

|

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil



ANÁLISIS DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA NORMA DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI) Y PROPUESTA DE UN NUEVO DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE AASTHO 93, EN LA CALLE PUERTO ARGENTINO Y LA CALLE LOS AGUANOS DE LA URBANIZACIÓN LA RINCONADA, TRUJILLO 2021

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autores:

Juan Carlos Bacilio Reyes  
Kevin Alexander Chavez Bocanegra

Asesor:

Mg. Josualdo Carlos Villar Quiroz

Trujillo - Perú

2021

## **DEDICATORIA**

La presente investigación está dedicada principalmente a Dios quien día a día nos da salud e ilumina para poder seguir adquiriendo conocimientos, y también a todo aquel que haga uso de esta información realizada.

Dedicado a mis padres Juan y Laura, por el apoyo y amor incondicional que me han entregado día a día, por su exigencia y motivación.

Dedicada a mi esposa Evelyn y hijos (Carlos y Sarita), quienes son la inspiración de este logro en mi vida.

Dedicado a mi Pr. Edwin y esposa Mirella que siempre me apoyaron y dieron ánimos a continuar con la meta propuesta.

**Juan Carlos Bacilio Reyes**

Dedicada a mis padres por el constante esfuerzo, consejos y dedicación que me han brindado a lo largo de mi formación como persona y profesional.

Dedicado a mis seres queridos que hoy ya no están, que partieron al cielo y que desde ahí me han dado fuerzas para poder seguir día a día luchando por mis objetivos.

**Kevin Alexander Chávez Bocanegra**

## AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de investigación se hizo posible gracias a nuestro divino Señor Jesucristo, quien nos brinda la fuerza necesaria para seguir adelante cada día, quien también nos llena de sabiduría para poder plasmar ello en esta investigación realizada, así también agradecer a nuestro docente **Ing. Villar Quiroz, Josualdo Carlos**, por proporcionarnos la información y las herramientas necesarias, por consiguiente a nuestros padres que nos dan su respaldo y confianza que es de suma importancia en esta etapa de aprendizaje, finalmente el más sincero agradecimiento a nuestra prestigiosa universidad, la cual día a día nutre de conocimientos a jóvenes como nosotros, logrando formarlos como personas y sobretodo como profesionales de gran nivel. Gracias.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO .....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>13</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>17</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>22</b>
1.1. Realidad problemática .....	22
1.2. Antecedentes de la investigación .....	28
1.3. Bases Teóricas.....	38
1.3.1. Estado de Conservación.....	38
1.3.1.1. Pavimentos.....	39
1.3.1.2. Función de los Pavimentos .....	40
1.3.1.3 Clasificación de los Pavimentos .....	40
1.3.1.3.1 Pavimentos flexibles.....	41
1.3.1.3.2 Pavimentos semi-rígidos.....	42
1.3.1.3.3. Pavimentos Rígidos .....	43
1.3.1.4. Mantenimiento en Pavimentos.....	44
1.3.1.4.1. Sello de Fisuras y Grietas .....	45
1.3.1.4.2. Bacheo superficial y profundo.....	46
1.3.1.4.3. Recarpeteo .....	47
1.3.1.5. Fallas en los Pavimentos.....	47
1.3.1.5.1. Grieta piel de cocodrilo.....	48
1.3.1.5.2. Exudación de asfalto:.....	49
1.3.1.5.3. Agrietamiento en bloque.....	50
1.3.1.5.4. Abultamientos (bumps) y hundimientos (sags). .....	51

1.3.1.5.5. Corrugación. ....	53
1.3.1.5.6. Depresión. ....	53
1.3.1.5.7. Grieta de borde.....	54
1.3.1.5.8. Grieta de reflexión de junta (de losas de concreto de cemento pórtland).....	55
1.3.1.5.9. Desnivel carril / berma.....	57
1.3.1.5.10. Grietas longitudinales y transversales (no son de reflexión de losas de concreto de cemento pórtland).....	58
1.3.1.5.11. Parcheo y acometidas de servicios públicos.....	60
1.3.1.5.12. Pulimento de agregados.....	61
1.3.1.5.13. Huecos.....	62
1.3.1.5.14. Cruce de vía férrea.....	63
1.3.1.5.15. Ahuellamiento.....	64
1.3.1.5.16. Desplazamiento.....	65
1.3.1.5.17. Grietas parabólicas (slippage).....	66
1.3.1.5.18. Hinchamiento.....	67
1.3.1.5.19. Meteorización / desprendimiento de agregados.....	68
1.3.1.6. Manual de cálculo del Índice de Condición de Pavimento (PCI).....	70
1.3.1.7. Procedimiento De Evaluación De La Condición Del Pavimento.....	71
1.3.1.7.1 Instrumentos: .....	71
1.3.1.7.2. Unidades de Muestreo: .....	71
1.3.1.7.3. Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación:.....	72
1.3.1.7.4. Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección: .....	73
1.3.1.7.5. Levantamiento Visual del Daños en el Pavimento.....	74
1.3.1.8. Cálculo del PCI de las unidades de muestreo .....	75
1.3.1.8.1 Cálculo para Carreteras con Capa de Rodadura Asfáltica:.....	75
1.3.1.8.2. Cálculo del PCI de una sección de pavimento.....	77
1.3.2.1. Metodología de Diseño para Pavimentos Flexibles.....	78
1.3.3. Estudio de mecánica de suelos.....	92
1.3.3.1. Máxima densidad seca .....	92
1.3.3.2. Óptimo contenido de humedad .....	92
1.3.3.3. California Bearing Ratio (CBR) .....	92
1.3.4. Estudio de Tráfico Vehicular .....	93
1.3.4.1. Índice Medio Diario Semanal (IMDs) .....	93
1.3.4.2. Factor de Corrección Estacional .....	93
1.3.4.3. Índice Medio Diario Anual (IMDa).....	93

1.3.4.4. Tasas de crecimiento vehicular.....	93
1.3.4.5. Número de Ejes Equivalentes (ESAL) .....	94
1.4. Justificación.....	94
1.4.1. Justificación General.....	94
Justificación práctica.....	95
Justificación metodológica.....	95
1.5. Formulación del problema .....	95
1.6. Objetivos .....	95
1.6.1. Objetivo General.....	95
1.6.2. Objetivos Específicos .....	95
1.7. Hipótesis.....	96
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>97</b>
2.1. Tipo de investigación .....	97
2.1.1. Por el propósito: .....	97
2.1.2. Según el Diseño:.....	97
2.2. Diseño de investigación: .....	97
2.3 Variables.....	98
2.3.1. Variable 1.....	98
2.3.2. Variable 2.....	98
2.3.3. Clasificación de variables (matriz de clasificación de variables) .....	99
2.3.4. Operacionalización de variables / matriz de operacionalidad de variables .....	99
2.4. Población y muestra.....	101
2.4.1. Población .....	101
2.4.2. Muestra .....	101
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	101
2.5.1. Técnicas de recolección de datos.....	101
2.6. Procedimiento .....	104
2.6.1. Reconocimiento del tramo de estudio.....	105
2.6.1.1. Definición de tramos y secciones estratégicamente .....	105
2.6.2. Inspección visual y toma de datos .....	105
2.6.2.1. Inventario de fallas según la clase .....	106
2.6.2.2. Conteo vehicular según su tipo.....	106
2.6.3. Proceso y Evaluación en base a datos.....	106

2.6.3.1. Procesamiento de los datos .....	106
2.6.4. Resultados .....	108
2.6.4.1. Obtención de resultados .....	108
2.6.5. Estrategias .....	109
2.6.5.1. Posibles alternativas de solución .....	109
2.6.6. Conclusiones .....	109
2.6.6.1. Cumplimiento de objetivos .....	109
2.7. Aspectos Éticos .....	110
2.8. Desarrollo .....	110
2.8.1. Fallas de Pavimento.....	110
2.8.2. Grado de Severidad .....	111
2.8.3. Índice de Condición del Pavimento.....	111
2.8.4. Estudio de tráfico vehicular .....	111
2.8.5. Estudio de Mecánica de Suelos .....	113
2.8.6. Diseño ASSTHO 93 .....	114
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>119</b>
3.1. Fallas que presenta el pavimento .....	119
3.1.1. Clase de falla y Recurrencia .....	119
3.2. Grado de severidad del pavimento.....	121
3.2.1. Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas .....	123
3.3. Índice de Condición de Pavimentos (PCI).....	130
3.3.1. Número máximo admisible del valor deducido (M), Valor deducido corregido (CDV) y PCI. ....	131
3.4. Estudio de tráfico vehicular .....	132
3.4.1. Índice Medio Diario Semanal (IMDs).....	132
3.4.2. Factor de corrección estacional.....	133
3.4.3. Índice Medio Diario Anual (IMDa).....	133
3.4.4. Tasa de crecimiento vehicular .....	134
3.4.5. Número de Ejes Equivalentes (ESAL) .....	135
3.5. Estudio de mecánica de suelos.....	135
3.5.1. Máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad y CBR respecto a la máxima densidad seca .....	135
3.6. Diseño ASSTHO 93.....	136

3.6.1. Módulo de Resiliencia de la Sub Rasante (MR), Nivel de confiabilidad, Coeficiente estadístico de desviación estándar normal (ZR) y Diferencial de serviciabilidad ( $\Delta$ PSI).....	136
3.6.2. Número estructural requerido (SNR).....	136
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>138</b>
4.1. Discusión .....	138
4.2. Conclusiones.....	149
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>150</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>152</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>157</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de paquete estructural de un pavimento .....	39
Figura 2. Estructura de un Pavimento Flexible .....	42
Figura 3. Estructura de un Pavimento Flexible .....	42
Figura 4. Sección Típica Transversal Pavimento Semirrígido .....	43
Figura 5. Sección Típica Transversal Pavimento Rígido .....	44
Figura 6. Ruteado de Grieta.....	45
Figura 7. Limpieza de grieta con aire comprimido .....	45
Figura 8. Bacheo superficial y profundo del pavimento .....	46
Figura 9. Piel de cocodrilo.....	49
Figura 10. Pavimento con Exudación.....	50
Figura 11. Grietas en bloque.....	51
Figura 12. Abultamiento y hundimientos .....	52
Figura 13. Corrugación.....	53
Figura 14. Pavimento con Depresión .....	54
Figura 15. Grietas de borde .....	55
Figura 16. Grietas de reflexión de junta .....	57
Figura 17. Desnivel carril / berma .....	58
Figura 18. Grietas longitudinales y transversales.....	59
Figura 19. Pavimento con presencia parche .....	60
Figura 20. Parche de cortes utilitarios .....	61
Figura 21. Agregado Pulido .....	62
Figura 22. Huecos.....	63

Figura 23. Pavimento con presencia de ahuellamiento .....	65
Figura 24. Desplazamiento .....	66
Figura 25. Grietas Parabólicas.....	67
Figura 26. Hinchamiento .....	68
Figura 27. Meteorización o desprendimiento de agregados .....	69
Figura 28. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica..	75
Figura 29. Diseño de investigación .....	98
Figura 30. Procedimiento .....	104
Figura 31. Hoja de Cálculo para Pavimentos flexible mediante el Índice de Condición de Pavimento (PCI) .....	116
Figura 32. Hoja de Cálculo para el Estudio de Tráfico vehicular .....	117
Figura 33. Hoja de Cálculo para Diseño de pavimentos urbanos AASTHO 93 .....	118
Figura 34. Gráfico de estado del pavimento de acuerdo al PCI .....	130
Figura 35. Unidad de muestreo 01 - LOS AGUANOS .....	157
Figura 36. Curva para Unidad de Muestreo 01 .....	158
Figura 37. Unidad de muestreo 02 - LOS AGUANOS .....	159
Figura 38. Curva para Unidad de Muestreo 02 .....	160
Figura 39. Unidad de muestreo 03 - LOS AGUANOS .....	161
Figura 40. Curva para Unidad de Muestreo 03 .....	162
Figura 41. Unidad de muestreo 04 - LOS AGUANOS .....	163
Figura 42. Curva para Unidad de Muestreo 04 .....	164
Figura 43. Unidad de muestreo 05 - LOS AGUANOS .....	165
Figura 44. Curva para Unidad de Muestreo 05 .....	166
Figura 45. Unidad de muestreo 06 - LOS AGUANOS .....	167

Figura 46. Curva para Unidad de Muestreo 06 .....	168
Figura 47. Unidad de muestreo 07 - LOS AGUANOS .....	169
Figura 48. Curva para Unidad de Muestreo 07 .....	170
Figura 49. Unidad de muestreo 08 - LOS AGUANOS .....	171
Figura 50. Curva para Unidad de Muestreo 08 .....	172
Figura 51. Unidad de muestreo 09 - LOS AGUANOS .....	173
Figura 52. Curva para Unidad de Muestreo 09 .....	174
Figura 53. Unidad de muestreo 10 - LOS AGUANOS .....	175
Figura 54. Curva para Unidad de Muestreo 10 .....	176
Figura 55. Unidad de muestreo 01 - PUERTO ARGENTINO .....	177
Figura 56. Curva para Unidad de Muestreo 01 .....	178
Figura 57. Unidad de muestreo 02 - PUERTO ARGENTINO .....	179
Figura 58. Curva para Unidad de Muestreo 02 .....	180
Figura 59. Unidad de muestreo 03 - PUERTO ARGENTINO .....	181
Figura 60. Curva para Unidad de Muestreo 03 .....	182
Figura 61. Unidad de muestreo 04 - PUERTO ARGENTINO .....	183
Figura 62. Curva para Unidad de Muestreo 04 .....	184
Figura 63. Unidad de muestreo 05 - PUERTO ARGENTINO .....	185
Figura 64. Curva para Unidad de Muestreo 05 .....	186
Figura 65. Análisis mecánico por tamizado .....	187
Figura 66. Contenido de Humedad.....	188
Figura 67. Ensayo de Compactación – Proctor Modificado método C.....	189
Figura 68. Ensayo de CBR y expansión.....	190
Figura 69. Ensayo de CBR y expansión.....	191

Figura 70. Clasificación vehicular y cálculo del ESAL de diseño .....	192
Figura 71. Diseño de pavimento flexible mediante el método AASTHO 93.....	193
Figura 72. Tomando la medida del ancho de calzada.....	194
Figura 73. Tomando medidas de la falla parches. ....	194
Figura 74. Midiendo la profundidad de la falla huecos.....	195
Figura 75. Tomando medida de la falla desprendimiento de agregados. ....	195
Figura 76. Midiendo la profundidad de la falla huecos.....	196
Figura 77. Tomando medida de la falla grieta longitudinal y transversal. ....	196
Figura 78. Tomando medida de la falla desprendimiento de agregados. ....	197
Figura 79. Tomando medida de la falla exudación. ....	197
Figura 80. Tomando medida de la falla huecos.....	198
Figura 81. Falla grieta de borde.....	198
Figura 82. Falla de huecos.....	199
Figura 83. Falla de grieta longitudinal y transversal .....	199
Figura 84. Falla de Piel de cocodrilo.....	200
Figura 85. Toma de datos en campo.....	200

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de fallas en los pavimentos según PCI .....	47
Tabla 2. Niveles de severidad para huecos .....	63
Tabla 3. Rango de clasificación del pavimento según el PCI .....	71
Tabla 4. Longitudes de unidades de muestreo asfálticas .....	72
Tabla 5. Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2 t, en el Carril de Diseño (Para caminos de 150,001 hasta 1'000,000 EE).....	80
Tabla 6. Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2 t, en el Carril de Diseño (Para caminos de 1'000,001 hasta 30'000,000 EE) .....	81
Tabla 7. Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2 t, en el Carril de Diseño (Para caminos con tránsito mayor a 30'000,000 EE).....	81
Tabla 8. Categorías de Sub rasante.....	82
Tabla 9. Módulo Resiliente obtenido por correlación con CBR .....	82
Tabla 10. Valores recomendados de Nivel de confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico .....	83
Tabla 11. Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para dos etapas de diseño de 10 años cada una según rango de Tráfico.....	84
Tabla 12. Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ ) Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico .....	84

Tabla 13. Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ ) Para dos etapas de diseño de 10 años cada una Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico .....	85
Tabla 14. Índice de Serviciabilidad Inicial ( $P_i$ ) Según Rango de Tráfico .....	86
Tabla 15. Índice de Serviciabilidad Final ( $P_t$ ) Según Rango de Tráfico .....	86
Tabla 16. Diferencial de Serviciabilidad ( $\Delta PSI$ ) Según Rango de Tráfico .....	87
Tabla 17. Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento $a_i$ .....	89
Tabla 18. Calidad del Drenaje .....	91
Tabla 19. Valores recomendados del Coeficiente de Drenaje $m_i$ Para Bases y SubBases granulares no tratadas en Pavimentos Flexibles .....	91
Tabla 20. Diseño de investigación transversal .....	97
Tabla 21. Identificación de la variable .....	99
Tabla 22. Matriz de operacionalización de la variable .....	99
Tabla 23. Rango de clasificación del pavimento según el PCI .....	108
Tabla 24. Clase de falla y recurrencia, calle los Aguanos .....	119
Tabla 25. Clase de falla y recurrencia, calle Puerto Argentino .....	120
Tabla 26. Grado de severidad del pavimento, calle Los Aguanos .....	121
Tabla 27. Grado de severidad del pavimento, calle Puerto Argentino .....	122
Tabla 28. Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra 01 .....	123
Tabla 29 .....	123
Tabla 30. Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra 03 .....	124

Tabla 31. Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra	
04 .....	124
Tabla 32. Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra	
05 .....	125
Tabla 33. Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra	
06 .....	125
Tabla 34. Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra	
07 .....	125
Tabla 35. Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra	
08 .....	126
Tabla 36. Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra	
09 .....	126
Tabla 37. Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra	
10 .....	127
Tabla 38. Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra	
11 .....	127
Tabla 39. Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra	
12 .....	128
Tabla 40. Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra	
13 .....	128
Tabla 41. Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra	
14 .....	129
Tabla 42. Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra	
15 .....	129

Tabla 43. Valor PCI y estado según el PCI.....	130
Tabla 44. Número máximo admisible del valor deducido (M), Valor deducido corregido (CDV) y PCI.....	131
Tabla 45. Índice Medio Diario Semanal (IMDs).....	132
Tabla 46. Factor de corrección estacional y Índice Medio Diario Anual (IMDa).....	133
Tabla 47. Índice Medio Diario Anual (IMDa) .....	133
Tabla 48. Tasa anual de Crecimiento de Vehículos Ligeros y Pesados obtenidos de la Oficina de Programación Multianual de Inversiones – OPMI – MTC.....	134
Tabla 49. Tasa de crecimiento Vehicular .....	134
Tabla 50. Número de Ejes Equivalentes (ESAL).....	135
Tabla 51. Máx. Densidad seca, óptimo contenido de humedad y CBR respecto a máx. Densidad seca .....	135
Tabla 52. Módulo de Resiliencia de la Sub Rasante (MR), Nivel de confiabilidad, Coeficiente estadístico de desviación estándar normal (ZR) y Diferencial de serviciabilidad ( $\Delta$ PSI). 136	
Tabla 53. Número estructural requerido (SNR) .....	136
Tabla 54. Diseño del Pavimento Flexible AASTH 93 .....	137
Tabla 55. Verificación de diseño de pavimento flexible AASTH 93.....	137

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.....	72
Ecuación 2. Intervalo de muestreo .....	73
Ecuación 3. Número máximo admisible de “valores deducidos” .....	76
Ecuación 4. Índice de condición de pavimento .....	77
Ecuación 5. PCI de la sección del pavimento.....	78
Ecuación 6. Diseño estructural de un pavimento flexible. ....	79
Ecuación 7. Numero Estructural Propuesto.....	88
Ecuación 8. Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.....	105
Ecuación 9. PCI de la sección del pavimento.....	107
Ecuación 10. Diseño estructural de un pavimento flexible .....	107
Ecuación 11. Ejes Equivalentes.....	113
Ecuación 12. Módulo Resilente de la Sub Rasante. ....	114

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en Trujillo, en la Universidad Privada del Norte, se analizó el estado de conservación del pavimento flexible mediante la norma del índice de condición de pavimento (PCI) y se propuso un nuevo diseño de pavimento flexible AASTHO 93, en la calle Puerto Argentino y la calle Los Aguanos de la Urbanización La Rinconada, Trujillo 2021, para la realización de la tesis se utilizó un diseño no experimental – transversal descriptiva, el muestreo fue no probabilístico por conveniencia, se realizó la recolección de datos a través de la técnica de la observación y también la revisión documental, el instrumento utilizado fue la guía de observación, además de la ficha de datos; para analizar los datos se usó la estadística descriptiva, el problema es que en las calles con vías de pavimento de asfalto en Trujillo poseen diversos tipos de fallas (grietas) por el motivo que carecen de estudios para percibir su estado de conservación y esto ocasiona riesgo a la vidas humanas por encontrarnos en una zona de alta circulación de transporte, entre las fallas más encontradas en el pavimento tenemos: grietas longitudinales y transversales, huecos, parches y piel de cocodrilo, se determinó el estado de conservación del pavimento flexible encontrando un PCI de 41, y podemos señalar que el pavimento en general se encuentra en un estado . Por otro lado se realizó un estudio de mecánica de suelos donde se pudo obtener el valor del CBR del suelo, el cual nos permitió lograr determinar el módulo de resiliencia para posteriormente lograr determinar un número estructural (SNR) y que este finalmente nos ayude a establecer los espesores de cada capa del pavimento, siendo estos 5cm para la

capa superficial, 15cm para la base y 15cm para la sub base, obteniendo así el diseño del pavimento flexible AASTHO 93 con un espesor total de 35cm.

**PALABRAS CLAVES:** *Índice de Condición de Pavimento (PCI), Pavimentos Flexibles, Evaluación de pavimentos empleando la norma PCI, Método AASTHO 93, Diseño de pavimentos flexibles AASTHO 93.*

## ABSTRACT

The present research was developed in Trujillo, at the Universidad Privada del Norte, the state of conservation of the flexible pavement was analyzed through the standard of the pavement condition index (PCI) and a new flexible pavement design AASTHO 93 was proposed, in the Puerto Argentino street and Los Aguanos street of La Rinconada Urbanization, Trujillo 2021, a non-experimental design - descriptive cross-sectional design was used, the sampling was non-probabilistic for convenience, data collection was carried out through the observation technique and also the documentary review, the instrument used was the observation guide, in addition to the data sheet; Descriptive statistics were used to analyze the data, the problem is that the streets with asphalt pavement roads in Trujillo have different types of faults (cracks) for the reason that they lack studies to perceive their state of conservation and this causes risk to human lives because we are in an area of high transport traffic, among the most found faults in the pavement we have: longitudinal and transverse cracks, holes, patches and crocodile skin, the state of conservation of the flexible pavement was determined by finding a PCI of 41, and we can point out that the pavement in general is in a state. On the other hand, a soil mechanics study was carried out where the CBR value of the soil could be obtained, which will allow us to determine the modulus of resilience to later determine a structural number (SNR) and that this finally helps us to establish the thicknesses of each layer of the flooring, these being 5cm for the surface layer, 15cm for the base and

15cm for the sub-base, thus obtaining the design of the flexible AASTHO 93 flooring with a total thickness of 35cm.

**KEY WORDS:** *Pavement Condition Index (PCI), Flexible Pavements, Evaluation of pavements using the PCI standard, AASTHO 93 Method, AASTHO 93 Flexible Pavement Design.*

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

#### GLOBAL

A nivel mundial se ha podido observar el deterioro de los pavimentos a causa de la falta de acciones que conserven la integridad del mismo, también se llega a un estado pésimo de los pavimentos debido a que estos son intervenidos con soluciones las cuales no son las más indicadas. La carencia de un mantenimiento produce un deterioro acelerado del pavimento, lo que representa una reducción de los años de vida del mismo. Es por ello que la correcta evaluación de estos pavimentos para poder determinar el estado en que se encuentran es muy beneficioso, ya que con ello se logra tomar medidas necesarias y adecuadas para contrarrestar esta problemática.

En Cuba, Valdés y Alonso (2017), nos argumenta que la evaluación el estado de conservación del pavimento permite determinar el estado en el que se encuentra la superficie del mismo, lo que permite detectar aquellos deterioros que pueden presentarse durante la vida útil de este pavimento. Además, sostienen que se debe realizar una evaluación del estado del pavimento para poder llevar a cabo un mantenimiento y reforzamiento adecuado para el caso evaluado.

En Arabia Saudita, Mubaraki (2013), estima que la evaluación del estado del pavimento es un proceso vital para que los municipios preserven la infraestructura de capital y maximicen sus beneficios. En general, la evaluación del estado del pavimento puede involucrar la evaluación del pavimento estructural, la rugosidad, la angustia de la superficie y la seguridad o la resistencia al deslizamiento.

En Indonesia; Agus, Wardhani & Hary (2009), argumentan que el propósito de realizar una evaluación del estado de conservación es determinar y clasificar el tipo y la extensión del daño a las carreteras pavimentadas. Además, señalan que la evaluación de las condiciones del pavimento es un aspecto sumamente importante para poder determinar las acciones de reparación y mantenimiento para estas vías o carreteras.

En Perú, Rodríguez (2016), nos dice que el diseño y la ejecución de un pavimento no garantiza la calidad de vida del mismo, además nos menciona que el mantenimiento y rehabilitación de los pavimentos debe ser rutinario para ayudar a prolongar la vida útil de estos, siendo entonces necesario evaluar el estado de las construcciones de los pavimentos para finalmente poder proponer recomendaciones necesarias. Así mismo, en Tacna, Toledo & Llaiqui (2020), mencionan que tras encontrar excesivas fallas y obtener una condición pésima del pavimento como resultado del estudio mediante la normativa del Índice de Condición de Pavimentos (PCI) es recomendable efectuar un nuevo diseño de pavimento flexible, lo que conlleva a mejorar el bienestar de la población, reduciendo el tráfico vehicular y de cierta forma el número de accidentes.

En el departamento La libertad, específicamente en la ciudad de Trujillo, Cantuarias y Watanabe (2017), sostienen que la determinación del estado o condición del pavimento sirve para poder realizar una programación oportuna y evitar el mayor deterioro del pavimento.

Según los estudios realizados nacionales e internacionales, se recalca la importancia de realizar una evaluación del pavimento, para que con ello se pueda tomar acciones adecuadas a las que requiere el pavimento sometido a evaluación, con lo que logra prolongar la vida útil de este pavimento, en el Perú, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), nos brinda parámetros necesarios para la evaluación de los pavimentos con lo que sumado al manual del índice de condición de pavimentos (Norma Americana) se logra establecer el

estado en el que se encuentra nuestro pavimento y finalmente poder accionar de manera adecuada.

## **MACRO**

Según Cantuarias & Watanabe (2017), concluyen que evaluando la condición del pavimento a pesar de su corto periodo de servicio presentaba fallas tales como Piel de cocodrilo, Grietas Longitudinales, Exudación, Parcheo Utilitario, Depresiones, Hueco, Abultamiento y Hundimiento, Pulimento de Agregados con diferentes grados de severidad. Según Rodríguez (2016), concluye que al realizar la evaluación del estado de conservación del pavimento en el barrio del Triunfo se encontró que debido a su antigüedad se obtiene un estado regular debido a sus manteamientos adecuados tomados a tiempo por ello es casi nulo. Sin embargo, el desconocimiento de evaluar el estado actual y la condición previa de los pavimentos (historial de intervenciones), genera que se destinen los recursos de manera inapropiada. En ocasiones, se realizan intervenciones que no son las más adecuadas al tipo de deterioro que presentan las carreteras, lo que se traduce en una pérdida importante en el nivel de servicio a lo largo de un periodo corto de tiempo y en un costo económico significativo.

Según Hiliquín (2016), 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. Y se debería implementar un programa periódicamente de evaluación y rehabilitación del estado de conservación de los pavimentos tanto superficial como funcional donde se consideren todos y cada uno de los tipos de fallas presentes y evitar mayores problemas futuras.

De acuerdo a las investigaciones citadas anteriormente, cabe resaltar la importancia de realizar un estudio del estado de conservación de los pavimentos, ya que con ello es posible

determinar una acción adecuada y precisa que busca prolongar la vida útil del pavimento lo que resulta beneficioso bajo perspectiva económica.

SGS Del Perú S.A.C es una empresa ubicada en la Av. Elmer Faucett 3348 Callao, Perú, con ruc 20100114349. Y cuenta con más 2600 oficinas y laboratorios y más de 94 000 empleados en todo el mundo dedicada al rubro de construcción y entre los servicios que brinda es la evaluación y mejora de las propiedades de pavimento. En enero del año 2010 adquirió INTRON Holding BV, una referencia mundial líder en la industria de la construcción. La empresa SGS Intron cuenta con un gran grupo de personal experto y un laboratorio profesional para las pruebas de materiales de construcción y con conocimientos de última generación. SGS Intron es pionera en nuevos desarrollos para la construcción y evaluación de carreteras. A sido participe de desarrollos de nuevos productos para carreteras, entre los que se incluyen las juntas silenciosas y el pavimento de rodadura. Así mismo, ofrece a los clientes soluciones personalizadas para cualquier tipo de cliente, ya sea el gobierno, un diseñador, un contratista (materias primas) o un proveedor.

CORPORACIÓN AMERICANA DE DESARROLLO S.A.C (ruc 20474956955), es una sociedad con presencia nacional e internacional, dedicada a brindar servicios de Consultoría y Capacitación a profesionales y organizaciones, tanto del sector público como privado, con el fin de hacerlos más eficientes. Esta empresa brinda una adecuada gestión y ejecución de proyectos viales, como un medio necesario para el desarrollo social y económico de nuestro país; hace necesaria la capacitación de los profesionales involucrados en esta actividad, en temas de ingeniería de pavimentos y carreteras, aplicado al diseño, construcción, mantenimiento y supervisión; a fin de ejecutar proyectos de infraestructura vial que no sólo cumplan con las especificaciones técnicas y normativas correspondiente, sino también con los estándares de calidad y niveles de servicio esperados a lo largo del tiempo.

Además, esta organización otorga acreditación académica del Centro Universitario Incarnate Word México (Diploma Internacional) así como de la Corporación Americana de Desarrollo - CAD PERÚ (Diploma de Especialización). El crecimiento y desarrollo de la CAD se sustenta en el trabajo corporativo y coordinado de todos sus integrantes, y del equipo de profesionales polivalente y multifuncional, altamente capacitado, motivado, responsable y con vocación de servicio; con amplios conocimientos y probada experiencia en el campo de la docencia, consultoría e investigación.

## **MICRO**

Los problemas del estado de conservación del pavimento tienen origen a causa de factores climáticos debido a que dañan y de esta forma aceleran el envejecimiento del pavimento. Cantuarias y Watanabe (2017), lo afirman, al mencionar que las malas condiciones de los pavimentos responderían a factores como el cambio climático, carga de tráfico vehicular, ausencia de sistemas pluviales, entre otros. Además, agregan que este mal estado se debe también a la ausencia de planes que busquen un mantenimiento oportuno que permitan una conservación y alargamiento en la vida útil de los pavimentos, evitando la reconstrucción total de estos lo que representaría un costo mayor y molestias en la población. Otro problema que presenta el estado de conservación de los pavimentos es debido a que las autoridades cuya función es gestionar obras y preservarlas no desempeñan su función de manera eficiente, por el contrario, olvidan por completo o por tiempo muy prolongado la importancia de llevar a cabo una evaluación rutinaria del estado de conservación del pavimento para poder accionar de forma adecuada y en el momento en que el pavimento lo requiere.

El estado de conservación del pavimento es un problema debido a que al momento de realizar el diseño se hace con un número de vehículos que transitan por la vía determinado

por un estudio previo. Este número de vehículos calculado con el pasar del tiempo aumenta, lo cual representa un desgaste mayor para el pavimento, lo que repercute de manera negativa en el estado de conservación, restándole años de servicibilidad.

## **NANO**

Las investigaciones mencionadas anteriormente nos indican la relevancia del estudio del estado de los pavimentos, es por ello que se busca realizar por medio del método del índice de condición de pavimentos (PCI) una correcta evaluación del estado de conservación de pavimentos, lo que nos llevará a poder determinar adecuadamente las acciones a realizarse para mantener en estado óptimo a los mismos. El índice de condición de pavimentos (PCI) es muy útil al ser el método más exacto para realizar dicha evaluación, todo ello con la finalidad de poder tomar acciones adecuadas, lo que genera beneficios a los usuarios.

La evaluación del estado de conservación del pavimento refiere a la determinación de la calidad que posee dicho pavimento, pudiendo encontrarse en un estado óptimo, lo que representaría un pavimento con daños insignificantes o nulos, asimismo un pavimento puede ser definido en un estado regular debido a que al ser evaluado se encontró fallas o daños leves o en una cantidad considerable, finalmente la evaluación del estado de conservación de pavimentos puede determinar cómo deficiente a un pavimento que conste de daños considerables o de cantidad excesiva.

De esta manera se realiza el proceso de evaluación del estado de pavimentos con la finalidad de poder establecer el nivel de conservación o deterioro en el que este se encuentra. El método del Índice de Condición de Pavimento (PCI) es utilizado para poder inspeccionar el estado en el que se encuentra el pavimento, es un método empleado con la finalidad de desarrollar alternativas de solución adecuadas ante el resultado que arroje la evaluación realizada bajo el mencionado método, a través del Índice de Condición de Pavimento (PCI)

se originan diversas alternativas como el mantenimiento, la rehabilitación o la reconstrucción del pavimento, las cuales permiten que se mantenga en buen estado.

Cabe resaltar que el método del Índice de Condición de Pavimento (PCI) es uno de los métodos más exactos o precios para la correcta evaluación del estado en el que se encuentra el pavimento, de no hacerse se podría pasar por alto los requerimientos del pavimento y de esta manera dejar que el pavimento llegue a condiciones inadecuadas.

## **1.2. Antecedentes de la investigación**

### ***“Índice de condición del pavimento rígido en la ciudad de Cartagena de indias y medidas de conservación. caso de estudio: carrera Ira del barrio Bocagrande”***

Cote & Villalba, (2017), Este proyecto tiene como objetivo establecer el estado actual del pavimento de la avenida el Malecón (carrera 1ra) del barrio Bocagrande, mediante la metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI). Se consideró necesario realizar el estudio de daños debido a la importancia e inconvenientes que presenta la vía, basado en la norma ASTM D-6433 07, se identificó la clase, severidad y cantidad de fallas en las unidades de muestra seleccionadas. En general, el 65% de las unidades estudiadas posee un estado “Regular”, un 25% “Malo” y el 10% restante “Bueno”. Por lo que la avenida El Malecón obtuvo un PCI promedio de 44.4%, equivalente a un estado “Regular”. El pavimento de la avenida El Malecón obtuvo un valor de PCI= 44.4%, dentro de la escala de clasificación establecida en la norma ASTM D-6433 07, corresponde a un estado “Regular”. De las losas estudiadas el 65% presentó un estado “Regular”, un 25% “Malo” y un 10% “Bueno”. Las unidades de muestreo con un estado más desfavorable (“Malo”) son 1, 4, 6, 8 y 9 con valores de PCI iguales a 32%, 30%, 37%, 32% y 36% respectivamente, y las unidades

en mejores condiciones (“Bueno”) son 17 y 20, con un PCI de 56% y 63.02%, respectivamente (p. 58).

Esta investigación se podría tomar en cuenta como aporte a mi tesis por la manera adecuada de cómo se identificó el estado de conservación de la carpeta asfáltica de rodadura, de dicho tramo de estudio para dar una mejora de solución. Así mismo se realiza una adecuada utilización del manual del PCI en los daños existentes en vía de estudio.

### ***“Evaluación Del Estado De Pavimentos Flexibles En La Zona Urbana De La Calera”***

Cruz & Restrepo, (2017), En este estudio se presenta la evaluación del estado de los pavimentos flexibles en el casco urbano del municipio de La Calera. Se hizo una visualización de todas las calles y carreras que tiene el municipio en busca de los pavimentos flexibles que se podrían encontrar y se demarcaron por color rojo en un mapa de ubicación que servirá más tarde en la labor de campo, esto ayuda en la optimización de tiempos, dinero, etc. Y se obtuvo información correspondiente a las coordenadas cartesianas del inicio y final de cada sección vial que entro al estudio, estas coordenadas fueron recopiladas con la ayuda de la herramienta Google Earth y Global Mapper. Por ser este un estudio preliminar no requiere de una gran precisión en la toma de sus coordenadas. Ya con un mapa de orientación para identificar los pavimentos flexibles se procede a realizar la labor de campo, esta consta de un procedimiento muy sencillo gracias a la ayuda de la Aplicación PavCoin auscultación realizada y/o desarrollada por el grupo de Investigación en Pavimentos y Materiales Sostenibles de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Después de realizar la evaluación mediante el método Pavement Condition Index (PCI). Se encontró el estado de los pavimentos. El 56% restante del área en estudio se divide de la siguiente forma: fallado 11.1%, regular 16.6%, bueno 11.1%, muy bueno 11.1% y excelente con un 5.6%. Esto quiere decir que el 72.1% del pavimento flexible analizado del Municipio de La Calera se encuentra

fallado, en muy mal estado, en mal estado y regular; el 27.8% del pavimento restante se encuentra en un buen estado, muy buen estado y excelente estado, esto quiere decir que es aconsejable que en la mayor parte del pavimento se realice un mantenimiento correctivo. Con los resultados de cada sección se puede deducir que la condición del pavimento flexible de La Calera en su mayoría está en muy mal estado y el 44 % del área en estudio se encuentra en estado malo y muy malo, esto quiere decir que el pavimento analizado requiere ser reconstruido (p. 35).

En esta investigación podemos decir que a través de los resultados obtenidos del análisis del estado de pavimentos flexibles en La Calera se puede generar un reporte para tomar la decisión más adecuada en el tiempo indicado para mantener y rehabilitar un pavimento flexible.

***“Evaluación de la superficie del pavimento flexible en la Av. Industrial aplicando el método del PCI y Índice de Rugosidad, Chimbote – Áncash 2019”***

Burga, (2019), Evaluar el pavimento flexible aplicando el método del PCI y índice de rugosidad de la Av. Industrial, del distrito de Chimbote. Aplicando el método del PCI. Para el estudio se utilizó una inspección visual minuciosa con ciertos criterios y requerimientos a toda su superficie del pavimento, observando las fallas existentes, para su posterior procesamiento y cálculo del valor del índice de condición del pavimento. Después de ejecutar la evaluación se obtuvo el promedio obtenido de 15 unidades de muestras y nos arrojó un resultado de 41.53, clasificándolo como REGULAR, por encontrarse al margen del rango 40 – 55. Por lo tanto, la superficie de la carretera de la Av. Industrial cuenta con un índice de condición de pavimento de regular. Queda demostrado finalmente que la superficial del pavimento de la avenida Industrial nos dio en su escala numérica de calificación, REGULAR

por estar dentro del rango de 40-55, dichos resultados plasman que las fallas existentes no afectan consecuentemente la integridad superficial y estructural del pavimento (p. 50).

Con la evaluación realizada con el método de índice de condición de pavimento (PCI), este estudio señala el grado de conservación de la superficie del pavimento flexible determinando sus fallas y tipos de severidad. Y mediante lo determinado dar a conocer datos de mejora para la superficie de rodadura.

***“Evaluación Superficial Aplicando Metodología PCI Del Pavimento Flexible De La Carretera Baguaaleny, Provincia Bagua, Amazonas 2018”***

Campos, (2018), Esta investigación tiene como objetivo evaluar el estado superficial del pavimento flexible utilizando metodología PCI con el fin identificar el estado del pavimento asfáltico. Antes de tomar cualquier decisión de la recopilación de datos y como analizarlos se debe tener en cuenta la finalidad de la evaluación, y se procesa en una tabla un gráfico en una hoja de cálculo Excel, se elaboraron un total de 51 unidades de muestra, y se consideraron en parámetros de la situación actual de la carretera, dando como resultado que el tramo Bagua Alenya, es Regular. Mediante el presente estudio se ha dado a conocer el índice de estado del pavimento flexible, tal como se plantea en la tabla 3.2 Cuadro de resumen de PCI de la sección evaluada 43.70 por esta razón podemos concluir que el estado del pavimento asfáltico de la sección de la carretera Bagua –centro poblado Alenya es regular. Por lo tanto, la intervención que se realizará en la carretera Bagua – Alenya según el método es una Rehabilitación Mayor o Acción Diferida (p. 61).

La presente investigación aporta información relevante sobre el estado superficial del pavimento flexible empleando la metodología del Índice de Condición de pavimento (PCI), lo cual consistió en una inspección visual al pavimento y recolección de datos, para después estos datos sean procesados en una hoja de cálculo Excel para obtener un resultado de

intervención al pavimento flexible para que este se mantenga en un buen estado y de correcto funcionamiento.

***“Evaluación Superficial Del Pavimento Flexible De La Av. Jorge Basadre Grohmann Del Distrito De Pocollay Tramo Av. Jorge Basadre Grohmann Este – Av. Basadre Y Forero, Aplicando El Método Del PCI”***

Guzman, (2017), El interés del presente trabajo de investigación aplicada es determinar la evaluación superficial del pavimento flexible aplicando el método PCI para conocer el estado de conservación de la av. Jorge Basadre Grohmann del distrito de Pocollay tramo av. Jorge Basadre Grohmann Este – av. Basadre y Forero. Para mencionada investigación se empleó el método del PCI, el cual empieza con el levantamiento de información de forma visual de los tipos de fallas encontradas y su nivel de severidad, para luego procesar dicha información utilizando ecuaciones y ábacos para obtener un valor numérico entre el cero (0) y el cien (100) que determina la condición del pavimento como fallado, malo, muy malo, regular, bueno, muy bueno o excelente. Luego del procesamiento de datos, de acuerdo a los parámetros de evaluación obtenidos en las 44 unidades de muestra se obtienen los siguientes resultados para ambos tramos de la vía: Para el Tramo 01, las secciones 01, 02, 03, 04 y 05 tienen un valor del PCI de 56 (Bueno), 86 (Excelente), 63 (Bueno), 75 (Muy Bueno) y 54 (Regular) respectivamente y según la metodología PCI tiene un valor de PCI promedio de sesenta (60) es decir se encuentra en Buena condición. Para el Tramo 02, las secciones 01, 02, 03, 04, 05 y 06 tienen un valor del PCI de 77 (Muy Bueno), 66 (Bueno), 33 (Malo), 46 (Regular), 44 (Regular) y 60 (Bueno) respectivamente y según la metodología PCI tiene un valor de PCI promedio de cincuenta y siete (57) es decir se encuentra en Buena condición. Por lo tanto, se concluye que el estado de conservación del pavimento flexible de la av. Jorge Basadre Grohmann, tramo av. Jorge Basadre Grohmann Este – av. Basadre y Forero,

mediante la aplicación del método PCI del Tramo 01 y Tramo 02 se encuentra en Buena condición sin embargo las Unidades de Muestra N° 09, 20 y 24 del Tramo 01 y N° 05, 07, 10, 12 y 14 del Tramo 02, se encuentran en mala o muy mala condición (p. 157).

Esta investigación será de gran utilidad en mi tesis ya que contiene información relevante y adecuada de cómo se debería evaluar la superficie de un pavimento flexible haciendo uso del manual de Índice De Condición De Pavimento PCI, ya que en su estudio da como resultado, en una parte del tramo estudiado de buena condición y otra parte en pésima condición de pavimento.

***“Evaluación superficial del pavimento flexible por método índice de condición del pavimento, Avenida El Sol -Villa María del Triunfo, 2018”***

Lope, (2018), La nombrada investigación tuvo como objeto evaluar superficialmente el suelo flexible ejecutando la técnica de Condición de índices de suelo de la Avenida el Sol, Villa María del Triunfo. Para este estudio se hizo uso de la metodología PCI dividiendo en 6 partes al tramo a evaluar, los cuales se refieren al muestreo. Tomando muestras en la zona de evaluación, el cual será dividida por áreas. Después de la recopilación información, levantaremos los daños encontrados y luego los analizaremos. Posteriormente se evaluará resultados y se propondrá alguna alternativa de solución de acuerdo a su estado. Al realizar la evaluación superficial del pavimento flexible se determinó que la situación que más predomina es la situación regular con un valor de 42 %, seguidamente de la buena en 33% y 17% de situación muy mala. Por otra parte, las demás situaciones están valorizadas en menor o igual a 8%. Por lo tanto, de la inspección visual realizada a detalle en la avenida El Sol-Villa María del Triunfo, pudimos comprobar que el estado de condición de los pavimentos se encuentra en un estado óptimo, moderado y desastroso, lo cual permitió tomar medida de cada dimensión del pavimento deteriorado y luego registrarlo en formatos establecidos por

el Canon de medidas ASTM D 6433-7, que nos da como conclusión que cada muestra estudiada tiene diferentes tipos de deterioro como clasificación de niveles severos (p. 106).

La información de esta tesis en mi proyecto de investigación es de gran aporte, porque en su estudio de evaluación de pavimento dio como resultado un pavimento regular debido a que si le dan un mantenimiento adecuado para conservar su estado estructural aumentando así su vida útil del pavimento.

***“Evaluación Superficial Del Pavimento Flexible Aplicando El Método Pci Y Propuesta De Mejoramiento De La Infraestructura Vial En La Av. Industrial, En El Tramo De La Av. Gustavo Pinto Y Av. Jorge Basadre Grohmann – Tacna, 2019”***

Toledo & Llaiqui, (2020), La presente investigación tuvo como objetivo determinar en qué medida la evaluación superficial del pavimento flexible de la infraestructura vial existente en la Av. Industrial, permitirá demostrar una propuesta de mejoramiento, del tramo de estudio en la ciudad de Tacna, año 2019. El tipo de investigación fue aplicada con enfoque cuantitativo y con un diseño descriptivo - explorativo. Para esta investigación se dio a conocer el estado superficial y estructural en que se encuentran las vías en la ciudad de Tacna, contando con un plan estratégico para el mantenimiento, conservación y rehabilitación, y se puede brindar a los usuarios seguridad y confort en las vías de la ciudad. Así mismo, indican que el pavimento flexible una vez construido tiene una vida útil que cumplir, para la cual fue diseñada y de esta forma satisfacer a los usuarios. Por ello, los pavimentos deben ser diseñados para una vida útil de 20 años mínimamente, para que el cumplimiento de la misma se vea efectivo se debe realizar el mantenimiento periódico o rutinario que sea necesario con el objetivo de que se llegue a cumplir el tiempo para el cual fue diseñado. Por lo tanto, una vez realizado el método del PCI obtuvieron los resultados de una carpeta superficial “malo” con un PCI de 32.08% y como propuesta de mejoramiento se obtuvo una nueva

infraestructura mediante el método AASTHO 93, ya que la existente cumplió con su vida útil, dando como resultado un espesor de pavimento de 78 cm. Por conclusión, al haber encontrado una gran cantidad de fallas y una vez realizado la evaluación del pavimento mediante método PCI se encontró un pavimento en estado malo y de la solución recomendada de una obra nueva proponiendo un diseño mediante método AASHTO 93 se halló los espesores de pavimento que son: Carpeta = 6cm, Base = 30cm, Sub Base = 42cm. (p. 98).

La información de la presente investigación para mi proyecto de investigación es de gran aporte, porque al encontrar un pavimento flexible con PCI “malo”, proponen como alternativa de solución realizar un nuevo diseño de la infraestructura mediante el Método AASHTO 93.

***“Diagnóstico Y Diseño Vial Del Pavimento Flexible: Avenida Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Avenida Ferrocarril), En El Distrito De Hualhuas, Provincia De Huancayo 2016”***

Kori, (2017), En la presente investigación se logró determinar el diagnóstico de la carpeta asfáltica para el diseño vial del pavimento flexible de la Avenida Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Avenida Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016. El tipo de investigación es Aplicada o Tecnológica, el nivel es Descriptivo – Explicativo, el diseño es Correlacional, el método general de la investigación es el Científico, el específico es el Cuantitativo; que permitió describir y explicar el diagnóstico de la carpeta asfáltica y determinar el diseño vial, además de establecer el grado de correlación de las variables. Así mismo, este trabajo de investigación se conformó por un grupo de ensayos destructivos y procedimientos de ingeniería; para el efecto, se aplicaron las metodologías del Índice de Condición de Pavimentos y AASHTO 1993, se realizaron los estudios de tráfico vehicular y excavación de 5 calicatas a cielo abierto para su análisis. Por lo tanto, al realizar el diagnóstico de la carpeta asfáltica del

pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril) en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016, se apreció que el pavimento se encuentra en mal estado, cuyas variables se relacionan considerablemente de forma positiva, en un porcentaje de 88.39%, planteando a través de ello, que la vía debe reconstruirse con un nuevo diseño eficiente, obedeciendo a un número estructural de 3.08; debido a que el grado de correlación reportados entre los indicadores tales como diagnóstico de la vía en estudio (Índice de condición del pavimento – PCI), frente a la propuesta de diseño vial (Metodología AASTHO 1993), es considerable (ALTO). En conclusión, el diagnóstico de la carpeta asfáltica del pavimento flexible de la Av. Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Av. Ferrocarril) en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016, se encuentra en mal estado, cuyas variables se relacionan considerablemente de forma positiva, en un porcentaje de 88.39%. Planteándose, que la vía existente debe reconstruirse con un nuevo diseño eficiente, obedeciendo a un número estructural requerido  $SN= 3.08$ ; puesto que, el grado de correlación reportados entre los indicadores tales como diagnóstico de la vía en estudio (Índice de condición del pavimento – PCI), frente a la propuesta de diseño vial (Metodología AASTHO 1993), es ALTO. Por otro lado, la mejor propuesta estructural y económica del pavimento flexible resulto los siguientes espesores: base de 20 cm, sub base 30 y carpeta asfáltica de 5. (p. 81).

Esta investigación será de gran utilidad en mi tesis ya que contiene información relevante y adecuada de cómo se debería evaluar la superficie de un pavimento flexible haciendo uso del manual de Índice De Condición De Pavimento PCI, ya que en su estudio da como resultado, un PCI en pésima condición de pavimento y se realiza una propuesta de solución de un nuevo diseño vial haciendo uso de la Metodología AASTHO 1993.

***“Evaluación del pavimento flexible Avenida “A”, Nuevo Chimbote – 2020 - Propuesta de Mejora”***

Guibovich, (2020), El presente estudio evaluó el pavimento flexible en la Avenida “A”, Nuevo Chimbote 2020 y propuso un nuevo diseño mediante el ASHTOO 93. El tipo de investigación fue aplicada con un diseño no experimental de corte transversal descriptivo. Se identificó los diversos tipos de fallas que ofrece el manual PCI, en toda la carpeta de rodadura del tramo a evaluar, los materiales que se utilizaron fueron: Smartphone, wincha, calculadora, lapicero y fichas técnicas, así también se realizó el conteo vehicular durante los 7 días. Así mismo, para las evaluaciones físico-mecánicas del suelo se realizaron 4 calicatas en los dos carriles de la avenida la “A”, los materiales que se utilizaron fueron pico, palanas, barreta, cal, wincha y cámara fotográfica. También se realizó un nuevo diseño de pavimento mediante el ASHTOO 93. Los resultados muestran que en la avenida A, en el tramo 1 y tramos 2 se obtuvieron un PCI calificado como regular y malo respectivamente; así mismo de las evaluaciones físico-mecánicas se obtuvo un CBR de 61.35 % al 100 M.D.S %, y un número estructural requerido y resultante de para ambos 2.607 respectivamente, con una capa superficial de 6.35cm, base de 20cm y sub base de 15cm. (p. 39).

Este estudio no experimental tiene buenos aportes de cómo se debería evaluar la superficie de un pavimento flexible haciendo uso del manual de Índice De Condición De Pavimento PCI y realizar un correcto diseño de pavimento flexible mediante la metodología AASTHO 93, ya que en su estudio da como resultado un PCI de condición malo y regular de pavimento y en el diseño AASTHO 93 resulta un pavimento de 41.35cm de espesor.

***“Determinación del Deterioro del Pavimento Flexible de la Avenida Nicolás de Piérola Del Distrito de Casma - Ancash - 2018 Propuesta de Mejora”***

Ticeran, (2018), La presente investigación determino el deterioro del pavimento flexible y realizo un nuevo diseño de espesores para el pavimento flexible de la av. Nicolás de Piérola del distrito de Casma – Ancash. El tipo de investigación fue Descriptiva –

Explicativo con un diseño no experimental. Se realizó una evaluación de las estructuras del pavimento flexible mediante tres perfiles estratigráfico, obteniendo como resultado de la primera muestra una carpeta de rodadura de 3cm de espesor y la conformación de las carpetas de la base y sub base de 30cm de espesor con material afirmado, de la segunda muestra una carpeta de rodadura de 3cm de espesor y la conformación de las carpetas de la base y sub base de 25cm de espesor con material afirmado y de la tercera muestra una carpeta de rodadura de 3cm de espesor y la conformación de las carpetas de la base y sub base de 27cm de espesor con material afirmado. Así mismo del diseño se obtuvo como resultado un número estructural de capa (SN) requerido de 2.642 y un número estructural de capa (SN) resultante de 6.608, de lo cual se obtuvieron los siguientes espesores: asfalto 5cm, base granular 20cm y sub base granular 20cm. Finalmente se concluyó que el deterioro de pavimento flexible de la av. Nicolas de Piérola se da por el mal diseño de espesores ya que se encontró una carpeta de rodadura de 3cm, la base de 15cm, la subbase de 15cm y en el diseño que se realizó resulta ser 5cm para la carpeta de rodadura, 20cm para la base y 20 cm para la subbase. (p. 79).

Esta investigación tiene gran aporte en cuanto a los resultados alcanzados, tendiendo que, el deterioro del pavimento flexible se da por el mal diseño de espesores encontrando un pavimento de 33cm de espesor y en el diseño que se realizó resulto ser de 45cm. Teniendo un impacto bueno e novedoso ya que se obtiene resultados positivos.

### **1.3. Bases Teóricas**

#### **1.3.1. Estado de Conservación**

Es el conjunto de actividades destinadas a preservar a largo plazo y al menor costo posible la infraestructura vial y el servicio que esta presta, procurando que mantenga un

funcionamiento adecuado a costos razonables de operación de los vehículos que la utilizan, en beneficio de los usuarios y en conformidad con los niveles de servicio fijados en las estrategias y políticas de conservación para la red vial nacional Curi, (2019).

### 1.3.1.1. Pavimentos

Todo pavimento está conformado por capas que van una sobre otra, relativamente horizontales, éstas son diseñadas y se construyen con materiales apropiados y compactados de manera correcta. Estas se apoyan sobre la sub-rasante que se obtuvo por el proceso de movimiento de tierras en el proceso de exploración y que serán capaces de soportar adecuadamente los esfuerzos a las que son sometidas por las cargas repetidas del tránsito durante su periodo de vida para la que fue diseñada la estructura del pavimento Montejo, (2002).

Acorde a la ingeniería, el pavimento es un elemento estructural que se encuentra sobre la sub-rasante, esta carpeta debe ser capaz de soportar un sistema de capas de distintos espesores, a lo que se le denomina “paquete estructural” (Ver figura 1.), el cual es diseñado para poder soportar cargas a las que sea sometido durante un periodo de tiempo Rodríguez Velásquez, (2009).

*Figura 1. Esquema de paquete estructural de un pavimento*



Fuente: Rodríguez, E. (2009). “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”.

[Imagen]

### **1.3.1.2. Función de los Pavimentos**

La creación de un pavimento tiene por finalidad brindar una superficie por la que se pueda transitar con seguridad y sea adecuada para salvaguardar la integridad de los vehículos de transporte, además que sea capaz de soportar toda condición climática. Existen diversos tipos de pavimentos, los cuales varían de acuerdo a los tipos y cantidad de vehículos que transiten por este. La ingeniería de pavimentos tiene como objetivo la proyección, la construcción, el mantenimiento y la gerencia de pavimentos, por ello es que se lleva a cabo un diseño en el que el pavimento ejerza sus funciones adecuadamente y al mismo tiempo no se genere un costo elevado para la sociedad, sino por el contrario minimizar costos. Entonces siendo esta una actividad multidisciplinaria que combina e involucra conceptos como la geotecnia, estructuras, materiales, transporte y sistemas, además de la importancia que posee, es sensato estimar y llevar a cabo un mantenimiento a los pavimentos existentes.

Un camino que carece de pavimentación, las condiciones de funcionamiento son precarias, esto genera un limitante en la velocidad de los vehículos que transitan por este camino, además se elevan los costos de mantenimiento y consumo de combustible (Universidad Mayor San Simón, 2004).

### **1.3.1.3 Clasificación de los Pavimentos**

Según Montejo (2002):

La clasificación de pavimentos se da en: pavimentos semi-rígidos o semi-flexibles, pavimentos articulados.

### 1.3.1.3.1 Pavimentos flexibles

Los pavimentos flexibles están formados por una carpeta bituminosa apoyada por lo general sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. Sin embargo, se puede variar conforme a las necesidades particulares de cada obra.

#### Elementos de un Pavimento Flexible

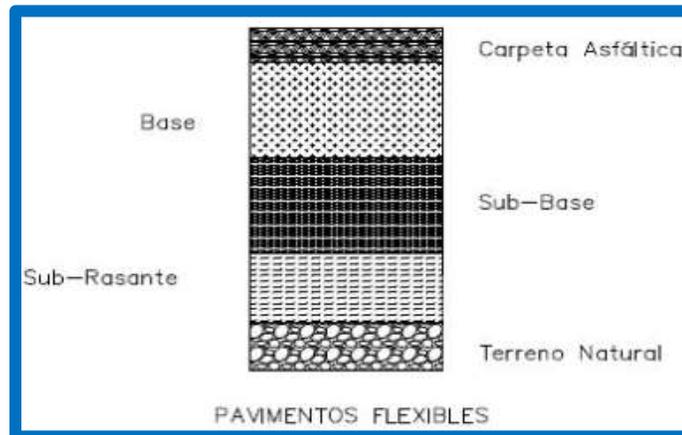
Según Procedimiento de diseño de pavimento flexible (2018):

**Sub-rasante:** Se denomina sub-rasante a la capa de **terreno natural** sobre la que se apoya la estructura del pavimento, no obstante, también puede tratarse de una capa adicional que proporcione más estabilidad al **terreno natural**, a esta se le denomina *sub-rasante mejorada*.

**Sub-base:** Esta es construida con materiales los cuales están clasificados de acuerdo a su granulometría, características plásticas y su resistencia. Estas son mejoradas en caso sea necesario, y esta mejora se da mediante estabilizaciones mecánicas (compactación).

**Capa superficial:** Es llamada también **capa de rodadura** y se refiere a la capa superior del pavimento, esta resulta de una mezcla de agregados minerales y materiales asfálticos, y posee propiedades que hacen que sea capaz de transmitir – resistir altas presiones de neumáticos y el desgaste debido al tráfico. Además de ello protege a la capa base y al resto de capas que conforman la estructura del pavimento.

*Figura 2. Estructura de un Pavimento Flexible*



Fuente: Procedimiento de diseño de pavimento flexible, (2018). "Ingecivil: Información relacionada a la Ingeniería Civil y Construcción". [Imagen]

*Figura 3. Estructura de un Pavimento Flexible*

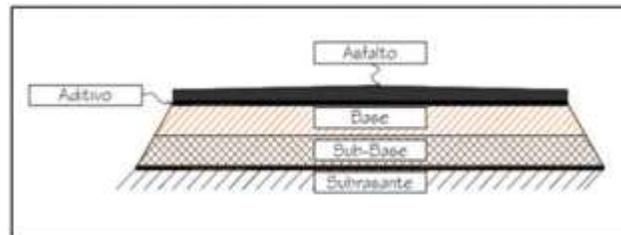


### 1.3.1.3.2 Pavimentos semi-rígidos

La estructura de estos pavimentos es similar a la estructura que posee un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El uso de los aditivos tiene como fin corregir

o variar las propiedades mecánicas de los materiales del lugar, que no sean aptos para poder construir sobre estos las capas del pavimento, tomando como consideración que los materiales idóneos para poder construir las capas del pavimento se encuentran a distancias las cuales generarían un mayor gasto, lo que encarecería notablemente los costos de la construcción; Montejo, (2002).

*Figura 4. Sección Típica Transversal Pavimento Semirrígido*

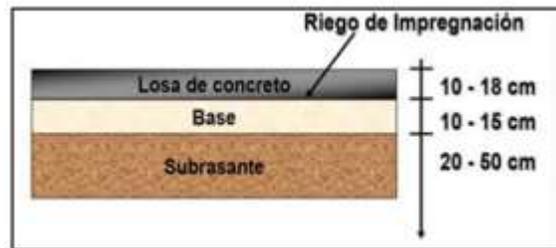


Fuente: Medina, A. & De la Cruz, M. (2017). "Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI". [Imagen]

### **1.3.1.3.3. Pavimentos Rígidos**

Estos pavimentos están básicamente constituidos por una losa de concreto hidráulico que se apoya sobre la sub-rasante o sobre una capa, de material seleccionado, a la que se le denomina sub-base del pavimento rígido. La distribución de los esfuerzos que se ejercen sobre este tipo de pavimentos se produce en una zona muy extensa, debido a que el concreto hidráulico presenta una alta rigidez y un coeficiente de elasticidad elevado. Sumado a ello, se sabe que el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión. El desempeño de un pavimento rígido es satisfactorio a pesar de la existencia de zonas débiles en la sub-rasante. (Montejo, 2002).

Figura 5. Sección Típica Transversal Pavimento Rígido



Fuente: Giordani & Leone. (2010)

#### 1.3.1.4. Mantenimiento en Pavimentos

Según Sánchez (2016):

Es un procedimiento pensado en la conservación de los pavimentos, cuya proyección es detener el deterioro, retardar fallas progresivas y minimizar la necesidad de obras de reconstrucción y rehabilitación de los pavimentos.

Dicho mantenimiento se realiza periódicamente, para poder prolongar la vida útil de los pavimentos y mejorar su nivel de servicio, cabe resaltar que el proceso de mantenimiento no otorgará mayor capacidad portante al pavimento.

El proceso de mantenimiento como prevención comprende un conjunto de actividades que se lleva a cabo al menos una vez al año, con la finalidad de poder retardar en lo posible la degradación del pavimento y poder mantener su funcionalidad en estado óptimo, además el mantenimiento sirve para poder corregir aquellos impactos negativos que dificultan el buen funcionamiento del pavimento.

A pesar de que el mantenimiento rutinario se debe realizar durante todo el período de vida del pavimento, este se realiza durante la etapa inicial de servicio (Sánchez, 2016).

#### 1.3.1.4.1. Sello de Fisuras y Grietas

Este procedimiento es aplicado con el fin de corregir aquellas fisuras y grietas longitudinales y transversales, las que podrían permitir el paso del agua, lo que debilitaría a las capas inferiores del pavimento y hasta a la sub-rasante.

Si las grietas tienen un ancho igual o superior a  $\frac{1}{4}$ ", estas deben ser ruteadas previamente a su sellado, para poder formar una cavidad uniforme y firme que le permita aceptar la cantidad adecuada de sellante y su adhesión a las paredes de la grieta.

*Figura 6. Ruteado de Grieta*



Fuente: Sánchez, F. (2016). “Mantenimiento rutinario de vías pavimentadas”. [Imagen]

*Figura 7. Limpieza de grieta con aire comprimido*



Fuente: Sánchez, F. (2016). “Mantenimiento rutinario de vías pavimentadas”. [Imagen]

### 1.3.1.4.2. Bacheo superficial y profundo

Tiene por objetivo restablecer la integridad del pavimento y evitar daños extensos a la calzada que podrían afectar la inversión hecha, además de la comodidad y la seguridad en el tránsito vehicular.

Este procedimiento se realiza principalmente para corregir fallas como: agrietamientos del tipo piel de cocodrilo, depresiones, ojos de pescado, distorsiones y ahuellamientos localizados y fallas en los bordes de un pavimento asfáltico, así como porciones muy deterioradas de losas de pavimentos rígidos.

Figura 8. Bacheo superficial y profundo del pavimento



Fuente: Sánchez, F. (2016). "Mantenimiento rutinario de vías pavimentadas". [Imagen]

### 1.3.1.4.3. Recarpeteo

Este procedimiento consiste en quitar toda la parte de la carpeta de rodadura que se encuentre dañada para reemplazarla por una nueva, con esto se logra conservar las propiedades del pavimento y que pueda seguir siendo útil.

Según Vásquez (2002):

### 1.3.1.5. Fallas en los Pavimentos

*Tabla 1*

*Tipos de fallas en los pavimentos según PCI*

FALLAS SEGÚN PCI	
Nº	TIPO DE FALLA
1	GRIETA PIEL DE COCODRILO
2	EXUDACIÓN DE ASFALTO
3	GRIETAS DE CONTRACCIÓN (BLOQUE)
4	ELEVACIONES-HUNDIMIENTO
5	CORRUGACIONES
6	DEPRESIONES
7	GRIETAS DE BORDE
8	GRIETAS DE REFLEXIÓN DE JUNTAS
9	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES
10	DESNIVEL CALZADA-HOMBRILLO
11	BACHES Y ZANJAS REPARADAS
12	AGREGADOS PULIDOS
13	HUECOS
14	CRUECE DE RIELES
15	AHUELLAMIENTO
16	DEFORMACIÓN POR EMPUJE
17	GRIETAS DESLIZAMIENTO
18	HINCHAMIENTO
19	DISGREGACIÓN Y DESINTEGRACIÓN

### **1.3.1.5.1. Grieta piel de cocodrilo**

Estas grietas ocurren producto de la fatiga en la capa de rodadura, esta fatiga se da a causa de la acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento tiene origen en el fondo de la capa asfáltica, ya que en este nivel los esfuerzos y las deformaciones unitarias son mayor ante la carga de la rueda, dichas grietas se propagan hacia la superficie, que después de las repetidas cargas las grietas se conectan y se convierten en polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón semejante a las de una malla o a la piel de cocodrilo. En mayoría, el lado más grande las piezas no supera los 0.60 m.

#### **Niveles de severidad**

- L (Low: Bajo): Se consideran a aquellas grietas finas capilares y longitudinales con pocas o ninguna grieta interconectada. Las grietas no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.
- M (Medium: Medio): Comprende a las grietas en un estado de daño superior a las del nivel L, estas grietas pueden estar ligeramente descascaradas.
- H (High: Alto): Las grietas o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que se encuentran bien definidas y descascarados los bordes. A causa del tránsito y al daño que presenta el pavimento se pueden mover algunos pedazos del pavimento.

*Figura 9. Piel de cocodrilo*



Fuente: Rodríguez, E. (2009). “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”. [Imagen]

#### **1.3.1.5.2. Exudación de asfalto:**

La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, esto hace que se forme una superficie brillante, cristalina y reflectora que por lo general llega a ser pegajosa. La exudación se origina por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Pasa cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales, expandiéndose la superficie del pavimento. El asfalto se acumulará en la superficie debido a que en tiempo de frío la exudación no es reversible.

#### **Niveles de severidad**

- L: La exudación solo se detecta durante pocos días del año y solo ha ocurrido en un grado muy bajo. En este nivel el asfalto no se adhiere a los neumáticos de los vehículos.
- M: A este nivel el asfalto si se adhiere a los neumáticos, pero en un periodo corto del año (pocas semanas).

- H: Gran cantidad de asfalto se adhiere a los neumáticos, en un periodo de al menos varias semanas al año. La exudación ocurre de forma extensa.

*Figura 10. Pavimento con Exudación*



Fuente: Rodríguez, E. (2009). “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”. [Imagen]

### **1.3.1.5.3. Agrietamiento en bloque.**

Se refiere a aquellas agrietas que están interconectadas y que dividen al pavimento en pedazos de forma rectangular. Estos bloques formados poseen un tamaño que varía entre 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Este tipo de grietas tienen origen a causa de la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura del día a día. Las grietas en bloque no se dan por cargas y nos indican que el asfalto se encuentra endurecido significativamente. Este tipo de falla se presenta en gran parte del pavimento, sin embargo, ciertas veces aparecerá únicamente en zonas sin tránsito. El agrietamiento en bloque difiere del agrietamiento conocido como *piel de cocodrilo*, ya que el agrietamiento piel de cocodrilo se origina a causa de las cargas repetidas de tránsito, siendo encontradas estas fallas únicamente en las áreas sometidas a cargas (en primera etapa); otra diferencia entre estos tipos de falla es la forma en

la que se manifiestan, siendo la piel de cocodrilo una falla que presenta pedazos más pequeños, con muchos lados y ángulos agudos.

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

- L: Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para grietas longitudinales y transversales.
- M: Bloques definidos por grietas de severidad media.
- H: Bloques definidos por grietas de alta severidad.

*Figura 11. Grietas en bloque*



Fuente: Rodríguez, E. (2009). “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”.  
[Imagen]

#### **1.3.1.5.4. Abultamientos (bumps) y hundimientos (sags).**

Respecto a los abultamientos, estos son desplazamientos pequeños hacia la superficie del pavimento. Si bien es cierto los desplazamientos son originados debido a la inestabilidad del pavimento, y por otra los abultamientos pueden ser causados a causa de distintos factores que incluyen:

- Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento Pórtland con una sobre carpeta de concreto asfáltico.
- Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo).
- Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito (algunas veces denominado “tenting”).

### Niveles de severidad

- L: La calidad de tránsito originada por los abultamientos o hundimientos es de baja severidad.
- M: La calidad de tránsito originada por los abultamientos o hundimientos es de media severidad.
- H: La calidad de tránsito originada por los abultamientos o hundimientos es de alta severidad.

*Figura 12. Abultamiento y hundimientos*



Fuente: Rodríguez, E. (2009). “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”. [Imagen]

### 1.3.1.5.5. Corrugación.

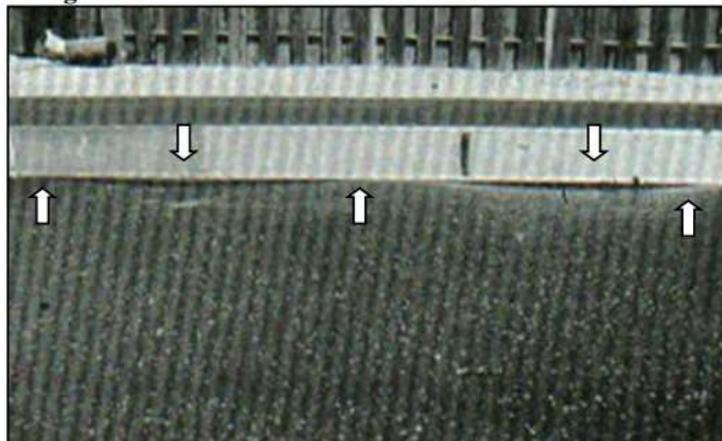
La corrugación, denominado también como “**lavadero**”, tiene origen debido a la acción combinada del tránsito y una base inestable, esto trae como consecuencia una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren en intervalos regulares, siendo en su mayoría a menos de 3.0 m.

Estas cimas originadas son perpendiculares a la dirección del tránsito del pavimento.

#### Niveles de severidad

- L: La calidad de tránsito originada por corrugación es de baja severidad.
- M: La calidad de tránsito originada por corrugación es de media severidad.
- H: La calidad de tránsito originada por corrugación es de alta severidad.

*Figura 13. Corrugación*



Fuente: Rodríguez, E. (2009). “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”. [Imagen]

### 1.3.1.5.6. Depresión.

Son aquellas áreas en la superficie del pavimento que presenta un nivel ligeramente más bajo que el resto del pavimento. En muchos casos, las depresiones leves son apreciadas únicamente cuando en estas se almacena agua a causa de la lluvia, este almacenamiento de

agua en las depresiones leves, se conoce como “baño de pájaros” (bird bath). Las depresiones sin presencia de agua, es decir secas, son localizadas gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Estas depresiones tienen su origen debido al asentamiento de la sub-rasante o a una mala construcción.

Estas depresiones originan rugosidad a cierto nivel y de tratarse de depresiones considerables, estas podrían causar **hidroplaneo**.

### **Niveles de severidad.**

Respecto a la profundidad:

- L: De 13.0 a 25.0 mm.
- M: De 25.0 a 51.0 mm.
- H: Superior a 51.0 mm.

*Figura 14. Pavimento con Depresión*



Fuente: Rodríguez, E. (2009). “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”. [Imagen]

### **1.3.1.5.7. Grieta de borde.**

Estas grietas son paralelas y por lo general se encuentra a una distancia de 0.30 a 0.60 m del borde del pavimento. Este tipo de falla se acelera debido a las cargas de tránsito y se

puede originar por debilitamiento de la base o la sub-rasante del borde del pavimento, pudiendo ser por condiciones climáticas. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica acorde a la forma de la grieta originada (en ciertos casos los pedazos pueden removerse).

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

- L: No hay presencia de fragmentación o desprendimiento. Agrietamiento bajo.
- M: Grietas medias con presencia de fragmentación y desprendimiento regular.
- H: Fragmentación o desprendimiento considerable a lo largo del borde.

*Figura 15. Grietas de borde*



Fuente: Rodríguez, E. (2009). “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”. [Imagen]

#### **1.3.1.5.8. Grieta de reflexión de junta (de losas de concreto de cemento pórtland).**

La grieta de reflexión de junta solo se da en pavimentos asfálticos construidos sobre una losa de concreto de cemento Portland. Estas grietas son producto del movimiento de la

losa de concreto de cemento Portland, cuyo movimiento es causado por temperatura o la humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Es tipo de falla no se encuentra vinculado con las cargas de tránsito, no obstante, estas cargas podrían ocasionar la rotura del concreto asfáltico cerca a la grieta. El conocer las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico sirve ayuda para identificar estos daños.

### **Niveles de Severidad**

- L: Considera 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: Considera 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 rodeado de un ligero agrietamiento aleatorio.
- H: Considera 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).

*Figura 16. Grietas de reflexión de junta*



Fuente: Rodríguez, E. (2009). “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”. [Imagen]

#### **1.3.1.5.9. Desnivel carril / berma.**

El desnivel carril / berma es una variación entre los niveles del borde del pavimento y el nivel de la berma. Esta falla surge debido a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobre carpetas en la calzada sin haber ajustado el nivel de la berma.

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

- L: La variación de niveles entre borde del pavimento y berma, se encuentra entre 25.0 y 51.0 mm.
- M: La variación de niveles entre borde del pavimento y berma, se encuentra entre 51.0 mm y 102.0 mm.
- H: La variación de niveles entre borde del pavimento y berma es mayor a 102.00 mm

*Figura 17. Desnivel carril / berma*



Fuente: Rodríguez, E. (2009). “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”. [Imagen]

#### **1.3.1.5.10. Grietas longitudinales y transversales (no son de reflexión de losas de concreto de cemento pórtland).**

Respecto a las grietas longitudinales podemos decir que surgen en la misma dirección que la construcción del pavimento, es decir son paralelas, y tienen origen debido a:

1. Una junta de carril del pavimento pobremente construida.
2. A causa de la contracción de la superficie de concreto originada por factores 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.

#### **Niveles de Severidad**

- L: Existe una de las siguientes condiciones:
  1. Grieta sin relleno con un ancho menor a 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 con un ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
  2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada de 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 con un ancho mayor a 76.0 mm.
  3. Una grieta de cualquier ancho en la que unas pocas pulgadas del pavimento que lo rodea se encuentra severamente fracturada.

*Figura 18. Grietas longitudinales y transversales*



Fuente: Rodríguez, E. (2009). “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”.  
[Imagen]

### 1.3.1.5.11. Parcheo y acometidas de servicios públicos.

Al proceso mediante el cual se reemplaza un área de pavimento dañada por un material nuevo para reparar el pavimento existente, se le denomina parcheo. Un parche es considerado como un defecto, sin importar que tan bien haya sido elaborado y se comporte, por lo general el área parchada no funciona tan bien como la sección original del pavimento. Por lo general se encuentra alguna rugosidad está asociada con este daño.

#### Niveles de Severidad.

- L: La cantidad del tránsito es calificado de baja severidad o mejor. El parche se encuentra en buena condición y es satisfactorio.
- M: El parche está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media.
- H: El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Se necesita cambiar de manera inmediata.

*Figura 19. Pavimento con presencia parche*



Fuente: Rodríguez, E. (2009). “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”. [Imagen]

*Figura 20. Parche de cortes utilitarios*



Fuente: Rodríguez, E. (2009). “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”. [Imagen]

#### **1.3.1.5.12. Pulimento de agregados.**

Este daño se origina debido a la repetición de cargas de tránsito. La adherencia con las llantas se reduce considerablemente, cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto. Cuando la porción de agregado que se encuentra sobre la superficie es mínima, la textura del pavimento no ayuda a reducir la velocidad de los vehículos de manera considerable. Se considera esta falla cuando un examen arroja que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que esta superficie es suave al tacto. En esta falla el valor en un ensayo de resistencia al deslizamiento es baja, o ha disminuido considerablemente respecto a una evaluación antes realizada.

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

No se define nivel alguno de severidad. Sin embargo, para ser considerado dentro de la evaluación de la condición y sea considerado un defecto, esta falla debe ser significativa.

*Figura 21. Agregado Pulido*



Fuente: Rodríguez, E. (2009). “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”. [Imagen]

#### **1.3.1.5.13. Huecos.**

Los llamados huecos son aquellas depresiones sobre la superficie del pavimento, y que en su mayoría presentan diámetros menores a 0.90 m, estos huecos por lo general tienen forma de tazón. Presentan por lo general bordes con forma aguda y lados verticales en cercanías de la zona superior. La formación de estos huecos se ve acelerada debido a la acumulación de agua en los mismos. Los huecos tienen origen debido a que el tránsito vehicular arranca pedazos de pavimento, y esta desintegración del pavimento va avanzando a causa de mezclas pobres en la superficie del pavimento, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque el pavimento presenta una falla piel de cocodrilo en un nivel de severidad alta. La condición de la estructura está vinculada a la formación de estos huecos, pasa cuando esta estructura es deficiente, además no se debe confundir los huecos con desprendimiento o meteorización. Cuando los huecos son producidos por piel de cocodrilo de alta severidad deben registrarse como huecos, no como meteorización.

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

Los niveles de severidad para los huecos que presentan diámetros menores a 762 mm son dados de acuerdo a su profundidad y su diámetro. Ver tabla 2.

Si el hueco presenta un diámetro mayor a 762 mm, entonces se debe medir el área y dividirla entre 5 fts<sup>2</sup>, de esta forma podremos hallar el número equivalente de huecos. Respecto a la profundidad, se podrá decir que los huecos son de severidad media si estos tienen una profundidad menor o igual a 25 mm, si la profundidad es superior a 25 mm entonces la severidad será considerada como alta.

Tabla 2

Niveles de severidad para huecos

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

Figura 22. Huecos



Fuente: Rodríguez, E. (2009). “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”. [Imagen]

#### 1.3.1.5.14. Cruce de vía férrea.

Los daños que se generan a causa del cruce de vías férreas son abultamientos o depresiones.

### **Niveles de severidad**

- L: La calidad de tránsito que se produce por cruce de vía férrea es de baja severidad.
- M: La calidad de tránsito que se produce por cruce de vía férrea es de severidad media.
- H: La calidad de tránsito que se produce por cruce de vía férrea es de severidad alta.

#### **1.3.1.5.15. Ahuellamiento.**

Las llantas de los vehículos generan una depresión del pavimento, a esto se le conoce como ahuellamiento. Puede llegar a presentarse un levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero en la mayoría de casos este levantamiento solo es visible después de lluvia, es decir cuando estas huellas se encuentran llenas de agua. La consolidación o el movimiento lateral de los materiales producto a las cargas de tránsito llegan a ocasionar este ahuellamiento, ya que produce una deformación permanente en las capas del pavimento o en la propia sub-rasante. Este tipo de falla, de llegar a ser significativo o severo podría llegar a ocasionar una falla en la estructura del pavimento considerable.

### **Niveles de severidad**

Medida por la profundidad del ahuellamiento:

- L: Se considera severidad baja entre 6.0 a 13.0 mm.
- M: Se considera severidad media entre 13.0 mm a 25.0 mm.
- H: Se considera severidad alta si es mayor a 25.0 mm.

*Figura 23. Pavimento con presencia de ahuellamiento*



Fuente: Rodríguez, E. (2009). “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”. [Imagen]

#### **1.3.1.5.16. Desplazamiento.**

Es producido por las cargas de tránsito, se define como un corrimiento longitudinal y de forma permanente de algún área de la superficie del pavimento. El empuje que produce el tránsito en el pavimento genera una onda corta y abrupta sobre la superficie del pavimento. Este daño sólo suele presentarse en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestable (cutback o emulsión).

Estos desplazamientos también ocurrirían a causa de confinar concreto de cemento Pórtland. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento Pórtland se incrementa causando el desplazamiento.

#### **Niveles de severidad**

- L: El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.
- M: El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media.

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

*Figura 24. Desplazamiento*



Fuente: Rodríguez, E. (2009). “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”. [Imagen]

#### **1.3.1.5.17. Grietas parabólicas (slippage).**

Aquellas grietas en forma de media luna creciente son denominadas grietas parabólicas (Slippage). Son ocasionadas por la fricción que genera el frenado o giros de los vehículos, ya que inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Este daño suele ocurrir en presencia de una mezcla de asfalto de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento. La inestabilidad geotécnica de la calzada no tiene relación con este daño.

#### **Nivel de severidad**

- L: Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm.
- M: Existe una de las siguientes condiciones:
  1. Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm.

2. El área que rodea a la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados, no fáciles de remover.
- H: Existe una de las siguientes condiciones:
    1. Ancho promedio de la grieta mayor que 38.0 mm.
    2. El área que rodea de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.

*Figura 25. Grietas Parabólicas*



Fuente: Rodríguez, E. (2009). “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”. [Imagen]

#### **1.3.1.5.18. Hinchamiento.**

Este daño se caracteriza por presentar un pandeo hacia la superficie del pavimento, una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0 m. Este daño puede estar acompañado por la presencia de agrietamiento superficial. Este daño en su gran mayoría es ocasionado debido al congelamiento en la sub-rasante o por suelos potencialmente expansivos.

#### **Nivel de severidad**

- L: El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad. El hinchamiento con un nivel de severidad bajo no es fácil de detectar, pero puede lograrse

detectar al conducir en el límite de velocidad sobre la sección del pavimento dañado.

- M: El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.
- H: El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

*Figura 26. Hinchamiento*



Fuente: Rodríguez, E. (2009). “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”. [Imagen]

#### **1.3.1.5.19. Meteorización / desprendimiento de agregados.**

Estas fallas refieren a la pérdida de la superficie del pavimento, debido a que se pierde el ligante asfáltico y las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que el ligante asfáltico se endureció de forma significativa o que la calidad de la mezcla presente es pobre. El desprendimiento puede ser ocasionado por algunos tipos de tránsito, como por ejemplo los vehículos de orugas. También se considera como desprendimiento al ablandamiento de la superficie del pavimento y a la pérdida de los agregados a casusa del derramamiento de aceites.

#### **Niveles de severidad**

- L: Inicio de pérdida de los agregados o el ligante. En ciertas áreas la superficie ha comenzado a sufrir depresiones. Cuando existe derramamiento de aceite, puede observarse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.
- M: Se perdió los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y con presencia de huecos. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y si puede ser penetrada con una moneda.
- H: Se perdió de forma significativa los agregados o el ligante. La superficie es muy rugosa y se encuentra 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.

*Figura 27. Meteorización o desprendimiento de agregados*



Fuente: Rodríguez, E. (2009). “Cálculo del Índice de Condición del Pavimento Flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla”.  
[Imagen]

### **1.3.1.6. Manual de cálculo del Índice de Condición de Pavimento (PCI).**

Para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, 2002. El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) Esta metodología se constituye como la más completa para la realizar la evaluación y poder calificar de manera objetiva los pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. Esta metodología no requiere de herramientas especializadas, por el contrario, solo usa herramientas simples pero de gran provecho, además cabe resaltar que esta metodología es fácil de implementar.

El deterioro de la estructura del pavimento está dada en función del tipo de falla o daño que presenta, la severidad y la cantidad de este. El formular un índice que considere estos 3 factores ha sido difícil, generando una problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para dar solución a esta problemática generada se introdujo los “valores deducidos” como un arquetipo de factor de ponderación, cuyo objetivo era indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

El índice numérico del PCI varía de un valor cero (0) a un valor de cien (100), siendo cero el valor para un pavimento en mal estado y cien para un pavimento en condiciones óptimas o estado perfecto.

Tabla 3

Rango de clasificación del pavimento según el PCI

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: Manual ASTM – 6433 Método de evaluación PCI.

### 1.3.1.7. Procedimiento De Evaluación De La Condición Del Pavimento.

En la primera etapa señala que se realiza un trabajo de campo en la que se logra identificar los daños, y se toma en cuenta la clase, severidad y extensión de estos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin.

#### 1.3.1.7.1 Instrumentos:

- Odómetro manual: Este objeto sirve para medir las longitudes y las áreas de los daños en el pavimento.
- Regla y una cinta métrica: Se usa para poder medir las profundidades de los ahuellamientos o depresiones existentes en el pavimento.
- Conos de Seguridad Vial: Tienen su uso durante el proceso de toma de datos, reduciendo el riesgo de sufrir accidentes a las personas que realizan la toma de datos.
- Manual de Daños del PCI: con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

#### 1.3.1.7.2. Unidades de Muestreo:

Para carreteras con capa de rodadura asfáltica y con un ancho menor a 7.30 m: El área de la unidad de muestreo se debe encontrar dentro del rango  $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$ . En el Cuadro 2 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Tabla 4

*Longitudes de unidades de muestreo asfálticas*

LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFÁLTICAS	
Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5	46
5.5	41.8
6	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Fuente: Manual ASTM – 6433 método de evaluación PCI.

### 1.3.1.7.3. Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación:

Es necesario aplicar un proceso de muestreo, ya que en la evaluación de una red vial se puede tener una gran cantidad de unidades de muestreo, lo que demandará mucho tiempo y recursos.

Para la evaluación de un proyecto es necesario que se evalúen todas las unidades, no obstante, se puede obtener un número mínimo de unidades de muestreo que se deban realizar, y este número mínimo se determina a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 1, la cual produce un estimado del  $\text{PCI} \pm 5$  del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

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

*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 ( $e = 5\%$ )

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

La desviación estándar ( $\sigma$ ) para el PCI se asume durante la inspección visual, y esta desviación toma un valor de 10 para el pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35).

Para las siguientes inspecciones se utilizará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deberán ser evaluadas.

Si el número mínimo de unidades a evaluar es menor que 5 ( $n < 5$ ) entonces se debe evaluar todas las unidades.

#### 1.3.1.7.4. Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección:

Este método denominado “sistema aleatorio” recomienda que las unidades de muestreo elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección del pavimento y que la primera de ellas se elija al azar. Por ejemplo:

a) El intervalo de muestreo ( $i$ ) se expresa mediante la Ecuación 2:

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

*Ecuación 2. Intervalo de muestreo*

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

- i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3)
- b) Se inicia eligiendo unidades de muestreo al azar o se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo  $i$ . A modo de ejemplo, si  $i = 3$ , la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3.
- c) Luego se identifican las unidades de muestreo como  $(S)$ ,  $(S + 1)$ ,  $(S + 2)$ , etc. Continuando con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo  $(i) = 3$ , las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, etc.

Sin embargo, si se requieren cantidades de daño exactas para pliegos de licitación (rehabilitación), todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas, ya que este método en algunos casos impide el análisis de espacios del pavimento que se encuentran en pésima condición.

#### **1.3.1.7.5. Levantamiento Visual del Daños en el Pavimento.**

Por cada unidad de pavimentos con superficies de asfalto inspeccionado, se recomienda usar esquemas que muestren las dimensiones y la localización de las unidades. A continuación, se muestra el formato para digitar la información mencionada.

Figura 28. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica.

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO				ESQUEMA		
ZONA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO		
CÓDIGO VÍA		ABSCISA FINAL		NÚMERO DE LOSAS		
INSPECCIONADA POR				FECHA		
No.	DAÑO	No.	DAÑO			
1	RIEL DE COCOROILLO	11	PARCHEO Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS PÚBLICOS			
2	EXUDACIÓN	12	PULIMENTO DE AGREGADOS			
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	13	HUECOS			
4	ABULTAMIENTOS (BUMPS) Y HUNDIMIENTOS (SAGS)	14	CRUCE DE VÍA FÉRREA			
5	CORRUGACIÓN	15	AHUELLAMIENTO			
6	DEPRESIÓN	16	DESPLAZAMIENTO			
7	GRIETA DE BORDE	17	GRIETAS PARABÓLICAS (SLIPPAGE)			
8	GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA (DE LOSAS DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND)	18	HINCHAMIENTO			
9	DESNIVEL CARRIL / BERMA	19	BLOWUP - BUCKLING			
10	GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES					
Daño	Severidad	Cantidades Parciales		Total	Densidad (%)	Valor Deducido

**PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA**

**1.3.1.8. Cálculo del PCI de las unidades de muestreo**

Una vez finalizado la inspección de campo, la información obtenida de los daños se emplea para realizar el cálculo del PCI, este puede ser manual o computarizado y se basa en los “Valores Deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

**1.3.1.8.1 Cálculo para Carreteras con Capa de Rodadura Asfáltica:**

**A) Cálculo de los Valores Deducidos (DV)**

- Realizar la suma de la cantidad total de cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna total del formato PCI-01. El daño puede medirse en área, longitud ó por número según su tipo.
- Luego para determinar los valores deducidos se tiene que dividir la cantidad total de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje, para ello se multiplica el resultado por 100. El resultado obtenido será la

“Densidad del daño”, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.

- Determine el “Valor Deducido” para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” que se adjuntan al final de este documento, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

#### B) Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)

- Si los Valores Deducidos encontrados son mayores que 2 se usa el Valor Deducido Total en remplazo del Valor Deducido Corregido (VDC), de lo contrario, deben seguir los siguientes pasos.
- Realizar una lista de valores deducidos individuales de mayor a menor.
- Para determinar el número máximo admisible de valores deducidos (m), emplearemos la ecuación 3.

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

*Ecuación 3. Número máximo admisible de “valores deducidos”*

Donde:

$m_i$ : Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo  $i$ .

$HDV_i$ : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo  $i$ .

El número de valores individuales deducidos se reduce a  $m$ , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que  $m$  se utilizan todos los que se tengan.

#### C) Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, (CDV).

- Determinar todos los valores deducidos mayores que 2.
- Determinar el valor deducido total realizando una suma de todos los valores deducidos individuales.
- En la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento determinar el CDV que se encuentra en función de q y del valor deducido total.
- Reduzca a 2 el menor de los valores deducidos individuales que sea mayor que 2, este proceso se realizara de la misma manera en las líneas anteriores hasta que q sea igual a 1.
- El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

D) Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa C (Ver Ecuación 4).

$$PCI = 100 - \max. CDV$$

*Ecuación 4. Índice de condición de pavimento*

Dónde:

Máx. CDV = Máximo valor deducido corregido

PCI = Índice de condición de pavimento

#### **1.3.1.8.2. Cálculo del PCI de una sección de pavimento.**

De una sección de pavimento se encuentran varias unidades de muestreo. Si todas estas son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo.

Si para la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas, de lo contrario se debe emplear otro procedimiento.

Si se usaron unidades de muestreo adicionales se debe calcular el promedio ponderado de la siguiente manera:

$$PCI_S = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N}$$

*Ecuación 5. PCI de la sección del pavimento*

Donde:

$PCI_S$ : PCI de la sección del pavimento.

$PCI_R$ : PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.  $PCI_A$ :

PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

$N$ : Número total de unidades de muestreo en la sección.

$A$ : Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

### 1.3.2 Diseño

Es el procedimiento mediante el cual se definen los espesores adecuados y las especificaciones que se deben cumplir, con la finalidad de mantener un índice de servicio adecuado (Méndez, 2020).

#### 1.3.2.1. Metodología de Diseño para Pavimentos Flexibles

Manual de Carreteras (2014). En la actualidad, los procedimientos más generalizados de uso para el dimensionamiento de las secciones del pavimento son:

- a. Método AASHTO 1993.
- b. Análisis de la Performance durante el periodo de diseño.

#### 1.3.2.2. Método de diseño AASHTO 1993

Manual de Carreteras (2014). Este método se desarrolló de modelos que se encuentran en función de la performance del pavimento, las cargas vehiculares y resistencia de la sub

rasantes, lo cual se requiere realizar un cálculo de Numero Estructural requerido (SN<sub>r</sub>), con el propósito de identificar y determinar los espesores de cada capa de la estructura del pavimento. Para mencionado método se contempla una vida útil o periodo de diseño de hasta 10 años para vías con bajo volumen de tránsito, en periodos de diseños se considera en dos etapas de 10 años y en una etapa de 20 años.

La ecuación básica para el diseño estructural de un pavimento flexible es la siguiente:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_0 + 9.361 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

*Ecuación 6. Diseño estructural de un pavimento flexible.*

Donde:

$W_{18}$  = Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes a 18000 lb (80 KN),

corresponde al número de repeticiones de EE de 8.2t.

$Z_R$  = Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal, es el valor de la

confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos que puede ser en una sola

etapa o en dos etapas de diseño, este coeficiente está en función del rango de tráfico.

$S_0$  = La Desviación Estándar Combinada, es un valor que considera la variabilidad esperada

de la predicción de tránsito y factores que afectan el comportamiento del pavimento,

se recomienda utilizar valores para  $S_0$  entre 0.40 y 0.50, sin embargo, el manual adopta

un valor de 0.45 como valor óptimo.

PSI = Variación del Índice de Serviciabilidad Presente, adopta valores que varían de 0 a 5,

donde 5 es un valor de mejor comodidad teórica y 0 es un valor de pésima comodidad.

$\Delta PSI$  = Variación de Serviciabilidad, es la diferencia entre Serviciabilidad Inicial y

Terminal.

$M_R$  = Módulo de Resiliencia, medida de rigidez de la sub rasante que se determina

mediante ensayos de resiliencia y está en función al CBR% de la Sub Rasante.

%R = Confiabilidad, es la probabilidad del comportamiento de la estructura durante su periodo de diseño, está en función de diversos factores que influyen en la estructura del pavimento y su comportamiento.

A continuación, se puede apreciar las tablas que se emplearan para determinar los valores estipulados.

*Tabla 5*

*Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2 t, en el Carril de Diseño (Para caminos de 150,001 hasta 1'000,000 EE)*

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
$T_{P0}$	> 75,000 EE
	$\leq$ 150,000 EE
$T_{P1}$	> 150,000 EE
	$\leq$ 300,000 EE
$T_{P2}$	> 300,000 EE
	$\leq$ 500,000 EE
$T_{P3}$	> 500,000 EE
	$\leq$ 750,000 EE
$T_{P4}$	> 750,000 EE
	$\leq$ 1'000,000 EE

Fuente: Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos 2014 - MTC

Tabla 6

*Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2 t, en el Carril de Diseño (Para caminos de 1'000,001 hasta 30'000,000 EE)*

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T <sub>P5</sub>	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T <sub>P6</sub>	> 1'500,00 EE ≤ 3'000,000 EE
T <sub>P7</sub>	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T <sub>P8</sub>	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T <sub>P9</sub>	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T <sub>P10</sub>	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T <sub>P11</sub>	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T <sub>P12</sub>	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T <sub>P13</sub>	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T <sub>P14</sub>	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE

Fuente: Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos 2014 – MTC

Tabla 7

*Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2 t, en el Carril de Diseño (Para caminos con tránsito mayor a 30'000,000 EE)*

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T <sub>P15</sub>	> 30'000,000 EE

Fuente: Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos 2014 – MTC

Tabla 8

*Categorías de Sub rasante*

CATEGORÍAS DE SUB RASANTE	CBR
S <sub>0</sub> : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Sub rasante excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos 2014 – MTC

Tabla 9

*Módulo Resiliente obtenido por correlación con CBR*

CBR% SUB RASANTE	MÓDULO RESILENTE SUB RASANTE (M <sub>R</sub> ) (PSI)	MÓDULO RESILENTE SUB RASANTE (MR) (MPA)	CBR% SUB RASANTE	MÓDULO RESILENTE SUB RASANTE (M <sub>R</sub> ) (PSI)	MÓDULO RESILENTE SUB RASANTE (MR) (MPA)
6	8,043.00	55.45	19	16,819.00	115.96
7	8,877.00	61.20	20	17,380.00	119.83
8	9,669.00	66.67	21	17,931.00	123.63
9	10,426.00	71.88	22	18,473.00	127.37
10	11,153.00	76.90	23	19,006.00	131.04
11	11,854.00	81.73	24	19,531.00	134.66

12	12,533.00	86.41	25	20,048.00	138.23
13	13,192.00	90.96	26	20,558.00	141.74
14	13,833.00	95.38	27	21,060.00	145.20
15	14,457.00	99.68	28	21,556.00	148.62
16	15,067.00	103.88	29	22,046.00	152.00
17	15,663.00	107.99	30	22,529.00	155.33
18	16,247.00	112.02			

Fuente: Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos 2014 – MTC

Tabla 10

Valores recomendados de Nivel de confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico

TIPOS DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD ( R )
<b>Caminos de Bajo Volumen de Tránsito</b>	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	65%
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	70%
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	75%
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	80%
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	80%
<b>Resto de Caminos</b>	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	85%
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	85%
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	85%
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	90%
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	90%
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	90%
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	90%
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	95%
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	95%
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	95%
	T <sub>P15</sub>		> 30'000,000	95%

Fuente: Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos 2014 – MTC

Tabla 11

Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para dos etapas de diseño de 10 años cada una según rango de Tráfico

TIPOS DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	NIVEL DE CONFIABILIDAD ( R )			
			1ERA. ETAPA (1)	2DA. ETAPA (2)	TOTAL (1) X (2)	
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	81%	81%	65%
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	84%	84%	70%
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	87%	87%	75%
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	89%	89%	80%
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	89%	89%	80%
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	92%	92%	85%
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	92%	92%	85%
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	92%	92%	85%
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	95%	95%	90%
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	95%	95%	90%
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	95%	95%	90%
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	95%	95%	90%
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	97%	9%	95%
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	97%	97%	95%
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	97%	97%	95%
	T <sub>P15</sub>	> 30'000,000		97%	97%	95%

Fuente: Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos 2014 – MTC

Tabla 12

Coficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Z<sub>r</sub>) Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico

TIPOS DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL ( Z <sub>R</sub> )	
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	-0.385
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	-0.524
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	-0.674

	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	-0.842
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	-0.842
	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	-1.282
<b>Resto de Caminos</b>	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T <sub>P15</sub>	> 30'000,000		-1.645

Fuente: Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos 2014 – MTC

Tabla 13

*Coficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Z<sub>r</sub>) Para dos etapas de diseño de 10 años cada una Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico*

TIPOS DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z <sub>R</sub> )	
	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	-0.878
<b>Caminos de Bajo Volumen de Tránsito</b>	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	-0.994
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	-1.126
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	-1.227
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	-1.227
	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	-1.405
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	-1.405
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	-1.405
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	-1.645
<b>Resto de Caminos</b>	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	-1.645
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	-1.645
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	-1.645
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	-1.881
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	-1.881

T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	-1.881
T <sub>P15</sub>	> 30'000,000		-1.881

Fuente: Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos 2014 – MTC

Tabla 14

Índice de Serviciabilidad Inicial (P<sub>i</sub>) Según Rango de Tráfico

TIPOS DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (P <sub>i</sub> )	
<b>Caminos de Bajo Volumen de Tránsito</b>	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	3.80
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	3.80
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	3.80
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	3.80
<b>Resto de Caminos</b>	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	4.00
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	4.00
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	4.00
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	4.00
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	4.00
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	4.00
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	4.00
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	4.20
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	4.20
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	4.20
	T <sub>P15</sub>	> 30'000,000		4.20

Fuente: Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos 2014 – MTC

Tabla 15

Índice de Serviciabilidad Final (P<sub>f</sub>) Según Rango de Tráfico

TIPOS DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (P <sub>f</sub> )	
<b>Caminos de Bajo Volumen de Tránsito</b>	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	2.00
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	2.00

	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	2.00
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	2.00
	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	2.50
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	2.50
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	2.50
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	2.50
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	2.50
<b>Resto de Caminos</b>	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	2.50
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	2.50
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	3.00
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	3.00
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	3.00
	T <sub>P15</sub>	> 30'000,000		3.00

Fuente: Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos 2014 – MTC

Tabla 16

Diferencial de Serviciabilidad ( $\Delta$ PSI) Según Rango de Tráfico

TIPOS DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI)	
<b>Caminos de Bajo Volumen de Tránsito</b>	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	1.80
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	1.80
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	1.80
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	1.80
<b>Resto de Caminos</b>	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	1.50
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	1.50
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	1.50
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	1.50
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	1.50
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	1.50
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	1.50
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	1.20
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	1.20
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	1.20

$T_{P15}$

$> 30'000,000$

1.20

Fuente: Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos 2014 – MTC  
SNR = Numero Estructural Propuesto, representa el espesor total del pavimento a emplear y debe ser transformada al espesor efectivo de cada una de las capas (capa de rodadura, base y sub base), a través del uso de coeficientes estructurales, se obtiene la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

*Ecuación 7. Numero Estructural Propuesto*

Donde:

$a_1, a_2, a_3$  = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente.

$d_1, d_2, d_3$  = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente.

$m_2, m_3$  = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente.

Manual de Carreteras (2014). Según AASHTO existen varias combinaciones de espesores de cada capa, por lo cual, la ecuación SN no es la única solución.

A continuación, se presenta los valores de los coeficientes estructurales establecidos en el mencionado manual:

Tabla 17

*Coefficientes Estructurales de las Capas del Pavimento  $a_i$*

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL $a_i$ (cm)	OBSERVACIÓN
<b>CAPA SUPERFICIAL</b>			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 Mpa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F)	$a_1$	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión.	$a_1$	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 1'000,000 EE
Micropavimento 25 mm	$a_1$	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 1'000,000 EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	$a_1$	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 500,000 EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm.	$a_1$	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 500,000 EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos

(\*) no se considera por no tener aporte estructural

### BASE

Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a <sub>2</sub>	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico ≤ 10'000,000 EE
---	----------------	------------	---

Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a <sub>2</sub>	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico > 10'000,000 EE
--	----------------	------------	---

Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a <sub>2a</sub>	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
--	-----------------	------------	--

Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm <sup>2</sup> )	a <sub>2b</sub>	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
---	-----------------	----------	--

Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm <sup>2</sup> )	a <sub>2c</sub>	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
---	-----------------	----------	--

### SUB BASE

Subbase Granular CBR 40% compactada al 100% de la MDS	a <sub>3</sub>	0.047 / cm	Capa de Subbase recomendada con CBR mínimo 40%, para todos los tipos de Tráfico
---	----------------	------------	---

Fuente: Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos 2014 – MTC

Manual de Carreteras (2014). Según AASHTO la ecuación SN requiere del coeficiente de drenaje ( $m_i$ ) de las capas granulares de base y subbase. El valor de mencionado coeficiente está dado por dos variables las cuales son:

- a. La calidad del drenaje.
- b. Exposición a la saturación, que es el porcentaje de tiempo de vida útil de un pavimento expuesto a niveles de humedad.

Tabla 18

*Calidad del Drenaje*

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO EN QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no evacua

Fuente: Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos 2014 – MTC

Tabla 19

*Valores recomendados del Coeficiente de Drenaje  $m_i$  Para Bases y SubBases granulares no tratadas en Pavimentos Flexibles*

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% DEL TIEMPO QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN.			
	MENOR QUE 1%	1% - 5%	5% - 25%	MAYOR QUE 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos 2014 – MTC

### **1.3.3. Estudio de mecánica de suelos**

Refiere a la parte de la ingeniería que está dirigida al estudio del comportamiento según las características y condiciones que presente el suelo, así también como las fuerzas o acciones que se produzcan sobre este. En otras palabras, es la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica para poder resolver problemas de ingeniería.

#### **1.3.3.1. Máxima densidad seca**

Se entiende como máxima densidad seca como la mayor densidad que se puede llegar a alcanzar en un suelo que es compactado en su punto óptimo de humedad.

Es decir, la máxima densidad seca se define como la densidad que alcanza un suelo que fue compactado con un contenido de humedad óptimo.

#### **1.3.3.2. Óptimo contenido de humedad**

Refiere al contenido de agua en el cual el suelo puede llegar a ser compactado a un máximo peso unitario seco, para ello se usa el esfuerzo de compactación modificada. En otras palabras, se puede entender como el contenido ideal de agua en el suelo para lograr su máxima compactación.

#### **1.3.3.3. California Bearing Ratio (CBR)**

Se define como la medida de la resistencia al esfuerzo cortante que posee el suelo, encontrándose este en condiciones de densidad y humedad controladas. El ensayo realizado hace posible obtener un número de relación de soporte, sin embargo, dicho número no es constante para un suelo establecido, sino que este varía de acuerdo a las condiciones en las que se encontraba la muestra de suelo para el ensayo.

### **1.3.4. Estudio de Tráfico Vehicular**

Se entiende como estudio de tráfico vehicular como cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que transitan por una red vial. Por ello, es un elemento indispensable para determinar el diseño estructural de un pavimento.

#### **1.3.4.1. Índice Medio Diario Semanal (IMDs)**

Refiere al valor numérico estimado del tráfico vehicular en un determinado tramo de la red vial en un año. Mencionado índice, se obtiene promediando el volumen de 7 días, lo cual son la cantidad de días que se tiene que realizar el conteo vehicular.

#### **1.3.4.2. Factor de Corrección Estacional**

Se define como el índice de variación mensual y se determina a partir de un registro continuo, la cual se obtiene actualmente en las estaciones existentes de peajes y de pesaje del propio MTC. Este factor es de suma importancia, ya que permite reducir los requerimientos de estudios y costos de un diseño de pavimento.

#### **1.3.4.3. Índice Medio Diario Anual (IMDa)**

Refiere al resultado de los conteos volumétricos y clasificación vehicular de una red vial en el periodo de una semana, y un factor de corrección que estima el comportamiento anual del tráfico en cierta vía.

#### **1.3.4.4. Tasas de crecimiento vehicular**

Refiere al porcentaje de incremento de vehículos que se obtiene anualmente. Esta se asocia al crecimiento del tránsito de vehículos de pasajeros con la tasa anual de crecimiento poblacional; y la tasa de crecimiento de tránsito de vehículos de carga con la tasa anual del crecimiento de la economía expresada como Producto Bruto Interno (PBI).

#### **1.3.4.5. Número de Ejes Equivalentes (ESAL)**

Refiere a los ejes equivalentes lo cual se denomina ESAL "equivalent simple axial load", es la cantidad pronosticada de repeticiones del eje de carga equivalente de 18 kips (8,16 t = 80 kN) para un periodo determinado, utilizamos esta carga equivalente por efectos de cálculo ya que el tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes.

### **1.4. Justificación**

#### **1.4.1. Justificación General**

La presente investigación se está llevando a cabo debido al evidente mal estado que presentan los pavimentos en muchas calles de la ciudad de Trujillo, cuyo deterioro cada día aumenta y esto perjudica a la población en distintos aspectos. El poder resolver este problema de deterioro del pavimento repercutirá de manera positiva de muchas formas como por ejemplo en reducir el congestionamiento vehicular, así también la integridad de los vehículos que transiten sobre este pavimento no será afectada, y de manera indirecta la salud de las personas que son usuarios del servicio público (en su mayoría) no será perjudicada. Por otro lado, las autoridades al conocer el estado en el que se encuentra el pavimento podrá realizar los procedimientos correspondientes para poder salvaguardar la integridad del pavimento, con ello a largo plazo se logrará un ahorro económico, además de evitar incomodidades en la población al mantener los pavimentos siempre en condiciones óptimas.

#### **Justificación teórica:**

La presente investigación será de utilidad para el desarrollo de las investigaciones que se realizarán en un futuro ligadas a un mejoramiento de la infraestructura vial desde una evaluación realizada del pavimento.

## **Justificación práctica**

Esta investigación busca describir la condición en la que se encuentra el pavimento flexible sometido a estudio, además de realizar un diseño nuevo para el pavimento, y con esto lograr mantener las condiciones del pavimento en estado óptimo mediante los distintos procesos que corresponden al estado en que se encuentre el pavimento.

## **Justificación metodológica**

Mediante la normativa del índice de condición de pavimento (PCI), se logrará determinar el estado de conservación del pavimento que sea sometido a estudio, logrando con ello la correcta evaluación del pavimento. Por otro lado, basado en la norma AASTHO 93 se realizará un diseño correcto acorde a las condiciones que presente el lugar a pavimentar.

## **1.5. Formulación del problema**

¿Cuál es el análisis del estado de conservación y nuevo diseño del pavimento flexible AASTHO 93, en la calle Puerto Argentino y la calle Los Aguanos, Trujillo 2021?

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

Analizar el estado de conservación y nuevo diseño de pavimento flexible AASTHO 93, en la calle Puerto Argentino y la calle Los Aguanos, Trujillo 2021.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

OE1: Identificar las fallas que presenta el pavimento, en la calle Puerto Argentino y la calle Los Aguanos de la Urbanización La Rinconada, Trujillo 2021.

OE2: Determinar el grado de severidad del pavimento, Puerto Argentino y la calle Los Aguanos de la Urbanización La Rinconada, Trujillo 2021.

OE3: Calcular el índice de condición del pavimento, Puerto Argentino y la calle Los Aguanos de la Urbanización La Rinconada, Trujillo 2021.

OE4: Realizar el Estudio de tráfico vehicular, Puerto Argentino y la calle Los Aguanos de la Urbanización La Rinconada, Trujillo 2021.

OE5: Realizar el Estudio de mecánica de suelos, Puerto Argentino y la calle Los Aguanos de la Urbanización La Rinconada, Trujillo 2021.

OE6: Elaborar el Diseño de pavimentos urbanos AASTHO 93, Puerto Argentino y la calle Los Aguanos de la Urbanización La Rinconada, Trujillo 2021.

### **1.7. Hipótesis**

El análisis del estado de conservación se determina mediante el método PCI y el nuevo diseño mediante la metodología AASTHO 93 en pavimentos flexibles, en la calle Puerto Argentino y la calle Los Aguanos, Trujillo 2021.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

#### 2.1.1. Por el propósito:

La investigación realizada según el propósito es de tipo aplicada, debido a que se busca la aplicación y el uso de conocimientos básicos de investigación para poder guiar la presente investigación que se va a realizar.

#### 2.1.2. Según el Diseño:

Según el diseño, la investigación presente es de tipo no experimental descriptiva, debido a que solo presenta una sola variable, la cual no será alterada de ninguna forma para obtener resultados, por el contrario, esta será analizada tomando datos en su estado natural.

### 2.2. Diseño de investigación:

Respecto al diseño de investigación, la presente es de tipo no experimental – transversal descriptiva, ya que la toma de datos para el desarrollo será realizada en un mismo periodo de tiempo.

*Tabla 20*

*Diseño de investigación transversal*

ESTUDIOS	T 5
M: 1 kilómetro de pavimento de la calle los Aguanos y la calle puerto argentino	O1: Estado de conservación O2: Diseño

*Figura 29. Diseño de investigación*



Mi: Muestra de Pavimento Flexible  
O1 y O2: Resultados

## **2.3 Variables**

### **2.3.1. Variable 1**

Evaluación del estado de conservación:

La evaluación del estado o condición del pavimento sirve para poder realizar una programación oportuna y evitar el mayor deterioro del pavimento (Cantuarias y Watanabe, 2017).

### **2.3.2. Variable 2**

Diseño:

Es el procedimiento mediante el cual se definen los espesores adecuados y las especificaciones que se deben cumplir, con la finalidad de mantener un índice de servicio adecuado. (Méndez, 2020)

### 2.3.3. Clasificación de variables (matriz de clasificación de variables)

Tabla 21

Identificación de la variable

VARIABLE INDEPENDIENTE	CLASIFICACIÓN				
	Relación	Naturaleza	Escala de medición	Dimensión	Forma de medición
ESTADO DE CONSERVACIÓN	Independiente	Cualitativa	Ordinal	Multidimensional	Indirecta
DISEÑO	Independiente	Cuantitativa	Razón	Multidimensional	Indirecta

### 2.3.4. Operacionalización de variables / matriz de operacionalidad de variables

Tabla 22

Matriz de operacionalización de la variable

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
ESTADO DE CONSERVACIÓN	La evaluación del estado o condición del pavimento sirve para poder realizar una programación	Para la correcta evaluación del estado de los pavimentos se tendrá que contar con una toma de	Fallas que presenta el pavimento.	Clase de falla que el _____ Recurrencia de la falla	Nominal Nominal

oportuna y datos en evitar el campo de mayor deterioro del pavimento. (Cantuarias y Watanabe, 2017).	y datos en el campo de manera correcta, siguiendo correctamente lo establecido en el manual del PCI teniendo así certeros.	Grado de severidad del pavimento	Dimensiones de superficie dañada	Razón
			Profundidad de las fallas	Razón
			Número máximo admisible del valor deducido(M)	Razón
			Índice de condición del pavimento (PCI)	Razón
			Determinar PCI	Intervalo

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>DISEÑO</b>	Es el procedimiento mediante el cual se definen los espesores adecuados y las especificaciones que se deben cumplir, con la finalidad de mantener un índice de servicio adecuado.	Para poder realizar el diseño de manera correcta es ideal poder contar y tomar los datos sin cometer errores, asimismo se hará un buen uso del laboratorio. Todo ello con	Estudio de tráfico vehicular	IMDS	Razón
				Factor de corrección estacional	
				IMDA	
				Tasas de crecimiento vehicular	Razón
				Número de ejes equivalentes (ESAL)	
				Máxima densidad seca	Razón

(Méndez, 2020)	la finalidad de tener datos reales acorde a las condiciones del lugar, lo que nos va a permitir elaborar un diseño correcto.	Estudio de mecánica de suelos	de	Óptimo contenido de humedad	Razón
		Diseño ASSTHO 93	de	<u>CBR respecto a la máxima densidad seca</u> <u>Módulo de resiliencia subrasante (MR)</u> <u>Diferencial de servicibilidad (<math>\Delta</math>PSI)</u> <u>Nivel de confiabilidad</u> <u>Coefficiente estadístico de desviación estándar normal (ZR)</u> <u>Número estructural requerido (SNR)</u>	

## 2.4. Población y muestra

### 2.4.1. Población

El pavimento flexible de la calle Puerto Argentino y la calle Los Aguanos de la Urbanización La Rinconada, Trujillo 2021.

### 2.4.2. Muestra

1 km de longitud de pavimento flexible de la calle Puerto Argentino y la calle Los Aguanos de la Urbanización La Rinconada, Trujillo 2021.

## 2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

### 2.5.1. Técnicas de recolección de datos

El investigador realizó la recolección de datos a través del método de inspección visual (observación), esta técnica le permitirá al investigador obtener datos reales, sin estos estar manipulados de ninguna forma, estos datos le servirán al investigador para poder realizar los

procedimientos en base a la norma PCI para poder evaluar el pavimento que será sometido a estudio.

Los datos recopilados para lograr el estudio de tráfico fueron hechos a través de la técnica de observación, logrando obtener datos como la cantidad de vehículos que transitan por el tramo de la zona de estudio, así como también el tipo de cada uno de estos vehículos.

Por otro lado, se hizo uso de la revisión documental, técnica que permitió poder plasmar los datos del estudio de mecánica de suelos, el cual se hicieron con el fin de determinar sus propiedades físico-mecánicas del suelo de la zona de estudio, cuyo estudio de mecánica de suelos fue realizado por un laboratorio confiable que se realizaron ensayos en laboratorio.

### **2.5.2. Instrumento de recolección de datos**

El instrumento que usarán los investigadores para poder realizar la recolección de datos será una **guía de observación** (Ver Anexo 01.) que proporciona el manual del Índice Condición de Pavimentos (PCI), la que permitirá a los investigadores recopilar datos como: tipo de falla, severidad de falla, dimensiones de falla, progresiva de ubicación de falla, área de unidad de muestreo, densidad y valor deducido. Por otro lado, se hizo uso de la **ficha técnica para conteo vehicular** que nos proporciona el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), para contabilizar el número de vehículos diarios que transitan por la zona de estudio según su tipo. (Ver Anexo 36).

Para los datos del estudio de mecánica de suelos se utilizó como instrumento la ficha de datos, donde se plasmó los resultados obtenidos a través de un laboratorio. (Ver Anexos 31 al 36).

### **2.5.3. Validación de instrumento de recolección de datos**

La guía de observación que usarán los investigadores está validada por las normas que

rigen el método del Índice de Condición de Pavimentos (PCI). De la misma manera se encuentra validada la ficha técnica para conteo vehicular por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

#### **2.5.4. Análisis de datos**

##### **Técnicas de análisis de datos:**

##### **Estadística Descriptiva**

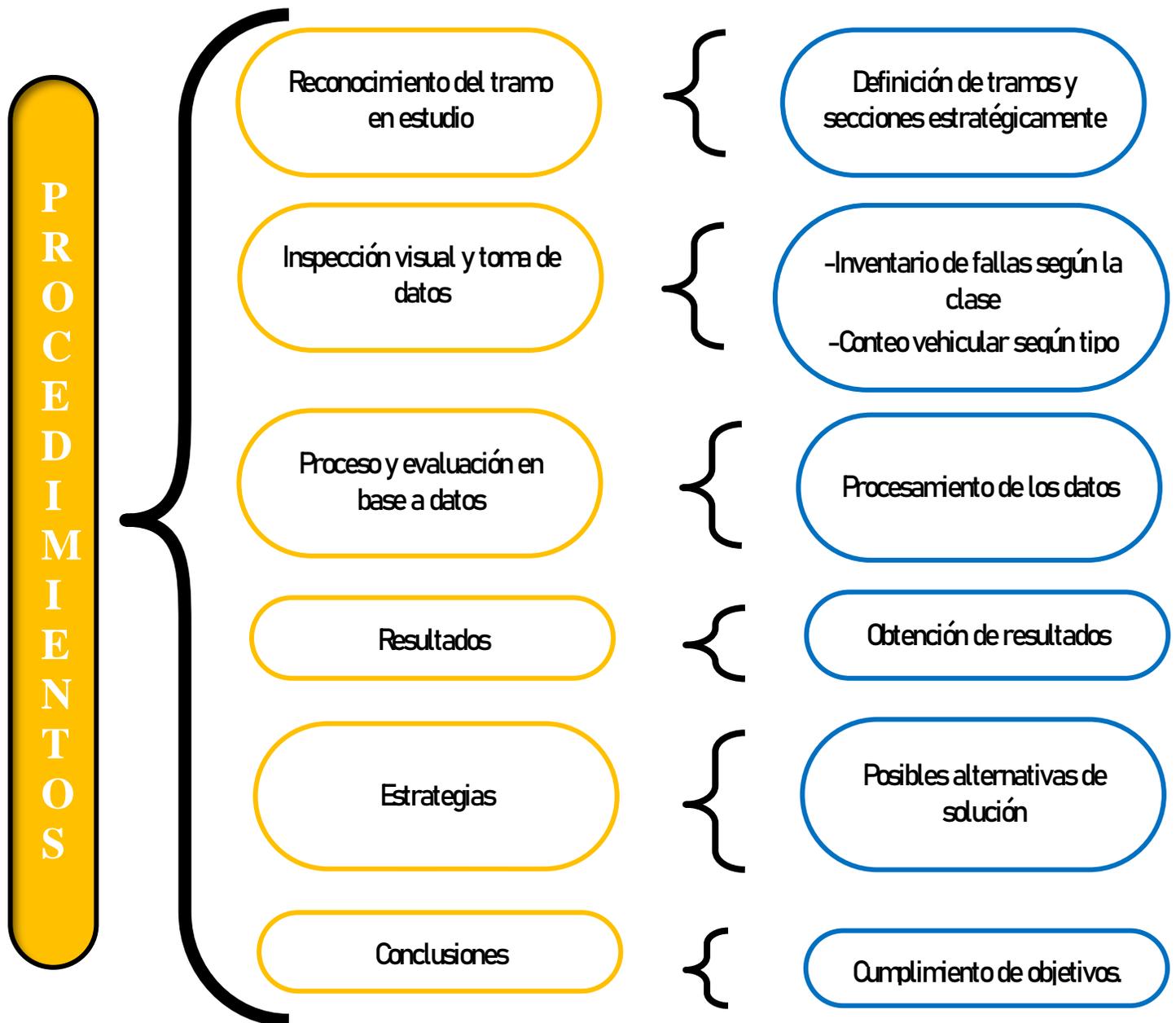
Se empleó la técnica de **estadística descriptiva** debido a que la presente investigación es de tipo no experimental y transversal, por tanto, se usará tablas de frecuencia (Ver Figura 29.) y gráficos estadísticos (gráfico circular) para representar y/o plasmar los datos recopilados.

La tabla de frecuencia nos permite realizar un conteo de cada tipo de falla y con ello poder determinar cuál es el tipo de falla con mayor y menor presencia en el pavimento sometido a estudio.

El gráfico circular es empleado con la finalidad de presentar el porcentaje que representa cada tipo de falla existente en el pavimento de la calle Los Aguanos y la calle Puerto Argentino de la Urb. La Rinconada, Trujillo. **(Ver Figura 30.)**

## 2.6.Procedimiento

Figura 30. Procedimiento



## 2.6.1. Reconocimiento del tramo de estudio

Los investigadores se trasladaron al área de estudio, ubicada en la calle Los Aguanos y la calle Puerto Argentino, donde realizaron un reconocimiento del lugar y pudieron divisar la presencia fallas en el pavimento. Básicamente lo que se realiza es una observación breve del pavimento que será sometido a estudio para posteriormente poder identificar las características que presenta el pavimento.

### 2.6.1.1. Definición de tramos y secciones estratégicamente

Los investigadores definieron los tramos sometidos a estudio, tomando en cuenta lo que establece la norma del Índice de Condición de Pavimento (PCI), donde a través de la siguiente ecuación:

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

*Ecuación 8. Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar*

Tal como se indica en el numeral **1.3.2.4**, es así que se realizó un seccionamiento estratégico después de haber obtenido el número de muestras que se someten a estudio.

### 2.6.2. Inspección visual y toma de datos

Se realizó la inspección visual con lo que se logró identificar los distintos tipos de fallas (**Ver Tabla 1**) en el pavimento de la calle Los Aguanos y Puerto Argentino, tomando como base para poder diferenciar cada tipo de falla a la **normativa del Índice de Condición de pavimentos**, la que nos permite poder hacer una clasificación correcta de acuerdo a lo que se establece dentro del **numeral 1.3.1.4.**, donde se establece las características de cada tipo de falla; además se realizó la toma de datos de las muestras para realizar el proceso de

evaluación de cada una de ellas. También se hizo el conteo de vehículos para poder calcular con ello el ESAL de diseño, lo que permitió poder realizar el proceso según el AASTHO 93.

#### **2.6.2.1. Inventario de fallas según la clase**

Se determina la presencia de las fallas y después de haber realizado una identificación de cada tipo de falla, se procede a realizar un inventario en la que se hace una clasificación de las fallas que se encuentran presentes en el pavimento sometido a estudio, logrando establecer un inventario de fallas en base a su tipo de clase.

#### **2.6.2.2. Conteo vehicular según su tipo**

Se determina la cantidad de vehículos que transitan en la zona de estudio, además se clasifica cada tipo de estos vehículos, haciendo uso de formatos establecidos, con la finalidad de poder calcular el ESAL.

#### **2.6.3. Proceso y Evaluación en base a datos**

Con los datos obtenidos en campo y las fallas con sus características ya identificadas se pasó a seguir los procesos correspondientes según el PCI.

Por otro lado, junto con el ESAL obtenido y el estudio de mecánica de suelos que nos proporcionó el laboratorio se hizo el procedimiento de acuerdo a la normativa AASTHO 93.

##### **2.6.3.1. Procesamiento de los datos**

El procesamiento de datos se realizó en gabinete, haciendo uso de plantillas Excel, siguiendo los pasos establecidos en el manual de Índice de Condición de Pavimento (PCI), específicamente como se establece en el **numeral 1.3.2.7.**, en este se establece el procedimiento que se va a seguir ya sea manualmente o de forma computarizada, en el punto

final de este proceso se determina el valor del índice de condición de pavimento, usando la **ecuación 5.**

$$PCI_S = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N}$$

*Ecuación 9. PCI de la sección del pavimento*

Donde:

PCI<sub>S</sub>: PCI de la sección del pavimento.

PCI<sub>R</sub>: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas. PCIA:

PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección.

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas

El procesamiento de datos para el diseño de pavimento flexible por ASSTHO 93 también fue realizado en gabinete haciendo uso de plantillas Excel, tomando como pasos a seguir lo indicado por la misma normativa, así como siguiendo también fórmulas para llegar a concretar el mencionado diseño, de esta manera finalmente se pudo determinar el número estructural requerido haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

*Ecuación 10. Diseño estructural de un pavimento flexible*

Con este número estructural requerido se podrá determinar los espesores de la sub-base, la base y la capa superficial.

## 2.6.4. Resultados

Después de haber realizado los procesos debidos bajo la norma PCI se podrá conocer los resultados que arroja el estudio de cada unidad de muestra que fue evaluada, con ello se conocerá que tan deteriorado se encuentra el pavimento de la calle Los Aguanos y la calle Puerto Argentino de la Urb. La Rinconada, Trujillo 2021.

Por otro lado, después de seguir con el proceso adecuado para el diseño del pavimento flexible se podrá determinar los espesores del pavimento que sean adecuados en relación de las condiciones que presenta el pavimento de la calle Los Aguanos y la calle Puerto Argentino de la Urb. La Rinconada, Trujillo 2021.

### 2.6.4.1. Obtención de resultados

Se somete a los procesos correspondientes bajo la normativa del índice de condición de pavimento, para poder determinar de manera adecuada el estado del pavimento haciendo uso de la **tabla 3**, donde se determina el estado del pavimento de acuerdo al PCI obtenido anteriormente.

*Tabla 23*

*Rango de clasificación del pavimento según el PCI*

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: Manual ASTM – 6433 Método de evaluación PCI.

Para la obtención de los resultados del diseño del pavimento mediante la norma AASTHO 93 se hará un contraste entre el número estructural requerido y el número estructural resultante, teniendo que ser el número estructural resultante mayor que el número estructural requerido para poder concluir que el diseño es correcto y cumple con lo establecido por norma.

### **2.6.5. Estrategias**

Se tomará medidas estratégicas de acuerdo a las necesidades del pavimento que permitirán prolongar la vida útil del mismo, estas estrategias o alternativas de solución pueden ser (según lo amerite) un mantenimiento, rehabilitación y hasta una reconstrucción del pavimento.

#### **2.6.5.1. Posibles alternativas de solución**

Se establecerá alternativas que busquen dar solución a las condiciones que presente el pavimento, con el fin de mantener en condiciones óptimas al mismo, estas alternativas surgen de acuerdo a las necesidades del pavimento después de haber realizado una evaluación tomando como sustento el índice obtenido a través de la norma PCI.

### **2.6.6. Conclusiones**

#### **2.6.6.1. Cumplimiento de objetivos**

Finalmente se determina y analiza la condición del pavimento flexible, presentando y resaltando sus tipos de fallas existentes. Además, se realiza la propuesta del nuevo diseño del pavimento flexible AASTHO 93 de la calle Los Aguanos y la calle Puerto Argentino de la Urb. La Rinconada, Trujillo.

## **2.7. Aspectos Éticos**

La presente investigación se ha desarrollado cumpliendo con la transversalidad y ética, se ha realizado una adecuada citación según las normas APA séptima edición. Así mismo, un informe de originalidad en el software de similitud URKUND, obteniendo un porcentaje de 14%.

## **2.8. Desarrollo**

La presente tesis fue desarrollada por los investigadores tomando en cuenta principalmente los datos indispensables y necesarios que se deben tomar a través de los instrumentos de recopilación, para que posteriormente logren los objetivos trazados, es así que los investigadores los días 8 y 9 de Octubre del 2020 se trasladaron a la calle los Aguanos y la calle Puerto argentino, en la provincia de Trujillo, Perú.

### **2.8.1. Fallas de Pavimento**

Los investigadores identificaron los tipos de fallas presentes en el pavimento a través de la inspección visual, realizando una clasificación acorde a las características que nos proporciona la norma del índice de condición de pavimento (PCI), por lo que los investigadores comenzaron con la medición del ancho de calzada de la calle los Aguanos, valiéndose de una cinta métrica, con este dato se pudo calcular el área de muestra, para luego poder determinar el número de unidades de muestreo mínimo y su intervalo, de la misma forma los investigadores realizaron la medición del ancho de la calle Puerto Argentino a través de la cinta métrica, obteniendo un ancho mayor al de la calle Los Aguanos, calculando con este ancho un área de muestra y determinando también el número de unidades de muestreo mínimo. Después de haber determinado las unidades de muestreo, se determinó a través de lo establecido por la norma del PCI el área de cada unidad de muestreo.

### 2.8.2. Grado de Severidad

Posteriormente con el fin de determinar a través de estas dimensiones el grado de severidad que presenta cada falla del pavimento, los investigadores realizaron la medición de las dimensiones de cada una de las fallas presentes, anotando los datos obtenidos en el formato correspondiente que nos proporciona el Índice de Condición de Pavimento (PCI), lo que les permitió poder evaluar correctamente el pavimento, realizaron el mismo procedimiento para cada una de las unidades de muestreo de ambas calles (Aguanos y Puerto Argentino).

Además, los investigadores calcularon la densidad y el valor deducido; para poder determinar el valor deducido los investigadores hicieron uso de ábacos que proporciona el manual de PCI, donde a través de la densidad podemos determinar el valor deducido.

### 2.8.3. Índice de Condición del Pavimento

Acto seguido los investigadores determinaron el valor de deducido **corregido**, finalmente se elige el mayor de los valores corregidos obtenidos por el gráfico Total Deduct Value (TDV) vs Corrected Deduct Value (CDV), este valor permitió a los investigadores determinar el Índice de Condición de Pavimento (PCI), a través de una ecuación. Todo este procedimiento se llevó a cabo en una plantilla de Excel, por ejemplo, la Unidad de Muestra 01 (Ver Figura 29).

### 2.8.4. Estudio de tráfico vehicular

A continuación los investigadores realizaron un estudio de tráfico vehicular, el que consistió en realizar un conteo vehicular las 24 horas del día durante un periodo de 7 días consecutivos en la zona de estudio, con el propósito de determinar el ESALs de diseño (Equivalent Single Axle Loads 18-kip o 80-kN o 8.2 t) o como lo denomina el Manual de

Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), Ejes Equivalentes (EE), que refiere a las cargas que el tráfico vehicular ejerce sobre el pavimento, el cual corresponde a la vía urbana de la calle Puerto Argentino y calle Los Aguanos hasta el km 1+000 en la presente investigación. Para ello, previamente los investigadores determinaron el Índice Medio Diario Semanal (IMDs) de la muestra vehicular tomada, esto se efectuó realizando un promedio del volumen vehicular diario de cada uno de los 7 días de conteo, paso seguido obtuvieron el Factor de Corrección Estacional (Fe) para vehículos livianos y pesados, lo cual obtuvieron valiéndose de los datos proporcionados por la Oficina de Programación Multianual de Inversiones – OPMI – MTC para el periodo 2010-2016 de los peajes concesionados, Peaje Virú, Chicama y Menocucho. Después de ello, los investigadores calcularon el Índice Medio Diario Anual (IMDa), el cual fue resultado del producto entre el Índice Medio Diario Semanal (IMDs) y el Factor de Corrección Estacional (Fe). Seguidamente los investigadores calcularon el crecimiento de Tránsito proyectado al año ( $T_n$ ), empleando 4 años del período de diseño ( $n$ ), y con una tasa anual de crecimiento de tránsito ( $r$ ), valores que fueron obtenidos de la Oficina de Programación Multianual de Inversiones – OPMI – MTC para el periodo 2010-2016 (Tasa de Crecimiento de Vehículos Ligeros y Pesados). Posteriormente los investigadores, determinaron el Factor de Crecimiento Acumulado (Fca), haciendo uso de un periodo de diseño para 20 años, considerando la tasa anual de crecimiento ( $r$ ) para vehículos pesados obtenidos en el anterior cálculo. Después, los investigadores hallaron el Factor Direccional (Fd) y el Factor Carril (Fc), ambos factores dados por el número de direcciones o sentidos y el número de carriles por calzada de la vía de estudio, con estos factores hallados los investigadores calcularon el Factor Ponderado ( $F_d \times F_c$ ) para carril de diseño. Acto seguido, los investigadores calcularon el número de repeticiones de ejes equivalentes; para lograr lo mencionado los investigadores

hicieron uso de información del Reglamento Nacional de Vehículos, con lo que obtuvieron para cada tipo de vehículo datos como: los tipos de ejes, el número de llantas y la carga que se ejerce al eje. Luego de ello lograron realizar el cálculo mencionado. Posteriormente los investigadores calcularon el producto entre el Índice Medio Diario Anual (IMDA) y el Factor de Ajuste por Presión de Neumático en Pavimento Flexible (f. P. FLEXIBLE) para cada tipo de vehículo, logrando obtener el factor de Índice Medio Diario Anual (f. IMDA FLEXIBLE). Por último, los investigadores calcularon el Número de ejes equivalentes de diseño (ESAL) o Ejes Equivalentes (EE), este cálculo se efectuó mediante la siguiente fórmula:

$$\#EE = 365 * (\Sigma f. IMDa) * Fd * Fc * Fca$$

*Ecuación 11. Ejes Equivalentes.*

Donde:

- $\Sigma f. IMDa$  = Sumatoria de los factores de índice medio diario anual.
- **Fd** = Factor direccional.
- **Fc** = Factor carril.
- **Fca** = Factor crecimiento acumulado.

Todo este procedimiento se llevó a cabo en una plantilla de Excel (Ver Figura 30).

### **2.8.5. Estudio de Mecánica de Suelos**

Por otro lado, para realizar la propuesta de un nuevo diseño del pavimento flexible mediante la metodología AASTHO 93, los investigadores obtuvieron un Estudio de Mecánica de Suelo de la zona de estudio, mediante un laboratorio confiable, de esta manera lograron obtener como resultado un CBR de 21.91%

### 2.8.6. Diseño ASSTHO 93

Los investigadores después de que obtuvieron el valor del CBR del suelo y el número de ejes equivalentes de diseño (ESAL) a través del procedimiento indicado anteriormente, prosiguieron con el diseño del pavimento flexible mediante la metodología AASTHO 93, haciendo uso del MANUAL DE CARRETERAS Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS - MTC. Para ello, los investigadores previamente calcularon el Módulo Resiliente de la Sub Rasante ( $M_R$ ), este cálculo se realizó en correlación con el CBR %. Mediante la siguiente ecuación:

$$MR = 2555 \times CBR^{0.64}$$

*Ecuación 12. Módulo Resiliente de la Sub Rasante.*

Acto seguido los investigadores identificaron el Tipo de Tráfico Pesado expresados en los Ejes Equivalentes (EE) obtenidos anteriormente. Además, los investigadores definieron el Número de Etapas para cierto periodo de diseño. Posterior a ellos los investigadores hallaron el Nivel de Confiabilidad (R), la Desviación Estándar Normal ( $Z_r$ ), según el rango de Tráfico y el Número de Etapas establecidas anteriormente.

Siguiendo con el desarrollo de la presente tesis los investigadores procedieron a hallar la Desviación Estándar Combinada ( $S_o$ ) de acuerdo al valor recomendado por el Manual de Carreteras – MTC. Acto seguido, los investigadores hallaron el Índice de Serviciabilidad Inicial ( $P_i$ ), Índice de Serviciabilidad Final ( $P_f$ ) y la Variación de Serviciabilidad ( $\Delta PSI$ ) según el Rango de Tráfico establecido anteriormente. Una vez obtenido los anteriores valores, los investigadores procedieron a calcular el Número Estructural Requerido (SNR) mediante una ecuación establecida en el MANUAL DE CARRETERAS Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS – MTC. Después, los

investigadores calcularon el Número Estructural Propuesto (SNR) mediante una ecuación establecida en el manual mencionado en líneas anteriores, esta ecuación está compuesta por valores establecidos por coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento ( $a_1$  Capa Superficial,  $a_2$  Base y  $a_3$  SubBase), además también por Espesores de las Capas del Pavimento ( $d_1$  Capa Superficial,  $d_2$  Base y  $d_3$  SubBase) y por Coeficientes de drenaje para las capas de ( $m_2$  Base y  $m_3$  SubBase). Finalmente, el resultado de la ecuación de Número Estructural Propuesto (SNR) deberá ser mayor que la anterior ecuación de Número Estructural Requerido (SNR), y para ello los investigadores realizaron una combinación de espesores con los valores mínimos que establece en manual, cumpliendo satisfactoriamente con lo requerido para este presente diseño. Todo este procedimiento se llevó a cabo en una plantilla de Excel, (Ver Figura 31).



Figura 32. Hoja de Cálculo para el Estudio de Tráfico vehicular

Carretera Urbana		PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS										2021										
Tramo		PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS										Año de estudio										
Cod Estación		E-1										Tiempo de estudio a la ejecución de proyecto										
Estación		CHICAMA										Pavimento flexible										
		Factor de corrección estacional					Veh. Livianos					fc:					1,042129					
							Veh. Pesados					fc:					0,945941					
		TIPO DE PAVIMENTO										Ubicación										
												LA RINCONADA - TRUJILLO										
		Sentido										Ambos										
Día		Automóvil	S. Wagon	Camionetas		Micro	Omnibus			Camion		Semitrailers			Trailers							
				Panel	Rural		2E	3E	4E	2E	4E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
																						
Domingo 14/11/2021	PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS	48	35	20	15	5	2	1	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	LOS AGUANOS - PUERTO ARGENTINO	45	32	25	11	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		93	67	45	26	7	2	1	0	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Lunes 15/11/2021	PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS	45	36	29	13	3	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LOS AGUANOS - PUERTO ARGENTINO	42	38	24	5	2	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		87	74	53	18	5	1	1	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Martes 16/11/2021	PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS	47	30	29	16	4	4	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LOS AGUANOS - PUERTO ARGENTINO	44	35	26	12	5	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		91	65	55	28	9	4	2	2	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Miercoles 17/11/2021	PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS	49	35	23	15	6	3	1	0	2	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	LOS AGUANOS - PUERTO ARGENTINO	40	32	25	13	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		89	67	48	28	10	3	1	0	2	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Jueves 16/11/2021	PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS	48	38	20	12	5	1	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LOS AGUANOS - PUERTO ARGENTINO	46	32	25	8	2	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		94	70	45	20	7	1	4	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Viernes 17/11/2021	PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS	46	35	22	16	8	2	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LOS AGUANOS - PUERTO ARGENTINO	45	34	25	13	5	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		91	69	47	29	13	2	2	0	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sábado 18/11/2021	PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS	40	36	23	17	5	1	0	1	4	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	LOS AGUANOS - PUERTO ARGENTINO	48	35	24	15	4	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		88	71	47	32	9	1	2	1	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMDs	PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS	46.1	35.0	23.7	14.9	5.1	2.0	1.0	0.4	1.3	1.0	0.3	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	LOS AGUANOS - PUERTO ARGENTINO	44.3	34.0	24.9	11.0	3.4	0.0	0.9	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total		90.4	69.0	48.6	25.9	8.6	2.0	1.9	1.0	1.7	1.3	0.6	0.9	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
IMDa	PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS	48.09	36.47	24.71	15.48	5.36	2.08	0.95	0.41	1.22	0.95	0.27	0.54	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	LOS AGUANOS - PUERTO ARGENTINO	46.15	35.43	25.90	11.46	3.57	0.00	0.81	0.54	0.41	0.27	0.27	0.27	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total		94.24	71.91	50.62	26.95	8.93	2.08	1.76	0.95	1.62	1.22	0.54	0.81	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IMDa	2021	Total vehiculos		94	72	51	27	9	2	2	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0

$$Tn = T_0(1+r)^{n-1}$$

T<sub>n</sub> = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día  
T<sub>0</sub> = Tránsito actual (año base) en veh/día  
n = año futuro de proyección  
r = tasa anual de crecimiento de tránsito

IMDa	2025	Total	97.5981584	74.7560362	52.9521923	28.0335136	9.34450452	2.07655656	2.17465067	1.08732534	2.17465067	1.08732534	1.08732534	1.08732534	1.08732534	1.08732534	0	0	0	0	0	0	0
------	------	-------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	---	---	---	---	---	---	---

TIPO DE VEHICULO	IMDA	TIPO	NUMERO	CARGA	"r" P. FLEXIBLE	f. IMDA FLEXIBLE	
							2025
VEHICULOS LIGEROS	Autos	97.60	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.05143585
	S. Wagon	74.76	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.03939767
	Pick Up	52.95	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.02790668
	Panel	28.03	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.01477413
	Rural	9.34	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.00492471
	Micros	2.08	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.00109438
	2E	2.17	SIMPLE	2	7	1.26536675	2.75173065
	3E	1.09	SIMPLE	2	7	1.26536675	1.37586532
	4E	1.09	TANDEM	6	16	1.36594455	1.48522611
	2E	1.09	SIMPLE	2	7	1.26536675	1.37586532
OMNIBUS	2E	2.17	SIMPLE	2	7	1.26536675	2.75173065
	3E	1.09	SIMPLE	2	7	1.26536675	1.37586532
	4E	1.09	TANDEM	6	16	1.36594455	1.48522611
	2E	1.09	SIMPLE	2	7	1.26536675	1.37586532
CAMIÓN	2E	2.17	TANDEM	4	14	2.19644727	4.77650552
	3E	1.09	SIMPLE	2	7	1.26536675	1.37586532
	4E	1.09	TANDEM	8	18	2.01921345	2.19554195
SEMITRAYLERS	2E	1.09	SIMPLE	2	7	1.26536675	1.37586532
	2S1	1.09	SIMPLE	2	7	1.26536675	1.37586532
	4E	1.09	TRIDEM	10	23	1.5081836	1.63988624

Pavimento flexible		
Tasa anual de crecimiento Vehiculos pesados	r:	2.83 %
Tiempo de vida útil de pavimento (años)	n:	20
Factor Fca vehiculos pesados	$Factor Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$	Fca
Nº de calzadas, sentidos y carriles por sentido		1 calzada, 2 sentidos, 2 carriles por sentido
Factor direccional*Factor carril (Fd*Fc)	Fe*Fd	0.40
Número de ejes equivalentes (ESAL)	ESAL	156,486
<b>#EE = 365 * (Σf. IMDa) * Fd * Fc * Fca</b>		

Figura 33. Hoja de Cálculo para Diseño de pavimentos urbanos AASTHO 93

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE - AASTHO 93		
Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento	ESAL(W18)	156 486
Suelo de la subrasante	CBR =	21.91 %
Módulo de resiliencia de la subrasante	$Mr(psi) = 2555 \times CBR^{0.64}$	MR (psi)= 18424.77
Tipo de tráfico	VERDADERO	Tipo: TP1
Número de etapas	Etapas:	1
Nivel de confiabilidad	conf.	70.0 %
Coefficiente estadístico de desviación estandar normal	ZR	-0.524
Desviación estandar combinado	So	0.45
Indice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico	Pi	3.8
Indice de serviciabilidad final según rango de tráfico	Pt	2
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico	$\Delta PSI$	1.8
$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$		
Número estructural requerido	<input type="button" value="Calcular SN"/>	SNR= <b>1.562</b>
Coeficientes estructurales de las capas		
CAPA SUPERFICIAL	BASE	SUBBASE
a1	a2	a3
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS
Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq 10^7$ 000,000 EE	Capa de Sub Base recomendada con CBR mínimo 40% para todos los tipos de Tráfico
<b>0.170</b>	<b>0.052</b>	<b>0.047</b>
Coeficientes de drenaje para Bases y SubBases granulares no tratadas en pavimentos flexibles		
	m2	m3
	1	1
$SNR = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$		
Cálculo de espesores de las capas		
d1	d2	d3
<b>5 cm</b>	<b>15 cm</b>	<b>15 cm</b>
Capa superficial	Base	SubBase
SNR (Requerido)	<b>1.562</b>	Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido)
SNR (Resultado)	<b>2.335</b>	<b>SI CUMPLE</b>

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

#### 3.1. Fallas que presenta el pavimento

##### 3.1.1. Clase de falla y Recurrencia

Tabla 24

Clase de falla y recurrencia, calle los Aguanos

Ubicación: Calle Los Aguanos, Urb. La Rinconada, Trujillo-Perú				
FALLAS DEL PAVIMENTO				
ITEM	CLASE DE FALLA	UND.	CANT.	RECURRENCIA
1	PIEL DE COCODRILO	M2	7	Media
2	EXUDACIÓN	M2	2	Baja
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	M2	-	-
4	ABULTAMIENTO Y HNDIMIENTO	M2	-	-
5	CORRUGACIÓN	M2	3	Baja
6	DEPRESIÓN	M2	2	Baja
7	GRIETA DE BORDE	M2	4	Baja
8	GRIETA DE REFLEXIÓN DE	M	-	-
9	DESNIVEL CARRIL/BERMA	M	-	-
10	GRIETAS LONG. Y TRANS	M	11	Alta
11	PARCHES	M2	8	Media
12	PULIMIENTOS DE AGREGADOS	M2	-	-
13	HUECOS	Nº	19	Muy Alta
14	CRUCE DE VÍAS FÉRREAS	M2	-	-
15	AHULLAMIENTO	M2	2	Baja
16	DESPLAZAMIENTO	M2	-	-
17	GRIETAS PARABÓLICAS	M2	-	-

18	HINCHAMIENTO	M2	-	-
19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADO	M2	6	Media
<b>TOTAL DE FALLAS</b>			<b>64</b>	

Tabla 25

Clase de falla y recurrencia, calle Puerto Argentino

Ubicación: Calle Puerto Argentino, Urb. La Rinconada, Trujillo-Perú

FALLAS DEL PAVIMENTO				
ITEM	CLASE DE FALLA	UND.	CANT.	RECURRENCIA
1	PIEL DE COCODRILO	M2	7	Media
2	EXUDACIÓN	M2	6	Media
3	AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	M2	-	-
4	ABULTAMIENTO Y HNDIMIENTO	M2	-	-
5	CORRUGACIÓN	M2	-	-
6	DEPRESIÓN	M2	3	Baja
7	GRIETA DE BORDE	M2	-	-
8	GRIETA DE REFLEXIÓN DE	M	-	-
9	DESNIVEL CARRIL/BERMA	M	-	-
10	GRIETAS LONG. Y TRANS	M	3	Baja
11	PARCHES	M2	4	Baja
12	PULIMIENTOS DE AGREGADOS	M2	2	Baja
13	HUECOS	Nº	8	Media
14	CRUCE DE VÍAS FÉRREAS	M2	-	-

15	AHULLAMIENTO	M2	3	Baja
16	DESPLAZAMIENTO	M2	-	-
17	GRIETAS PARABÓLICAS	M2	-	-
18	HINCHAMIENTO	M2	-	-
19	DESPRENDIMIENTO DE AGREGADO	M2	-	-
<b>TOTAL DE FALLAS</b>			<b>36</b>	

### 3.2. Grado de severidad del pavimento

Tabla 26

Grado de severidad del pavimento, calle Los Aguanos

Ubicación: Calle Los Aguanos, Urb. La Rinconada, Trujillo-Perú

TIPO DE FALLA	GRADO DE SEVERIDAD DEL PAVIMENTO		
	L	M	H
PIEL DE COCODRILO	3	1	3
EXUDACIÓN	1	1	-
AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	-	-	-
ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	-	-	-
CORRUGACIÓN	-	2	1
DEPRESIÓN	-	-	2
GRIETA DE BORDE	1	2	1
GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA	-	-	-
DESNIVEL CARRIL - BERMA	-	-	-
GRIETA LONG. Y TRANS.	3	4	4

PARCHES	7	1	-
PULIMENTO DE AGREGADOS	-	-	-
HUECOS	-	5	13
CRUCE DE VÍAS FÉRREAS	-	-	-
AHUELLAMIENTO	-	2	-
DESPLAZAMIENTO	-	-	-
GRIETAS PARABÓLICAS	-	-	-
HINCHAMIENTO	-	-	-
DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	1	5	-

*Tabla 27*

*Grado de severidad del pavimento, calle Puerto Argentino*

**Ubicación: Calle Puerto Argentino, Urb. La Rinconada, Trujillo-Perú**

TIPO DE FALLA	GRADO DE SEVERIDAD DEL PAVIMENTO		
	L	M	H
PIEL DE COCODRILO	1	4	2
EXUDACIÓN	6	-	-
AGRIETAMIENTO EN BLOQUE	-	-	-
ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS	-	-	-
CORRUGACIÓN	-	-	-
DEPRESIÓN	-	-	3
GRIETA DE BORDE	-	-	-
GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTA	-	-	-
DESNIVEL CARRIL - BERMA	-	-	-

GRIETA LONG. Y TRANS.	1	1	1
PARCHES	1	-	3
PULIMENTO DE AGREGADOS	-	1	1
HUECOS	-	2	6
CRUCE DE VÍAS FÉRREAS	-	-	-
AHUELLAMIENTO	3	-	-
DESPLAZAMIENTO	-	-	-
GRIETAS PARABÓLICAS	-	-	-
HINCHAMIENTO	-	-	-
DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	-	-	-

### 3.2.1. Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas

Tabla 28

Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra 01

UNIDAD DE MUESTRA 01 - CALLE LOS AGUANOS					
FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
GRIETA LONGITUDINAL Y TRANVERSAL	M	L	3.15	0.9	
HUECOS	N°	M	1.15	0.6	0.4
PARCHES	M2	L	38.3	0.2	

Tabla 29

Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra 02

UNIDAD DE MUESTRA 02 - CALLE LOS AGUANOS					
FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
PIEL DE COCODRILO	M2	L	6.3	0.3	
GRIETA DE BORDE	M	M	8		

HUECOS	N°	M	0.75	0.4	0.6
HUECOS	N°	H	1.6	0.6	0.5
PARCHES	M2	L	38.3	0.18	
HUECOS	N°	M	0.9	0.4	0.3
HUECOS	N°	M	0.8	0.37	0.5
DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	M2	M	4	1.1	

Tabla 30

Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra 03

UNIDAD DE MUESTRA 03 - CALLE LOS AGUANOS					
FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
GRIETA LONGITUDINAL Y TRANVERSAL	M	L	7.5		
HUECOS	N°	M	0.8	0.7	0.5
PARCHES	M2	L	22.5	0.2	
DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	M2	M	3.4	1.6	
DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	M2	M	4.2	1.5	
HUECOS	N°	M	0.75	0.5	0.6

Tabla 31

Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra 04

UNIDAD DE MUESTRA 04 - CALLE LOS AGUANOS					
FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	M2	M	5.2	4.6	
CORRUGACIÓN	M2	H	12	5.4	
HUECOS	N°	H	1.3	3.6	0.6
HUECOS	N°	H	1.1	0.5	0.4
DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	M2	M	10	3.4	
GRIETA LONGITUDINAL	M	L	6.15		

Tabla 32

*Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra 05*

UNIDAD DE MUESTRA 05 - CALLE LOS AGUANOS					
FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
PIEL DE COCODRILO	M2	L	3.15	0.95	
CORRUGACIÓN	M2	M	10	5.1	
GRIETA LONGITUDINAL Y TRANVERSAL	M	L	7.5		
HUECOS	N°	M	0.8	0.65	0.4
PARCHES	M2	L	16	0.2	

Tabla 33

*Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra 06*

UNIDAD DE MUESTRA 06 - CALLE LOS AGUANOS					
FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
PARCHES	M2	L	9.35	0.19	
HUECOS	N°	M	0.8	0.65	0.5
GRIETA DE BORDE	M	L	5.8		
DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	M2	L	4.25	3.7	
HUECOS	N°	M	32.96	0.18	0.6

Tabla 34

*Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra 07*

UNIDAD DE MUESTRA 07 - CALLE LOS AGUANOS					
FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
PIEL DE COCODRILO	M2	L	6.3	0.3	
PIEL DE COCODRILO	M2	L	4.07	0.75	
GRIETA LONGITUDINAL Y TRANVERSAL	M	M	5.8	1.4	
HUECOS	N°	M	3.84	0.42	0.3

PARCHES	M2	L	32.96	0.18
---------	----	---	-------	------

Tabla 35

Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra 08

UNIDAD DE MUESTRA 08 - CALLE LOS AGUANOS					
FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
HUECOS	UND	H	4.5	1.5	0.08
HUECOS	UND	H	4.8	1.2	0.09
DEPRESION	M2	H	7.2	1.8	0.07
DEPRESIÓN	M2	H	6	2.1	0.07
GRIETA LONGITUDINAL Y TRANVERSAL	M	H	15	0.3	
GRIETA LONGITUDINAL Y TRANVERSAL	M	M	12.25	0.1	
GRIETA DE BORDE	M	H	1.2	0.9	
GRIETA DE BORDE	M	M	2.1	1.1	

Tabla 36

Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra 09

UNIDAD DE MUESTRA 09 - CALLE LOS AGUANOS					
FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
PIEL DE COCODRILO	M2	H	7.5	2.3	
PIEL DE COCODRILO	M2	H	5.2	3.1	
PIEL DE COCODRILO	M2	H	4.8	1.2	
PIEL DE COCODRILO	M2	M	1.2	1.5	
EXUDACIÓN	M2	L	10.5	2.2	
EXUDACIÓN	M2	M	3.2	1.8	
AHULLAMIENTO	M2	M	7.3	1.7	0.016
AHULLAMIENTO	M2	M	2.8	2.2	0.016
GRIETA LONGITUDINAL Y TRANVERSAL	M	L	5	0.5	
GRIETA LONGITUDINAL Y TRANVERSAL	M	M	12.3	0.3	

Tabla 37

Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra 10

UNIDAD DE MUESTRA 10 - CALLE LOS AGUANOS					
FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
PARCHES	M2	L	6.3	0.3	
PARCHES	M2	M	4.07	0.75	
HUECOS	UND	H	4.3	1.5	0.6
HUECOS	UND	H	2.2	2	0.5
HUECOS	UND	H	4	1.2	0.6
GRIETA LONGITUDINAL Y TRANVERSAL	M	H	7	0.5	
GRIETA LONGITUDINAL Y TRANVERSAL	M	H	15	0.5	
GRIETA LONGITUDINAL Y TRANVERSAL	M	H	6	0.6	

Tabla 38

Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra 11

UNIDAD DE MUESTRA 11 - CALLE PUERTO ARGENTINO					
FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
PULIMENTOS DE AGREGADOS	M2	H	25	8.1	
PARCHES	M2	H	3.5	0.7	
PARCHES	M2	H	4.6	0.3	
HUECOS	UND	H	2.1	0.5	
HUECOS	UND	H	1.2	0.5	
HUECOS	UND	H	1.5	0.8	
AHULLAMIENTO	M2	L	10	0.4	

Tabla 39

Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra 12

UNIDAD DE MUESTRA 12 - CALLE PUERTO ARGENTINO					
FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
EXUDACIÓN	M2	L	2.3	0.7	
EXUDACIÓN	M2	L	35	0.6	
EXUDACIÓN	M2	L	3.8	0.3	
EXUDACIÓN	M2	L	3.8	0.32	
PIEL DE COCODIRLO	M2	M	2	1.5	
PIEL DE COCODIRLO	M2	M	6.5	4.4	
PIEL DE COCODIRLO	M2	M	1.2	3.8	
PARCHES	M2	H	1.4	1.4	
AHUELLAMIENTO	M2	L	23	1.4	
GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	M	L	12	0.3	0.35

Tabla 40

Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra 13

UNIDAD DE MUESTRA 13 - CALLE PUERTO ARGENTINO					
FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
EXUDACIÓN	M2	L	1.2	0.6	
EXUDACIÓN	M2	L	12	0.7	
DEPRESIÓN	M2	H	13.5	7.6	0.12
DEPRESIÓN	M2	H	10	5.1	0.11
AHUELLAMIENTO	M2	L	8	0.3	
PIEL DE COCODRILO	M2	H	0.7	1.1	
PIEL DE COCODRILO	M2	H	0.9	1.5	
PULIMENTOS DE AGREGADOS	M2	M	33	6.8	

Tabla 41

Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra 14

UNIDAD DE MUESTRA 14 - CALLE PUERTO ARGENTINO					
FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
HUECOS	UND	H	2.5	0.6	
HUECOS	UND	H	4.4	0.5	
HUECOS	UND	H	5.8	0.6	
HUECOS	UND	M	0.9	0.6	
DEPRESIÓN	M2	H	25	7.5	0.35
GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	M	H	9.5	0.6	

Tabla 42

Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas - unidad de muestra 15

UNIDAD DE MUESTRA 15 - CALLE PUERTO ARGENTINO					
FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)
PIEL DE COCODRILO	M2	L	6.3	0.3	
PIEL DE COCODRILO	M2	M	4.07	0.75	
GRIETA LONGITUDINAL Y TRANVERSAL	M	M	5.8	1.4	
HUECOS	Nº	M	3.84	0.42	0.3
PARCHES	M2	L	32.96	0.18	

### 3.3. Índice de Condición de Pavimentos (PCI)

Figura 34. Gráfico de estado del pavimento de acuerdo al PCI

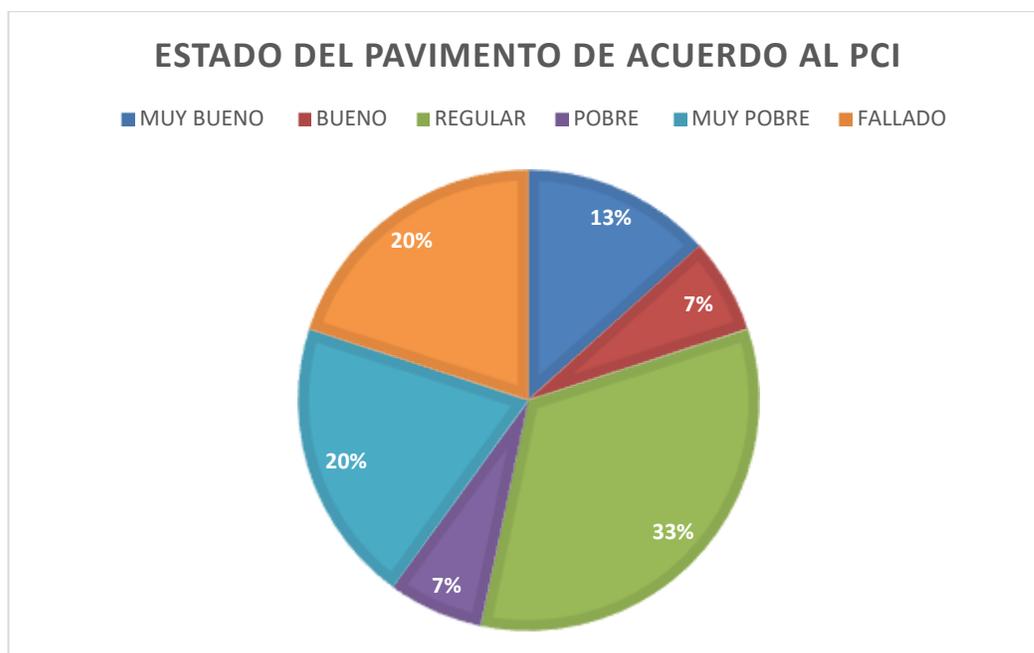


Tabla 43

Valor PCI y estado según el PCI

Unidad de Muestreo	LUGAR	Sección	PCI	ESTADO DEL PAVIMENTO	PCI PROMEDIO	ESTADO DEL PAV. PROM.
UM - 1	C.A Los Aguanos	0+00 - 0+38.30	78	MUY BUENO		
UM - 2	C.A Los Aguanos	0+114.9 - 0+153.2	50	REGULAR		
UM - 3	C.A Los Aguanos	0+191.5 - 0+229.8	66	BUENO		
UM - 4	C.A Los Aguanos	0+229.8 - 0+268.1	18	MUY POBRE		
UM - 5	C.A Los Aguanos	0+344.7 - 0+383	52	REGULAR		
UM - 6	C.A Los Aguanos	0+383 - 0+421.8	83	MUY BUENO		
UM - 7	C.A Los Aguanos	0+498.4 - 0+536.7	52	REGULAR	41	REGULAR
UM - 8	C.A Los Aguanos	0+536.7 - 0+575	18	FALLADO		
UM - 9	C.A Los Aguanos	0+613.3 - 0+651.6	22	MUY POBRE		
UM - 10	C.A Los Aguanos	0+728.2 - 0+766	26	POBRE		
UM - 11	C.A Puerto Argentino	0+766.00 - 0+798.96	41	REGULAR		
UM - 12	C.A Puerto Argentino	0+831.92 - 0+864.88	20	FALLADO		

UM - 13	C.A Puerto Argentino	0+864.88 - 0+897.84	21	MUY POBRE
UM - 14	C.A Puerto Argentino	0+930.80 - 0+963.76	7	FALLADO
UM - 15	C.A Puerto Argentino	0+967.4 - 1+0.00	54	REGULAR

### 3.3.1. Número máximo admisible del valor deducido (M), Valor deducido corregido (CDV) y PCI.

Tabla 44

Número máximo admisible del valor deducido (M), Valor deducido corregido (CDV) y PCI

Unidad de Muestreo	LUGAR	Sección	Número máximo admisible del valor deducido(M)	Valor deducido corregido (CDV)	PCI
UM - 1	C.A Los Aguanos	0+00 - 0+38.30	7.89	22	<b>78</b>
UM - 2	C.A Los Aguanos	0+114.9 - 0+153.2	7.98	50	<b>50</b>
UM - 3	C.A Los Aguanos	0+191.5 - 0+229.8	8.35	34	<b>66</b>
UM - 4	C.A Los Aguanos	0+229.8 - 0+268.1	3.02	82	<b>18</b>
UM - 5	C.A Los Aguanos	0+344.7 - 0+383	5.41	48	<b>52</b>
UM - 6	C.A Los Aguanos	0+383 - 0+421.8	8.35	17	<b>83</b>
UM - 7	C.A Los Aguanos	0+498.4 - 0+536.7	6.14	48	<b>52</b>
UM - 8	C.A Los Aguanos	0+536.7 - 0+575	1.92	82	<b>18</b>
UM - 9	C.A Los Aguanos	0+613.3 - 0+651.6	2.01	78	<b>22</b>
UM - 10	C.A Los Aguanos	0+728.2- 0+766	1.55	74	<b>26</b>
UM - 11	C.A Puerto Argentino	0+766.00 - 0+798.96	5.13	59	<b>41</b>
UM - 12	C.A Puerto Argentino	0+831.92 - 0+864.88	5.41	80	<b>20</b>
UM - 13	C.A Puerto Argentino	0+864.88 - 0+897.84	3.57	79	<b>21</b>
UM - 14	C.A Puerto Argentino	0+930.80 - 0+963.76	3.30	93	<b>7</b>
UM - 15	C.A Puerto Argentino	0+967.4 - 1+0.00	6.97	46	<b>54</b>

### 3.4. Estudio de tráfico vehicular

#### 3.4.1. Índice Medio Diario Semanal (IMDs)

Tabla 45

*Índice Medio Diario Semanal (IMDs)*

Tipo de Vehículo	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Total Semanal	IMDs
Automóvil	93	87	91	89	94	91	88	633	<b>90</b>
Station Wago	67	74	65	67	70	69	71	483	<b>69</b>
Camioneta Pick Up	45	53	55	48	45	47	47	340	<b>49</b>
Camioneta Panel	26	18	28	28	20	29	32	181	<b>26</b>
Camioneta Rural	7	5	9	10	7	13	9	60	<b>9</b>
Micro	2	1	4	3	1	2	1	14	<b>2</b>
Bus 2 E	1	1	2	1	4	2	2	13	<b>2</b>
Bus 3 E	0	2	2	0	2	0	1	7	<b>1</b>
Bus 4 E	0	1	2	2	0	3	4	12	<b>2</b>
Camión 2 E	2	0	1	0	2	1	3	9	<b>1</b>
Camión 3 E	1	0	0	1	0	0	2	4	<b>1</b>
Camión 4 E	1	1	0	1	2	0	1	6	<b>1</b>
Semi Traylers 2 S1	1	0	1	2	0	1	0	5	<b>1</b>

### 3.4.2. Factor de corrección estacional

Tabla 46

Factor de corrección estacional y Índice Medio Diario Anual (IMDa)

Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)		Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)	
Peaje	Noviembre	Peaje	Noviembre
	Ligeros FC		Pesados FC
CHICAMA	<b>1.042129</b>	CHICAMA	<b>0.945941</b>
MENOCUCHO	0.783800	MENOCUCHO	0.750956
VIRU	0.988778	VIRU	0.892464

### 3.4.3. Índice Medio Diario Anual (IMDa)

Tabla 47

Índice Medio Diario Anual (IMDa)

Tipo de Vehículo	IMDs	Factor de Corrección Estacional (fc)	IMDa
Automóvil	90	1.042129	<b>94</b>
Station Wago	69	1.042129	<b>72</b>
Camioneta Pick Up	49	1.042129	<b>51</b>
Camioneta Panel	26	1.042129	<b>27</b>
Camioneta Rural	9	1.042129	<b>9</b>
Micro	2	1.042129	<b>2</b>
Bus 2 E	2	0.945941	<b>2</b>
Bus 3 E	1	0.945941	<b>1</b>
Bus 4 E	2	0.945941	<b>2</b>
Camión 2 E	1	0.945941	<b>1</b>
Camión 3 E	1	0.945941	<b>1</b>
Camión 4 E	1	0.945941	<b>1</b>
Semi Trailers 2 S1	1	0.945941	<b>1</b>

### 3.4.4. Tasa de crecimiento vehicular

Tabla 48

*Tasa anual de Crecimiento de Vehículos Ligeros y Pesados obtenidos de la Oficina de Programación Multianual de Inversiones – OPMI – MTC*

Tasa anual de Crecimiento de Vehículos Ligeros		Tasa anual de Crecimiento de Vehículos Pesados	
La Libertad	1.26%	La Libertad	2.83%

Tabla 49

*Tasa de crecimiento Vehicular*

Tipo de Vehículo	IMDa ( To )	Tasa anual de crecimiento de tránsito ( r )	Número de años del período de diseño ( n )	Tránsito proyectado al año ( Tn )
Automóvil	94	1.26%	4	<b>97.5982</b>
Station Wago	72	1.26%	4	<b>74.7560</b>
Camioneta Pick Up	51	1.26%	4	<b>52.9522</b>
Camioneta Panel	27	1.26%	4	<b>28.0335</b>
Camioneta Rural	9	1.26%	4	<b>9.3445</b>
Micro	2	1.26%	4	<b>2.0766</b>
Bus 2 E	2	2.83%	4	<b>2.1747</b>
Bus 3 E	1	2.83%	4	<b>1.0873</b>
Bus 4 E	2	2.83%	4	<b>2.1747</b>
Camión 2 E	1	2.83%	4	<b>1.0873</b>
Camión 3 E	1	2.83%	4	<b>1.0873</b>
Camión 4 E	1	2.83%	4	<b>1.0873</b>
Semi Traylers 2 S1	1	2.83%	4	<b>1.0873</b>

### 3.4.5. Número de Ejes Equivalentes (ESAL)

Tabla 50

Número de Ejes Equivalentes (ESAL)

Número de Ejes Equivalentes (ESAL)		
Tasa anual de crecimiento Vehículos pesados	r:	2.83 %
Tiempo de vida útil de pavimento (años)	n:	20
Factor Fca vehículos pesados	Factor $Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$	Fca 26.41
Nº de calzadas, sentidos y carriles por sentido		1 calzada, 2 sentidos, 2 carriles por sentido
Factor direccional*Factor carril (Fd*Fc)	Fc*Fd	0.40
Número de ejes equivalentes (ESAL)		
<b>#EE = 365 * (Σf.IMDa) * Fd * Fc * Fca</b>	<b>ESAL</b>	<b>156,486</b>

### 3.5. Estudio de mecánica de suelos

#### 3.5.1. Máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad y CBR respecto a la máxima densidad seca

Tabla 51

Máx. Densidad seca, óptimo contenido de humedad y CBR respecto a máx. Densidad seca

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS (EMS)	
Máxima densidad seca	2.095 gr/cm <sup>3</sup>
Óptimo contenido de humedad	9.25%
CBR respecto al máx. Densidad seca (100%)	21.91%

### 3.6. Diseño ASSTHO 93

#### 3.6.1. Módulo de Resiliencia de la Sub Rasante (MR), Nivel de confiabilidad, Coeficiente estadístico de desviación estándar normal (ZR) y Diferencial de serviciabilidad ( $\Delta$ PSI)

Tabla 52

*Módulo de Resiliencia de la Sub Rasante (MR), Nivel de confiabilidad, Coeficiente estadístico de desviación estándar normal (ZR) y Diferencial de serviciabilidad ( $\Delta$  PSI)*

Variables para la Ecuación de cálculo AASHTO - 93		
Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento	ESAL(W18)	<b>156,486</b>
Suelo de la Sub Rasante	CBR	<b>21.91</b>
Módulo de Resiliencia de la Sub Rasante	M <sub>R</sub> (psi)	<b>18,424.77</b>
Tipo de tráfico	Tipo:	<b>TP1</b>
Número de etapas	Etapas:	<b>1</b>
Nivel de confiabilidad	conf.	<b>70%</b>
Coeficiente estadístico de desviación estándar normal	Z <sub>R</sub>	<b>-0.524</b>
Desviación estándar combinada	S <sub>o</sub>	<b>0.45</b>
Índice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico	P <sub>i</sub>	<b>3.8</b>
Índice de serviciabilidad final según rango de tráfico	P <sub>t</sub>	<b>2</b>
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico	$\Delta$ PSI	<b>1.8</b>

#### 3.6.2. Número estructural requerido (SNR)

Tabla 53

*Número estructural requerido (SNR)*

Cálculo del Número Estructural		
N18 Nominal	N18 Calculo	SNR REQUERIDO
5.19	5.19	1.56

*Tabla 54*

*Diseño del Pavimento Flexible AASTH 93*

Diseño del Pavimento Flexible AASTH 93			
Capas	H (cm)	SNR REQUERIDO	SNR RESULTADO
Capa Superficial	5		
Base	15	1.56	2.34
Sub Base	15		

*Tabla 55*

*Verificación de diseño de pavimento flexible AASTH 93*

DEBE CUMPLIR		
SNR RESULTADO	>	SNR REQUERIDO
2.34	>	1.56
OK CUMPLE!!		

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

El análisis del estado de conservación del pavimento flexible mediante la norma del índice de condición de pavimento (PCI), evidencia que el estado del pavimento sometido a estudio se divide de la siguiente manera: MUY BUENO en un 13.33%, BUENO en 6.67%, REGULAR en 33.33%, POBRE en 6.67%, MUY POBRE en 20% y FALLADO con un 20%. Entonces se evidencia que el 80% del pavimento se encuentra en un estado que va de REGULAR a FALLADO, lo que refiere que el pavimento no es **óptimo**, en la calle Puerto Argentino y la calle Los Aguanos de la Urbanización La Rinconada, Trujillo 2020. Asimismo, cabe señalar que el estado del pavimento de la calle Puerto Argentino y la calle Los Aguanos de la Urbanización La Rinconada, Trujillo 2020, no se encuentra en estado óptimo como se esperaba antes de realizar el presente estudio.

Se presenta en la **tabla 8 y 9** los tipos de falla que se han encontrado en el pavimento sometido a estudio, para lo cual se realizó una identificación de cada tipo de falla de acuerdo a las características que a cada una de estas le corresponde, basándonos en lo que se plasmó en la parte teórica de esta presente investigación (**Ver 1.3.1.4, pág. 28**), así también se puede apreciar que la falla en el pavimento con mayor incidencia es la falla PIEL DE COCODRILO, y por otro lado la falla encontrada con menor incidencia es la falla PULIMENTO DE AGREGADOS. Por otro lado también se puede apreciar en las **tablas 10 y 11** el grado de severidad que presenta cada tipo de falla, lo que nos indica la gravedad que posee cada falla encontrada, esta severidad es determinada de acuerdo a las características que se pueden apreciar, las cuales son clasificadas en baja, media y alta, según lo amerite cada tipo de falla en particular de acuerdo a lo que se presenta en bases teóricas (**Ver 1.3.1.4.1**

– **1.3.1.4.19, pág. 29 - 51**), en el pavimento de la calle los Aguanos y la calle Puerto Argentino conforme a la **tabla 10** podemos decir que la falla con mayor incidencia en una severidad alta es la falla HUECOS, ya que se ha encontrado esta falla con severidad alta (H) 13 veces, además la falla con mayor incidencia en una severidad baja (L) es la falla PARCHES, la que se encontró 7 veces. Además en la presente investigación se puede apreciar en las tablas de Dimensiones de superficie dañada y profundidad de las fallas (**Ver 2.8.2.1, pág. 75**) las dimensiones que posee cada falla encontrada en cada unidad de muestra, de las calles los Aguanos y la calle Puerto Argentino de la Urb. Rinconada, también se puede visualizar la profundidad de las fallas, y finalmente la severidad que posee cada una de estas fallas encontradas, estas medidas fueron tomadas tomando en consideración lo establecido según el numeral (**Ver 1.3.1.4.1 – 1.3.1.4.19, pág. 29 - 51**), además se puede observar en la unidad de muestra 01 se encontró presencia de fallas como: grieta longitudinal y transversal, huecos y parches. En la unidad de muestra 02 se encontró presencia de fallas como: piel de cocodrilo, grieta de borde, huecos, parches y desprendimiento de agregados. En la unidad de muestra 03 se encontró presencia de fallas como: grieta longitudinal y transversal, huecos, parches y desprendimiento de agregados. En la unidad de muestra 04 se encontró presencia de fallas como: desprendimiento de agregados, corrugación, huecos y grieta longitudinal y transversal. En la unidad de muestra 05 se encontró presencia de fallas como: piel de cocodrilo, corrugación, grieta longitudinal y transversal, huecos y parches. En la unidad de muestra 06 se encontró presencia de fallas como: parches, huecos, grieta de borde y desprendimiento de agregados. En la unidad de muestra 07 se encontró presencia de fallas como: piel de cocodrilo, huecos, corrugación y parches. En la unidad de muestra 08 se encontró presencia de fallas como: huecos, depresión, grieta longitudinal y transversal y grieta de borde. En la unidad de muestra 09 se encontró presencia de fallas como: piel de cocodrilo, exudación,

ahuellamiento y grieta longitudinal. En la unidad de muestra 10 se encontró presencia de fallas como: parches, huecos y grieta longitudinal. En la unidad de muestra 11 se encontró presencia de fallas como: pulimentos de agregados, huecos, parches y ahuellamiento. En la unidad de muestra 12 se encontró presencia de fallas como: exudación, piel de cocodrilo, parches, ahuellamiento y grieta longitudinal y transversal. En la unidad de muestra 13 se encontró presencia de fallas como: exudación, depresión, ahuellamiento, piel de cocodrilo y pulimentos de agregados. En la unidad de muestra 13 se encontró presencia de fallas como: huecos, depresión y grieta longitudinal y transversal. En la unidad de muestra 14 se encontró presencia de fallas como: huecos, depresión y grieta longitudinal y transversal. En la unidad de muestra 15 se encontró presencia de fallas como: piel de cocodrilo, grieta longitudinal y transversal, huecos y parches. Cada una de ellas con sus dimensiones correspondientes que fueron plasmadas en la ya mencionada tabla. Pasando ahora a lo realizado bajo el Índice de condición de Pavimentos (PCI), se puede apreciar en el gráfico (**Figura 29, pág. 81**) el estado del pavimento en base al PCI obtenido después de haber realizado el procedimiento correspondiente que nos proporciona el manual del PCI (**Ver 1.3.2.7.1, pág. 60**), también se puede apreciar en porcentaje los distintos estados de condición que presenta el pavimento de la calle los Aguanos y la calle Puerto Argentino. También se puede apreciar en la **tabla 27** el PCI y el estado que este índice de condición de pavimentos representa en cada unidad de muestreo, el estado del pavimento puede ser: excelente, muy bueno, bueno, regular, pobre, muy pobre y fallado; el estado en el que se encuentra es determinado a través del valor PCI y el rango que establece el estado en que está el pavimento (**Ver 1.3.2, pág. 53**). Finalmente, en la **tabla 28** se presenta el número máximo admisible del valor deducido (M), el Valor deducido corregido (CDV) y el PCI de cada unidad de muestreo realizado en la calle los Aguanos y la calle Puerto Argentino, encontrando en la unidad de muestreo 01 un número

máximo admisible del valor deducido (M) de 7.89, un Valor deducido corregido (CDV) de 22 con el cual podemos determinar el valor del PCI, siendo este 78 para esta unidad de muestreo. En la unidad de muestreo 02 un número máximo admisible del valor deducido (M) de 7.98, un Valor deducido corregido (CDV) de 50 con el cual podemos determinar el valor del PCI, siendo este 50 para esta unidad de muestreo. En la unidad de muestreo 03 un número máximo admisible del valor deducido (M) de 8.35, un Valor deducido corregido (CDV) de 34 con el cual podemos determinar el valor del PCI, siendo este 66 para esta unidad de muestreo. En la unidad de muestreo 04 un número máximo admisible del valor deducido (M) de 3.02, un Valor deducido corregido (CDV) de 82 con el cual podemos determinar el valor del PCI, siendo este 18 para esta unidad de muestreo. En la unidad de muestreo 05 un número máximo admisible del valor deducido (M) de 5.41, un Valor deducido corregido (CDV) de 48 con el cual podemos determinar el valor del PCI, siendo este 52 para esta unidad de muestreo. En la unidad de muestreo 06 un número máximo admisible del valor deducido (M) de 8.35, un Valor deducido corregido (CDV) de 17 con el cual podemos determinar el valor del PCI, siendo este 83 para esta unidad de muestreo. En la unidad de muestreo 07 un número máximo admisible del valor deducido (M) de 6.14, un Valor deducido corregido (CDV) de 48 con el cual podemos determinar el valor del PCI, siendo este 52 para esta unidad de muestreo. En la unidad de muestreo 08 un número máximo admisible del valor deducido (M) de 1.92, un Valor deducido corregido (CDV) de 82 con el cual podemos determinar el valor del PCI, siendo este 18 para esta unidad de muestreo. En la unidad de muestreo 09 un número máximo admisible del valor deducido (M) de 2.01, un Valor deducido corregido (CDV) de 78 con el cual podemos determinar el valor del PCI, siendo este 22 para esta unidad de muestreo. En la unidad de muestreo 10 un número máximo admisible del valor deducido (M) de 1.55, un Valor deducido corregido (CDV) de 74 con el cual podemos determinar el valor

del PCI, siendo este 26 para esta unidad de muestreo. En la unidad de muestreo 11 un número máximo admisible del valor deducido (M) de 5.13, un Valor deducido corregido (CDV) de 59 con el cual podemos determinar el valor del PCI, siendo este 41 para esta unidad de muestreo. En la unidad de muestreo 12 un número máximo admisible del valor deducido (M) de 5.41, un Valor deducido corregido (CDV) de 80 con el cual podemos determinar el valor del PCI, siendo este 20 para esta unidad de muestreo. En la unidad de muestreo 13 un número máximo admisible del valor deducido (M) de 3.57, un Valor deducido corregido (CDV) de 79 con el cual podemos determinar el valor del PCI, siendo este 21 para esta unidad de muestreo. En la unidad de muestreo 14 un número máximo admisible del valor deducido (M) de 3.30, un Valor deducido corregido (CDV) de 93 con el cual podemos determinar el valor del PCI, siendo este 7 para esta unidad de muestreo. En la unidad de muestreo 15 un número máximo admisible del valor deducido (M) de 6.97, un Valor deducido corregido (CDV) de 46 con el cual podemos determinar el valor del PCI, siendo este 54 para esta unidad de muestreo.

Del estudio “Evaluación de la superficie del pavimento flexible en la Av. Industrial aplicando el método del PCI y Índice de Rugosidad, Chimbote – Áncash 2019” se obtuvo el promedio obtenido de 15 unidades de muestras lo cual arrojó un resultado de 41.53, clasificándolo como REGULAR, por encontrarse al margen del rango 40 – 55. Por otro lado, en nuestro estudio la superficie del pavimento de la Calle los Aguanos y Puerto Argentino también cuenta con un promedio de 15 unidades de muestras con un índice de condición de pavimento promedio de 41, la cual según su escala numérica de clasificación es REGULAR por estar dentro del rango de 40-55, dichos resultados plasman que las fallas existentes no afectan consecuentemente la integridad superficial y estructural del pavimento.

De la investigación “Evaluación Superficial Del Pavimento Flexible De La Av. Jorge Basadre Grohmann Del Distrito De Pocollay Tramo Av. Jorge Basadre Grohmann Este – Av. Basadre Y Forero, Aplicando El Método Del PCI” se obtuvieron 11 unidades de muestra con los siguientes resultados para ambos tramos de la vía: Para el Tramo 01, las secciones 01, 02, 03, 04 y 05 tienen un valor del PCI de 56 (Bueno), 86 (Excelente), 63 (Bueno), 75 (Muy Bueno) y 54 (Regular) respectivamente y según la metodología PCI tiene un valor de PCI promedio de sesenta (60) es decir se encuentra en Buena condición. Para el Tramo 02, las secciones 01, 02, 03, 04, 05 y 06 tienen un valor del PCI de 77 (Muy Bueno), 66 (Bueno), 33 (Malo), 46 (Regular), 44 (Regular) y 60 (Bueno) respectivamente y según la metodología PCI tiene un valor de PCI promedio de cincuenta y siete (57) es decir se encuentra en Buena condición. Por otro lado, en nuestra investigación Análisis del estado de conservación del pavimento flexible mediante la norma del índice de condición de pavimento (PCI), en la calle Puerto Argentino y la calle Los Aguanos de la Urbanización La Rinconada, Trujillo 2020. Se obtuvo 15 unidades de muestreo para ambas calles: De la Calle los Aguanos, las unidades de muestras 1,2,3,4,5,6,7,8,9 y 10 cuentan con un índice de condición de pavimento de 78 (Muy Bueno), 50 (Regular), 66 (Bueno), 18 (Muy Pobre), 52 (Regular), 83 (Muy Bueno), 52 (Regular), 18 (Fallado), 22 (Muy Pobre), y 26 (Pobre) respectivamente. Y de la calle Puerto Argentino, las unidades de muestreos 11,12,13,14 y 15 cuentan con un índice de condición de pavimento de 41 (Regular), 20 (Fallado), 21 (Muy Pobre), 7 (Fallado) y 54 (Regular) respectivamente y según la normativa PCI la zona de estudio tiene un promedio de índice de condición de pavimento de 41, la cual según su escala numérica de clasificación es REGULAR por estar dentro del rango de 40-55. Por lo tanto, se puede decir que el pavimento flexible de la primera investigación mencionada en el presente párrafo se encuentra en Buena

Condición con un promedio total de PCI de 59, a diferencia de nuestra investigación que cuenta con un pavimento flexible Regular por tener un PCI promedio de 41.

De la investigación “Evaluación Del Estado De Pavimentos Flexibles En La Zona Urbana De La Calera”, el 72.1% del pavimento flexible analizado del Municipio de La Calera se encuentra Fallado, en Muy Mal Estado, en Mal Estado y Regular; el 27.8% del pavimento restante se encuentra en un buen estado, muy buen estado y excelente estado, esto quiere decir que es aconsejable que en la mayor parte del pavimento se realice un mantenimiento correctivo. De la misma manera, nuestra investigación análisis del estado de conservación del pavimento flexible mediante la norma del índice de condición de pavimento (PCI), en la calle Puerto Argentino y la calle Los Aguanos de la Urbanización La Rinconada, Trujillo 2020, muestra que el 55.59% del pavimento flexible estudiado se encuentra Fallado, Muy Pobre, Pobre y Regular; y el 44.41% del pavimento flexible restante se encuentra en un estado Bueno y Muy Bueno, por tanto podemos decir que en la mayor parte del pavimento se debe de realizar un mantenimiento correctivo.

Después de haber realizado el procedimiento bajo la normativa PCI se puede determinar el estado en que se encuentran los pavimentos de estudio, siendo de la presente investigación las calles Los Aguanos y Puerto Argentino, obteniendo como resultado un PCI promedio de 41 lo que refiere un pavimento en estado Regular por lo que se debe tomar medidas necesarias para lograr la vida útil de este pavimento y también mejoras en la calidad de la sociedad.

La nueva propuesta de diseño AAST 93 tiene como resultado espesores de 5cm, 15cm y 15 cm para la capa superficial, base y sub base respectivamente; estas fueron definidas

tomando en consideración las condiciones y las características que se presentan en la zona de estudio. Debido a ello, se logra validar nuestra hipótesis donde se esperaba obtener un diseño que cumpla con los parámetros haciendo uso de los espesores mínimos (5cm, 15cm y 15cm).

En la **tabla 45**, se puede apreciar el índice medio diario semanal (IMDs), lo que refiere al promedio de la cantidad de vehículos según su tipo que pasa a diario en el transcurso de una semana, de lo que se obtuvo como resultado que el tipo de vehículos que más transitan por la calle de la zona de estudio son los automóviles y los que menos transitan son los semi trailer 2 S1, siendo sus cantidades 90 y 1 respectivamente. Asimismo se puede apreciar en la **tabla 46** el factor de corrección estacional para vehículos ligeros y pesados, dicho factor es necesario para poder realizar un reajuste que considere reducir o incrementar los requerimientos de estudio y a la vez de costo del diseño que se pretende realizar; en este caso obtuvimos un valor de 1.04 para vehículos ligeros y 0.95 para vehículos pesados. También se evidencia el índice medio diario anual (IMDa) en la **tabla 47**, para lo que hemos obtenido el valor más alto de automóviles de 94 y un valor menor para los semi trailer 2 S1 de 1. Por otro lado también se obtuvo la tasa de crecimiento vehicular, cuyos resultados fueron plasmados en la **tabla 48 y 49**; la mencionada tasa de crecimiento vehicular refiere a el incremento de vehículos que se da con el pasar del tiempo, para el caso este incremento o crecimiento de la tasa vehicular corresponde a un valor de 1.26% para vehículos ligeros y 2.83% para vehículos pesados; haciendo uso de los valores de tasa de crecimiento vehicular obtenidos y estimando un tiempo de 4 años para realizar el diseño, obtuvimos un incremento en la cantidad de los vehículos de cada tipo, siendo ahora el valor más alto para los automóviles y el valor más bajo para los semi trailer 2 S1, los valores corresponden a 97.6 y

1.1 respectivamente. Finalmente se muestra el valor del número de ejes equivalente (ESAL) en la **tabla 50**, siendo este 156 486, dicho valor representa a la cantidad pronosticada de carga equivalente para un periodo determinado, siendo este periodo 20 años.

Como resultados del estudio de suelos obtuvimos lo mostrado en la **tabla 51**, donde se puede apreciar la máxima densidad seca cuyo valor es de 2.095 gr/cm<sup>3</sup>, un valor de 9.25% para el contenido de humedad óptimo, y finalmente el valor para el CBR respecto a la MDS de 21.91% (al 100%); el resultado determinado para el CBR representa la resistencia al esfuerzo cortante que se existe sobre el suelo.

En la **tabla 52**, se puede apreciar el módulo de resiliencia de la sub rasante (MR), nivel de confiabilidad, coeficiente estadístico de desviación estándar normal (ZR) y diferencial de serviciabilidad ( $\Delta$  PSI), de los cuales tenemos como resultado de 18 424.77 psi, 70%, -0.524 y 1.8 respectivamente. Asimismo en la **tabla 53** observamos los resultados del número estructural requerido (SNR), siendo este 1.56, lo que nos ayuda a calcular los espesores de cada capa del pavimento flexible; además se plasmó en la **tabla 54** el diseño de pavimento flexible bajo la norma ASSTHO 93, para lo cual se estimó el SNR resultante con un valor de 2.34 considerando los espesores mínimos recomendados por el MTC, siendo estos 5cm, 15cm y 15cm para capa superficial, base y sub base respectivamente. Finalmente en la **tabla 55** se puede observar la comparación entre el SNR requerido y el SNR resultante, verificando que el SNR resultante sea mayor que el SNR requerido, para que de esta forma nuestro diseño esté cumpliendo de acuerdo a norma.

En la investigación que tiene por nombre **“Diagnóstico y diseño vial del pavimento flexible: avenida Alfonso Ugarte (tramo: carretera central – avenida ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo 2016”**, los espesores de sus capas fueron de

5cm, 20cm y 30 cm para la capa superficial, base y sub base respectivamente, debido a que su número estructural resultante fue de 3.30; haciendo un contraste con lo obtenido en nuestra investigación podemos decir que nuestros resultados tienen coherencia y lógica ya que nuestro número estructural resultante fue 2.34, es decir inferior, y debido a ello nuestros espesores de las capas de nuestro pavimento resultarían menores a los obtenidos en su investigación.

En la investigación **“Evaluación Superficial del Pavimento Flexible Aplicando el Método Pci y Propuesta de Mejoramiento de la infraestructura vial en la Av. Industrial, en el Tramo de la Av. Gustavo Pinto y Av. Jorge Basadre Grohmann – Tacna, 2019”**, los responsables de la misma obtuvieron un número estructural requerido igual a 4.54, con el que obtuvieron unas capas con espesores superiores a comparación de los espesores que obtuvimos nosotros con un número estructural menor (2.34), esto le da credibilidad a la presente investigación ya que es coherente tener un requerimiento de espesores mayores ante un número estructural requerido también mayor.

Los investigadores de la tesis **“Determinación del Deterioro del Pavimento Flexible de la avenida Nicolás de Piérola del Distrito de Casma – Ancash – 2018 Propuesta de Mejora”** tuvieron como resultado espesores de 5cm, 20cm y 20cm para su capa superficial, base y sub base respectivamente, debido a que estos espesores logran sobrepasar el número estructural requerido que obtuvieron después de realizar los cálculos necesarios, siendo el valor de este 2.642, por otro lado nuestro valor siendo 2.34 nos permite colocar capas de menores espesores, tanto para la capa superficial, base y sub base (5cm, 15cm y 15cm); con esto podemos entender también que la exigencia en nuestro pavimento es menor.

En la tesis de Guilbovich Ucañan César Alejandro titulada **“Evaluación del pavimento flexible Avenida “A”, Nuevo Chimbote – 2020 – Propuesta de Mejora”** se obtuvo un valor de número estructural requerido de 2.607, un valor mayor que el que obtuvimos nosotros que fue de 2.34, pero muy cercanos, debido a ello es que se hace obvio que los espesores de sus capas sean mayores que las nuestras pero no por mucho, ya que la variación entre los número estructurales es baja. Siendo así sus espesores de 6.35cm, 20cm y 15cm para su capa superficial, base y sub base respectivamente, y por otro lado nuestros espesores son de 5cm para la capa superficial, y de 15cm para la base y 15cm para sub base.

Las principales limitaciones fueron la pandemia a causa de la Covid-19 que afectó a los investigadores, la coyuntura que atravesó el país impedía estar en campo para tomar los datos necesarios que nos permitan llevar a cabo este análisis del pavimento de la calle Los Aguanos y la calle Puerto Argentino, ante ello los investigadores se adaptaron los horarios que establecían las autoridades y organizándose para poder tomar los datos sin infringir la ley, de esta forma se logró tomar los datos necesarios; además de ello también se hizo imposible conseguir el instrumento de medición (odómetro) ya que los puntos para poder acceder a este se encontraban fuera de servicio a causa de la pandemia, sin embargo los investigadores lograron superar este inconveniente, para ello fue necesario reemplazar el uso del odómetro por una cinta métrica adecuada, de esta forma se pudo realizar el estudio optando por alternativas eficientes que logren cumplir con los requerimientos para el correcto proceso de la presente investigación. Habiendo realizado entonces de esta manera el análisis del pavimento de la calle Los Aguanos y la calle Puerto Argentino, se genera un gran aporte para la sociedad que hace uso de estas calles, logrando determinar la condición en que se encuentran estas, lo que conllevaría a tomar medidas que busquen mitigar o eliminar los

daños presentes en el pavimento, logrando así tener estas calles en estado óptimo, lo cual repercute en quienes hacen uso de ella de manera positiva.

#### **4.2. Conclusiones**

Se analizó el estado de conservación del pavimento flexible mediante la norma del índice de condición de pavimento (PCI), en la calle Puerto Argentino y la calle Los Aguanos de la Urbanización La Rinconada, Trujillo 2021, lo cual posee un valor de PCI = 41 y según la metodología PCI el pavimento se encuentra en una escala regular en la actualidad.

Se identificó las fallas que tiene el pavimento estudiado, en la calle Puerto Argentino se obtuvo: piel de cocodrilo, exudación, depresión, grieta longitudinal y transversal, parches, pulimentos de agregados, huecos y ahullamiento. Por otro lado, en la calle Los Aguanos se obtuvo: piel de cocodrilo, exudación, corrugación, depresión, grieta de borde, grieta longitudinal y transversal, parches, huecos y ahullamiento.

Se determinó que de las unidades de muestreo estudiadas del pavimento flexible en la calle Puerto Argentino y los Aguanos presenta el grado de severidad del 33 % con un estado de pavimento de regular (PCI entre 41 y 55). Sin embargo, el 7 % del pavimento se encuentra en un estado bueno (PCI entre 56 y 70) y el 13 % en un estado muy bueno (PCI entre 71 y 85). Por otro lado, el 7 % del pavimento se encuentra en un estado pobre (PCI entre 26 y 40), el 20 % en un estado muy pobre (PCI entre 11 y 25) y el 20 % en un estado fallado (PCI entre 0 y 20).

Se calculó el Índice de Condición del Pavimento de las calles Puerto Argentino y Los Aguanos, lo cual resultó que posee un PCI = 41, y según la escala de la metodología nos indica que se encuentra en un estado REGULAR.

Se realizó la propuesta de un nuevo diseño de pavimento flexible AASTHO 93, en la calle Puerto Argentino y la calle Los Aguanos de la Urbanización La Rinconada, Trujillo 2021, del cual obtuvimos un espesor del pavimento de 35cm (3 capas).

Se realizó el estudio de tráfico vehicular en la calle Puerto Argentino y la calle Los Aguanos de la Urbanización La Rinconada, Trujillo 2021, donde se logró obtener un ESAL 156 486.00.

Se realizó el estudio de mecánica de suelos en la calle Puerto Argentino y la calle Los Aguanos de la Urbanización La Rinconada, Trujillo 2021, logrando obtener datos como la densidad máxima seca con un valor de  $2.095 \text{ gr/cm}^3$ , además un contenido óptimo de humedad igual a 9.25% y un CBR (al 100%) respecto de la MDS igual a 21.91%.

Se elaboró el Diseño de pavimentos urbanos AASTHO 93, Puerto Argentino y la calle Los Aguanos de la Urbanización La Rinconada, Trujillo 2021, donde se obtuvo valores para la capa superficial de 5cm, para la base de 15cm y la sub base de 15cm, siendo el espesor total igual a 35cm.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Trujillo y de la misma forma al Gobierno Regional que lleve a cabo el desarrollo de estudios de los pavimentos flexibles existentes en el distrito de Trujillo, y de esta manera lograr identificar oportunamente las fallas existentes en los pavimentos y así poder realizar adecuadas y pertinentes intervenciones para la mejora de los mismos.

En caso de requerirse estudios de los pavimentos en estas calles Los Aguanos y Puerto Argentino se recomienda a la Municipalidad Provincial de Trujillo o empresas interesadas que tomen el presente estudio realizado como referencia para poder precisar un mejor

resultado de forma objetiva y de esta forma se logre generar una adecuada intervención en dicho pavimento, lo cual mejorará la condición de estos. Además, considerar también el presente diseño propuesto en esta investigación para poder realizar un pavimento en condiciones idóneas.

Se recomienda a los futuros investigadores que en caso pretendan realizar estudios de una vía que este dentro de la Provincia de Trujillo se efectúe en los meses de otoño, ya que en estos meses la presencia de calor es baja y se podrá identificar con mucha más facilidad la presencia de los tipos de fallas, además de realizar un trabajo más cómodo. Por otro lado también se sugiere que al momento de realizar el conteo de vehículos que transitan por las calles Puerto Argentino y Aguanos se haga en horarios estratégicos en donde el tránsito vehicular sea mayor; asimismo se recomienda realizar el conteo entre varias personas para evitar errores y tener datos reales.

## REFERENCIAS

- AASTHO. (2001). Recommended Practice for Geosynthetic. Washington D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Agus, S., Wardhan, S., & Harr, C., (2009). Evaluasi Tingkat Kerusakan Jalan Dengan Metode pavement condition index (PCI) untuk Menunjang Pengambilan Keputusan. (Studi Kasus: Jalan Lingkar SeLatan, Yogyakarta), 10, 934 – 946.
- ASTM D 6433-07, (2007). Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. Estados Unidos.
- Burga, M. (2019). “Evaluación de la superficie del pavimento flexible en la Av. Industrial aplicando el método del PCI y Índice de Rugosidad, Chimbote – Áncash 2019” (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Chimbote, Perú.
- Campos, R. (2018). “Evaluación superficial aplicando metodología PCI del pavimento flexible de la carretera Baguaalenyá, Provincia Bagua, Amazonas 2018” (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú.
- Cantuarias, L. & Watanabe, J. (2017). “Aplicación Del Método Pci Para La Evaluación Superficial Del Pavimento Flexible De La Avenida Camino Real De La Urbanización La Rinconada Del Distrito De Trujillo”, Tesis de pregrado. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Cote, S. & Villalba, O. (2017). “Índice de condición del pavimento rígido en la ciudad de Cartagena de Indias y medidas de conservación. Caso de estudio: Carrera 1ra del Barrio Bocagrande” (Tesis de pregrado). Universidad de Cartagena, Bolívar, Colombia.

- Cruz, J. & Restrepo, G. (2017). “Evaluación del estado de pavimentos flexibles en la zona urbana de La Calera” (Tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.
- Díaz, J. M. (2014). Evaluación de la metodología PCI como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los pavimentos flexibles. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/12102>.
- Durán, R., Romero, I., & Suarez, J. (2017). Implementación de sistema de información geográfica QUATUM SIG para registrar las condiciones de la vía I003 la en Venezuela. *Revista Gaceta Técnica*, 17(1), 45-64.
- Guibovich, U. (2020). “Evaluación del pavimento flexible Avenida “A”, Nuevo Chimbote – 2020 - Propuesta de Mejora” (Tesis de pregrado), Universidad César Vallejo, Chimbote, Perú.
- Guzman, M. (2017). “Evaluación superficial del pavimento flexible de La Av. Jorge Basadre Grohmann del Distrito De Pocollay Tramo Av. Jorge Basadre Grohmann Este – Av. Basadre Y Forero, Aplicando el Método Del PCI” (Tesis de pregrado). Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú.
- Hiliquín, M. (2016). “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 de pregrado). Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú.
- Kori, Q. (2017). “Diagnóstico y Diseño Vial del Pavimento Flexible: Avenida Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central – Avenida Ferrocarril), en el Distrito de Hualhuas, Provincia De Huancayo 2016” (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de los Andes, Huancayo, Perú.

- Lope, S. (2018). “Evaluación superficial del pavimento flexible por método índice de condición del pavimento, Avenida El Sol -Villa María del Triunfo, 2018” (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima, Perú.
- Medina, A. & De la Cruz, M. (2017). “Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI” (Tesis de pregrado). Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Servicio de Consultoría, Elaboración de la Sección de Suelos y Pavimentos del Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. 2001 Tercera Edición.
- Montejo, A. (2002). Ingeniería de pavimentos para carreteras. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Mubaraki, M., (2013) Identification of Pavement Distress Types and Pavement Condition Evaluation Based on Network Level Inspection for Jazan City Road Network. TJER, 11, 44 – 54.
- Procedimiento de diseño de pavimento flexible. (2018). Ingecivil: Información relacionada a la Ingeniería Civil y Construcción. Recuperado de <https://www.ingecivil.net/2018/01/17/procedimiento-de-diseno-de-pavimento-flexible/>
- Renteria, P. (2006). Ingeniería de Pavimentos para Carreteras Tomo I. En S. Valbuena de Fierro (Ed.), Ingeniería de Pavimentos para Carreteras Tomo I (2.<sup>a</sup> ed., pp. 1–378). Agora Editores.
- Rodríguez, E. (2009). “Cálculo del Índice de Condición del pavimento flexible en La AV. Luis Montero, Distrito de Castilla” (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura, Perú.

- Rodríguez, Y. (2016). “Evaluación de la condición operacional del pavimento rígido, aplicando el Método del Pavement Condition Index (Pci), en las pistas del barrio El Triunfo, Distrito de Carhuaz, Provincia de Carhuaz, Región Ancash, Diciembre 2015”, Tesis de pregrado. Universidad Católica de los Ángeles, Chimbote, Perú.
- Sánchez, F. (2016). Mantenimiento rutinario de vías pavimentadas, módulo 17. Recuperado de URI: <https://es.slideshare.net/castilloaroni/mdulo-17-mantenimientorutinario-de-vias-pavimentadas-fernando-sncnez-sabogal>
- Ticeran, S. (2018). “Determinación del Deterioro del Pavimento Flexible de la Avenida Nicolás de Piérola del Distrito de Casma - Ancash - 2018 Propuesta de Mejora” (Tesis de pregrado), Universidad César Vallejo, Chimbote, Perú.
- Toledo, D. & Llaiqui, E. (2020). “Evaluación superficial del pavimento flexible aplicando el método PCI y propuesta de mejoramiento de la infraestructura vial en la av. Industrial, en el tramo de la av. Gustavo Pinto y av. Jorge Basadre Grohmann – Tacna, 2019” (Tesis de pregrado). Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú.
- Universidad Mayor de San Simón. (2004). Pavimentos Texto Guía. Bolivia. Recuperado de [https://www.academia.edu/8211318/UNIVERSIDAD\\_MAYOR\\_DE\\_SAN\\_SIM%C3%93N](https://www.academia.edu/8211318/UNIVERSIDAD_MAYOR_DE_SAN_SIM%C3%93N)
- Váldez, M., & Alonso, A., (2017). Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles en aeropuertos para Cuba. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 11(2), 1-11.
- Vásquez, L. (2002). Pavement condición Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. [Internet]. Manizales, Recuperado de: <http://www.camineros.com/docs/cam036.pdf>.

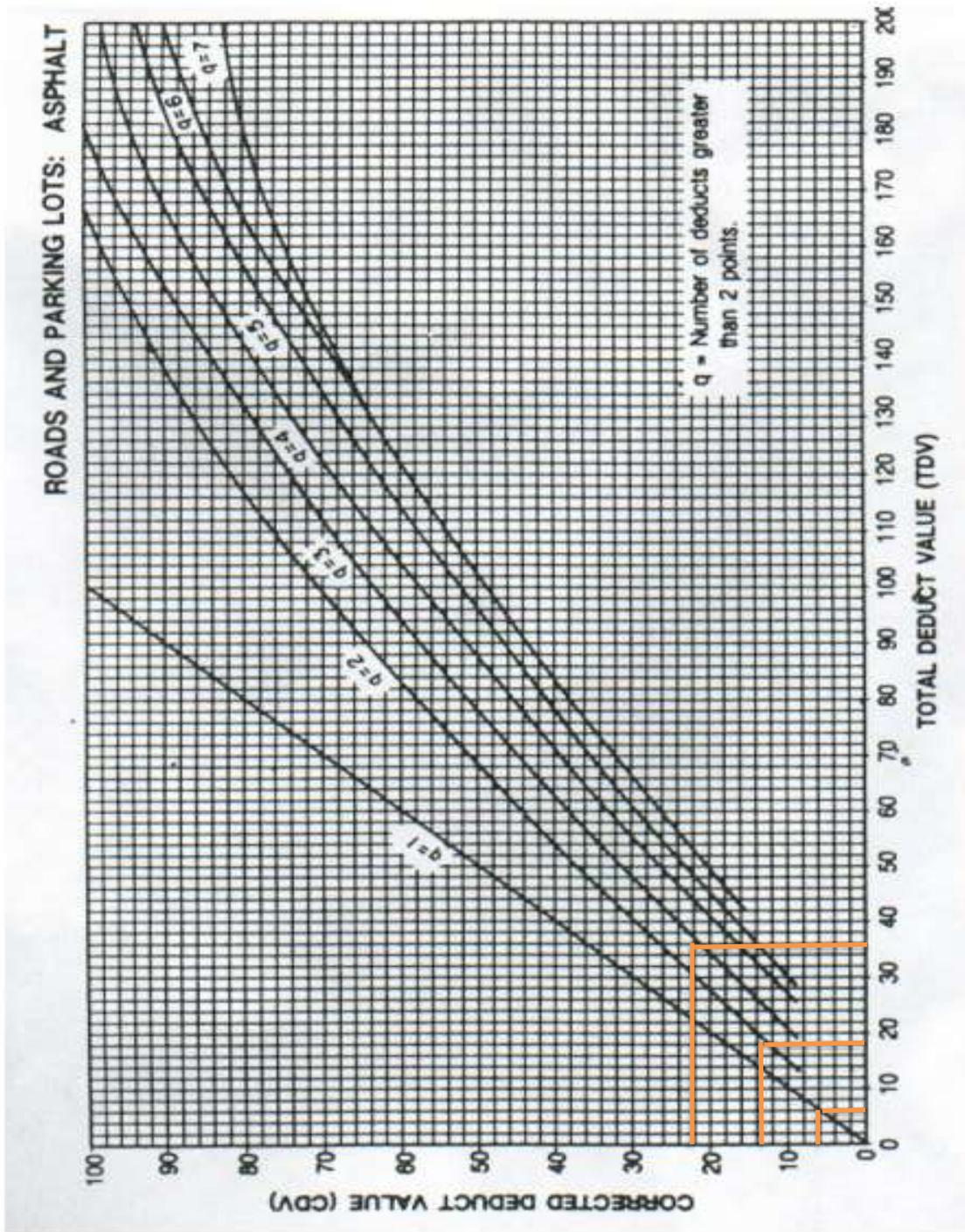
Velásquez, E. D. (2009). “Cálculo del Índice de Condición de Pavimento Flexible en la Av.

Luis Montero Distrito de Castilla. Piura: Repositorio Institucional Pirhua - Universidad  
de Piura” (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura, Perú.



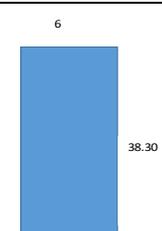
**ANEXO 02 – CURVAS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS (UM – 01)**

*Figura 36. Curva para Unidad de Muestreo 01*



### ANEXO 03 – HOJA DE REGISTRO DE UNIDAD DE MUESTREO 02

Figura 37. Unidad de muestreo 02 - LOS AGUANOS

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLE MEDIANTE EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)											
LUGAR : Calle Los Aguanos, Urb. La Rinconada, Trujillo-Perú						SECCIÓN : 0+114.9 - 0+153.2					
FECHA : 10/10/2020						UNIDAD DE MUESTREO : UM 02					
REALIZADO POR : Bacilio Reyes, Juan Carlos Chavez Bocanegra, Kevin Alexander						ÁREA DE LA MUESTRA : 229.8 M2					
TIPOS DE FALLAS									DIAGRAMA		
1. Piel de cocodrilo. m2 2. Exudación. m2 3. Agrietamiento en bloque. m2 4. Abultamientos y hundimi m2 5. Corrugación m2 6. Depresión. m2 7. Grieta de borde. m 8. Grieta de reflexión d m 9. Desnivel carril/berma m 10. Grietas long. y trans m 11. Parches. m2 12. Pulimentos de agre m2 13. Huecos. N° 14. Cruce de vías férreas. m2 15. Ahuellamiento. m2 16. Desplazamiento. m2 17. Grietas parabólicas (slippage). m2 18. Hinchamiento. m2 19. Desprendimiento de agregad m2											
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA			INTERVALO DE UNIDADES DE			NÚMERO MÁXIMO ADMISIBLE DE VALORES DEDUCIDOS (m)		
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{\sigma^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2} = 10$			$i = \frac{N}{n} = 2$			$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$		
Medium	Media	M									
High	Alta	H									
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES											
86 - 100	EXCELENTE		FALLA		UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)	TOTAL	
71 - 85	MUY BUENO		PIEL DE COCODRILO		M2	L	6.3	0.3		1.89	
56 - 70	BUENO		GRIETA DE BORDE		M	M	8			8.00	
			HUECOS		N°	M	0.75	0.4	0.06	0.30	
41 - 55	REGULAR		HUECOS		N°	H	1.6	0.6	0.05	0.96	
			PARCHES		M2	L	38.3	0.18		6.89	
26 - 40	POBRE		HUECOS		N°	H	0.9	0.4	0.03	0.36	
			HUECOS		N°	H	0.8	0.37	0.05	0.30	
11 - 25	MUY POBRE		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS		M2	M	4	1.1		4.40	
0 - 20	FALLADO										
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES											
FALLA		UNIDAD	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD %	VD	VDT	q			
PIEL DE COCODRILO		M2	L	1.89	0.82%	10	106	8			
GRIETA DE BORDE		M	M	8.00	3.48%	9					
HUECOS		N°	M	0.30	0.13%	4					
HUECOS		N°	H	0.96	0.42%	24					
PARCHES		M2	L	6.89	3.00%	5					
HUECOS		N°	H	0.36	0.16%	22					
HUECOS		N°	H	0.30	0.13%	20					
DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS		M2	M	4.40	1.91%	12					
						m	7.979592				
CALCULO DEL PCI											
VALORES DEDUCIDOS								CDT	Q	CDV	
24	22	20	12	10	9	5	4	106	8	50	
22	20	12	10	9	5	4	4	86	7	40	
20	12	10	9	5	4	4	4	68	6	32	
12	10	9	5	4	4	4	4	52	5	25	
10	9	5	4	4	4	4	4	44	4	22	
9	5	4	4	4	4	4	4	38	3	24	
5	4	4	4	4	4	4	4	33	2	26	
4	4	4	4	4	4	4	4	32	1	36	

HDV =	50
PCI =	50
CLASIFICACIÓN	
REGULAR	

**ANEXO 04 – CURVAS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS (UM – 02)**

*Figura 38. Curva para Unidad de Muestreo 02*

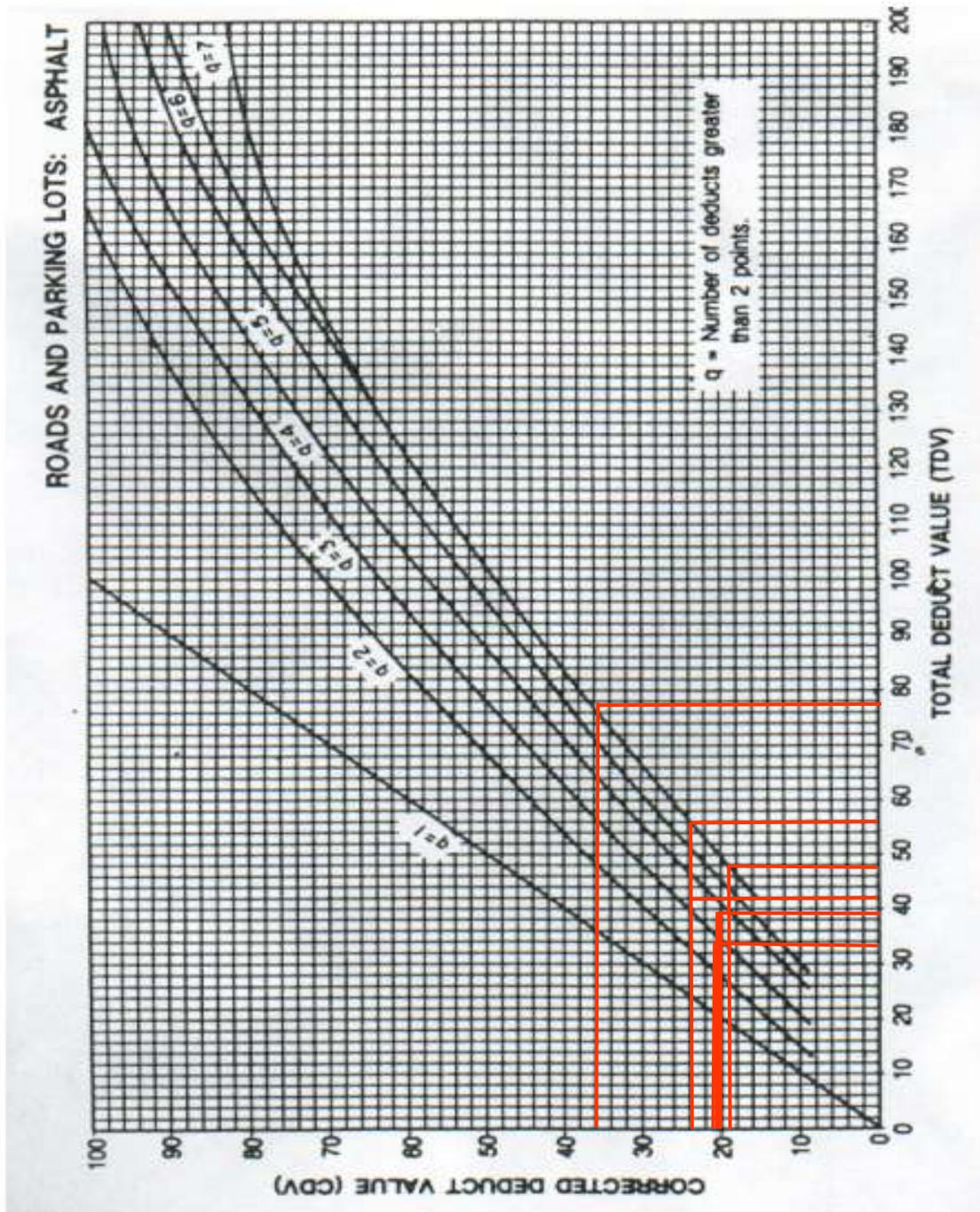
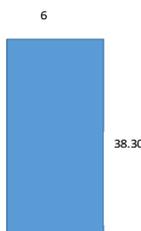


Figura 39. Unidad de muestreo 03 - LOS AGUANOS

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLE MEDIANTE EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)									
LUGAR : Calle Los Aguanos, Urb. La Rinconada, Trujillo-Perú					SECCIÓN : 0+191.5 - 0+229.8				
FECHA : 10/10/2020					UNIDAD DE MUESTREO : UM 03				
REALIZADO POR : Bacilio Reyes, Juan Carlos Chavez Bocanegra, Kevin Alexander					ÁREA DE LA MUESTRA : 229.8 M2				
TIPOS DE FALLAS							DIAGRAMA		
1. Piel de cocodrilo. m2 2. Exudación. m2 3. Agrietamiento en bloque. m2 4. Abultamientos y hundimie m2 5. Corrugación m2 6. Depresión. m2 7. Grieta de borde. m 8. Grieta de reflexión de m 9. Desnivel carril/berma m 10. Grietas long. y trans m 11. Parches. m2 12. Pulimentos de agreg m2 13. Huecos. N° 14. Cruce de vías férreas. m2 15. Ahuellamiento. m2 16. Desplazamiento. m2 17. Grietas parabólicas (slippage). m2 18. Hinchamiento. m2 19. Desprendimiento de agregad m2									
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA		INTERVALO DE UNIDADES DE		NÚMERO MÁXIMO ADMISIBLE DE VALORES DEDUCIDOS (m)		
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N - 1) + \sigma^2} = 10$		$i = \frac{N}{n} = 2$		$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$		
Medium	Media	M							
High	Alta	H							
86 - 100 EXCELENTE									
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES									
71 - 85	MUY BUENO		FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)	TOTAL
56 - 70	BUENO		GRIETA LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL	M	M	7.5			7.50
41 - 55	REGULAR		HUECOS	N°	H	0.8	0.7	0.05	0.56
26 - 40	POBRE		PARCHES	M2	L	22.5	0.2		4.50
11 - 25	MUY POBRE		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	M2	M	3.4	1.6		5.44
0 - 20	FALLADO		DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	M2	M	4.2	1.5		6.30
			HUECOS	N°	H	0.75	0.5	0.06	0.38
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES									
FALLA			UNIDAD	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD %	VD	VDT	q
GRIETA LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL			M	M	7.50	3.26%	8	73	6
HUECOS			N°	H	0.56	0.24%	20		
PARCHES			M2	L	4.50	1.96%	5		
DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS			M2	M	5.44	2.37%	10		
DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS			M2	M	6.30	2.74%	12		
HUECOS			N°	H	0.38	0.16%	18		
							m		8.346939
CALCULO DEL PCI									
VALORES DEDUCIDOS							CDT	Q	CDV
20	18	12	10	8	5		73	6	34
18	12	10	8	5	5		58	5	28
12	10	8	5	5	5		45	4	24
10	8	5	5	5	5		38	3	26
8	5	5	5	5	5		33	2	27
5	5	5	5	5	5		30	1	32

HDV =	34
PCI =	66
CLASIFICACIÓN BUENO	

**ANEXO 06 – CURVAS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS (UM – 03)**

*Figura 40. Curva para Unidad de Muestreo 03*

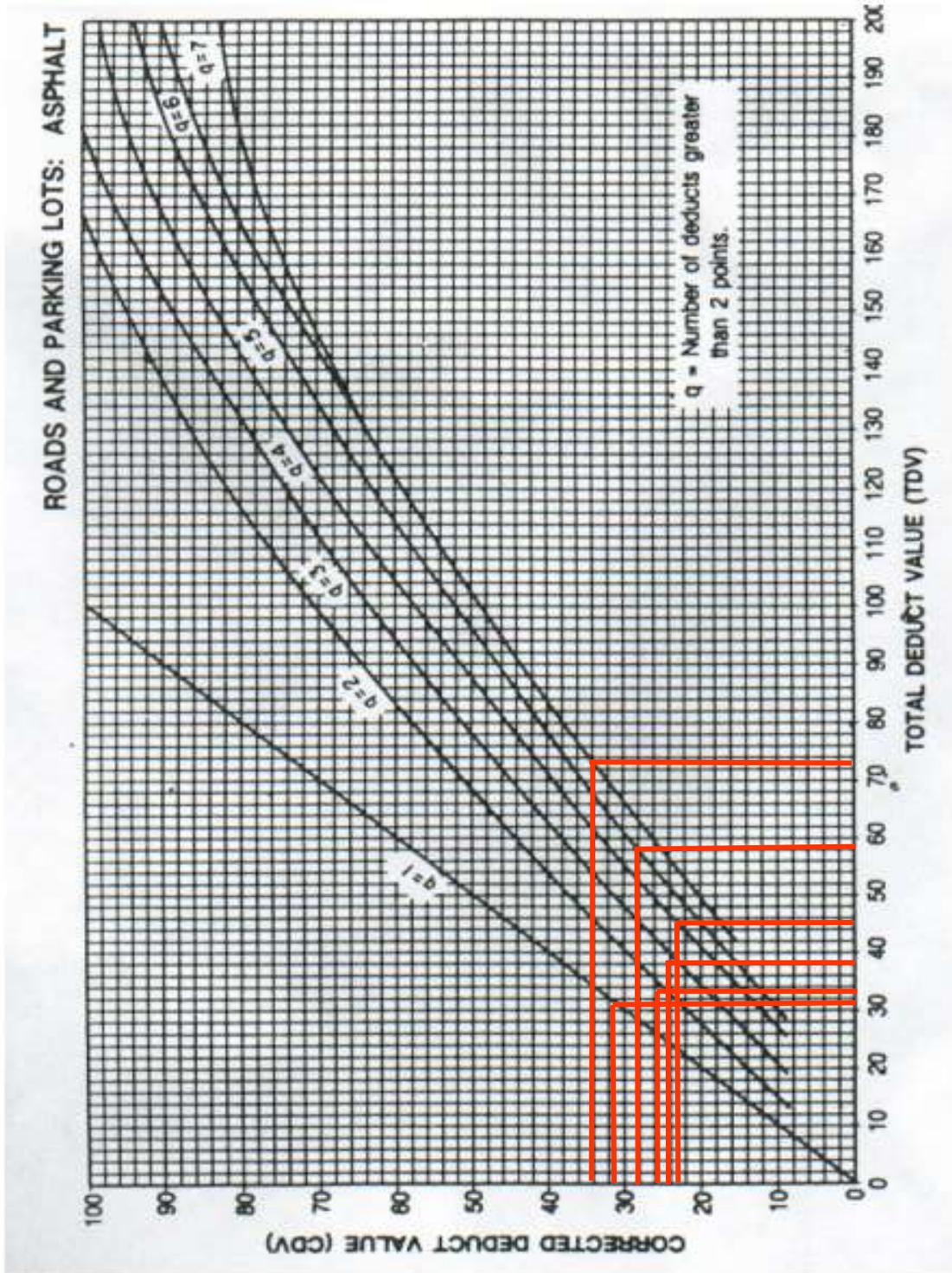
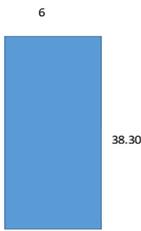


Figura 41. Unidad de muestreo 04 - LOS AGUANOS

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLE MEDIANTE EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)									
LUGAR : Calle Los Aguanos, Urb. La Rinconada, Trujillo-Perú					SECCIÓN : 0+229.8 - 0+268.1				
FECHA : 10/10/2020					UNIDAD DE MUESTREO : UM 04				
REALIZADO POR : Bacilio Reyes, Juan Carlos Chavez Bocanegra, Kevin Alexander					ÁREA DE LA MUESTRA : 229.8 M2				
TIPOS DE FALLAS							DIAGRAMA		
1. Piel de cocodrilo. m2 2. Exudación. m2 3. Agrietamiento en bloque. m2 4. Abultamientos y hundimi m2 5. Corrugación m2 6. Depresión. m2 7. Grieta de borde. m 8. Grieta de reflexión de m 9. Desnivel carril/berma m 10. Grietas long. y trans m 11. Parches. m2 12. Pulimentos de agre m2 13. Huecos. N° 14. Cruce de vías férreas. m2 15. Ahuellamiento. m2 16. Desplazamiento. m2 17. Grietas parabólicas (slippage). m2 18. Hinchamiento. m2 19. Desprendimiento de agregad m2									
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA		INTERVALO DE UNIDADES DE		NÚMERO MÁXIMO ADMISIBLE DE VALORES DEDUCIDOS (m)		
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2} = 10$		$i = \frac{N}{n} = 2$		$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$		
Medium	Media	M							
High	Alta	H							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES									
86 - 100	EXCELENTE								
71 - 85	MUY BUENO		FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)	TOTAL
			DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	M2	M	5.2	4.6		23.92
56 - 70	BUENO		CORRUGACIÓN	M2	H	12	5.4		64.80
			HUECOS	N°	H	1.3	3.6	0.06	4.68
41 - 55	REGULAR		HUECOS	N°	H	1.1	0.5	0.04	0.55
			DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS	M2	M	10	3.4		34.00
26 - 40	POBRE		GRIETA LONGITUDINAL	M	M	6.15			6.15
11 - 25	MUY POBRE								
0 - 20	FALLADO								
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES									
FALLA			UNIDAD	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD %	VD	VDT	q
DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS			M2	M	23.92	10.41%	22	198	6
CORRUGACIÓN			M2	H	64.80	28.20%	78		
HUECOS			N°	H	4.68	2.04%	46		
HUECOS			N°	H	0.55	0.24%	20		
DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS			M2	M	34.00	14.80%	26		
GRIETA LONGITUDINAL			M	M	6.15	2.68%	6		
							m	3.020408	
CALCULO DEL PCI									
VALORES DEDUCIDOS						CDT	Q	CDV	
78	46	26	22	20	6	198	6	82	
46	26	22	20	6	6	126	5	66	
26	22	20	6	6	6	86	4	50	
22	20	6	6	6	6	66	3	42	
20	6	6	6	6	6	50	2	36	
6	6	6	6	6	6	36	1	35	

HDV =	82
PCI =	18
CLASIFICACIÓN	
MUY POBRE	

ANEXO 08 – CURVAS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS (UM – 04)

Figura 42. Curva para Unidad de Muestreo 04

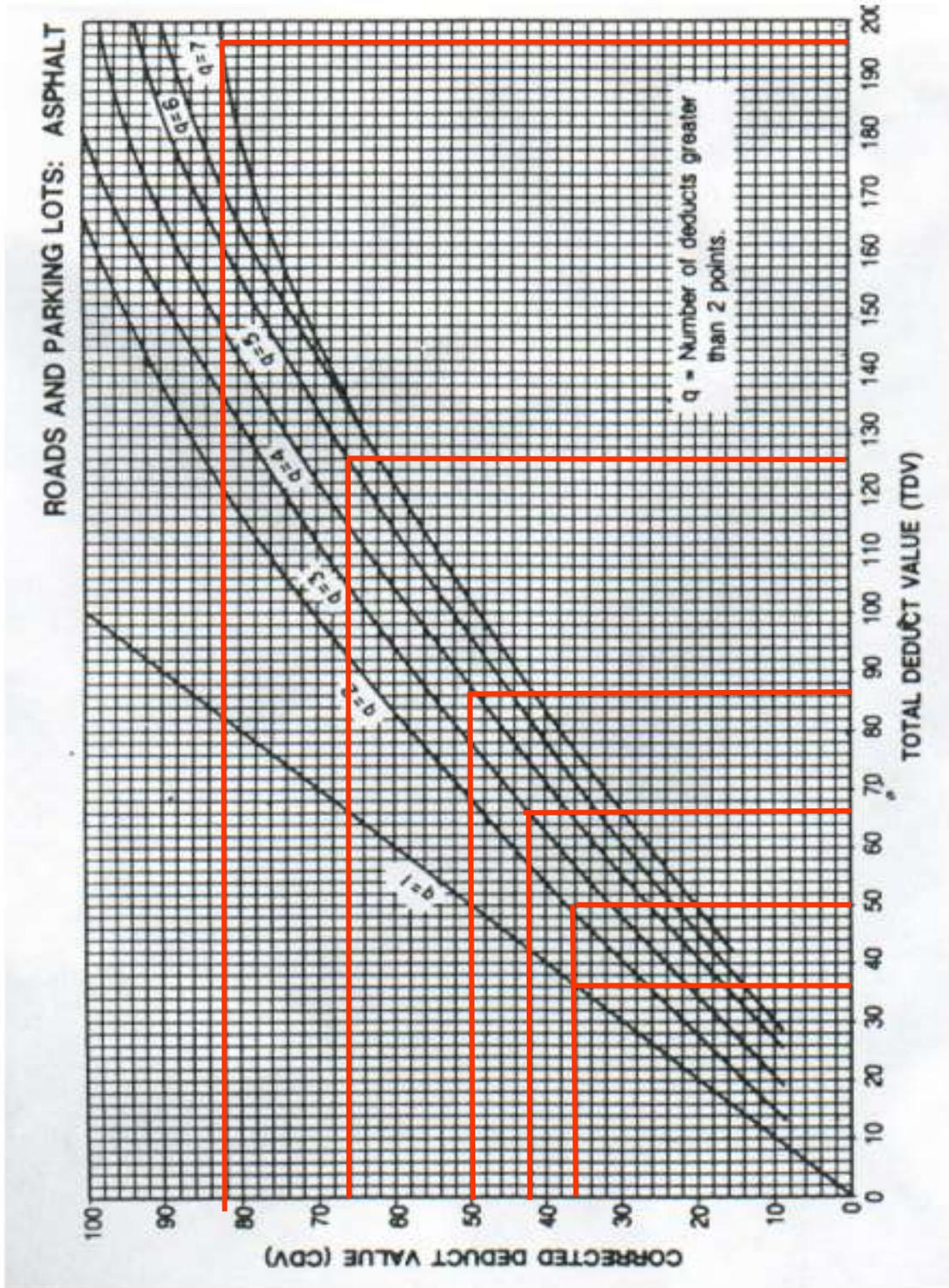
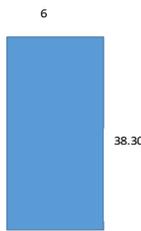


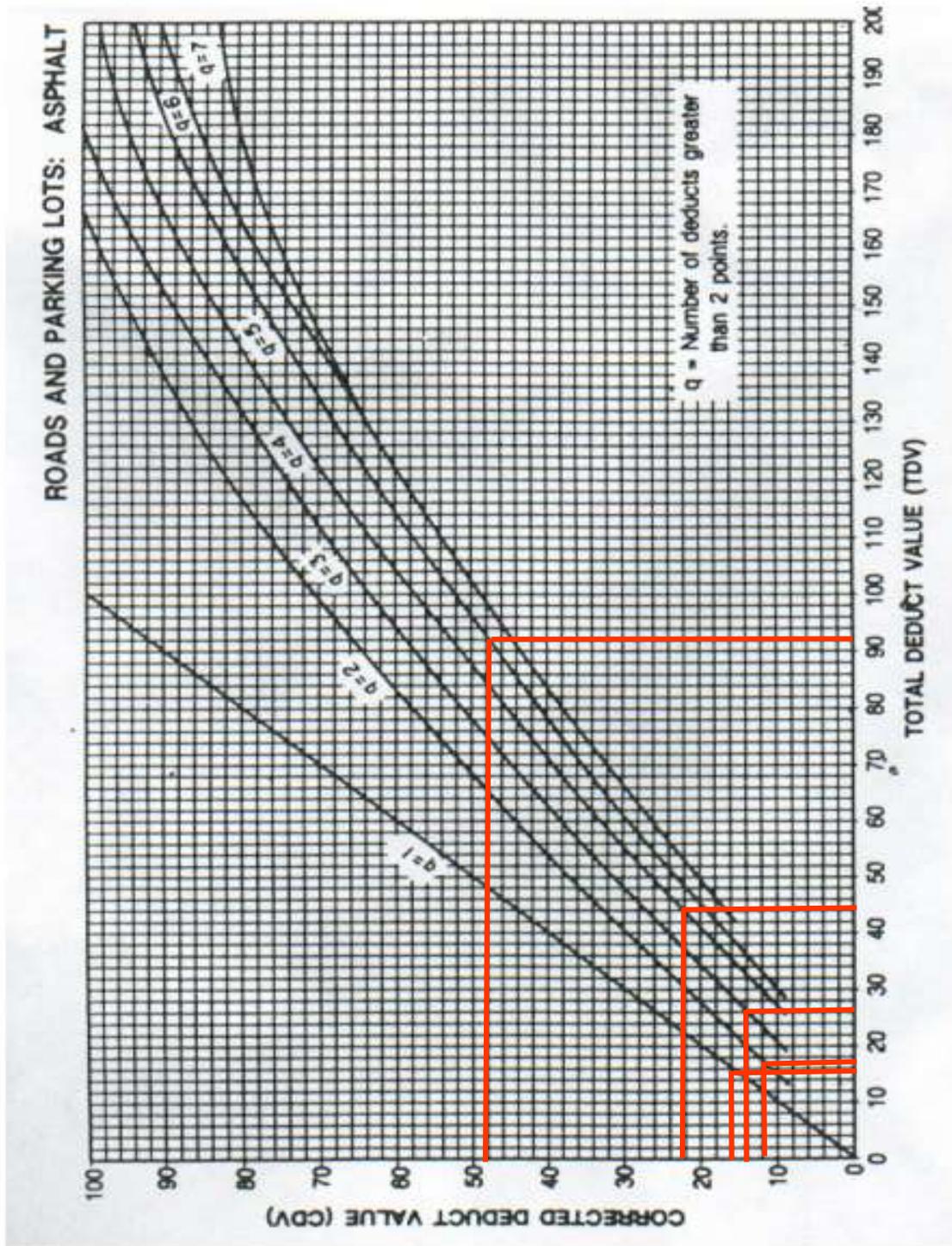
Figura 43. Unidad de muestreo 05 - LOS AGUANOS

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLE MEDIANTE EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)									
LUGAR : Calle Los Aguanos, Urb. La Rinconada, Trujillo-Perú					SECCIÓN : 0+344.7 - 0+383				
FECHA : 10/10/2020					UNIDAD DE MUESTREO : UM 05				
REALIZADO POR : Bacilio Reyes, Juan Carlos Chavez Bocanegra, Kevin Alexander					ÁREA DE LA MUESTRA : 229.8 M2				
TIPOS DE FALLAS							DIAGRAMA		
1. Piel de cocodrilo. m2 2. Exudación. m2 3. Agrietamiento en bloque. m2 4. Abultamientos y hundimie m2 5. Corrugación m2 6. Depresión. m2 7. Grieta de borde. m 8. Grieta de reflexión de m 9. Desnivel carril/berma m 10. Grietas long. y trans m 11. Parches. m2 12. Pulimentos de agreg m2 13. Huecos. N° 14. Cruce de vías férreas. m2 15. Ahuellamiento. m2 16. Desplazamiento. m2 17. Grietas parabólicas (slippage).m2 18. Hinchamiento. m2 19. Desprendimiento de agregad m2									
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA		INTERVALO DE UNIDADES DE		NUMERO MAXIMO ADMISIBLE DE VALORES DEDUCIDOS (m)		
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2} = 10$		$i = \frac{N}{n} = 2$		$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$		
Medium	Media	M							
High	Alta	H							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES									
86 - 100	EXCELENTE								
71 - 85	MUY BUENO		FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)	TOTAL
56 - 70	BUENO		PIEL DE COCODRILO	M2	L	3.15	0.95		2.99
			CORRUGACIÓN	M2	M	10	5.1		51.00
41 - 55	REGULAR		GRIETA LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL	M	L	7.5			7.50
			HUECOS	N°	H	0.8	0.65	0.04	0.52
26 - 40	POBRE		PARCHES	M2	L	16	0.2		3.20
11 - 25	MUY POBRE								
0 - 20	FALLADO								
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES									
FALLA			UNIDAD	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD %	VD	VDT	q
PIEL DE COCODRILO			M2	L	2.99	1.30%	12	92	5
CORRUGACIÓN			M2	M	51.00	22.19%	52		
GRIETA LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL			M	L	7.50	3.26%	3		
HUECOS			N°	H	0.52	0.23%	20		
PARCHES			M2	L	3.20	1.39%	5		
							m	5.408163	
CALCULO DEL PCI									
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV		
52	20	12	5	3	92	5	48		
20	12	5	3	3	43	4	22		
12	5	3	3	3	26	3	14		
5	3	3	3	3	17	2	12		
3	3	3	3	3	15	1	16		

HDV =	48
PCI =	52
CLASIFICACIÓN	
REGULAR	

**ANEXO 10 – CURVAS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS (UM – 05)**

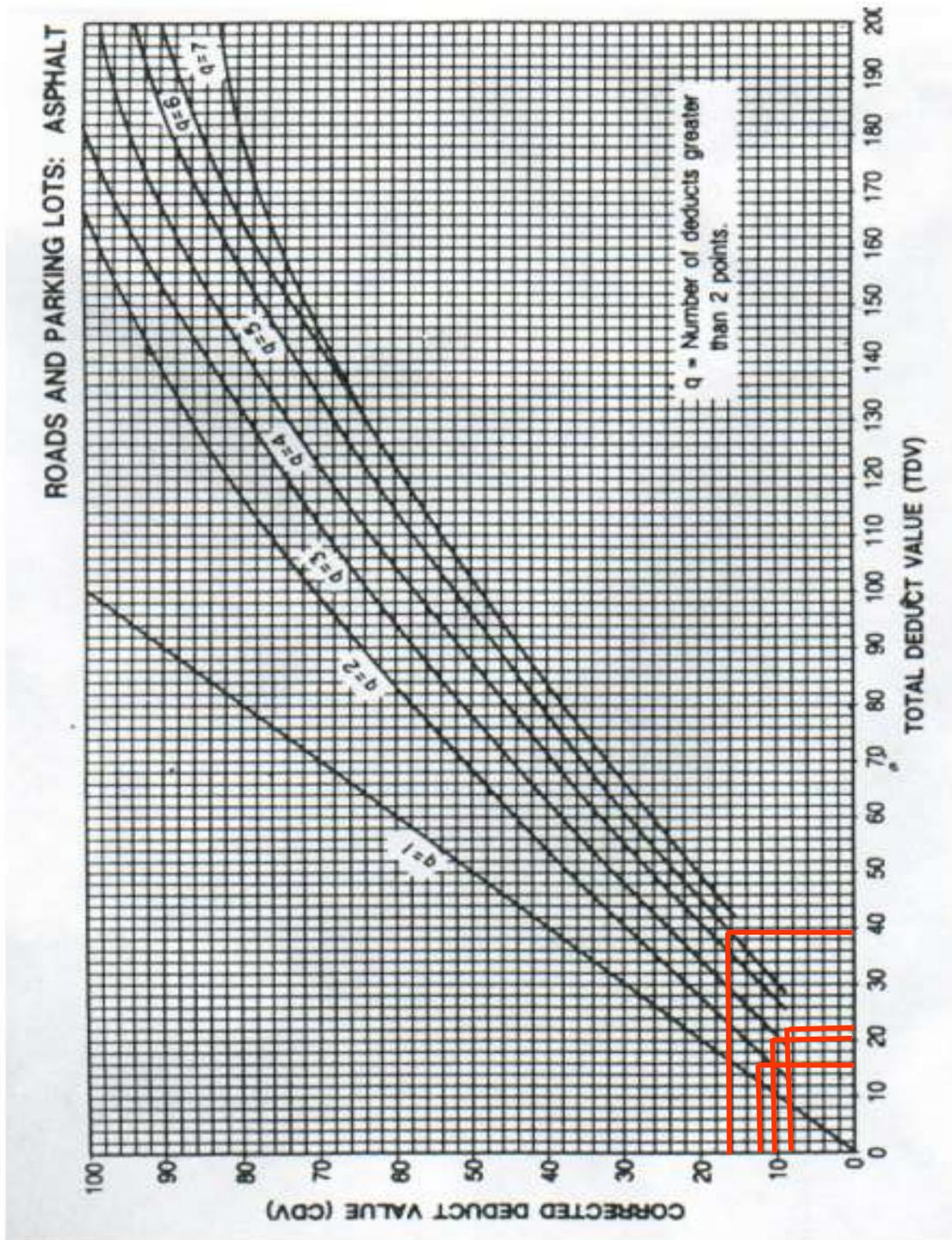
*Figura 44. Curva para Unidad de Muestreo 05*





**ANEXO 12 – CURVAS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS (UM – 06)**

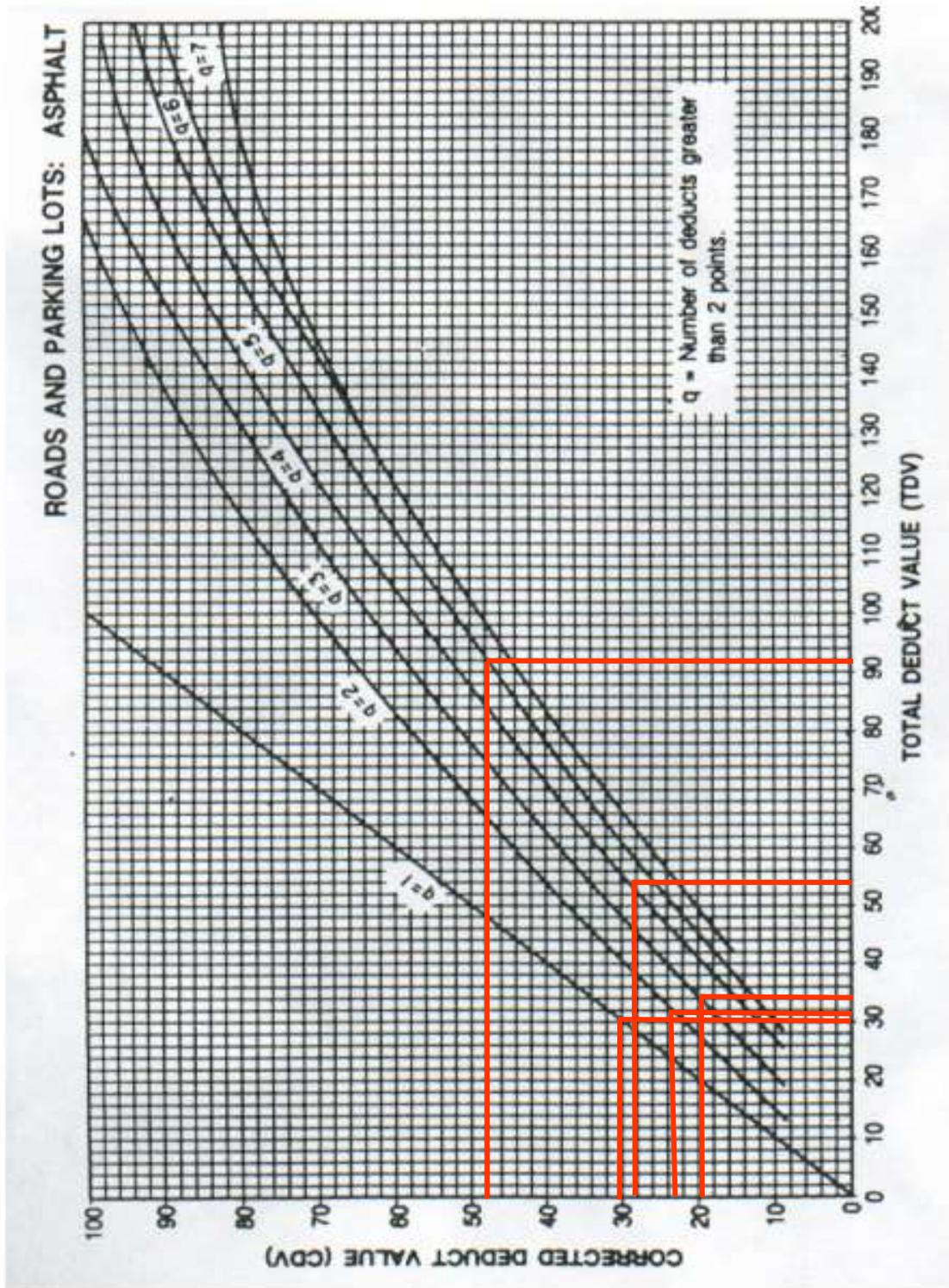
*Figura 46. Curva para Unidad de Muestreo 06*





**ANEXO 14 – CURVAS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS (UM – 07)**

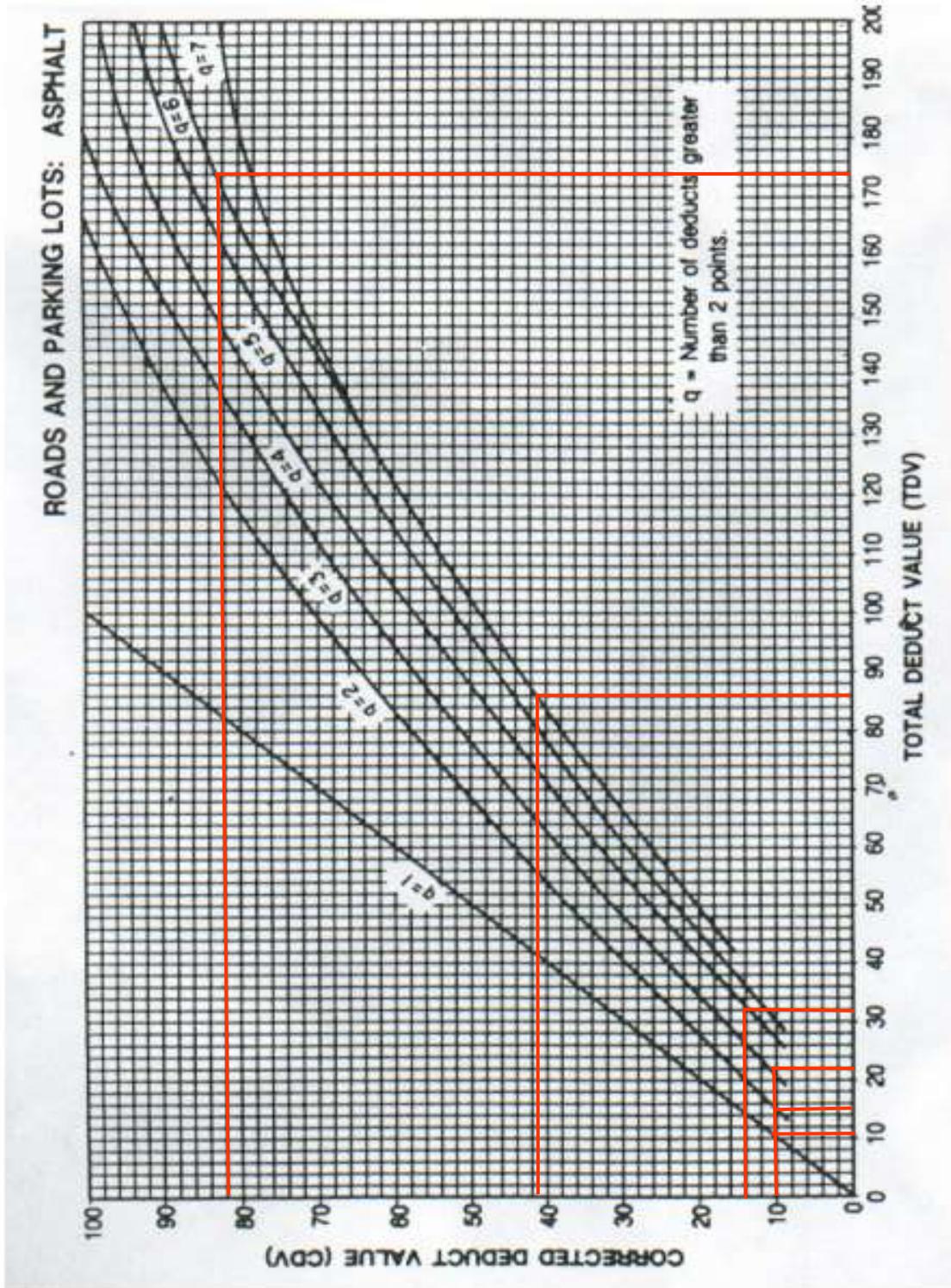
*Figura 48. Curva para Unidad de Muestreo 07*





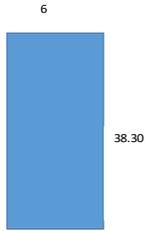
**ANEXO 16 – CURVAS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS (UM – 08)**

*Figura 50. Curva para Unidad de Muestreo 08*



## ANEXO 17 – HOJA DE REGISTRO DE UNIDAD DE MUESTREO 09

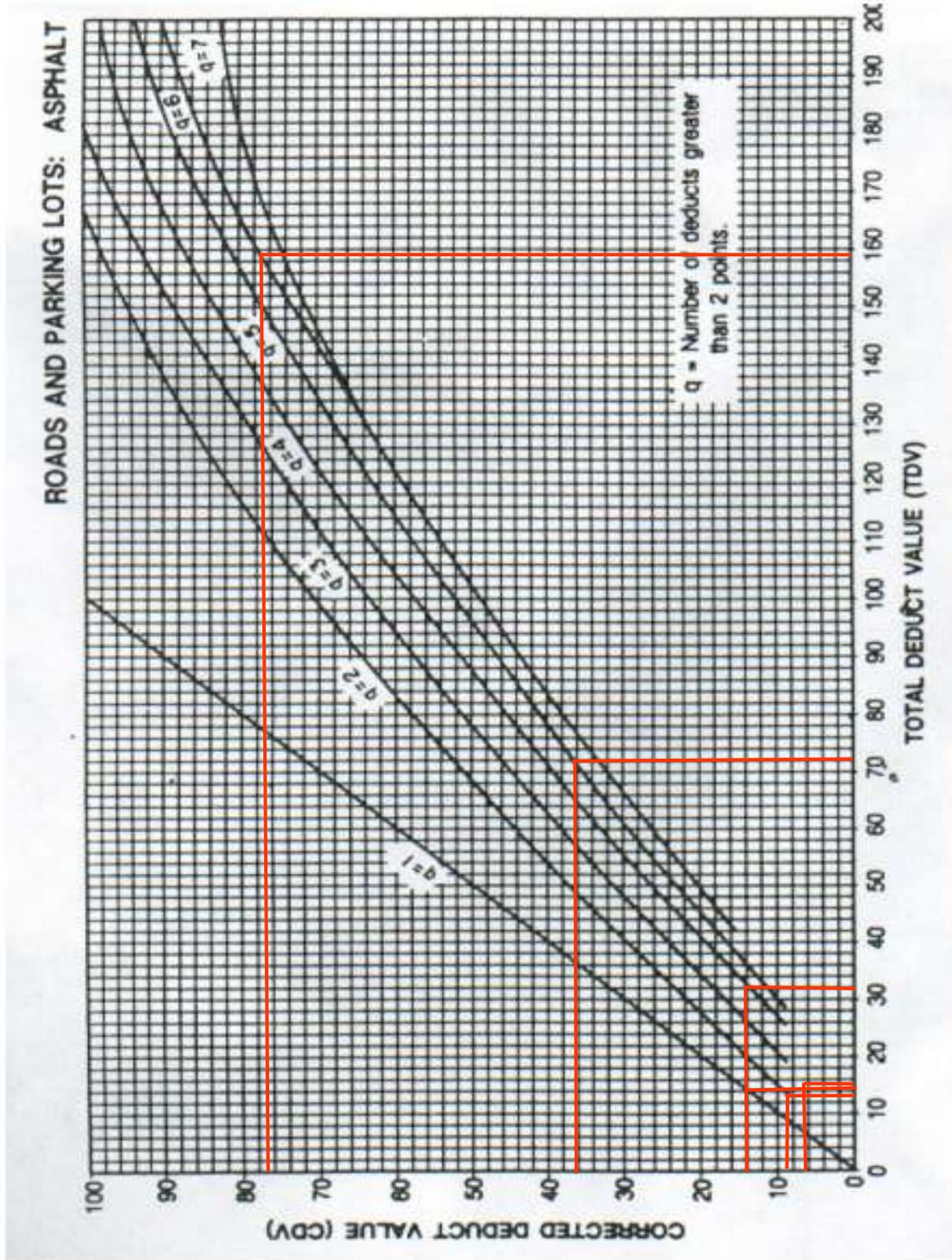
Figura 51. Unidad de muestreo 09 - LOS AGUANOS

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLE MEDIANTE EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)										
LUGAR Calle Los Aguanos, Urb. La Rinconada, Trujillo-Perú					SECCIÓN : 0+613.3 - 0+651.6					
FECHA : 10/10/2020					UNIDAD DE MUESTREO : UM 09					
REALIZADO POR : Bacilio Reyes, Juan Carlos Chavez Bocanegra, Kevin Alexander					ÁREA DE LA MUESTRA 229.8 M2					
TIPOS DE FALLAS							DIAGRAMA			
1. Piel de cocodrilo. m2 2. Exudación. m2 3. Agrietamiento en bloque. m2 4. Abultamientos y hundimie m2 5. Corrugación m2 6. Depresión. m2 7. Grieta de borde. m 8. Grieta de reflexión de m 9. Desnivel carril/berma m 10. Grietas long. y trans m 11. Parches. m2 12. Pulimentos de agreg m2 13. Huecos. N° 14. Cruce de vías férreas. m2 15. Ahuallamiento. m2 16. Desplazamiento. m2 17. Grietas parabólicas (slippage). m2 18. Hinchamiento. m2 19. Desprendimiento de agregad m2										
NIVEL DE SEVERIDAD		UNIDADES DE MUESTRA		INTERVALO DE UNIDADES DE	NUMERO MÁXIMO ADMISIBLE DE VALORES DEDUCIDOS (m)					
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2} = 10$	$i = \frac{N}{n} = 2$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$					
Medium	Media	M								
High	Alta	H								
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES										
86 - 100	EXCELENTE									
71 - 85	MUY BUENO		FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)	TOTAL	
56 - 70	BUENO		PIEL DE COCODRILO	M2	H	7.5	2.3		17.25	
			PIEL DE COCODRILO	M2	H	5.2	3.1		16.12	
			PIEL DE COCODRILO	M2	H	4.8	1.2		5.76	
41 - 55	REGULAR		PIEL DE COCODRILO	M2	M	1.2	1.5		1.80	
			EXUDACIÓN	M2	L	10.5	2.2		23.10	
26 - 40	POBRE		EXUDACIÓN	M2	M	3.2	1.8		5.76	
			AHULLAMIENTO	M2	M	7.3	1.7	0.016	12.41	
11 - 25	MUY POBRE		AHULLAMIENTO	M2	M	2.8	2.2	0.016	6.16	
			GRIETA LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL	M	L	5	0.5		2.5	
0 - 20	FALLADO		GRIETA LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL	M	M	12.3	0.3		3.69	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES										
FALLA				UNIDAD	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD %	VD	VDT	q
PIEL DE COCODRILO				M2	H	39.13	17.03%	89	159	6
PIEL DE COCODRILO				M2	M	1.80	0.78%	19		
EXUDACIÓN				M2	L	23.10	10.05%	2		
EXUDACIÓN				M2	M	5.76	2.51%	3		
AHULLAMIENTO				M2	M	18.57	8.08%	42		
GRIETA LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL				M	L	2.5	1.09%	0		
GRIETA LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL				M	M	3.69	1.61%	4		
								m	2.01	
CALCULO DEL PCI										
VALORES DEDUCIDOS							CDT	Q	CDV	
89	42	19	4	3	2	0	159	6	78	
42	19	4	3	2	2		72	5	36	
19	4	3	2	2	2		32	4	14	
4	3	2	2	2	2		15	3	6	
3	2	2	2	2	2		13	2	9	
2	2	2	2	2	2		12	1	14	

HDV =	78
PCI =	22
CLASIFICACIÓN	
MUY POBRE	

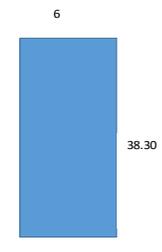
**ANEXO 18 – CURVAS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS (UM – 09)**

*Figura 52. Curva para Unidad de Muestreo 09*



## ANEXO 19 – HOJA DE REGISTRO DE UNIDAD DE MUESTREO 10

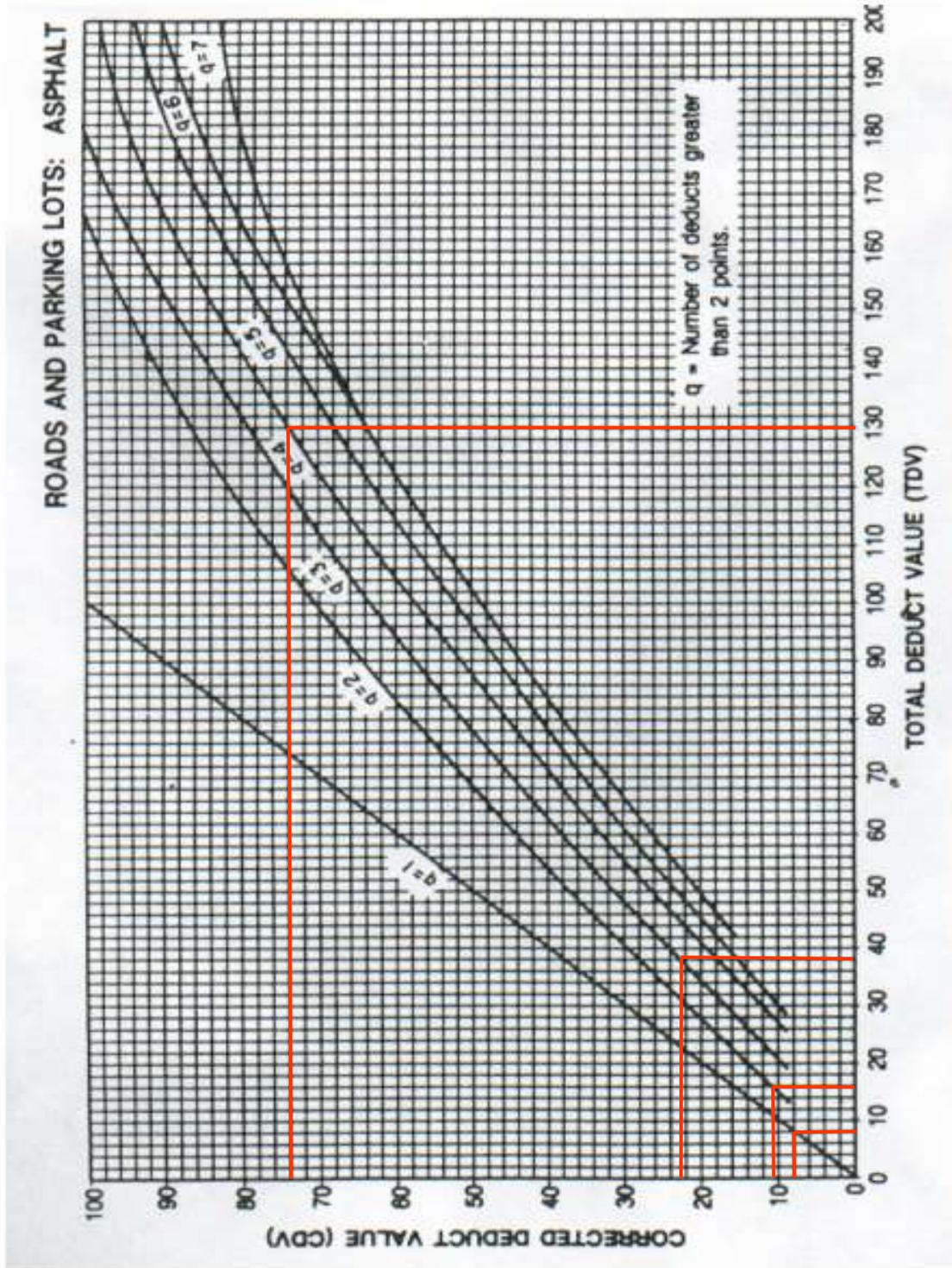
Figura 53. Unidad de muestreo 10 - LOS AGUANOS

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLE MEDIANTE EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)																		
LUGAR : Calle Los Aguanos, Urb. La Rinconada, Trujillo-Perú					SECCIÓN : 0+728.2- 0+766													
FECHA : 10/10/2020					UNIDAD DE MUESTREO : UM 10													
REALIZADO POR : Bacilio Reyes, Juan Carlos Chavez Bocanegra, Kevin Alexander					ÁREA DE LA MUESTRA : 229.8 M2													
TIPOS DE FALLAS							DIAGRAMA											
1. Piel de cocodrilo. m2	2. Exudación. m2	3. Agrietamiento en bloque. m2	4. Abultamientos y hundimie m2	5. Corrugación m2	6. Depresión. m2	7. Grieta de borde. m	8. Grieta de reflexión de m	9. Desnivel carril/berma m	10. Grietas long. y trans m	11. Parches. m2	12. Pulimentos de agreg m2	13. Huecos. Nº	14. Cruce de vías férreas. m2	15. Ahuellamiento. m2	16. Desplazamiento. m2	17. Grietas parabólicas (slippage). m2	18. Hinchamiento. m2	19. Desprendimiento de agregad m2
																		
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA		INTERVALO DE UNIDADES DE		NÚMERO MÁXIMO ADMISIBLE DE VALORES DEDUCIDOS (m)											
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2} = 10$		$i = \frac{N}{n} = 2$		$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$											
Medium	Media	M																
High	Alta	H																
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES																		
86 - 100	EXCELENTE																	
71 - 85	MUY BUENO		FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)	TOTAL									
			PARCHES	M2	L	6.3	0.3		1.89									
56 - 70	BUENO		PARCHES	M2	M	4.07	0.75		3.05									
			HUECOS	UND	H	4.3	1.5	0.6	6.45									
41 - 55	REGULAR		HUECOS	UND	H	2.2	2	0.5	4.40									
			HUECOS	UND	H	4	1.2	0.6	4.80									
26 - 40	POBRE		GRIETA LONGITUDINAL Y TRANVERSAL	M	H	7	0.5		3.5									
			GRIETA LONGITUDINAL Y TRANVERSAL	M	H	15	0.5		7.5									
11 - 25	MUY POBRE		GRIETA LONGITUDINAL Y TRANVERSAL	M	H	6	0.6		3.6									
0 - 20	FALLADO																	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES																		
FALLA			UNIDAD	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD %	VD	VDT	q									
PARCHES			M2	L	1.89	0.82%	2	130	4									
PARCHES			M2	M	3.05	1.33%	10											
HUECOS			UND	H	15.65	6.81%	94											
GRIETA LONGITUDINAL Y TRANVERSAL			M	H	14.60	6.35%	24											
								m	1.55									
CALCULO DEL PCI																		
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV											
94	24	10	2		130	4	74											
24	10	2	2		38	3	23											
10	2	2	2		16	2	11											
2	2	2	2		8	1	8											

HDV =	74
PCI =	26
CLASIFICACIÓN	
POBRE	

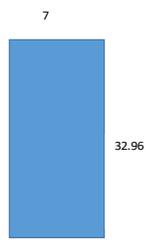
**ANEXO 20 – CURVAS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS (UM – 10)**

*Figura 54. Curva para Unidad de Muestreo 10*



## ANEXO 21 – HOJA DE REGISTRO DE UNIDAD DE MUESTREO 01

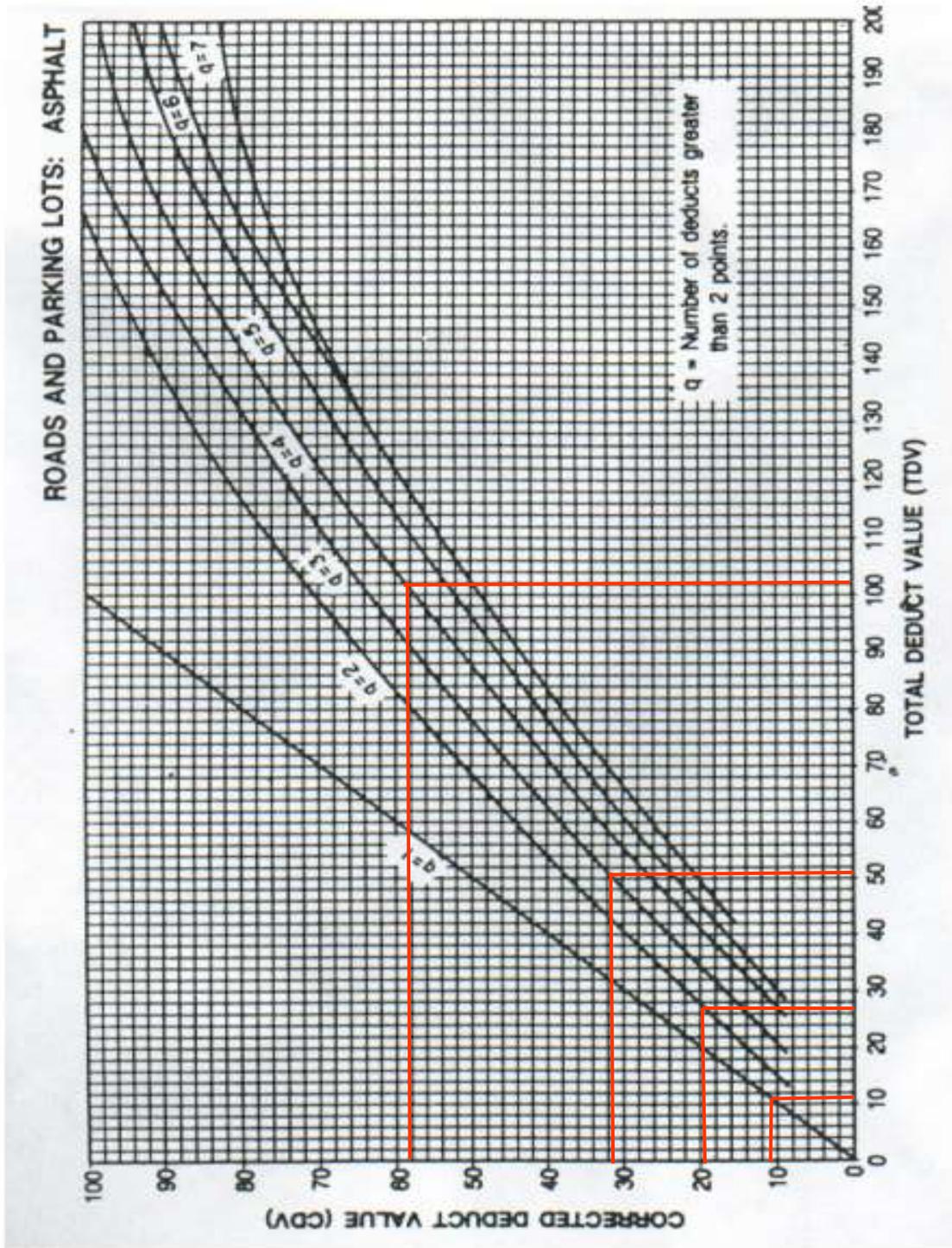
Figura 55. Unidad de muestreo 01 - PUERTO ARGENTINO

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLE MEDIANTE EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)									
LUGAR	Calle Puerto Argentino, Urb. La Rinconada, Trujillo-Perú				SECCIÓN	0+766.00 - 0+770.00			
FECHA	10/10/2020				UNIDAD DE MUESTREO	UM 01			
REALIZADO POR	: Bacilio Reyes, Juan Carlos Chavez Bocanegra, Kevin A				ÁREA DE LA MUESTRA	230.72 M2			
TIPOS DE FALLAS					DIAGRAMA				
1. Piel de cocodrilo.	m2	7. Grieta de borde.	m	14. Cruce de vías férreas.	m2				
2. Exudación.	m2	8. Grieta de reflexión de ju	m	15. Ahuellamiento.	m2				
3. Agrietamiento en bloque.	m2	9. Desnivel carril/berma	m	16. Desplazamiento.	m2				
4. Abultamientos y hundimie	m2	10. Grietas long. y transver	m	17. Grietas parabólicas (slippage)	m2				
5. Corrugación	m2	11. Parches.	m2	18. Hinchamiento.	m2				
6. Depresión.	m2	12. Pulimentos de agregad	m2	19. Desprendimiento de agregad	m2				
NIVEL DE SEVERIDAD		UNIDADES DE MUESTRA	INTERVALO DE UNIDADES DE	NUMERO MAXIMO ADMISIBLE DE VALORES DEDUCIDOS (m)					
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{\sigma^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2} = 6$	$i = \frac{N}{n} = 1$	$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$				
Medium	Media	M							
High	Alta	H							
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES									
86 - 100	EXCELENTE								
71 - 85	MUY BUENO		FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)	TOTAL
			PULIMENTOS DE AGREGADOS	M2	H	25	8.1		202.50
56 - 70	BUENO		PARCHES	M2	H	3.5	0.7		2.45
			PARCHES	M2	H	4.6	0.3		1.38
41 - 55	REGULAR		HUECOS	UND	H	2.1	0.5		1.05
			HUECOS	UND	H	1.2	0.5		0.60
26 - 40	POBRE		HUECOS	UND	H	1.5	0.8		1.2
			AHULLAMIENTO	M2	L	10	0.4		4
11 - 25	MUY POBRE								
0 - 20	FALLADO								
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES									
	FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD %	VD	VDT	q	
	PULIMENTOS DE AGREGADOS	M2	H	202.50	87.77%	18	102	4	5.13
	PARCHES	M2	H	3.83	1.66%	24			
	HUECOS	M2	H	2.85	1.24%	55			
	AHULLAMIENTO	UND	L	1.05	0.46%	5			
CALCULO DEL PCI									
	VALORES DEDUCIDOS				CDT	Q	CDV		
55	24	18	5	5	102	4	59		
24	18	5	2	2	49	3	31.5		
18	5	2	2	2	27	2	18.5		
5	2	2	2	2	11	1	11		

HDV =	59
PCI =	41
CLASIFICACIÓN	
REGULAR	

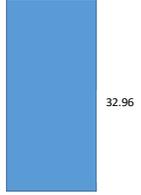
**ANEXO 22 – CURVAS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS (UM – 01)**

*Figura 56. Curva para Unidad de Muestreo 01*



## ANEXO 23 – HOJA DE REGISTRO DE UNIDAD DE MUESTREO 02

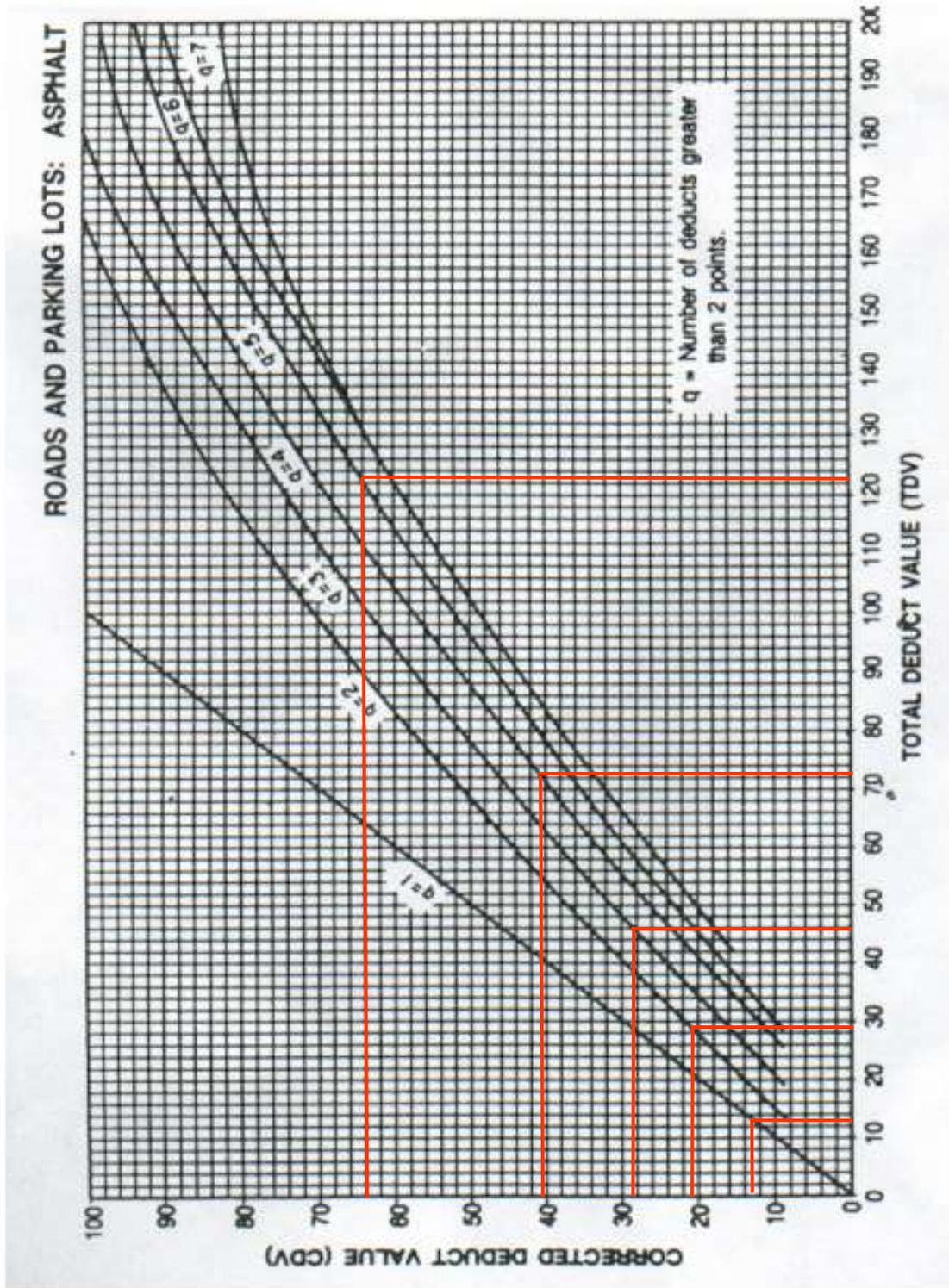
Figura 57. Unidad de muestreo 02 - PUERTO ARGENTINO

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLE MEDIANTE EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)										
LUGAR	Calle Puerto Argentino, Urb. La Rinconada, Trujillo-Perú				SECCIÓN	0+831.92 - 0+864.88				
FECHA	10/10/2020				UNIDAD DE MUESTREO	UM 02				
REALIZADO POR	: Bacilio Reyes, Juan Carlos Chavez Bocandegra, Kevin Alex				ÁREA DE LA MUESTRA	230.72 M2				
TIPOS DE FALLAS							DIAGRAMA			
1. Piel de cocodrilo.	m2	7. Grieta de borde.	m	14. Cruce de vías férreas.	m2					
2. Exudación.	m2	8. Grieta de reflexión de	m	15. Ahuellamiento.	m2					
3. Agrietamiento en bloque.	m2	9. Desnivel carril/berma	m	16. Desplazamiento.	m2					
4. Abultamientos y hundimiento	m2	10. Grietas long. y trans	m	17. Grietas parabólicas (slippage).	m2					
5. Corrugación	m2	11. Parches.	m2	18. Hinchamiento.	m2					
6. Depresión.	m2	12. Pulimentos de agreg	m2	19. Desprendimiento de agregad	m2					
		13. Huecos.	Nº							
NIVEL DE SEVERIDAD		UNIDADES DE MUESTRA		INTERVALO DE UNIDADES DE MUESTREO			NÚMERO MÁXIMO ADMISIBLE DE VALORES DEDUCIDOS (m)			
Low	Baja	L								
Medium	Media	M	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2} = 6$	$i = \frac{N}{n} = 1$			$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$			
High	Alta	H								
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES										
86 - 100	EXCELENTE									
71 - 85	MUY BUENO		FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)	TOTAL	
56 - 70	BUENO		EXUDACIÓN	M2	L	2.3	0.7		1.61	
			EXUDACIÓN	M2	L	35	0.6		21.00	
			EXUDACIÓN	M2	L	3.8	0.3		1.14	
41 - 55	REGULAR		EXUDACIÓN	M2	L	3.8	0.32		1.22	
			PIEL DE COCODIRLO	M2	M	2	1.5		3.00	
26 - 40	POBRE		PIEL DE COCODIRLO	M2	M	6.5	4.4		28.6	
			PIEL DE COCODIRLO	M2	M	1.2	3.8		4.56	
11 - 25	MUY POBRE		PARCHES	M2	H	1.4	1.4		1.96	
			AHUELLAMIENTO	M2	L	23	1.4		32.2	
0 - 20	FALLADO		GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	M	L	12	0.3	0.35	3.6	
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES										
FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD %	VD	VDT	q			
EXUDACIÓN	M2	L	24.97	10.82%	5	123	5			
PIEL DE COCODIRLO	M2	M	36.16	15.67%	52					
PARCHES	M2	H	1.96	0.85%	18					
AHUELLAMIENTO	M2	L	32.20	13.96%	29					
GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	M2	L	3.60	1.56%	19					
								m	5.41	
CALCULO DEL PCI										
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV			
52	29	19	5		123	5	80			
29	19	18	2		73	4	41			
19	18	5	2		46	3	29			
18	5	2	2		29	2	21			
5	2	2	2		13	1	13			

HDV =	80
PCI =	20
CLASIFICACIÓN	
FALLADO	

**ANEXO 24 – CURVAS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS (UM – 02)**

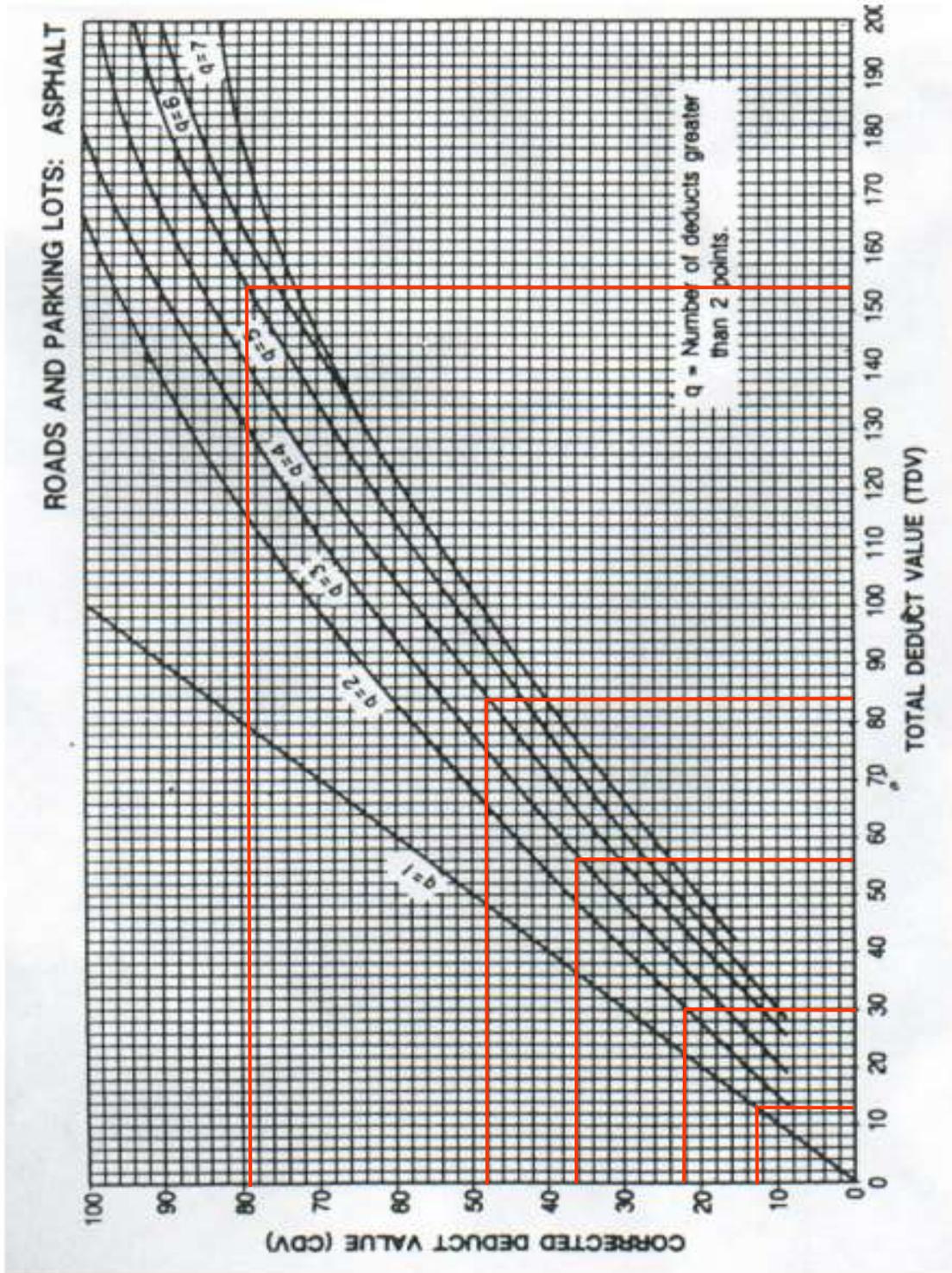
*Figura 58. Curva para Unidad de Muestreo 02*





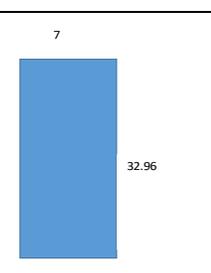
**ANEXO 26 – CURVAS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS (UM – 03)**

*Figura 60. Curva para Unidad de Muestreo 03*



**ANEXO 27 – HOJA DE REGISTRO DE UNIDAD DE MUESTREO 04**

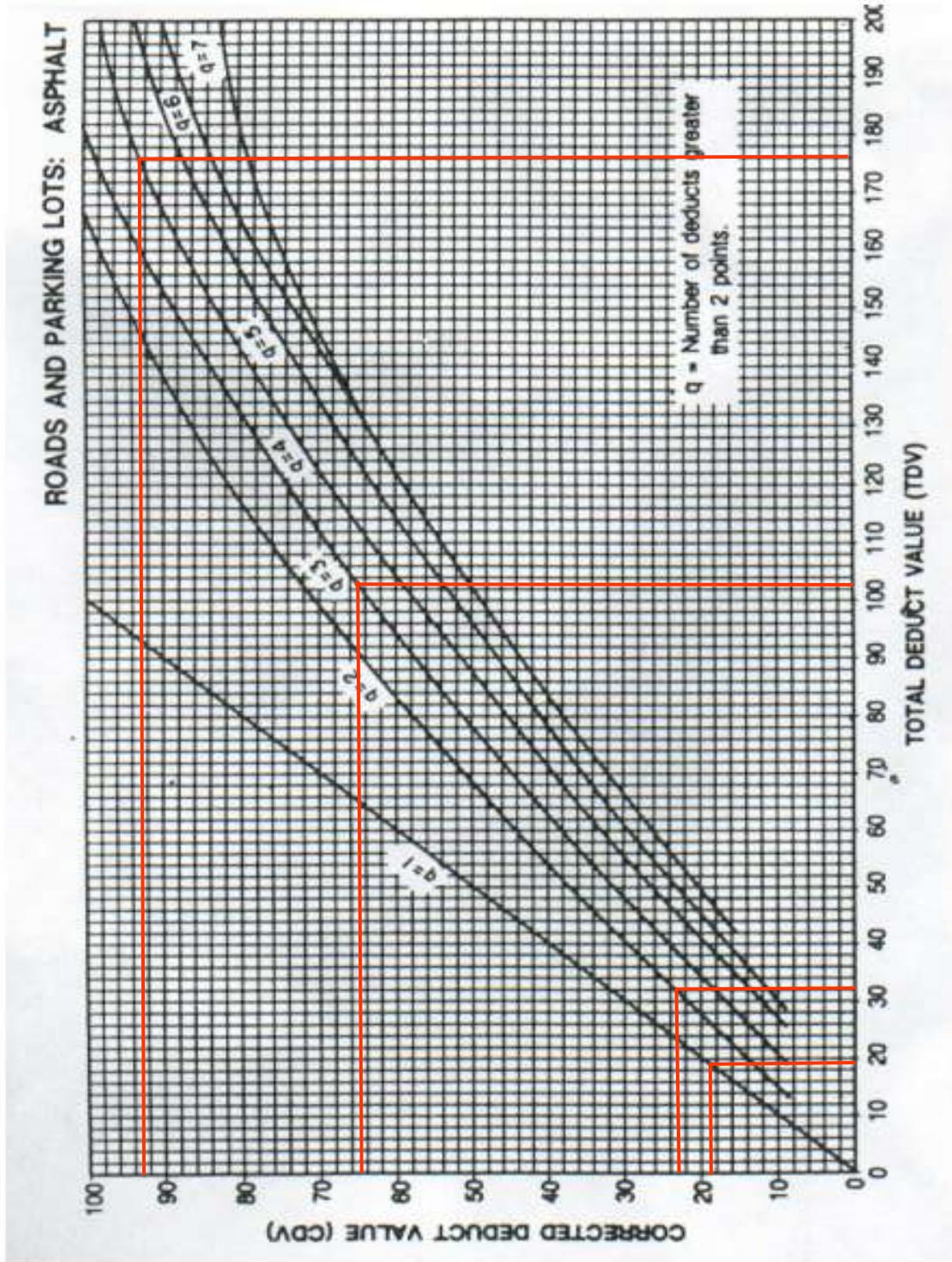
*Figura 61. Unidad de muestreo 04 - PUERTO ARGENTINO*

HOJA DE REGISTRO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLE MEDIANTE EL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)																			
LUGAR Calle Puerto Argentino, Urb. La Rinconada, Trujillo-P					SECCIÓN 0+930.80 - 0+963.76														
FECHA 10/10/2020					UNIDAD DE MUESTREO UM 04														
REALIZADO POR : Bacilio Reyes, Juan Carlos Chavez Bocanegra, Kevin A					ÁREA DE LA MUESTRA 230.72 M2														
TIPOS DE FALLAS							DIAGRAMA												
1. Piel de cocodrilo. m2	2. Exudación. m2	3. Agrietamiento en bloque. m2	4. Abultamientos y hundimie m2	5. Corrugación m2	6. Depresión. m2	7. Grieta de borde. m	8. Grieta de reflexión de m	9. Desnivel carril/berma m	10. Grietas long. y trans m	11. Parches. m2	12. Pulimentos de agreg m2	13. Huecos. Nº	14. Cruce de vías férreas. m2	15. Ahuellamiento. m2	16. Desplazamiento. m2	17. Grietas parabólicas (slippage). m2	18. Hinchamiento. m2	19. Desprendimiento de agregad m2	
NIVEL DE SEVERIDAD			UNIDADES DE MUESTRA		INTERVALO DE UNIDADES DE		NÚMERO MÁXIMO ADMISIBLE DE VALORES DEDUCIDOS (m)												
Low	Baja	L	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2} = 6$		$i = \frac{N}{n} = 1$		$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$												
High	Alta	H																	
INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES																			
86 - 100	EXCELENTE																		
71 - 85	MUY BUENO		FALLA	UNIDAD	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)	TOTAL										
			HUECOS	UND	H	2.5	0.6		1.50										
56 - 70	BUENO		HUECOS	UND	H	4.4	0.5		2.20										
			HUECOS	UND	H	5.8	0.6		3.48										
41 - 55	REGULAR		HUECOS	UND	M	0.9	0.6		0.54										
			DEPRESIÓN	M2	H	25	7.5	0.35	187.50										
26 - 40	POBRE		GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES	M	H	9.5	0.6		5.7										
11 - 25	MUY POBRE																		
0 - 20	FALLADO																		
VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES																			
FALLA			UNIDAD	SEVERIDAD	TOTAL	DENSIDAD %	VD	VDT	q										
HUECOS			UND	H	7.18	3.11%	75	174	4										
HUECOS			UND	M	0.54	0.23%	11												
DEPRESIÓN			M2	H	187.50	81.27%	73												
GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES			M	H	5.70	2.47%	15												
								m	3.30										
CALCULO DEL PCI																			
VALORES DEDUCIDOS					CDT	Q	CDV												
75	73	15	13		176	4	93												
73	15	13	2		103	3	65												
15	13	2	2		32	2	23												
13	2	2	2		19	1	19												

HDV =	93
PCI =	7
CLASIFICACIÓN	
FALLADO	

**ANEXO 28 – CURVAS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS (UM – 04)**

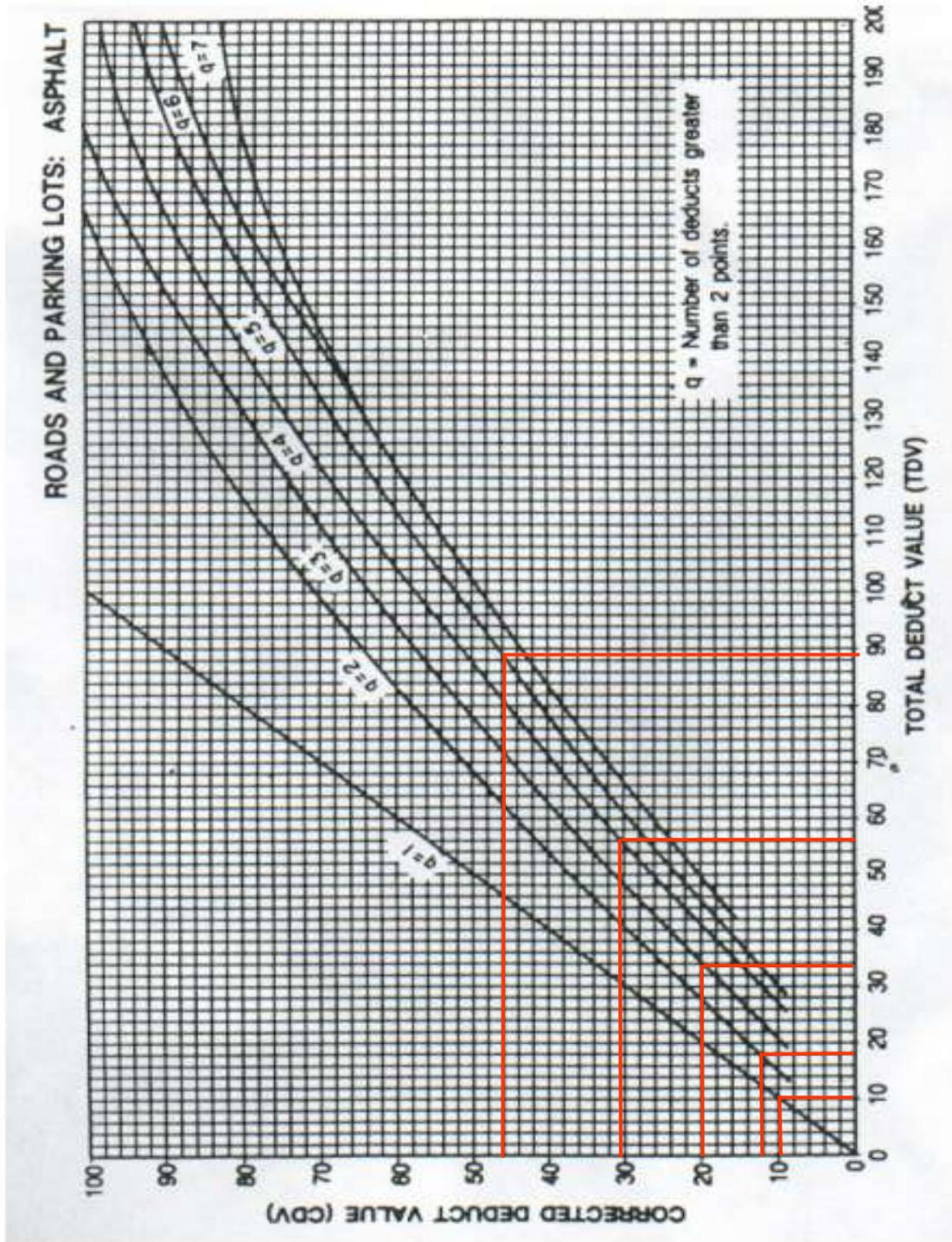
*Figura 62. Curva para Unidad de Muestreo 04*





**ANEXO 30 – CURVAS PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS (UM – 05)**

*Figura 64. Curva para Unidad de Muestreo 05*



## ANEXO 31 – INFORME TÉCNICO DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS REALIZADOS EN LABORATORIO DE SUELOS – ENCOPI GROUP S.R.L

Figura 65. Análisis mecánico por tamizado



## ANEXO 32 – INFORME TÉCNICO DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS REALIZADOS EN LABORATORIO DE SUELOS – ENCOPI GROUP S.R.L

Figura 66. Contenido de Humedad



LABORATORIO DE MECÁNICA  
DE SUELOS - DISEÑO Y  
CONSTRUCCIÓN

---

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

---

CONTENIDO DE HUMEDAD

---

PROYECTO : \*ANÁLISIS DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA NORMA DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI) Y PROPUESTA DE UN NUEVO DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE AASTHO 93, EN LA CALLE PUERTO ARGENTINO Y LA CALLE LOS AGUANOS DE LA URBANIZACIÓN LA RINCONADA, TRUJILLO 2021\*

SOLICITANTE : JUAN CARLOS BACILIO REYES Y KEVIN ALEXANDER CHAVEZ BOCANEGRA

UBICACIÓN : LA RINCONADA - TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : DICIEMBRE DEL 2021

CONTENIDO DE HUMEDAD

D-2216

DESCRIPCIÓN		J-36	J-22
Peso de Tamo (gr)		6.68	10.48
Peso de Tamo + Suelo Humedo (gr)		98.26	92.02
Peso de Tamo + Suelo Seco (gr)		94.45	88.38
Peso de Suelo Seco (gr)		84.77	77.80
Peso de Agua (gr)		3.83	3.64
% de Humedad (%)		4.52	4.67
% De Humedad Promedio (%)		4.50	





Carlos Augusto Ponce Ybáñez  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 284527





Calle Aluminio Mz. R Lote 13  
Urbanización San Isidro, I Etapa



993311514  
949123347



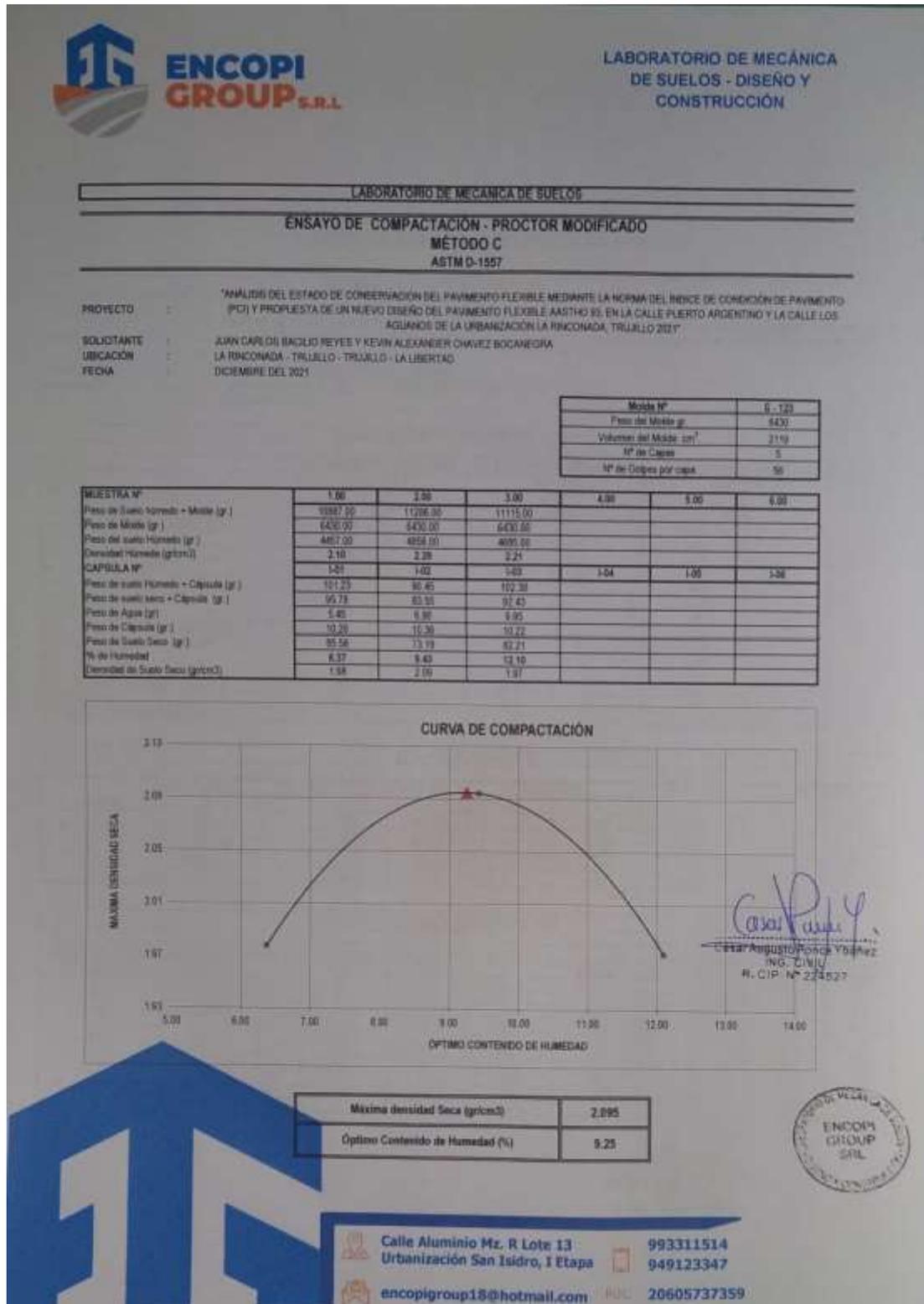
encopigroup18@hotmail.com



20605737359

## ANEXO 33 – INFORME TÉCNICO DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS REALIZADOS EN LABORATORIO DE SUELOS – ENCOPI GROUP S.R.L

Figura 67. Ensayo de Compactación – Proctor Modificado método C



## ANEXO 34 – INFORME TÉCNICO DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS REALIZADOS EN LABORATORIO DE SUELOS – ENCOPI GROUP S.R.L

Figura 68. Ensayo de CBR y expansión



LABORATORIO DE MECÁNICA  
DE SUELOS - DISEÑO Y  
CONSTRUCCIÓN

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSION**

ANÁLISIS DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE LA NORMA DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (IPC) Y PROPUESTA DE UN NUEVO DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE AASTHO 93 EN LA CALLE PUERTO ARGENTINO Y LA CALLE LOS AGUANOS DE LA URBANIZACIÓN LA RINCONADA, TRUJILLO 2021.

**Proyecto:** \_\_\_\_\_  
**Ubicación:** LA RINCONADA - TRUJILLO - TRUJILLO (LA RINCONADA)  
**Solicitante:** JUAN CARLOS BACILIO REYES Y KEVIN ALEXANDER CHAVEZ BOCANEGRA  
**Fecha:** DICIEMBRE DEL 2021

**ENSAYO DE COMPACTACION CBR**

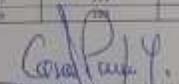
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	58		25		10	
SOBRECARGA (gr)	4530		4530		4530	
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	12878	12995	12976	13079	12979	13079
Peso de Molde (gr.)	8507	7974	8138	8138	8138	8138
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4646	4621	4838	4941	4841	4941
Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	2118	2118	2118	2118	2118	2118
Volumen del Disco Espesador (cm <sup>3</sup> )	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.238	2.187	2.282	2.340	2.282	2.340
CAPSULA Nº	J-8	J-8	J-8	J-8	J-8	J-8
Peso de suelo Húmedo + Capsula (gr.)	69.96	100.34	115.28	115.28	115.28	115.28
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	62.29	82.88	82.88	100.30	100.30	100.30
Peso de Agua (gr.)	6.66	17.46	32.40	14.98	14.98	14.98
Peso de Capsula (gr.)	10.11	9.95	9.95	9.95	9.95	9.95
Peso de Suelo Seco (gr.)	72.13	82.81	82.81	90.35	90.35	90.35
% de Humedad	8.26	8.27	8.25	8.25	8.25	8.25
Densidad de Suelo Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	2.044	1.883	1.883	1.883	1.883	1.883

**ENSAYO DE EXPANSION**

TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.850	0.689	0.719	0.559	0.540	0.540	0.540	0.426	0.426
48 hrs	0.860	0.663	0.750	0.561	0.580	0.580	0.580	0.457	0.457
72 hrs	0.860	0.668	0.750	0.561	0.580	0.580	0.580	0.457	0.457
96 hrs	0.860	0.663	0.750	0.561	0.580	0.580	0.580	0.457	0.457

**ENSAYO DE CARGA PENETRACION**

ENSAYO DE CARGA	LECTURA	MOLDE 1	10 GOLPES		LECTURA	MOLDE 2	25 GOLPES		LECTURA	MOLDE 3	10 GOLPES	
			mm	kg/cm <sup>2</sup>			mm	kg/cm <sup>2</sup>			mm	kg/cm <sup>2</sup>
0.025	15	113.5	51.2	12	128.9	41.8	9	103.3	34.4	103.3	34.4	
0.050	17	118.1	112.7	21	137.4	70.3	16	101.9	34.0	101.9	34.0	
0.075	16	122.9	174.5	41	171.7	123.9	26	105.8	34.8	105.8	34.8	
0.100	17	127.4	219.1	65	189.3	163.1	34	112.7	38.3	112.7	38.3	
0.125	18	136.7	255.6	88	198.0	185.3	44	106.9	33.0	106.9	33.0	
0.150	19	150.3	286.4	78	182.6	217.3	34	100.8	30.0	100.8	30.0	
0.200	19	180.4	334.7	74	181.2	272.4	71	107.8	33.0	107.8	33.0	
0.250	19	187.8	355.7	115	194.0	331.3	92	100.4	30.0	100.4	30.0	
0.300	19	191.9	435.3	130	188.4	373.5	104	101.1	30.0	101.1	30.0	
0.350	19	195.9	457.8	138	187.8	385.9	106	101.5	30.0	101.5	30.0	

  
 Cesar Augusto Ponce T84892  
 ING. CIVIL  
 R. C. P. N.º 224527





Calle Aluminio Mz. R Lote 13  
Urbanización San Isidro, 1 Etapa

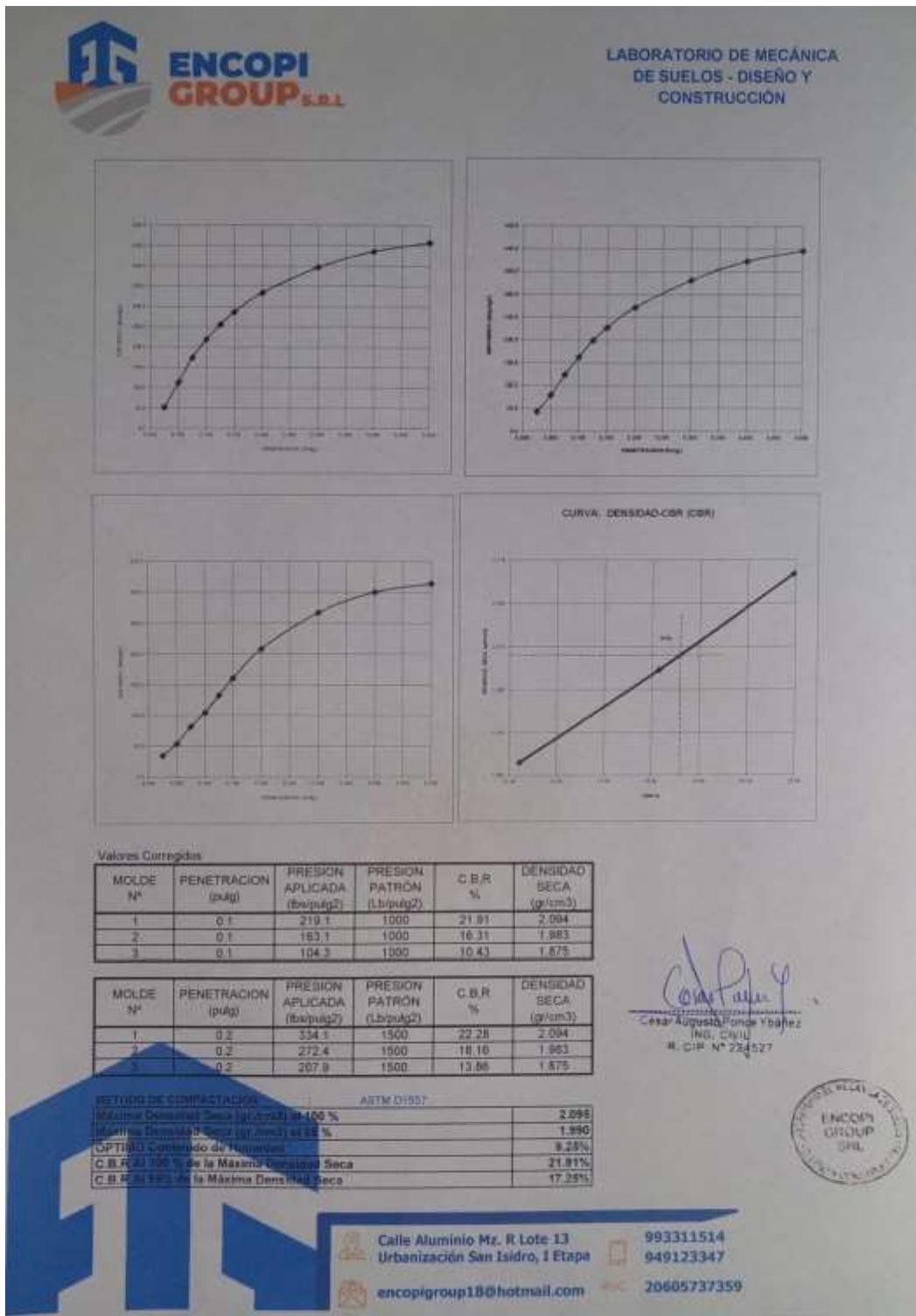
993311514  
949123347

encopigroup18@hotmail.com

20605737359

## ANEXO 35 – INFORME TÉCNICO DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS REALIZADOS EN LABORATORIO DE SUELOS – ENCOPI GROUP S.R.L

Figura 69. Ensayo de CBR y expansión



## ANEXO 36 – HOJA DE REGISTRO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR Y CÁLCULO DEL ESAL DE DISEÑO.

Figura 70. Clasificación vehicular y cálculo del ESAL de diseño

Carretera Urbana		PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS										Año de estudio		2021													
Tramo		PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS										Tiempo de estudio a la ejecución de proyecto		4													
Cod Estación		E-1										TIPO DE PAVIMENTO		Pavimento flexible													
Estación		CHICAMA										Ubicación		LA RINCONADA - TRUJILLO													
		Factor de corrección estacional		Veh. Livianos		fc:		1.042129		Veh. Pesados		fc:		0.945941		Sentido		Ambos									
Día		Automóvil	S. Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus			Camion			Semitrailers					Trailers								
				Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3				
Domingo 14/11/2021	PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS	48	35	20	15	5	2	1	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	LOS AGUANOS - PUERTO ARGENTINO	45	32	25	11	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Total	93	67	45	26	7	2	1	0	0	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Lunes 15/11/2021	PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS	45	36	29	13	3	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	LOS AGUANOS - PUERTO ARGENTINO	42	38	24	5	2	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Total	87	74	53	18	5	1	1	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Martes 16/11/2021	PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS	47	30	29	16	4	4	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	LOS AGUANOS - PUERTO ARGENTINO	44	35	26	12	5	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Total	91	65	55	28	9	4	2	2	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Miércoles 17/11/2021	PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS	49	35	23	15	6	3	1	0	2	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	LOS AGUANOS - PUERTO ARGENTINO	40	32	25	13	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Total	89	67	48	28	10	3	1	0	2	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Jueves 16/11/2021	PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS	48	38	20	12	5	1	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	LOS AGUANOS - PUERTO ARGENTINO	46	32	25	8	2	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Total	94	70	45	20	7	1	4	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Viernes 17/11/2021	PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS	46	35	22	16	8	2	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	LOS AGUANOS - PUERTO ARGENTINO	45	34	25	13	5	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Total	91	69	47	29	13	2	2	0	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Sábado 18/11/2021	PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS	40	36	23	17	5	1	0	1	4	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	LOS AGUANOS - PUERTO ARGENTINO	48	35	24	15	4	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	Total	88	71	47	32	9	1	2	1	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
IMDs	PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS	46.1	35.0	23.7	14.9	5.1	2.0	1.0	0.4	1.3	1.0	0.3	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	LOS AGUANOS - PUERTO ARGENTINO	44.3	34.0	24.9	11.0	3.4	0.0	0.9	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	Total	90.4	69.0	48.6	25.9	8.6	2.0	1.9	1.0	1.7	1.3	0.6	0.9	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
IMDa	PUERTO ARGENTINO - LOS AGUANOS	48.09	36.47	24.71	15.48	5.36	2.08	0.95	0.41	1.22	0.95	0.27	0.54	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
	LOS AGUANOS - PUERTO ARGENTINO	46.15	35.43	25.90	11.46	3.57	0.00	0.81	0.54	0.41	0.27	0.27	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
	Total	94.24	71.91	50.62	26.95	8.93	2.08	1.76	0.95	1.62	1.22	0.54	0.81	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
IMDa	2021	Total vehiculos		94	72	51	27	9	2	2	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0			

$$T_n = T_0(1+r)^{n-1}$$

T<sub>n</sub> = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día  
T<sub>0</sub> = Tránsito actual (año base) en veh/día  
n = año futuro de proyección  
r = tasa anual de crecimiento de tránsito

Tasa anual de crecimiento Vehículos livianos	r:	1.26 %
Tasa anual de crecimiento Vehículos pesados	r:	2.83 %
Tiempo que pasa del estudio de proyecto hasta la ejecución (años)	n:	4

Población futura de vehículos																								
IMDa	2025	Total	97.5981584	74.7560362	52.9521923	28.0335136	9.34450452	2.0765566	2.17465067	1.08732534	2.17465067	1.08732534	1.08732534	1.08732534	1.08732534	1.08732534	1.08732534	1.08732534	1.08732534	1.08732534	1.08732534	1.08732534	1.08732534	1.08732534

TIPO DE VEHICULO	IMDa	TIPO	NUMERO	CARGA	"f" P. FLEXIBLE	f. IMDa FLEXIBLE	
	2025	EJE	LLANTAS	EJE Tn			
VEHICULOS LIGEROS	Autos	97.60	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.05143585
		97.60	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.05143585
	S. Wagon	74.76	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.03939767
		74.76	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.03939767
	Pick Up	52.95	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.02790668
		52.95	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.02790668
	Panel	28.03	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.01477413
		28.03	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.01477413
	Rural	9.34	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.00492471
		9.34	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.00492471
OMNIBUS	Micros	2.08	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.00109438
		2.08	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.00109438
	2E	2.17	SIMPLE	2	7	1.26536675	2.75173065
		2.17	SIMPLE	4	11	3.23828696	7.04214291
	3E	1.09	SIMPLE	2	7	1.26536675	1.37586532
		1.09	TANDEM	6	16	1.36594455	1.48522611
CAMIÓN		2.17	TANDEM	4	14	2.19644727	4.77650552
		2.17	TANDEM	6	16	1.36594455	2.97045223
	2E	1.09	SIMPLE	2	7	1.26536675	1.37586532
		1.09	SIMPLE	4	11	3.23828696	3.52107145
	3E	1.09	SIMPLE	2	7	1.26536675	1.37586532
		1.09	TANDEM	8	18	2.01921345	2.19554195
SEMITRAYLERS	4E	1.09	SIMPLE	2	7	1.26536675	1.37586532
		1.09	TRIDEM	10	23	1.5081836	1.63988624
	2S1	1.09	SIMPLE	2	7	1.26536675	1.37586532
	1.09	SIMPLE	4	11	3.23828696	3.52107145	
	1.09	SIMPLE	4	11	3.23828696	3.52107145	

Pavimento flexible		
Tasa anual de crecimiento Vehículos pesados	r:	2.83 %
Tiempo de vida útil de pavimento (años)	n:	20
Factor Fca vehiculos pesados	$Factor Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$	Fca
Nº de calzadas, sentidos y carriles por sentido		1 calzada, 2 sentidos, 2 carriles por sentido
Factor direccional*Factor carril (Fd*Fc)		Fc*Fd
Número de ejes equivalentes (ESAL)		ESAL
#EE = 365 * (Σf.IMDa) * Fd * Fc * Fca		156,486

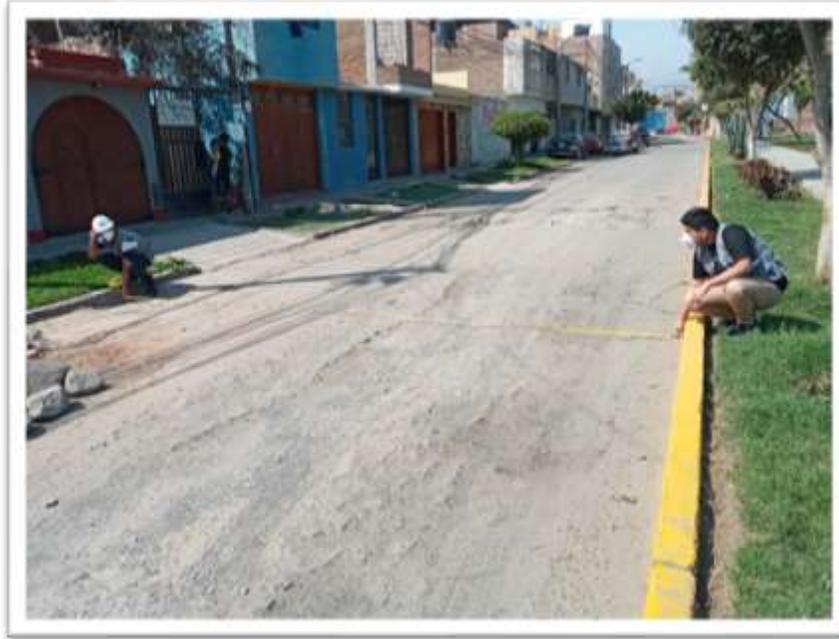
## ANEXO 37 – HOJA DE CÁLCULO DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE EL MÉTODO AASTHO 93

*Figura 71. Diseño de pavimento flexible mediante el método AASTHO 93*

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE - AASTHO 93		
Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento	ESAL(W18)	156 486
Suelo de la subrasante	CBR =	21.91 %
Módulo de resiliencia de la subrasante	$Mr(psi) = 2555 \times CBR^{0.64}$	MR (psi)= 18424.77
Tipo de tráfico	VERDADERO	Tipo: TP1
Número de etapas		Etapas: 1
Nivel de confiabilidad	conf.	70.0 %
Coefficiente estadístico de desviación estandar normal	ZR	-0.524
Desviación estandar combinado	So	0.45
Indice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico	Pi	3.8
Indice de serviciabilidad final según rango de tráfico	Pt	2
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico	Δ PSI	1.8
$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$		
Número estructural requerido	Calcular SN	SNR= <b>1.562</b>
Coeficientes estructurales de las capas		
CAPA SUPERFICIAL	BASE	SUBBASE
a1	a2	a3
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF)	Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS
Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico	Capa de Base recomendada para Tráfico ≤ 10'000,000 EE	Capa de Sub Base recomendada con CBR mínimo 40% para todos los tipos de Tráfico
<b>0.170</b>	<b>0.052</b>	<b>0.047</b>
Coeficientes de drenaje para Bases y SubBases granulares no tratadas en pavimentos flexibles		
	m2	m3
	1	1
$SNR = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$		
Cálculo de espesores de las capas		
d1	d2	d3
<b>5 cm</b>	<b>15 cm</b>	<b>15 cm</b>
Capa superficial	Base	SubBase
SNR (Requerido)	<b>1.562</b>	Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido)
SNR (Resultado)	<b>2.335</b>	<b>SI CUMPLE</b>

## ANEXO 38 – REGISTRO DE FALLAS Y SUS DIMENSIONES EN CAMPO

*Figura 72. Tomando la medida del ancho de calzada.*



*Figura 73. Tomando medidas de la falla parches.*



*Figura 74. Midiendo la profundidad de la falla huecos.*



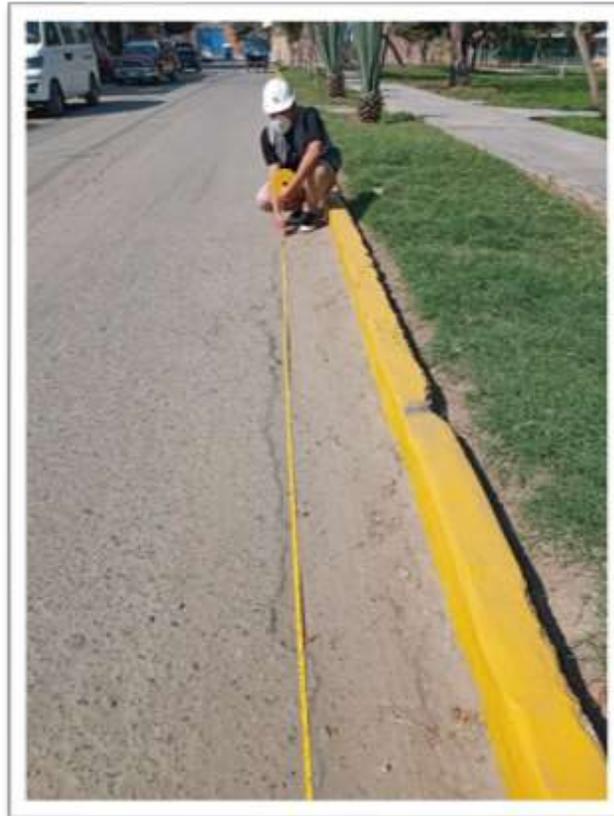
*Figura 75. Tomando medida de la falla desprendimiento de agregados.*



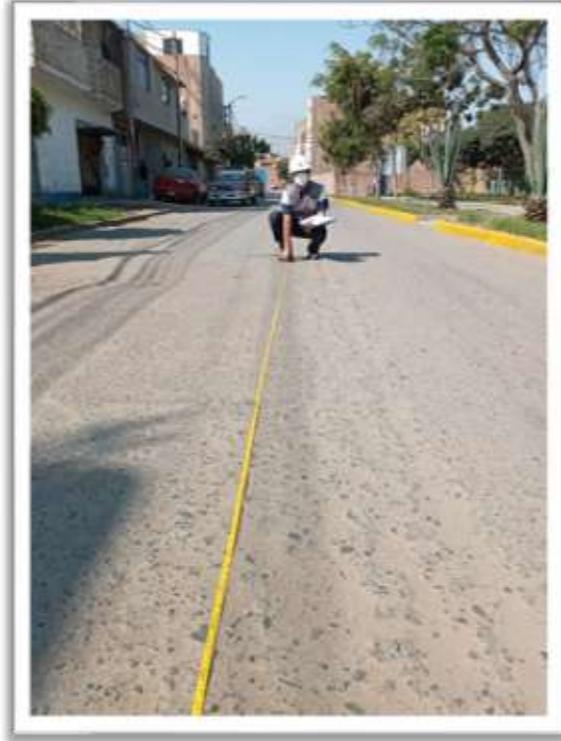
Figura 76. Midiendo la profundidad de la falla huecos.



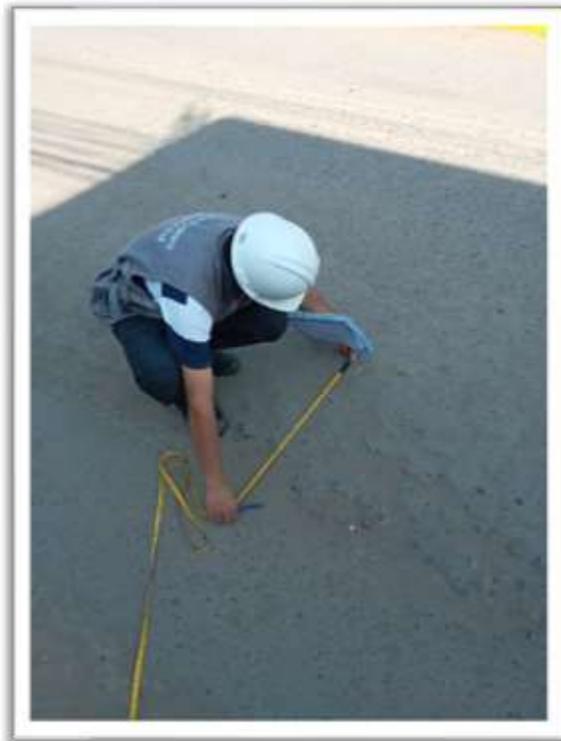
Figura 77. Tomando medida de la falla grieta longitudinal y transversal.



*Figura 78. Tomando medida de la falla desprendimiento de agregados.*



*Figura 79. Tomando medida de la falla exudación.*



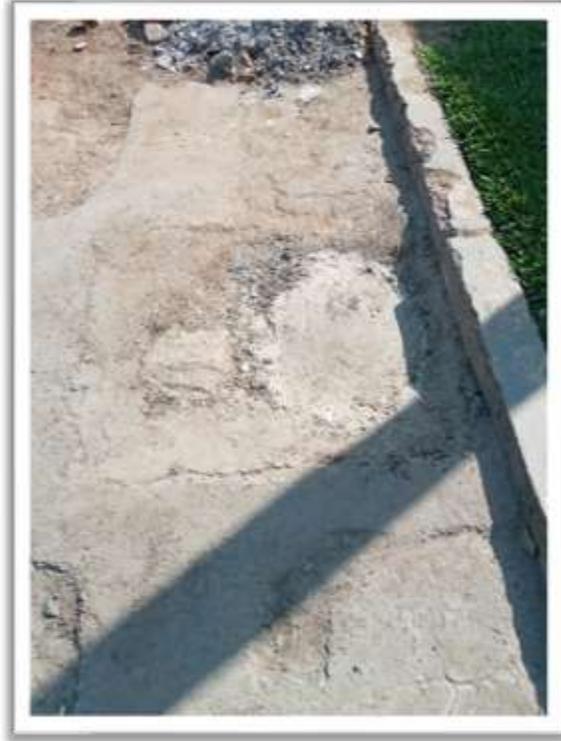
*Figura 80. Tomando medida de la falla huecos.*



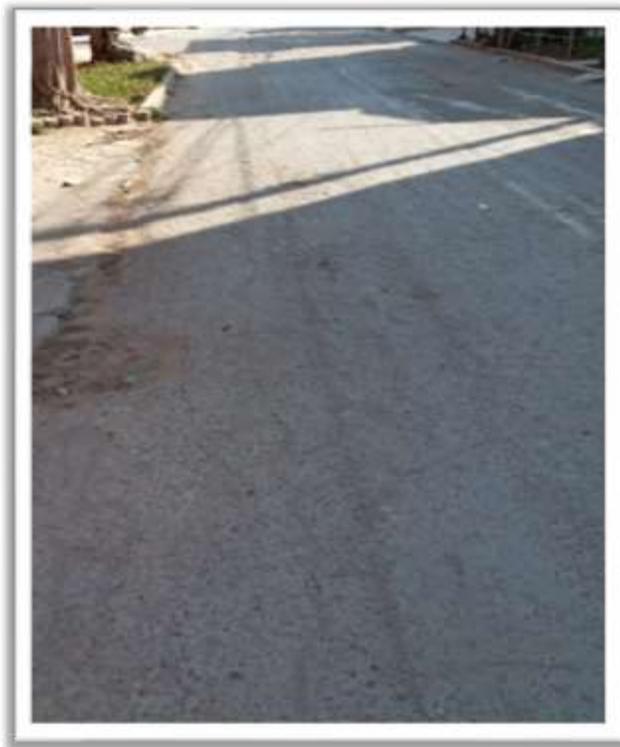
*Figura 81. Falla grieta de borde.*



*Figura 82. Falla de huecos.*



*Figura 83. Falla de grieta longitudinal y transversal*



*Figura 84. Falla de Piel de cocodrilo*



*Figura 85. Toma de datos en campo.*

