelante.

A mis familiares y amigos, que siempre demostraron su confianza en mí.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por cada bendición y logro que me ha brindado.

A todos los docentes que me enseñaron, porque me ayudaron a crecer académica y personalmente, y gracias a ellos pude llegar hasta aquí.

A mi asesora Ing. Mónica Varcárcel, que con su ejemplo y dedicación me enseñó a seguir adelante.

Gracias a la Universidad Privada del Tacna por brindarme las oportunidades con las que pude desarrollarme.

Gracias a todas y cada una de las personas que me apoyaron y me brindaron la fuerza para no rendirme.

Y mi eterno agradecimiento a mi familia, que siempre estuvo conmigo.

A todos ustedes, mi más sincera gratitud.

## **RESUMEN**

La presente tesis está basada en demostrar el método del Índice de condición de Pavimentos (PCI) para evaluar el estado del pavimento de la avenida Jorge Chávez del distrito de Pocollay, departamento y Provincia de Tacna. Este índice toma valores que se encuentran entre 0 para un pavimento fallado, hasta un índice de condición de 100 que representa a un pavimento en excelente estado. Para esto se debe seguir una serie de pasos, siendo el primero la selección de las unidades de muestras a inspeccionar, siguiendo por la inspección visual realizado por personal capacitado y tomando las medidas de seguridad necesarias, luego se procede a calcular el PCI haciendo uso de las diferentes curvas por las que se rigen estas falla según este método.

La avenida Jorge Chávez consta de dos carriles en la misma dirección, de este a oeste, ambas juntas con un ancho de 7.30 m y con una longitud variable de berma. Su longitud es de 1066.90 metros y por ende se dividió su área en 33 unidades de muestra de 31.50 m de longitud, de las cuales según calculo, se escogió 11 unidades para inspeccionar. Estas unidades de muestra tuvieron un área de 229.95 m<sup>2</sup> según el límite permitido del método del PCI que nos recomienda un área de 230 m<sup>2</sup> ± 93 m<sup>2</sup>.

El Índice de Condición del Pavimento obtenido fue de 34.69 el cual representa a un estado de pavimento malo.

Posterior a esto se procedió a evaluar las deflexiones del pavimento mediante el ensayo de la viga benkelman a fin de comparar y verificar los resultados de este con el método del PCI. Tanto las deflexiones del ensayo de la viga benkelman como el Índice de condición de Pavimentos nos demostró que el



pavimento se encuentra en un estado deteriorado, el cual necesita una rehabilitación para que asegure los niveles de servicio y garantice la seguridad y comodidad del usuario. De no ser así el pavimento terminaría en un estado de falla total en el cual necesitaría de una reconstrucción general.

## **SUMMARY**

This thesis is based on demonstrating the pavement condition index method (PCI) for the pavement status of the Jorge Chávez Avenue, in the district of Pocollay, department and province of Tacna. This index has values from 0 for a fail pavement, until a condition index of 100 that represent a pavement in excellent condition. For this, a series of steps must be followed, the first being the selection of the samples units to inspect, following up on the visual inspection performed by trained personnel and taking the necessary safety measures, then one proceeds to calculate the PCI using different curves by which these failures are governed according to this method.

Jorge Chavez Avenue consists of two lanes in the same direction, from east to west, both together with a width of 7.30 m and with a variable berm width. Its length is 1066.90 meters and thus its area was divided into 33 sample units of 31.5 meters in length, of which according to the calculation, 11 units were chosen to inspect. These sample units have an area of 229.95 m<sup>2</sup> according to the limit of the PCI method that recommend an area of 230 m<sup>2</sup> ± 93 m<sup>2</sup>.

The Pavement Condition Index obtained was 34.69 which represent a bad pavement condition.

Subsequently, the pavement deflections were evaluated by the Benkelman Beam Test with the purpose of compare and verify their results with the PCI method. Both the deflections of the Benkelman Beam Test and the pavement condition index are in a deteriorated condition, which requires a restoration to ensure the levels of service and guarantee the safety and comfort of

the user. Otherwise the pavement would end in a state of total failure in which that case it would need a general reconstruction.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
RESUMEN .....	iii
SUMARY .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xv
CAPITULO I : INTRODUCCIÓN.....	1
1.1    OBJETIVOS .....	3
1.1.1    OBJETIVO GENERAL.....	3
1.1.2    OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1.2    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.3    JUSTIFICACIÓN .....	6
1.4    LIMITACIONES .....	14
1.5    CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
CAPÍTULO II: MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA ZONA DE INVESTIGACIÓN.....	16
2.1    GENERALIDADES .....	16
2.2    ANTECEDENTES .....	16
2.3    UBICACIÓN .....	17
2.4    ÁREA Y PERÍMETRO .....	19
2.5    DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN .....	19
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO.....	22
3.1    TIPOS DE PAVIMENTOS .....	23
A)    Pavimentos Flexibles .....	23
B)    Pavimentos Rígidos .....	25
C)    Pavimentos Semirrígidos .....	26
3.2    TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES: ....	27
3.2.1    Mezcla de hormigón asfáltico en caliente.....	28
3.2.2    Hormigón asfáltico templado.....	28
3.2.3    Hormigón asfáltico frío.....	28
3.2.4    Hormigón asfáltico cut-back.....	29
3.2.5    Hormigón asfáltico mástico .....	29
3.3    SERVICIABILIDAD DE PAVIMENTOS .....	29

3.4	ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS (PCI – PAVEMENT CONDITION INDEX) .....	33
3.5	ENSAYO DE VIGA BENKELMAN PARA MEDIR DEFLEXIONES: .....	34
CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS .....		36
4.1	IMPORTANCIA EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS .....	36
4.2	OBJETIVIDAD EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS .....	37
4.3	CURVA DE COMPORTAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS .....	37
4.4	TIPOS DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS .....	39
CAPÍTULO V: MÉTODO DEL PCI (ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS).....		41
5.1	MÉTODO DEL PCI: .....	41
5.2	ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS (PCI): .....	42
5.3	FACTORES PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE UN PAVIMENTO.....	43
5.4	PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE UN PAVIMENTO:.....	45
5.5.1	Determinación de unidades de muestreo .....	47
5.5.2	Determinación de unidades de muestreo para evaluación .....	47
5.5.3	Selección de las unidades de muestreo para inspección .....	49
5.5.4	Selección de unidades de muestreo adicionales.....	50
5.5.5	Evaluación de la condición .....	50
5.5	MATERIALES E INSTRUMENTOS .....	51
5.6	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO DE PAVIMENTOS CON CAPA DE RODADURA ASFÁLTICA .....	57
5.6.1	Etapa 1: cálculo de los valores deducidos .....	58
5.6.2	Etapa 2: Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m) .....	58
5.6.3	Etapa 3: Cálculo del máximo valor deducido corregido, CDV .....	59
5.6.4	Etapa 4: cálculo de PCI:.....	60
5.7	CÁLCULO DEL PCI DE UNA SECCIÓN DE PAVIMENTO.....	61
5.8	ACCIONES A TENER EN CUENTA DE ACUERDO AL PCI .....	63
CAPÍTULO VI: FALLAS DE LOS PAVIMENTOS.....		64
6.1	TIPOS DE FALLAS EN LOS PAVIMENTOS .....	65
6.1.1	Fallas de Superficie: .....	65
6.1.2	Fallas Estructurales .....	65
6.2	FALLAS CONSIDERADAS EN LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES SEGÚN EL MÉTODO PCI .....	66

6.2.1	Piel de Cocodrilo .....	67
6.2.2	Exudación de Asfalto.....	70
6.2.3	Fisuras en Bloque o Grietas de Contracción en Bloque .....	72
6.2.4	Elevaciones (Abultamientos) y Hundimientos .....	75
6.2.5	Corrugaciones (encalaminado) .....	77
6.2.6	Depresiones: .....	79
6.2.7	Grieta (fisura) de borde.....	81
6.2.8	Grieta de reflexión de juntas.....	83
6.2.9	Desnivel Carril / Berma .....	86
6.2.10	Grietas longitudinales y transversales.....	88
6.2.11	Baches y zanjas reparadas (Parcheo).....	91
6.2.12	Agregado Pulidos (Pulimiento de Agregados) .....	94
6.2.13	Huecos .....	95
6.2.14	Cruce de Vía Férrea - Acceso y salidas a puentes, rejilla de drenaje, líneas férreas .....	98
6.2.15	Ahuellamiento.....	100
6.2.16	Deformación por empuje (Desplazamiento).....	102
6.2.17	Grietas de deslizamientos ó Grieta Parabólica.....	104
6.2.18	Hinchamiento.....	106
6.2.19	Disgregación y desintegración (Desprendimiento de Agregados).....	107
CAPÍTULO VII: APLICACIÓN DEL PCI.....		110
7.1	DIVISIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTRA .....	110
7.2	SELECCIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN .....	111
7.3	INSPECCIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTRA .....	112
7.4	CALCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTRA.....	122
7.5	CÁLCULO DEL PCI PARA TODA LA SECCIÓN DEL PAVIMENTO ...	127
7.6	PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	127
7.7	RESUMEN DE LAS FALLAS ENCONTRADAS.....	129
CAPÍTULO VIII: ENSAYO DE LA VIGA BENKELMAN.....		131
8.1	MATERIALES Y EQUIPOS DEL ENSAYO DE VIGA BENKELMAN: ...	131
8.2	PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO DE VIGA BENKELMAN: .....	132
8.3	CÁLCULOS DEL ENSAYO DE VIGA BENKELMAN: .....	140
8.4	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DEL ENSAYO DE VIGA BENKELMAN: .....	140
8.4.1	Deflexión Característica (Dc).....	141

8.4.2	Deflexión Admisible (Dadm) .....	141
8.4.3	Radio de Curvatura (Rc) .....	142
8.5	RESULTADOS DEL ENSAYO DE VIGA BENKELMAN: .....	142
CONCLUSIONES .....		144
RECOMENDACIONES .....		147
BIBLIOGRAFÍA .....		149
ANEXOS .....		151
A)	PANEL FOTOGRÁFICO .....	152
B)	FORMATOS DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS .....	165
C)	CURVAS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS .....	198
C.1	Curvas para hallar el Valor Deducido (VD) .....	198
C.2	Curvas para hallar el Valor Deducido Corregido (VDC) .....	208
D)	EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA MEDIANTE LA VIGA BENKELMAN .....	209
D.1	Evaluación Deflectométrica (Carril Derecho) .....	209
D.2	Evaluación Deflectométrica (Carril Izquierdo) .....	212
E)	PLANOS .....	215
F)	CERTIFICADOS .....	221

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Inicio de la Av. Jorge Chávez (En Jorge Basadre Grohmann)</i> .....	10
<i>Figura 2: Término de la Av. Jorge Chávez (En Av. Basadre y Forero)</i> .....	10
<i>Figura 3: Desgaste de la Avenida Jorge Chávez.</i> .....	12
<i>Figura 4: Vehículos que transitan en la Avenida</i> .....	12
<i>Figura 5: Desprendimiento de agregados</i> .....	13
<i>Figura 6: Parcheo de Agua Y Desagüe</i> .....	13
<i>Figura 7: Centro Poblado Francisco Bolognesi</i> .....	15
<i>Figura 8: Ubicación de la Av. Jorge Chávez</i> .....	18
<i>Figura 9: Ancho de Vía</i> .....	19
<i>Figura 10: Señales Horizontales en la Vía -A</i> .....	20
<i>Figura 11: Primer Reductor de Velocidad Tipo Resalto</i> .....	21
<i>Figura 12: Segundo Reductor de Velocidad Tipo Resalto</i> .....	21
<i>Figura 13: Vía de circulación o Carretera</i> .....	22
<i>Figura 14: Sección Transversal de un Pavimento Flexible</i> .....	25
<i>Figura 15: Sección Transversal de un Pavimento Rígido</i> .....	25
<i>Figura 16: Esquema del Comportamiento de Pavimentos Flexibles y Rígidos</i> ...	26
<i>Figura 17: Tendencia en el Comportamiento de Los Pavimentos Según el PSI.</i> 32	32
<i>Figura 18: “Curva de comportamiento de un Pavimento Según el PCI”</i> .....	38
<i>Figura 19: “Hoja de Registro del Índice de Condición Del Pavimento – PCI” - (Fuente Propia)</i> .....	52
<i>Figura 20: “Wincha Métrica de 50 m” - (Fuente Propia)</i> .....	53
<i>Figura 21: “Wincha Métrica de 5 m”</i> .....	53
<i>Figura 22: “Regla para Nivel de 1.20 m” - (Fuente Propia)</i> .....	54
<i>Figura 23: “Regla de Medición de 0.60 m” - (Fuente Propia)</i> .....	54
<i>Figura 24: “Plano de Distribución de la Av. Jorge Chávez” - (Fuente Propia)</i>	55
<i>Figura 25: “Chalecos de Seguridad Reflectantes”</i> .....	56
<i>Figura 26: “Conos de Seguridad Vial”</i> .....	57
<i>Figura 27: “Relación del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos”</i> ..	59
<i>Figura 28: “Formato para la obtención Máximo Valor Deducido Corregido”</i>	60
<i>Figura 29: “Piel de Cocodrilo de Baja Severidad”</i> .....	69
<i>Figura 30: “Piel de Cocodrilo de Severidad Media”</i> .....	69



<i>Figura 31: “Piel de Cocodrilo de Alta Severidad”</i>	70
<i>Figura 32: “Exudación de Severidad Baja”</i>	71
<i>Figura 33: “Exudación de Severidad Media”</i>	72
<i>Figura 34: “Exudación de Severidad Alta”</i>	72
<i>Figura 35: “Fisura en Bloque de Severidad Baja”</i>	74
<i>Figura 36: “Fisura en Bloque de Severidad Media”</i>	74
<i>Figura 37: “Fisura en Bloque de Severidad Alta”</i>	74
<i>Figura 38: “Abultamientos y hundimientos de Severidad Baja”</i>	76
<i>Figura 39: “Abultamientos y hundimientos de Severidad Media”</i>	77
<i>Figura 40: “Abultamientos y hundimientos de Severidad Alta”</i>	77
<i>Figura 41: “Corrugación de Baja Severidad”</i>	78
<i>Figura 42: “Corrugación de Severidad Media”</i>	79
<i>Figura 43: “Corrugación de Alta Severidad”</i>	79
<i>Figura 44: “Depresión de Baja Severidad”</i>	80
<i>Figura 45: “Depresión de Severidad Media”</i>	81
<i>Figura 46: “Depresión de Alta Severidad”</i>	81
<i>Figura 47: “Fisura de Borde de Severidad Baja”</i>	82
<i>Figura 48: “Fisura de Borde de Severidad Media”</i>	83
<i>Figura 49: “Fisura de Borde de Severidad Alta”</i>	83
<i>Figura 50: “Grietas de Reflexión de Junta de Severidad Baja”</i>	85
<i>Figura 51: “Grietas de Reflexión de Junta de Severidad Media”</i>	86
<i>Figura 52: “Grietas de Reflexión de Junta de Severidad Alta”</i>	86
<i>Figura 53: “Desnivel carril / berma de Severidad Baja”</i>	87
<i>Figura 54: “Desnivel carril / berma de Severidad Media”</i>	88
<i>Figura 55: “Desnivel carril / berma de Severidad Alta”</i>	88
<i>Figura 56: “Grietas longitudinales y transversales de Severidad Baja”</i>	90
<i>Figura 57: “Grietas longitudinales y transversales de Severidad Media”</i>	91
<i>Figura 58: “Grietas longitudinales y transversales de Severidad Alta”</i>	91
<i>Figura 59: “Parcheo de Severidad Baja”</i>	93
<i>Figura 60: “Parcheo de Severidad Media”</i>	93
<i>Figura 61: “Parcheo de Severidad Alta”</i>	93
<i>Figura 62: “Pulimiento de Agregados”</i>	95
<i>Figura 63: “Hueco de Severidad Baja”</i>	97
<i>Figura 64: “Hueco de Severidad Media”</i>	97

<i>Figura 65: “Hueco de Severidad Alta”</i> .....	97
<i>Figura 66: “Cruce de Vía Férrea de Baja Severidad”</i> .....	99
<i>Figura 67: “Cruce de Vía Férrea de Severidad Media”</i> .....	99
<i>Figura 68: “Cruce de Vía Férrea de Severidad Alta”</i> .....	99
<i>Figura 69: “Ahuellamiento de Baja Severidad”</i> .....	101
<i>Figura 70: “Ahuellamiento de Severidad Media”</i> .....	101
<i>Figura 71: “Ahuellamiento de Severidad Alta”</i> .....	101
<i>Figura 72: “Desplazamiento de Baja Severidad”</i> .....	103
<i>Figura 73: “Desplazamiento de Severidad Media”</i> .....	103
<i>Figura 74: “Desplazamiento de Severidad Alta”</i> .....	103
<i>Figura 75: “Grieta Parabólica de Baja Severidad”</i> .....	105
<i>Figura 76: “Grieta Parabólica de Severidad Media”</i> .....	105
<i>Figura 77: “Grieta Parabólica de Severidad Alta”</i> .....	105
<i>Figura 78: “Ejemplo de Hinchamiento. El nivel de Severidad se basa en el criterio de la calidad de tránsito”</i> .....	107
<i>Figura 79: “Grieta Parabólica de Baja Severidad”</i> .....	109
<i>Figura 80: “Grieta Parabólica de Severidad Media”</i> .....	109
<i>Figura 81: “Grieta Parabólica de Severidad Alta”</i> .....	109
<i>Figura 82: Viga Benkelman de Doble brazo</i> .....	131
<i>Figura 83: Vehículo de Carga</i> .....	132
<i>Figura 84: Punto del pavimento a ser ensayado con la Viga Benkelman</i> .....	133
<i>Figura 85: Colocación de la Rueda dual en el punto de ensayo</i> .....	135
<i>Figura 86: Colocación de la Viga Benkelman en el punto de ensayo</i> .....	135
<i>Figura 87: Fijación de la Viga Benkelman</i> .....	136
<i>Figura 88: Calibración de los diales de la Viga</i> .....	137
<i>Figura 89: Esquematización del Proceso de Medición con la Viga Benkelman</i> .....	138
<i>Figura 90: Toma de medidas de las Unidades de Muestra</i> .....	152
<i>Figura 91: Toma de medidas de Un Parche de severidad Media</i> .....	152
<i>Figura 92: Toma de medidas de Un Parche de severidad Baja</i> .....	153
<i>Figura 93: Ahuellamiento en severidad Baja</i> .....	153
<i>Figura 94: Toma de medidas de Ahuellamientos</i> .....	154
<i>Figura 95: Huecos en diferentes severidades.</i> .....	155
<i>Figura 96: Delimitación de cada unidad de muestra</i> .....	156
<i>Figura 97: Desprendimiento de Agregados de severidad Media</i> .....	157

<i>Figura 98: Ahuellamiento de Severidad Media .....</i>	158
<i>Figura 99: Grietas longitudinales y transversales de Severidad Baja .....</i>	158
<i>Figura 100: Desprendimiento de Agregados de severidad Baja .....</i>	159
<i>Figura 101: Hueco de Severidad Media .....</i>	159
<i>Figura 102: Abultamientos y Hundimientos de diferente Severidad .....</i>	160
<i>Figura 103: Toma de Medidas de los Abultamientos y Hundimientos. ....</i>	160
<i>Figura 104: Depresión de Severidad Alta.....</i>	161
<i>Figura 105: Exudación de Severidad baja.....</i>	161
<i>Figura 106: Parches de severidad media. ....</i>	162
<i>Figura 107: Toma de medidas para el ensayo de la Viga Benkelman.....</i>	163
<i>Figura 108: Calibración de la Viga Benkelman – Carril Derecho. ....</i>	163
<i>Figura 109: Avance del Camión para la toma de medidas.....</i>	163
<i>Figura 110: Colocación de la Viga Benkelman - Carril Derecho.....</i>	164
<i>Figura 110: Toma de medidas de la Viga Benkelman - Carril Izquierdo.....</i>	164
<i>Figura 110: Posicionamiento del Camión - Carril Izquierdo.....</i>	164

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Índice de Serviciabilidad de Pavimento .....</i>	31
<i>Tabla 2: Rangos de Calificación del PCI.....</i>	34
<i>Tabla 3: Intervención de acuerdo al PCI.....</i>	63
<i>Tabla 4: Fallas consideradas en un Pavimento Flexible según el PCI .....</i>	66
<i>Tabla 5: Niveles de Severidad de Los Huecos .....</i>	96
<i>Tabla 6: Tamaño de la unidad de muestra según el ancho de la calzada .....</i>	111
<i>Tabla 7: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U1 .....</i>	113
<i>Tabla 8: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U4 .....</i>	114
<i>Tabla 9: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U7 .....</i>	115
<i>Tabla 10: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U10 .....</i>	115
<i>Tabla 11: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U13 .....</i>	116
<i>Tabla 12: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U16 .....</i>	117
<i>Tabla 13: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U19 .....</i>	118
<i>Tabla 14: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U22 .....</i>	119
<i>Tabla 15: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U25 .....</i>	119
<i>Tabla 16: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U28 .....</i>	120
<i>Tabla 17: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U31 .....</i>	121
<i>Tabla 18: Hoja de Registro de la Unidad de Muestra U1” .....</i>	123
<i>Tabla 19: Cálculo de Valores Deducidos de la Unidad de Muestra U1.....</i>	126
<i>Tabla 20: Hoja de Resultados del PCI de la Av. Jorge Chávez.....</i>	128
<i>Tabla 21: Fallas de la Sección 1 .....</i>	129
<i>Tabla 22: Fallas de la Sección 2 .....</i>	129
<i>Tabla 23: Distancia del Punto de Ensayo desde el borde del Pavimento.....</i>	134
<i>Tabla 24: Hoja de registro de la Unidad de muestra U1.....</i>	166
<i>Tabla 25: Máximo Valor Deducido Corregido de la Unidad de muestra U1....</i>	167
<i>Tabla 26: Hoja de registro de la Unidad de muestra U4.....</i>	169
<i>Tabla 27: Máximo Valor Deducido Corregido de la Unidad de muestra U4....</i>	170
<i>Tabla 28: Hoja de registro de la Unidad de muestra U7.....</i>	172
<i>Tabla 29: Máximo Valor Deducido Corregido de la Unidad de muestra U7....</i>	173
<i>Tabla 30: Hoja de registro de la Unidad de muestra U10.....</i>	175
<i>Tabla 31: Máximo Valor Deducido Corregido de la Unidad de muestra U10..</i>	176

<i>Tabla 32: Hoja de registro de la Unidad de muestra U13.....</i>	178
<i>Tabla 33: Máximo Valor Deducido Corregido de la Unidad de muestra U13..</i>	179
<i>Tabla 34: Hoja de registro de la Unidad de muestra U16.....</i>	181
<i>Tabla 35: Máximo Valor Deducido Corregido de la Unidad de muestra U16..</i>	182
<i>Tabla 36: Hoja de registro de la Unidad de muestra U19.....</i>	184
<i>Tabla 37: Máximo Valor Deducido Corregido de la Unidad de muestra U19..</i>	185
<i>Tabla 38: Hoja de registro de la Unidad de muestra U22.....</i>	187
<i>Tabla 39: Máximo Valor Deducido Corregido de la Unidad de muestra U22..</i>	188
<i>Tabla 40: Hoja de registro de la Unidad de muestra U25.....</i>	190
<i>Tabla 41: Máximo Valor Deducido Corregido de la Unidad de muestra U25..</i>	191
<i>Tabla 42: Hoja de registro de la Unidad de muestra U28.....</i>	193
<i>Tabla 43: Máximo Valor Deducido Corregido de la Unidad de muestra U28..</i>	194
<i>Tabla 44: Hoja de registro de la Unidad de muestra U31.....</i>	196
<i>Tabla 45: Máximo Valor Deducido Corregido de la Unidad de muestra U31..</i>	197
<i>Tabla 46: Evaluación Deflectométrica (Carril Derecho).....</i>	209
<i>Tabla 47: Gráfico Deflectométrico (Carril Derecho).....</i>	210
<i>Tabla 48: Evaluación Deflectométrica (Carril Izquierdo) .....</i>	212
<i>Tabla 49: Gráfico Deflectométrico (Carril Izquierdo) .....</i>	213



## CAPITULO I : INTRODUCCIÓN

### INTRODUCCIÓN

El periodo de vida útil en un pavimento se puede ver afectado por una serie de factores tales como el diseño y la ejecución de la vía, el volumen de tránsito, las cargas a las que es sometido, deficiencia en el mantenimiento del pavimento, obras adyacentes o emplazadas en el mismo lugar, el clima, sismos, entre otros. Esto genera que el pavimento falle y se presenten distintas anomalías empeorando el estado de la vía. Es por esto que, resulta necesario aplicar técnicas de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos; y para poder decidir adecuadamente la aplicación de estos trabajos se debe conocer el estado del pavimento y las posibles causas que lo producen.

Existen un sin número de métodos que permiten realizar una evaluación del estado de un pavimento, unos más precisos que otros, pero todos estos coinciden en que si se cuenta con una cuantificación precisa de la condición actual se conseguirá una proyección exacta; es así, que para la cuantificación del estado actual de la Av. Jorge Chávez se ha decidido aplicar la que se encuentra estandarizado por medio de la norma ASTM D 6433, "Standart Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys", o más conocido por sus siglas en ingles PCI (Pavement Condition Index).

El Índice de Condición del Pavimento (PCI), fue desarrollado entre los años 1974 a 1976 por el Cuerpo de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos y ejecutado por los Ingenieros Srs. Mohamed Y. Shahin, Michael L. Darter y Starr D. Kohn, con el objeto de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles a través del PCI.

Esta metodología tiene como objetivo primordial establecer la condición del pavimento a través de inspecciones visuales en las superficies con asfaltos y hormigón simple o reforzado. Se basa en los resultados de la inspección visual de los pavimentos, en la cual se identifican tipos de deterioro, severidad y cantidad, permitiendo con esto identificar las posibles causas del deterioro.

Debido a que existen un sin número de combinaciones de deterioros, severidades y densidades posibles, el método resuelve esta dificultad introduciendo el “valor deducido”, como factor de ponderación, para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación deterioro, severidad y densidad.

En este sentido el presente trabajo tiene por objeto la aplicación del índice de condición del pavimento (PCI) en un tramo de vía de la ciudad de Tacna, en el distrito de Pocollay, determinando un valor (de 0 a 100), que indicará su estado, el cual ayudará a proponer la mejor alternativa de solución. Este a su vez se comparará con un ensayo que se realiza comúnmente en nuestra ciudad, como el de la viga Benkelman, de los cuales se obtendrá una serie de conclusiones.



## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de la presente tesis, es evaluar el estado de conservación del pavimento utilizando el método PCI en la Av. Jorge Chávez del distrito de Pocollay en el año 2016, basándose en norma internacional ASTM D-6433

### 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.1.2.1 Identificar los tipos de fallas existentes en el tramo de estudio, según las clasificación de norma ASTM D6433 (Práctica estándar para el estudio del Índice de condición de pavimentos de Carreteras y Estacionamientos).
- 1.1.2.2 Determinar el nivel de severidad de acuerdo a cada tipo de falla encontrada, según la normas ASTM D6433.
- 1.1.2.3 Realizar el ensayo de la Viga Benkelman a fin de comparar los resultados con los del método del Índice de Condición del Pavimento (PCI).
- 1.1.2.4 Establecer las técnicas de solución a utilizar para garantizar la conservación de dicho pavimento.

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

“El Perú es uno de los países sudamericanos con menos carreteras pavimentadas y con más carreteras en mal estado”<sup>1</sup>. Encontrando así que en la costa las carreteras son de regular calidad, poca señalización y mayormente con los servicios de infraestructura básicas. En la Sierra mayormente son complicadas debido a lo agreste de la geografía, a pesar de esto cuentan con buenos servicios que mantienen una presencia notoria de la carreteras. Y en la selva las carreteras son algo escasas ya que esta región es muy densa y existen demasiados ríos, algunas veces tan grandes que sería imposible atravesarlos por un puente.

En la actualidad el distrito de Tacna presenta un sistema vial consolidado, cuenta casi en su totalidad con pistas y veredas, sin embargo muchas de estas se encuentran deterioradas debido principalmente al siguiente factor: El tiempo de vida útil de casi 20 años de antigüedad de las vías, correspondiendo a constituir la zona de que comprende el proyecto dentro de la urbanizaciones más antiguas consolidadas en la ciudad en la parte de la zona norte de la ciudad de Tacna y la segunda debido a los incrementos del tráfico por el cambio de uso y serviciabilidad de las vías, que han conllevado a un deterioro de las vías, bermas y pistas de la zona del proyecto, urge en tal sentido mejorar las condiciones de características estructurales de las vías existentes .

En el aspecto vial algunas pistas se encuentran en mal estado, con presencia de fisuras, bacheos y desgaste de su superficie de rodadura, observando

---

<sup>1</sup>Mg. Alan Steel Andía Rojas. (2009). "Las redes Viales y su importancia". 2016, de asarhge5  
Sitio web: <http://asarhge5.blogspot.pe/2009/07/las-redes-viales-y-su-importancia.html>

también el afloramiento de piedra en la carpeta asfáltica, así como también se muestran que las bermas no están intervenidas. Además no presentan señalización horizontal legible, y señalización vertical insuficiente.

Lo antes descrito dificulta la transitabilidad y accesibilidad a los predios de la calle, volviendo inseguro el tránsito y deteriorando el ornato del distrito de Tacna.

En esta instancia, el estado de nuestras carreteras muchas veces se ven deteriorados por el alto tránsito vehicular, o tránsito pesado, ya que por encontrarse en una zona fronteriza, existe un elevado tránsito en nuestra localidad, tanto como para fines comerciales, culturales, laborales, de salud, de educación, por turismo, entre otros; necesitando que se lleven a cabo procesos por los cuales se garantice la conservación de estas vías, alargando su vida útil, y de no poder darse esta solución se deberá optar por la renovación de su estructura para que asegure su completa funcionalidad sin problema alguno, ofreciendo en su área de influencia la seguridad y confianza de transitar por estas vías.

Por tal motivo, es que en diferentes sectores de la localidad, se necesita el cambio y renovación de las vías de circulación vehicular, para brindar a la población adecuadas condiciones de transitabilidad, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas con la que debe de contar una estructura óptima de un pavimento urbano.

Sin embargo para poder identificar que técnica es la más adecuada para mejorar la serviciabilidad del pavimento, se necesita conocer el estado real en que se encuentra la pista a reparar. Lo ideal es detectar y evaluar los daños de los pavimentos con la suficiente anticipación, de manera que las reparaciones

resultantes correspondan a trabajos de conservación o de reparaciones menores, y no de reconstrucción. De esta forma, se ahorra dinero y recursos, ya que el costo por reparar un pavimento es mucho más elevado que el costo por mantenimiento.

Para esto existe un método de evaluación del pavimento llamado “Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos” (ASTM D6433) o mejor conocido como “Método PCI” (Pavement Condition Index), que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, dependiendo de la clase, severidad, y cantidad de fallas encontradas.

En este contexto, es preciso formular una interrogante que la investigación nos debe responder.

¿Cuál es el estado de conservación del pavimento Flexible utilizando el método PCI en la Av. Jorge Chávez del distrito de Pocollay en el año 2016?

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Las obras de infraestructura vial, como las pistas, tienen como principal objetivo lograr un cambio profundo en la vida de las personas, mejorando su calidad de vida, ya que las vías de comunicación son esenciales para el desarrollo de una determinada localidad. No solo las grandes carreteras influyen en las mejoras de la conectividad, ya que permiten a las personas desplazarse en menores tiempos y con una mayor calidad y seguridad; sino que también el simple hecho de renovar las calles de una localidad, impacta

positivamente en su bienestar, tanto como de las personas que habitan estas calles, como las que transitan diariamente.

Si bien es cierto esta construcción trae consigo muchos beneficios tales como:

- a) Disminución de contaminación al bajar los niveles de polvo en suspensión
- b) Eliminación de problemas de accesibilidad, como inundaciones
- c) Mejoramiento de la imagen del barrio
- d) Aumento de la plusvalía de las propiedades beneficiadas por el proyecto.
- e) Mejoramiento del tráfico vehicular
- f) Mejorar las condiciones de habitabilidad
- g) Mejorar la movilidad vial y peatonal
- h) Disminuir la vulnerabilidad del sistema vial
- i) Propicia condiciones óptimas para el disfrute del espacio público

Pero, no sólo la ejecución de nuevos pavimentos trae consigo estos beneficios, sino que también la reparación de vías ya ejecutadas y con cierto tiempo de uso, mejora la serviciabilidad del pavimento y asegura la conservación del mismo, evitando gastos innecesarios, y reduciendo costos de reposición.

Debido a la importancia y al uso diario, que tienen los sistemas de transporte terrestre se hace necesario tener un sistema que permita cuantificar los daños, que se producen a través del tiempo o por el incremento de las cargas aplicadas a estos pavimentos.

La implementación de métodos que permitan generar un sistema de mantenimiento y reparación de pavimentos permitirá alargar la vida útil de estos; es de suma importancia, pues este hará que el usuario tenga comodidad y seguridad al conducir.

Es así que se debe realizar una evaluación de la condición del estado de los pavimentos existentes, el cual se realizará en base al “Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos” (ASTM D6433-03) o mejor conocido como “Método PCI” (Pavement Condition Index), determinando la clase, severidad y magnitud de las fallas encontradas.

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

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

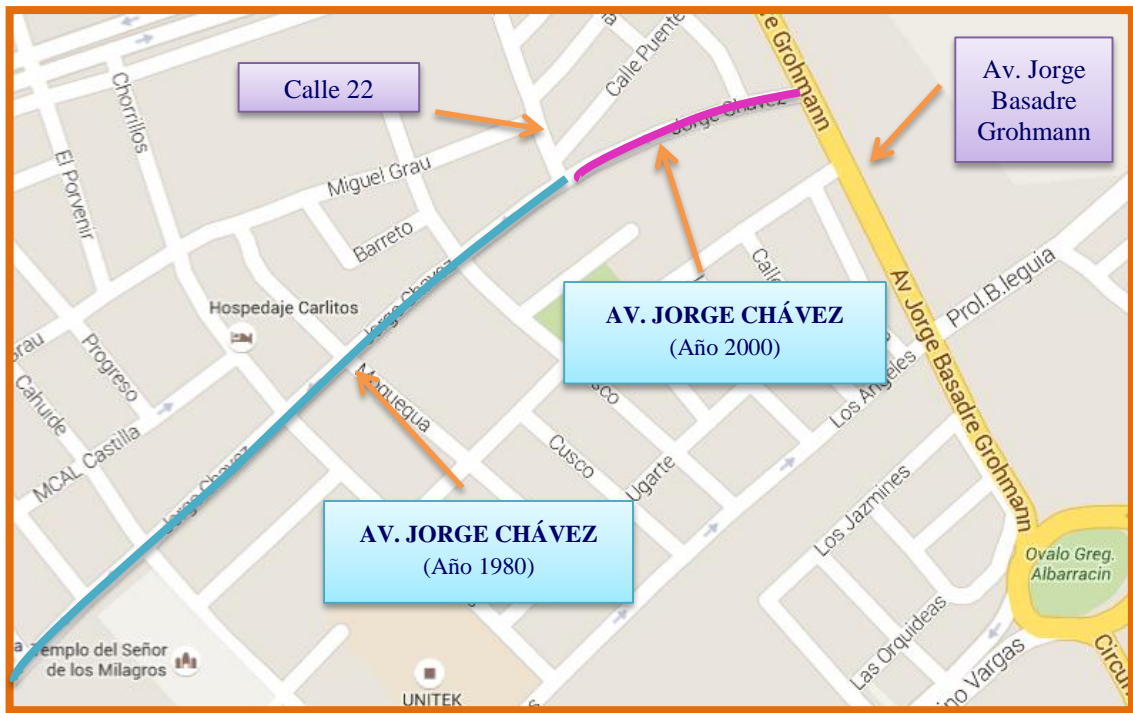
La Av. Jorge Chávez empieza en la Av. Jorge Basadre Grohmann (Este) (Figura 1) y termina en la Av. Basadre y Forero (Figura 2), la cual

pertenece al Distrito de Pocollay de la ciudad de Tacna. No se ha encontrado expediente alguno sobre la pavimentación ni mantenimiento del mismo ya que anteriormente la municipalidad de Pocollay no estaba incorporada al SNIP y sólo hasta el 2005 esta fue incorporada normativamente.

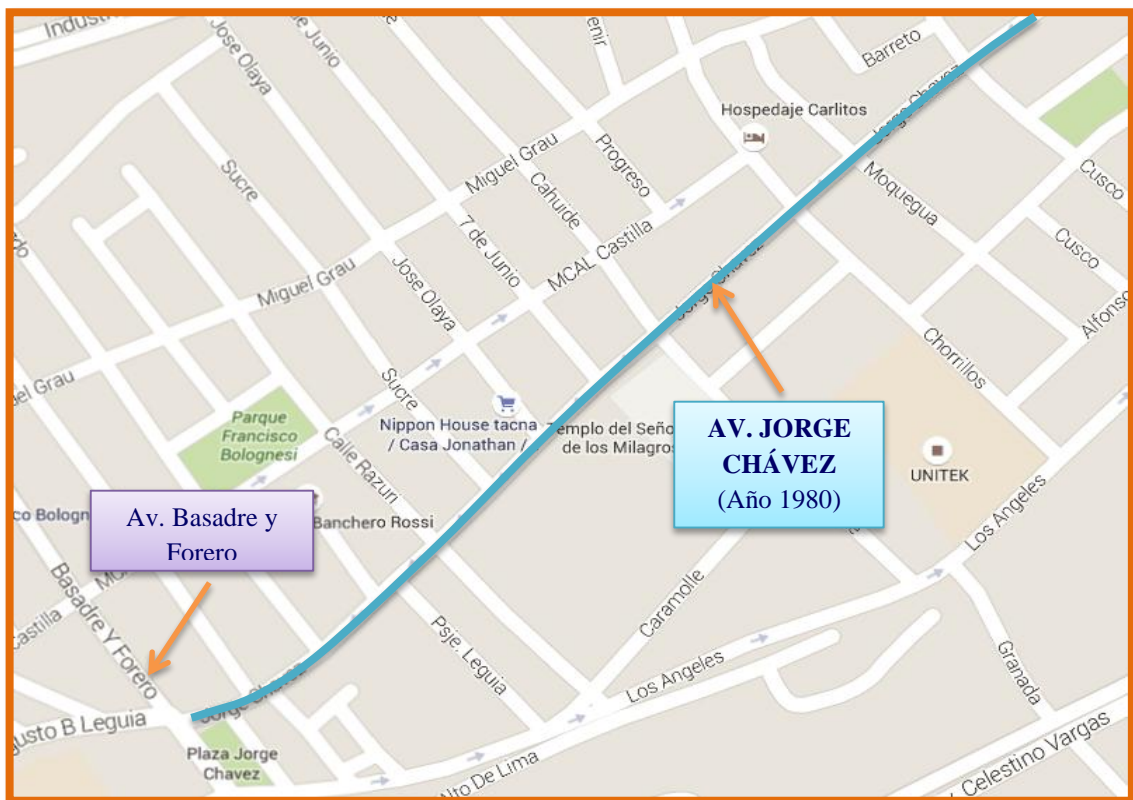
Sin embargo, se sabe por parte de los habitantes del centro poblado Francisco Bolognesi que la avenida tiene ya alrededor de 40 años ya que fue pavimentada llegando al año 1980, pero solo desde la calle 22 hasta la Av. Basadre y Forero (Figura 1 y 2). El otro tramo que comprende de dos cuadras desde la Av. Jorge Basadre hasta la calle 22 (Figura 2), seguía siendo chacra y recién hasta el año 2000 que pavimentaron ese tramo. Hasta ese momento estas dos cuadras que aún se encontraban como chacras, era refugio para personas de mal vivir ya que cerca de este tramo se encontraban locales nocturnos donde libaban licor. Posterior a la pavimentación de esa trocha, los vecinos aseguran que poco a poco se fueron retirando esta clase de personas. Y a su vez las rutas que en la actualidad pasan por esa avenida, antes bajaban por la calle Puente Amao (que es paralela a la Av. Jorge Chávez), empalmando a la altura de la calle 22 al resto de la avenida Jorge Chávez, lo cual para los transportistas les dificultaba su libre tránsito ya que era una calle angosta donde algunas veces se encontraban carros estacionados que disminuían la vía libre para el paso de los vehículos.

Es así que la ejecución de este pavimento tuvo un impacto profundo para la mejora del centro poblado, así como de los usuarios de la zona.

Para entender mejor lo antes mencionado, se puede observar la vía en los siguientes gráficos:



**Figura 1: Inicio de la Av. Jorge Chávez (En Jorge Basadre Grohmann)**



**Figura 2: Término de la Av. Jorge Chávez (En Av. Basadre y Forero)**



Por medios locales se informó también que en el año 2009 la obra de mejoramiento de la avenida Jorge Chávez llevaba un año de retraso. "Esta obra debió iniciarse en julio del año pasado, pero hasta el momento no han empezado", señaló el vigente alcalde del centro poblado Francisco Bolognesi, Germán Carrasco Rodríguez.

El presupuesto de la obra de mejoramiento de la avenida Jorge Chávez asciende a 632 mil 450,54 nuevos soles, considerando el asfaltado de pistas, bermas y arborización de la avenida. En julio del 2008 se iba a dar inicio a la obra, pero la ejecución fue postergada porque se encontró deficiencias con las tuberías de desagüe y agua en dicha avenida.

Y fue que recién en el año 2015 la renovación de las redes de agua y desagüe se efectuó en la Av. Jorge Chávez.

Los trabajos ejecutados, afectaron a la comodidad que el usuario requiere para transitar a la velocidad del proyecto, lo que a su vez afectó a la seguridad y la estética de la avenida. Esto hizo aumentar el desconfort y la incomodidad de transitar en la avenida Jorge Chávez, por los usuarios del centro poblado ya que para transitar con sus vehículos gastan mayor combustible además que muchas rutas y colectivos transitan por la avenida haciendo que el desgaste sea mayor a través del tiempo.



***Figura 3: Desgaste de la Avenida Jorge Chávez.***

*Mayor desgaste de la Av. Jorge Chávez a comparación de la Av. Jorge Basadre Grohmann  
(Este).*



***Figura 4: Vehículos que transitan en la Avenida***

*Rutas como la 55, 16, 30B, 7, entre otras, transitan a diario así como los servicios de taxi y  
vehículos particulares.*



***Figura 5: Desprendimiento de agregados***

*Se observa que la capa de rodadura está muy desgastada y que hay aparente desprendimiento de los agregados.*



***Figura 6: Parcheo de Agua Y Desagüe***

*Se puede apreciar el parcheo de las zonas afectadas por la renovación de Agua y desagüe en la Av. Jorge Chávez.*

La presente investigación se justifica en la necesidad de conocer las patologías que tienen las estructuras del pavimento flexible en la Av. Jorge Chávez del Distrito de Pocollay, en función a sus deficiencias, considerando que este pavimento tiene una antigüedad mayor a la de 20 años y que la superficie del pavimento se encuentra en un estado deteriorado, además que el tránsito de vehículos aumentó notablemente desde la época en la cual fue diseñada.

El PCI, nos permite determinar el tipo de patologías del pavimento que existen, a través del grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento, el cual permitirá la toma de decisiones en su rehabilitación o reconstrucción por parte de la Municipalidad Distrital de Pocollay.

#### **1.4 LIMITACIONES**

Entre las limitaciones podemos señalar la falta de información por parte de la municipalidad distrital de Pocollay por no estar incorporados al SNIP hasta el año 2005 en el que fue incorporada normativamente junto con la municipalidad provincial de Jorge Basadre y las municipalidades distritales de Ite, Gregorio Albarracín, Alto de la Alianza y Ciudad Nueva.

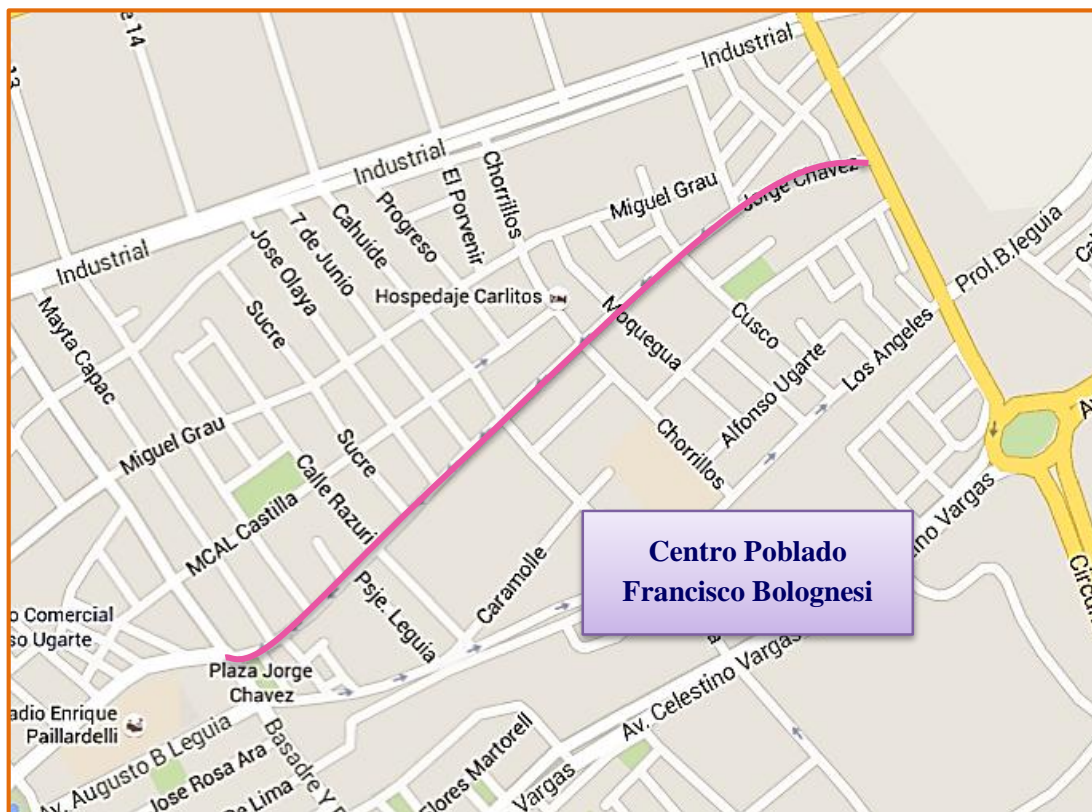
Otra limitación está referida a que no se tuvo acceso a información detallada sobre el expediente técnico de las vías por no encontrarlo en la municipalidad distrital de Pocollay ni en la municipalidad provincial de Tacna.



También se limita a los horarios en la que la vía en estudio presente tránsito bajo para realizar las actividades inherentes a la toma de datos y fotografías evitando incidentes o accidentes.

## 1.5 CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN

El campo de la investigación está referido al Centro Poblado Francisco Bolognesi del Distrito de Pocollay en la ciudad de Tacna.



*Figura 7: Centro Poblado Francisco Bolognesi*

## **CAPÍTULO II: MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA ZONA DE INVESTIGACIÓN**

### **2.1 GENERALIDADES**

El desarrollo del proyecto tiene como finalidad conocer el estado de conservación de la avenida Jorge Chávez, el cual es una vía pública que es transitada comúnmente por servicios de colectivos y particulares, para poder realizar la respectiva rehabilitación o el mantenimiento preventivo, asegurando la comodidad y seguridad de la población y usuarios de esta vía.

La primera etapa de la presente tesis “EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO, UTILIZANDO EL MÉTODO PCI, EN LA AV. JORGE CHÁVEZ DEL DISTRITO DE POCOLLAY EN EL AÑO 2016” se inicia con el reconocimiento de la zona de estudio, identificando el estado de dicho pavimento en función al criterio del inspector, posterior a esto se realizará la evaluación del mismo mediante el método PCI, el cual incluye planos en planta, división de las unidades de muestra, selección de las unidades a inspeccionar, obtención del Índice de condición de pavimentos, y finalmente conclusiones respecto a nuestra investigación.

### **2.2 ANTECEDENTES**

La avenida anteriormente contaba con la respectiva señalización, hasta hace un par de años que el desgaste y las obras como renovación de red de

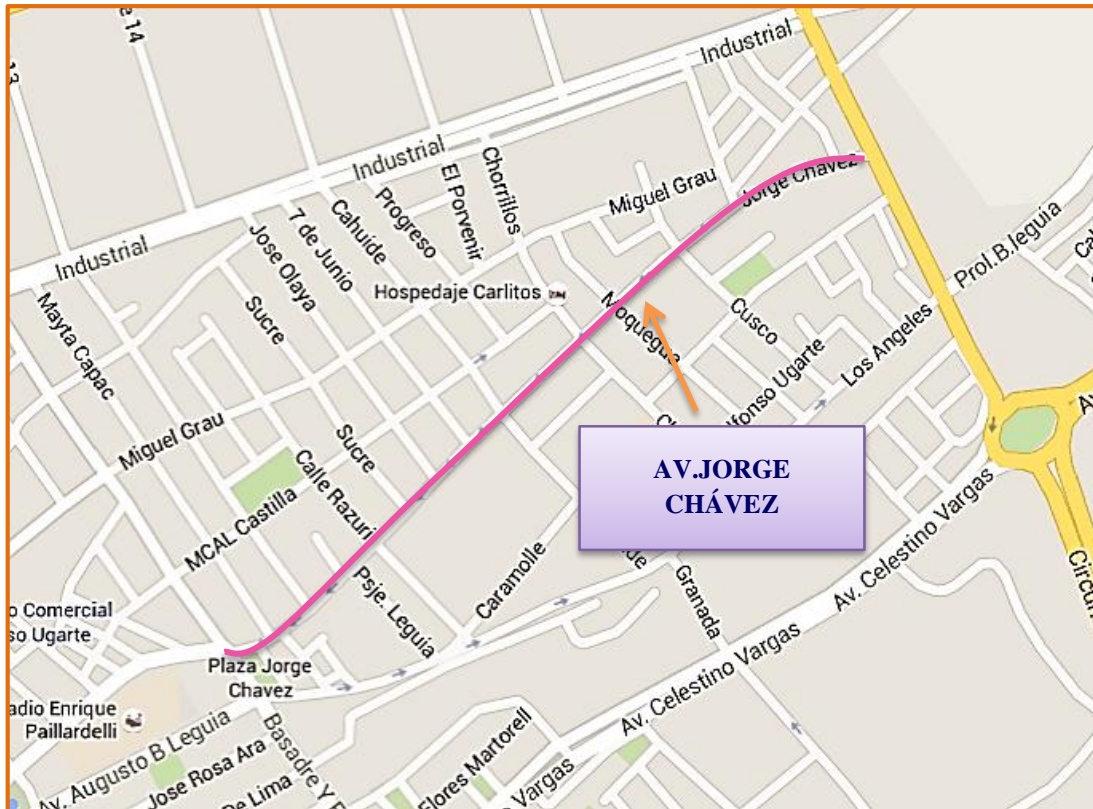
agua y alcantarillado, hicieron que las señales horizontales se borrarán en una gran magnitud.

No se puede determinar el espesor inicial de la capa de rodadura de asfalto, ya que como sabemos no se cuenta con un expediente técnico sobre la construcción de dicho pavimento. Mas podemos rescatar que toda la avenida se ejecutó en dos tramos, e identificamos así dos secciones, la sección N°1 (Figura 1) que fue realizada en el año 2000 y la sección N°2 (Figura 2) que fue construida en el año 1980.

### **2.3 UBICACIÓN**

La Avenida Jorge Chávez se encuentra ubicada en la ciudad y provincia de Tacna, en el sector este de la ciudad.

Esta avenida tiene el sentido de circulación vehicular de este a oeste desde la Av. Jorge Basadre Grohoman (ex - circunvalación este) hasta la altura de la Avenida Basadre y Forero (Figura 8).



*Figura 8: Ubicación de la Av. Jorge Chávez*

La zona de trabajo se encuentra ubicada en:

UBICACIÓN : Av. Jorge Chávez

DISTRITO : Pocollay

PROVINCIA : Tacna

DEPARTAMENTO : Tacna

La zona de trabajo tiene como linderos:

NORTE : Predios del C.P. Francisco Bolognesi

SUR : Predios del C.P. Francisco Bolognesi



ESTE : Av. Jorge Basadre Grohoman (circunvalación este)

OESTE : Av. Basadre y Forero

## 2.4 ÁREA Y PERÍMETRO

Tiene una longitud de 1 066.90 metros con una pequeña curva en el cual se da el cambio de sección. En cuanto al ancho de la calzada es variable, ya que cada carril mide aproximadamente 3.65 metros, y el ancho de cada berma es cambiante a lo largo de la vía.



*Figura 9: Ancho de Vía*

## 2.5 DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN

La avenida tiene un ancho de 7.30 metros, la cual tiene dos carriles con un ancho de 3.65 cada uno metros y dividida inicialmente por su línea en el

centro la cual se ha ido borrando con el desgaste, las obras realizadas y el pasar del tiempo.



***Figura 10: Señales Horizontales en la Vía -A***

*Imágenes sacadas de la página de google earth, es por eso que se sabe que hace poco aún existía rastros de las señales horizontales*

A la altura de la intersección de la calle Cahuide, en lo ancho de ambos carriles, se encuentra un reductor de velocidad tipo resalto (Figura 11) justo antes de llegar a la parroquia del Señor de los Milagros. Y a su vez, siguiendo por la trayectoria de la avenida, encontramos el segundo reductor de velocidad situado entre la calle sucre y José Olaya (Figura 12).



*Figura 11: Primer Reductor de Velocidad Tipo Resalto*



*Figura 12: Segundo Reductor de Velocidad Tipo Resalto*

### **CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO**

“El pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la sub-rasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos, y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito”<sup>2</sup>.

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la sub rasante de la vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de restringir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento”.



***Figura 13: Vía de circulación o Carretera***

---

<sup>2</sup> MTC. (Abril 2014). "Manual de Carreteras" (Sección Suelos y Pavimentos). Lima: MTC

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aún en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas. Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías, además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos. La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

### **3.1 TIPOS DE PAVIMENTOS**

#### **A) Pavimentos Flexibles**

Los pavimentos Flexibles están formados por cemento asfáltico, que es un material cementante de color café oscuro o negro, de consistencia

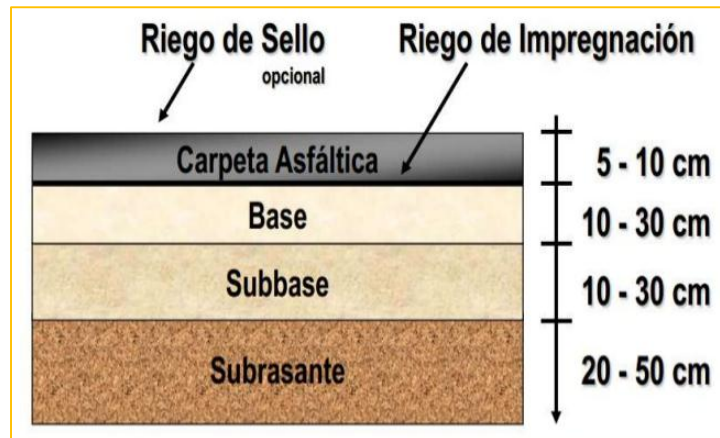
sólida o semisólida en que sus principales constituyentes son betunes o mezclas de hidrocarburos, que se presentan en la naturaleza como tales o se obtienen en la refinación del petróleo. Se dice que el asfalto es un material bituminoso ya que contiene bitumen, es decir, un hidrocarburo soluble en disulfuro de carbono (THE ASPHALT INSTITUTE, 2000).

Cuando se están efectuando las operaciones constructivas es necesario licuar temporalmente el cemento asfáltico, pero luego que ha sido colocado, retorna a sus condiciones naturales de cementante y agente impermeable que hacen estable y durable un pavimento. Cuando el asfalto se aplica en el pavimento se requiere que este en forma líquida al momento de ser mezclado, este proceso se realiza mediante tres métodos:

- ✓ Mediante Temperatura.
- ✓ Por disolución del Asfalto en solventes derivados del Petróleo.
- ✓ Por Emulsificación del Asfalto con Agua.

Ante todo se debe conocer que los pavimentos flexibles son aquellos que tienden a deformarse y recuperarse después de sufrir deformación, transmitiendo la carga en forma lateral al suelo a través de sus capas. Está compuesto por una delgada capa de mezclas asfálticas, colocada sobre capas de base y sub-base, generalmente granulares.



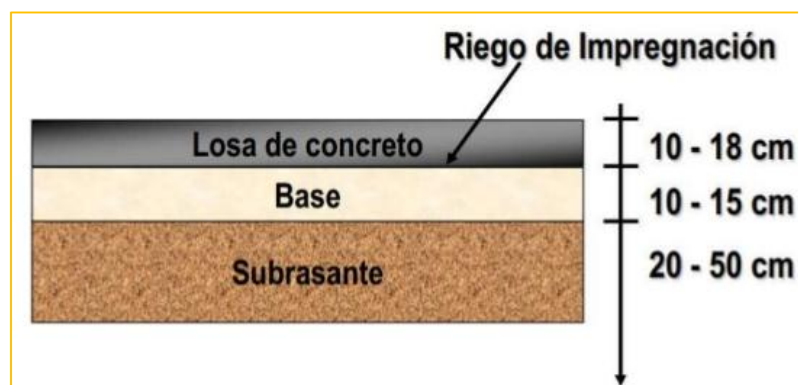


*Figura 14: Sección Transversal de un Pavimento Flexible*

## B) Pavimentos Rígidos

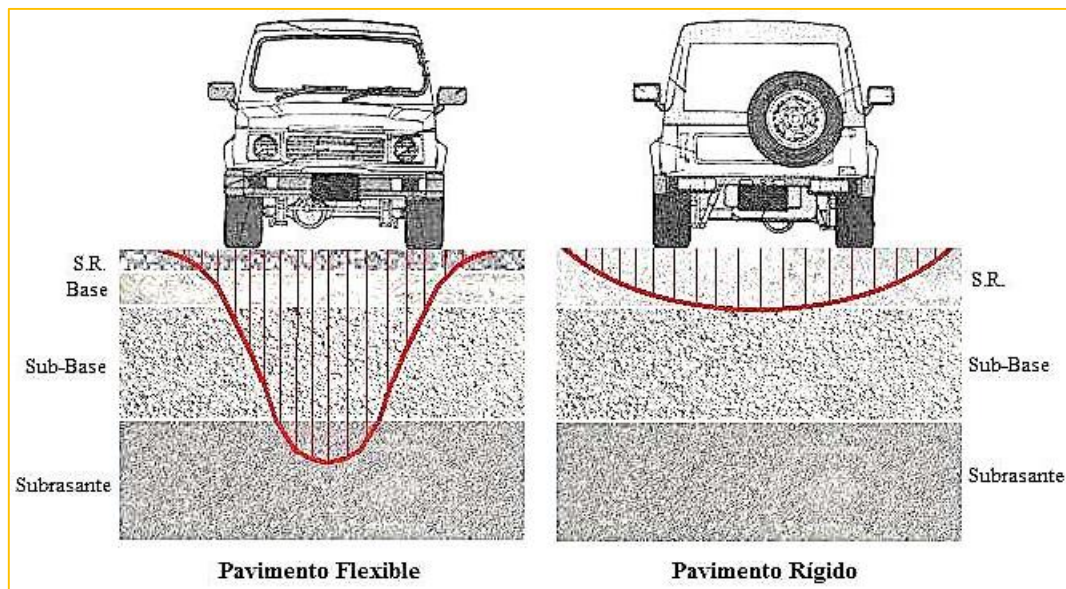
Pavimento rígido es el que se ejecuta teniendo como material fundamental el hormigón, bien sea en la base o en toda su estructura. Estos pavimentos se clasifican de acuerdo al tipo de hormigón que se emplee.

Está formado de una losa de cemento Portland, sobre una base, sub base o directamente sobre la sub rasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo de forma minimizada y es auto resistente



*Figura 15: Sección Transversal de un Pavimento Rígido*

En función a lo señalado anteriormente; se puede señalar que en el pavimento rígido, el concreto absorbe gran parte de los esfuerzos que las ruedas de los vehículos ejercen sobre el pavimento, mientras que en el pavimento flexible este esfuerzo es transmitido hacia las capas inferiores (Base, Sub-base y Sub-rasante).



*Figura 16: Esquema del Comportamiento de Pavimentos Flexibles y Rígidos*

### C) Pavimentos Semirrígidos

El pavimento semirrígido es una estructura de pavimento compuesta básicamente por capas asfálticas con un espesor total bituminoso (carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con asfalto); también se considera



como pavimento semirrígido la estructura compuesta por carpeta asfáltica sobre base tratada con cemento o sobre base tratada con cal. Dentro del tipo de pavimento semirrígido se ha incluido los pavimentos adoquinados.

El asfalto es el material que cubre la mayor parte de nuestras calles y carreteras. El asfalto en sí mismo es una sustancia pegajosa de color negro y con alta viscosidad que está presente en la fracción pesada el petróleo crudo y en otros depósitos naturales. El asfalto está compuesto casi al completo por betún, una sustancia compuesta por hidrocarburos aromáticos policíclicos. Se puede obtener de rocas bituminosas naturales pero, por ser más rentable, en su mayoría se obtiene del alquitrán que se produce como subproducto en la destilación del petróleo.

Las mezclas de betún con otros materiales se conocen como mezclas bituminosas, entre ellas el hormigón asfáltico (del inglés asphalt concrete) o mezcla asfáltica, una mezcla de asfalto con materiales minerales de diferentes tamaños (grava, áridos) que es lo que en realidad se utiliza como pavimento.

### **3.2 TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES:**

Existen diferentes tipos de hormigones o mezclas asfálticas siendo las más utilizadas las mezclas en caliente y el mástico.

### **3.2.1 Mezcla de hormigón asfáltico en caliente**

La mezcla de alquitrán y grava se realiza a 150 °C. La alta temperatura hace que la viscosidad disminuya, lo que facilita el proceso de mezcla a la vez que elimina la humedad del asfalto, lo que hace que se obtenga un material final más resistente. Este tipo de asfalto es normalmente utilizado en vías de mucho tráfico y aeropuertos.

### **3.2.2 Hormigón asfáltico templado**

Este asfalto es similar al anterior pero se añaden zeolitas, ceras o emulsiones asfálticas que facilitan la mezcla a una temperatura menor. Este proceso es mucho más respetuoso con el medio ambiente y con los trabajadores pues requiere un menor consumo de carburantes y produce muchos menos gases.

### **3.2.3 Hormigón asfáltico frío**

La mezcla de hormigón asfáltico en frío se realiza emulsionando el alquitrán en agua antes de mezclarlo con los agregados; se elimina la necesidad de calentar pero se obtiene un asfalto de menor durabilidad y resistencia que sólo se emplea para pavimentos poco transitados o para arreglar pequeños desperfectos en pavimentos estropeados.

### **3.2.4 Hormigón asfáltico cut-back**

Este tipo de hormigón asfáltico se produce disolviendo el alquitrán en queroseno u otro disolvente que disminuya la viscosidad y fricción mientras el asfalto es mezclado y compactado. El queroseno se evaporará luego por sí sólo dejando endurecer la mezcla. El queroseno es muy contaminante y esta es una opción a la que sólo se suele recurrir cuándo no es posible ninguna otra alternativa o dónde no es viable el uso de maquinaria pesada.

### **3.2.5 Hormigón asfáltico mástico**

Este tipo es el que mayor proporción de alquitrán lleva, del 7-10% de la mezcla. Aunque se puede utilizar para pavimentos de caminos y carreteras, el uso más común es en impermeabilización de techos y paredes (la conocida como malla o pintura asfáltica). El hormigón asfáltico natural es una alternativa cada vez más popular para su uso en los hogares; se obtiene de rocas bituminosas que están naturalmente impregnadas de betún. Este tipo de rocas se pueden encontrar en muy pocos lugares del mundo.

## **3.3 SERVICIABILIDAD DE PAVIMENTOS**

La serviciabilidad se usa como una medida del comportamiento del pavimento, la misma que se relaciona con la seguridad y comodidad que puede brindar al usuario (comportamiento funcional), cuando éste circula por la vialidad.

También se relaciona con las características físicas que puede presentar el pavimento como grietas, fallas, peladuras, etc, que podrían afectar la capacidad de soporte de la estructura (comportamiento estructural).

El concepto de serviciabilidad está basado en cinco aspectos fundamentales resumidos como sigue:

- 1) Las carreteras están hechas para el confort y conveniencia del público usuario.
- 2) El confort, o calidad de la transitabilidad, es materia de una respuesta subjetiva de la opinión del usuario.
- 3) La serviciabilidad puede ser expresada por medio de la calificación hecha por los usuarios de la carretera y se denomina la calificación de la serviciabilidad.
- 4) Existen características físicas de un pavimento que pueden ser medidas objetivamente y que pueden relacionarse a las evaluaciones subjetivas. Este procedimiento produce un índice de serviciabilidad objetivo.
- 5) El comportamiento puede representarse por la historia de la serviciabilidad del pavimento.

Cuando el conductor circula por primera vez o en repetidas ocasiones sobre una vialidad, experimenta la sensación de seguridad o inseguridad dependiendo de lo que ve y del grado de dificultad para controlar el vehículo. El principal factor asociado a la seguridad y comodidad del usuario es la calidad de rodamiento que depende de la regularidad o rugosidad superficial del pavimento. La valoración de este parámetro define el concepto de Índice de Serviciabilidad Presente (PSI, por sus siglas en inglés).

La serviciabilidad de los pavimentos, es la percepción que tienen los usuarios del nivel de servicio del pavimento. Es por ello que la opinión de ellos es la que debe ser medida para calificar la serviciabilidad.

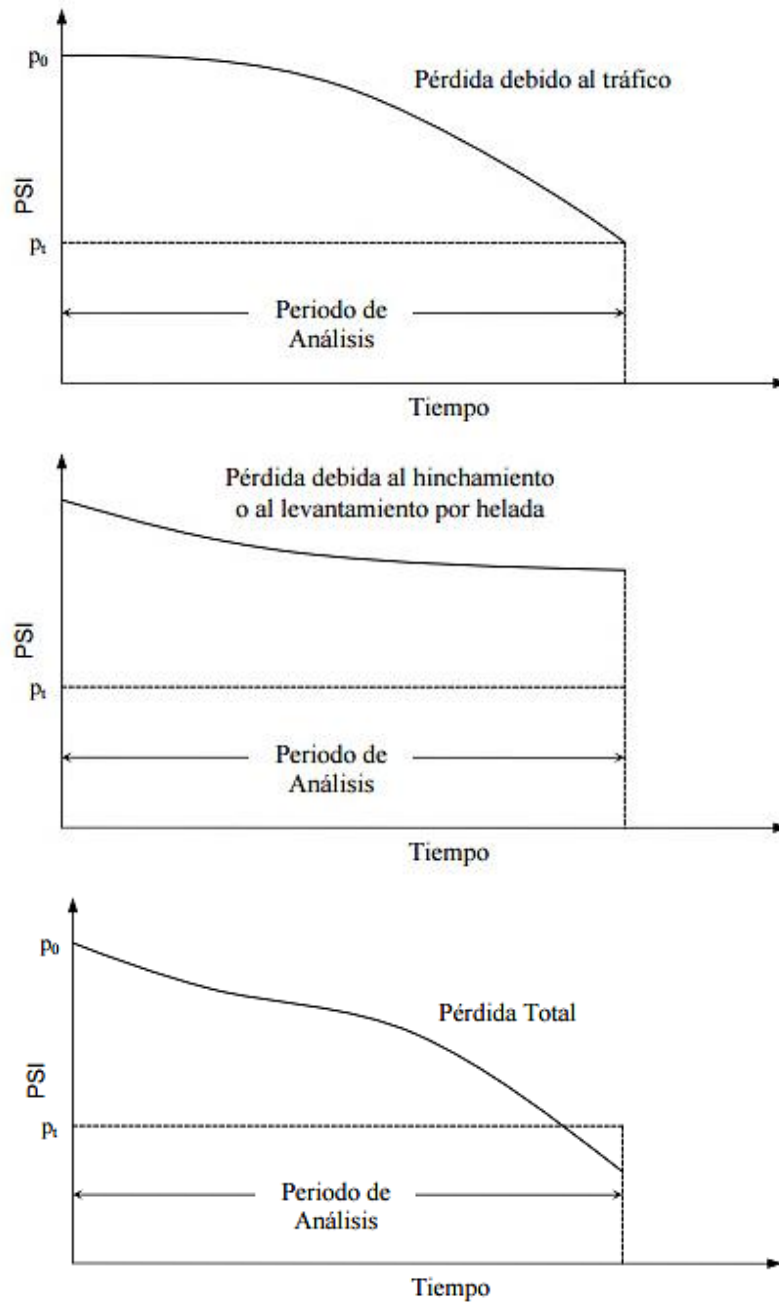
La medición de la serviciabilidad de los pavimentos, también puede ser considerada como una evaluación de la superficie, pero hay que tener presente que esta no es una evaluación completa.

La serviciabilidad de los pavimentos ha sido representada en un índice, derivado de los resultados de la prueba AASHO, en la cual se realiza la evaluación mediante una escala que varía de 0 a 5, siendo 5 el valor para pavimentos con una superficie perfecta y 0 para un pavimento con una superficie en malas condiciones. En la siguiente tabla se presenta la escala de calificación de la serviciabilidad según la norma AASHTO:

***Tabla 1: Índice de Serviciabilidad de Pavimento***

<b>Índice de Serviciabilidad (PSI)</b>	<b>Calificación</b>
<b>5 – 4</b>	Muy buena
<b>4 – 3</b>	Buena
<b>3 – 2</b>	Regular
<b>2 – 1</b>	Mala
<b>1 – 0</b>	Muy Mala

*Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993*



(Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1993")

**Figura 17: Tendencia en el Comportamiento de Los Pavimentos Según el PSI**

### 3.4 ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS (PCI – PAVEMENT CONDITION INDEX)

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

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

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado (*Tabla 2*).

**Tabla 2: Rangos de Calificación del 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: Pavement management for Airports, roads and parking lots M.Y. Shahin*

*1994*

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD que cada daño presenta. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

### **3.5 ENSAYO DE VIGA BENKELMAN PARA MEDIR DEFLEXIONES:**

Las deflexiones producidas en la superficie de un pavimento flexible, por acción de cargas vehiculares, pueden ser determinadas haciendo uso de deflectómetros tales como el denominado “Viga Benkelman”. Este, es una



medida para determinar la capacidad estructural y la deformabilidad del pavimento mediante un ensayo no destructivo

Llamado así en honor a Daniel Benkelman, quien la desarrolló en el año 1952 como parte de ensayos viales de la WASHO (WASHO Road Test). Desde entonces su uso se ha difundido ampliamente en proyectos de evaluación estructural de pavimentos flexibles, tanto por su practicidad como por la naturaleza directa y objetiva de los resultados que proporciona.

La Viga Benkelman, es un equipo que sirve para medir deflexiones con carga cuasi estática de lenta aplicación.

La utilización de la Viga Benkelman sirve básicamente a la determinación:

- Determinar la vida útil remanente de un pavimento.
- Evaluar estructuralmente pavimentos, analizando todas las condiciones localizadas, como drenaje, calidad de los materiales, espesores de diseño anteriores etc.
- Evaluar los métodos de diseño de pavimentos y control de ejecución de obras.
- Determinar la condición de un pavimento con miras a su conservación.
- En determinadas regiones, seleccionar la carga por rueda permitida en periodos críticos (generalmente deshielo).

## **CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS**

Los pavimentos son estructuras diseñadas para entregar al usuario seguridad y comodidad al conducir, esto significa que el camino debe entregar un nivel de servicio acorde a la demanda solicitada.

La evaluación de pavimentos consiste en un informe, en el cual se presenta el estado en el que se halla la superficie del mismo, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de reparación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil de los pavimentos, es así, que es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre.

### **4.1 IMPORTANCIA EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS**

La evaluación de pavimentos es importante, pues permitirá conocer a tiempo los deterioros presentes en la superficie, y de esta manera realizar las correcciones, consiguiendo con ello brindar al usuario una serviciabilidad óptima.

Con la realización de una evaluación periódica del pavimento se podrá predecir el nivel de vida de una red o un proyecto.

La evaluación de pavimentos, también permitirá optimizar los costos de rehabilitación, pues si se trata un deterioro de forma temprana se prolonga su vida de servicio ahorrando de esta manera gastos mayores.

## 4.2 OBJETIVIDAD EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

La objetividad en la evaluación de pavimentos juega un papel primordial, pues se necesita personas verdaderamente capacitadas para que realicen las evaluaciones, de no ser así, dichas pruebas pueden perder credibilidad con el tiempo y no podrán ser comparadas, además, es importante que se escoja un modelo de evaluación que se encuentre estandarizado para poder decir que se ha realizado una evaluación verdaderamente objetiva.

No siempre se pueden obtener mediciones o índices que cumplan con la condición para comparar dos proyectos debido al sesgo intrínseco de la toma de decisiones, produciéndose una desviación entre la realidad y lo expresado por las muestras. La desviación que ocurre puede deberse a dos causas principales.

- a. Variabilidad de las unidades*, debido a que las unidades son la base para los análisis que se realizaran.
- b. Diversidad de la respuesta dentro de cada unidad*, esto porque se relaciona a la fiabilidad de la eventual rehabilitación.

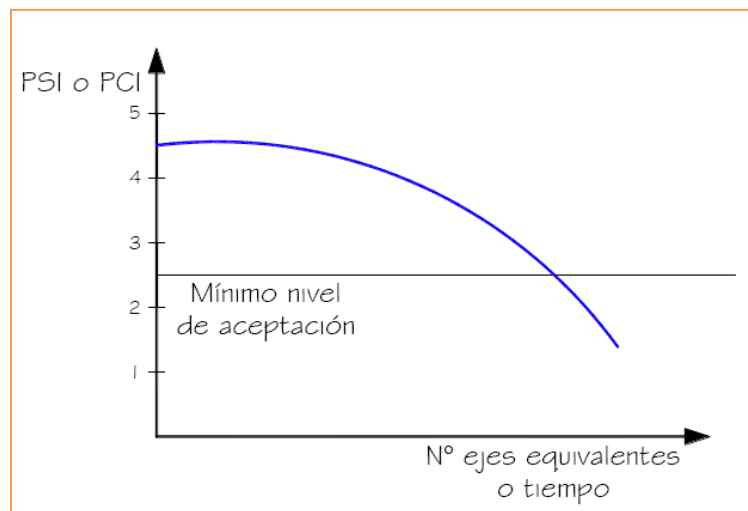
## 4.3 CURVA DE COMPORTAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS

La curva de comportamiento de los pavimentos es la representación histórica de la calidad del pavimento.

Para analizar el comportamiento funcional del pavimento se necesita información de calidad de rodadura durante el periodo de estudio y de

los datos históricos del tránsito que se han solicitado al pavimento durante ese periodo.

Con la ayuda del índice de serviciabilidad o el índice de condición de un pavimento versus el tiempo o el número de ejes equivalentes, se puede graficar la degradación del pavimento, consiguiendo de esta manera visualizar el tiempo en el que un pavimento necesitará una rehabilitación, consiguiendo con esto incrementar la vida útil del pavimento.



**Figura 18: “Curva de comportamiento de un Pavimento Según el PCI”**

En la figura, se representa el comportamiento de un pavimento en función del tiempo o del número de ejes equivalentes al cual está expuesto; mediante esta representación se podrá adoptar medidas adecuadas, las cuales permitan aumentar la vida útil de un pavimento.

#### 4.4 TIPOS DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

Existen diversos métodos de evaluación de pavimentos, que son aplicables a calles y carreteras, entre los aplicables al presente estudio están:

a) VIZIR

Es un índice que representa la degradación superficial de un pavimento, representando una condición global que permitirá tomar algunas medidas de mantenimiento y rehabilitación.

Este índice ha sido desarrollado por el Laboratoire Central des Ponts et Chaussées – France o por sus siglas en inglés LCPC.

El sistema VIZIR, es un sistema de simple comprensión y aplicación que establece una distinción clara entre las fallas estructurales y las fallas funcionales y que ha sido adoptado en países en vía de desarrollo y en especial en zonas tropicales.

b) FHWA / OH99 / 004

Este índice presenta una alta claridad conceptual y es de sencilla aplicación, pondera los factores dando mayor énfasis a ciertos deterioros que son muy abundantes o importantes en regiones donde hay estaciones muy marcadas pero no en áreas tropicales.

c) ASTM D 6433-99

El procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos, también conocido como Present Condition Index, o por sus siglas PCI. Este índice sirve para representar

las degradaciones superficiales que se presentan en los pavimentos flexibles y de hormigón.

Este método constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado, por agencias como por ejemplo: el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, el APWA (American Public Work Association).

## **CAPÍTULO V: MÉTODO DEL PCI (INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS)**

### **5.1 MÉTODO DEL PCI:**

El método del PCI fue desarrollado entre los años 1974 y 1976 a cargo del Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los E.E.U.U<sup>3</sup>. con el fin de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles.

Este método establece el modo más completo, de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas para la evaluación y calificación objetiva de los pavimentos.

El método de evaluación de pavimento PCI (Pavement Condition Index), fue desarrollado por M.Y. Shahin y S.D. Khon y publicado por el cuerpo de Ingenieros de la Armada de Estados Unidos en 1978.

El método P.C.I. para pavimentos de aeropuertos, carreteras y estacionamientos ha sido ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado, por diversas agencias como por ejemplo: la Federal Aviation Administration (FAA 1982), el U.S. Department of Defence (U.S. Air Force 1981 y U.S Army 1982), la American Public Work Association (APWA 1984), etc. Además, ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación (ASTM D6433).

---

<sup>3</sup> (1996 - 2016). E.E.U.U.: ASTM International.  
<http://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D6433-03.htm>

En 1982 la Federal Aviation Administration FAA, a través de su Circular AC 150/5380-6 de 03/12/1982, denominada “Guidelines and Procedures for Maintenance for Airport Pavement”<sup>4</sup>, recomendó este método, teniendo amplio uso en los aeropuertos de EE UU.

El método del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla presente. Dada la gran cantidad de combinaciones posibles, el método introduce un factor de ponderación, llamado “valor deducido”, para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad.

## **5.2 INDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS (PCI):**

Como ya se ha mencionado, el PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en excelentes condiciones. Existiendo rangos del PCI los cuales tienen su correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento tal como se muestra en la tabla 2 (Rangos de Calificación del PCI).

Este índice numérico, fue desarrollado para obtener el valor de la irregularidad de la superficie del pavimento y la condición operacional de este.

---

<sup>4</sup> U.S. Department of Transportation (1992). Airports. E.E.U.U.: Federal Aviation Administration. [https://www.faa.gov/airports/resources/advisory\\_circulars/index.cfm/go/document.current/documentNumber/150\\_5380-6](https://www.faa.gov/airports/resources/advisory_circulars/index.cfm/go/document.current/documentNumber/150_5380-6)



El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un análisis visual de la condición de pavimento en el cual se establecen su tipo, severidad y cantidad que presenta cada daño.

### **5.3 FACTORES PARA LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE UN PAVIMENTO**

El procedimiento para la evaluación de un pavimento comprende: una etapa de trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta su clase, severidad y extensión de cada uno de ellos y una segunda fase que será el cálculo.

Para la evaluación de pavimentos según el PCI, la clase, está relacionada con el tipo de degradación que se presenta en la superficie de un pavimento entre las que tenemos piel de cocodrilo, exudación, agrietamiento en bloque, abultamientos, entre otros, cada uno de ellos se describe en el capítulo VII (Fallas de los pavimentos) subtítulo 6.2 (Fallas consideradas en los pavimentos flexibles según el método PCI).

La severidad, representa la criticidad del deterioro en términos de su progresión; entre más severo sea el daño, más importantes deberán ser las medidas para su corrección. De esta manera, se deberá valorar la calidad del viaje, ósea, la percepción que tiene el usuario al transitar en un vehículo a velocidad normal; es así que se describe una guía general de ayuda para establecer el grado de severidad de la calidad de tránsito:

- 1) BAJO: Las vibraciones o saltos en el vehículo se sienten, pero no es necesario reducir la velocidad por razones de seguridad y/o confort. Los abultamientos y hundimientos individuales causan un ligero rebote del vehículo pero no provoca incomodidad.
- 2) MEDIO: Se producen vibraciones o salto significativos, que hacen necesario reducir la velocidad por seguridad y/o confort. Saltos individuales o continuos que producen molestias.
- 3) ALTO: Excesivas vibraciones que hacen reducir considerablemente la velocidad por razones de comodidad y seguridad. Saltos individuales que producen gran molestia y peligro o daño severo vehicular.

La calidad del tránsito se determina recorriendo la sección de un pavimento en un automóvil de tamaño estándar a la velocidad especificada por el límite legal. Las secciones del pavimento cercanas a las señales de detención deben calificarse a la velocidad de desaceleración normal de aproximación a la señal.

El último factor que se debe considerar para calificar un pavimento es la extensión, que se refiere al área o longitud que se encuentra afectada por cada tipo de deterioro, en el caso de la evaluación de pavimentos de hormigón, la calificación de la extensión estará representada por el número de veces que se repita dicha falla en una losa o varias losas.

De acuerdo al tipo de pavimento del cual se esté realizando la evaluación, se contará con el formato adecuado en el cual se registra los datos de campo. Los formatos de evaluación se los puede encontrar en el Anexo B.

El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, un valor que cuantifique el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima.

#### **5.4 PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE UN PAVIMENTO:**

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. Las figuras son ilustrativas y en la práctica debe proveerse el espacio necesario para consignar toda la información pertinente.

Se debe establecer el Inventario de Pavimentos; es decir, los pavimentos se separan definiéndose los siguientes conceptos:

- **Red:** El conjunto de pavimentos a ser administrados (todas las calles pavimentadas es una red).
- **Rama:** Parte fácilmente identificable de la red (p. ej.: las cuadras de una calle).

- **Sección:** La menor unidad de administración con características homogéneas (p. ej.: tipo de pavimento, estructura, historia de construcción, condición actual, etc.).
- **Unidad de muestra del pavimento:** Es una subdivisión de una sección del pavimento, el tamaño varía de 230m<sup>2</sup> +/- 93m<sup>2</sup> para pavimentos flexibles.
- **Muestra al azar:** Unidad de muestra de la sección de pavimento, seleccionada para la inspección mediante técnicas de muestreo aleatorio.
- **Muestra adicional:** Aquella unidad de muestra inspeccionada adicionalmente, cuyo fin es incluir aquellas unidades de muestras no representativas. Si todas las unidad muestra son inspeccionadas entonces no existen unidades de muestras adicionales.

Una unidad de muestra es convenientemente definida por una porción de un pavimento de sección elegida solamente para la inspección del pavimento.

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

- 1) Identificar tramos o áreas en el pavimento con diferentes usos en el plano de distribución de la red, tales como caminos y estacionamientos.
- 2) Dividir cada tramo en secciones basándose en criterios como diseño del pavimento, historia de construcción, tráfico y condición del mismo.

3) Dividir las secciones establecidas del pavimento en unidades de muestra.

4) Identificar las unidades de muestras individuales a ser inspeccionadas de tal manera que permita a los inspectores, localizarlas fácilmente sobre la superficie del pavimento. Es necesario que las unidades de muestra sean fácilmente reubicables, a fin de que sea posible la verificación de la información de fallas existentes, la examinación de variaciones de la unidad de muestra con el tiempo y las inspecciones futuras de la misma unidad de muestra si fuera necesario.

5) Seleccionar las unidades de muestra a ser inspeccionadas. El número de unidades de muestra a inspeccionar puede variar de la siguiente manera: considerando todas las unidades de muestra de la sección, considerando un número de unidades de muestras que nos garantice un nivel de confiabilidad del 95% o considerando un número menor de unidades de muestra.

### **5.5.1 Determinación de unidades de muestreo**

Para el trabajo de campo la vía se debe dividir en secciones que varían de acuerdo al tipo, pero en ningún caso debe exceder el rango de  $230 \text{ m}^2 \pm 93 \text{ m}^2$  estas secciones deberán contemplar el tipo de rodadura con la que está construida la vía.

### **5.5.2 Determinación de unidades de muestreo para evaluación**

Todas las unidades de muestra de la sección pueden ser inspeccionadas para determinar el valor de PCI promedio en la sección. Este tipo

de análisis es ideal para una mejor estimación del mantenimiento y reparaciones necesarias.

Sin embargo, debido a que su trabajo en campo requiere de tiempo y recursos, no siempre es posible. Con este proceso se debe tomar un número aleatorio y representativo de unidades de muestreo con una confiabilidad del 95%.

Para obtener un valor estadísticamente adecuado, el número mínimo de unidades de muestra “n” a ser inspeccionadas en una sección dada, es calculado empleando ecuación 1 y redondeando el valor obtenido de “n” al próximo número entero mayor.

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

*Ecuación 1: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.*

**Dónde:**

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

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

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

*σ: Desviación estándar del PCI entre las unidades.*

Para la desviación estándar se asume de PCI de 10 tratándose de la primera inspección y en las siguientes se debe utilizar la desviación real tomada de la anterior inspección.

Cuando el número de unidades de muestreo sea inferior a 5, se deben tomar la totalidad de las unidades para ser evaluadas.

### 5.5.3 Selección de las unidades de muestreo para inspección

Una vez que el número de unidades de muestra a ser inspeccionadas esté definido, se debe calcular el intervalo de espaciamiento de las unidades utilizando el muestreo sistemático al azar. Las muestras deben ser igualmente espaciadas a través de toda la sección seleccionando la primera muestra al azar. El intervalo del espaciamiento “*i*” de las unidades a ser muestreadas debe ser calculado mediante la siguiente fórmula redondeando el resultado al próximo número entero menor:

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

*Ecuación 2: Intervalo de muestreo*

**Dónde:**

*N*: Número total de unidades de muestreo disponible.

*n*: Número total de unidades para evaluar.

*i*: Intervalo de muestreo, redondeado al número inferior en todo caso.

Este intervalo da además el rango para escoger al azar la primera unidad de muestreo, es decir si el intervalo = 4 quiere decir que se tiene la opción de elegir entre 1 al 4 para la primera unidad. Una vez determinada la primera unidad de manera sistemática se suma a la unidad anterior el intervalo de muestreo.

#### **5.5.4 Selección de unidades de muestreo adicionales**

Las unidades de muestra adicionales deben ser inspeccionadas sólo cuando se observan fallas no representativas. Estas unidades de muestra son escogidas por el usuario.

Cabe mencionar que un inconveniente del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. Puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio. Para evitarlo, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

#### **5.5.5 Evaluación de la condición**

A cada unidad de muestra seleccionada para la inspección, se la registra individualmente, y se le detecta el tipo, severidad y cantidad de las fallas, las cuales se deben registrar en el formato del Anexo B (Formatos de Evaluación



de Pavimentos). Y se deberá repetir este procedimiento para cada unidad de muestra a ser inspeccionada.

## 5.5 MATERIALES E INSTRUMENTOS

Para el trabajo de campo se necesitó de los implementos adecuados y suficientes para medir y registrar de forma precisa la auscultación visual, que fueron:

- **Hoja de Registro de datos:** o cualquier sistema de almacenamiento de información en campo que permitió registrar: fecha, ubicación, componente, sección, tamaño de la unidad de muestra, número y tamaño de losa, tipos de falla, grado de severidad, cantidades, y nombre del encargado de la inspección.

<b>ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI -</b>				ESQUEMA:						
<b>CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.</b>										
<b>HOJA DE REGISTRO</b>										
<b>EXPLORACION DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO</b>										
NOMBRE DE LA VIA		ABCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRA		SECCION				
EJECUTOR		ABCISA FINAL		AREA DE MUESTRA		FECHA				
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 1. Piel de Cocodrilo</li> <li>✓ 2. Exudación</li> <li>✓ 3. Fisuras en Bloque</li> <li>✓ 4. Abultamientos y hundimientos</li> <li>✓ 5. Corrugación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 6. Depresión</li> <li>✓ 7. Fisura de Borde</li> <li>✓ 8. Fisura de Reflexión de Junta</li> <li>✓ 9. Desnivel Carril/Berma</li> <li>✓ 10. Fisuras Longitudinales y transversales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 11. Parqueo</li> <li>✓ 12. Pulimiento de Agregados</li> <li>✓ 13. Huecos</li> <li>✓ 14. Cruce de Via Férrea</li> <li>✓ 15. Ahuellamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 16. Desplazamiento</li> <li>✓ 17. Grieta Parabólica</li> <li>✓ 18. Hinchamiento</li> <li>✓ 19. Desprendimiento de Agregados</li> </ul>							
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	V. D.
									Total V. D. =	

Figura 19: “Hoja de Registro del Índice de Condición Del Pavimento – PCI” - (Fuente Propia)

- **Odómetro Manual o Wincha Métrica:** Instrumento utilizado para medir distancias en calles, carreteras, caminos, otros. El cual nos ayudó para determinar las áreas de las unidades de muestra.



*Figura 20: “Wincha Métrica de 50 m” - (Fuente Propia)*



*Figura 21: “Wincha Métrica de 5 m”*

- **Regla o hilo para nivel:** solo para pavimentos asfálticos (AC), con una longitud de 1.20 m.



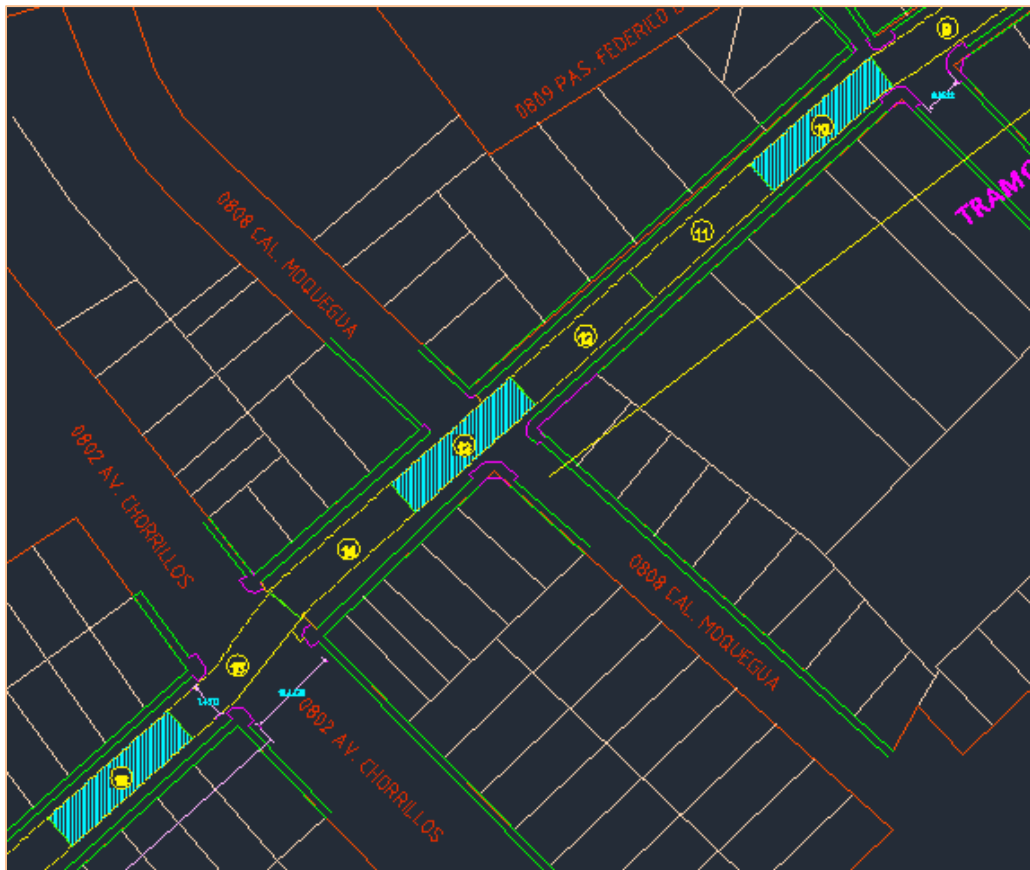
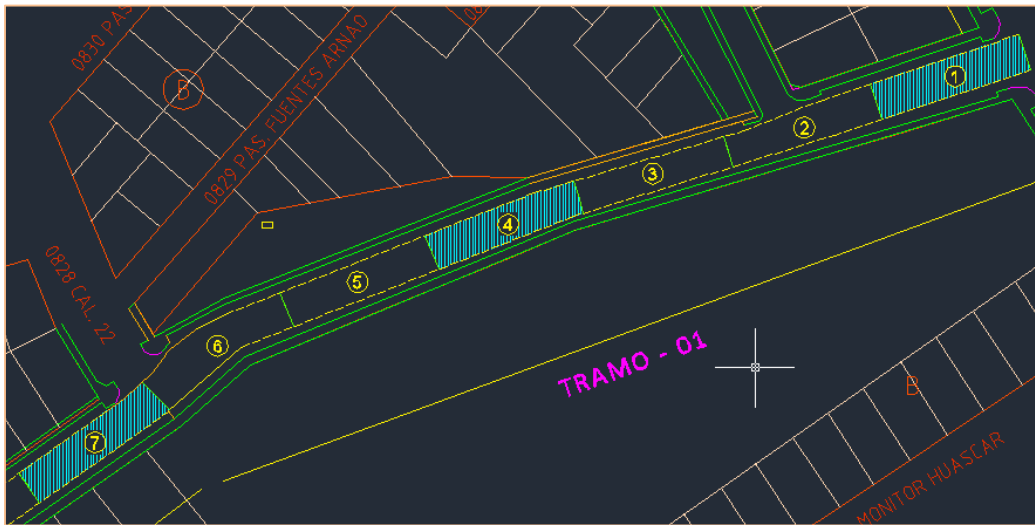
*Figura 22: “Regla para Nivel de 1.20 m” - (Fuente Propia)*

- **Regla de medición:** de 24 in. (600mm) con precisión de 1/8 in. (3mm) o mayor para medir profundidades y longitudes.



*Figura 23: “Regla de Medición de 0.60 m” - (Fuente Propia)*

- **Plano de distribución:** del pavimento que se inspeccionó y en el que se pudo identificar las calles que cruzan a lo largo de la avenida para una mejor localización. En la Figura 24 se observa las unidades de muestra a inspeccionar sombreadas de color celeste. El plano completo se encuentra en el Anexo E (Planos).



**Figura 24:** “Plano de Distribución de la Av. Jorge Chávez” - (Fuente Propia)

El tráfico fue un peligro para los inspectores ya que se debió caminar por el pavimento para realizar la inspección de sus condiciones. Las inspecciones fueron coordinadas con el personal de apoyo evitando cualquier accidente.

El personal a cargo contó con las medidas de seguridad necesarias y equipos respectivos para la protección y seguridad de las personas que ejecutaron la inspección, tales como:

- **Chalecos de Seguridad Reflectantes:** Este equipo sirve para mejorar la seguridad del personal que trabaja en obras viales, en este caso las personas que realizaron el trabajo de inspección fueron vistas por los usuarios de los vehículos, a fin de contrarrestar accidentes.



*Figura 25: “Chalecos de Seguridad Reflectantes”*

- **Conos de Seguridad Vial:** Los conos de seguridad son conos de plástico de colores brillantes usados en carreteras para avisar a los conductores de zonas en obras o accidentes. Estos conos son fáciles de poner y quitar y

representaron un elemento de seguridad para las personas que trabajaron en la inspección, ya que sirvió para indicar el desvío en el camino y delimitar el área de trabajo.



*Figura 26: “Conos de Seguridad Vial”*

## **5.6 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO DE PAVIMENTOS CON CAPA DE RODADURA ASFÁLTICA**

Culminada la inspección de campo y con la información recolectada sobre las fallas existentes, se procedió a calcular el PCI, el cual se basó en el término de “Valores Deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas. El proceso de cálculo se dividió en tres etapas, las cuales se detallan a continuación:

### **5.6.1 Etapa 1: cálculo de los valores deducidos**

Una vez realizado el procedimiento de campo, se totalizó por daño y severidad en el mismo formato, de acuerdo a su unidad de medida, luego se debe sacar el porcentaje de afectación de la muestra para cada tipo de daño de severidad baja, media o alta según sea el caso, esto se le conoce como densidad del daño.

Con estos valores porcentuales y con la ayuda de las curvas de “Valor deducido del daño” del Anexo C se logra obtener el Valor deducido (VD) para cada tipo de daño, de acuerdo a la severidad del mismo.

### **5.6.2 Etapa 2: Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos (m)**

Existen 2 casos:

- Caso 1:

Si ninguno o solo uno de los valores deducidos en la Etapa 1 son mayores a 2.0 se usa el Valor deducido Total y no el Valor deducido corregido que se describe en la Etapa 3.

- Caso 2:

De no presentarse el caso 1, se debe ordenar de mayor a menor los valores deducidos obtenidos en la Etapa 1 y determinar el “Número máximo de valores deducidos” (m) de acuerdo a la siguiente ecuación y será el nuevo número de valores deducidos.



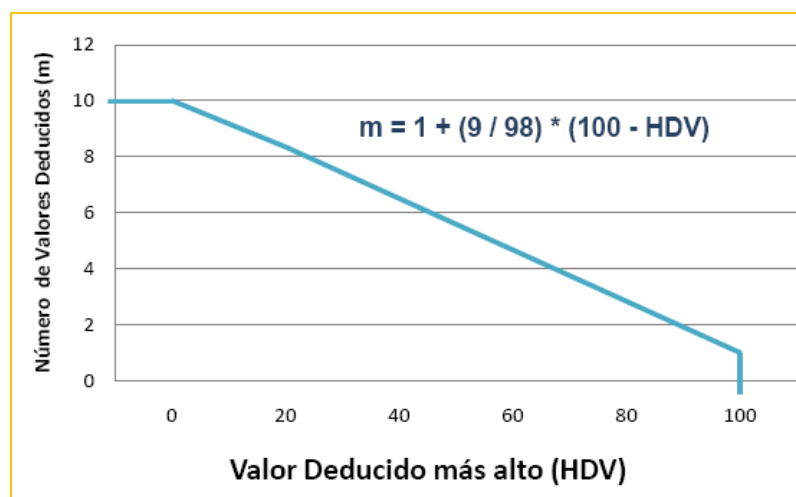
$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100.00 - HDVi)$$

*Ecuación 3: “Número máximo admisible de Valores deducidos”*

*Dónde:*

***m** = Número máximo admisible de valores deducidos, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo.*

***HDVi** = mayor valor deducido individual para la unidad de muestra.*



**Figura 27: “Relación del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos”**

*Fuente: Pavement management for Airports, roads and parking lots M.Y. Shahin*

*1994*

### **5.6.3 Etapa 3: Cálculo del máximo valor deducido corregido, CDV**

Este valor se determina mediante un proceso iterativo y consiste en determinar el número de valores deducidos mayores que 2.0 que se denomina “*q*” (cantidad de datos), luego se determina el Valor deducido total que resulta de

sumar todos los valores individuales y para obtener el valor del CDV (Corrected Deduct Value) ó VDC (Valor Deducido Corregido) se debe recurrir a la gráfica del Anexo C, se debe repetir el procedimiento de tal forma en que cada iteración se reduzca a 2.0 el dato de menor valor de los que hayan superado el valor deducido de 2.0 (condición inicial o anterior) que junto al Valor deducido total que no cambiara de valor (siempre será el valor inicial) se debe ingresar a la gráfica del Anexo C y tomar el valor correspondiente de CDV y con la ayuda del formato de la figura 28.

Una vez que el valor sea igual a 2 se detendrá la iteración. Una vez obtenidos todos los valores de CDV se tomará el mayor y este será el Máximo valor deducido corregido.

No.	Valores Deducidos								TOTAL	q	V. D. C.
1							-	-			
2											
3											
4											
5											
6											
										MAX V.D. C.	

**Figura 28: “Formato para la obtención Máximo Valor Deducido Corregido”**

#### 5.6.4 Etapa 4: cálculo de PCI:

El máximo valor deducido corregido CDV nos permitirá hallar el PCI haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$PCI = 100 - \text{máx. CDV}$$

*Ecuación 4: Índice de Condición de Pavimento de Unidad de Muestra*

**Dónde**

*Máx. CDV = Máx. VDC = Máximo valor deducido corregido*

*PCI = Índice de condición de pavimento*

## 5.7 CÁLCULO DEL PCI DE UNA SECCIÓN DE PAVIMENTO

Si todas las unidades de muestreo son inventariadas o si todas las unidades de muestra inspeccionadas son escogidas en forma aleatoria, entonces el PCI de la sección es calculado como el PCI ponderado del área en que se encuentran las unidades de muestra inspeccionadas.

$$PCI_s = PCI_r = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{ri} \times A_{ri})}{\sum_{i=1}^n A_{ri}}$$

*Ecuación 5: PCI de la Sección*

**Dónde:**

*PCI<sub>r</sub> = PCI ponderado del área de las unidades de muestra inspeccionadas en forma aleatoria.*

*PCI<sub>ri</sub> = PCI de la unidad de muestra aleatoria "i".*

*A<sub>ri</sub> = área de la unidad de muestra aleatoria "i".*

*n = número de unidades de muestra aleatoria inspeccionadas.*

Si hay unidades de muestra adicionales que han sido inspeccionadas, el PCI ponderado de área de las unidades adicionales inspeccionadas es calculado empleando la siguiente ecuación:

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

*Ecuación 6: PCI ponderado de área de las unidades adicionales*

El PCI de la sección de pavimento es calculado empleando la siguiente ecuación:

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

*Ecuación 7: PCI ponderado del área de la sección de pavimento con unidades adicionales.*

**Dónde:**

***PCI<sub>a</sub>*** = PCI ponderado del área de las unidades de muestra adicionales.

***PCI<sub>ai</sub>*** = PCI de la unidad de muestra adicional “i”.

***A<sub>ai</sub>*** = área de la unidad de muestra adicional “i”.

***A*** = área de la sección.

***m*** = número de unidades de muestra adicionales inspeccionadas.

***PCI<sub>s</sub>*** = PCI ponderado del área de la sección de pavimento.

## 5.8 ACCIONES A TENER EN CUENTA DE ACUERDO AL PCI.

En la siguiente tabla, se resume la acción a tener en cuenta de acuerdo al valor del PCI calculado para cada vía. Se aprecia además el estado del pavimento asociado a este mismo valor (*Tabla 3*).

***Tabla 3: Intervención de acuerdo al PCI***

PCI	Estado	Intervención
<b>0-30</b>	Malo	Reconstrucción
<b>31-70</b>	Regular	Rehabilitación
<b>71-100</b>	Bueno	Mantenimiento

*Fuente: Pavement management for Airports, roads and parking lots M.Y. Shahin*

1994

## **CAPÍTULO VI: FALLAS DE LOS PAVIMENTOS**

Durante la vida de servicio de un pavimento, causas de diverso origen afectan la condición de la superficie de rodamiento, lo cual compromete su función de ofrecer a los usuarios la posibilidad de un rodaje seguro, cómodo y económico.

Entre las causas de falla de un pavimento se pueden mencionar:

- 1) Fin del período de diseño original y ausencia de acciones de rehabilitación mayor durante el mismo. En este caso la falla es la prevista o esperada.
- 2) Incremento del tránsito con respecto a las estimaciones del diseño de pavimento original.
- 3) Deficiencias en el proceso constructivo, bien en procesos como tal como en la calidad de los materiales empleados.
- 4) Diseño deficiente (errores en la estimación del tránsito o en la valoración de las propiedades de los materiales empleados).
- 5) Factores climáticos imprevistos (lluvias extraordinarias).
- 6) Insuficiencia de estructuras de drenaje superficial y/o subterráneo.
- 7) Insuficiencia o ausencia de mantenimiento y/o rehabilitación de pavimentos.

Dependiendo de su origen, las fallas pueden ser clasificadas como fallas funcionales (superficiales) o fallas estructurales.

## **6.1 TIPOS DE FALLAS EN LOS PAVIMENTOS**

### **6.1.1 Fallas de Superficie:**

Son las fallas en la superficie de rodamiento, debidos a las fallas en la capa de rodadura y que no guardan relación con la estructura de la calzada.

Se presentan en la superficie de la capa asfáltica y la corrección de estas fallas se efectúa con solo regularizar su superficie y conferirle la necesaria impermeabilidad y rugosidad.

### **6.1.2 Fallas Estructurales**

Comprende los defectos de la superficie de rodamiento, cuyo origen es una falla en la estructura del pavimento, es decir, de una o más capas constitutivas, las cuales están destinadas a resistir y compartir los esfuerzos impuestos por el tráfico, de manera que a nivel de sub-rasante o suelo de fundación de pavimento lleguen los menores esfuerzos y lo más distribuido posible.

Para corregir este tipo de fallas es necesario un refuerzo de la estructura existente mediante la colocación de una capa cuyo espesor debe ser calculado en función de los requerimientos de las cargas de tráfico para que el paquete estructural responda a las exigencias del tránsito presente y futuro estimado.

## 6.2 FALLAS CONSIDERADAS EN LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES SEGÚN EL MÉTODO PCI

Entre las fallas consideradas en el método del PCI se consideran un total de diecinueve (19) que involucran a todas aquellas que se hacen comunes en la degradación del pavimento (*Tabla 4*). Estas fallas solo representan a las que se encuentran en los pavimentos flexibles, ya que para los pavimentos rígidos se consideran otras.

*Tabla 4: Fallas consideradas en un Pavimento Flexible según el PCI*

Nro.	Descripción	Unidades
1	Grieta Piel de cocodrilo	m2
2	Exudación de Asfalto	m2
3	Grietas de contracción (en bloque)	m2
4	Elevaciones y Hundimiento	M
5	Corrugaciones (encalaminado)	m2
6	Depresiones	m2
7	Grieta de borde	M
8	Grietas de reflexión de juntas	M
9	Desnivel calzada-Hombrillo	M
10	Grietas longitudinales y transversales	M
11	Baches y zanjas reparadas	m2
12	Agregado Pulidos	m2
13	Huecos	No
14	Acceso y salidas a puentes, rejilla de drenaje, líneas férreas	m2
15	Ahuellamientos	m2
16	Deformación por empuje	m2
17	Grietas de deslizamientos	m2
18	Hinchamiento	m2
19	Disgregación y desintegración	m2

*Fuente: Pavement management for Airports, roads and parking lots M.Y. Shahin*



Es importante que el evaluador del pavimento esté familiarizado con estos tipos de falla, sus niveles de severidad y las formas de medición establecidas en el método. Los tipos de fallas más comunes en pavimentos asfálticos son: grieta del tipo piel de cocodrilo, de contracción, de reflexión de juntas, longitudinales y transversales, baches, huecos, ahuellamientos, y desintegración o disgregación superficial. El resto de los tipos de falla considerados en el método, son encontrados menos frecuentemente.

A continuación describiremos las 19 fallas para los pavimentos flexibles, consideradas en el método del PCI, detallando su manera de medición, y su severidad.

### **6.2.1 Piel de Cocodrilo**

Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60 m.

El agrietamiento de piel de cocodrilo ocurre únicamente en áreas sujetas a cargas repetidas de tránsito tales como las huellas de las llantas. Por lo tanto, no podría producirse sobre la totalidad de un área a menos que este sujeta a cargas de tránsito en toda su extensión. (Un patrón de grietas producido sobre un área no sujeta a cargas se denomina como “grietas en bloque”, el cual no es un daño debido a la acción de la carga).

La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento.

A) Niveles de severidad

**L (Low: Bajo):** Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.

**M (Medium: Medio):** Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.

**H (High: Alto):** Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito.

B) Medida

Se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. La mayor dificultad en la medida de este tipo de daño radica en que, a menudo, dos o tres niveles de severidad coexisten en un área deteriorada. Si estas

porciones pueden ser diferenciadas con facilidad, deben medirse y registrarse separadamente. De lo contrario, toda el área deberá ser calificada en el mayor nivel de severidad presente.

C) Opciones de reparación

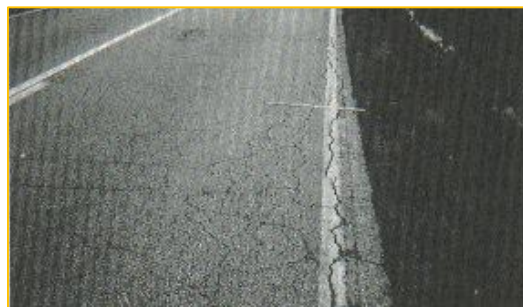
**L:** No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta.

**M:** Parcheo parcial o en toda la profundidad (Full Depth).  
Sobrecarpeta. Reconstrucción.

**H:** Parcheo parcial o Full Depth. Sobrecarpeta. Reconstrucción.



**Figura 29: “Piel de Cocodrilo de Baja Severidad”**



**Figura 30: “Piel de Cocodrilo de Severidad Media”**



**Figura 31: “Piel de Cocodrilo de Alta Severidad”**

### **6.2.2 Exudación de Asfalto**

La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie.

#### **A) Niveles de severidad**

***L (Low: Bajo):*** La exudación ha ocurrido solamente en un grado muy ligero y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos.

***M (Medium: Medio):*** La exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año.

***H (High: Alto):*** La exudación ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año.

B) Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza la exudación no deberá contabilizarse el pulimento de agregados.

C) Opciones de reparación

***L:*** No se hace nada.

***M:*** Se aplica arena / agregados y cilindrado.

***H:*** Se aplica arena / agregados y cilindrado (precalentando si fuera necesario).



***Figura 32: “Exudación de Severidad Baja”***



*Figura 33: “Exudación de Severidad Media”*



*Figura 34: “Exudación de Severidad Alta”*

### **6.2.3 Fisuras en Bloque o Grietas de Contracción en Bloque**

Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. Normalmente ocurre sobre una gran

porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño difiere de la piel de cocodrilo en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos. También, a diferencia de los bloques, la piel de cocodrilo es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa).

A) Niveles de severidad

**L (Low: Bajo):** Los bloques se definen como fisuras de baja severidad.

**M (Medium: Medio):** Los bloques se definen como fisuras de mediana severidad.

**H (High: Alto):** Los bloques se definen como fisuras de alta severidad.

B) Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Generalmente, se presenta un solo nivel de severidad en una sección de pavimento; sin embargo, cualquier área de la sección de pavimento que tenga diferente nivel de severidad deberá medirse y anotarse separadamente.

C) Opciones de reparación

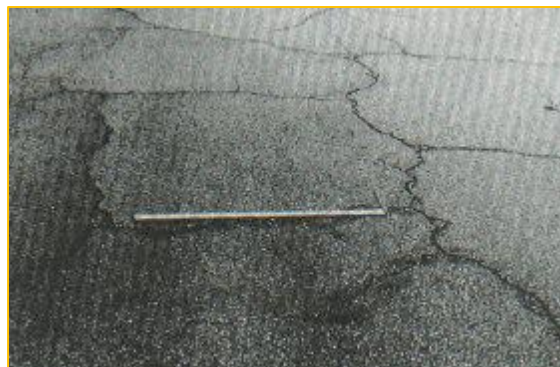
**L:** Sellado de grietas con ancho mayor a 3.0 mm. Riego de sello.

**M:** Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.

**H:** Sellado de grietas, reciclado superficial. Escarificado en caliente y sobrecarpeta.



**Figura 35:** “Fisura en Bloque de Severidad Baja”



**Figura 36:** “Fisura en Bloque de Severidad Media”



**Figura 37:** “Fisura en Bloque de Severidad Alta”



#### **6.2.4 Elevaciones (Abultamientos) y Hundimientos**

Los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los desplazamientos (Falla N°16), pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Los abultamientos, por otra parte, pueden ser causados por varios factores, que incluyen:

- 1) Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento Pórtland con una sobrecarpeta de concreto asfáltico.
- 2) Infiltración y acumulación de material en una fisura agravada por el tráfico vehicular (algunas veces denominado “tenting”).
- 3) Infiltración localizada de agua (por rotura de tubo) que causa un hueco en las subcapas del pavimento.

Los hundimientos son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento. Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman “ondulaciones” (hinchamiento: swelling).

##### A) Niveles de severidad

**L (Low: Bajo):** Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de baja severidad.

**M (Medium: Medio):** Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad media.

**H (High: Alto):** Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad alta.

B) Medida

Se miden en pies lineales (ó metros lineales). Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0 m, el daño se llama corrugación. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra.

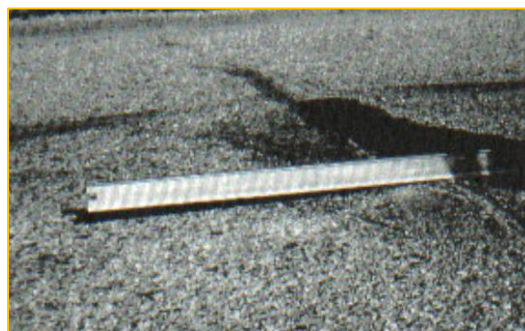
C) Opciones de reparación

**L:** No se hace nada.

**M:** Reciclado en frío. Parcheo profundo o parcial.

**H:** Reciclado (fresado) en frío. Parcheo profundo o parcial.

Sobrecarpeta.



**Figura 38: “Abultamientos y hundimientos de Severidad Baja”**



***Figura 39: “Abultamientos y hundimientos de Severidad Media”***



***Figura 40: “Abultamientos y hundimientos de Severidad Alta”***

### **6.2.5 Corrugaciones (encalaminado)**

La corrugación (también llamada “lavadero”) es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables. Si los abultamientos ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina corrugación.

#### **A) Niveles de severidad**

**L (Low: Bajo):** Corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad.

**M (Medium: Medio):** Corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad.

**H (High: Alto):** Corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad.

B) Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

C) Opciones de reparación

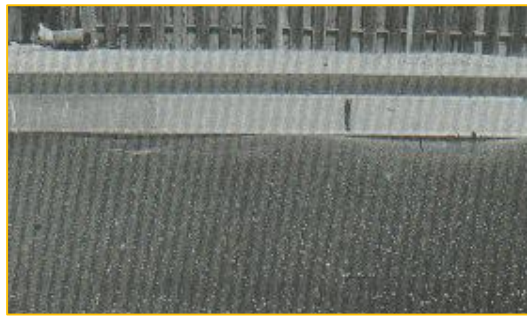
**L:** No se hace nada.

**M:** Reconstrucción.

**H:** Reconstrucción.



**Figura 41: “Corrugación de Baja Severidad”**



*Figura 42: “Corrugación de Severidad Media”*



*Figura 43: “Corrugación de Alta Severidad”*

#### **6.2.6 Depresiones:**

Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un “baño de pájaros” (bird bath). En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidropneumático.

Los hundimientos a diferencia de las depresiones, son las caídas bruscas del nivel.

A) Niveles de severidad

El nivel de severidad en las depresiones se puede distinguir según su máxima profundidad que puede alcanzar:

**L (Low: Bajo):** 13.0 a 25.0 mm.

**M (Medium: Medio):** 25.0 a 51.0 mm.

**H (High: Alto):** Más de 51.0 mm.

B) Medida

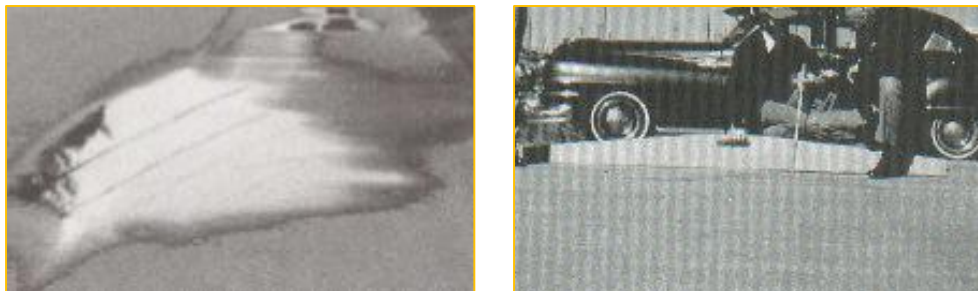
Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) del área afectada.

C) Opciones de reparación

**L:** No se hace nada.

**M:** Parcheo superficial, parcial o profundo.

**H:** Parcheo superficial, parcial o profundo.



**Figura 44: “Depresión de Baja Severidad”**



*Figura 45: "Depresión de Severidad Media"*



*Figura 46: "Depresión de Alta Severidad"*

### **6.2.7 Grieta (fisura) de borde**

Este fisuramiento es paralelo y, generalmente, está a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Esta falla se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento debido a condiciones climáticas, por falta de compactación y confinamiento de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento o por un drenaje inadecuado. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse).

#### **A) Niveles de severidad**

**L (Low: Bajo):** Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.

**M (Medium: Medio):** Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.

**H (High: Alto):** Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde.

B) Medida

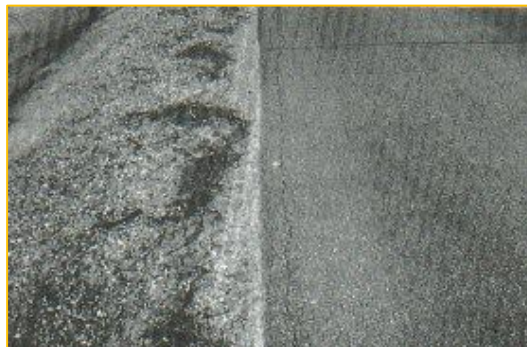
La grieta de borde se mide en pies lineales (ó metros lineales).

C) Opciones de reparación

**L:** No se hace nada. Sellado de grietas con ancho mayor a 3 mm.

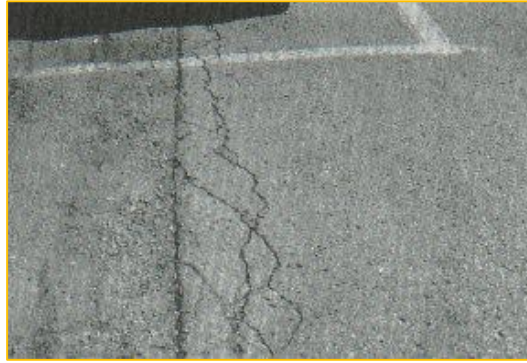
**M:** Sellado de grietas. Parcheo parcial - profundo.

**H:** Parcheo parcial – profundo.



**Figura 47: “Fisura de Borde de Severidad Baja”**





*Figura 48: “Fisura de Borde de Severidad Media”*



*Figura 49: “Fisura de Borde de Severidad Alta”*

### **6.2.8 Grieta de reflexión de juntas**

Este daño ocurre solamente en pavimentos asfálticos contruidos sobre pavimentos rígidos. No se incluyen fisuras de reflexión que puedan prevenir de otro tipo de subcapas, ya que estos se registran bajo fisuramiento longitudinal y/o transversal (Falla N°10). Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Pórtland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Este daño no está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento

está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está descascarada. El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico ayuda a identificar estos daños.

A) Niveles de severidad

***L (Low: Bajo):*** Existe una de las siguientes condiciones:

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

***M (Medium: Medio):*** Existe una de las siguientes condiciones:

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

***H (High: Alto):*** Existe una de las siguientes condiciones:

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

B) Medida

La grieta de reflexión de junta se mide en pies lineales (o metros lineales). La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado. Por ejemplo, una grieta de 15.0 m puede tener 3.0 m de grietas de alta severidad; estas deben registrarse de forma separada. Si se presenta un abultamiento en la grieta de reflexión este también debe registrarse.

C) Opciones de reparación

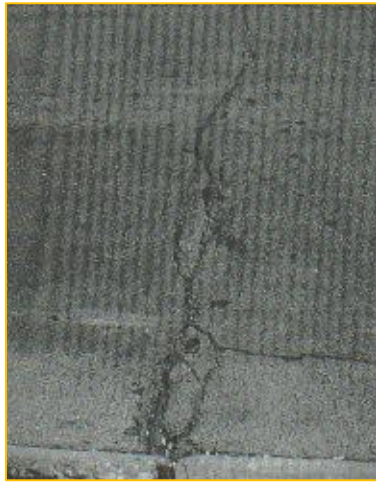
**L:** Sellado para anchos superiores a 3.00 mm.

**M:** Sellado de grietas. Parcheo de profundidad parcial.

**H:** Parcheo de profundidad parcial. Reconstrucción de la junta.



**Figura 50: “Grietas de Reflexión de Junta de Severidad Baja”**



*Figura 51: “Grietas de Reflexión de Junta de Severidad Media”*



*Figura 52: “Grietas de Reflexión de Junta de Severidad Alta”*

### **6.2.9 Desnivel Carril / Berma**

El desnivel carril / berma es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma.

A) Niveles de severidad

**L (Low: Bajo):** La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0 mm.

**M (Medium: Medio):** La diferencia en elevación está entre 51.0 mm y 102.0 mm.

**H (High: Alto):** La diferencia es mayor que 102.00 mm.

B) Medida

El desnivel carril / berma se miden en pies lineales (ó metros lineales).

C) Opciones de reparación

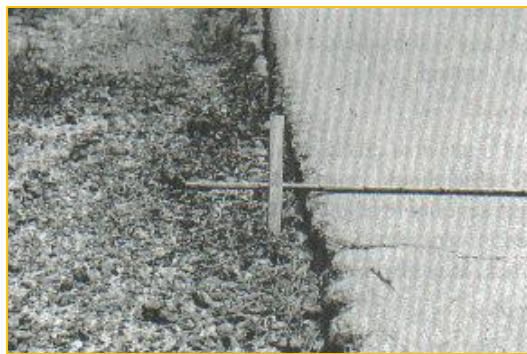
**L, M, H:** Renivelación de las bermas para ajustar al nivel del carril.



**Figura 53: “Desnivel carril / berma de Severidad Baja”**



*Figura 54: “Desnivel carril / berma de Severidad Media”*



*Figura 55: “Desnivel carril / berma de Severidad Alta”*

#### **6.2.10 Grietas longitudinales y transversales**

Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por:

- 1) Una junta de carril del pavimento pobremente construida.
- 2) Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura.

- 3) Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento Pórtland, pero no las juntas de pavimento de concreto.

Las grietas transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción. Usualmente, este tipo de grietas no está asociado con carga.

A) Niveles de severidad

***L (Low: Bajo):***

***M (Medium: Medio):***

***H (High: Alto):***

***L:*** Existe una de las siguientes condiciones:

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

***M:*** Existe una de las siguientes condiciones:

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

***H:*** Existe una de las siguientes condiciones:

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

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

B) Medida

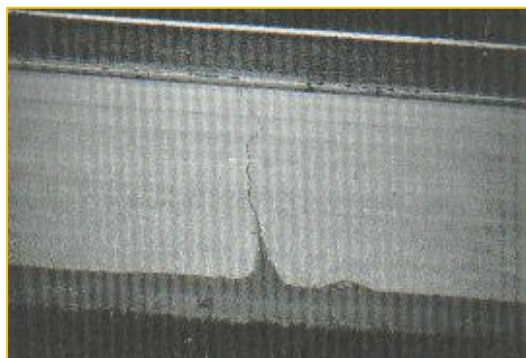
Las grietas longitudinales y transversales se miden en pies lineales (ó metros lineales). La longitud y severidad de cada grieta debe registrarse después de su identificación. Si la grieta no tiene el mismo nivel de severidad a lo largo de toda su longitud, cada porción de la grieta con un nivel de severidad diferente debe registrarse por separado. Si ocurren abultamientos o hundimientos en la grieta, estos deben registrarse.

C) Opciones de reparación

**L:** No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0mm.

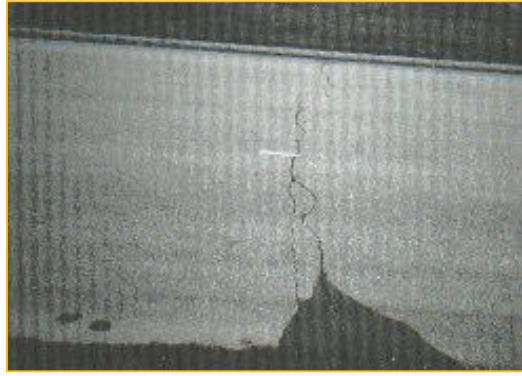
**M:** Sellado de grietas.

**H:** Sellado de grietas. Parcheo parcial.

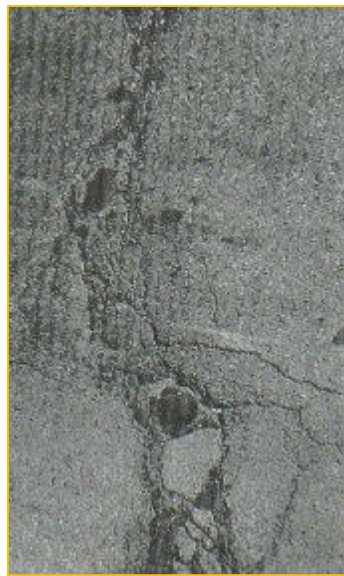


**Figura 56: “Grietas longitudinales y transversales de Severidad Baja”**





*Figura 57: “Grietas longitudinales y transversales de Severidad Media”*



*Figura 58: “Grietas longitudinales y transversales de Severidad Alta”*

#### **6.2.11 Baches y zanjas reparadas (Parcheo)**

Un parche es un área de pavimento la cual ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche se considera un defecto, no importa que tan bien se comporte (usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento). Por lo general se encuentra alguna rugosidad está asociada con este daño.

A) Niveles de severidad

**L (Low: Bajo):** El parche está en buena condición buena y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.

**M (Medium: Medio):** El parche está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media.

**H (High: Alto):** El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.

B) Medida

Los parches se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Sin embargo, si un solo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Por ejemplo, un parche de 2.32 m<sup>2</sup> puede tener 0.9 m<sup>2</sup> de severidad media y 1.35 m<sup>2</sup> de baja severidad. Estas áreas deben registrarse separadamente. Ningún otro daño (por ejemplo, desprendimiento y agrietamiento) se registra dentro de un parche; aún si el material del parche se está desprendiendo o agrietando, el área se califica únicamente como parche. Si una cantidad importante de pavimento ha sido reemplazada, no se debe registrar como un parche sino como un nuevo pavimento (por ejemplo, la sustitución de una intersección completa).

C) Opciones de reparación

**L:** No se hace nada.

**M:** No se hace nada. Sustitución del parche.

**H:** Sustitución del parche.



**Figura 59:** “Parcheo de Severidad Baja”



**Figura 60:** “Parcheo de Severidad Media”



**Figura 61:** “Parcheo de Severidad Alta”

### **6.2.12 Agregado Pulidos (Pulimiento de Agregados)**

Este daño es causado por las aplicaciones repetitivas del tráfico. Cuando el agregado superficial se torna suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Cuando el área afectada es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. El pulimento de agregados debe considerarse cuando una inspección minuciosa revela que la superficie afectada es grande y lisa y hay evidencia que la resistencia al deslizamiento en condiciones húmedas ha decrecido considerablemente.

#### **A) Niveles de severidad**

No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.

**B) Medida**

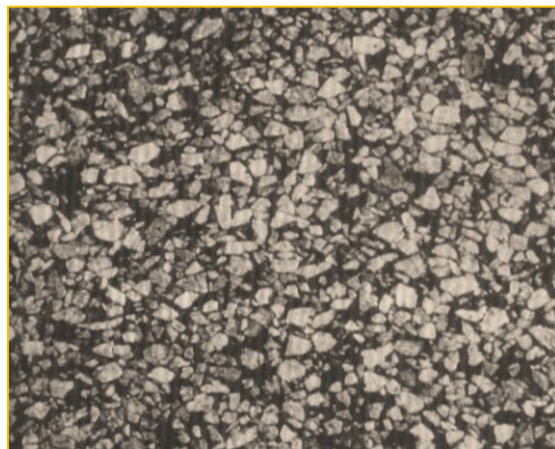
Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

Si se contabiliza exudación, no se tendrá en cuenta el pulimento de agregados

**C) Opciones de reparación**

*L, M, H:* No se hace nada. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.

Fresado y sobrecarpeta.



***Figura 62: “Pulimiento de Agregados”***

**6.2.13 Huecos**

Los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Usualmente tienen bordes agudos y lados verticales cerca de su parte superior. Su crecimiento se acelera por la acumulación en su interior. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición

de piel de cocodrilo de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con desprendimiento o meteorización. Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos, no como meteorización.

#### A) Niveles de severidad

Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con la tabla 5. Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en pies cuadrados (o metros cuadrados) y dividirla entre 5 pies<sup>2</sup> (0.47 m<sup>2</sup>) para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta.

**Tabla 5: Niveles de Severidad de Los Huecos**

Prof. Máx. del Hueco	Diámetro medio (mm)		
	102-203 mm	203-457 mm	457-762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H
> 50.8 a mm	M	M	H

*Fuente: Pavement management for Airports, roads and parking lots M.Y. Shahin*

*1994*

#### B) Medida

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

C) Opciones de reparación

**L:** No se hace nada. Parcheo parcial o profundo.

**M:** Parcheo parcial o profundo.

**H:** Parcheo profundo.



**Figura 63:** “Hueco de Severidad Baja”



**Figura 64:** “Hueco de Severidad Media”



**Figura 65:** “Hueco de Severidad Alta”

#### **6.2.14 Cruce de Vía Férrea - Acceso y salidas a puentes, rejilla de drenaje, líneas férreas**

Los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles.

##### A) Niveles de severidad

***L (Low: Bajo):*** El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.

***M (Medium: Medio):*** El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.

***H (High: Alto):*** El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad alta.

##### B) Medida

El área del cruce se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si el cruce no afecta la calidad de tránsito, entonces no debe registrarse. Cualquier abultamiento considerable causado por los rieles debe registrarse como parte del cruce.

##### C) Opciones de reparación

***L:*** No se hace nada.

***M:*** Parcheo superficial o parcial de la aproximación.  
Reconstrucción del cruce.



**H:** Parcheo superficial o parcial de la aproximación.

Reconstrucción del cruce.



**Figura 66: “Cruce de Vía Férrea de Baja Severidad”**



**Figura 67: “Cruce de Vía Férrea de Severidad Media”**



**Figura 68: “Cruce de Vía Férrea de Severidad Alta”**

### 6.2.15 Ahuellamiento

El ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos, éste sólo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.

#### A) Niveles de severidad

Profundidad media del ahuellamiento:

***L (Low: Bajo):*** 6.0 a 13.0 mm.

***M (Medium: Medio):*** >13.0 mm a 25.0 mm.

***H (High: Alto):*** > 25.0 mm.

#### B) Medida

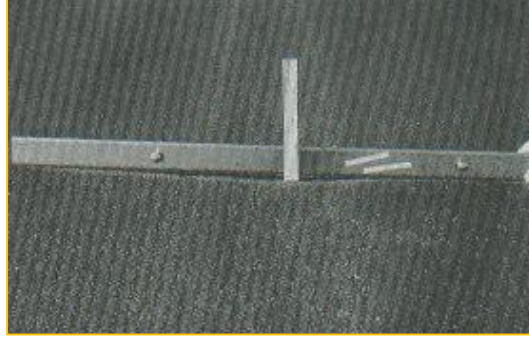
El ahuellamiento se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada y su severidad está definida por la profundidad media de la huella. La profundidad media del ahuellamiento se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad, y usando las medidas tomadas a lo largo de aquel para calcular su profundidad media.

#### C) Opciones de reparación

***L:*** No se hace nada. Fresado y sobrecarpeta.

**M:** Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.

**H:** Parcheo superficial, parcial o profundo. Fresado y sobrecarpeta.



**Figura 69:** “Ahuellamiento de Baja Severidad”



**Figura 70:** “Ahuellamiento de Severidad Media”



**Figura 71:** “Ahuellamiento de Severidad Alta”

### **6.2.16 Deformación por empuje (Desplazamiento)**

El desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión).

Los desplazamientos también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Pórtland. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento Pórtland se incrementa causando el desplazamiento.

#### A) Niveles de severidad

***L (Low: Bajo):*** El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.

***M (Medium: Medio):*** El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media.

***H (High: Alto):*** El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

#### B) Medida

Los desplazamientos se miden en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Los desplazamientos que ocurren en parches se consideran para el inventario de daños como parches, no como un daño separado.

C) Opciones de reparación

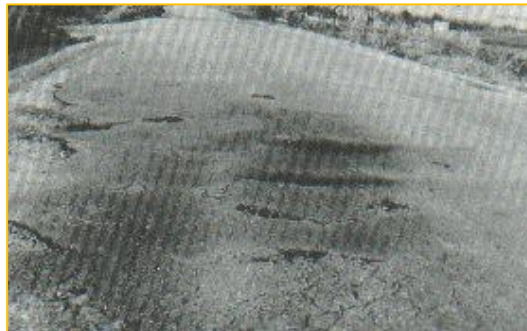
**L:** No se hace nada. Fresado.

**M:** Fresado. Parcheo parcial o profundo.

**H:** Fresado. Parcheo parcial o profundo.



**Figura 72: “Desplazamiento de Baja Severidad”**



**Figura 73: “Desplazamiento de Severidad Media”**



**Figura 74: “Desplazamiento de Severidad Alta”**

### **6.2.17 Grietas de deslizamientos ó Grieta Parabólica**

Las grietas parabólicas por deslizamiento (slippage) son grietas en forma de media luna creciente. Son producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento. Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada.

#### A) Niveles de severidad

***L (Low: Bajo):*** Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm.

***M (Medium: Medio):*** Existe una de las siguientes condiciones:

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

***H (High: Alto):*** Existe una de las siguientes condiciones:

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

#### B) Medida

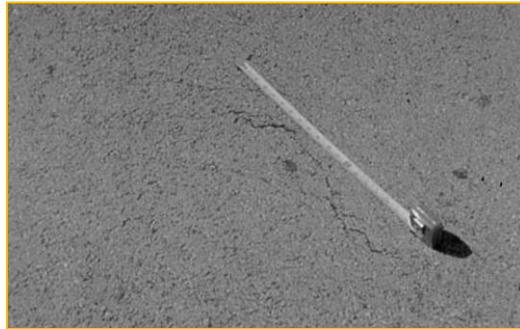
El área asociada con una grieta parabólica se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) y se califica según el nivel de severidad más alto presente en la misma.

C) Opciones de reparación

**L:** No se hace nada. Parcheo parcial.

**M:** Parcheo parcial.

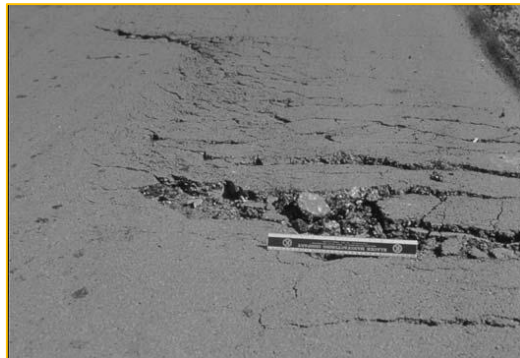
**H:** Parcheo parcial.



**Figura 75: “Grieta Parabólica de Baja Severidad”**



**Figura 76: “Grieta Parabólica de Severidad Media”**



**Figura 77: “Grieta Parabólica de Severidad Alta”**

### 6.2.18 Hinchamiento

El hinchamiento se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento, una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0 m. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos.

#### A) Niveles de severidad

**L (Low: Bajo):** El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad. El hinchamiento de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.

**M (Medium: Medio):** El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.

**H (High: Alto):** El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

#### B) Medida

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

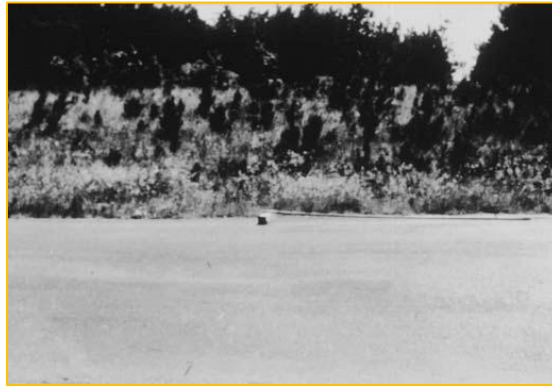
#### C) Opciones de reparación

**L:** No se hace nada.

**M:** No se hace nada. Reconstrucción.



**H:** Reconstrucción.



*Figura 78: “Ejemplo de Hinchamiento. El nivel de Severidad se basa en el criterio de la calidad de tránsito”*

#### **6.2.19 Disgregación y desintegración (Desprendimiento de Agregados)**

La meteorización y el desprendimiento son la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento.

##### **A) Niveles de severidad**

**L (Low: Bajo):** Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.

**M (Medium: Medio):** Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.

**H (High: Alto):** Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran huecos. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.

B) Medida

La meteorización y el desprendimiento se miden en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.

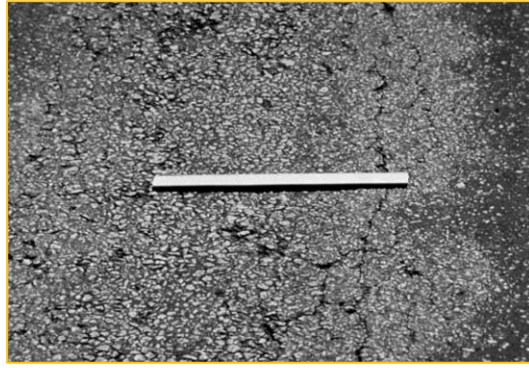
C) Opciones de reparación

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

**M:** Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.

**H:** Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción.

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



*Figura 79: “Disgregación de Baja Severidad”*



*Figura 80: “Disgregación de Severidad Media”*



*Figura 81: “Disgregación de Severidad Alta”*

## **CAPÍTULO VII: APLICACIÓN DEL PCI**

Para realizar la división de muestreo se debe de saber que la Avenida Jorge Chávez se dividió en dos secciones, ya que la sección N°01 fue construida en el año 2000 (teniendo unos 16 años de antigüedad), y la sección N°02 fue construida en el año 1980 aproximadamente (teniendo 36 años de antigüedad).

El resto de características de las vía son las mismas para toda la vía. Cada sección fue dividida en unidades de muestras, las cuales tuvieron áreas de  $230 \pm 93$  m<sup>2</sup>. El área total de la Avenida Jorge Chávez es 7788.4 m<sup>2</sup>. De los cuales 1243.5 m<sup>2</sup> corresponden a la sección 1 y el resto 6544.9 m<sup>2</sup> a la sección 2. La sección 1 se dividió en 06 unidades de muestras y la sección 2 en 27 unidades de muestras. Todas las unidades de muestras con un área de 229.95 m<sup>2</sup>.

### **7.1 DIVISIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTRA**

Una unidad de muestra es definida por una porción de un pavimento de sección. Como el pavimento a evaluar es de tipo flexible, con un ancho menor a 7.30 m. el área de muestreo debió de estar entre  $230 \pm 93$  m<sup>2</sup>. En el siguiente cuadro se presentan algunas relaciones longitud ancho de calzada pavimentada.

**Tabla 6: Tamaño de la unidad de muestra según el ancho de la calzada**

Ancho de la calzada (m)	Longitud de la und. de muestreo (m)	Area Und. De Muestreo (m <sup>2</sup> )
5.00	46.00	230.00
5.50	41.80	229.90
6.00	38.30	229.80
6.50	35.40	230.10
7.30 (máx)	31.50	229.95

*Fuente: Pavement management for Airports, roads and parking lots M.Y. Shahin*

1994

Como la Avenida Jorge Chávez cuenta con un ancho de calzada de 7.30 metros, se dividió la avenida en unidades de muestra con una longitud igual a 31.50 metros.

## 7.2 SELECCIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN

Para hallar el número mínimo de unidad de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación N° 1 (Capítulo V: Método Del PCI), la cual se produce un estimado del PCI  $\pm 5$  del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%. Es así que:

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} + (N-1) + \sigma^2} = \frac{33 \times 10^2}{\frac{5^2}{4} + (33-1) + 10^2} \cong 11$$

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar ( $\sigma$ ) del PCI de 10 para pavimento asfáltico y de 15 para pavimentos de concreto, estos valores son basados en datos de campo obtenidos de muchas encuestas.

Sabiendo que son 11 el número mínimo de unidades de muestreo a inspeccionar, y que son 33 las unidades de muestra, se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar.

El intervalo de muestreo ( $i$ ), es determinado por la ecuación 2 (Capítulo V: Método Del PCI):

$$i = \frac{N}{n} = \frac{33}{11} \cong 3$$

Sabiendo que son 11 el número mínimo de unidades de muestreo a inspeccionar, y que son 33 las unidades de muestra, entonces nuestro intervalo de muestreo será de 3.

La primera de las muestras a inspeccionar se eligió al azar de las tres primeras, según nuestro intervalo, entonces escogimos como primera muestra a la U1. Y así las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían la U4, U7, U10, U13, U16, U19, U22, U25, U28 y U31.

### **7.3 INSPECCIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTRA**

El procedimiento de inspección para pavimentos con superficies de asfalto, se realiza llenando los espacios en blanco en los formatos correspondientes. En el Anexo B se muestra el formato llenado de cada unidad de muestreo inspeccionada.

- **Unidad de muestra U1**

La unidad de muestra U1 tiene 229.95 m<sup>2</sup> y pertenece a la sección N°1 de la Avenida Jorge Chávez.

La falla más influyente en el deterioro del pavimento es el desprendimiento de agregados, ya que se presenta en casi toda la superficie analizada con un área de 190.96 m<sup>2</sup>. Seguida de esta, se encuentra la falla número 11, la del parcheo, debido a los trabajos de agua y alcantarillado, y que se extiende a lo largo de toda la unidad de muestra con un área de 34.16 m<sup>2</sup>.

Asimismo se encontraron huecos de severidad baja y media, que también contribuyen al daño de la pista.

Las fallas que menos afectan al pavimento son los hundimientos de mediana severidad, pues sus áreas son pequeñas, comparada con el área total inspeccionada, que causan a su vez molestias a los usuarios de la vía.

*Tabla 7: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U1*

Fallas	und	LOW	MEDIUM	HIGH
4	m		1.05	
11	m <sup>2</sup>		34.16	
13	nro	2.00	3.00	
19	m <sup>2</sup>		190.96	4.83

- **Unidad de muestra U4**

La unidad de muestra U4 tiene 229.95 m<sup>2</sup>. Esta área sigue formando parte de la sección 1 junto con la unidad de muestra anterior (U1).

En esta unidad de muestra existieron fallas de nivel bajo como hundimientos, desnivel de carril berma, parcheo y además huecos. Sin embargo aunque se encontró un parcheo de severidad baja, existió también parcheo de severidad media con una extensión de 45.68 m<sup>2</sup>, que es el que se encuentra a lo largo de la unidad de muestra, y en casi toda la avenida.

Además la falla más influyente en el deterioro del pavimento es el desprendimiento de agregados, al igual que en la muestra U1, ya que se presenta en toda la superficie analizada con una extensión de 181.04 m<sup>2</sup>.

**Tabla 8: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U4**

Fallas	und	LOW	MEDIUM	HIGH
4	m	1.40		
9	m	15.30		
11	m <sup>2</sup>	3.24	45.68	
13	nro	1.00		
19	m <sup>2</sup>	181.04		

- **Unidad de muestra U7**

La unidad de muestra U7 tiene 229.95 m<sup>2</sup>, no presenta cambios de sección, pero esta unidad ya pertenece a la sección N°2 de la avenida Jorge Chávez.

En esta unidad de muestra, se encontraron abultamientos y fisuras de borde de severidad baja en una menor magnitud. Además se registraron los parches del agua y alcantarillado de severidad baja a lo largo de la unidad de muestra, así como también algunos huecos de la misma severidad y el desprendimiento de agregados en casi toda la superficie con una magnitud de 143.20 m<sup>2</sup> con severidad media.



**Tabla 9: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U7**

Fallas	und	LOW	MEDIUM	HIGH
4	m		13.80	
7	m	0.40		
11	m2	86.67		
13	nro	1.00		
19	m2		143.20	

- **Unidad de muestra U10:**

La unidad de muestra U10 tiene 229.95 m2 y pertenece a la sección N° 2 de la avenida Jorge Chávez. No presenta cambios de sección.

Las fallas encontradas con grado de severidad bajo fueron: fisuras de borde, y parcheo. Con nivel de severidad medio tenemos ahuellamiento, y también fisuras de borde.

La falla más influyente en el deterioro del pavimento encontrada en esta unidad de muestra es el desprendimiento de agregados, ya que está presente en casi toda su extensión con un área de 142.55 m2 y presenta un nivel de severidad medio.

**Tabla 10: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U10**

Fallas	und	LOW	MEDIUM	HIGH
7	m	6.85	1.60	
11	m2	87.41		
15	m2		8.00	
19	m2		142.55	

- **Unidad de muestra U13:**

La unidad de muestra U10 tiene 229.95 m<sup>2</sup> y pertenece a la sección N° 2 de la avenida Jorge Chávez. A su vez, no presenta cambios de sección.

En un grado de severidad baja se encuentran presentes las fisuras de borde, y en grado de severidad media tenemos fisuras de reflexión de junta, y ahuellamientos y huecos. Estos últimos también los encontramos con una menor magnitud de 4 unidades pero en severidad media.

Por otro lado las fallas más influyentes en el deterioro del pavimento son los parches con un área de 106.96 m<sup>2</sup> y con severidad baja. También encontramos el desprendimiento de agregados en un nivel de severidad medio y presente en casi toda la unidad de muestra con una extensión de 122.99 m<sup>2</sup>.

*Tabla 11: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U13*

Fallas	und	LOW	MEDIUM	HIGH
7	m	7.80		
8	m		0.70	
11	m <sup>2</sup>	106.96		
13	nro	16.00	4.00	
15	m <sup>2</sup>		2.40	
19	m <sup>2</sup>		122.99	

- **Unidad de muestra U16:**

La unidad de muestra U16 tiene 229.95 m<sup>2</sup> y pertenece a la sección N°2 de la Avenida Jorge Chávez.

Las fallas encontradas con nivel de severidad bajo fueron: fisuras longitudinales y transversales, corrugación y abultamientos.

Las fallas más influyentes en el deterioro del pavimento son el parcheo del agua y alcantarillado, con un área de 146.70 m<sup>2</sup> y el desprendimiento de agregados con .u extensión de 83.25 m<sup>2</sup>, ambos con severidad baja.

Las fallas que menos afectan al pavimento son las fisuras longitudinales, la corrugación y los abultamientos, este último con un área mínima de 0.40 m<sup>2</sup>.

**Tabla 12: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U16**

Fallas	und	LOW	MEDIUM	HIGH
4	m	0.40		
5	m <sup>2</sup>	4.02		
10	m	3.70	0.54	
11	m <sup>2</sup>	146.70		
19	m <sup>2</sup>	83.25		

- **Unidad de muestra U19:**

La unidad de muestra U19 tiene 229.95 m<sup>2</sup>, no presenta cambios de sección, y pertenece a la sección N°2 de la avenida Jorge Chávez.

En esta unidad de muestra, se encontraron hundimientos de severidad baja en cantidades puntuales.

Además se registraron los parches del agua y alcantarillado de severidad baja a lo largo de la unidad de muestra con área total de 93.93 m<sup>2</sup>, así como fisuras longitudinales y transversales, huecos y ahuellamientos de severidad media.

El desprendimiento de agregados se observa en toda la superficie con un área de 136.03 m<sup>2</sup> y de severidad baja, y un hueco de la misma severidad también se registra en esta unidad de muestra.

**Tabla 13: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U19**

Fallas	und	LOW	MEDIUM	HIGH
4	m	0.80		
10	m		3.80	
11	m <sup>2</sup>	93.93		
13	nro	1.00	1.00	1.00
15	m <sup>2</sup>		3.80	
19	m <sup>2</sup>	136.03		

- **Unidad de muestra U22:**

La unidad de muestra U22 tiene 229.95 m<sup>2</sup>, pertenece a la sección N°2 de la avenida Jorge Chávez y no presenta cambios de sección.

En esta unidad de muestra existieron fallas de nivel bajo como hundimientos, corrugaciones, parcheo de agua y desagüe, huecos, y ahuellamientos. Sin embargo aunque se encontró hundimientos de severidad baja, existieron también hundimientos de severidad media, que se encuentra casi a la mitad de la vía.

Además la falla más influyente en el deterioro del pavimento es el desprendimiento de agregados, ya que se presenta en toda la superficie analizada con una extensión de 178.25 m<sup>2</sup> y en severidad baja.

**Tabla 14: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U22**

Fallas	und	LOW	MEDIUM	HIGH
4	m	0.20	1.75	
5	m2	18.24		
11	m2	51.71		
13	nro	2.00		
15	m2	25.84		
19	m2	178.25		

- **Unidad de muestra U25:**

La unidad de muestra U25 tiene 229.95 m<sup>2</sup> y pertenece a la sección N°2 de la Avenida Jorge Chávez. No presenta cambios de sección. Y posee un rompe velocidades dentro de sus límites.

Las fallas encontradas con nivel de severidad bajo fueron: los hundimientos y corrugaciones, parches y desprendimientos de agregados. En severidad media se encontró huecos.

Las falla más influyentes en el deterioro del pavimento son el parcheo del agua y alcantarillado, y a su vez el desprendimiento de agregados. Ambos en severidad baja con una extensión de 40.33 m<sup>2</sup> y 175.02 m<sup>2</sup> respectivamente.

**Tabla 15: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U25**

Fallas	und	LOW	MEDIUM	HIGH
4	m	0.60		
5	m2	11.30		
11	m2	40.33		
13	nro		3.00	
19	m2	175.02		

- **Unidad de muestra U28:**

La unidad de muestra U28 tiene 229.95 m<sup>2</sup>, pertenece a la sección N°2 de la avenida Jorge Chávez y no presenta cambios de sección.

En esta unidad de muestra existieron fallas de nivel bajo como, exudación, huecos y ahuellamientos. A su vez existieron también existió el desprendimiento de agregados en esta severidad.

Además la falla más influyente en el deterioro del pavimento fueron los abultamientos y hundimientos, que se encontró en una severidad alta pero a poca magnitud, las depresiones con severidad alta de 15.17 m<sup>2</sup>, y también el desprendimiento de agregados, que tenía una magnitud grande de 124.28 m<sup>2</sup>, pero con una severidad baja. El parcheo también ocupa una parte considerable de esta unidad de muestra (105.67 m<sup>2</sup>) pero con magnitud baja.

Las fallas encontradas con nivel de severidad medio fueron: los huecos, y a su vez también abultamientos e hundimientos.

***Tabla 16: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U28***

Fallas	und	LOW	MEDIUM	HIGH
2	m2	0.87		
4	m		3.65	1.95
6	m2			15.17
11	m2	105.67		
13	nro	2.00	1.00	
15	m2	20.33		
19	m2	124.28		

- **Unidad de muestra U31:**

La unidad de muestra U28 tiene 229.95 m<sup>2</sup>, pertenece a la sección N°2 de la avenida Jorge Chávez y no presenta cambios de sección. Esta es la última unidad inspeccionada.

Las fallas encontradas con nivel de severidad bajo fueron la exudación, huecos y ahuellamientos. Y en una severidad alta se encontraron los hundimientos y las fisuras transversales.

Las falla más influyentes en el deterioro del pavimento son el parcheo del agua y alcantarillado con una extensión de 53.49 m<sup>2</sup>, y a su vez el desprendimiento de agregados con 174.08 m<sup>2</sup> de área. Ambos en severidad media.

También se puede encontrar abultamientos, depresiones, fisuras transversales y longitudinales, y una rejilla de drenaje (considerada como cruce de vía férrea), todas de severidad media.

***Tabla 17: Análisis de magnitud y severidad de fallas en U31***

Fallas	und	LOW	MEDIUM	HIGH
2	m2	0.07		
4	m		1.60	1.40
6	m2		0.48	
10	m		7.40	2.50
11	m2		53.49	
13	nro	1.00		
14	m2		2.38	
15	m2	6.62		
19	m2		174.08	

#### **7.4 CALCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTRA**

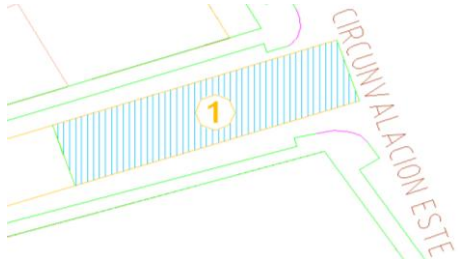
Para cada unidad de muestra inspeccionada se realizó el cálculo del PCI, de acuerdo a lo especificado el ítem 5.6 “Procedimiento de Cálculo del PCI de las Unidades de Muestreo de Pavimentos con Capa de Rodadura Asfáltica”.

En las siguientes figura se presenta los cálculos de la unidad de muestra U1 a modo de ejemplo.



- **Unidad de muestra U1:**

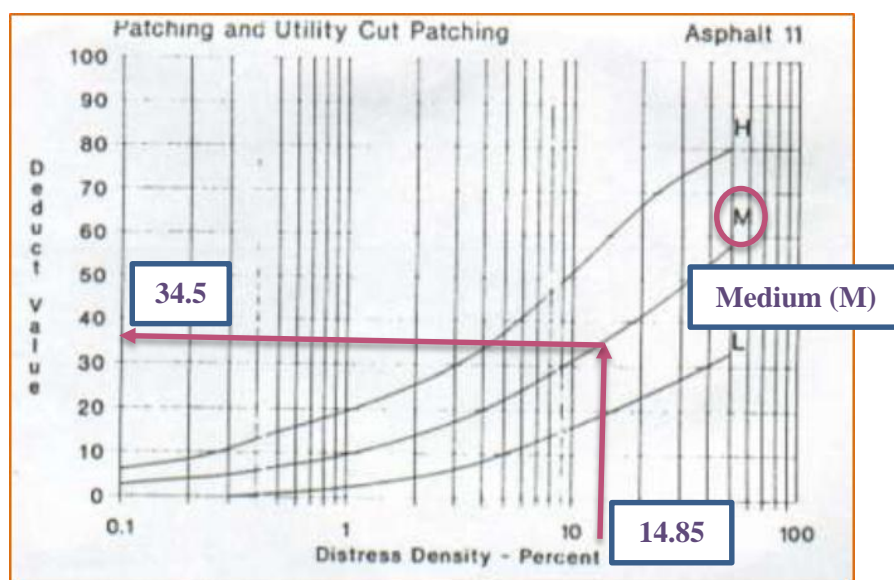
**Tabla 18: Hoja de Registro de la Unidad de Muestra U1”**

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI -				ESQUEMA:						
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA										
HOJA DE REGISTRO										
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO										
NOMBRE DE LA VIA		PROGRESIVA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRA			SECCIÓN			
Av. Jorge Chávez		00 + 00		U 1			1			
EJECUTOR		PROGRESIVA FINAL		ÁREA DE MUESTRA			FECHA			
Bach. Mariana Hiliquin Brañez		00 + 31.50		229.95 m <sup>2</sup>			01 septiembre del 2016			
1. Piel de Cocodrilo		6. Depresión		11. Parcheo			16. Desplazamiento			
2. Exudación		7. Fisura de Borde		12. Pulimiento de Agregados			17. Grieta Parabólica			
3. Fisuras en Bloque		8. Fisura de Reflexión de Junta		13. Huecos			18. Hinchamiento			
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel Carril/Berma		14. Cruce de Via Férrea			19. Desprendimiento de Agregados			
5. Corrugación		10. Fisuras Longitudinales y transversales		15. Ahuellamiento						
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	V. D.
13	M	3.00					3.00	1.30	35	
13	L	2.00					2.00	0.87	18	
19	H	0.02	0.008	4.80			4.83	2.10	21	
4	M	0.45	0.6				1.05	0.46	7	
11	M	26.78	3.48	3.48	0.42		34.16	14.85	34.5	
19	M	190.96					190.96	83.05	40	

Por ejemplo, si se ha encontrado una falla de parcheo (Daño N°11) con una severidad media (M) y con un total 34.16 m<sup>2</sup>, su densidad fue:

$$Densidad = \frac{\text{Área Total del Daño} \times 100}{\text{Área de Muestra}} = \frac{34.16 \times 100}{229.95} = 14.85$$

Luego para hallar el Valor Deducido (VD) se tomó la curva de severidad Media (M) de la falla del Parcheo en el subtítulo N°11 del anexo C.1 (Curvas para hallar el Valor Deducido), y se identificó la densidad de 14.85, teniéndose como resultado el valor deducido de 34.5 para dicho daño.



Posterior a esto se necesitó calcular el Valor deducido Total, pero como todos los valores deducidos son mayores de 2.0, entonces se procedió a ordenar de mayor a menor los VD, y determinar el "Número máximo de valores deducidos" (m) según la Ecuación 3 del subtítulo 5.6 (Procedimiento De Cálculo Del PCI De Las Unidades De Muestreo De Pavimentos Con Capa De Rodadura Asfáltica) capítulo V, para hallar el Valor deducido corregido.

Nº de Valores Deducidos =	$1 + \frac{9}{98} + (100 - \text{MAX. V. D.}) \leq 10$
---------------------------	--

Max V.D. =	40
------------	----

Nº de Valores Deducidos =	6.51	$\leq 10$
---------------------------	------	-----------

Para el séptimo Valor descendiente tomaría el 51%, pero como solo hubo 6 valores deducidos, utilicé todos.

Se realizó la iteración con los valores mayores a 2.0, y se halló  $q = 6$ , se calculó el Valor deducido total que resulta de sumar todos los valores individuales y con apoyo de la gráfica del Anexo C se obtuvo el valor del CDV (Corrected Deduct Value) ó VDC (Valor Deducido Corregido). Así se repitió el procedimiento en cada iteración y se redujo a 2.0 el dato de menor valor de los que superaron el valor deducido de 2.0 (condición inicial o anterior) que junto al Valor deducido total que tampoco cambió de valor.

Una vez que se obtuvo todos los valores de CDV se tomó el mayor y este se tomó como el Máximo valor deducido corregido (Max. V.D.C.).

Y por último con el Max V.D.C., se procedió a hallar PCI de la unidad de muestra con la Ecuación 4 (Índice de Condición de Pavimento de Unidad de Muestra) del subtítulo 5.6.4 Etapa 4 (cálculo de PCI).

**Tabla 19: Cálculo de Valores Deducidos de la Unidad de Muestra U1**

No.	Valores Deducidos								TOTAL	TOTAL	V. D. C.
1	40	35	34.5	21	18	7	-	-	155.5	6	75.5
2	40	35	34.5	21	18	2			150.5	5	77.5
3	40	35	34.5	21	2	2			134.5	4	76
4	40	35	34.5	2	2	2			115.5	3	72
5	40	35	2	2	2	2			83	2	60
6	40	2	2	2	2	2			50	1	50
										MAX V.D. C.	77.5

Entonces:

$$PCI = 100 - MAX V.D.C.$$

$$PCI = 24 \rightarrow \text{MUY MALO}$$

## 7.5 CÁLCULO DEL PCI PARA TODA LA SECCIÓN DEL PAVIMENTO

Como se utilizó la técnica del muestreo y la selección de las unidades se realizó mediante la técnica aleatoria, y a su vez no existieron muestras adicionales, el PCI de la sección de pavimento se tomó como el promedio de los PCI calculados de cada unidad de muestreo.

Entonces:

$$\text{PCI de la Sección} = \frac{\sum \text{PCI de unidades de muestra inspeccionadas}}{\# \text{ de unidades de muestra inspeccionadas}}$$

*Ecuación 8*

$$\text{PCI Sección 01} = 71/2 = 35.5 \rightarrow \text{MALO}$$

$$\text{PCI Sección 02} = 305/9 = 33.9 \rightarrow \text{MALO}$$

## 7.6 PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Una vez registrados todos los datos de campo, y obtenidos los índices de condición respectivos para cada unidad de muestra, se puede calcular el PCI promedio de las 2 secciones consideradas, para tener una idea global de cuál es el estado del pavimento de la Av. Jorge Chávez. Se muestra en la tabla 9 un resumen de estos resultados, identificando las dos secciones de la vía, con sus respectivas unidades de muestra que fueron tomadas para la inspección.

*Tabla 20: Hoja de Resultados del PCI de la Av. Jorge Chávez*

UND. DE MUESTRA	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	SECCIÓN	ÁREA	PCI UNIDAD DE MUESTRA	ESTADO DE UND. DE MUESTRA	PCI SECCIÓN	ESTADO DE SECCIÓN
U1	00 + 00	00 + 31.50	1	229.95	22.5	MUY MALO	35.5	MALO
U4	00 + 94.5	00 + 126	1	229.95	48.5	REGULAR		
U7	00 + 189	00 + 220.50	1	229.95	35.5	MALO	33.9	MALO
U10	00 + 283.5	00 + 315	2	229.95	34	MALO		
U13	00 + 378	00 + 378	2	229.95	10.5	MUY MALO		
U16	00 + 472.5	00 + 504	2	229.95	61	BUENO		
U19	00 + 567	00 + 598.5	2	229.95	19	MUY MALO		
U22	00 + 661.5	00 + 693	2	229.95	48.5	REGULAR		
U25	00 + 756	00 + 787.5	2	229.95	52	REGULAR		
U28	00 + 850.5	00 + 882	2	229.95	20.5	MUY MALO		
U31	00 + 945	00 + 976.5	2	229.95	24	MUY MALO		

<b>PCI DE LA AVENIDA JORGE CHÁVEZ</b>	<b>34.69</b>	<b>MALO</b>
---------------------------------------	--------------	-------------

Se puede observar que la avenida Jorge Chávez, presenta una condición de pavimento malo, en sus dos secciones, con una diferencia mínima en severidad mayor en la sección N°1.

El pavimento flexible de la **Avenida Jorge Chávez** tiene un **PCI final ponderado de 34.69** el cual pertenece a un **estado de pavimento malo**, es por esto que casi en toda su trayectoria la avenida resulta un factor de desconfort para los usuarios, y a su vez ocasiona un mayor deterioro de los vehículos que transitan por la zona.

Los valores obtenidos en la tabla, se encuentran en el límite inferior del rango de las acciones a tomar según el Índice de Condición de Pavimentos, así que este índice si bien nos indica que el estado del pavimento es

malo, y la rehabilitación del pavimento sería una opción a tomar, está muy cerca de optarse por la reconstrucción del mismo.

## 7.7 RESUMEN DE LAS FALLAS ENCONTRADAS

En las siguientes tablas podemos observar el consolidado de las fallas encontradas por cada sección así como su magnitud y severidad.

*Tabla 21: Fallas de la Sección 1*

Fallas	und	LOW	MEDIUM	HIGH	
4	m	1.40	1.05	-	Elevaciones y Hundimiento
9	m	15.30	-	-	Desnivel carril/berma
11	m2	3.24	79.84	-	Baches y Zanjas reparadas (Parches)
13	nro	3.00	3.00	-	Huecos
19	m2	181.04	190.96	4.83	Desprendimiento de Agregados

Falla 19	372.00	m2	=	80.9 %
Falla 11	83.08	m2	=	18.1 %

*Tabla 22: Fallas de la Sección 2*

Fallas	und	LOW	MEDIUM	HIGH	
2	m2	0.94	0.00	-	Exudación de Asfalto
4	m	2.00	20.80	3.35	Elevaciones y Hundimiento
5	m2	33.56	-	-	Corrugaciones (encalaminado)
6	m2	-	0.48	15.17	Depresiones
7	m	15.05	1.60	-	Grieta de borde
10	m	3.70	11.74	2.50	Grietas longitudinales y transversales
11	m2	719.38	53.49	-	Baches y zanjas reparadas
13	nro	23.00	9.00	1.00	Huecos
14	m2	-	2.38	-	Rejilla de drenaje, líneas férreas
15	m2	52.79	14.20	-	Ahuellamientos
19	m2	696.83	408.74	-	Desprendimiento de Agregados

Falla 19	1105.57	m2	=	53.42 %
Falla 11	772.87	m2	=	37.34 %

Se puede destacar que en ambos casos la magnitud del desprendimiento de agregados es mayor con un Área 372.00 m<sup>2</sup> y 1105.57 m<sup>2</sup> de la sección 1 y 2 respectivamente.

En segundo lugar podemos observar que los parches (zanjas reparadas) cubren 83.08 m<sup>2</sup> en la sección 1 y 772.87 m<sup>2</sup> en la sección 2.

Estas dos son las que más influyen en el deterioro del pavimento de la Avenida Jorge Chávez, ya que en la sección 1, la falla a n°19 (desprendimiento de agregados) representa 80.90 % del área inspeccionada, y la falla n°11 (zanjas reparadas) representa el 18.10 %. Por otro lado en la sección 2, la falla n°19 representa al 53.40 % y la falla n°11 representa al 37.30 %.

Existen muchas opciones disponibles para rehabilitar una carretera, pero se debe tener en cuenta que en este caso el mayor porcentaje de las fallas lo cubre el desprendimiento de agregados, y en un segundo lugar el parcheo, por lo que la colocación de una sobrecarpeta sería una buena opción a seguir.

Sin embargo, antes de proceder a la colocación de la sobrecarpeta, deberán repararse todos los desperfectos graves, tales como las elevaciones y los hundimientos, las depresiones, los huecos, las grietas de borde, longitudinales y transversales, que se encuentren en una severidad alta (high), En el caso de las grietas, se debe proceder a un sellado de grietas, y para las demás fallas se deberá hacer un parcheo profundo o parcial según sea el caso. Finalmente se podrá colocar la sobrecarpeta para alargar la vida tanto del camino como de los vehículos que lo usan.



## **CAPÍTULO VIII: ENSAYO DE LA VIGA BENKELMAN**

### **8.1 MATERIALES Y EQUIPOS DEL ENSAYO DE VIGA BENKELMAN:**

- Viga Benkelman de doble brazo– Viga con doble brazo de medida, con sus correspondientes diales registradores (al 0.01 mm y recorrido 10 mm).



*Figura 82: Viga Benkelman de Doble brazo*

- Vehículo de carga – El eje trasero pesó en la balanza 8.175 kg, igualmente distribuidos en sus ruedas duales y estuvo equipado con llantas de caucho y cámaras neumáticas. Las llantas fueron de 10”x20”; 12 lonas e infladas a 5,60 kg/cm<sup>2</sup>. La distancia entre los puntos medios de la banda de rodamiento de ambas llantas de cada rueda dual fue de 32 cm.



*Figura 83: Vehículo de Carga*

- Medidor de presión de inflado.
- Termómetro – De 0° a 100° C con divisiones cada grado.
- Barreno – Para ejecutar orificios en el pavimento de 40 mm de profundidad y 10 mm de diámetro.
- Un cronómetro.
- Wincha de acero de 2m y otra de 25 o 50 m.
- Un Vibrador

## **8.2 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO DE VIGA BENKELMAN:**

- 1) El punto del pavimento ensayado, fue marcado convenientemente con una línea transversal al camino. Sobre dicha línea fue localizado el punto de ensayo a una distancia prefijada del borde. Se utilizó las distancias indicadas en la Tabla 10 a consideración de las recomendaciones del manual de ensayos de materiales (MTC E 1002-2000).



*Figura 84: Punto del pavimento a ser ensayado con la Viga Benkelman*

**Tabla 23: Distancia del Punto de Ensayo desde el borde del Pavimento**

Ancho del Carril	Distancia del Punto de ensayo desde el borde del pavimento
2,70 m	0,45 m
3,00 m	0,60 m
3,30 m	0,75 m
3,60 m o más	0,90 m

- 2) La rueda dual externa del camión fue colocada sobre el punto seleccionado; para la correcta ubicación de la misma, y se colocó en la parte trasera extrema del camión una guía vertical en correspondencia con el eje de carga. Desplazando suavemente el camión, se hace coincidir la guía vertical con la línea transversal indicada en el paso 1 de modo que simultáneamente el punto quede entre ambas llantas de la rueda dual.





***Figura 85: Colocación de la Rueda dual en el punto de ensayo***

- 3) Se colocó la viga sobre el pavimento, detrás del camión, perpendicularmente al eje de carga de modo que la punta de prueba del primer brazo coincidió con el punto de ensayo y la viga no rozó contra las llantas de la rueda dual.



***Figura 86: Colocación de la Viga Benkelman en el punto de ensayo***



- 4) Se liberaron los seguros de los brazos y se ajustó la base de la viga por medio del tornillo trasero, de manera que los dos brazos de medición quedaron en contacto con los diales.



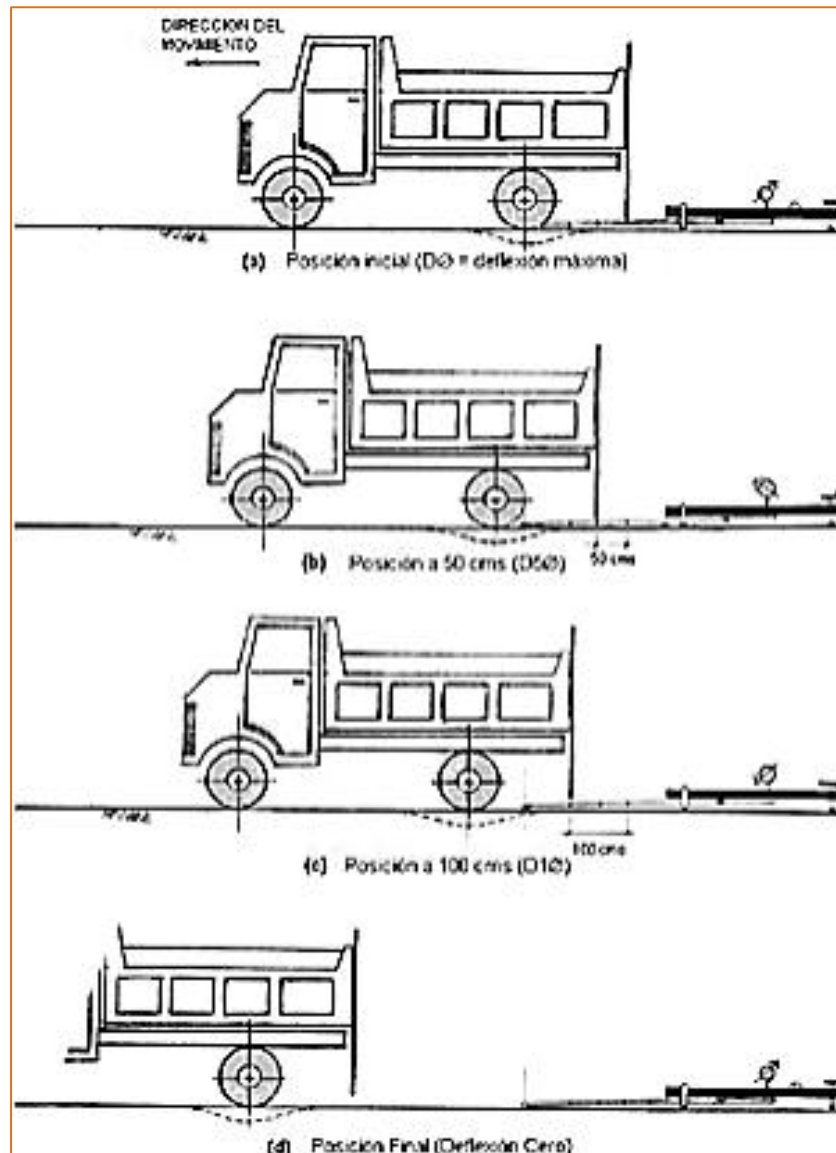
***Figura 87: Fijación de la Viga Benkelman***

- 5) Se ajustó a los diales de modo que sus vástagos tengan un recorrido libre comprendido entre 4 y 6 mm. Se giraron las esferas de los diales hasta que las agujas quedaron en cero y se verificó la lectura golpeándolos suavemente con un lápiz. Se giró la esfera cada vez que fue necesario y se repitió la operación hasta que se obtuvo la posición 0 (cero).



***Figura 88: Calibración de los diales de la Viga***

- 6) Se hizo avanzar suave y lentamente el camión; y se puso en marcha el cronómetro y vibrador, los diales se leyeron cada 60 segundos. Cuando dos lecturas sucesivas de cada uno de ellos no se diferenciaron en más de 0,01 mm, se dio por finalizada la recuperación, y se registró las últimas lecturas observadas (L0 y L25) que detallan en el anexo E (Evaluación Deflectométrica mediante la Viga Benkelman)



**Figura 89: Esquematzación del Proceso de Medición con la Viga Benkelman**

- 7) Con el fin de medir la temperatura del pavimento se practicó un orificio (antes de comenzar el ensayo y simultáneamente con el trazado de la línea), cuyas dimensiones fueron: 4 cm de profundidad y 10 mm de diámetro, aproximadamente, emplazado sobre la línea paralela al eje del camino, que pasó por el punto de determinación de la deflexión y a 50 cm del mismo en el sentido de avance del camión. Se llenó con aceite no menos de 10 minutos



antes de iniciar el ensayo, se insertó el termómetro y se leyó la temperatura, y se retiró el mismo antes del desplazamiento del camión.

El rango de temperatura de trabajo debió de quedar dentro de los siguientes límites:

- Límite Inferior: 5°C
- Límite Superior: 35°C

8) No obstante el límite superior indicado en el paso 7, el ensayo no se deberá efectuar a temperaturas inferiores si ellas producen deformación plástica entre ambas llantas de la rueda dual. Para detectar si dicha deformación se produce, se deberá proceder de la siguiente forma

9) Tampoco deberá efectuarse el ensayo si, aun cuando no se detectara deformación plástica mediante el procedimiento recién indicado, se constatará que el radio de acción de la carga del camión afecta las patas de la regla, para lo cual se procederá de la siguiente forma:

Una vez registradas las lecturas de los diales, se hace retroceder lentamente el camión observando el dial del primer brazo. Cuando se observe que el dial comienza a desplazarse acusando la deformación producida por la carga, se marca sobre el pavimento la posición de la guía vertical mencionada en el paso 2 y se detiene el retroceso del camión.

Se mide la distancia entre la punta de prueba del primer brazo y la marca practicada sobre el pavimento, de acuerdo con lo indicado antes. Sea “d” esa distancia, si “d” es mayor de 2.40 m, la acción de la carga del camión afecta las patas de la viga.

### 8.3 CÁLCULOS DEL ENSAYO DE VIGA BENKELMAN:

- 1) La deflexión bajo el eje de la carga ( $D'$ ), se calcula mediante la expresión:

$$D' = 4 \times L_0 \text{ (expresada en 0.01 mm)} \rightarrow \text{Ecuación 9}$$

Donde  $L_0$  es la lectura registrada en el dial del primer brazo de ensayo.

- 2) La deflexión a 25 cm del eje de la carga ( $D_{25}$ ), se calcula con la expresión:

$$D_{25} = 4 \times L_{25} \text{ (expresada en 0.01 mm)} \rightarrow \text{Ecuación 10}$$

**Nota:**

El valor “4” usado por el cálculo  $D'$  y  $D_{25}$  obedece a que la relación de longitudes de brazo indicadas en la lista de los materiales y equipos es 4.

En caso de que la viga utilizada tenga una relación diferente, se aplicará el factor que corresponda.

- 3) El radio de curvatura en el punto de ensayo se calcula con la expresión:

$$RC = \frac{3125}{(D' - D_{25})} \text{ expresado en mm}$$

*Ecuación 11*

### 8.4 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DEL ENSAYO DE VIGA BENKELMAN:

Para el análisis estructural de esta vía se emplearon los principios establecidos en los estudios desarrollados en nuestro medio por el MTC.

La deflexión medida depende del sistema pavimento-subrasante, la cual se analizará empleando parámetros como la Deflexión Característica ( $D_c$ ) y el Radio de Curvatura ( $R_c$ ).

#### **8.4.1 Deflexión Característica ( $D_c$ )**

La Deflexión Característica ( $D_c$ ) es la deflexión representativa del tramo en estudio y es obtenida de un análisis estadístico que involucra el Valor Medio, la Desviación Estándar y el Grado de Confianza. Para efectos de análisis y por el tipo de tráfico se considera que tenga un 95% de confiabilidad, para el que se utiliza la siguiente expresión definida en el MTC.

$$D_c = D_{media} + 1.645 \times \sigma \rightarrow \text{Ecuación 12}$$

#### **8.4.2 Deflexión Admisible ( $D_{adm}$ )**

La deflexión admisible está en función del número de repeticiones de ejes equivalentes acumulados de las cargas que produce el tráfico durante el periodo de diseño del pavimento y garantiza, mientras no sea superado un comportamiento satisfactorio del pavimento. El principio adoptado en este caso es que el comportamiento de un pavimento hasta alcanzar niveles críticos es inversamente proporcional a su Deflexión.

Como no se encontró registro alguno de la avenida Jorge Chávez, se consideró como  **$D_{adm} = 45 \times 10^{-2} \text{ mm}$** . La cual es tomada como una deflexión standard para la mayoría de los pavimentos de la ciudad de Tacna.

### **8.4.3 Radio de Curvatura (Rc)**

Los Radios de Curvatura (Rc) determinan la magnitud de la deformación lineal (curvatura de la línea de deflexión). Que nos permite inferir su comportamiento estructural.

Los Radios de Curvatura son grandes cuando la mayor parte de la deflexión se produce en la subrasante.

Los Radios de Curvatura son pequeños cuando la mayor parte de la deflexión se produce en las capas superiores (carpeta asfáltica)

Para el cálculo del Radio de Curvatura (Rc) se emplea la expresión ecuación 11 descrita en el ítem 8.3.

## **8.5 RESULTADOS DEL ENSAYO DE VIGA BENKELMAN:**

Para cada ensayo, el informe incluyó la progresiva de la prueba, las lecturas de campo, las lecturas corregidas, las deflexiones ( $D' - D_{25}$ ) y el radio de curvatura (Rc).

En el Anexo E se encuentran plasmados los resultados de la evaluación deflectométrica (Viga Benkelman) de la avenida Jorge Chávez del carril derecho y del izquierdo, con sus respectivos análisis deflectométricos a nivel carpeta asfáltica del pavimento.

La evaluación estructural del pavimento, se ha realizado con el método de la medición de deflexiones de la superficie, cuyas variaciones nos permiten inferir el comportamiento estructural del pavimento a lo largo del tramo.

Se puede resaltar en estos resultados que la deflexión en todos los puntos donde se tomaron las lecturas de los diales con la viga Benkelman, son en todos los casos mayores que la deflexión admisible.

## **CONCLUSIONES**

- El pavimento flexible de la Avenida Jorge Chávez del distrito de Pocollay, departamento y Provincia de Tacna, en el año 2016, según la evaluación mediante el método del Índice del condición del Pavimento (PCI) tiene un valor de  $PCI = 34.69$  y en concordancia con la escala de evaluación del PCI, se concluye que el estado actual de dicho pavimento es malo<sup>5</sup>.
- Las fallas más predominantes de la avenida Jorge Chávez, según la clasificación de la norma ASTM D6433, fueron el “desprendimiento de agregados (falla 19)” y los “parches (falla 11)”<sup>6</sup>, con un área total de 1477.57 m<sup>2</sup> para la falla n°19, que representa al 58.4 % del área inspeccionada; y 855.95 m<sup>2</sup> para la falla n°11, que significa el 33.8 %. En ambos casos, estas fallas se encontraron con severidad media y baja.
- Las fallas N°19 (desprendimiento de agregados) y la N°11 (parches) se encontraron en severidad media y baja, ya que según nos indicó el Método PCI, un área parchada, o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original del pavimento, e usualmente se encuentra alguna rugosidad que esté asociada con el daño. Además el desprendimiento de agregados se originó por la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado, esto debido a una mezcla de pobre calidad.

---

<sup>5</sup> Tabla 20: Hoja de Resultados del PCI de la Av. Jorge Chávez.

<sup>6</sup> Tabla 4: Fallas consideradas en un Pavimento Flexible según el PCI

- Mediante el ensayo de la Viga Benkelman se concluye que en el lado derecho la deflexión característica es de  $52,04 \times 10^{-2}$ mm y que en el carril izquierdo tiene una deflexión característica igual a  $56,73 \times 10^{-2}$ mm. En ambos casos estas deflexiones son mayores que la deflexión admisible de  $45 \times 10^{-2}$ mm. Entonces se puede decir que la  $D_c > D_{adm}$ , lo cual nos indica que el pavimento necesita una rehabilitación, para garantizar un periodo remanente de vida útil.
  
- Se puede garantizar que con el Método del PCI se consiguen los mismos resultados que con una técnica comúnmente usada en el Perú, como el de la Viga Benkelman estandarizada por la ASTM 4695. Y que además, el método del PCI, está estandarizado por la ASTM D6433, y es una técnica de fácil implementación que no requiere de costosos aparatos pero si del personal capacitado y con el conocimiento necesario para identificar y evaluar la severidad, magnitud y tipo de fallas que se encuentran en el pavimento a evaluar.
  
- Se concluye que por la condición en que se encuentra el pavimento necesita una rehabilitación del mismo, para garantizar que su periodo de vida útil remanente sea efectivo.





## **RECOMENDACIONES**

- Como el Índice de Condición del Pavimento es descrito como malo, se recomienda realizar una Rehabilitación Integral de la Vía en estudio, ya que lo que se busca es que la avenida Jorge Chávez cuente de las condiciones de servicio necesarias para generar confort y seguridad al usuario.
- Las fallas N°19 (desprendimiento de agregados) y la N°11 (parches) tienen un total de 92.2% juntas, y por ende se recomendaría tener en cuenta sus opciones de reparación.
- Como las fallas N°19 y N°11 son de severidad media y baja se recomienda hacer una sobrecarpeta (recapeo) de toda la vía.
- El método del PCI es de fácil implementación y mucho más económico que los métodos de evaluación de nuestra localidad (como el ensayo de la viga Benkelman). Es por esto que se recomienda usar este método en pavimentos urbanos así como también interurbanos, modificando el número mínimo de las unidades de muestra a inspeccionar.
- Se recomienda realizar una rehabilitación de la avenida Jorge Chávez, utilizando un recapeo en toda su trayectoria, ya que el proceso de reconstrucción no es necesario en estos momentos, sin embargo cabe resaltar que se debe realizar esta rehabilitación lo más pronto posible, ya que de no ser así se podría llegar a tomar la opción de reconstrucción del pavimento flexible en esta vía.

- Asimismo, antes de proceder a la colocación de la sobrecarpeta, deberán repararse todos los desperfectos graves, tales como las elevaciones y los hundimientos, las depresiones, los huecos, las grietas de borde, longitudinales y transversales, que se encuentren en una severidad alta (high), En el caso de las grietas, se debe proceder a un sellado de grietas, y para las demás fallas se deberá hacer un parcheo profundo o parcial según sea el caso.
- Ya que no se han encontrado estudios de la vía, se debe realizar el estudio del nivel de tráfico y obtener los parámetros necesarios para realizar el correcto diseño de la vía, y evitar que su rehabilitación o reconstrucción sea ineficiente.
- La evaluación de un pavimento mediante este método debe ser realizado por personal competente y responsable, que sea capaz de identificar las fallas que se encuentren, dentro de los 19 tipos que considera PCI para pavimentos asfálticos, teniendo en cuenta las consideraciones ya descritas.
- Cuando se realice la inspección de campo de las unidades de muestra, las personas encargadas deberán contar el equipo necesario para su desplazamiento.
- Al momento de realizar la inspección de campo, el inspector o inspectores, deberán contar el equipo necesario para su desplazamiento en la vía, así como de los elementos necesarios para su seguridad, previniendo a los conductores y peatones con el fin de evitar accidentes.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. American Society for Testing and Materials, ASTM D 6433, 2004, "*Standart Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys*", U.S.A.
2. AASHTO, Julio 1990, "AASHTO Guidelines for Pavement Management System", American Association of State Highways and Transportation Officials, Washington D.C.
3. American Society for Testing and Materials, ASTM D 5340, 2012, "Standart Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys", U.S.A.
4. Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma CE.010, 2010, "Pavimentos Urbanos", Lima – Perú (Primera Edición)
5. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2013, "Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción", Perú - Manual de Carreteras
6. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2000, "Manual De Ensayo De Materiales", Perú.
7. American Society for Testing and Materials, 2015, "Guía Estándar Para La Medición General De Las Deflexiones En El Pavimento", EE.UU.
8. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2013, "Manual De Carreteras – Conservación Vial", Perú.

9. Ing. Gustavo Corredor, M., 2010, “Apuntes De Diseño De Pavimentos”, (volumen 3)
10. Montejo, F. Alonso, 2006, “Ingeniería De Pavimentos: Evaluación Y Nuevas Tecnologías”, Tomo 2 (Tercera Edición).
11. Ing. Coronado Iturbide, J., 2002, “Manual Centroamericano Para Diseño De Pavimentos”.
12. Ing. Vivar Romero, G., 1990-1991, “Diseño Y Construcción De Pavimentos”, Perú (Colegio de Ingenieros del Perú - CIP).
13. Shahin, M. Y, 2005, "Pavement Management for Airports Roads and Parking Lots". Springer Science + Bussiness Media. LLC. (Segunda edición).
14. Thompson, Marshall. (2010). “Evaluación de Pavimentos Flexibles: 5) Pavement management for Airports Roads and Parking Lots”. USA: Springer.

**ANEXOS**

**A) PANEL FOTOGRÁFICO**

*Figura 90: Toma de medidas de las Unidades de Muestra*



*Figura 91: Toma de medidas de Un Parche de severidad Media*

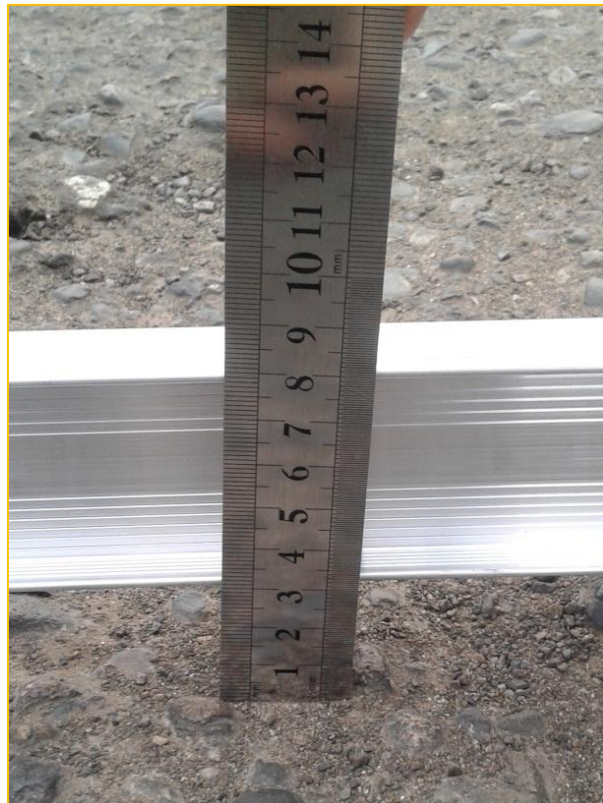


*Figura 92: Toma de medidas de Un Parche de severidad Baja*



*Figura 93: Ahuellamiento en severidad Baja*





*Figura 94: Toma de medidas de Ahuellamientos*





*Figura 95: Huecos en diferentes severidades.*



*Figura 96: Delimitación de cada unidad de muestra*





*Figura 97: Desprendimiento de Agregados de severidad Media*



*Figura 98: Ahuellamiento de Severidad Media*



*Figura 99: Grietas longitudinales y transversales de Severidad Baja*





*Figura 100: Desprendimiento de Agregados de severidad Baja*



*Figura 101: Hueco de Severidad Media*



*Figura 102: Abultamientos y Hundimientos de diferente Severidad*



*Figura 103: Toma de Medidas de los Abultamientos y Hundimientos.*





*Figura 104: Depresión de Severidad Alta.*



*Figura 105: Exudación de Severidad baja.*



*Figura 106: Parches de severidad media.*





*Figura 107: Toma de medidas para el ensayo de la Viga Benkelman.*



*Figura 108: Calibración de la Viga Benkelman – Carril Derecho.*



*Figura 109: Avance del Camión para la toma de medidas.*



*Figura 110: Colocación de la Viga Benkelman - Carril Derecho.*



*Figura 111: Toma de medidas de la Viga Benkelman - Carril Izquierdo.*



*Figura 112: Posicionamiento del Camión - Carril Izquierdo.*

**B) FORMATOS DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS**

**Unidad de Muestra U1**

**Tabla 24: Hoja de registro de la Unidad de muestra U1**

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI -				ESQUEMA:							
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA											
HOJA DE REGISTRO											
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO											
NOMBRE DE LA VIA		PROGRESIVA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRA				SECCIÓN			
Av. Jorge Chávez		00 + 00		U 1				1			
EJECUTOR		PROGRESIVA FINAL		ÁREA DE MUESTRA				FECHA			
Bach. Mariana Hiliquin Brañez		00 + 31.50		229.95 m <sup>2</sup>				01 septiembre del 2016			
1. Piel de Cocodrilo		6. Depresión		11. Parcheo				16. Desplazamiento			
2. Exudación		7. Fisura de Borde		12. Pulimiento de Agregados				17. Grieta Parabólica			
3. Fisuras en Bloque		8. Fisura de Reflexión de Junta		13. Huecos				18. Hinchamiento			
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel Carril/Berma		14. Cruce de Via Férrea				19. Desprendimiento de Agregados			
5. Corrugación		10. Fisuras Longitudinales y transversales		15. Ahuellamiento							
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	V. D.	
13	M	3.00					3.00	1.30	35		
13	L	2.00					2.00	0.87	18		
19	H	0.02	0.008	4.80			4.83	2.10	21		
4	M	0.45	0.6				1.05	0.46	7		
11	M	26.78	3.48	3.48	0.42		34.16	14.85	34.5		
19	M	190.96					190.96	83.05	40		

Max V.D. = 40

Nº de Valores Deducidos = 6.51

*Tabla 25: Máximo Valor Deducido Corregido de la Unidad de muestra UI*

No.	Valores Deducidos								TOTAL	TOTAL	V. D. C.
1	40	35	34.5	21	18	7	-	-	155.5	6	75.5
2	40	35	34.5	21	18	2	-	-	150.5	5	77.5
3	40	35	34.5	21	2	2	-	-	134.5	4	76
4	40	35	34.5	2	2	2	-	-	115.5	3	72
5	40	35	2	2	2	2	-	-	83	2	60
6	40	2	2	2	2	2	-	-	50	1	50
										MAX V.D. C.	77.5

Entonces:  $PCI = 100 - MAX V. D. C.$

PCI = 22.5 = MUY MALO

**Unidad de Muestra U1**

**Tabla 26: Hoja de registro de la Unidad de muestra U4**

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI -				ESQUEMA:							
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA											
HOJA DE REGISTRO											
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO											
NOMBRE DE LA VIA		PROGRESIVA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRA				SECCIÓN			
Av. Jorge Chávez		00+94.5		U 4				1			
EJECUTOR		PROGRESIVA FINAL		ÁREA DE MUESTRA				FECHA			
Bach. Mariana Hiliquin Brañez		00+126		229.95 m2				01 septiembre del 2016			
<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Piel de Cocodrilo</li> <li>2. Exudación</li> <li>3. Fisuras en Bloque</li> <li>4. Abultamientos y hundimientos</li> <li>5. Corrugación</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>6. Depresión</li> <li>7. Fisura de Borde</li> <li>8. Fisura de Reflexión de Junta</li> <li>9. Desnivel Carril/Berma</li> <li>10. Fisuras Longitudinales y transversales</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>11. Parcheo</li> <li>12. Pulimiento de Agregados</li> <li>13. Huecos</li> <li>14. Cruce de Vía Férrea</li> <li>15. Ahuellamiento</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>16. Desplazamiento</li> <li>17. Grieta Parabólica</li> <li>18. Hinchamiento</li> <li>19. Desprendimiento de Agregados</li> </ul>			
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	V. D.	
11	M	15.75	29.93					45.68	19.86	41.5	
4	L	1.4						1.40	0.61	2.5	
9	L	15.3						15.30	6.65	4	
11	L	3.24						3.24	1.41	4	
13	L	1						1.00	0.43	11	
19	L	181.04						181.04	78.73	15	

Max V.D. = 41.5

Nº de Valores Deducidos = 6.37

**Tabla 27: Máximo Valor Deducido Corregido de la Unidad de muestra U4**

No.	Valores Deducidos								TOTAL	q	V. D. C.
1	41.5	15	11	4	4	2.5	-	-	78	6	36.5
2	41.5	15	11	4	4	2	-	-	77.5	5	39.5
3	41.5	15	11	4	2	2	-	-	75.5	4	42.5
4	41.5	15	11	2	2	2	-	-	73.5	3	47
5	41.5	15	2	2	2	2	-	-	64.5	2	47.5
6	41.5	2	2	2	2	2	-	-	51.5	1	51.5
										MAX V.D. C.	51.5


Entonces:  $PCI = 100 - MAX V. D. C.$

PCI = 48.5 = REGULAR



**Unidad de Muestra U7**

**Tabla 28: Hoja de registro de la Unidad de muestra U7**

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI -							ESQUEMA:																			
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA																										
HOJA DE REGISTRO																										
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO																										
<table border="0"> <tr> <td>NOMBRE DE LA VIA</td> <td>PROGRESIVA INICIAL</td> <td>UNIDAD DE MUESTRA</td> <td>SECCIÓN</td> </tr> <tr> <td>Av. Jorge Chávez</td> <td>00 + 189</td> <td>U 7</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>EJECUTOR</td> <td>PROGRESIVA FINAL</td> <td>ÁREA DE MUESTRA</td> <td>FECHA</td> </tr> <tr> <td>Bach. Mariana Hiliquin Brañez</td> <td>00 + 220.50</td> <td>229.95 m<sup>2</sup></td> <td>02 septiembre del 2016</td> </tr> </table>												NOMBRE DE LA VIA	PROGRESIVA INICIAL	UNIDAD DE MUESTRA	SECCIÓN	Av. Jorge Chávez	00 + 189	U 7	2	EJECUTOR	PROGRESIVA FINAL	ÁREA DE MUESTRA	FECHA	Bach. Mariana Hiliquin Brañez	00 + 220.50	229.95 m <sup>2</sup>
NOMBRE DE LA VIA	PROGRESIVA INICIAL	UNIDAD DE MUESTRA	SECCIÓN																							
Av. Jorge Chávez	00 + 189	U 7	2																							
EJECUTOR	PROGRESIVA FINAL	ÁREA DE MUESTRA	FECHA																							
Bach. Mariana Hiliquin Brañez	00 + 220.50	229.95 m <sup>2</sup>	02 septiembre del 2016																							
<table border="0"> <tr> <td>1. Piel de Cocodrilo</td> <td>6. Depresión</td> <td>11. Parcheo</td> <td>16. Desplazamiento</td> </tr> <tr> <td>2. Exudación</td> <td>7. Fisura de Borde</td> <td>12. Pulimiento de Agregados</td> <td>17. Grieta Parabólica</td> </tr> <tr> <td>3. Fisuras en Bloque</td> <td>8. Fisura de Reflexión de Junta</td> <td>13. Huecos</td> <td>18. Hinchamiento</td> </tr> <tr> <td>4. Abultamientos y hundimientos</td> <td>9. Desnivel Carril/Berma</td> <td>14. Cruce de Via Férrea</td> <td>19. Desprendimiento de Agregados</td> </tr> <tr> <td>5. Corrugación</td> <td>10. Fisuras Longitudinales y transversales</td> <td>15. Ahuellamiento</td> <td></td> </tr> </table>							1. Piel de Cocodrilo	6. Depresión	11. Parcheo	16. Desplazamiento	2. Exudación	7. Fisura de Borde	12. Pulimiento de Agregados	17. Grieta Parabólica	3. Fisuras en Bloque	8. Fisura de Reflexión de Junta	13. Huecos	18. Hinchamiento	4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel Carril/Berma	14. Cruce de Via Férrea	19. Desprendimiento de Agregados	5. Corrugación	10. Fisuras Longitudinales y transversales	15. Ahuellamiento	
1. Piel de Cocodrilo	6. Depresión	11. Parcheo	16. Desplazamiento																							
2. Exudación	7. Fisura de Borde	12. Pulimiento de Agregados	17. Grieta Parabólica																							
3. Fisuras en Bloque	8. Fisura de Reflexión de Junta	13. Huecos	18. Hinchamiento																							
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel Carril/Berma	14. Cruce de Via Férrea	19. Desprendimiento de Agregados																							
5. Corrugación	10. Fisuras Longitudinales y transversales	15. Ahuellamiento																								
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	V. D.																
4	M	3.80	2.90	3.15	3.95			13.80	6.00	32																
7	L	0.4						0.40	0.17	0																
13	L	1.00						1.00	0.43	11																
11	L	7.61	12.26	3.80	63.00			86.67	37.69	30																
19	M	143.28						143.28	62.31	38.5																

Max V.D. = 38.5

Nº de Valores Deducidos = 6.65

**Tabla 29: Máximo Valor Deducido Corregido de la Unidad de muestra U7**

No.	Valores Deducidos								TOTAL	q	V. D. C.
1	38.5	32	30	11	-	-	-	-	111.5	4	64
2	38.5	32	30	2	-	-	-	-	102.5	3	64.5
3	38.5	32	2	2	-	-	-	-	74.5	2	54
4	38.5	2	2	2	-	-	-	-	44.5	1	44.5

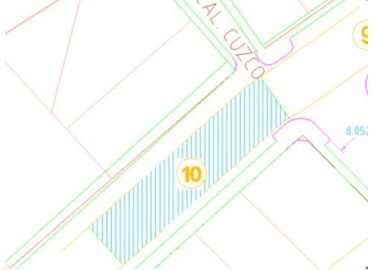
MAX V.D. C. 64.5

Entonces:  $PCI = 100 - MAX V. D. C.$

PCI = 35.5 = MALO

**Unidad de Muestra U10**

**Tabla 30: Hoja de registro de la Unidad de muestra U10**

<b>ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI -</b>		ESQUEMA: 									
<b>CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA</b>											
<b>HOJA DE REGISTRO</b>											
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO											
NOMBRE DE LA VIA		PROGRESIVA INICIAL			UNIDAD DE MUESTRA			SECCIÓN			
Av. Jorge Chávez		00 + 283.5			U 10			2			
EJECUTOR		PROGRESIVA FINAL			ÁREA DE MUESTRA			FECHA			
Bach. Mariana Hiliquin Brañez		00 + 315			229.95 m <sup>2</sup>			02 septiembre del 2016			
<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Piel de Cocodrilo</li> <li>2. Exudación</li> <li>3. Fisuras en Bloque</li> <li>4. Abultamientos y hundimientos</li> <li>5. Corrugación</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>6. Depresión</li> <li>7. Fisura de Borde</li> <li>8. Fisura de Reflexión de Junta</li> <li>9. Desnivel Carril/Berma</li> <li>10. Fisuras Longitudinales y transversales</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>11. Parcheo</li> <li>12. Pulimiento de Agregados</li> <li>13. Huecos</li> <li>14. Cruce de Via Férrea</li> <li>15. Ahuellamiento</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>16. Desplazamiento</li> <li>17. Grieta Parabólica</li> <li>18. Hinchamiento</li> <li>19. Desprendimiento de Agregados</li> </ul>			
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	V. D.	
7	M	1.60						1.60	0.70	5	
7	L	3.75	1.3	1.8				6.85	2.98	4	
15	M	8						8.00	3.48	32	
11	L	18.105	69.3					87.41	38.01	30	
19	M	142.55						142.55	61.99	39	

Max V.D. = 39

Nº de Valores Deducidos = 6.60

*Tabla 31: Máximo Valor Deducido Corregido de la Unidad de muestra U10*

No.	Valores Deducidos							TOTAL	q	V. D. C.
1	39	32	30	5	4	-	-	110	5	57.5
2	39	32	30	5	2	-	-	108	4	62
3	39	32	30	2	2	-	-	105	3	66
4	39	32	2	2	2	-	-	77	2	56
5	39	2	2	2	2	-	-	47	1	47

MAX V.D. C. 66

Entonces:  $PCI = 100 - MAX V. D. C.$

PCI = 34 = MALO

**Unidad de Muestra U13**

**Tabla 32: Hoja de registro de la Unidad de muestra U13**

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI -				ESQUEMA:							
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA											
HOJA DE REGISTRO											
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO											
NOMBRE DE LA VIA		PROGRESIVA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRA				SECCIÓN			
Av. Jorge Chávez		00 + 378		U 13				2			
EJECUTOR		PROGRESIVA FINAL		ÁREA DE MUESTRA				FECHA			
Bach. Mariana Hiliquin Brañez		00 + 409.5		229.95 m2				03 septiembre del 2016			
<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Piel de Cocodrilo</li> <li>2. Exudación</li> <li>3. Fisuras en Bloque</li> <li>4. Abultamientos y hundimientos</li> <li>5. Corrugación</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>6. Depresión</li> <li>7. Fisura de Borde</li> <li>8. Fisura de Reflexión de Junta</li> <li>9. Desnivel Carril/Berma</li> <li>10. Fisuras Longitudinales y transversales</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>11. Parcheo</li> <li>12. Pulimiento de Agregados</li> <li>13. Huecos</li> <li>14. Cruce de Via Férrea</li> <li>15. Ahuellamiento</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>16. Desplazamiento</li> <li>17. Grieta Parabólica</li> <li>18. Hinchamiento</li> <li>19. Desprendimiento de Agregados</li> </ul>			
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	V. D.	
7	L	4.40	1.30	2.1				7.80	3.39	3.35	
13	L	16						16.00	6.96	49.5	
13	M	4						4.00	1.74	40	
8	M	0.7						0.70	0.30	0	
15	M	2.40						2.40	1.04	19	
11	L	63.00	5.2	37.8	0.96			106.96	46.51	33	
19	M	122.99						122.99	53.49	36	



Max V.D. = 49.5

Nº de Valores Deducidos = 5.64

**Tabla 33: Máximo Valor Deducido Corregido de la Unidad de muestra U13**

No.	Valores Deducidos								TOTAL	q	V. D. C.
1	49.5	40	36	33	19	2.14	-	-	179.64	6	84.5
2	49.5	40	36	33	19	2	-	-	179.5	5	88.3
3	49.5	40	36	33	2	2	-	-	162.5	4	88
4	49.5	40	36	2	2	2	-	-	131.5	3	89.5
5	49.5	40	2	2	2	2	-	-	97.5	2	89
6	49.5	2	2	2	2	2	-	-	59.5	1	59.5
										MAX V.D. C.	89.5

Entonces:  $PCI = 100 - MAX V. D. C.$

PCI = 10.5 = MUY MALO

**Unidad de Muestra U16**

**Tabla 34: Hoja de registro de la Unidad de muestra U16**

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI -				ESQUEMA:							
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA											
HOJA DE REGISTRO											
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO											
NOMBRE DE LA VIA		PROGRESIVA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRA				SECCIÓN			
Av. Jorge Chávez		00 + 472.5		U 16				2			
EJECUTOR		PROGRESIVA FINAL		ÁREA DE MUESTRA				FECHA			
Bach. Mariana Hiliquin Brañez		00 + 504		229.95 m <sup>2</sup>				03 septiembre del 2016			
<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Piel de Cocodrilo</li> <li>2. Exudación</li> <li>3. Fisuras en Bloque</li> <li>4. Abultamientos y hundimientos</li> <li>5. Corrugación</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>6. Depresión</li> <li>7. Fisura de Borde</li> <li>8. Fisura de Reflexión de Junta</li> <li>9. Desnivel Carril/Berma</li> <li>10. Fisuras Longitudinales y transversales</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>11. Parcheo</li> <li>12. Pulimiento de Agregados</li> <li>13. Huecos</li> <li>14. Cruce de Vía Férrea</li> <li>15. Ahuellamiento</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>16. Desplazamiento</li> <li>17. Grieta Parabólica</li> <li>18. Hinchamiento</li> <li>19. Desprendimiento de Agregados</li> </ul>			
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	V. D.	
10	L	1.85	1.85					3.70	1.61	0	
10	M	0.54						0.54	0.23	0	
4	L	0.40						0.40	0.17	0	
5	L	4.02						4.02	1.75	4	
11	L	15.75	8.82	103.95	2.43	15.75		146.70	63.80	35	
19	L	83.25						83.25	36.20	10	



**Unidad de Muestra U19**

**Tabla 36: Hoja de registro de la Unidad de muestra U19**

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI -				ESQUEMA:						
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA										
HOJA DE REGISTRO										
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO										
NOMBRE DE LA VIA		PROGRESIVA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRA			SECCIÓN			
Av. Jorge Chávez		00 + 567		U 19			2			
EJECUTOR		PROGRESIVA FINAL		ÁREA DE MUESTRA			FECHA			
Bach. Mariana Hiliquin Brañez		00 + 598.5		229.95 m2			04 septiembre del 2016			
<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Piel de Cocodrilo</li> <li>2. Exudación</li> <li>3. Fisuras en Bloque</li> <li>4. Abultamientos y hundimientos</li> <li>5. Corrugación</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>6. Depresión</li> <li>7. Fisura de Borde</li> <li>8. Fisura de Reflexión de Junta</li> <li>9. Desnivel Carril/Berma</li> <li>10. Fisuras Longitudinales y transversales</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>11. Parcheo</li> <li>12. Pulimiento de Agregados</li> <li>13. Huecos</li> <li>14. Cruce de Via Férrea</li> <li>15. Ahuellamiento</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>16. Desplazamiento</li> <li>17. Grieta Parabólica</li> <li>18. Hinchamiento</li> <li>19. Desprendimiento de Agregados</li> </ul>			
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	V. D.
15	M	2.00	1.80					3.80	1.65	24
13	L	1.00						1.00	0.43	20
13	M	1.00						1.00	0.43	32
13	H	1.00						1.00	0.43	52
10	M	1.20	1.60	1.00				3.80	1.65	4.5
4	L	0.80						0.80	0.35	0
11	L	31.50	5.2	50.4	6.825			93.93	40.85	30
19	L	136.03						136.03	59.15	14

Max V.D. = 52

Nº de Valores Deducidos = 5.41

**Tabla 37: Máximo Valor Deducido Corregido de la Unidad de muestra U19**

No.	Valores Deducidos							TOTAL	q	V. D. C.	
1	52	32	30	24	20	5.74	-	-	163.74	6	79
2	52	32	30	24	20	2	-	-	160	5	81
3	52	32	30	24	2	2	-	-	142	4	79.5
4	52	32	30	2	2	2	-	-	120	3	74
5	52	32	2	2	2	2	-	-	92	2	65.5
6	52	2	2	2	2	2	-	-	62	1	62
										MAX V.D. C.	81

Entonces:  $PCI = 100 - MAX V. D. C.$

PCI =

19

=

MUY MALO

**Unidad de Muestra U22**



**Tabla 38: Hoja de registro de la Unidad de muestra U22**

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI -				ESQUEMA:						
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA										
HOJA DE REGISTRO										
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO										
NOMBRE DE LA VIA		PROGRESIVA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRA			SECCIÓN			
Av. Jorge Chávez		00 + 661.5		U 22			2			
EJECUTOR		PROGRESIVA FINAL		ÁREA DE MUESTRA			FECHA			
Bach. Mariana Hiliquin Brañez		00 + 693		229.95 m2			04 septiembre del 2016			
<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Piel de Cocodrilo</li> <li>2. Exudación</li> <li>3. Fisuras en Bloque</li> <li>4. Abultamientos y hundimientos</li> <li>5. Corrugación</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>6. Depresión</li> <li>7. Fisura de Borde</li> <li>8. Fisura de Reflexión de Junta</li> <li>9. Desnivel Carril/Berma</li> <li>10. Fisuras Longitudinales y transversales</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>11. Parcheo</li> <li>12. Pulimiento de Agregados</li> <li>13. Huecos</li> <li>14. Cruce de Via Férrea</li> <li>15. Ahuellamiento</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>16. Desplazamiento</li> <li>17. Grieta Parabólica</li> <li>18. Hinchamiento</li> <li>19. Desprendimiento de Agregados</li> </ul>			
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	V. D.
4	L	0.20						0.20	0.09	0
13	L	1.00	1.00					2.00	0.87	17
5	L	18.24						18.24	7.93	11
4	M	0.80	0.50	0.45				1.75	0.76	10
15	L	3.57	0.19	22.08				25.84	11.24	28
11	L	9.45	6.435	25.2	4.32	6.3		51.71	22.49	24
19	L	178.25						178.25	77.51	15

Max V.D. =	28
------------	----

Nº de Valores Deducidos =	7.61
---------------------------	------

**Tabla 39: Máximo Valor Deducido Corregido de la Unidad de muestra U22**

No.	Valores Deducidos								TOTAL	q	V. D. C.
1	28	24	17	15	11	10	-	-	105	6	51.5
2	28	24	17	15	11	2	-	-	97	5	50.5
3	28	24	17	15	2	2	-	-	88	4	50
4	28	24	17	2	2	2	-	-	75	3	48
5	28	24	2	2	2	2	-	-	60	2	46
6	28	2	2	2	2	2	-	-	38	1	38
MAX V.D. C.											51.5

Entonces:  $PCI = 100 - MAX V. D. C.$

PCI =	48.5	=	REGULAR
-------	------	---	---------

**Unidad de Muestra U25**

**Tabla 40: Hoja de registro de la Unidad de muestra U25**

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI -				ESQUEMA: 						
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA										
HOJA DE REGISTRO										
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO										
NOMBRE DE LA VIA		PROGRESIVA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRA			SECCIÓN			
Av. Jorge Chávez		00 + 756		U 25			2			
EJECUTOR		PROGRESIVA FINAL		ÁREA DE MUESTRA			FECHA			
Bach. Mariana Hiliquin Brañez		00 + 787.5		229.95 m <sup>2</sup>			04 septiembre del 2016			
<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Piel de Cocodrilo</li> <li>2. Exudación</li> <li>3. Fisuras en Bloque</li> <li>4. Abultamientos y hundimientos</li> <li>5. Corrugación</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>6. Depresión</li> <li>7. Fisura de Borde</li> <li>8. Fisura de Reflexión de Junta</li> <li>9. Desnivel Carril/Berma</li> <li>10. Fisuras Longitudinales y transversales</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>11. Parcheo</li> <li>12. Pulimiento de Agregados</li> <li>13. Huecos</li> <li>14. Cruce de Via Férrea</li> <li>15. Ahuellamiento</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>16. Desplazamiento</li> <li>17. Grieta Parabólica</li> <li>18. Hinchamiento</li> <li>19. Desprendimiento de Agregados</li> </ul>			
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	V. D.
13	M	3.00						3.00	1.30	35
11	L	10.88	23.63	5.83				40.33	17.54	22
5	L	11.30						11.30	4.91	9
4	L	0.60						0.60	0.26	0
19	L	175.02						175.02	76.11	15

Max V.D. = 35

Nº de Valores Deducidos = 6.97

**Tabla 41: Máximo Valor Deducido Corregido de la Unidad de muestra U25**

No.	Valores Deducidos								TOTAL	q	V. D. C.
1	35	22	15	9	-	-	-	-	81	4	48
2	35	22	15	2	-	-	-	-	74	3	47.5
3	35	22	2	2	-	-	-	-	61	2	45
4	35	2	2	2	-	-	-	-	41	1	41

MAX V.D. C. 48

Entonces:  $PCI = 100 - MAX V. D. C.$ 

PCI =	52	=	REGULAR
-------	----	---	---------

**Unidad de Muestra U28**

**Tabla 42: Hoja de registro de la Unidad de muestra U28**

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI -						ESQUEMA:					
CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA											
HOJA DE REGISTRO											
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO											
NOMBRE DE LA VIA		PROGRESIVA INICIAL		UNIDAD DE MUESTRA		SECCIÓN					
Av. Jorge Chávez		00 + 850.5		U 28		2					
EJECUTOR		PROGRESIVA FINAL		ÁREA DE MUESTRA		FECHA					
Bach. Mariana Hiliquin Brañez		00 + 882		229.95 m <sup>2</sup>		05 septiembre del 2016					
<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Piel de Cocodrilo</li> <li>2. Exudación</li> <li>3. Fisuras en Bloque</li> <li>4. Abultamientos y hundimientos</li> <li>5. Corrugación</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>6. Depresión</li> <li>7. Fisura de Borde</li> <li>8. Fisura de Reflexión de Junta</li> <li>9. Desnivel Carril/Berma</li> <li>10. Fisuras Longitudinales y transversales</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>11. Parcheo</li> <li>12. Pulimiento de Agregados</li> <li>13. Huecos</li> <li>14. Cruce de Via Férrea</li> <li>15. Ahuellamiento</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>16. Desplazamiento</li> <li>17. Grieta Parabólica</li> <li>18. Hinchamiento</li> <li>19. Desprendimiento de Agregados</li> </ul>					
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	V. D.	
4	H	0.60	0.50	0.85				1.95	0.85	32	
13	L	1.00	1.00					2.00	0.87	8.5	
6	H	3.60	5.76	5.81				15.17	6.59	36	
13	M	1.00						1.00	0.43	19	
4	M	0.40	0.45	2.80				3.65	1.59	17	
15	L	20.33						20.33	8.84	27	
2	L	0.75	0.09	0.04				0.87	0.38	0	
11	L	7.07	44.1	4.1	50.4			105.67	45.95	32	
19	L	124.28						124.28	54.05	13	

Max V.D. = 36

Nº de Valores Deducidos = 6.88

**Tabla 43: Máximo Valor Deducido Corregido de la Unidad de muestra U28**

No.	Valores Deducidos								TOTAL	q	V. D. C.
1	36	32	32	27	19	17	11.44	-	174.44	7	78.5
2	36	32	32	27	19	17	2	-	165	6	79.5
3	36	32	32	27	19	2	2	-	150	5	77
4	36	32	32	27	2	2	2	-	133	4	75.5
5	36	32	32	2	2	2	2	-	108	3	68
6	36	32	2	2	2	2	2	-	78	2	56
7	36	2	2	2	2	2	2	-	48	1	48

MAX V.D. C. 79.5

Entonces:  $PCI = 100 - MAX V. D. C.$ 

PCI =	20.5	=	MUY MALO
-------	------	---	----------



**Unidad de Muestra U31**

**Tabla 44: Hoja de registro de la Unidad de muestra U31**

<b>ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO - PCI -</b>		ESQUEMA: 								
<b>CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA</b>										
<b>HOJA DE REGISTRO</b>										
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO										
NOMBRE DE LA VIA Av. Jorge Chávez		PROGRESIVA INICIAL 00 + 945			UNIDAD DE MUESTRA U 28			SECCIÓN 2		
EJECUTOR Bach. Mariana Hiliquin Brañez		PROGRESIVA FINAL 00 + 976.5			ÁREA DE MUESTRA 229.95 m <sup>2</sup>			FECHA 05 septiembre del 2016		
1. Piel de Cocodrilo 2. Exudación 3. Fisuras en Bloque 4. Abultamientos y hundimientos 5. Corrugación		6. Depresión 7. Fisura de Borde 8. Fisura de Reflexión de Junta 9. Desnivel Carril/Berma 10. Fisuras Longitudinales y transversales			11. Parcheo 12. Pulimiento de Agregados 13. Huecos 14. Cruce de Via Férrea 15. Ahuellamiento			16. Desplazamiento 17. Grieta Parabólica 18. Hinchamiento 19. Desprendimiento de Agregados		
DAÑO	SEVERIDAD	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	V. D.
2	L	0.06	0.01					0.07	0.03	0
4	H	0.50	0.90					1.40	0.61	28
13	L	1.00						1.00	0.43	11
6	M	0.48						0.48	0.21	8
10	M	1.40	3.00	3.00				7.40	3.22	8.5
4	M	1.60						1.60	0.70	10
10	H	2.50						2.50	1.09	14
14	M	2.38						2.38	1.04	7
15	L	4.44	2.176					6.62	2.88	17
11	M	26.82	15.75	3.216	7.7			53.49	23.26	45
19	M	174.08						174.08	75.71	40

Max V.D. = 45

Nº de Valores Deducidos = 6.05

*Tabla 45: Máximo Valor Deducido Corregido de la Unidad de muestra U31*

No.	Valores Deducidos								TOTAL	q	V. D. C.
1	45	40	28	17	14	11	-	-	155	6	75.5
2	45	40	28	17	14	2	-	-	146	5	75.5
3	45	40	28	17	2	2	-	-	134	4	76
4	45	40	28	2	2	2	-	-	119	3	73.5
5	45	40	2	2	2	2	-	-	93	2	66
6	45	2	2	2	2	2	-	-	55	1	55

MAX V.D. C. 76

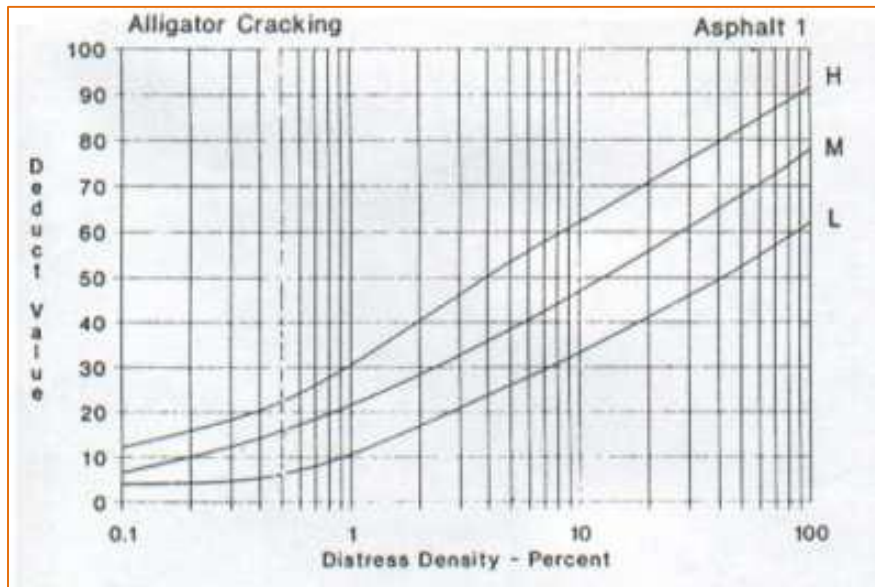
Entonces:  $PCI = 100 - MAX V. D. C.$ 

PCI =	24	=	MUY MALO
-------	----	---	----------

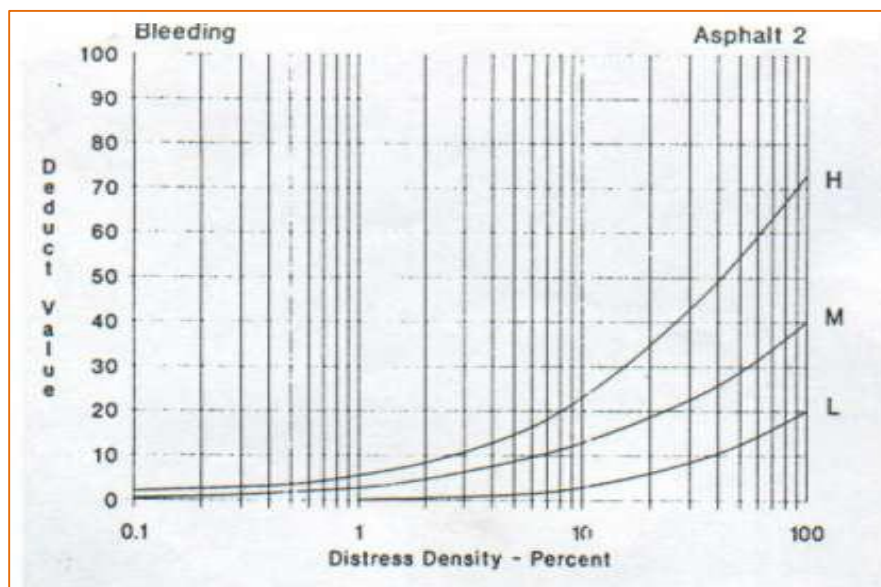
## C) CURVAS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

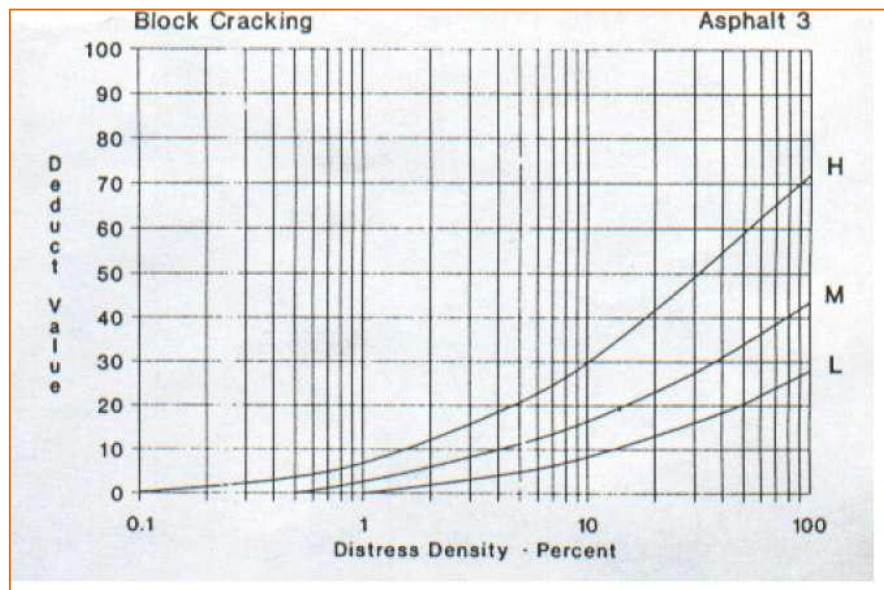
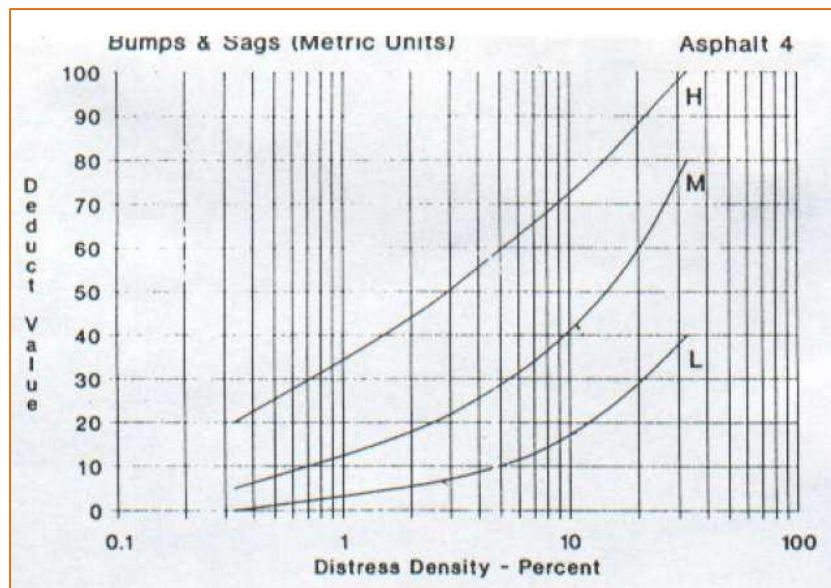
### C.1 Curvas para hallar el Valor Deducido (VD)

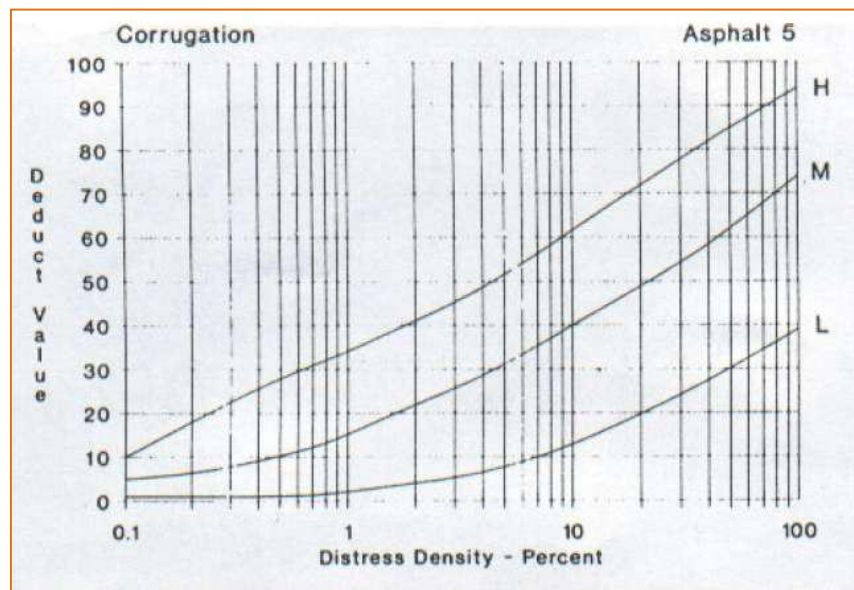
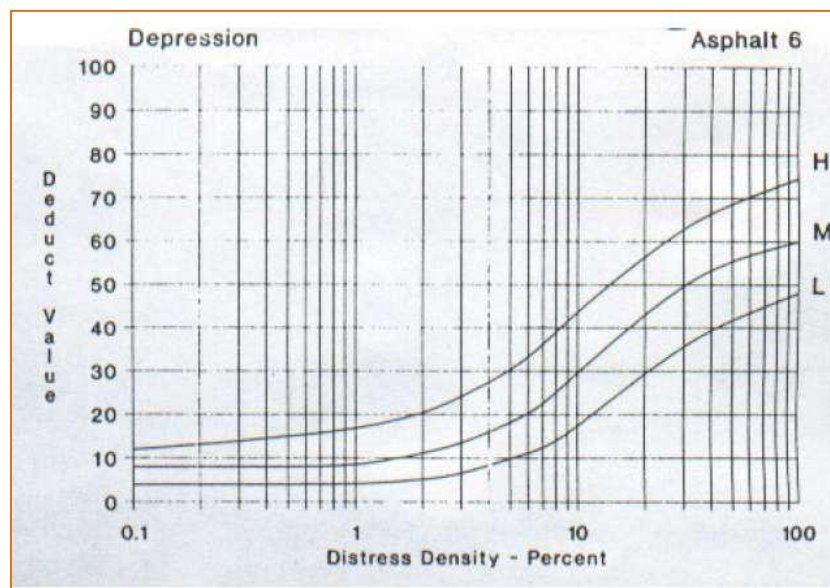
#### 1) Piel de Cocodrilo

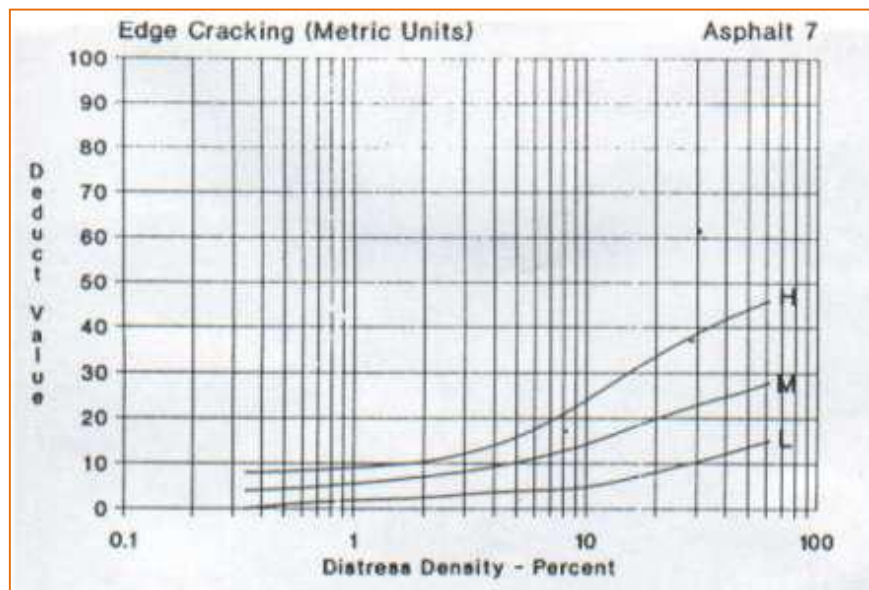
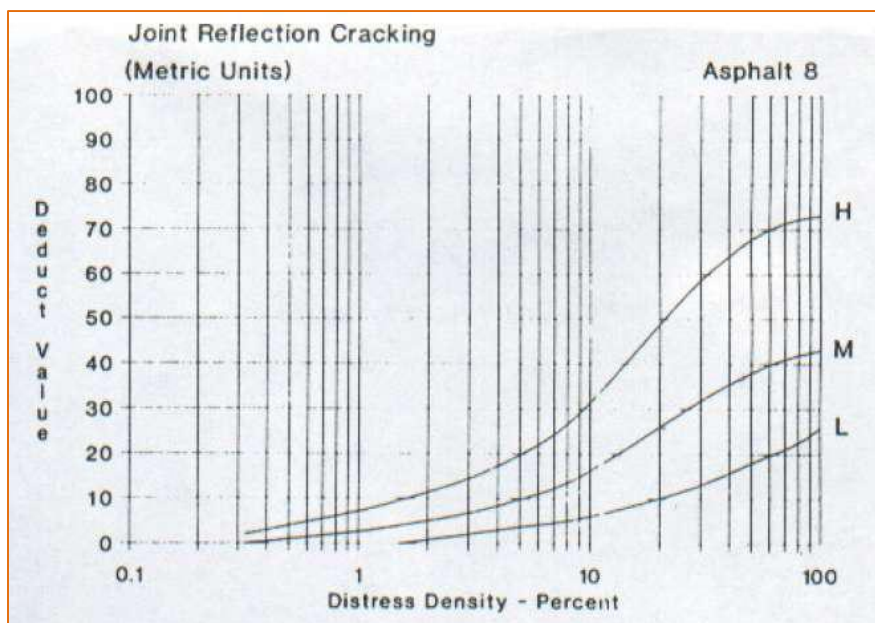


#### 2) Exudación

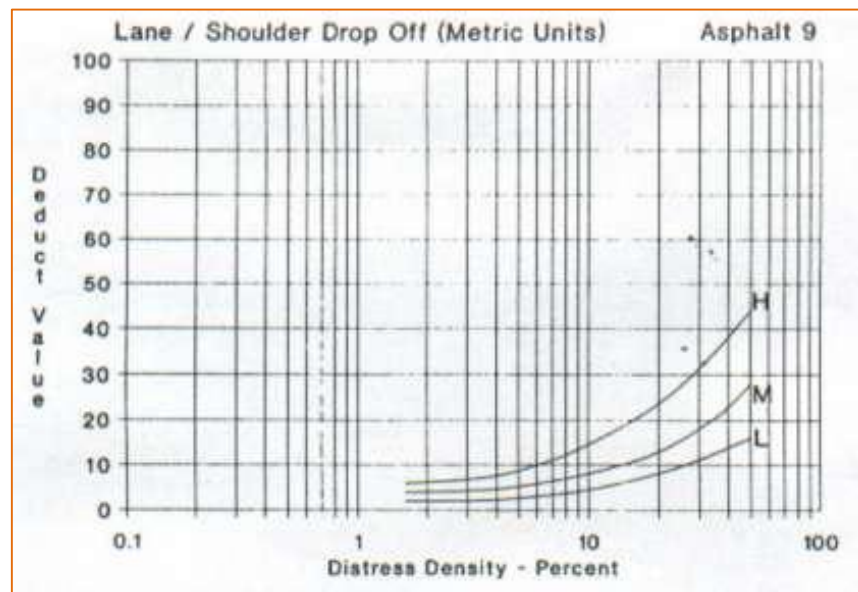
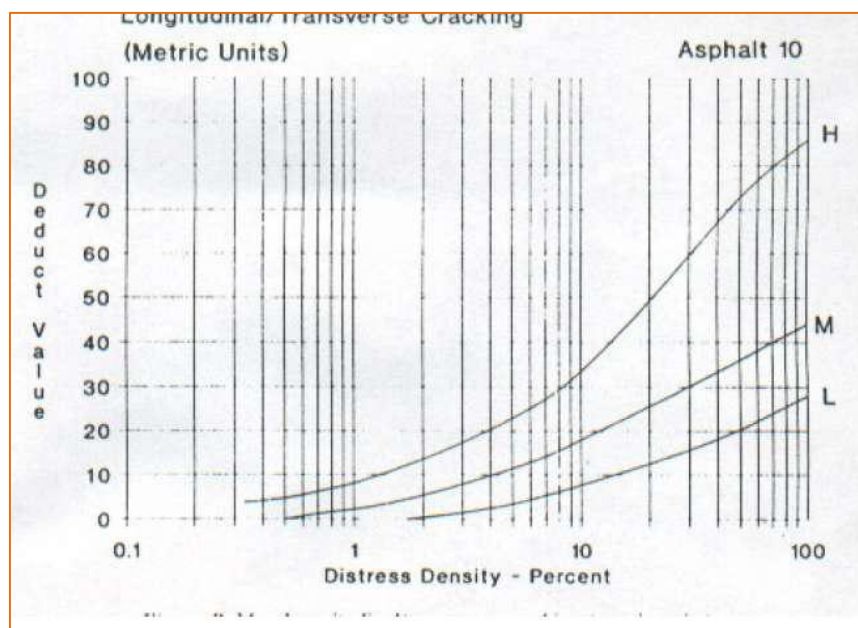


3) Fisuras en Bloque4) Abultamientos y hundimientos

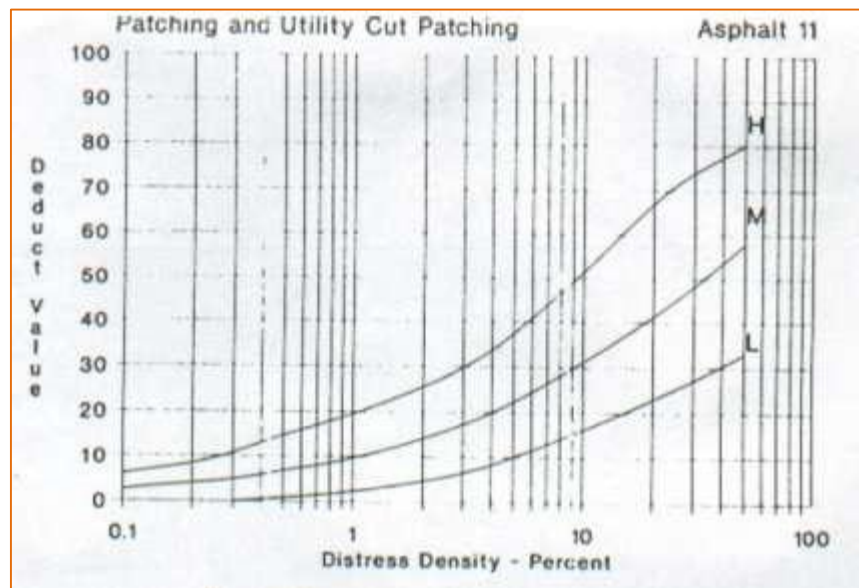
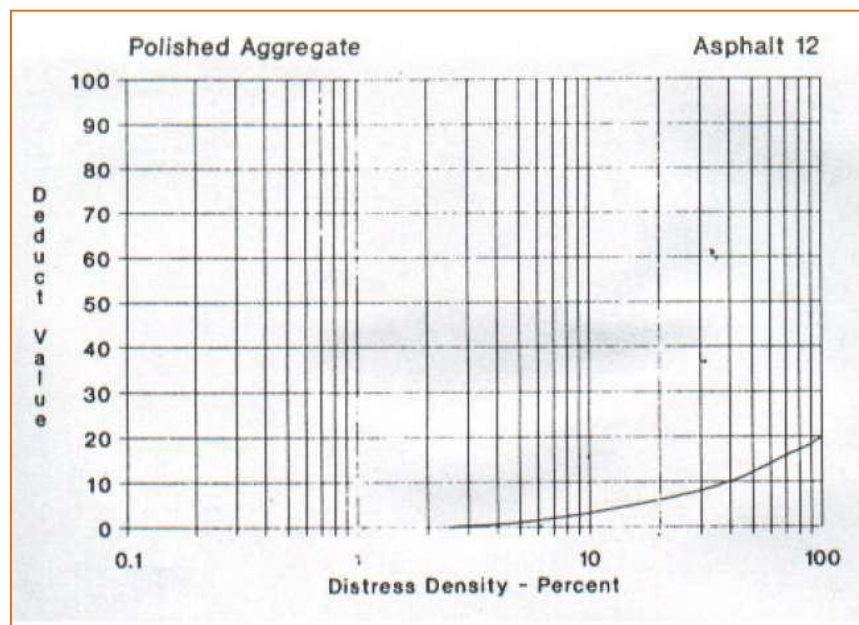
5) Corrugación6) Depresión

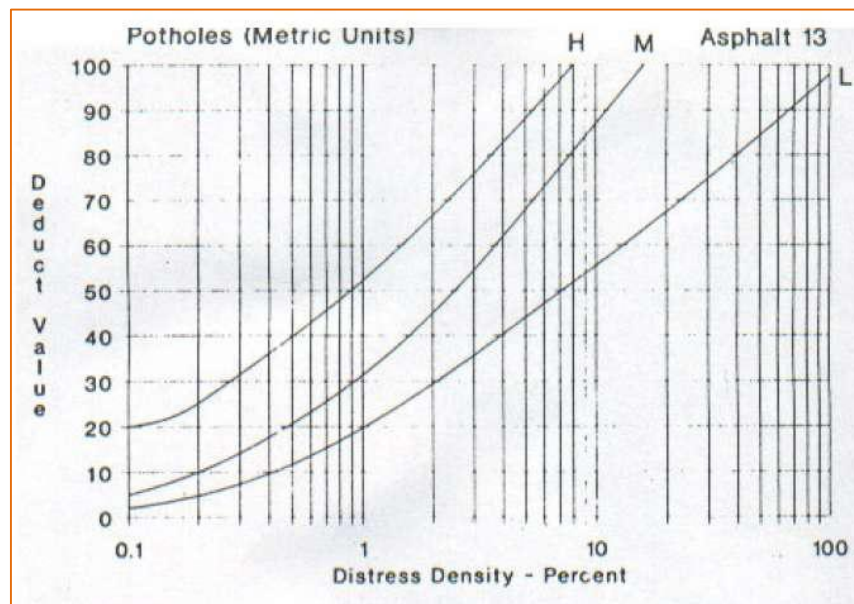
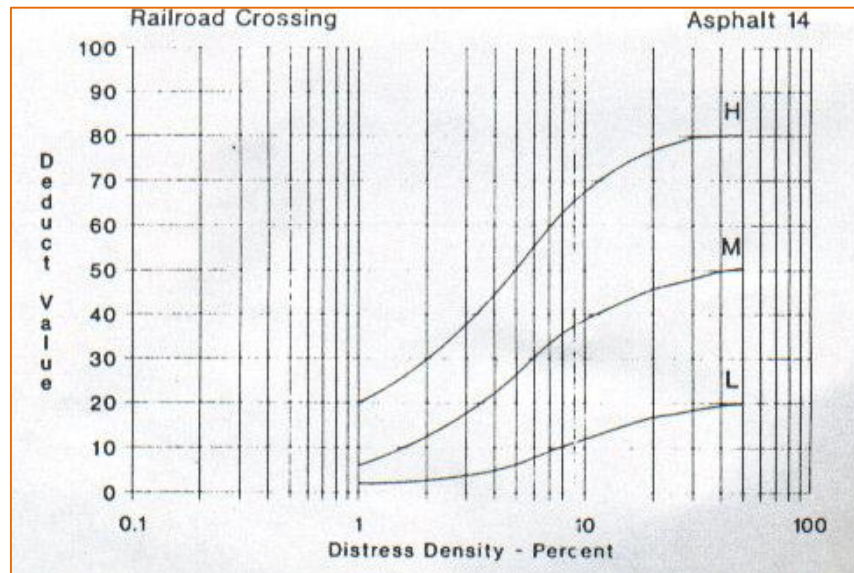
7) Fisura de Borde8) Fisura de Reflexión de Junta

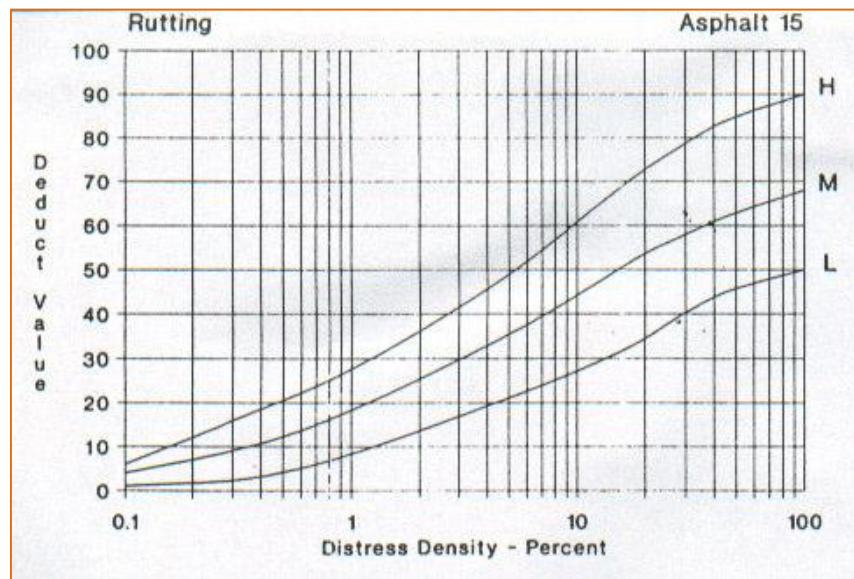
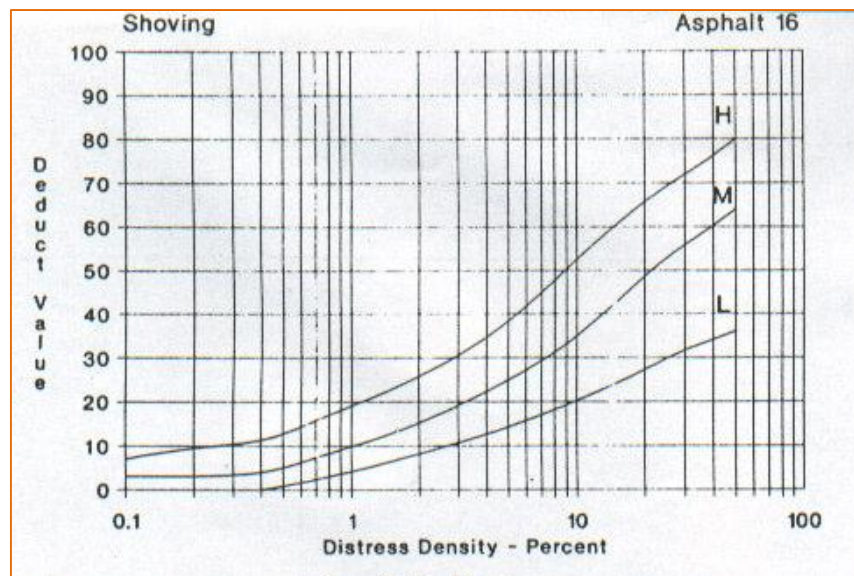


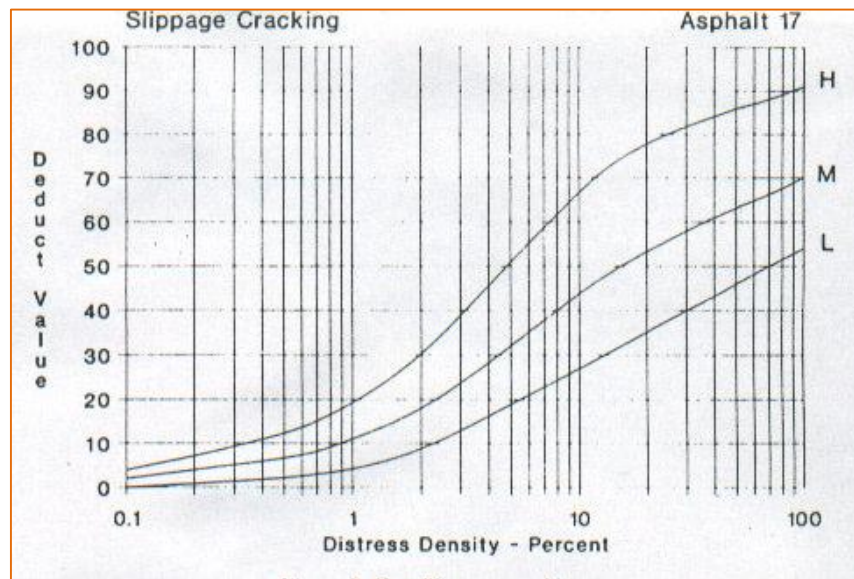
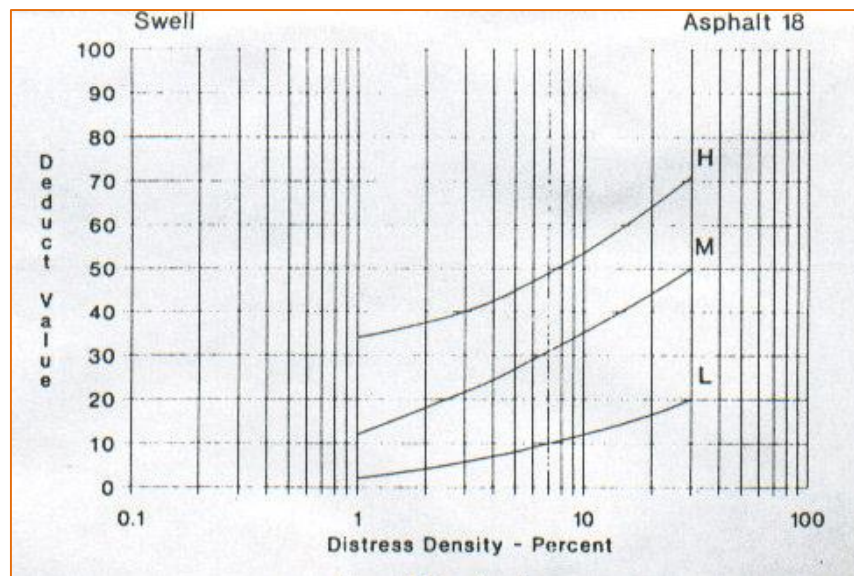
9) Desnivel Carril/Berma10) Fisuras Longitudinales y transversales



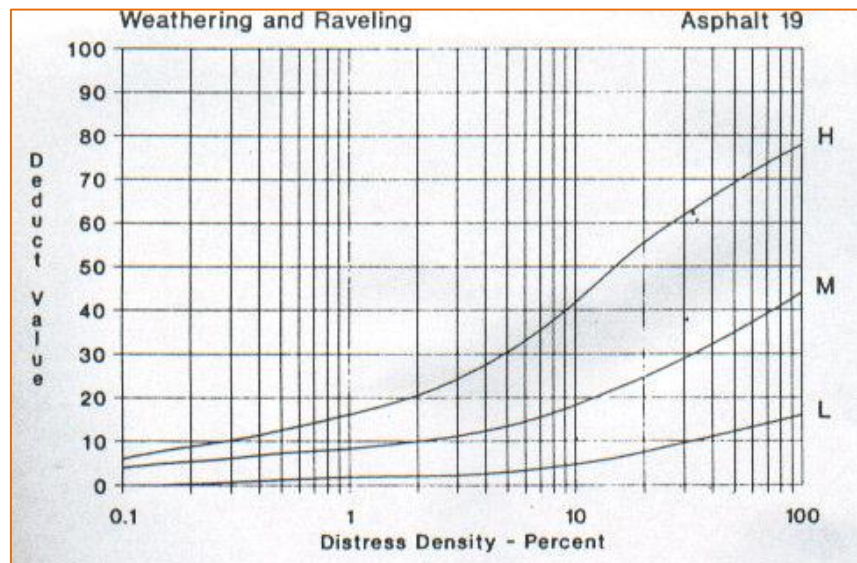
11) Parqueo12) Pulimiento de Agregados

13) Huecos14) Cruce de Vía Férrea

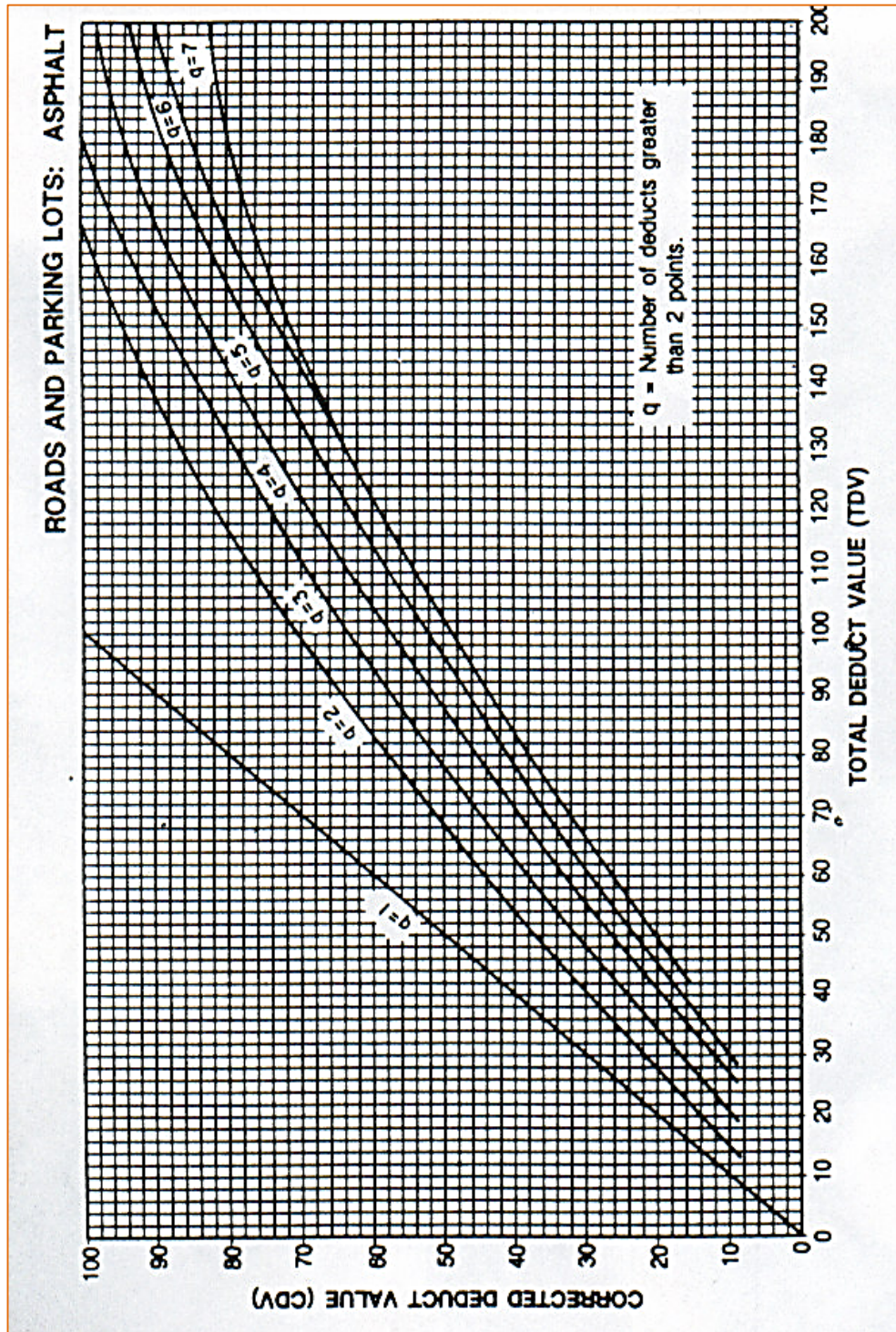
15) Ahuellamiento16) Desplazamiento

17) Grieta Parabólica18) Hinchamiento



19) Desprendimiento de Agregados

**C.2 Curvas para hallar el Valor Deducido Corregido (VDC)**



## D) EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA MEDIANTE LA VIGA BENKELMAN

### D.1 Evaluación Deflectométrica (Carril Derecho)

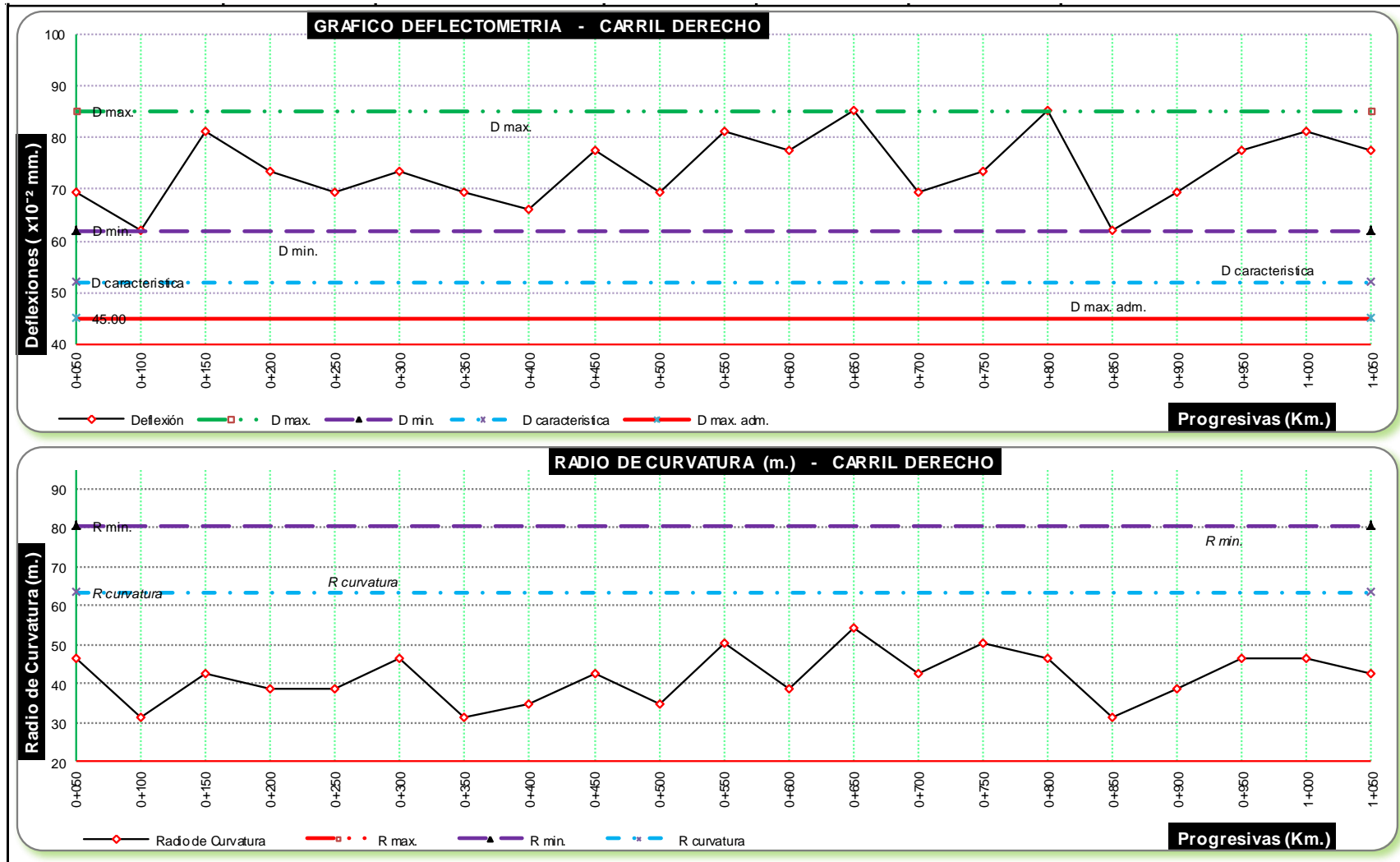
**Tabla 46: Evaluación Deflectométrica (Carril Derecho)**

PROYECTO		: EVALUACIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA EN LA AV. JORGE CHAVEZ - DISTRITO DE POCOLLAY - TACNA									
UBICACIÓN		: DISTRITO DE POCOLLAY; PROVINCIA DE TACNA; REGIÓN DE TACNA.									
CARRIL		: AV JORGE CHAVEZ CARRIL DERECHO									
FECHA		: 16 DE SEPTIEMBRE DEL 2016									
<b>EVALUACION DEFLECTOMETRICA (Viga Benkelman)</b>											
<b>MTC E 1002, ASTM D 4695</b>											
Tramo		: 0+050 al 1+050				Relación de Brazos		: 4/1			
Peso de volquete		: 8200 kg									
Nº	Progresiva (Km.)	ESTRUCTURA	Lado	Lecturas de Campo		Lecturas Corregidas		Deflexión		Radio de Curvatura	
				$L_0$	$L_{25}$	$L_0$	$L_{25}$	$D'$	$D'_{25}$		
01	0+050	Carpeta Asfáltica	DER.	18	12	17.4	11.6	70	46	135	
02	0+100	Carpeta Asfáltica	DER.	16	8	15.5	7.8	62	31	101	
03	0+150	Carpeta Asfáltica	DER.	21	11	20.3	10.7	81	43	81	
04	0+200	Carpeta Asfáltica	DER.	19	10	18.4	9.7	74	39	90	
05	0+250	Carpeta Asfáltica	DER.	18	10	17.4	9.7	70	39	101	
06	0+300	Carpeta Asfáltica	DER.	19	12	18.4	11.6	74	46	115	
07	0+350	Carpeta Asfáltica	DER.	18	8	17.4	7.8	70	31	81	
08	0+400	Carpeta Asfáltica	DER.	17	9	16.5	8.7	66	35	100	
09	0+450	Carpeta Asfáltica	DER.	20	11	19.4	10.7	78	43	90	
10	0+500	Carpeta Asfáltica	DER.	18	9	17.4	8.7	70	35	90	
11	0+550	Carpeta Asfáltica	DER.	21	13	20.3	12.6	81	50	101	
12	0+600	Carpeta Asfáltica	DER.	20	10	19.4	9.7	78	39	81	
13	0+650	Carpeta Asfáltica	DER.	22	14	21.3	13.6	85	54	101	
14	0+700	Carpeta Asfáltica	DER.	18	11	17.4	10.7	70	43	117	
15	0+750	Carpeta Asfáltica	DER.	19	13	18.4	12.6	74	50	135	
16	0+800	Carpeta Asfáltica	DER.	22	12	21.3	11.6	85	46	81	
17	0+850	Carpeta Asfáltica	DER.	16	8	15.5	7.8	62	31	101	
18	0+900	Carpeta Asfáltica	DER.	18	10	17.4	9.7	70	39	101	
19	0+950	Carpeta Asfáltica	DER.	20	12	19.4	11.6	78	46	100	
20	1+000	Carpeta Asfáltica	DER.	21	12	20.3	11.6	81	46	90	
21	1+050	Carpeta Asfáltica	DER.	20	11	19.4	10.7	78	43	90	
						Promedio		73.94			99.18
						Desv. Estandar		17.11			15.61
						Coefi. Variac.		12.57			8.87
						Deflex. Caracterist.		52.04			63.43
						Máximo		85.20			134.70
						Mínimo		62.00			80.54
						Deflexión Máxima (mm/100)		45.00			

**Tabla 47: Gráfico Deflectométrico (Carril Derecho)**

PROYECTO : EVALUACIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA EN LA AV. JORGE CHAVEZ - DISTRITO DE POCOLLAY - TACNA UBICACIÓN : DISTRITO DE POCOLLAY; PROVINCIA DE TACNA; REGIÓN DE TACNA. CARRIL : AV JORGE CHAVEZ CARRIL DERECHO FECHA : 16 DE SEPTIEMBRE DEL 2016					
<b>ANÁLISIS DEFLECTOMÉTRICO A NIVEL CARPETA ASFÁLTICA DEL PAVIMENTO</b>					
TRAMO : <b>0+050 al 1+050</b>					
Deflexiones ( $\times 10^{-2}$ mm)				Radio de Curvatura (m.)	
<b><math>D_m</math></b>	<b><math>D_c</math></b>	<b><math>\sigma</math></b>	<b><math>D_{max.}</math></b>	<b><math>R_c</math></b>	<b><math>promd.</math></b>
= 73.94	= 52.04	= 17.11	= 45.00	= 63.43	= 99.18





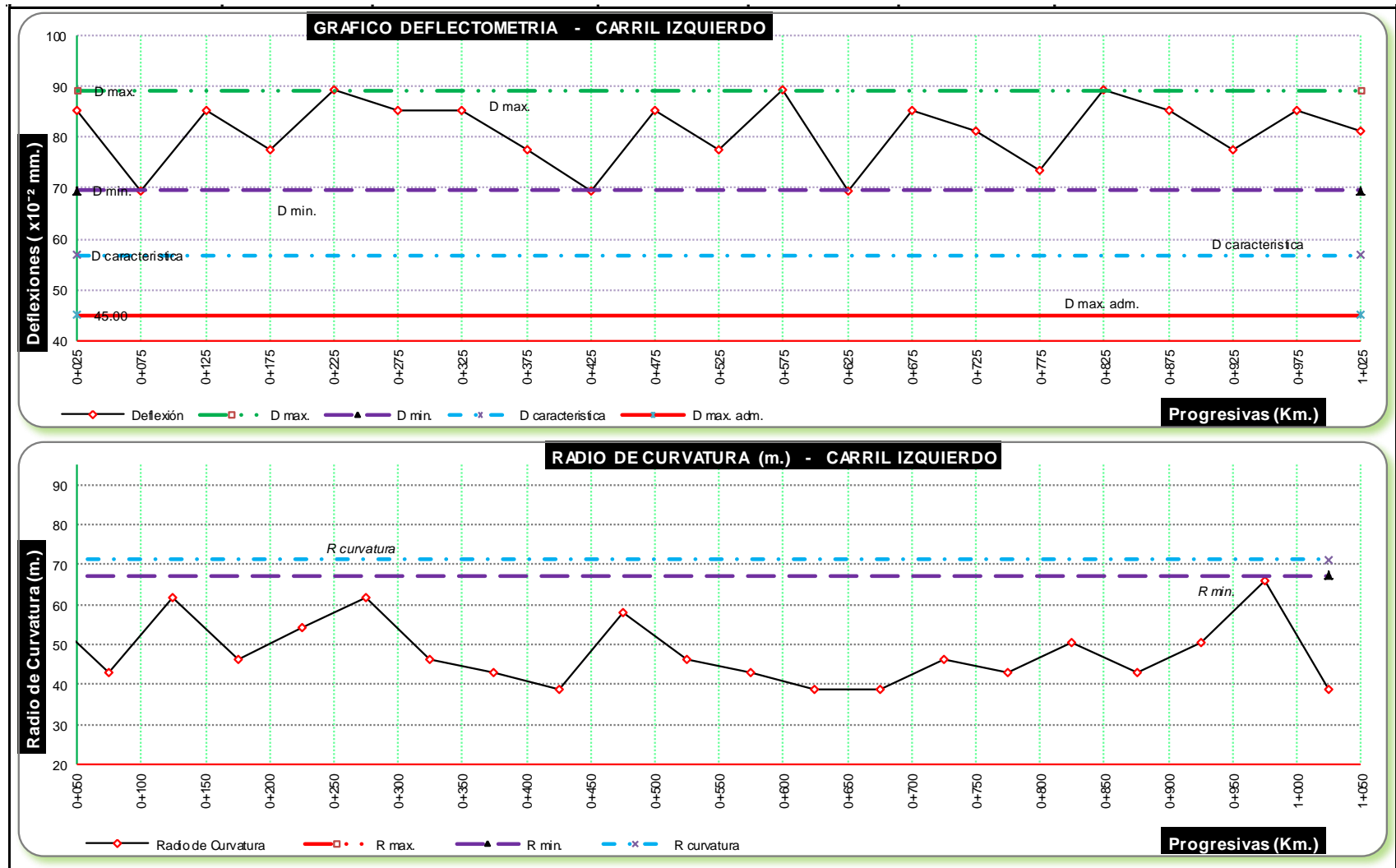
## D.2 Evaluación Deflectométrica (Carril Izquierdo)

Tabla 48: Evaluación Deflectométrica (Carril Izquierdo)

PROYECTO : EVALUACIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA EN LA AV. JORGE CHAVEZ - DISTRITO DE POCOLLA Y - TACNA UBICACIÓN : DISTRITO DE POCOLLA Y; PROVINCIA DE TACNA; REGION DE TACNA. CARRIL : AV JORGE CHAVEZ CARRIL IZQUIERDO FECHA : 16 DE SEPTIEMBRE DEL 2016																																						
<b>EVALUACION DEFLECTOMETRICA (Viga Benkelman)</b> <b>MTC E 1002, ASTM D 4695</b>																																						
Tramo : 0+025 al 1+025			Relación de Brazos : 4/1																																			
Peso de volquet : 8200 kg																																						
Nº	Progresiva (Km.)	ESTRUCTURA	Lado	Lecturas de Campo		Lecturas Corregidas		Deflexión		Radio de Curvatura																												
				L <sub>0</sub>	L <sub>25</sub>	L <sub>0</sub>	L <sub>25</sub>	D'	D' <sub>25</sub>																													
01	0+025	Carpeta Asfáltica	IZQ.	22	15	21.3	14.5	85	58	115																												
02	0+075	Carpeta Asfáltica	IZQ.	18	11	17.4	10.7	70	43	117																												
03	0+125	Carpeta Asfáltica	IZQ.	22	16	21.3	15.5	85	62	135																												
04	0+175	Carpeta Asfáltica	IZQ.	20	12	19.4	11.6	78	46	100																												
05	0+225	Carpeta Asfáltica	IZQ.	23	14	22.3	13.6	89	54	90																												
06	0+275	Carpeta Asfáltica	IZQ.	22	16	21.3	15.5	85	62	135																												
07	0+325	Carpeta Asfáltica	IZQ.	22	12	21.3	11.6	85	46	81																												
08	0+375	Carpeta Asfáltica	IZQ.	20	11	19.4	10.7	78	43	90																												
09	0+425	Carpeta Asfáltica	IZQ.	18	10	17.4	9.7	70	39	101																												
10	0+475	Carpeta Asfáltica	IZQ.	22	15	21.3	14.5	85	58	115																												
11	0+525	Carpeta Asfáltica	IZQ.	20	12	19.4	11.6	78	46	100																												
12	0+575	Carpeta Asfáltica	IZQ.	23	11	22.3	10.7	89	43	67																												
13	0+625	Carpeta Asfáltica	IZQ.	18	10	17.4	9.7	70	39	101																												
14	0+675	Carpeta Asfáltica	IZQ.	22	10	21.3	9.7	85	39	67																												
15	0+725	Carpeta Asfáltica	IZQ.	21	12	20.3	11.6	81	46	90																												
16	0+775	Carpeta Asfáltica	IZQ.	19	11	18.4	10.7	74	43	101																												
17	0+825	Carpeta Asfáltica	IZQ.	23	13	22.3	12.6	89	50	81																												
18	0+875	Carpeta Asfáltica	IZQ.	22	11	21.3	10.7	85	43	74																												
19	0+925	Carpeta Asfáltica	IZQ.	20	13	19.4	12.6	78	50	115																												
20	0+975	Carpeta Asfáltica	IZQ.	22	17	21.3	16.5	85	66	163																												
21	1+025	Carpeta Asfáltica	IZQ.	21	10	20.3	9.7	81	39	74																												
<table border="1"> <tr> <td>Promedio</td> <td>81.16</td> <td></td> <td>100.51</td> </tr> <tr> <td>Desv. Estandar</td> <td>18.41</td> <td></td> <td>24.37</td> </tr> <tr> <td>Coefi. Variac.</td> <td>12.34</td> <td></td> <td>13.12</td> </tr> <tr> <td>Deflex. Caracterist.</td> <td>56.73</td> <td></td> <td>71.30</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>89.20</td> <td></td> <td>162.76</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>69.60</td> <td></td> <td>67.35</td> </tr> <tr> <td>Deflexión Máxima (mm/100)</td> <td colspan="2">45.00</td> <td></td> </tr> </table>											Promedio	81.16		100.51	Desv. Estandar	18.41		24.37	Coefi. Variac.	12.34		13.12	Deflex. Caracterist.	56.73		71.30	Máximo	89.20		162.76	Mínimo	69.60		67.35	Deflexión Máxima (mm/100)	45.00		
Promedio	81.16		100.51																																			
Desv. Estandar	18.41		24.37																																			
Coefi. Variac.	12.34		13.12																																			
Deflex. Caracterist.	56.73		71.30																																			
Máximo	89.20		162.76																																			
Mínimo	69.60		67.35																																			
Deflexión Máxima (mm/100)	45.00																																					

**Tabla 49: Gráfico Deflectométrico (Carril Izquierdo)**

PROYECTO	: EVALUACIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA EN LA AV. JORGE CHAVEZ - DISTRITO DE POCOLLA Y - TACNA				
UBICACIÓN	: DISTRITO DE POCOLLA Y; PROVINCIA DE TACNA; REGION DE TACNA.				
CARRIL	: AV JORGE CHAVEZ CARRIL IZQUIERDO				
FECHA	: 16 DE SEPTIEMBRE DEL 2016				
<b>ANÁLISIS DEFLECTOMÉTRICO A NIVEL CARPETA ASFALTICA DEL PAVIMENTO</b>					
TRAMO	: <b>0+025 al 1+025</b>				
Deflexiones ( $\times 10^{-2}$ mm)					Radio de Curvatura (m.)
<b><math>D_m</math></b>	<b>= 81.16</b>	<b><math>D_c</math></b>	<b>= 56.73</b>	<b><math>\sigma</math></b>	<b>= 18.41</b>
				<b><math>D_{max.}</math></b>	<b>= 45.00</b>
				<b><math>R_c</math></b>	<b>= 7130</b>
				<b>promd.</b>	<b>= 100.51</b>



**E) PLANOS**













**F) CERTIFICADOS**