



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas  
de intervención de la carretera Juli – Desaguadero – 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

**CCALLO VENTURA, LIZANDRO  
(ORCID: 0000-0001-9969-111X)  
MAMANI SANIZO, JUAN TULIO  
(ORCID: 0000-0002-1496-5909)**

**ASESOR:**

**Mg. MIGUEL ANGEL SOLAR JARA  
(ORCID: 0000-0002-1180-013X)**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL**

**Lima – Perú**

**2021**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por su infinito amor y sabiduría, a mi esposa, a mi hijo Misael, que son la inspiración de mi vida, por la comprensión y apoyo incondicional para realizar mis sueños.

A mi familia, por el soporte y ayuda, para la elaboración del presente trabajo de investigación.

Lizandro C. V.

Dedico de todo corazón mi tesis a mis hijos Farez Y Eliud, a mi esposa, a mi mamita Josefina, a mis hermanas y todos mis familiares que me motivaron e impulsaron con su apoyo moral y económico constante para poder llegar a ser un profesional y así alcanzar mis anhelos.

J. Tulio M. S.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por todas las cosas maravillosas que me ha dado en la vida, en el momento justo y en el momento exacto.

A mi esposa, mi hijo Misael, por ser la inspiración y motivo de mi vida y del presente proyecto.

A mi familia, por todo el apoyo incondicional.

A la Universidad Cesar Vallejo, por permitir realizarme como profesional.

Al Mg. Miguel Ángel Solar Jara, por el apoyo y dirección como asesor para realizar el presente trabajo de investigación.

Lizandro C. V.

Gracias a Dios Todopoderoso por cuidarnos siempre, por guiarme en cada decisión y porque a pesar de las circunstancias y tiempos en que vivimos estamos aun con bien, un agradecimiento también para mi asesor de tesis por su paciencia y entendimiento y sus conocimientos brindados.

J. Tulio M. S.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iii
INDICE DE TABLAS .....	v
INDICE DE FIGURAS .....	ix
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	11
3.2. Variables y Operacionalización .....	11
3.3. Población, Muestra y Muestreo .....	13
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	14
3.5. Procedimientos .....	14
3.6. Método de Análisis de Datos.....	103
3.7. Aspectos Éticos.....	103
IV. RESULTADOS .....	104
V. DISCUSIÓN.....	117
VI. CONCLUSIONES.....	120
VII. RECOMENDACIONES .....	121
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	122
ANEXOS .....	127

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Parámetros de anchos de calzadas</i> .....	28
<b>Tabla 2</b> <i>Parámetros de la calzada para determinar el área de muestreo</i> .....	29
<b>Tabla 3</b> <i>Parámetros de las unidades de muestreo</i> .....	30
<b>Tabla 4</b> <i>Parámetros para determinar el intervalo de muestreo</i> .....	30
<b>Tabla 5</b> <i>Fallas generadas en la muestra 1</i> .....	31
<b>Tabla 6</b> <i>Fallas generadas en la muestra 2</i> .....	33
<b>Tabla 7</b> <i>Fallas generadas en la muestra 3</i> .....	34
<b>Tabla 8</b> <i>Fallas generadas en la muestra 4</i> .....	35
<b>Tabla 9</b> <i>Fallas generadas en la muestra 5</i> .....	36
<b>Tabla 10</b> <i>Fallas generadas en la muestra 6</i> .....	37
<b>Tabla 11</b> <i>Fallas generadas en la muestra 7</i> .....	38
<b>Tabla 12</b> <i>Fallas generadas en la muestra 8</i> .....	39
<b>Tabla 13</b> <i>Fallas generadas en la muestra 9</i> .....	40
<b>Tabla 14</b> <i>Fallas generadas en la muestra 10</i> .....	41
<b>Tabla 15</b> <i>Fallas generadas en la muestra 11</i> .....	42
<b>Tabla 16</b> <i>Carril derecho extremo. Progresivas (1450+000 – 1450+400)</i> .....	43
<b>Tabla 17</b> <i>Carril derecho extremo. Progresivas (1450+400 – 1450+800)</i> .....	45
<b>Tabla 18</b> <i>Carril derecho extremo. Progresivas (1450+800 – 1451+000)</i> .....	47
<b>Tabla 19</b> <i>Carril izquierdo extremo. Progresivas (1451+000 – 1450 + 600)</i> .....	49
<b>Tabla 20</b> <i>Carril izquierdo extremo. Progresivas (1450+600 – 1450+200)</i> .....	51
<b>Tabla 21</b> <i>Carril izquierdo extremo. Progresivas (1450+200 – 1450+000)</i> .....	53
<b>Tabla 22</b> <i>Índice de serviciabilidad del pavimento</i> .....	55
<b>Tabla 23</b> <i>Deflexiones obtenidas del carril derecho. Progresiva: (1450+000 – 1450+360)</i> .....	56
<b>Tabla 24</b> <i>Deflexiones obtenidas del carril derecho. Progresiva: (1450+380 – 1450+740)</i> .....	57
<b>Tabla 25</b> <i>Deflexiones obtenidas del carril derecho. Progresiva: (1450+760 – 1450+980)</i> .....	58
<b>Tabla 26</b> <i>Deflexiones obtenidas del carril izquierdo. Progresiva: (1451+000 – 1450+640)</i> .....	59
<b>Tabla 27</b> <i>Deflexiones obtenidas del carril izquierdo. Progresiva: (1450+620 – 1450+260)</i> .....	60

<b>Tabla 28</b> <i>Deflexiones obtenidas del carril izquierdo. Progresiva: (1450+240 – 1450+020)</i> .....	61
<b>Tabla 29</b> <i>Incidencia de fallas carril derecho. Progresiva: (1450+000 – 1450+360)</i> .....	62
<b>Tabla 30</b> <i>Incidencia de fallas carril derecho. Progresiva: (1450+380 – 1450+740)</i> .....	63
<b>Tabla 31</b> <i>Incidencia de fallas carril derecho. Progresiva: (1450+760 – 1450+980)</i> .....	64
<b>Tabla 32</b> <i>Incidencia de fallas carril izquierdo. Progresiva: (1451+000 – 1450+640)</i> .....	65
<b>Tabla 33</b> <i>Incidencia de fallas carril izquierdo. Progresiva: (1450+620 – 1450+260)</i> .....	66
<b>Tabla 34</b> <i>Incidencia de fallas carril izquierdo. Progresiva: (1450+240 – 1450+020)</i> .....	67
<b>Tabla 35</b> <i>Resumen de la evaluación de la calidad de la subrasante</i> .....	68
<b>Tabla 36</b> <i>Subrasante y pavimento carril derecho. Progresiva: (1450+000 – 1450+360)</i> .....	68
<b>Tabla 37</b> <i>Subrasante y pavimento carril derecho. Progresiva: (1450+380 – 1450+740)</i> .....	70
<b>Tabla 38</b> <i>Subrasante y pavimento carril derecho. Progresiva: (1450+760 – 1450+980)</i> .....	71
<b>Tabla 39</b> <i>Subrasante y pavimento carril izquierdo. Progresiva: (1451+000 – 1450+640)</i> .....	71
<b>Tabla 40</b> <i>Subrasante y pavimento carril izquierdo. Progresiva: (1450+620 – 1450+260)</i> .....	73
<b>Tabla 41</b> <i>Subrasante y pavimento carril izquierdo. Progresiva: (1450+240 – 1450+020)</i> .....	74
<b>Tabla 42</b> <i>Fallas encontradas en la muestra 1</i> .....	75
<b>Tabla 43</b> <i>Evaluación superficial de la Muestra 1</i> .....	75
<b>Tabla 44</b> <i>Fallas encontradas en la muestra 2</i> .....	76
<b>Tabla 45</b> <i>Evaluación superficial de la Muestra 2</i> .....	76
<b>Tabla 46</b> <i>Fallas encontradas en la muestra 3</i> .....	77
<b>Tabla 47</b> <i>Evaluación superficial de la Muestra 3</i> .....	77

<b>Tabla 48</b> <i>Fallas encontradas en la muestra 4</i> .....	78
<b>Tabla 49</b> <i>Evaluación superficial de la Muestra 4</i> .....	79
<b>Tabla 50</b> <i>Fallas encontradas en la muestra 5</i> .....	79
<b>Tabla 51</b> <i>Evaluación superficial de la Muestra 5</i> .....	80
<b>Tabla 52</b> <i>Fallas encontradas en la muestra 6</i> .....	80
<b>Tabla 53</b> <i>Evaluación superficial de la Muestra 6</i> .....	81
<b>Tabla 54</b> <i>Fallas encontradas en la muestra 7</i> .....	82
<b>Tabla 55</b> <i>Evaluación superficial de la Muestra 7</i> .....	82
<b>Tabla 56</b> <i>Fallas encontradas en la muestra 8</i> .....	83
<b>Tabla 57</b> <i>Evaluación superficial de la Muestra 8</i> .....	84
<b>Tabla 58</b> <i>Fallas encontradas en la muestra 9</i> .....	84
<b>Tabla 59</b> <i>Evaluación superficial de la Muestra 9</i> .....	85
<b>Tabla 60</b> <i>Fallas encontradas en la muestra 10</i> .....	85
<b>Tabla 61</b> <i>Evaluación superficial de la Muestra 10</i> .....	86
<b>Tabla 62</b> <i>Fallas encontradas en la muestra 11</i> .....	86
<b>Tabla 63</b> <i>Evaluación superficial de la Muestra 11</i> .....	87
<b>Tabla 64</b> <i>Valor deducido corregido de la muestra 1</i> .....	98
<b>Tabla 65</b> <i>Valor deducido corregido de la muestra 2</i> .....	98
<b>Tabla 66</b> <i>Valor deducido corregido de la muestra 3</i> .....	98
<b>Tabla 67</b> <i>Valor deducido corregido de la muestra 4</i> .....	99
<b>Tabla 68</b> <i>Valor deducido corregido de la muestra 5</i> .....	99
<b>Tabla 69</b> <i>Valor deducido corregido de la muestra 6</i> .....	99
<b>Tabla 70</b> <i>Valor deducido corregido de la muestra 7</i> .....	100
<b>Tabla 71</b> <i>Valor deducido corregido de la muestra 8</i> .....	100
<b>Tabla 72</b> <i>Valor deducido corregido de la muestra 9</i> .....	100
<b>Tabla 73</b> <i>Valor deducido corregido de la muestra 10</i> .....	101
<b>Tabla 74</b> <i>Valor deducido corregido de la muestra 11</i> .....	101
<b>Tabla 75</b> <i>Condición del Pavimento</i> .....	101
<b>Tabla 76</b> <i>Resumen de la evaluación Índice de Rugosidad Internacional</i> .....	104
<b>Tabla 77</b> <i>Contenido de cemento asfáltico</i> .....	107
<b>Tabla 78</b> <i>Proporciones del agregado</i> .....	107
<b>Tabla 79</b> <i>Resumen evaluación subrasante y carpeta de rodadura</i> .....	108
<b>Tabla 80</b> <i>Características del pavimento</i> .....	108

<b>Tabla 81</b>	<i>Análisis estadístico de la deflexión y radio de curvatura</i> .....	109
<b>Tabla 82</b>	<i>Análisis estadístico de la deflexión y radio de curvatura</i> .....	109
<b>Tabla 83</b>	<i>Análisis estadístico de la deflexión y radio de curvatura</i> .....	110
<b>Tabla 84</b>	<i>Análisis estadístico de la deflexión y radio de curvatura</i> .....	111
<b>Tabla 85</b>	<i>Análisis estadístico de la deflexión y radio de curvatura</i> .....	111
<b>Tabla 86</b>	<i>Análisis estadístico de la deflexión y radio de curvatura</i> .....	112
<b>Tabla 87</b>	<i>Índice de condición de pavimento</i> .....	112
<b>Tabla 88</b>	<i>Intervención en base a rango PCI</i> .....	113
<b>Tabla 89</b>	<i>Alternativas de intervención PCI</i> .....	114
<b>Tabla 90</b>	<i>Alternativas de intervención IRI</i> .....	115
<b>Tabla 91</b>	<i>Resumen de las alternativas de intervención según la evaluación</i> .	116
<b>Tabla 92</b>	<i>Índice de rugosidad internacional</i> .....	117
<b>Tabla 93</b>	<i>Deflectometría</i> .....	117
<b>Tabla 94</b>	<i>Evaluación superficial</i> .....	119
<b>Tabla 95</b>	<i>Operacionalización de Variables</i> .....	127
<b>Tabla 96</b>	<i>Matriz de Consistencia</i> .....	128

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Progresiva inicial. km 1450+000</i> .....	15
<b>Figura 2</b> <i>Calibración del equipo de Merlín</i> .....	15
<b>Figura 3</b> <i>Lectura del equipo</i> .....	16
<b>Figura 4</b> <i>Datos progresiva: 1450+000 – 1450+400. Carril derecho</i> .....	16
<b>Figura 5</b> <i>Datos progresiva: 1450+400 – 1450+800. Carril derecho</i> .....	18
<b>Figura 6</b> <i>Datos progresiva: 1450+800 – 1451+000. Carril derecho</i> .....	19
<b>Figura 7</b> <i>Datos progresiva: 1451+000 – 1450+600. Carril izquierdo</i> .....	20
<b>Figura 8</b> <i>Datos progresiva: 1450+600 – 1450+200. Carril izquierdo</i> .....	21
<b>Figura 9</b> <i>Datos progresiva: 1450+200 – 1450+000. Carril izquierdo</i> .....	22
<b>Figura 10</b> <i>Toma de muestras que conforman la carpeta asfáltica</i> .....	23
<b>Figura 11</b> <i>Camión de carga aplicada al pavimento flexible</i> .....	24
<b>Figura 12</b> <i>Instalación de la Viga Benkelman</i> .....	24
<b>Figura 13</b> <i>Traslado de la Viga Benkelman al punto de evaluación</i> .....	25
<b>Figura 14</b> <i>Aplicación de la carga sobre el pavimento</i> .....	25
<b>Figura 15</b> <i>Toma de datos de las deflexiones</i> .....	26
<b>Figura 16</b> <i>Punto de partida de la evaluación PCI</i> .....	26
<b>Figura 17</b> <i>Procedimiento de medición de las fallas encontradas</i> .....	27
<b>Figura 18</b> <i>Muestra 1. (Progresiva: 1450+000-1450+031.50)</i> .....	30
<b>Figura 19</b> <i>Muestra 2. (Progresiva: 1450+094.50-1450+126.00)</i> .....	32
<b>Figura 20</b> <i>Muestra 3. (Progresiva: 1450+189.00-1450+220.50)</i> .....	33
<b>Figura 21</b> <i>Muestra 4. (Progresiva: 1450+283.50-1450+315.00)</i> .....	34
<b>Figura 22</b> <i>Muestra 5. (Progresiva: 1450+378.00-1450+409.50)</i> .....	35
<b>Figura 23</b> <i>Muestra 6. (Progresiva: 1450+472.50-1450+504.00)</i> .....	36
<b>Figura 24</b> <i>Muestra 7. (Progresiva: 1450+567.00-1450+598.50)</i> .....	37
<b>Figura 25</b> <i>Muestra 8. (Progresiva: 1450+661.50-1450+693.00)</i> .....	38
<b>Figura 26</b> <i>Muestra 9. (Progresiva: 1450+756.00-1450+787.50)</i> .....	39
<b>Figura 27</b> <i>Muestra 10. (Progresiva: 1450+850.50-1450+882.00)</i> .....	40
<b>Figura 28</b> <i>Muestra 11. (Progresiva: 1450+945.00-1450+976.50)</i> .....	41
<b>Figura 29</b> <i>Histograma margen derecho progresivas (1450+000 – 1450+400)</i> .....	43
<b>Figura 30</b> <i>Histograma margen derecho extremo (1450+400 – 1450+800)</i> .....	46
<b>Figura 31</b> <i>Histograma carril derecho extremo (1450+800 – 1451+000)</i> .....	48
<b>Figura 32</b> <i>Histograma margen izquierdo extremo (1451+000 – 1450+600)</i> ....	50

<b>Figura 33</b>	<i>Histograma margen izquierdo extremo (1450+600 – 1450+200) ....</i>	52
<b>Figura 34</b>	<i>Histograma carril izquierdo extremo (1450+200 – 1450+000).....</i>	54
<b>Figura 35</b>	<i>Valor deducido piel de cocodrilo.....</i>	87
<b>Figura 36</b>	<i>Valor deducido Exudación.....</i>	88
<b>Figura 37</b>	<i>Valor deducido Agrietamiento en bloque.....</i>	89
<b>Figura 38</b>	<i>Valor deducido Ahuellamiento y Hundimiento.....</i>	89
<b>Figura 39</b>	<i>Valor deducido Corrugación.....</i>	90
<b>Figura 40</b>	<i>Valor deducido Depresión.....</i>	90
<b>Figura 41</b>	<i>Valor deducido grieta de borde.....</i>	91
<b>Figura 42</b>	<i>Valor deducido grieta de reflexión de junta.....</i>	91
<b>Figura 43</b>	<i>Valor deducido Desnivel Carril – Berma.....</i>	92
<b>Figura 44</b>	<i>Grietas longitudinales y transversales.....</i>	92
<b>Figura 45</b>	<i>Valor deducido Parcheo.....</i>	93
<b>Figura 46</b>	<i>Valor deducido Pulimiento de Agregados.....</i>	93
<b>Figura 47</b>	<i>Valor deducido Huecos.....</i>	94
<b>Figura 48</b>	<i>Valor deducido Cruce de Vía Férrea.....</i>	94
<b>Figura 49</b>	<i>Valor deducido Ahuellamiento.....</i>	95
<b>Figura 50</b>	<i>Valor deducido Desplazamiento.....</i>	95
<b>Figura 51</b>	<i>Valor deducido Grietas Parabólicas.....</i>	96
<b>Figura 52</b>	<i>Valor deducido Hinchamiento.....</i>	96
<b>Figura 53</b>	<i>Valor deducido desprendimiento de agregados.....</i>	97
<b>Figura 54</b>	<i>Valores deducidos corregidos.....</i>	97
<b>Figura 55</b>	<i>Curva granulométrica del lavado asfáltico.....</i>	106

## RESUMEN

La presente investigación se realizó con el propósito de conocer la serviciabilidad de la carretera Juli – Desaguadero, al mismo tiempo, proponer la alternativa de intervención que se plantea para dicha carretera. Para tal fin, se hizo la evaluación correspondiente por los métodos PCI, índice de rugosidad internacional, ensayo de deflectometría por la Viga Benkelman y el lavado asfáltico de la carpeta de rodadura para determinar la calidad de los agregados que se cuenta en la carretera Juli – Desaguadero.

Los resultados obtenidos de la evaluación PCI demostraron un índice de condición promedio 28.34 caracterizando una condición de la carpeta de rodadura regular, tras la evaluación del índice de rugosidad internacional se determinó un valor promedio de las dos calzadas de 2.52 PSI caracterizando la carpeta de rodadura en una condición regular, en cuanto a la evaluación de deflectometría se determinó que tanto el comportamiento de la subrasante como de la carpeta de rodadura se encuentran en un mal estado, en cuanto al lavado asfáltico se determinó que las características de los agregados empleados se encuentran en las óptimas condiciones, tras toda esta evaluación se puede afirmar que la vía en mención necesita de una rehabilitación que compete trabajos de reemplazo de la superficie de rodadura.

**Palabras Clave:** Serviciabilidad, pavimento, rugosidad, deflectometría.

## **ABSTRACT**

The present investigation was carried out with the purpose of knowing the serviceability of the Juli - Desaguadero highway, at the same time, to propose the intervention alternative that is proposed for said highway. For this purpose, the corresponding evaluation was made by the PCI methods, international roughness index, deflectometry test by the Benkelman Beam and the asphalt washing of the tread layer to determine the quality of the aggregates that is counted in the road Juli - Desaguadero.

The results obtained from the PCI evaluation demonstrated an average condition index of 28.34 characterizing a condition of the regular tread surface, after the evaluation of the international roughness index, an average value of the two carriageways of 2.52 PSI was determined, characterizing the tread portfolio in a regular condition, as for the deflectometry evaluation it was determined that both the behavior of the subgrade and the tread layer are in a bad state, as for the asphalt washing it was determined that the characteristics of the aggregates used are in the optimal conditions, after all this evaluation it can be affirmed that the road in question needs a rehabilitation that involves replacement work on the running surface.

**Keywords:** Serviceability, pavement, roughness, deflectometry.

## I. INTRODUCCIÓN

La red vial del territorio peruano, tiene particular trascendencia como base para el desarrollo, confort económico y social de las zonas. Es un preciado patrimonio nacional que se debería proteger y conservar por medio de un mantenimiento oportuno y conveniente que posibilite una transitabilidad correcta para los usuarios.

Por esto, para el mantenimiento de vías pavimentadas en el Perú, se viene aumentando la implementación de los diferentes indicadores de evaluación, al respecto, se ha examinado internacionalmente, que una adecuada evaluación ayuda a obtener un eficiente mantenimiento de la red de carreteras y reduce de manera significativa los precios de operación de los vehículos, disminuye los tiempos de recorrido, optimiza el bienestar para la circulación vehicular y aminora los accidentes de tránsito por causa del mal estado de la vía, es por tal fundamento que es indispensable conocer el estado en que se hallan las vías después de su construcción.

En la actualidad la carretera Juli – Desaguadero ubicada en el departamento de Puno, presenta fallas como piel de cocodrilo, grietas longitudinales, grietas transversales y parcheo, por lo que es necesario evaluar la carretera para saber el estado actual en el que se presenta mediante los métodos y ensayos de Índice de condición de pavimentos (PCI), Índice de rugosidad (IRI), Viga Benkelman y Lavado Asfáltico.

Por lo expuesto anteriormente surge la formulación del Problema Principal: ¿Cómo es la serviciabilidad del pavimento flexible y qué propuesta de alternativa de intervención se plantea para la carretera Juli – Desaguadero – 2021?

Asimismo, se plantean los Problemas Específicos: ¿Cuál es el índice de rugosidad internacional (IRI) de la carretera Juli – Desaguadero – 2021?, ¿Cuál es la calidad de los materiales de la carpeta asfáltica de la carretera Juli – Desaguadero – 2021?, ¿Cuál es la condición estructural a través del ensayo de Deflectometría de la carretera Juli – Desaguadero - 2021?, ¿Cuál es el índice de condición del pavimento flexible (PCI) de la carretera Juli – Desaguadero - 2021?,

¿Qué alternativa de intervención es viable para mejorar la serviciabilidad superficial del pavimento flexible de la carretera Juli – Desaguadero – 2021?

El estudio se justifica porque se podrá conocer el estado situacional en la que se encuentra la vía Juli – Desaguadero. Por los métodos deflectométricos y de Índice de Rugosidad Internacional IRI, con la finalidad de ampliar la evaluación, se realizará la evaluación del pavimento mediante el Índice de Condición de Pavimento, y, por último, la evaluación del material existente mediante el ensayo del lavado asfáltico.

En nuestro país no existe mucha experiencia en la evaluación conjunta tanto de la parte funcional, estructural y calidad de material, siendo este tramo Juli – Desaguadero una de las carreteras idóneas para hacer una evaluación por su aparente estado ineficiente de serviciabilidad.

A su vez, el presente trabajo está destinado a evaluar los niveles de calidad exigidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el Manual de Carreteras referente a la deflexión característica y el Índice de Regularidad Internacional (IRI), que posibilite usar estos parámetros como indicadores del estado funcional y estructural del pavimento.

El Objetivo General planteado es, evaluar la serviciabilidad del pavimento flexible y qué alternativa de intervención se plantea para la carretera Juli – Desaguadero – 2021.

Así mismo nos planteamos los Objetivos Específicos que son:

Determinar el índice de rugosidad internacional (IRI) de la carretera Juli – Desaguadero – 2021.

Determinar la calidad de los materiales de la carpeta asfáltica de la carretera Juli – Desaguadero – 2021.

Determinar la condición estructural a través del ensayo de Deflectometría de la carretera Juli – Desaguadero - 2021.

Determinar el índice de condición del pavimento flexible (PCI) de la carretera Juli – Desaguadero – 2021.

Proponer una alternativa de intervención viable para mejorar la serviciabilidad superficial del pavimento flexible de la carretera Juli – Desaguadero – 2021.

Para la presente investigación formulamos las siguientes hipótesis de investigación: La serviciabilidad del pavimento flexible y la alternativa de intervención planteada para la carretera Juli – Desaguadero – 2021. Es malo con un valor de Índice de Rugosidad Internacional de 4.5 (m/km), con calidad regular de los materiales empleados en la carpeta asfáltica, es malo con un valor de 30 PCI, la deflexión es de 40mm/100, en la mayoría del tramo evaluado y se requiere una rehabilitación.

Así mismo nos planteamos las Hipótesis Específicas que son:

El índice de rugosidad internacional (IRI) de la carretera Juli – Desaguadero – 2021. Es malo con un valor de 4.5 (m/km).

La calidad de los materiales de la carpeta asfáltica de la carretera Juli - Desaguadero - 2021. Es de calidad regular.

La condición estructural a través del ensayo de Deflectometría de la carretera Juli – Desaguadero – 2021. Es de 40mm/100.

El índice de condición del pavimento flexible (PCI) de la carretera Juli – Desaguadero – 2021. Es malo con un valor de 30 PCI.

La alternativa de intervención viable para mejorar la serviciabilidad superficial del pavimento flexible de la carretera Juli – Desaguadero – 2021. Es una rehabilitación.

## II. MARCO TEÓRICO

Para conocer mejor el tema de investigación se tomó en cuenta las investigaciones realizadas en ámbitos internacional y nacional:

Suryoto [et al] (2017), según su artículo denominado “La evaluación del desempeño funcional de la carretera nacional utilizando tres tipos de métodos de evaluación de pavimentos”, tiene por objetivo determinar el estado funcional de la vía por tres procedimientos y evaluar la cercanía de la interacción entre estos tres procedimientos. La metodología empleada corresponde al tipo de investigación aplicada de diseño no experimental. Concluyendo que los resultados IRI dieron como condiciones moderadas debido al estado situacional de la vía, en el año 2012 se presentaron condiciones buenas, en el año 2013 se encontró en condiciones moderadas, según el método PCI en el año 2012 se presentaron condiciones buenas, así como también en el año 2013 se presentaron condiciones buenas.

Dwinto y Iman (2017), según su artículo denominado “Evaluación de las condiciones de manejo de la pista con los métodos del índice de estado del pavimento (PCI) y del índice de rugosidad internacional (IRI) en el Aeropuerto Internacional ADI Soemarmo Solo”, tiene por objetivo evaluación de la condición de manejo de la pista con los métodos de índice de estado del pavimento (PCI) y del índice de rugosidad internacional (IRI). La metodología empleada corresponde al tipo de investigación aplicada de diseño no experimental. Concluyendo se obtuvo un PCI promedio de 66.95 presentando una condición regular, por lo que se recomienda dar procedimiento menor para mejores y mantener la característica de serviciabilidad del pavimento.

Paredes (2019), según su tesis denominado “Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía: Cevallos – Quero en el tramo Km 5+800 al Km 9+100 de la provincia de Tungurahua”, tiene por objetivo proponer un sistema de gestión de conservación vial en función de las características física de la vía. Cevallos – Quero en el tramo desde la abscisa K5+800 a la abscisa K9+100 de la provincia de Tungurahua. La metodología empleada corresponde al tipo de investigación aplicada de diseño experimental. Concluyendo que durante la evaluación se logró determinar un PCI promedio dando

una cantidad 76 encontrándose en el rango Muy Bueno y mediante el ensayo deflectométrico se determinó que la subrasante se encuentra en un estado bueno, con un comportamiento estructural bueno.

Aranibar y Saavedra (2019), según su tesis denominado “Determinación del estado actual del pavimento mediante la medición del índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) en la vía principal Izcuchaca – Huarcocondo”, tiene por objetivo determinar el estado actual del pavimento mediante la medición del Índice de Condición de Pavimento (PCI) y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en la vía Izcuchaca – Huarcocondo. La metodología empleada corresponde al tipo de investigación aplicada de diseño no experimental. Concluyendo que tras la evaluación se determinó que el pavimento se encuentra en una clasificación regular obtenido un valor promedio 19.50, en cuanto a la evaluación IRI se determinó que se encuentra en un rango de 4.0 – 4.6 generando una clasificación regular, la falla más predominante que se presentó en esta investigación fueron vallas estructurales comprendidas sobre la carpeta de rodadura.

Salazar (2019), según su tesis denominado “Evaluación de las patologías del pavimento flexible aplicando el método PCI, para mejorar la transitabilidad de la carretera Pomalca – Tumán”, tiene por objetivo evaluar las patologías del pavimento flexible aplicando el método PCI, para mejorar la transitabilidad de la carretera Pomalca – Tumán desde el km 0+000 al km 10+000, año 2018. La metodología empleada corresponde al tipo de investigación aplicada de diseño no experimental. Concluyendo que mediante la evaluación se presentaron incidencias relacionadas a cada tipo de falla como exudación con 24.01%, abultamiento y hundimiento con 24.01%, grietas longitudinales y transversales con 1.83%, pulimiento de agregados 23.39%, huecos con 2.91%, ahuellamiento con 23.85%, dando paso a que la vía en mención cuenta con una escala de clasificación buena dando como intervención una actividad de tipo menor para poder mantener la condición de dicho semblante.

Ocmin y Ramos (2019), según su tesis denominado “Deflectometría de impacto para la determinación del refuerzo en la carretera Lima – Chosica Km 35+535 al Km 39+500”, tiene por objetivo analizar los factores que afecten la

deflexión del pavimento flexible a fin de determinar la influencia en el refuerzo de la carretera Lima Chosica Km 35+535 al Km 39+500 a través del Método AASHTO". La metodología empleada corresponde al tipo de investigación aplicada de diseño no experimental. Concluyendo que el espesor del refuerzo en la evaluación disminuye en un porcentaje promedio del 52.28%, en cuanto a la relación sobre la carga dinámica desarrollada con el FWD al ser corregida disminuye en una cantidad del 11.98%, las afecciones que se lograron determinar tendieron a mayor impacto del factor climatológico ya que esta se relación con el ensayo de deflexión viendo que este disminuye un promedio del 3.08%.

## **BASES TEÓRICAS**

En mayoría los modelos y procedimientos de evaluación de funcionamiento, se basan en la serviciabilidad del pavimento y en importancia de los residuos producidos al utilizar las respectivas intervenciones. Vera [et al] (2010 pág. 79)

En el lapso de evolución del deterioro de los pavimentos es dependiente de forma notable de 2 grupos de factores: factores pasivos, alusivo a las propiedades de los pavimentos (materiales utilizados, espesuras de las capas, calidad de la construcción) Factores activos (tráficos, agentes climáticos) Baque (2020 pág. 209).

Las vidas de nuestro país se encuentran en un estado excelente avance y desarrollo. El constante deterioro de las carreteras es ocasionado principalmente por agentes climáticos devastadores y característicos de cada región, el daño en las redes de acueductos y alcantarillados. Poca actividad de mantenimiento de parte de la administración pública y el incremento de vehículos hacen ver que las vías no fueron diseñadas para lo mencionado. Gallardo, Quintero & Cuanalo (2017 pág. 58).

Las diligencias de mantenimiento de carreteras de vías urbanas, generalmente son ejecutadas sin un planeamiento eficaz, es decir, que de manera empírica e incorrecta afecta negativamente a las vías. Como consecuencia crece la tasa de deterioro del pavimento, lo que hace que se incrementen los costos a los usuarios y a la gestión pública Pereira, Silva & Fontenele (2018 pág. 45).

La calidad del pavimento es un grado de índice numérico, por lo que tiende a variar de 0 para pavimentos fallados a 100 para pavimentos en condiciones de

buen estado. Este índice fue desarrollado para poder cuantificar la rectitud estructural del pavimento y condición operacional de la superficie. Severich & Valenzuela (2010 pág. 36).

Índice de condición del pavimento, PCI para pavimentos flexibles, obtener el ras para el servicio de una carretera y los hechos operacionales que se pueden interpretar, en esta ya sea un procedimiento profiláctico, correctivo, de reconstrucción o nulo; como, identificar el cálculo en el transcurso del tiempo del nivel de servicio. Esto es de acuerdo con el procedimiento ejecutado. Guzmán [et al] (2017 pág. 208).

La verificación visual forma parte de forma esencial en toda la investigación. Los diferentes tipos de fallas encontrados en el pavimento se especifican en función de su rigidez, frecuente y localización. Fernández, Caballero & Valverde (2019 pág. 61).

La apreciación de un pavimento permite hallar el estado en el que se encuentra la superficie del mismo, encontrando los deterioros que se pueden notar durante su vida útil. El punto de partida para estimar un pavimento es a través de una inspección visual. Martínez & Aenlle (2017 pág. 1).

La tecnología de pavimentos se ha ido desarrollando desde simples indicadores de inspección visual, a bases de datos maestras en software y hardware de apreciación del pavimento, que presagien y aprecian estadísticamente, la aparición de las patologías y su respectiva toma de alternativas, procedimientos correctivos y preventivos de mantenimiento. Benavides, Marín & Muñoz (2020 pág. 133).

Normalmente, en elegir la alternativa asociada con la conservación de pavimentos en servicio. Opera la institución y experiencia humana, cuyo objetivo está expuesto a muchos factores de incertidumbre. Calvo & Organista (2014 pág. 392).

La deflexión se limita como el movimiento vertical del área del pavimento en la respuesta a la aplicación de una carga externa, y representa una valoración general del sistema compuesto por la estructura y la subrasante en la aplicación de la carga mencionada. Balaguera, Leguizamón & Valiente (2018 pág. 8).

El divisor de riesgo vial que integra en mayor medida la génesis de los accidentes es la insuficiencia del mantenimiento de la estructura del pavimento; como un adecuado y constante mantenimiento de la capa de rodadura permitirá mantener una rugosidad que, de la confianza, seguridad y la comodidad del vehículo en el transcurso de la conducción. Mena & Torres (2020 pág. 2).

El cálculo de pavimento ofrece información que puede ser usada en el diseño como también en la gestión de la infraestructura, para dar prioridad las actividades de mantenimiento, rehabilitaciones y reconstrucciones. Esto posibilita además operar inventarios del estado y la condición de la red vial, como también permite hacer inventarios del estado y la condición en la que se está dicha red vial. Para poder estudiar los costos agregados en los que pueden incurrir los usuarios por el uso de la carretera. Badilla (2010 pág. 3)

Para estimar la condición estructural de un pavimento asfáltico es preciso analizar sus parámetros funcionales y estructurales, tomándose en cuenta como los más valiosos, la estructura tiene su capacidad portante hallada mediante los valores de deflexiones y deformaciones que acontecen frente a la acción que definen la magnitud de carga. Moll & Tejeda (2014 pág. 2)

La deflexión de un pavimento se limita como el valor que replica la respuesta estructural frente ante una carga vertical externa aplicada. Además, se deslinda como el desplazamiento vertical del paquete estructural de un pavimento frente la aplicación de una carga: generalmente, la carga es producida por el tránsito vehicular. Higuera (2009 pág. 74).

La procedencia general del funcionamiento del deflectómetro de impacto está basado en la generación de una onda de carga sobre el firme. Por lo que se consigue a través del impacto originado por caída libre de una determinada masa, el impacto es transmitido a través de un sistema de amortiguamiento elástico sobre una placa de carga. Serrano (2002 pág. 6).

La Viga Benkelman es un equipo utilizado en la Ingeniería de Pavimentos para evaluar la condición estructural del pavimento. El equipo generalmente se desarrolla con la viga acompañada de un volquete la cual generará un peso dando a conocer la deflexión. Avila, Albarracín & Bojorque (2015 pág. 152).

El aporte principal del ensayo Deflectometría ayuda a obtener el análisis de la capacidad de soporte a través del cálculo inversor de los módulos de deflexiones que se generan en las capas del pavimento a partir de los cuencos de deflexión registrados. Guzmán & Higuera (2016 pág. 66).

La característica primordial del difractómetro radica en el sistema de aplicación de carga, que posibilita producir los impulsos de carga que modelan de manera suficiente y aproximada tanto el tamaño como la duración de las cargas que exigen los vehículos al pavimento influidos por la viga. Pulido (2011 pág. 3).

La carga aplicada corresponde a un eje equivalente de 40 kN, la cual se usa para diseño de pavimentos y gestión de mantenimiento y rehabilitación a través de la estimación de vida remanente. Con el propósito de usar el mayor de la información obtenida de evaluación bianual. Leiva [et al] (2016 pág. 38).

Las características de la deflexión se toman de forma representativa de un tramo de la vía, como un costo medido que sustente su estado estructural por la deformación bajo las cargas. Esto tiende a que no haya disgregación con los valores a promediar. Una vez conocidos los resultados conseguidos del ensayo tienen que agruparse los valores más cercanos y en relación con estos fragmentar el tramo en subtramos que logren definirse por la misma deflexión característica. Llamazares (1966 pág. 56).

El índice de Rugosidad Internacional IRI es un indicador estadístico de la irregularidad del pavimento, representa la diferencia entre los perfiles longitudinales de las áreas previamente mencionadas. Este indicador es extensamente aceptado y usado en todo el mundo en investigaciones y por agencias viales debido a que influye de manera directa en la percepción que el cliente tiene del estado de la vía. Pradera (2006 pág. 17)

El perfilómetro MERLIN basa su funcionamiento en determinar la desviación del terreno frente a una cuerda definida entre 2 puntos situados antes y después del punto de medición. Para ello, el MERLIN utiliza un patín en contacto con el piso en el punto de medición. Servando (2012 pág. 49).

El índice de rugosidad se limita a la acumulación del movimiento vertical que permite la detención de una rueda (1/4 de automóvil) en cuanto éste recorre la

carretera a una velocidad como referencia de 80 km/h. en esta aceptación, es un índice de ventaja de rodadura e integra un parámetro que conforme de la vía que recibe el usuario. Marín, Riscanevo & Acosta (2016 pág. 62)

En un punto de la carretera el IRI se limita como la causa del movimiento relativo acumulado por la suspensión del vehículo, dividido por la distancia recorrida por el vehículo. Sánchez & Solminihac (1989 pág. 1).

La rugosidad es un factor que determina la comodidad, la seguridad y el desgaste que sufren los vehículos al transitar en una carretera. Este factor puede correlacionarse con la condición estructural de la vía y con su vida útil. Caicedo, Murillo & Trisancho (2014 pág. 20).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño de Investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación: Básica - Aplicada

Según Hernández (2019) indica que el tipo de investigación es el conjunto de métodos aplicados para profundizar un asunto o problema y generar nuevos conocimientos en el área en la que se está aplicando.

En la presente propuesta de investigación el tipo de investigación es el básico - aplicativo, puesto que, se darán a investigar conocimientos y procedimientos existentes de muestreos de materiales, posterior a ellos, se realizan procesos aplicados de experimentación complejos para poder lograr los objetivos planteados.

##### 3.1.2. Diseño de investigación: Cuasi Experimental

Según Hernández (2019) el diseño de la investigación es el plan y/o estrategia que se desarrolla para obtener la información necesaria para una investigación con el fin último de dar una respuesta satisfactoria al planteamiento del problema, éste sirve para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto en particular.

El diseño de la presente propuesta de investigación es cuasi experimental, ya que, se enfoca en monitorear el fenómeno que sucede en el lugar de estudio, aplica muestras significativas, diseño experimental al igual que estrategia de control y metodología cuantitativa con la finalidad de estudiar la información.

#### 3.2. Variables y Operacionalización

##### 3.2.1. Variable independiente: Serviciabilidad del pavimento flexible.

- a. **Definición Conceptual:** Según Fabricio Allende (2017), se denomina serviciabilidad del pavimento flexible a la característica operacional con la que cuenta un pavimento, es el nivel de servicio que provee a los usuarios, tanto hoy como en el futuro.
- b. **Definición Operacional:** La serviciabilidad del pavimento flexible se conceptualiza como la condición en la que se encuentra la infraestructura vial,

esta se puede determinar a través de ensayos no destructivos siendo estos los métodos PCI, IRI, PSI.

- c. **Dimensiones:** Índice de Condición del Pavimento (PCI), Índice de Rugosidad Internacional (IRI), Condición Estructural (Deflectometría), Calidad de la Carpeta Asfáltica.
- d. **Indicadores:** Tipo de Fallas, Severidad, Condición, Rugosidad del Pavimento, Viga Benkelman, Lavado Asfáltico (Granulometría de materiales).
- e. **Instrumento:** Manual PCI (Norma ASTM D 6433 – 03), Ensayos de Laboratorio (ASTM E 867 – 06), Ensayos de Laboratorio (ASTM D 4694 – 96), Ensayos de Laboratorio (ASTM D – 421).
- f. **Escala de Medición:** Razón.

### 3.2.2. Variable Dependiente: Alternativas de Intervención.

- a. **Definición Conceptual:** Según Jakeline Hilario (2019), Las alternativas de intervención se derivan en un amplio conjunto de actividades, adecuadas y oportunas, destinadas a mantener o restablecer las condiciones de vía al menor costo posible.
- b. **Definición Operacional:** Las alternativas de intervención dirigidas hacia una red vial no son nada más que actividades de tipo menor como rutinario, también se les denomina actividades de tipo mayor contemplándose dentro de ésta las actividades periódicas, rehabilitaciones, reconstrucción, éstas se ejecutarán de acuerdo a la condición en la que se encuentre la infraestructura vial.
- c. **Dimensiones:** Mantenimiento Rutinario, Mantenimiento Periódico, Rehabilitación, Reconstrucción.
- d. **Indicadores:** Sellos de Fisura, Parches, Lechadas Asfálticas, Refuerzo de Superficie de Rodadura, Reciclado, Reemplazo de Superficie de Rodadura, Reconformación de Todas las Capas del Paquete Estructural.
- e. **Instrumento:** Manual de Conservación Vial.
- f. **Escala de Medición:** Razón

### **3.3. Población, Muestra y Muestreo**

#### **3.3.1. Población**

Según Tamayo (2003 pág. 114), se define como el conjunto de todos los elementos (factores de estudio) pertenecientes al entorno espacial en el que se desarrolló el trabajo de investigación.

La población en la presente propuesta de investigación, queda constituida por la carretera Juli – Desaguadero (Km 1450+000 – Km 1451+000).

#### **3.3.2. Criterios de inclusión**

Según Vara (2010) el criterio de inclusión, es la delimitación de la población, considerando todos sus aspectos, propiedades y características de la población en estudio.

Para la presente propuesta de investigación, se consideró netamente la evaluación sobre un tramo de la superficie de la carretera Juli – Desaguadero.

#### **3.3.3. Criterios de exclusión**

Según Vara (2010) el criterio de exclusión, es la delimitación de la población, excluyendo aspectos, propiedades y características de la población en estudio que no se estudiarán.

En la presente propuesta de investigación, no se evaluaron tramos aledaños a la carretera Juli – Desaguadero.

#### **3.3.4. Muestra**

Según Hernández (2014) la muestra es parte de una población que se considera representativa de la misma.

La muestra en la presente propuesta de investigación queda constituida en un tramo determinado y seleccionado de la carretera Juli – Desaguadero (Km 1450+000 – Km 1451+000).

#### **3.3.5. Muestreo**

Según Pino (2018) el muestreo consiste en tomar una parte de un conjunto, estudiar una de sus características.

La presente investigación considera la muestra igual que la población del estudio.

### **3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

#### **3.4.1. Técnicas de recolección de datos**

Las técnicas según Arias (2004) consiste en la recolección de datos que implica elaborar un plan detallado de procedimientos que te conduzcan a reunir datos con un propósito específico.

Para la presente propuesta de investigación, se emplearon las técnicas de inspección visual, PCI, ensayos relacionados a la rugosidad del pavimento, ensayos de lavado asfáltico, Deflectometría, análisis e interpretación de datos. Todas éstas son de suma importancia para poder desarrollar el presente tema de investigación.

#### **3.4.2. Instrumentos de recolección datos**

García (2004) señala que los instrumentos “son aquellos medios físicos o virtuales que utiliza el investigador para recolectar datos que conlleva a medir una o más variables”.

Los instrumentos utilizados en el desarrollo de este proyecto de investigación son: Norma ASTM D 6433 – 03, Rugosímetro de Merlín, Equipo Centrifuga, Viga Benkelman, Software de Análisis e Interpretación de Datos.

### **3.5. Procedimientos**

A continuación, se detallan los procesos y detalles que se consideran en distintas fuentes para la evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible.

#### **3.5.1. Trabajo de campo**

##### **Evaluación de Índice de Rugosidad Internacional (IRI)**

Durante la primera etapa se procedió a realizar la evaluación superficial para hallar la calidad del Índice de Rugosidad Internacional utilizando el rugosímetro de Merlín.

## Figura 1

*Progresiva inicial. km 1450+000*



*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 1 se muestra el inicio de la progresiva donde se inició la evaluación de las rugosidades en diferentes tramos, las cuales serán seccionadas en 3 puntos en el carril derecho y 3 puntos en el carril izquierdo.

## Figura 2

*Calibración del equipo de Merlín.*



*Nota.* Elaboración propia

En la figura 2 se aprecia la calibración del rugosímetro de Merlín el cual efectuó las lecturas de los datos de rugosidades detalladas en doscientos puntos, que se denotan dentro del histograma.

### **Figura 3**

*Lectura del equipo*



*Nota.* Elaboración propia

En la figura 3 se aprecia la anotación respectiva de las rugosidades tomadas en cada punto efectuado.

A continuación, mostramos los datos obtenidos del trabajo de campo.

En la figura 4 se aprecia los datos obtenidos del trabajo de campo de las rugosidades tomadas de la progresiva: 1450+000 – 1450+400 del carril derecho.

### **Figura 4**

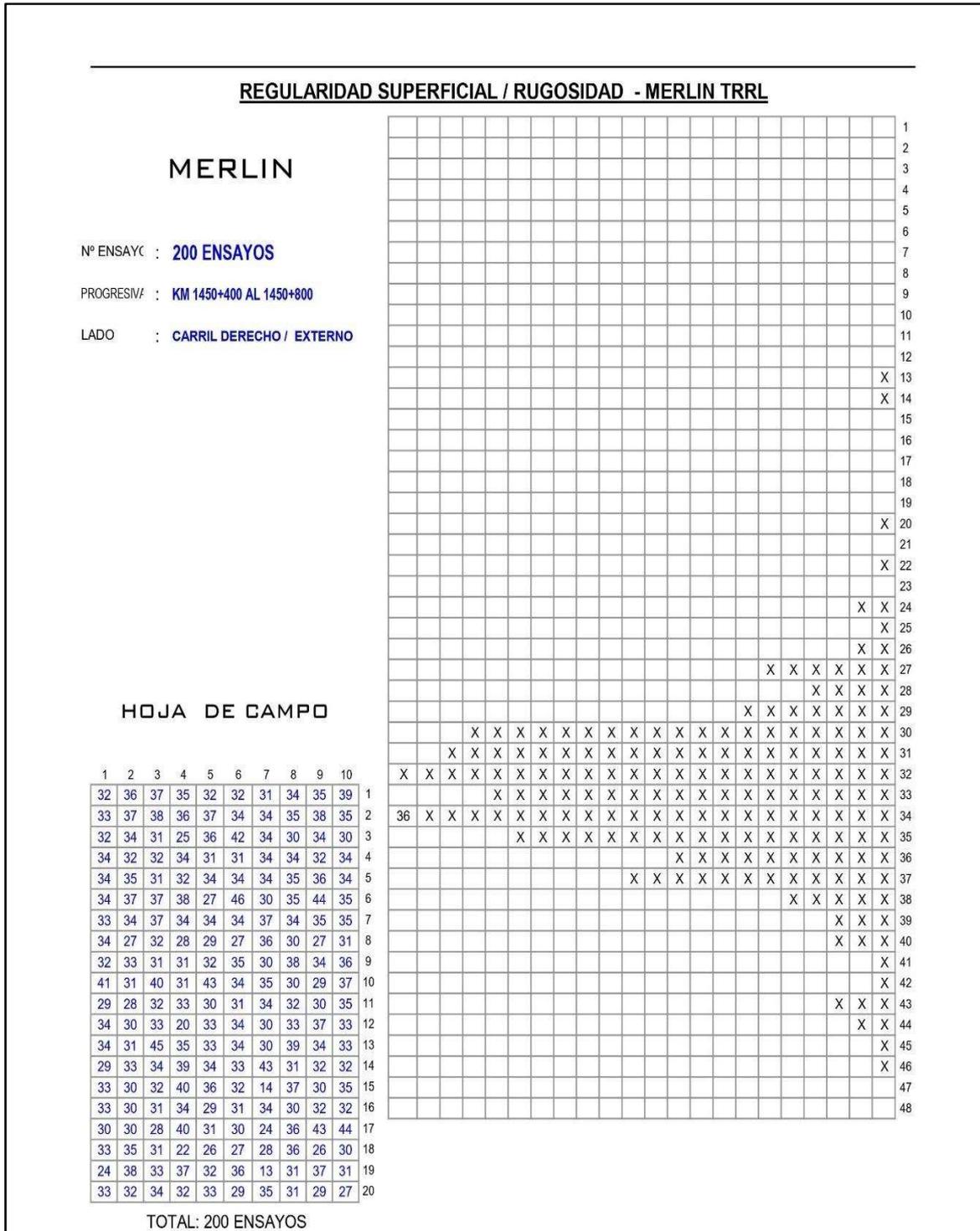
*Datos progresiva: 1450+000 – 1450+400. Carril derecho*



En la figura 5 se aprecia los datos obtenidos del trabajo de campo de las rugosidades tomadas de la progresiva: 1450+400 – 1450+800 del carril derecho.

**Figura 5**

*Datos progresiva: 1450+400 – 1450+800. Carril derecho*



*Nota. Elaboración propia y laboratorio*









### **Evaluación de los agregados de la carpeta asfáltica.**

Durante la segunda etapa se procedió a tomar la muestra del pavimento flexible para evaluar la composición de los agregados que conforman la mezcla asfáltica, luego, se llevó al laboratorio para su análisis mediante el lavado asfáltico.

En la figura 10 se aprecia la toma de muestra para su posterior evaluación en el laboratorio.

### **Figura 10**

*Toma de muestras que conforman la carpeta asfáltica*



*Nota.* Elaboración propia

### **Evaluación de Deflectometría.**

Durante la tercera etapa se procedió a desarrollar la evaluación de la deflectometría para hallar las deflexiones con las que cuenta el pavimento flexible.

Se procedió a llevar el camión con el pesaje de 8.2 toneladas señalado en la norma, la cual trabajó conjuntamente con la Viga Benkelman en la carretera Juli – Desaguadero, como se puede apreciar en la figura 11.

## Figura 11

*Camión de carga aplicada al pavimento flexible*



*Nota.* Elaboración propia

Por consiguiente, se procedió a efectuar la instalación de Viga Benkelman para proceder y comenzar la evaluación en la carretera Juli – Desaguadero, así como se aprecia en la figura 12.

## Figura 12

*Instalación de la Viga Benkelman*



*Nota.* Elaboración propia

Siguiendo con el procedimiento se procedió a trasladar la Viga Benkelman sobre los puntos a evaluar de la carretera Juli – Desaguadero.

**Figura 13**

*Traslado de la Viga Benkelman al punto de evaluación*



*Nota.* Elaboración propia

Se procedió a aplicar la carga del camión sobre el pavimento para originar las deflexiones que puede medir con el equipo utilizado en la carretera Juli – Desaguadero.

**Figura 14**

*Aplicación de la carga sobre el pavimento*



*Nota.* Elaboración propia

Por último, se procedió a tomar las deflexiones para realizar el debido procedimiento de gabinete donde se rectificarán las deflexiones de acuerdo a la temperatura tomada en el tramo Juli – Desaguadero.

### **Figura 15**

*Toma de datos de las deflexiones*



*Nota.* Elaboración propia

### **Evaluación PCI**

Durante la cuarta etapa se procedió a verificar la calidad de la condición del pavimento con el valor dado por la metodología PCI.

Se procedió a la visita de campo de la carretera Juli – Desaguadero, específicamente en la progresiva 1450+000 detallada en la siguiente imagen.

### **Figura 16**

*Punto de partida de la evaluación PCI*



*Nota.* Elaboración propia

En la figura 16 se presentan los materiales y herramientas a emplear para la detallada evaluación visual de la carretera Juli – Desaguadero.

Posteriormente se procedió a realizar el levantamiento visual utilizando los formatos de la ficha PCI, así como también se procedió a medir las fallas para poder anotarlas en dicho formato como se puede apreciar en la figura 17.

### **Figura 17**

#### *Procedimiento de medición de las fallas encontradas*



*Nota.* Elaboración propia

Para realizar este proceso se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

### **Cálculo de la Unidad de Muestreo:**

Se divide la vía en secciones o "unidades de muestreo", cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía de capa de rodadura.

Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m. El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango  $230.0 \pm 93.0$  m<sup>2</sup>. (Vásquez Varela, 2002).

En la siguiente tabla se presentan algunas relaciones longitud - ancho de calzada pavimentada.

**Tabla 1**

*Parámetros de anchos de calzadas*

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

*Nota.* Vásquez Varela (2002)

Recomendación más específica por AASHTO debido a longitudes mayores a 3 km siendo muy extensa, el manual del PCI nos sugiere realizar el cálculo de valor de "n" que es un número aleatorio de muestras mucho menor:

ASTM D6433:

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

n = número de unidades de muestra a inspeccionar.

N = Número de unidades de muestra en la sección, máx.200.

$\sigma$  = Desviación estándar del PCI entre unidades de muestra en la sección (Pavimento flexible= 10, pavimento rígido= 15).

$e$  = Error admisible (5 puntos).

### Intervalo de muestreo:

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

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

$i$  = Intervalo de muestreo.

$N$  = número total de unidades de muestra en la sección

$n$  = número de unidades de muestra a ser inspeccionadas

Para nuestro caso presentamos los valores y datos para proceder con la evaluación visual:

**Tabla 2**

*Parámetros de la calzada para determinar el área de muestreo*

<b>Datos</b>		<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
<b>Valor Máximo</b>	=	323.00	m2
<b>Valor Mínimo</b>	=	137.00	m2
<b>Tramos a Estudiar</b>	=	1450+000 1451+000	km
<b>Longitud de la Vía</b>	=	1000.00	m
<b>Ancho de Calzada</b>	=	7.30	m
<b>Longitud de la Muestra</b>	=	31.50	m
<b>Área de Muestra</b>	=	229.95	m2

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 3***Parámetros de las unidades de muestreo*

<b>Datos</b>		<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
<b>N</b>	=	32.00	N.a
<b><math>\sigma</math></b>	=	10	N.a
<b>e</b>	=	5.00%	N.a
<b><math>N \times s^2</math></b>	=	3200.00	N.a
<b><math>\frac{e^2}{4}</math></b>	=	6.25	N.a
<b><math>N - 1</math></b>	=	31.00	N.a
<b><math>\sigma^2</math></b>	=	100	N.a
<b>n</b>	=	<b>11</b>	<b>Und.</b>

*Nota.* Elaboración propia**Tabla 4***Parámetros para determinar el intervalo de muestreo*

<b>Datos</b>		<b>Valores</b>	<b>Unidades</b>
<b>N</b>	=	32.00	N.a
<b>n</b>	=	11.00	N.a
<b>i</b>	=	2.00	Und.

*Nota.* Elaboración propia

A continuación, presentamos los datos obtenidos de la inspección visual del pavimento flexible, que comprende la progresiva: 1450.00 + 1451.00.

En la figura 18 se aprecia la toma de datos recogidos del campo y las imágenes que indica la situación real del pavimento flexible de la muestra 1 que comprende las progresivas 1450+000 – 1450+031.50.

**Figura 18***Muestra 1. (Progresiva: 1450+000-1450+031.50)*

### PCI - 01 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFALTICA

**PROYECTO** : Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero - 2021.  
**NOMBRE DE LA VIA** : CARRETERA PE-3S JULI - DESAGUADERO (1450+000 - 1451+000)  
**PROGRESIVA INICIAL (km)** : (1450+000)  
**PROGRESIVA FINAL (km)** : (1450+031.5)  
**ANCHO DE VIA (m)** : 7.30  
**AREA DE LA UNIDAD (m2)** : 229.95

Nº	Tipo de Falla	Und.	A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	I.
1	Piel de Cocodrilo	m2									
2	Exudacion	m2									
3	Agrietamiento en Bloque	m2									
4	Abultamiento y Hundimiento	m2									
5	Corrugacion	m2									
6	Depresion	m2									
7	Grieta de Borde	m									
8	Grieta de reflexion de junta	m									
9	Desnivel Carril / Berma	m									
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m									
11	Parqueo	m2									
12	Pulimiento de Agregados	m2									
13	Huecos	und									
14	Cruce de Via Ferrea	m2									
15	Ahuellamiento	m2									
16	Desplazamiento	m2									
17	Grieta Parabolica	m2									
18	Hinchamiento	m2									
19	Desprendimiento de Agregados	m2									

Nota. Elaboración propia

En la Tabla 5 se aprecia la toma de datos recogidos de las fallas generadas del pavimento flexible de la muestra 1 que comprende las progresivas 1450+000 – 1450+031.50.

**Tabla 5**

*Fallas generadas en la muestra 1*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud /			Cantidades parciales	Total
				unidad	L (m)	A (m) Und.		
A	1	H	m2	31.50	2.80		88.20	88.20
B	3	M	m2	24.00	1.00		24.00	24.00
C	10	M	m	120.00			120.00	120.00
D	11	M	m2	1.50	0.50		0.75	0.75
E	15	M	m2	31.50	1.00		31.50	31.50

Nota. Elaboración propia

En la figura 19 se aprecia la toma de datos recogidos del campo y las imágenes que indica la situación real del pavimento flexible de la muestra 2 que comprende las progresivas 1450+094.50 – 1450+126.00.

**Figura 19**

*Muestra 2. (Progresiva: 1450+094.50-1450+126.00)*

<b>PCI - 02 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFALTICA</b>		
<b>PROYECTO</b>	<i>Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero - 2021.</i>	
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>	<i>CARRETERA PE-3S JULI - DESAGUADERO (1450+000 - 1451+000)</i>	
<b>PROGRESIVA INICIAL (km)</b>	<i>(1450+094.50)</i>	
<b>PROGRESIVA FINAL (km)</b>	<i>(1450+126.00)</i>	
<b>ANCHO DE VIA (m)</b>	<i>7.30</i>	
<b>AREA DE LA UNIDAD (m2)</b>	<i>229.95</i>	

Nº	Tipo de Falla	Und.	A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	I.
1	¡Piel de Cocodrilo	m2									
2	Exudacion	m2									
3	¡Agrietamiento en Bloque	m2									
4	¡Abultamiento y Hundimiento	m2									
5	¡Corrugacion	m2									
6	¡Depresion	m2									
7	¡Grieta de Borde	m									
8	¡Grieta de reflexion de junta	m									
9	¡Desnivel Carril / Berma	m									
10	¡Grietas Longitudinales y Transversales	m									
11	¡Parcheo	m2									
12	¡Pulimiento de Agregados	m2									
13	¡Huecos	und									
14	¡Cruce de Via Ferrea	m2									
15	¡Ahuellamiento	m2									
16	¡Desplazamiento	m2									
17	¡Grieta Parabolica	m2									
18	¡Hinchamiento	m2									
19	¡Desprendimiento de Agregados	m2									

*Nota.* Elaboración propia

En la Tabla 6 se aprecia la toma de datos recogidos de las fallas generadas del pavimento flexible de la muestra 2 que comprende las progresivas 1450+094.50 – 1450+126.00.

**Tabla 6**

*Fallas generadas en la muestra 2*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud /			Cantidades parciales	Total
				unidad		Und.		
				L (m)	A (m)	Und.		
A	1	M	m2	31.50	2.00		63.00	63.00
B	3	M	m2	12.00	2.00		24.00	24.00
C	8	M	m	10.00			10.00	10.00

Nota. Elaboración propia.

En la figura 20 se aprecia la toma de datos recogidos del campo y las imágenes que indica la situación real del pavimento flexible de la muestra 3 que comprende las progresivas 1450+189.00 – 1450+220.50.

**Figura 20**

*Muestra 3. (Progresiva: 1450+189.00-1450+220.50)*

**PCI - 03 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFALTICA**

**PROYECTO** : Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero - 2021.

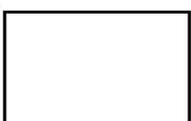
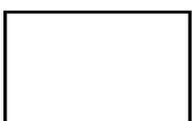
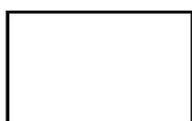
**NOMBRE DE LA VIA** : CARRETERA PE-3S JULI - DESAGUADERO (1450+000 - 1451+000)

**PROGRESIVA INICIAL (km)** : (1450+ 189.00)

**PROGRESIVA FINAL (km)** : (1450+ 220.50)

**ANCHO DE VIA (m)** : 7,30

**AREA DE LA UNIDAD (m2)** : 229.95

Nº	Tipo de Falla	Und.	A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	I.
1	Piel de Cocodrilo	m2									
2	Exudacion	m2									
3	Agrietamiento en Bloque	m2									
4	Abultamiento y Hundimiento	m2									
5	Corrugacion	m2									
6	Depresion	m2									
7	Grieta de Borde	m									
8	Grieta de reflexion de junta	m									
9	Desnivel Carril / Berma	m									
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m									
11	Parqueo	m2									
12	Pullimiento de Agregados	m2									
13	Huecos	und									
14	Crucos de Via Ferrea	m2									
15	Ahuellamiento	m2									
16	Desplazamiento	m2									
17	Grieta Parabolica	m2									
18	Hinchamiento	m2									
19	Desprendimiento de Agregados	m2									

Nota. Elaboración propia

En la Tabla 7 se aprecia la toma de datos recogidos de las fallas generadas del pavimento flexible de la muestra 3 que comprende las progresivas 1450+189.00 – 1450+220.50.

**Tabla 7**

*Fallas generadas en la muestra 3*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud /			Cantidades parciales	Total
				unidad		Und.		
				L (m)	A (m)	Und.		
A	1	H	m2	31.50	3.00		94.50	94.50
B	5	M	m2	20.00	0.50		10.00	10.00
C	7	M	m	3.00			3.00	3.00
D	9	M	m	30.00			30.00	30.00
E	10	H	m	80.00			80.00	80.00
F	15	M	m2	20.00	0.50		10.00	10.00

*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 21 se aprecia la toma de datos recogidos del campo y las imágenes que indica la situación real del pavimento flexible de la muestra 4 que comprende las progresivas 1450+283.50 – 1450+315.00.

**Figura 21**

*Muestra 4. (Progresiva: 1450+283.50-1450+315.00)*

**PCI - 04 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFALTICA**

**PROYECTO** : Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero - 2021.

**NOMBRE DE LA VIA** : CARRETERA PE-3S JULI - DESAGUADERO (1450+000 - 1451+000)

**PROGRESIVA INICIAL (km)** : (1450+283.50)

**PROGRESIVA FINAL (km)** : (1450+315.00)

**ANCHO DE VIA (m)** : 7.30

**AREA DE LA UNIDAD (m2)** : 229.95

Nº	Tipo de Falla	Und.	A.	B.	C.
1	Piel de Cocodrilo	m2			
2	Exudacion	m2			
3	Agrietamiento en Bloque	m2			
4	Abultamiento y Hundimiento	m2			
5	Corrugacion	m2			
6	Depresion	m2			
7	Grieta de Borde	m			
8	Grieta de reflexion de junta	m			
9	Desnivel Carril / Berma	m			
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m			
11	Parqueo	m2			
12	Pulmiento de Agregados	m2			
13	Huecos	und			
14	Cruce de Via Ferrea	m2			
15	Ahuellamiento	m2			
16	Desplazamiento	m2			
17	Grieta Parabolica	m2			
18	Hinchamiento	m2			
19	Desprendimiento de Agregados	m2			

*Nota.* Elaboración propia

En la Tabla 8 se aprecia la toma de datos recogidos de las fallas generadas del pavimento flexible de la muestra 4 que comprende las progresivas 1450+283.50 – 1450+315.00.

**Tabla 8**

*Fallas generadas en la muestra 4*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud /			Cantidades parciales	Total
				unidad				
				L (m)	A (m)	Und.		
A	1	L	m2	31.50	1.50	47.25	47.25	
B	9	L	m	10.00		10.00	10.00	
C	10	L	m2	8.00	3.00	24.00	24.00	
D	15	L	m	15.00		15.00	15.00	

*Nota.* Elaboración propia

En la figura 22 se aprecia la toma de datos recogidos del campo y las imágenes que indica la situación real del pavimento flexible de la muestra 5 que comprende las progresivas 1450+378.00 – 1450+409.50.

**Figura 22**

*Muestra 5. (Progresiva: 1450+378.00-1450+409.50)*

**PCI - 05 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFALTICA**

**PROYECTO** : Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero - 2021.

**NOMBRE DE LA VIA** : CARRETERA PE-3S JULI - DESAGUADERO (1450+000 - 1451+000)

**PROGRESIVA INICIAL (km)** : (1450+378.00)

**PROGRESIVA FINAL (km)** : (1450+409.50)

**ANCHO DE VIA (m)** : 7.30

**AREA DE LA UNIDAD (m2)** : 229.95

Nº	Tipo de Falla	Und.	A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	I.
1	Piel de Cocodrilo	m2									
2	Exudación	m2									
3	Agrietamiento en Bloque	m2									
4	Abultamiento y Hundimiento	m2									
5	Corrugación	m2									
6	Depresión	m2									
7	Grieta de Borde	m									
8	Grieta de reflexión de junta	m									
9	Desnivel Carril / Berma	m									
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m									
11	Parqueo	m2									
12	Pullimiento de Agregados	m2									
13	Huecos	und									
14	Cruce de Via Ferrea	m2									
15	Ahuellamiento	m2									
16	Desplazamiento	m2									
17	Grieta Parabolica	m2									
18	Hinchamiento	m2									
19	Desprendimiento de Agregados	m2									

*Nota.* Elaboración propia

En la Tabla 9 se aprecia la toma de datos recogidos de las fallas generadas del pavimento flexible de la muestra 5 que comprende las progresivas 1450+378.00 – 1450+409.50.

**Tabla 9**

*Fallas generadas en la muestra 5*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud /			Cantidades parciales	Total
				unidad				
				L (m)	A (m)	Und.		
A	1	M	m2	31.50	1.50	47.25	47.25	
B	4	M	m2	20.00	1.00	20.00	20.00	
C	7	M	m	25.00		25.00	25.00	
D	9	M	m	5.00		5.00	5.00	
E	10	M	m	75.00		75.00	75.00	
F	15	M	m2	20.00	0.60	12.00	12.00	

*Nota.* Elaboración propia

En la figura 23 se aprecia la toma de datos recogidos del campo y las imágenes que indica la situación real del pavimento flexible de la muestra 6 que comprende las progresivas 1450+472.50 – 1450+504.00.

**Figura 23**

*Muestra 6. (Progresiva: 1450+472.50-1450+504.00)*

PCI - 06 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFALTICA			
PROYECTO	Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero - 2021.		
NOMBRE DE LA VIA	CARRETERA PE-3S JULI - DESAGUADERO (1450+000 - 1451+000)		
PROGRESIVA INICIAL (km)	(1450+ 472.50)		
PROGRESIVA FINAL (km)	(1450+ 504.00)		
ANCHO DE VIA (m)	7.30		
AREA DE LA UNIDAD (m2)	229.95		

Nº	Tipo de Falla	Und.	A.	B.	C.
1	Piel de Cocodrilo	m2			
2	Exudacion	m2			
3	Agrietamiento en Bloque	m2			
4	Abultamiento y Hundimiento	m2			
5	Corrugacion	m2			
6	Depresion	m2			
7	Grieta de Bordo	m			
8	Grieta de reflexion de junta	m			
9	Desnivel Carril / Borma	m			
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m			
11	Parcheo	m2			
12	Pulimiento de Agregados	m2			
13	Huacos	und			
14	Cruce de Via Ferrea	m2			
15	Ahuellamiento	m2			
16	Desplazamiento	m2			
17	Grieta Parabolica	m2			
18	Hinchamiento	m2			
19	Desprendimiento de Agregados	m2			

*Nota.* Elaboración propia

En la Tabla 10 se aprecia la toma de datos recogidos de las fallas generadas del pavimento flexible de la muestra 6 que comprende las progresivas 1450+378.00 – 1450+409.50.

**Tabla 10**

*Fallas generadas en la muestra 6*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud /			Cantidades parciales	Total
				unidad				
				L (m)	A (m)	Und.		
A	1	M	m2	31.50	1.50		47.25	47.25
B	3	M	m2	7.00	3.00		21.00	21.00
C	4	M	m2	2.00	2.00		4.00	4.00
D	9	M	m	15.00			15.00	15.00
E	10	M	m	90.00			90.00	90.00
F	11	M	m2	2.00	0.60		1.20	1.20
G	15	M	m2	31.50	2.00		63.00	63.00

*Nota.* Elaboración propia

En la figura 24 se aprecia la toma de datos recogidos del campo y las imágenes que indica la situación real del pavimento flexible de la muestra 7 que comprende las progresivas 1450+567.00 – 1450+598.50.

**Figura 24**

*Muestra 7. (Progresiva: 1450+567.00-1450+598.50)*

PCI - 07 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFALTICA		
PROYECTO	:	Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero - 2021.
NOMBRE DE LA VIA	:	CARRETERA PE-3S JULI - DESAGUADERO (1450+000 - 1451+000)
PROGRESIVA INICIAL (km)	:	(1450+ 567.00)
PROGRESIVA FINAL (km)	:	(1450+ 598.50)
ANCHO DE VIA (m)	:	7.30
AREA DE LA UNIDAD (m2)	:	229.95

Nº	Tipo de Falla	Und.	A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	I.
1	Fiel de Coccodrilo	m2									
2	Exudaciones	m2									
3	Agrupamiento en Bloque	m2									
4	Abultamiento y Hundimiento	m2									
5	Carrugación	m2									
6	Depresión	m2									
7	Grieta de Borde	m									
8	Grieta de reflexión de junta	m									
9	Desnivel Carril / Berma	m									
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m									
11	Furcheo	m2									
12	Fuilitamiento de Agregados	m2									
13	Huecos	und									
14	Crucero de Vía Ferrea	m2									
15	Ahuillamiento	m2									
16	Desplazamiento	m2									
17	Grieta Parabólica	m2									
18	Hinchamiento	m2									
19	Desprendimiento de Agregados	m2									

*Nota.* Elaboración propia

En la Tabla 11 se aprecia la toma de datos recogidos de las fallas generadas del pavimento flexible de la muestra 7 que comprende las progresivas 1450+567.00 – 1450+598.50.

**Tabla 11**

*Fallas generadas en la muestra 7*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud /			Cantidades parciales	Total
				unidad				
				L (m)	A (m)	Und.		
A	1	L	m2	31.50	1.20	37.80	37.80	
B	9	M	m	73.00		73.00	73.00	
C	10	M	m	65.00		65.00	65.00	
D	15	L	m2	15.00	1.00	15.00	15.00	

*Nota.* Elaboración propia

En la figura 25 se aprecia la toma de datos recogidos del campo y las imágenes que indica la situación real del pavimento flexible de la muestra 8 que comprende las progresivas 1450+661.50 – 1450+693.00.

**Figura 25**

*Muestra 8. (Progresiva: 1450+661.50-1450+693.00)*

PCI - 08 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFALTICA			
<b>PROYECTO</b>		Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero - 2021.	
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>		CARRETERA PE-3S JULI - DESAGUADERO (1450+000 - 1451+000)	
<b>PROGRESIVA INICIAL (km)</b>		(1450+661.50)	
<b>PROGRESIVA FINAL (km)</b>		(1450+693.00)	
<b>ANCHO DE VIA (m)</b>		7.30	
<b>AREA DE LA UNIDAD (m2)</b>		229.95	

Nº	Tipo de Falla	Und.	A.	B.	C.
1	Piel de Cocodrilo	m2			
2	Exudacion	m2			
3	Agrietamiento en Bloque	m2			
4	Abultamiento y Hundimiento	m2			
5	Corrugacion	m2			
6	Depression	m2			
7	Grieta de Borde	m			
8	Grieta de reflexion de junta	m			
9	Desnivel Carril / Berma	m			
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m			
11	Parqueo	m2			
12	Pulimiento de Agregados	m2			
13	Huecos	und.			
14	Cruce de Via Ferrea	m2			
15	Ahuellamiento	m2			
16	Desplazamiento	m2			
17	Grieta Parabolica	m2			
18	Hinchamiento	m2			
19	Desprendimiento de Agregados	m2			

*Nota.* Elaboración propia

En la Tabla 12 se aprecia la toma de datos recogidos de las fallas generadas del pavimento flexible de la muestra 8 que comprende las progresivas 1450+661.50 – 1450+693.00.

**Tabla 12**

*Fallas generadas en la muestra 8*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud /			Cantidades parciales	Total
				unidad				
				L (m)	A (m)	Und.		
A	1	L	m2	31.50	1.20	37.80	37.80	
B	5	L	m2	20.00	3.60	72.00	72.00	
C	9	L	m	20.00		20.00	20.00	
D	10	L	m	15.00		50.00	50.00	

*Nota.* Elaboración propia

En la figura 26 se aprecia la toma de datos recogidos del campo y las imágenes que indica la situación real del pavimento flexible de la muestra 9 que comprende las progresivas 1450+756.00 – 1450+787.50.

**Figura 26**

*Muestra 9. (Progresiva: 1450+756.00-1450+787.50)*

PCI - 09 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFALTICA		
PROYECTO	Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero - 2021.	
NOMBRE DE LA VIA	CARRETERA PE-3S JULI - DESAGUADERO (1450+000 - 1451+000)	
PROGRESIVA INICIAL (km)	(1450+756.00)	
PROGRESIVA FINAL (km)	(1450+787.50)	
ANCHO DE VIA (m)	7.30	
AREA DE LA UNIDAD (m2)	229.95	

Nº	Tipo de Falla	Und.	A.	B.	C.
1	Piel de Cocodrilo	m2			
2	Exudacion	m2			
3	Agrietamiento en Bloque	m2			
4	Abultamiento y Hundimiento	m2			
5	Corrugacion	m2			
6	Depresion	m2			
7	Grieta de Borde	m			
8	Grieta de reflexion de junta	m			
9	Desnivel Carril / Berma	m			
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m			
11	Parqueo	m2			
12	Pulverizacion de Agregados	m2			
13	Huecos	und.			
14	Cruce de Via Ferrea	m2			
15	Ahuellamiento	m2			
16	Desplazamiento	m2			
17	Grieta Parabolica	m2			
18	Hinchamiento	m2			
19	Desprendimiento de Agregados	m2			

*Nota.* Elaboración propia

En la Tabla 13 se aprecia la toma de datos recogidos de las fallas generadas del pavimento flexible de la muestra 9 que comprende las progresivas 1450+756.00 – 1450+787.50.

**Tabla 13**

*Fallas generadas en la muestra 9.*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud /			Cantidades parciales	Total
				L (m)	A (m)	Und.		
A	1	L	m2	31.50	1.80		56.70	56.70
B	5	L	m2	20.00	2.00		40.00	40.00
C	10	L	m	50.00			50.00	50.00

*Nota.* Elaboración propia.

En la figura 27 se aprecia la toma de datos recogidos del campo y las imágenes que indica la situación real del pavimento flexible de la muestra 10 que comprende las progresivas 1450+850.50 – 1450+882.00.

**Figura 27**

*Muestra 10. (Progresiva: 1450+850.50-1450+882.00)*

PCI - 10 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFALTICA		
<b>PROYECTO</b>	:	Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero - 2021.
<b>NOMBRE DE LA VIA</b>	:	CARRETERA PE-3S JULI - DESAGUADERO (1450+000 - 1451+000)
<b>PROGRESIVA INICIAL (km)</b>	:	(1450+850.50)
<b>PROGRESIVA FINAL (km)</b>	:	(1450+882.00)
<b>ANCHO DE VIA (m)</b>	:	7.30
<b>AREA DE LA UNIDAD (m2)</b>	:	229.95

Nº	Tipo de Falla	Und.	A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	I.
1	Piel de Cocodrilo	m2									
2	Exudacion	m2									
3	Agrietamiento en Bloque	m2									
4	Abultamiento y Hundimiento	m2									
5	Corrugacion	m2									
6	Depresion	m2									
7	Grieta de Borde	m									
8	Grieta de reflexion de junta	m									
9	Desnivel Carril / Berma	m									
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m									
11	Parqueo	m2									
12	Pulimiento de Agregados	m2									
13	Huecos	und									
14	Cruce de Via Ferrea	m2									
15	Ahuellamiento	m2									
16	Desplazamiento	m2									
17	Grieta Parabolica	m2									
18	Hinchamiento	m2									
19	Desprendimiento de Agregados	m2									

*Nota.* Elaboración propia

En la Tabla 14 se aprecia la toma de datos recogidos de las fallas generadas del pavimento flexible de la muestra 10 que comprende las progresivas 1450+850.50 – 1450+882.00.

**Tabla 14**

*Fallas generadas en la muestra 10*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud /			Cantidades parciales	Total
				unidad	L (m)	A (m)		
A	1	M	m2	31.50	3.20		100.80	100.80
B	4	M	m2	10.00	2.00		20.00	20.00
C	10	M	M	100.00			100.00	100.00

*Nota.* Elaboración propia

En la figura 28 se aprecia la toma de datos recogidos del campo y las imágenes que indica la situación real del pavimento flexible de la muestra 11 que comprende las progresivas 1450+945.00 – 1450+976.50.

**Figura 28**

*Muestra 11. (Progresiva: 1450+945.00-1450+976.50)*

PCI - 11 CARRETERA CON SUPERFICIE ASFALTICA			
PROYECTO	:	Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero - 2021.	
NOMBRE DE LA VIA	:	CARRETERA PE-3S JULI - DESAGUADERO (1450+000 - 1451+000)	
PROGRESIVA INICIAL (km)	:	(1450+945.00)	
PROGRESIVA FINAL (km)	:	(1450+976.50)	
ANCHO DE VIA (m)	:	7.30	
AREA DE LA UNIDAD (m2)	:	229.95	

Nº	Tipo de Falla	Und.	A.	B.	C.	D.	E.	F.	G.	H.	I.
1	Piel de Cocodrilo	m2									
2	Exudacion	m2									
3	Agrietamiento en Bloque	m2									
4	Abultamiento y Hundimiento	m2									
5	Corrugacion	m2									
6	Depresion	m2									
7	Grieta de Borde	m									
8	Grieta de reflexion de junta	m									
9	Desnivel Carril / Berma	m									
10	Grietas Longitudinales y Transversales	m									
11	Parqueo	m2									
12	Pulimiento de Agregados	m2									
13	Huecos	und									
14	Cruce de Via Ferrea	m2									
15	Anillamiento	m2									
16	Desplazamiento	m2									
17	Grieta Parabolica	m2									
18	Hinchamiento	m2									
19	Desprendimiento de Agregados	m2									

*Nota.* Elaboración propia

En la Tabla 15 se aprecia la toma de datos recogidos de las fallas generadas del pavimento flexible de la muestra 11 que comprende las progresivas 1450+945.00 – 1450+976.50.

**Tabla 15**

*Fallas generadas en la muestra 11*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud /			Cantidades parciales	Total
				unidad		Und.		
				L (m)	A (m)			
A	1	M	m2	31.50	1.50	47.25	47.25	
B	3	M	m2	4.00	5.00	20.00	20.00	
C	9	M	m	20.00		20.00	20.00	
D	11	M	m2	1.50	1.00	1.50	1.50	
E	15	M	m2	31.50	1.00	31.50	31.50	

*Nota.* Elaboración propia

### 3.5.2. Trabajo de gabinete

En el trabajo de gabinete se procedió a calcular la rugosidad promedio del pavimento flexible, luego al proceso de la interpretación de los resultados de laboratorio obtenidos sobre la carpeta asfáltica, así como también se usó el software Excel para desarrollar las deflexiones obtenidas con el deflectómetro, y por último se procedió a calcular la condición del pavimento con los datos de severidad, cantidad y tipo de fallas del pavimento Juli – Desaguadero.

### Evaluación de la calidad del Índice de Rugosidad Internacional

Se presentan los valores dados obtenidos mediante la evaluación del IRI utilizando el rugosímetro de Merlín para determinar la rugosidad con la que cuenta el pavimento flexible de la carretera Juli – Desaguadero, comprendidas entre las progresivas (1450+000 – 1451+000).

En la tabla 16 se puede apreciar todas las rugosidades obtenidas sobre el carril derecho extremo, progresivas (1450+000 – 1450+400), que se generaron mediante la evaluación del IRI con el rugosímetro de Merlín, ésta comprende una totalidad de 200 unidades de muestra, la cuales serán seleccionadas para generar el histograma correspondiente.

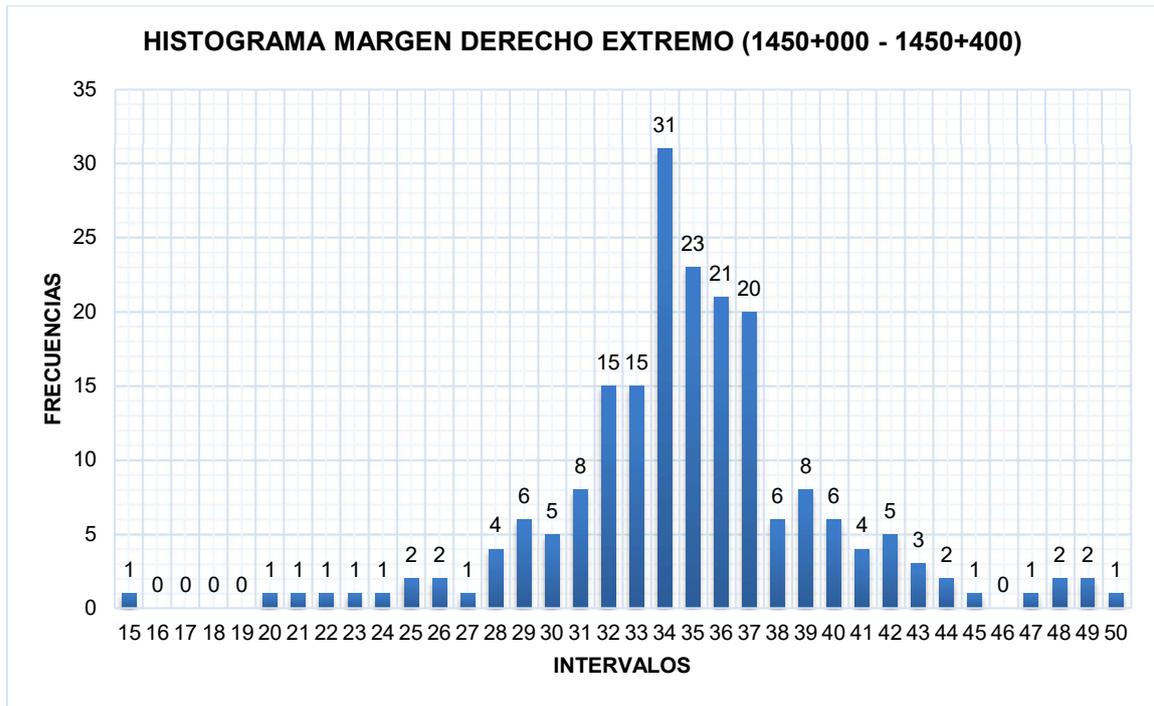
**Tabla 16***Carril derecho extremo. Progresivas (1450+000 – 1450+400)*

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	
41	38	33	24	34	42	33	28	35	32	<b>1</b>
36	37	32	30	34	36	35	32	36	44	<b>2</b>
35	32	35	44	35	50	43	47	33	39	<b>3</b>
48	35	40	33	41	34	36	36	37	32	<b>4</b>
40	42	49	39	29	32	23	29	21	35	<b>5</b>
31	31	42	25	31	38	33	34	26	39	<b>6</b>
31	32	31	32	37	34	43	40	30	39	<b>7</b>
34	28	37	36	37	37	36	30	28	22	<b>8</b>
32	30	41	37	37	40	37	37	31	15	<b>9</b>
29	25	33	34	42	37	36	35	33	35	<b>10</b>
38	27	34	37	20	36	37	36	34	41	<b>11</b>
35	36	32	34	34	36	34	37	35	35	<b>12</b>
34	35	34	34	34	35	34	34	34	35	<b>13</b>
32	34	35	34	35	36	33	36	30	29	<b>14</b>
33	32	36	40	35	35	31	26	32	33	<b>15</b>
32	33	34	39	39	34	40	35	37	38	<b>16</b>
37	37	34	34	33	34	33	42	38	33	<b>17</b>
32	36	39	35	36	37	36	34	31	36	<b>18</b>
38	36	48	34	28	29	33	36	34	45	<b>19</b>
43	37	35	34	29	49	39	37	35	34	<b>20</b>

*Nota.* Resultados de laboratorio

En la figura 29 se presenta el histograma del IRI dado por la evaluación con el rugosímetro de Merlín relacionado con la frecuencia e intervalo de los valores generados, se aprecia el inicio desde el intervalo 15 ya que los valores adyacentes relacionados a este histograma tendieron a darse valores de 0.00, en cuanto a los consiguientes intervalos 32, 33, 34, 35, 36, 37, denotaron frecuencias máximas de (15, 15, 31, 23, 21, 20), siendo las más significativas dentro de este gráfico.

**Figura 29***Histograma margen derecho progresivas (1450+000 – 1450+400)*



*Nota.* Elaboración propia

Obteniendo un rango D corregido para el carril derecho extremo ubicado dentro de las progresivas (1450+000 – 1450+400):

$$Rango_D = 81.67 \text{ mm}$$

La rugosidad obtenida para el carril derecho extremo ubicado dentro de las progresivas (1450+000 – 1450+400) se caracterizó con un valor de:

$$Rugosidad = 4.43 \text{ IRI}$$

Dando pase a un valor PSI para el carril derecho extremo ubicado dentro de las progresivas (1450+000 – 1450+400) de:

$$PSI = 2.20$$

Deduciendo que según el valor PSI de 2.20 las progresivas 1450+000 – 1450+400, la condición en la que se encuentra el pavimento evaluado en el carril derecho se encuentra en un estado Regular.

En la tabla 17 se puede apreciar todas las rugosidades obtenidas sobre el carril derecho extremo ubicado dentro de las progresivas (1450+400 – 1450+800), que se generaron mediante la evaluación del IRI con el rugosímetro de Merlín, ésta

comprende una totalidad de 200 unidades de muestra la cuales serán seleccionadas para generar el histograma correspondiente.

**Tabla 17**

*Carril derecho extremo. Progresivas (1450+400 – 1450+800)*

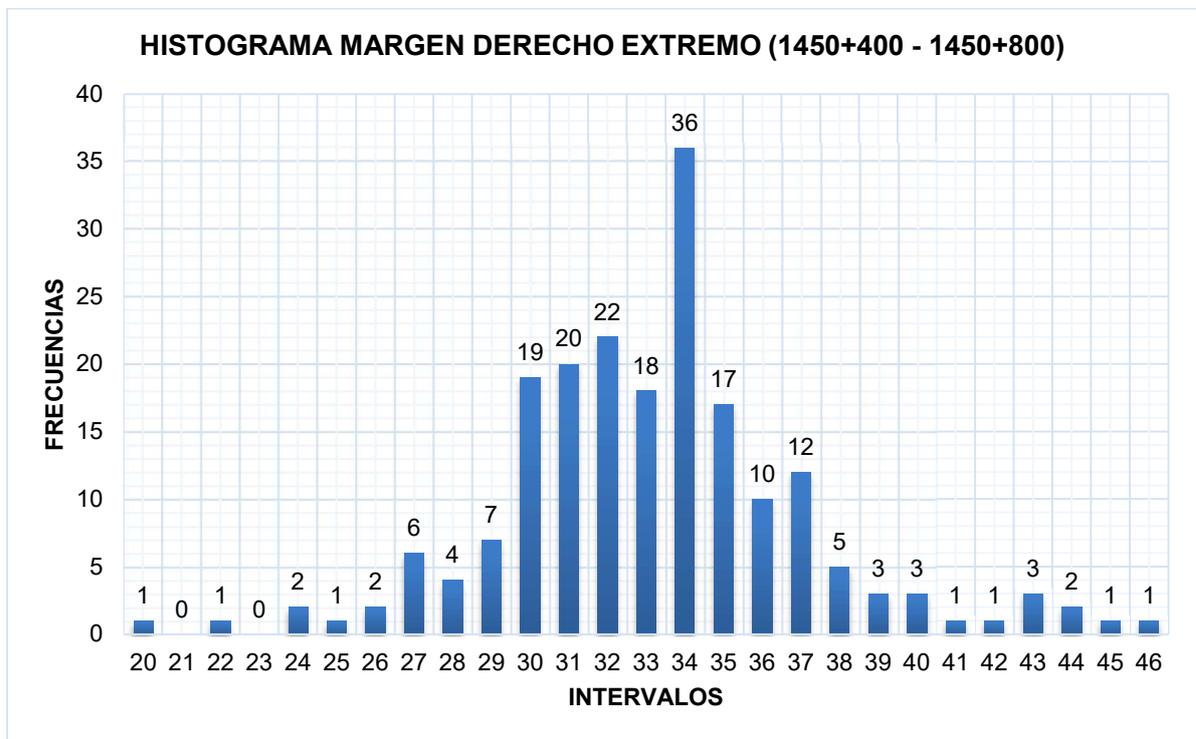
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	
32	36	37	35	32	32	31	34	35	39	<b>1</b>
33	37	38	36	37	34	34	35	38	35	<b>2</b>
32	34	31	25	36	42	34	30	34	30	<b>3</b>
34	32	32	34	31	31	34	34	32	34	<b>4</b>
34	35	31	32	34	34	34	35	36	34	<b>5</b>
34	37	37	38	27	46	30	35	44	35	<b>6</b>
33	34	37	34	34	34	37	34	35	35	<b>7</b>
34	27	32	28	29	27	36	30	27	31	<b>8</b>
32	33	31	31	32	35	30	38	34	36	<b>9</b>
41	31	40	31	43	34	35	30	29	37	<b>10</b>
29	28	32	33	30	31	34	32	30	35	<b>11</b>
34	30	33	20	33	34	30	33	37	33	<b>12</b>
34	31	45	35	33	34	30	39	34	33	<b>13</b>
29	33	34	39	34	33	43	31	32	32	<b>14</b>
33	30	32	40	36	32	14	37	30	35	<b>15</b>
33	30	31	34	29	31	34	30	32	32	<b>16</b>
30	30	28	40	31	30	24	36	43	44	<b>17</b>
33	35	31	22	26	27	28	36	26	30	<b>18</b>
24	38	33	37	32	36	13	31	37	31	<b>19</b>
33	32	34	32	33	29	35	31	29	27	<b>20</b>

*Nota.* Resultados de laboratorio

En la figura 30 se presenta el histograma del IRI dado por la evaluación con el rugosímetro de Merlín relacionado con la frecuencia e intervalo de los valores generados, se aprecia el inicio desde el intervalo 20 y culminando sobre el intervalo 46, ya que los valores adyacentes relacionados a este histograma tendieron a darse valores de 0.00 dentro de los no mencionados en el gráfico, en cuanto a los consiguientes intervalos 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, denotaron frecuencias máximas de (19, 20, 22, 18, 36, 17, 10, 12), siendo las más significativas dentro de este gráfico.

**Figura 30**

*Histograma margen derecho extremo (1450+400 – 1450+800)*



*Nota.* Elaboración propia

Obteniendo un rango  $D$  corregido para el carril derecho extremo ubicado dentro de las progresivas (1450+400 – 1450+800):

$$Rango_D = 67.50 \text{ mm}$$

La rugosidad obtenida para el carril derecho extremo ubicado dentro de las progresivas (1450+400 – 1450+800) se caracterizó con un valor de:

$$Rugosidad = 3.77 \text{ IRI}$$

Dando pase a un valor PSI para el carril derecho extremo ubicado dentro de las progresivas (1450+000 – 1450+800) de:

$$PSI = 2.50$$

Deduciendo que según el valor PSI de 2.50 las progresivas 1450+400 - 1450+800, la condición en la que se encuentra el pavimento evaluado en el carril derecho se encuentra en un estado Regular.

En la tabla 18 se puede apreciar todas las rugosidades obtenidas sobre el carril derecho extremo ubicado dentro de las progresivas (1450+800 – 1451+000), que se generaron mediante la evaluación con el rugosímetro de Merlín, ésta comprende una totalidad de 100 unidades de muestra la cuales serán seleccionadas para generar el histograma correspondiente, cabe resaltar que se originaron solo 100 unidades de muestra ya que la longitud evaluada fueron los restantes 200 m.

**Tabla 18**

*Carril derecho extremo. Progresivas (1450+800 – 1451+000)*

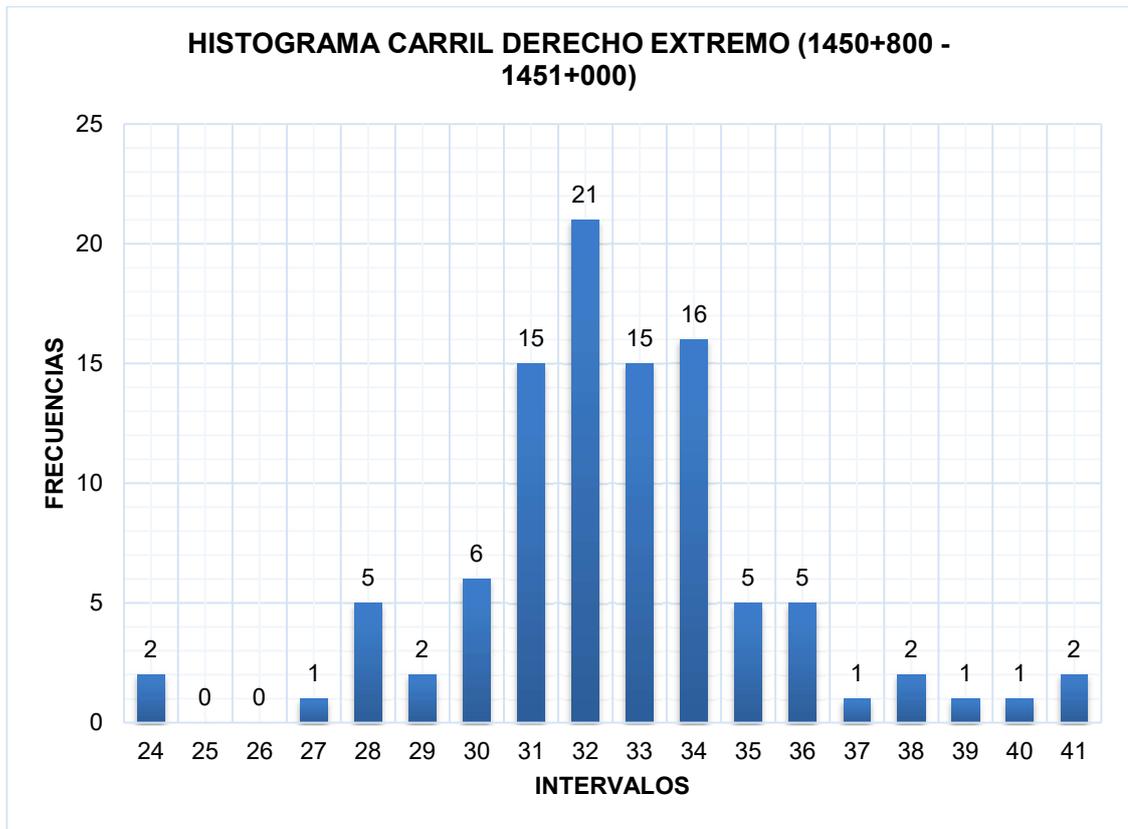
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	
34	39	33	34	32	30	28	32	32	31	<b>1</b>
35	37	38	35	34	33	32	30	33	32	<b>2</b>
34	31	32	33	30	35	33	33	34	31	<b>3</b>
32	32	32	33	34	32	41	32	34	30	<b>4</b>
34	32	34	34	33	41	32	31	31	31	<b>5</b>
36	40	36	36	36	34	24	24	32	31	<b>6</b>
28	33	28	28	34	36	31	28	29	38	<b>7</b>
32	32	33	32	34	31	33	33	35	27	<b>8</b>
34	31	33	29	33	33	34	31	31	32	<b>9</b>
32	34	31	35	30	32	31	32	30	31	<b>10</b>

*Nota.* Resultados de laboratorio

En la figura 31 se presenta el histograma del IRI dado por la evaluación con el rugosímetro de Merlín relacionado con la frecuencia e intervalo de los valores generados, se aprecia el inicio desde el intervalo 24, ya que los valores adyacentes relacionados a este histograma tendieron a darse valores de 0.00 dentro de los no mencionados en el gráfico, en cuanto a los consiguientes intervalos 31, 32, 33, 34, denotaron frecuencias máximas de (15, 21, 15, 16), siendo las más significativas dentro de este gráfico.

**Figura 31**

*Histograma carril derecho extremo (1450+800 – 1451+000)*



*Nota.* Elaboración propia

Obteniendo un rango  $D$  corregido para el carril derecho extremo ubicado dentro de las progresivas (1450+800 – 1451+000):

$$Rango_D = 32.00 \text{ mm}$$

La rugosidad obtenida para el carril derecho extremo ubicado dentro de las progresivas (1450+800 – 1451+000) se caracterizó con un valor de:

$$Rugosidad = 1.98 \text{ IRI}$$

Dando pase a un valor  $PSI$  para el carril derecho extremo ubicado dentro de las progresivas (1450+800 – 1451+000) de:

$$PSI = 3.50$$

Deduciendo que según el valor PSI de 3.50 las progresivas 1450+800 – 1451+000, la condición en la que se encuentra el pavimento evaluado en el carril derecho se encuentra en un estado Bueno.

En la tabla 19 se puede apreciar todas las rugosidades obtenidas sobre el carril izquierdo extremo ubicado dentro de las progresivas (1451+000 – 1450+600), que se generaron mediante la evaluación del IRI con el rugosímetro de Merlín, ésta comprende una totalidad de 200 unidades de muestra la cuales serán seleccionadas para generar el histograma correspondiente.

**Tabla 19**

*Carril izquierdo extremo. Progresivas (1451+000 – 1450 + 600)*

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	
33	32	35	34	30	34	32	26	32	32	<b>1</b>
31	40	31	26	29	36	29	29	18	31	<b>2</b>
23	32	27	29	35	42	33	33	34	38	<b>3</b>
30	33	36	33	30	35	34	33	37	40	<b>4</b>
31	24	31	25	29	30	41	27	27	28	<b>5</b>
32	39	32	33	35	33	32	32	41	36	<b>6</b>
30	34	29	31	26	36	31	41	30	34	<b>7</b>
24	29	33	34	32	24	38	31	34	30	<b>8</b>
32	36	27	30	29	33	33	33	31	28	<b>9</b>
33	31	36	44	30	36	31	28	33	39	<b>10</b>
28	28	32	31	29	32	26	32	35	16	<b>11</b>
28	33	34	34	31	31	34	34	28	38	<b>12</b>
17	31	31	25	17	16	28	29	29	28	<b>13</b>
24	28	24	26	27	45	32	30	22	32	<b>14</b>
25	41	35	31	33	31	31	31	30	37	<b>15</b>
39	29	36	37	38	38	38	37	34	38	<b>16</b>
38	37	36	39	39	31	46	37	39	33	<b>17</b>
37	34	37	39	37	22	33	38	34	41	<b>18</b>
39	34	31	38	42	50	50	50	24	34	<b>19</b>
45	39	37	41	37	36	34	34	38	34	<b>20</b>

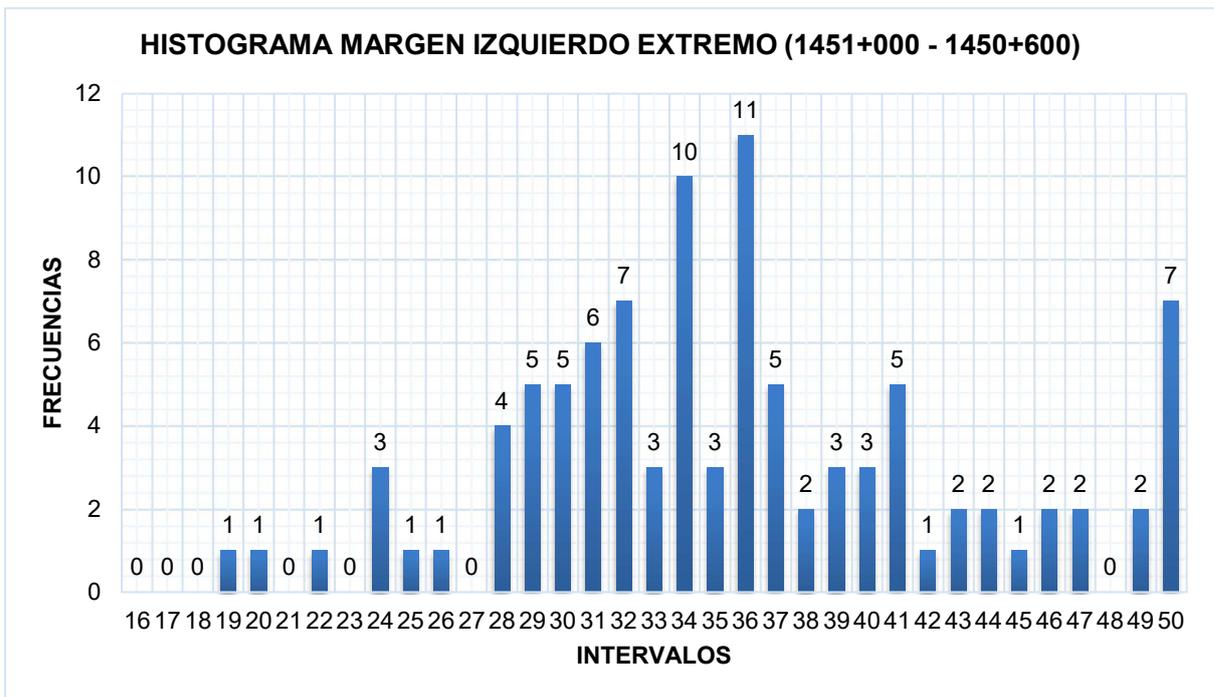
*Nota.* Resultados de laboratorio

En la figura 32 se presenta el histograma del IRI dado por la evaluación con el rugosímetro de Merlín, relacionado con la frecuencia e intervalo de los valores

generados, se aprecia el inicio desde el intervalo 15 ya que los valores adyacentes relacionados a este histograma tendieron a generar valores de 0.00 durante el recuento generado, en cuanto a los consiguientes intervalos 31, 32, 33, 34 denotaron frecuencias máximas de (22, 16, 18, 20), siendo estos valores los más significativos dentro de este gráfico.

**Figura 32**

*Histograma margen izquierdo extremo (1451+000 – 1450+600)*



*Nota.* Elaboración propia

Obteniendo un rango D corregido para el carril izquierdo extremo ubicado dentro de las progresivas (1451+000 – 1450+600):

$$Rango_D = 85.00 \text{ mm}$$

La rugosidad obtenida para el carril izquierdo extremo ubicado dentro de las progresivas (1451+000 – 1450+600) se caracterizó con un valor de:

$$Rugosidad = 4.59 \text{ IRI}$$

Dando pase a un valor PSI para el carril izquierdo extremo ubicado dentro de las progresivas (1451+000 – 1450+600) de:

$$PSI = 2.20$$

Deduciendo que según el valor PSI de 2.20 las progresivas 1451+000 – 1450+600, la condición en la que se encuentra el pavimento evaluado en el carril izquierdo se encuentra en un estado Regular.

En la tabla 20 se puede apreciar todas las rugosidades obtenidas sobre el carril izquierdo extremo ubicado dentro de las progresivas (1450+600 – 1450+200), que se generaron mediante la evaluación con el rugosímetro de Merlín, ésta comprende una totalidad de 200 unidades de muestra la cuales serán seleccionadas para generar el histograma correspondiente.

**Tabla 20**

*Carril izquierdo extremo. Progresivas (1450+600 – 1450+200)*

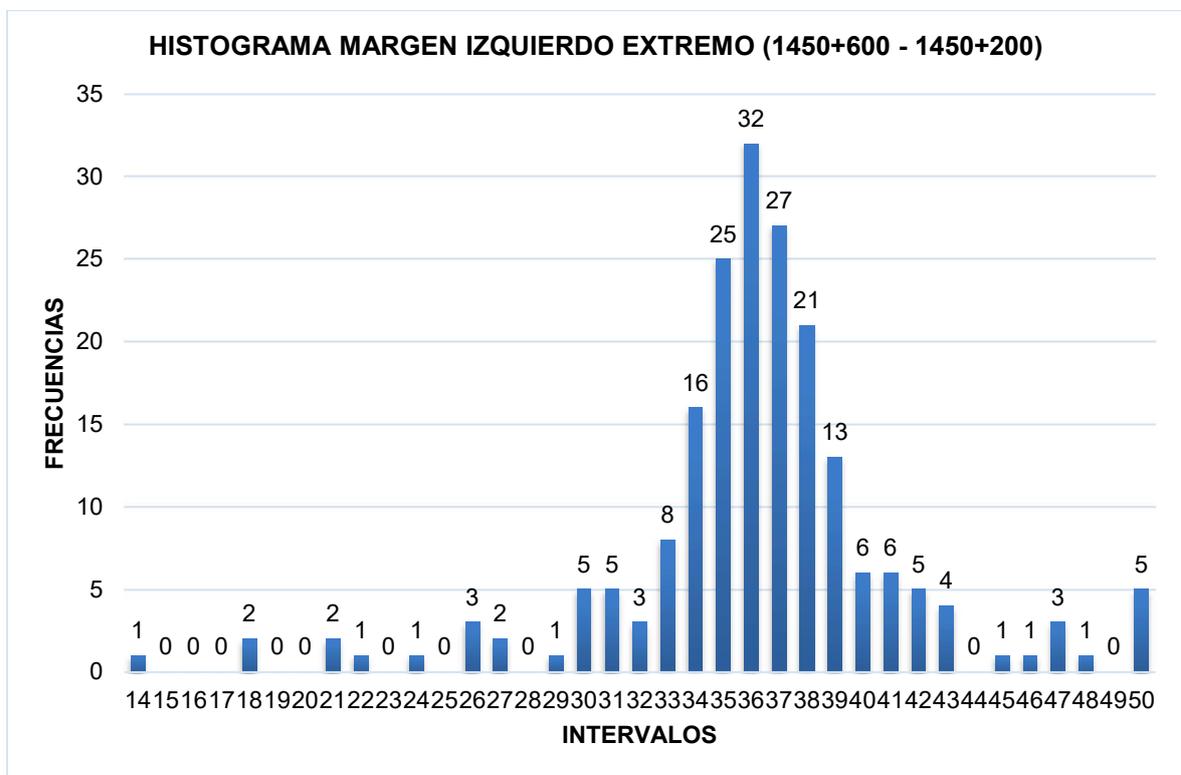
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	
39	38	35	38	40	30	37	50	34	34	<b>1</b>
39	42	31	43	38	27	41	47	41	30	<b>2</b>
31	37	41	38	30	34	36	37	40	36	<b>3</b>
34	21	40	33	48	35	39	50	47	43	<b>4</b>
47	36	36	39	39	43	34	38	50	26	<b>5</b>
35	29	30	34	37	34	37	32	40	39	<b>6</b>
32	14	50	38	33	36	38	33	34	35	<b>7</b>
35	33	36	39	40	42	42	38	32	37	<b>8</b>
34	18	37	38	41	35	38	37	37	43	<b>9</b>
39	35	35	36	36	36	33	38	38	38	<b>10</b>
35	24	37	37	35	37	35	33	33	31	<b>11</b>
31	35	35	35	35	39	42	46	30	41	<b>12</b>
50	39	41	34	34	38	40	38	38	45	<b>13</b>
36	36	36	37	38	36	36	36	36	37	<b>14</b>
33	34	36	37	35	37	37	35	36	38	<b>15</b>
34	36	26	36	36	37	35	35	37	38	<b>16</b>
38	27	21	37	37	35	36	36	35	35	<b>17</b>
42	36	36	34	39	35	36	37	38	36	<b>18</b>
35	26	18	37	37	37	36	36	34	36	<b>19</b>
34	37	39	39	36	36	31	37	35	22	<b>20</b>

*Nota.* Resultados de laboratorio

En la figura 33 se presenta el histograma del IRI dado por la evaluación con el rugosímetro de Merlín relacionado con la frecuencia e intervalo de los valores generados, se aprecia el inicio desde el intervalo 14, ya que los valores adyacentes relacionados a este histograma tendieron a darse valores de 0.00 dentro de los no mencionados en el gráfico, en cuanto a los consiguientes intervalos 34, 35, 36, 37, 38, 39, denotaron frecuencias máximas de (16, 25, 32, 27, 21, 13), siendo las más significativas dentro de este gráfico.

**Figura 33**

*Histograma margen izquierdo extremo (1450+600 – 1450+200)*



*Nota.* Elaboración propia

Obteniendo un rango  $D$  corregido para el carril izquierdo extremo ubicado dentro de las progresivas (1450+600 – 1450+200):

$$Rango_D = 80.00 \text{ mm}$$

La rugosidad obtenida para el carril izquierdo extremo ubicado dentro de las progresivas (1450+600 – 1450+200) se caracterizó con un valor de:

$$Rugosidad = 4.35 \text{ IRI}$$

Dando pase a un valor PSI para el carril izquierdo extremo ubicado dentro de las progresivas (1450+600 – 1450+200) de:

$$PSI = 2.30$$

Deduciendo que según el valor PSI de 2.30 las progresivas 1450+600 – 1450+200, la condición en la que se encuentra el pavimento evaluado en el carril izquierdo se encuentra en un estado Regular.

En la tabla 21 se puede apreciar todas las rugosidades obtenidas sobre el carril izquierdo extremo ubicado dentro de las progresivas (1450+200 – 1450+000), que se generaron mediante la evaluación con el rugosímetro de Merlín, esta comprende una totalidad de 100 unidades de muestra las cuales serán seleccionadas para generar el histograma correspondiente, cabe resaltar que se originaron solo 100 unidades de muestra ya que la longitud evaluada fueron los restantes 200 m.

**Tabla 21**

*Carril izquierdo extremo. Progresivas (1450+200 – 1450+000)*

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	
34	36	34	37	35	36	37	32	28	50	<b>1</b>
31	36	36	32	40	37	28	30	24	39	<b>2</b>
46	24	38	32	32	34	29	47	50	26	<b>3</b>
28	49	47	45	30	41	24	32	44	39	<b>4</b>
34	36	44	31	31	36	38	49	19	34	<b>5</b>
40	46	40	36	33	347	25	34	36	34	<b>6</b>
35	43	32	30	42	31	41	32	22	29	<b>7</b>
20	41	50	34	36	33	29	34	41	37	<b>8</b>
36	31	33	35	43	34	39	36	50	50	<b>9</b>
28	30	30	31	50	50	29	29	41	37	<b>10</b>

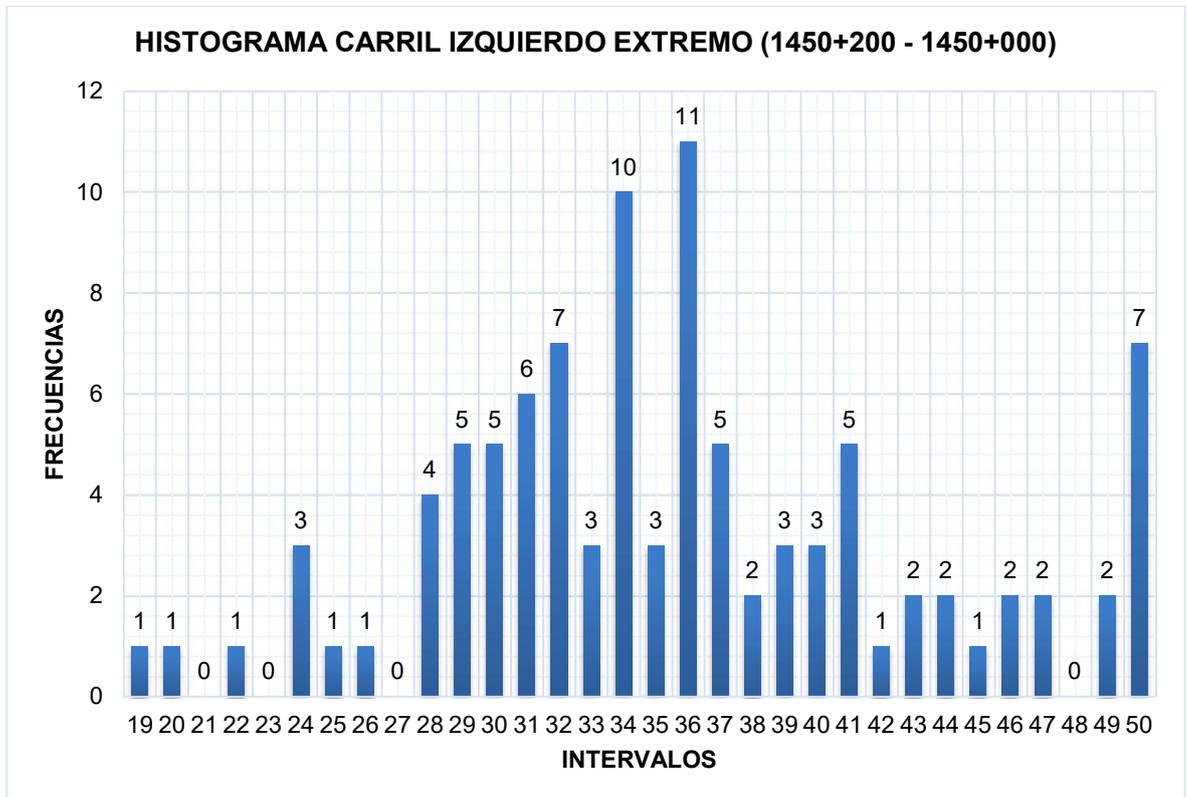
*Nota.* Resultados de laboratorio.

En la figura 34 se presenta el histograma del IRI dado por la evaluación con el rugosímetro de Merlín relacionado con la frecuencia e intervalo de los valores generados, se aprecia el inicio desde el intervalo 19, ya que los valores adyacentes relacionados a este histograma tendieron a darse valores de 0.00 dentro de los no mencionados en el gráfico, en cuanto a los consiguientes intervalos 32, 34, 36,

denotaron frecuencias máximas de (7, 10, 11), siendo las más significativas dentro de este gráfico.

**Figura 34**

*Histograma carril izquierdo extremo (1450+200 – 1450+000)*



*Nota.* Elaboración propia

Obteniendo un rango D corregido para el carril izquierdo extremo ubicado dentro de las progresivas (1450+200 – 1450+000):

$$Rango_D = 75.00 \text{ mm}$$

La rugosidad obtenida para el carril izquierdo extremo ubicado dentro de las progresivas (1450+200 – 1450+000) se caracterizó con un valor de:

$$Rugosidad = 4.12 \text{ IRI}$$

Dando pase a un valor PSI para el carril izquierdo extremo ubicado dentro de las progresivas (1450+200 – 1450+000) de:

$$PSI = 2.40$$

Deduciendo que según el valor PSI de 2.40 las progresivas 1450+200 – 1450+400, la condición en la que se encuentra el pavimento evaluado en el carril izquierdo se encuentra en un estado Regular.

Para hallar el Índice de Serviciabilidad se debe tener en cuenta la Tabla 22.

**Tabla 22**

*Índice de serviciabilidad del pavimento*

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

*Nota.* AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, 1993

### **Evaluación de Deflectometría**

En este punto se presentan las deflexiones obtenidas en las diferentes unidades de muestra del pavimento flexible comprendidas entre las progresivas comprendidas entre los km (1450+000 – 1451+000).

### **Deflexiones**

#### **Carril Derecho (1450+000 – 1450+360)**

A continuación, se presenta las deflexiones del tramo I comprendido dentro de las progresivas (1450+000 – 1450+360) con los puntos evaluados y sus progresivas correspondientes, dichos datos registrados se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 23***Deflexiones obtenidas del carril derecho. Progresiva: (1450+000 – 1450+360)*

<b>Nº</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Carril</b>	<b>D<sub>0</sub></b>	<b>D<sub>28</sub></b>	<b>D<sub>0</sub> Corregido</b>	<b>D<sub>25</sub> Corregido</b>
1	1450+000	Derecho	126.72	87.12	126.72	87.12
2	1450+020	Derecho	91.08	51.48	91.08	51.48
3	1450+040	Derecho	118.80	79.20	118.80	79.20
4	1450+060	Derecho	122.76	75.24	122.76	75.24
5	1450+080	Derecho	138.60	83.16	138.60	83.16
6	1450+100	Derecho	122.76	71.28	122.76	71.28
7	1450+120	Derecho	110.88	71.28	110.88	71.28
8	1450+140	Derecho	110.88	67.32	110.88	67.32
9	1450+160	Derecho	99.00	67.32	99.00	67.32
10	1450+180	Derecho	99.00	67.32	99.00	67.32
11	1450+200	Derecho	79.20	47.52	79.20	47.52
12	1450+220	Derecho	79.20	47.52	79.20	47.52
13	1450+240	Derecho	110.88	67.32	110.88	67.32
14	1450+260	Derecho	87.12	63.36	87.12	63.36
15	1450+280	Derecho	99.00	67.32	99.00	67.32
16	1450+300	Derecho	102.96	75.24	102.96	75.24
17	1450+320	Derecho	106.92	71.28	106.92	71.28
18	1450+340	Derecho	134.64	91.08	134.64	91.08
19	1450+360	Derecho	95.04	71.28	109.89	71.28

*Nota.* Resultados de laboratorio

En la tabla 23 se presentan los valores obtenidos mediante la evaluación del ensayo de deflectometría tras el uso de la Viga Benkelman, donde se puede identificar que los valores generados al momento de la corrección no sufrieron ningún cambio ya que la temperatura empleada para la corrección asciende al valor de 1.

**Carril Derecho (1450+380 – 1450+740)**

A continuación, se presenta las deflexiones del tramo II comprendido dentro de las progresivas (1450+380 – 1450+740) con los puntos evaluados y sus progresivas correspondientes, dichos datos registrados se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 24***Deflexiones obtenidas del carril derecho. Progresiva: (1450+380 – 1450+740)*

<b>Nº</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Carril</b>	<b>D<sub>0</sub></b>	<b>D<sub>28</sub></b>	<b>D<sub>0</sub> Corregido</b>	<b>D<sub>25</sub> Corregido</b>
1	1450+380	Derecho	142.56	106.92	142.56	106.92
2	1450+400	Derecho	130.68	99.00	130.68	99.00
3	1450+420	Derecho	138.60	102.96	138.60	102.96
4	1450+440	Derecho	95.04	71.28	95.04	71.28
5	1450+460	Derecho	106.92	83.16	106.92	83.16
6	1450+480	Derecho	118.80	83.16	118.80	83.16
7	1450+500	Derecho	95.04	59.40	95.04	59.40
8	1450+520	Derecho	126.72	87.12	126.72	87.12
9	1450+540	Derecho	102.96	55.44	102.96	55.44
10	1450+560	Derecho	122.76	87.12	122.76	87.12
11	1450+580	Derecho	122.76	87.12	122.76	87.12
12	1450+600	Derecho	118.80	83.16	118.80	83.16
13	1450+620	Derecho	110.88	75.24	110.88	75.24
14	1450+640	Derecho	122.76	87.12	122.76	87.12
15	1450+660	Derecho	130.68	91.08	130.68	91.08
16	1450+680	Derecho	150.48	118.80	150.48	118.80
17	1450+700	Derecho	118.80	83.16	118.80	83.16
18	1450+720	Derecho	146.52	102.96	146.52	102.96
19	1450+740	Derecho	142.56	106.92	142.56	106.92

*Nota.* Resultados de laboratorio

En la tabla 24 se presentan los valores obtenidos mediante la evaluación del ensayo de deflectometría tras el uso de la Viga Benkelman, donde se puede identificar que los valores generados al momento de la corrección no sufrieron ningún cambio ya que la temperatura empleada para la corrección asciende al valor de 1.

**Carril Derecho (1450+760 – 1450+980)**

A continuación, se presenta las deflexiones del tramo III comprendido dentro de las progresivas (1450+760 – 1450+980) con los puntos evaluados y sus progresivas correspondientes, dichos datos registrados se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 25***Deflexiones obtenidas del carril derecho. Progresiva: (1450+760 – 1450+980)*

<b>Nº</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Carril</b>	<b>D<sub>0</sub></b>	<b>D<sub>28</sub></b>	<b>D<sub>0</sub> Corregido</b>	<b>D<sub>25</sub> Corregido</b>
1	1450+760	Derecho	142.56	106.92	142.56	106.92
2	1450+780	Derecho	134.64	102.96	134.64	102.96
3	1450+800	Derecho	118.80	83.16	118.80	83.16
4	1450+820	Derecho	114.84	83.16	114.84	83.16
5	1450+840	Derecho	122.76	87.12	122.76	87.12
6	1450+860	Derecho	114.84	75.24	114.84	75.24
7	1450+880	Derecho	102.96	71.28	102.96	71.28
8	1450+900	Derecho	178.20	146.52	178.20	146.52
9	1450+920	Derecho	130.68	95.04	130.68	95.04
10	1450+940	Derecho	138.60	99.00	138.60	99.00
11	1450+960	Derecho	150.48	110.88	150.48	110.88
12	1450+980	Derecho	142.56	99.00	142.56	99.00

*Nota.* Resultados de laboratorio

En la tabla 25 se presentan los valores obtenidos mediante la evaluación del ensayo de deflectometría tras el uso de la Viga Benkelman, donde se puede identificar que los valores generados al momento de la corrección no sufrieron ningún cambio ya que la temperatura empleada para la corrección asciende al valor de 1.

**Carril Izquierdo (1451+000 – 1450+640)**

A continuación, se presenta las deflexiones del tramo IV comprendido dentro de las progresivas (1451+000 – 1450+640) con los puntos evaluados y sus progresivas correspondientes, dichos datos registrados se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 26***Deflexiones obtenidas del carril izquierdo. Progresiva: (1451+000 – 1450+640)*

Nº	Progresiva	Carril	D <sub>0</sub>	D <sub>28</sub>	D <sub>0</sub> Corregido	D <sub>25</sub> Corregido
1	1451+000	Izquierdo	138.60	102.96	138.60	102.96
2	1450+980	Izquierdo	118.80	75.24	118.80	75.24
3	1450+960	Izquierdo	110.88	71.28	110.88	71.28
4	1450+940	Izquierdo	130.68	87.12	130.68	87.12
5	1450+920	Izquierdo	138.60	91.08	138.60	91.08
6	1450+900	Izquierdo	126.72	79.20	126.72	79.20
7	1450+880	Izquierdo	114.84	79.20	114.84	79.20
8	1450+860	Izquierdo	110.88	67.32	110.88	67.32
9	1450+840	Izquierdo	122.76	83.16	122.76	83.16
10	1450+820	Izquierdo	138.60	102.96	138.60	102.96
11	1450+800	Izquierdo	102.96	63.36	102.96	63.36
12	1450+780	Izquierdo	95.04	59.40	95.04	59.40
13	1450+760	Izquierdo	95.04	63.36	95.04	63.36
14	1450+740	Izquierdo	114.84	79.20	114.84	79.20
15	1450+720	Izquierdo	102.96	67.32	102.96	67.32
16	1450+700	Izquierdo	122.76	83.16	122.76	83.16
17	1450+680	Izquierdo	118.80	79.20	134.64	79.20
18	1450+660	Izquierdo	134.64	99.00	130.68	99.00
19	1450+640	Izquierdo	130.68	95.04	130.68	95.04

*Nota.* Resultados de laboratorio

En la tabla 26 se presentan los valores obtenidos mediante la evaluación del ensayo de deflectometría tras el uso de la Viga Benkelman en la progresiva (1451+00 – 1450+640), donde se puede identificar que los valores generados al momento de la corrección no sufrieron ningún cambio ya que la temperatura empleada para la corrección asciende al valor de 1.

**Carril Izquierdo (1450+620 – 1450+260)**

A continuación, se presenta las deflexiones del tramo V comprendido dentro de las progresivas (1450+620 – 1450+260) con los puntos evaluados y sus progresivas correspondientes, dichos datos registrados se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 27***Deflexiones obtenidas del carril izquierdo. Progresiva: (1450+620 – 1450+260)*

<b>Nº</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Carril</b>	<b>D<sub>0</sub></b>	<b>D<sub>28</sub></b>	<b>D<sub>0</sub> Corregido</b>	<b>D<sub>25</sub> Corregido</b>
1	1450+620	Izquierdo	126.72	83.16	126.72	83.16
2	1450+600	Izquierdo	122.76	83.16	122.76	83.16
3	1450+580	Izquierdo	134.64	91.08	134.64	91.08
4	1450+560	Izquierdo	110.88	79.20	110.88	79.20
5	1450+540	Izquierdo	114.84	79.20	114.84	79.20
6	1450+520	Izquierdo	126.72	87.12	126.72	87.12
7	1450+500	Izquierdo	110.88	79.20	110.88	79.20
8	1450+480	Izquierdo	130.68	87.12	130.68	87.12
9	1450+460	Izquierdo	122.76	87.12	122.76	87.12
10	1450+440	Izquierdo	126.72	91.08	126.72	91.08
11	1450+420	Izquierdo	118.80	79.20	118.80	79.20
12	1450+400	Izquierdo	122.76	83.16	122.76	83.16
13	1450+380	Izquierdo	106.92	71.28	106.92	71.28
14	1450+360	Izquierdo	106.92	67.32	106.92	67.32
15	1450+340	Izquierdo	122.76	87.12	122.76	87.12
16	1450+320	Izquierdo	142.56	102.96	142.56	102.96
17	1450+300	Izquierdo	122.76	95.04	122.76	95.04
18	1450+280	Izquierdo	102.96	75.24	102.96	75.24
19	1450+260	Izquierdo	106.92	63.36	118.80	63.36

*Nota.* Resultados de laboratorio

En la tabla 27 se presentan los valores obtenidos mediante la evaluación del ensayo de deflectometría tras el uso de la Viga Benkelman, donde se puede identificar que los valores generados al momento de la corrección no sufrieron ningún cambio ya que la temperatura empleada para la corrección asciende al valor de 1.

**Carril Izquierdo (1450+240 – 1450+020)**

A continuación, se presenta las deflexiones del tramo VI comprendido dentro de las progresivas (1450+240 – 1450+020) con los puntos evaluados y sus progresivas correspondientes, dichos datos registrados se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 28***Deflexiones obtenidas del carril izquierdo. Progresiva: (1450+240 – 1450+020)*

<b>Nº</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Carril</b>	<b>D<sub>0</sub></b>	<b>D<sub>28</sub></b>	<b>D<sub>0</sub> Corregido</b>	<b>D<sub>25</sub> Corregido</b>
1	1450+240	Izquierdo	110.88	71.28	110.88	71.28
2	1450+220	Izquierdo	102.96	67.32	102.96	67.32
3	1450+200	Izquierdo	122.76	79.20	122.76	79.20
4	1450+180	Izquierdo	118.80	79.20	118.80	79.20
5	1450+160	Izquierdo	106.92	75.24	106.92	75.24
6	1450+140	Izquierdo	102.96	67.32	102.96	67.32
7	1450+120	Izquierdo	114.84	71.28	114.84	71.28
8	1450+100	Izquierdo	110.88	75.24	110.88	75.24
9	1450+080	Izquierdo	106.92	75.24	106.92	75.24
10	1450+060	Izquierdo	102.96	71.28	102.96	71.28
11	1450+040	Izquierdo	95.04	51.48	95.04	51.48
12	1450+020	Izquierdo	102.96	67.32	102.96	67.32

*Nota.* Resultados de laboratorio

En la tabla 28 se presentan los valores obtenidos mediante la evaluación del ensayo de deflectometría tras el uso de la Viga Benkelman, donde se puede identificar que los valores generados al momento de la corrección no sufrieron ningún cambio ya que la temperatura empleada para la corrección asciende al valor de 1.

### **Comportamiento de la subrasante**

#### **Carril Derecho (1450+000 – 1450+360)**

A continuación, se presenta las deflexiones del tramo I comprendido dentro de las progresivas (1450+000 – 1450+360) con los puntos evaluados y sus progresivas correspondientes, dichos datos registrados se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 29***Incidencia de fallas carril derecho. Progresiva: (1450+000 – 1450+360)*

N°	Progresiva	Carril	D <sub>0</sub> Corregido	D <sub>adm</sub> (cm)	Comportamiento de la subrasante
1	1450+000	Derecho	126.72	110.00	Malo
2	1450+020	Derecho	91.08	110.00	Bueno
3	1450+040	Derecho	118.80	110.00	Malo
4	1450+060	Derecho	122.76	110.00	Malo
5	1450+080	Derecho	138.60	110.00	Malo
6	1450+100	Derecho	122.76	110.00	Malo
7	1450+120	Derecho	110.88	110.00	Malo
8	1450+140	Derecho	110.88	110.00	Malo
9	1450+160	Derecho	99.00	110.00	Bueno
10	1450+180	Derecho	99.00	110.00	Bueno
11	1450+200	Derecho	79.20	110.00	Bueno
12	1450+220	Derecho	79.20	110.00	Bueno
13	1450+240	Derecho	110.88	110.00	Malo
14	1450+260	Derecho	87.12	110.00	Bueno
15	1450+280	Derecho	99.00	110.00	Bueno
16	1450+300	Derecho	102.96	110.00	Bueno
17	1450+320	Derecho	106.92	110.00	Bueno
18	1450+340	Derecho	134.64	110.00	Malo
19	1450+360	Derecho	109.89	110.00	Bueno

**Nota.** Resultados de laboratorio

En la tabla 29 se presentan las incidencias sobre los puntos de falla comparando D<sub>0</sub> corregido vs D<sub>adm</sub>, los cuales en su gran mayoría sobrepasan el valor admisible de 0.01 (mm), indicando que la subrasante es mala, los únicos valores que no sobrepasaron el D<sub>adm</sub> se vieron reflejados sobre los puntos 02, 09, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17 y 19 indicando que la subrasante en estos puntos mencionados cuenta con una subrasante buena, definida mediante el método CONREVIAl.

**Carril Derecho (1450+380 – 1450+740)**

A continuación, se presenta las deflexiones del tramo II comprendido dentro de las progresivas (1450+380 – 1450+740) con los puntos evaluados y sus

progresivas correspondientes, dichos datos registrados se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 30**

*Incidencia de fallas carril derecho. Progresiva: (1450+380 – 1450+740)*

Nº	Progresiva	Carril	D <sub>0</sub> Corregido	D <sub>adm</sub> (cm)	Comportamiento de la subrasante
1	1450+380	Derecho	142.56	110.00	Malo
2	1450+400	Derecho	130.68	110.00	Malo
3	1450+420	Derecho	138.60	110.00	Malo
4	1450+440	Derecho	95.04	110.00	Bueno
5	1450+460	Derecho	106.92	110.00	Bueno
6	1450+480	Derecho	118.80	110.00	Malo
7	1450+500	Derecho	95.04	110.00	Bueno
8	1450+520	Derecho	126.72	110.00	Malo
9	1450+540	Derecho	102.96	110.00	Bueno
10	1450+560	Derecho	122.76	110.00	Malo
11	1450+580	Derecho	122.76	110.00	Malo
12	1450+600	Derecho	118.80	110.00	Malo
13	1450+620	Derecho	110.88	110.00	Malo
14	1450+640	Derecho	122.76	110.00	Malo
15	1450+660	Derecho	130.68	110.00	Malo
16	1450+680	Derecho	150.48	110.00	Malo
17	1450+700	Derecho	118.80	110.00	Malo
18	1450+720	Derecho	146.52	110.00	Malo
19	1450+740	Derecho	142.56	110.00	Malo

*Nota.* Resultados de laboratorio

En la tabla 30 se presentan las incidencias sobre los puntos de falla comparando D<sub>0</sub> corregido vs D<sub>adm</sub>, los cuales en su gran mayoría sobrepasan el valor admisible de 0.01 (mm), indicando que la subrasante es mala, los únicos valores que no sobrepasaron la D<sub>adm</sub> se vieron reflejados sobre los puntos 04, 05, 07 y 09 indicando que la subrasante en estos puntos mencionados cuenta con una subrasante buena, definida mediante el método CONREVIAL.

### **Carril Derecho (1450+760 – 1450+980)**

A continuación, se presenta las deflexiones del tramo III comprendido dentro de las progresivas (1450+760 – 1450+980) con los puntos evaluados y sus progresivas correspondientes, dichos datos registrados se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 31**

*Incidencia de fallas carril derecho. Progresiva: (1450+760 – 1450+980)*

<b>Nº</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Carril</b>	<b>D<sub>0</sub> Corregido</b>	<b>D<sub>adm</sub> (cm)</b>	<b>Comportamiento de la subrasante</b>
1	1450+760	Derecho	142.56	110.00	Malo
2	1450+780	Derecho	134.64	110.00	Malo
3	1450+800	Derecho	118.80	110.00	Malo
4	1450+820	Derecho	114.84	110.00	Malo
5	1450+840	Derecho	122.76	110.00	Malo
6	1450+860	Derecho	114.84	110.00	Malo
7	1450+880	Derecho	102.96	110.00	Bueno
8	1450+900	Derecho	178.20	110.00	Malo
9	1450+920	Derecho	130.68	110.00	Malo
10	1450+940	Derecho	138.60	110.00	Malo
11	1450+960	Derecho	150.48	110.00	Malo
12	1450+980	Derecho	142.56	110.00	Malo

*Nota.* Resultados de laboratorio

En la tabla 31 se presentan las incidencias sobre los puntos de falla comparando  $D_0$  corregido vs  $D_{adm}$ , los cuales en su gran mayoría sobrepasan el valor admisible de 0.01 (mm), indicando que la subrasante es mala, solo un valor se generó menor a la  $D_{adm}$  viéndose reflejado sobre el punto 7, indicando que la subrasante en este punto mencionado cuenta con una subrasante buena, definida mediante el método CONREVIAL.

### **Carril Izquierdo (1451+000 – 1450+640)**

A continuación, se presenta las deflexiones del tramo IV comprendido dentro de las progresivas (1451+000 – 1450+640) con los puntos evaluados y sus

progresivas correspondientes, dichos datos registrados se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 32**

*Incidencia de fallas carril izquierdo. Progresiva: (1451+000 – 1450+640)*

Nº	Progresiva	Carril	D <sub>0</sub> Corregido (cm)	D <sub>adm</sub> (cm)	Comportamiento de la subrasante
1	1451+000	Izquierdo	138.60	110.00	Malo
2	1450+980	Izquierdo	118.80	110.00	Malo
3	1450+960	Izquierdo	110.88	110.00	Malo
4	1450+940	Izquierdo	130.68	110.00	Malo
5	1450+920	Izquierdo	138.60	110.00	Malo
6	1450+900	Izquierdo	126.72	110.00	Malo
7	1450+880	Izquierdo	114.84	110.00	Malo
8	1450+860	Izquierdo	110.88	110.00	Malo
9	1450+840	Izquierdo	122.76	110.00	Malo
10	1450+820	Izquierdo	138.60	110.00	Malo
11	1450+800	Izquierdo	102.96	110.00	Malo
12	1450+780	Izquierdo	95.04	110.00	Bueno
13	1450+760	Izquierdo	95.04	110.00	Bueno
14	1450+740	Izquierdo	114.84	110.00	Malo
15	1450+720	Izquierdo	102.96	110.00	Bueno
16	1450+700	Izquierdo	122.76	110.00	Malo
17	1450+680	Izquierdo	134.64	110.00	Malo
18	1450+660	Izquierdo	130.68	110.00	Malo
19	1450+640	Izquierdo	130.68	110.00	Malo

*Nota.* Resultados de laboratorio

En la tabla 32 se presentan las incidencias sobre los puntos de falla comparando D<sub>0</sub> corregido vs D<sub>adm</sub>, los cuales en su gran mayoría sobrepasan el valor admisible de 0.01 (mm), indicando que la subrasante es mala, los únicos valores que no sobrepasaron la D<sub>adm</sub> se vieron reflejados sobre los puntos 12, 13 y 15 indicando que la subrasante en estos puntos mencionados cuenta con una subrasante buena, definida mediante el método CONREVIAL.

### **Carril Izquierdo (1450+620 – 1450+260)**

A continuación, se presenta las deflexiones del tramo V comprendido dentro de las progresivas (1450+620 – 1450+260) con los puntos evaluados y sus progresivas correspondientes, dichos datos registrados se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 33**

*Incidencia de fallas carril izquierdo. Progresiva: (1450+620 – 1450+260)*

<b>Nº</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Carril</b>	<b>D<sub>0</sub> Corregido</b>	<b>D<sub>adm</sub> (cm)</b>	<b>Comportamiento de la subrasante</b>
1	1450+620	Izquierdo	126.72	110.00	Malo
2	1450+600	Izquierdo	122.76	110.00	Malo
3	1450+580	Izquierdo	134.64	110.00	Malo
4	1450+560	Izquierdo	110.88	110.00	Malo
5	1450+540	Izquierdo	114.84	110.00	Malo
6	1450+520	Izquierdo	126.72	110.00	Malo
7	1450+500	Izquierdo	110.88	110.00	Malo
8	1450+480	Izquierdo	130.68	110.00	Malo
9	1450+460	Izquierdo	122.76	110.00	Malo
10	1450+440	Izquierdo	126.72	110.00	Malo
11	1450+420	Izquierdo	118.80	110.00	Malo
12	1450+400	Izquierdo	122.76	110.00	Malo
13	1450+380	Izquierdo	106.92	110.00	Bueno
14	1450+360	Izquierdo	106.92	110.00	Bueno
15	1450+340	Izquierdo	122.76	110.00	Malo
16	1450+320	Izquierdo	142.56	110.00	Malo
17	1450+300	Izquierdo	122.76	110.00	Malo
18	1450+280	Izquierdo	102.96	110.00	Bueno
19	1450+260	Izquierdo	118.80	110.00	Malo

*Nota.* Resultados de laboratorio.

En la tabla 33 se presenta las incidencias sobre los puntos de falla comparando D<sub>0</sub> corregido vs D<sub>adm</sub>, los cuales en su gran mayoría sobrepasan el valor admisible de 0.01 (mm), indicando que la subrasante es mala, los únicos valores que no sobrepasaron la D<sub>adm</sub> se vieron reflejados sobre los puntos 13, 14 y 18

indicando que la subrasante en estos puntos mencionados cuenta con una subrasante buena, definida mediante el método CONREVIAL.

### **Carril Izquierdo (1450+240 – 1450+020)**

A continuación, se presenta las deflexiones del tramo VI comprendido dentro de las progresivas (1450+240 – 1450+020) con los puntos evaluados y sus progresivas correspondientes, dichos datos registrados se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 34**

*Incidencia de fallas carril izquierdo. Progresiva: (1450+240 – 1450+020)*

<b>Nº</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Carril</b>	<b>D<sub>0</sub> Corregido</b>	<b>D<sub>adm</sub> (cm)</b>	<b>Comportamiento subrasante</b>
1	1450+240	Izquierdo	110.88	110.00	Malo
2	1450+220	Izquierdo	102.96	110.00	Bueno
3	1450+200	Izquierdo	122.76	110.00	Malo
4	1450+180	Izquierdo	118.80	110.00	Malo
5	1450+160	Izquierdo	106.92	110.00	Bueno
6	1450+140	Izquierdo	102.96	110.00	Bueno
7	1450+120	Izquierdo	114.84	110.00	Malo
8	1450+100	Izquierdo	110.88	110.00	Malo
9	1450+080	Izquierdo	106.92	110.00	Bueno
10	1450+060	Izquierdo	102.96	110.00	Bueno
11	1450+040	Izquierdo	95.04	110.00	Bueno
12	1450+020	Izquierdo	102.96	110.00	Bueno

*Nota.* Resultados de laboratorio

En la tabla 34 se presentan las incidencias sobre los puntos de falla comparando D<sub>0</sub> corregido vs D<sub>adm</sub>, los cuales en su gran mayoría sobrepasan el valor admisible de 0.01 (mm), indicando que la subrasante es mala, los únicos valores que no sobrepasaron la D<sub>adm</sub> se vieron reflejados sobre los puntos 02, 05, 06, 09, 10, 11 y 12 indicando que la subrasante en estos puntos mencionados cuenta con una subrasante buena, definida mediante el método CONREVIAL.

En resumen, en la Tabla 35 presentamos los datos obtenidos según la evaluación superficial para hallar la calidad de la subrasante que indica el estado de la carretera Juli – Desaguadero en la progresiva 1450+000 – 1451+000, tal como se indica a continuación:

**Tabla 35**

*Resumen de la evaluación de la calidad de la subrasante*

<b>CARRIL</b>	<b>PROGRESIVA</b>	<b>D<sub>adm prom</sub></b>	<b>Valor referencial</b>	<b>Comportamiento de la subrasante</b>
DERECHO	1450+000 – 1450+360	107.91	110.00	Bueno
DERECHO	1450+380 – 1450+740	123.39	110.00	Malo
DERECHO	1450+760 – 1460+980	132.66	110.00	Malo
IZQUIERDO	1451+000 – 1450+640	120.05	110.00	Malo
IZQUIERDO	1450+620 – 1450+260	120.68	110.00	Malo
IZQUIERDO	1450+240 – 1450+020	108.24	110.00	Bueno

*Nota.* Resultados de laboratorio y elaboración propia

### **Radio de curvatura**

#### **Carril Derecho (1450+000 – 1450+360)**

A continuación, se presenta los datos del tramo I del carril derecho comprendido dentro de las progresivas (1450+000 – 1450+360) que consta el radio y parámetro de curvatura, como también el comportamiento de la subrasante y el pavimento, dichos datos registrados se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 36**

*Subrasante y pavimento carril derecho. Progresiva: (1450+000 – 1450+360)*

Nº	Progresiva	Carril	Radio de curvatura	Parámetro de curvatura	Comportamiento de la subrasante	Comportamiento del pavimento
1	1450+000	Derecho	78.91	100.00	Malo	Malo
2	1450+020	Derecho	78.91	100.00	Bueno	Malo
3	1450+040	Derecho	78.91	100.00	Malo	Malo
4	1450+060	Derecho	65.76	100.00	Malo	Malo
5	1450+080	Derecho	56.37	100.00	Malo	Malo
6	1450+100	Derecho	60.70	100.00	Malo	Malo
7	1450+120	Derecho	78.91	100.00	Malo	Malo
8	1450+140	Derecho	71.74	100.00	Malo	Malo
9	1450+160	Derecho	98.64	100.00	Bueno	Malo
10	1450+180	Derecho	98.64	100.00	Bueno	Malo
11	1450+200	Derecho	98.64	100.00	Bueno	Malo
12	1450+220	Derecho	98.64	100.00	Bueno	Malo
13	1450+240	Derecho	71.74	100.00	Malo	Malo
14	1450+260	Derecho	131.52	100.00	Bueno	Bueno
15	1450+280	Derecho	98.64	100.00	Bueno	Malo
16	1450+300	Derecho	112.73	100.00	Bueno	Bueno
17	1450+320	Derecho	87.68	100.00	Bueno	Malo
18	1450+340	Derecho	71.74	100.00	Malo	Malo
19	1450+360	Derecho	131.52	100.00	Bueno	Bueno

*Nota.* Resultados de laboratorio

En la tabla 36 se presentan los valores obtenidos del radio de curvatura, donde se podrá evaluar el comportamiento en base al parámetro de curvatura denotado por el valor 100, definiendo que los puntos 14, 16 y 19 la carpeta asfáltica se encuentra en un buen estado, en cuanto a los demás puntos que se pudieron evaluar mediante el método CONREVIAl se caracterizaron por contemplar un mal estado.

**Carril Derecho (1450+380 – 1450+740)**

A continuación, se presenta los datos del tramo II del carril derecho comprendido dentro de las progresivas (1450+380 – 1450+740) que consta el radio y parámetro de curvatura, como también el comportamiento de la subrasante y el pavimento, dichos datos registrados se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 37***Subrasante y pavimento carril derecho. Progresiva: (1450+380 – 1450+740)*

Nº	Progresiva	Carril	Radio de curvatura	Parámetro de curvatura	Comportamiento de la subrasante	Comportamiento del pavimento
1	1450+380	Derecho	87.68	100.00	Malo	Malo
2	1450+400	Derecho	98.64	100.00	Bueno	Malo
3	1450+420	Derecho	87.68	100.00	Malo	Malo
4	1450+440	Derecho	131.52	100.00	Malo	Bueno
5	1450+460	Derecho	131.52	100.00	Bueno	Bueno
6	1450+480	Derecho	87.68	100.00	Bueno	Malo
7	1450+500	Derecho	87.68	100.00	Malo	Malo
8	1450+520	Derecho	78.91	100.00	Malo	Malo
9	1450+540	Derecho	65.76	100.00	Bueno	Malo
10	1450+560	Derecho	87.68	100.00	Bueno	Malo
11	1450+580	Derecho	87.68	100.00	Bueno	Malo
12	1450+600	Derecho	87.68	100.00	Bueno	Malo
13	1450+620	Derecho	87.68	100.00	Malo	Malo
14	1450+640	Derecho	87.68	100.00	Bueno	Malo
15	1450+660	Derecho	78.91	100.00	Malo	Malo
16	1450+680	Derecho	98.64	100.00	Malo	Malo
17	1450+700	Derecho	87.68	100.00	Bueno	Malo
18	1450+720	Derecho	71.74	100.00	Bueno	Malo
19	1450+740	Derecho	87.68	100.00	Malo	Malo

**Nota.** Resultados de laboratorio

En la tabla 37 se presentan los valores obtenidos del radio de curvatura, donde se podrá evaluar el comportamiento en base al parámetro de curvatura denotado por el valor 100, definiendo que los puntos 04 y 05 la carpeta asfáltica se encuentra en un buen estado, en cuanto a los demás puntos que se pudieron evaluar mediante el método CONREVIAL se caracterizaron por contemplar un mal estado.

**Carril Derecho (1450+760 – 1450+980)**

A continuación, se presenta los datos del tramo III del carril derecho comprendido dentro de las progresivas (1450+760 – 1450+980) que consta el radio

y parámetro de curvatura, como también el comportamiento de la subrasante y el pavimento, dichos datos registrados se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 38**

*Subrasante y pavimento carril derecho. Progresiva: (1450+760 – 1450+980)*

Nº	Progresiva	Carril	Radio de curvatura	Parámetro de curvatura	Comportamiento de la subrasante	Comportamiento del pavimento
1	1450+760	Derecho	87.68	100.00	Malo	Malo
2	1450+780	Derecho	98.64	100.00	Malo	Malo
3	1450+800	Derecho	87.68	100.00	Malo	Malo
4	1450+820	Derecho	98.64	100.00	Malo	Malo
5	1450+840	Derecho	87.68	100.00	Malo	Malo
6	1450+860	Derecho	78.91	100.00	Malo	Malo
7	1450+880	Derecho	98.64	100.00	Bueno	Malo
8	1450+900	Derecho	98.64	100.00	Malo	Malo
9	1450+920	Derecho	87.68	100.00	Malo	Malo
10	1450+940	Derecho	78.91	100.00	Malo	Malo
11	1450+960	Derecho	78.91	100.00	Malo	Malo
12	1450+980	Derecho	71.74	100.00	Malo	Malo

*Nota.* Resultados de laboratorio

En la tabla 38 se presentan los valores obtenidos del radio de curvatura, donde se evaluó el comportamiento en base al parámetro de curvatura denotado por el valor 100, definiendo que los puntos de la carpeta asfáltica se encuentran en mal estado denotados tras el uso del método CONREVIAL.

**Carril Izquierdo (1451+000 – 1450+640)**

A continuación, se presenta los datos del tramo IV del carril izquierdo comprendido dentro de las progresivas (1450+000 – 1450+640) que consta el radio y parámetro de curvatura, como también el comportamiento de la subrasante y el pavimento, dichos datos registrados se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 39**

*Subrasante y pavimento carril izquierdo. Progresiva: (1451+000 – 1450+640)*

N°	Progresiva	Carril	Radio de curvatura	Parámetro de curvatura	Comportamiento de la subrasante	Comportamiento del pavimento
1	1451+000	Izquierdo	87.68	100.00	Malo	Malo
2	1450+980	Izquierdo	71.74	100.00	Malo	Malo
3	1450+960	Izquierdo	78.91	100.00	Malo	Malo
4	1450+940	Izquierdo	71.74	100.00	Malo	Malo
5	1450+920	Izquierdo	65.76	100.00	Malo	Malo
6	1450+900	Izquierdo	65.76	100.00	Malo	Malo
7	1450+880	Izquierdo	87.68	100.00	Malo	Malo
8	1450+860	Izquierdo	71.74	100.00	Malo	Malo
9	1450+840	Izquierdo	78.91	100.00	Malo	Malo
10	1450+820	Izquierdo	87.68	100.00	Malo	Malo
11	1450+800	Izquierdo	78.91	100.00	Malo	Malo
12	1450+780	Izquierdo	87.68	100.00	Bueno	Malo
13	1450+760	Izquierdo	98.64	100.00	Bueno	Malo
14	1450+740	Izquierdo	87.68	100.00	Malo	Malo
15	1450+720	Izquierdo	87.68	100.00	Bueno	Malo
16	1450+700	Izquierdo	78.91	100.00	Malo	Malo
17	1450+680	Izquierdo	78.91	100.00	Malo	Malo
18	1450+660	Izquierdo	87.68	100.00	Malo	Malo
19	1450+640	Izquierdo	87.68	100.00	Malo	Malo

*Nota.* Resultados de laboratorio

En la tabla 39 se presentan los valores obtenidos del radio de curvatura, donde se podrá evaluar el comportamiento en base al parámetro de curvatura denotado por el valor 100, definiendo que en la totalidad de las progresivas evaluadas la carpeta asfáltica se encuentra en un estado malo, dado por el método CONREVIAL.

#### **Carril Izquierdo (1450+620 – 1450+260)**

A continuación, se presenta los datos del tramo V del carril izquierdo comprendido dentro de las progresivas (1450+620 – 1450+260) que consta el radio y parámetro de curvatura, como también el comportamiento de la subrasante y el pavimento, dichos datos registrados se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 40***Subrasante y pavimento carril izquierdo. Progresiva: (1450+620 – 1450+260)*

Nº	Progresiva	Carril	Radio de curvatura	Parámetro de curvatura	Comportamiento de la subrasante	Comportamiento del pavimento
1	1450+620	Izquierdo	71.74	100.00	Malo	Malo
2	1450+600	Izquierdo	78.91	100.00	Malo	Malo
3	1450+580	Izquierdo	71.74	100.00	Malo	Malo
4	1450+560	Izquierdo	98.64	100.00	Malo	Malo
5	1450+540	Izquierdo	87.68	100.00	Malo	Malo
6	1450+520	Izquierdo	78.91	100.00	Malo	Malo
7	1450+500	Izquierdo	98.64	100.00	Malo	Malo
8	1450+480	Izquierdo	71.74	100.00	Malo	Malo
9	1450+460	Izquierdo	87.68	100.00	Malo	Malo
10	1450+440	Izquierdo	87.68	100.00	Malo	Malo
11	1450+420	Izquierdo	78.91	100.00	Malo	Malo
12	1450+400	Izquierdo	78.91	100.00	Malo	Malo
13	1450+380	Izquierdo	87.68	100.00	Bueno	Malo
14	1450+360	Izquierdo	78.91	100.00	Bueno	Malo
15	1450+340	Izquierdo	87.68	100.00	Malo	Malo
16	1450+320	Izquierdo	78.91	100.00	Malo	Malo
17	1450+300	Izquierdo	112.73	100.00	Malo	Bueno
18	1450+280	Izquierdo	112.73	100.00	Bueno	Bueno
19	1450+260	Izquierdo	71.74	100.00	Malo	Malo

*Nota.* Resultados de laboratorio

En la tabla 40 se presentan los valores obtenidos del radio de curvatura, donde se podrá evaluar el comportamiento en base al parámetro de curvatura denotado por el valor 100, definiendo que los puntos 17 y 18 la carpeta asfáltica se encuentra en un buen estado, en cuanto a los demás puntos que se pudieron evaluar mediante el método CONREVIAl se caracterizaron por contemplar un mal estado.

**Carril Izquierdo (1450+240 – 1450+020)**

A continuación, se presenta los datos del tramo VI del carril izquierdo comprendido dentro de las progresivas (1450+240 – 1450+020) que consta el radio

y parámetro de curvatura, como también el comportamiento de la subrasante y el pavimento, dichos datos registrados se presentan en la tabla siguiente:

**Tabla 41**

*Subrasante y pavimento carril izquierdo. Progresiva: (1450+240 – 1450+020)*

Nº	Progresiva	Carril	Radio de curvatura	Parámetro de curvatura	Comportamiento de la subrasante	Comportamiento del pavimento
1	1450+240	Izquierdo	78.91	100.00	Malo	Malo
2	1450+220	Izquierdo	87.68	100.00	Bueno	Malo
3	1450+200	Izquierdo	71.74	100.00	Malo	Malo
4	1450+180	Izquierdo	78.91	100.00	Malo	Malo
5	1450+160	Izquierdo	98.64	100.00	Bueno	Malo
6	1450+140	Izquierdo	87.68	100.00	Bueno	Malo
7	1450+120	Izquierdo	71.74	100.00	Malo	Malo
8	1450+100	Izquierdo	87.68	100.00	Malo	Malo
9	1450+080	Izquierdo	98.64	100.00	Bueno	Malo
10	1450+060	Izquierdo	98.64	100.00	Bueno	Malo
11	1450+040	Izquierdo	71.74	100.00	Bueno	Malo
12	1450+020	Izquierdo	87.68	100.00	Bueno	Malo

*Nota.* Resultados de laboratorio

En la tabla 41 se presentan los valores obtenidos del radio de curvatura, donde se evaluó el comportamiento en base al parámetro de curvatura denotado por el valor 100, definiendo que los puntos de la carpeta asfáltica se encuentran mal estado denotados tras el uso del método CONREVIAL.

### **Evaluación de la condición del pavimento por el Método PCI**

Para efectuar el cálculo del método PCI se procede a efectuar la recopilación de datos dentro de la ficha patrón la cual requiere de los siguientes datos, daño, severidad, unidad, área/longitud/unidad, cantidades parciales y total.

A continuación, presentamos los datos recogidos del campo de la Muestra 1 que comprende la progresiva: 1450+00 - 1450+031.50

**Tabla 42***Fallas encontradas en la muestra 1*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud /			Cantidades parciales	Total
				unidad				
				L (m)	A (m)	Und.		
A	1	H	m2	31.50	2.80	88.20	88.20	
B	3	M	m2	24.00	1.00	24.00	24.00	
C	10	M	m	120.00		120.00	120.00	
D	11	M	m2	1.50	0.50	0.75	0.75	
E	15	M	m2	31.50	1.00	31.50	31.50	

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 42 se presentan las fallas encontradas durante la inspección visual, las cuales se denotan por las fallas de piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, grietas longitudinales y transversales, parcheo, así como también la presencia de ahuellamiento.

Una vez efectuada las fallas se procede a utilizar el formato de la evaluación superficial, la cual es un recuento de todas las fallas seleccionadas por cada tipo, falla y severidad, asimilando en estas las cantidades parciales, con las cuales se procederá a calcular la densidad efectuada por cada tipo de falla y severidad.

**Tabla 43***Evaluación superficial de la Muestra 1*

Falla	Severidad	Und.	Cantidades parciales	Total	Densidad	Valor deducido
PC	H	m2	88.20	88.20	38.36	78.89
BLO	M	m2	24.00	24.00	10.44	16.30
GLT	M	m	120.00	120.00	52.19	36.84
PA	M	m2	0.75	0.75	0.33	5.44
AHU	M	m2	31.50	31.50	13.70	47.46
Total (VD)						187.54

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 43 se presenta la evaluación correspondiente de cada tipo de falla donde se determinó el valor deducido, dentro de los cuales se corregirán para determinar la condición superficial en la que se encuentra el pavimento flexible.

A continuación, presentamos los datos recogidos del campo de la Muestra 2 que comprende la progresiva: 1450+094.50 - 1450+126.00

**Tabla 44**

*Fallas encontradas en la muestra 2*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud /			Cantidades parciales	Total
				unidad				
				L (m)	A (m)	Und.		
A	1	M	m2	31.50	2.00	63.00	63.00	
B	3	M	m2	12.00	2.00	24.00	24.00	
C	8	M	m	10.00		10.00	10.00	

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 44 se presentan las fallas encontradas durante la inspección visual, las cuales se denotan por las fallas de piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, así como también la presencia de grieta de reflexión de junta.

Una vez efectuada las fallas se procede a utilizar el formato de la evaluación superficial, la cual es un recuento de todas las fallas seleccionadas por cada tipo, falla y severidad, asimilando en estas las cantidades parciales, con las cuales se procederá a calcular la densidad efectuada por cada tipo de falla y severidad.

**Tabla 45**

*Evaluación superficial de la Muestra 2*

<i>Falla</i>	<i>Severidad</i>	<i>Und.</i>	<i>Cantidades parciales</i>	<i>Total</i>	<i>Densidad</i>	<i>Valor deducido</i>
PC	M	m2	63.00	63.00	27.40	59.47
BLO	M	m2	24.00	24.00	10.44	16.30
GR	M	m	10.00	10.00	4.35	8.10
Total (VD)						83.87

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 45 se presenta la evaluación correspondiente de cada tipo de falla donde se determinó el valor deducido, dentro de los cuales se corregirán para determinar la condición superficial en la que se encuentra el pavimento flexible.

A continuación, presentamos los datos recogidos del campo de la Muestra 3 que comprende la progresiva: 1450+189.00 - 1450+220.50

**Tabla 46**

*Fallas encontradas en la muestra 3*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud /			Cantidades parciales	Total
				unidad				
				L (m)	A (m)	Und.		
A	1	H	m2	31.50	3.00		94.50	94.50
B	5	M	m2	20.00	0.50		10.00	10.00
C	7	M	m	3.00			3.00	3.00
D	9	M	m	30.00			30.00	30.00
E	10	H	m	80.00			80.00	80.00
F	15	M	m2	20.00	0.50		10.00	10.00

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 46 se presenta las fallas encontradas durante la inspección visual, las cuales se denotan por las fallas de piel de cocodrilo, corrugación, grieta de borde, desnivel carril/berma, grietas longitudinales y transversales, así como también la presencia de ahuellamiento.

Una vez efectuada las fallas se procede a utilizar el formato de la evaluación superficial, la cual es un recuento de todas las fallas seleccionadas por cada tipo, falla y severidad, asimilando en estas las cantidades parciales, con las cuales se procederá a calcular la densidad efectuada por cada tipo de falla y severidad.

**Tabla 47**

*Evaluación superficial de la Muestra 3*

Falla	Severidad	Und.	Cantidades			Densidad	Valor deducido
			parciales		Total		
PC	H	m2	94.50		94.50	41.10	79.86
COR	M	m2	10.00		10.00	4.35	30.51
GB	M	m	3.00		3.00	1.30	5.98
DN	M	m	30.00		30.00	13.05	9.39
GLT	H	m	80.00		80.00	34.79	62.86
AHU	M	m2	10.00		10.00	4.35	34.35
Total (VD)							222.95

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 47 se presenta la evaluación correspondiente de cada tipo de falla donde se determinó el valor deducido, dentro de los cuales se corregirán para determinar la condición superficial en la que se encuentra el pavimento flexible.

A continuación, presentamos los datos recogidos del campo de la Muestra 4 que comprende la progresiva: 1450+283.50 - 1450+315.00

**Tabla 48**

*Fallas encontradas en la muestra 4*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud /			Cantidades parciales	Total
				unidad				
				L (m)	A (m)	Und.		
A	1	L	m2	31.50	1.50		47.25	47.25
B	9	L	m	10.00			10.00	10.00
C	10	L	m2	8.00	3.00		24.00	24.00
D	15	L	m	15.00			15.00	15.00

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 48 se presenta las fallas encontradas durante la inspección visual, las cuales se denotan por las fallas de piel de cocodrilo, desnivel carril/berma, parcheo, así como también la presencia de ahuellamiento.

Una vez efectuada las fallas se procede a utilizar el formato de la evaluación superficial, la cual es un recuento de todas las fallas seleccionadas por cada tipo, falla y severidad, asimilando en estas las cantidades parciales, con las cuales se procederá a calcular la densidad efectuada por cada tipo de falla y severidad.

**Tabla 49***Evaluación superficial de la Muestra 4*

Falla	Severidad	Und.	Cantidades			Densidad	Valor deducido
			parciales	Total			
PC	L	m2	47.25	47.25	20.55	6.03	
DN	L	m	10.00	10.00	4.35	2.61	
GLT	L	m2	24.00	24.00	10.44	8.18	
AHU	L	m	15.00	15.00	6.52	22.98	
Total (VD)							39.80

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla número 49 se presenta la evaluación correspondiente de cada tipo de falla donde se determinó el valor deducido, dentro de los cuales se corregirán para determinar la condición superficial en la que se encuentra el pavimento flexible.

A continuación, presentamos los datos recogidos del campo de la Muestra 5 que comprende la progresiva: 1450+378.00 - 1450+409.50

**Tabla 50***Fallas encontradas en la muestra 5*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud /			Cantidades parciales	Total
				unidad				
				L (m)	A (m)	Und.		
A	1	M	m2	31.50	1.50	47.25	47.25	
B	4	M	m2	20.00	1.00	20.00	20.00	
C	7	M	m	25.00		25.00	25.00	
D	9	M	m	5.00		5.00	5.00	
E	10	M	m	75.00		75.00	75.00	
F	15	M	m2	20.00	0.60	12.00	12.00	

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 50 se presenta las fallas encontradas durante la inspección visual, las cuales se denotan por las fallas de piel de cocodrilo, abultamiento y hundimiento, grieta de borde, desnivel carril/berma, parcheo, así como también la presencia de ahuellamiento.

Una vez efectuada las fallas se procede a utilizar el formato de la evaluación superficial, la cual es un recuento de todas las fallas seleccionadas por cada tipo, falla y severidad, asimilando en estas las cantidades parciales, con las cuales se procederá a calcular la densidad efectuada por cada tipo de falla y severidad.

**Tabla 51**

*Evaluación superficial de la Muestra 5*

<b>Falla</b>	<b>Severidad</b>	<b>Und.</b>	<b>Cantidades parciales</b>	<b>Total</b>	<b>Densidad</b>	<b>Valor deducido</b>
PC	M	m2	47.25	47.25	20.55	55.70
ABH	M	m2	20.00	20.00	8.70	38.58
GB	M	m	25.00	25.00	10.87	14.20
DN	M	m	5.00	5.00	2.17	3.99
GLT	M	m	75.00	75.00	32.62	31.46
AHU	M	m2	12.00	12.00	5.22	28.03
Total (VD)						171.96

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla número 51 se presenta la evaluación correspondiente de cada tipo de falla donde se determinó el valor deducido, dentro de los cuales se corregirán para determinar la condición superficial en la que se encuentra el pavimento flexible.

A continuación, presentamos los datos recogidos del campo de la Muestra 6 que comprende la progresiva: 1450+472.50 - 1450+504.00

**Tabla 52**

*Fallas encontradas en la muestra 6*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud /			Cantidades parciales	Total
				unidad		Und.		
				L (m)	A (m)			
A	1	M	m2	31.50	1.50	47.25	47.25	
B	3	M	m2	7.00	3.00	21.00	21.00	
C	4	M	m2	2.00	2.00	4.00	4.00	
D	9	M	m	15.00		15.00	15.00	
E	10	M	m	90.00		90.00	90.00	
F	11	M	m2	2.00	0.60	1.20	1.20	
G	15	M	m2	31.50	2.00	63.00	63.00	

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 52 se presentan las fallas encontradas durante la inspección visual, las cuales se denotan por las fallas de piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, abultamiento y hundimiento, desnivel carril/berma, grietas longitudinales y transversales, parcheo, así como también la presencia de ahuellamiento.

Una vez efectuada las fallas se procede a utilizar el formato de la evaluación superficial, la cual es un recuento de todas las fallas seleccionadas por cada tipo, falla y severidad, asimilando en estas las cantidades parciales, con las cuales se procederá a calcular la densidad efectuada por cada tipo de falla y severidad.

**Tabla 53**

*Evaluación superficial de la Muestra 6*

Falla	Severidad	Und.	Cantidades parciales	Total	Densidad	Valor deducido
PC	M	m2	47.25	47.25	20.55	55.70
BLO	M	m2	21.00	21.00	9.13	15.04
ABH	M	m2	4.00	4.00	1.74	16.33
DN	M	m	15.00	15.00	6.52	6.16
GLT	M	m	90.00	90.00	39.14	33.62
PA	M	m2	1.20	1.20	0.52	6.86
AHU	M	m2	63.00	63.00	27.40	56.63
Total (VD)						190.34

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla número 53 se presentan la evaluación correspondiente de cada tipo de falla donde se determinó el valor deducido, dentro de los cuales se corregirán para determinar la condición superficial en la que se encuentra el pavimento flexible.

A continuación, presentamos los datos recogidos del campo de la Muestra 7 que comprende la progresiva: 1450+567.00 - 1450+598.50

**Tabla 54**

*Fallas encontradas en la muestra 7*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud /			Cantidades parciales	Total
				unidad				
				L (m)	A (m)	Und.		
A	1	L	m2	31.50	1.20		37.80	37.80
B	9	M	m	73.00			73.00	73.00
C	10	M	m	65.00			65.00	65.00
D	15	L	m2	15.00	1.00		15.00	15.00

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 54 se presentan las fallas encontradas durante la inspección visual, las cuales se denotan por las fallas de piel de cocodrilo, desnivel carril/berma, grietas longitudinales y transversales, así como también la presencia de ahuellamiento.

Una vez efectuada las fallas se procede a utilizar el formato de la evaluación superficial, la cual es un recuento de todas las fallas seleccionadas por cada tipo, falla y severidad, asimilando en estas las cantidades parciales, con las cuales se procederá a calcular la densidad efectuada por cada tipo de falla y severidad.

**Tabla 55**

*Evaluación superficial de la Muestra 7*

Falla	Severidad	Und.	Cantidades parciales	Total	Densidad	Valor deducido
PC	L	m2	37.80	37.80	16.44	38.02
DN	M	m	73.00	73.00	31.75	18.66
GLT	M	m	65.00	65.00	28.27	29.82
AHU	L	m2	15.00	15.00	6.52	8.62
Total (VD)						95.12

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla número 55 se presenta la evaluación correspondiente de cada tipo de falla donde se determinó el valor deducido, dentro de los cuales se corregirán para determinar la condición superficial en la que se encuentra el pavimento flexible.

A continuación, presentamos los datos recogidos del campo de la Muestra 8 que comprende la progresiva: 1450+661.50 - 1450+693.00

**Tabla 56**

*Fallas encontradas en la muestra 8*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud /			Cantidades parciales	Total
				unidad				
				L (m)	A (m)	Und.		
A	1	L	m2	31.50	1.20	37.80	37.80	
B	5	L	m2	20.00	3.60	72.00	72.00	
C	9	L	m	20.00		20.00	20.00	
D	10	L	m	15.00		50.00	50.00	

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 56 se presentan las fallas encontradas durante la inspección visual, las cuales se denotan por las fallas de piel de cocodrilo, corrugación, desnivel carril/berma, así como también la presencia de grietas longitudinales y transversales.

Una vez efectuada las fallas se procede a utilizar el formato de la evaluación superficial, la cual es un recuento de todas las fallas seleccionadas por cada tipo,

falla y severidad, asimilando en estas las cantidades parciales, con las cuales se procederá a calcular la densidad efectuada por cada tipo de falla y severidad.

**Tabla 57**

*Evaluación superficial de la Muestra 8*

Falla	Severidad	Und.	Cantidades parciales	Total	Densidad	Valor deducido
PC	L	m2	37.80	37.80	16.44	38.02
COR	L	m2	72.00	72.00	31.31	25.43
DN	L	m	20.00	20.00	8.70	3.91
GLT	L	m	50.00	50.00	21.74	12.70
Total (VD)						80.06

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla número 57 se presentan la evaluación correspondiente de cada tipo de falla donde se determinó el valor deducido, dentro de los cuales se corregirán para determinar la condición superficial en la que se encuentra el pavimento flexible.

A continuación, presentamos los datos recogidos del campo de la Muestra 9 que comprende la progresiva: 1450+756.00 - 1450+787.50

**Tabla 58**

*Fallas encontradas en la muestra 9*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud /			Cantidades parciales	Total
				unidad		Und.		
				L (m)	A (m)	Und.		
A	1	L	m2	31.50	1.80		56.70	56.70
B	5	L	m2	20.00	2.00		40.00	40.00
C	10	L	m	50.00			50.00	50.00

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 58 se presentan las fallas encontradas durante la inspección visual, las cuales se denotan por las fallas de piel de cocodrilo, corrugación, así como también la presencia de grietas longitudinales y transversales.

Una vez efectuada las fallas se procede a utilizar el formato de la evaluación superficial, la cual es un recuento de todas las fallas seleccionadas por cada tipo, falla y severidad, asimilando en estas las cantidades parciales, con las cuales se procederá a calcular la densidad efectuada por cada tipo de falla y severidad.

**Tabla 59**

*Evaluación superficial de la Muestra 9*

Falla	Severidad	Und.	Cantidades parciales	Total	Densidad	Valor deducido
PC	L	m2	56.70	56.70	24.66	43.18
COR	L	m2	40.00	40.00	17.40	18.35
GLT	L	m2	50.00	50.00	21.74	12.70
Total (VD)						74.23

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla número 59 se presenta la evaluación correspondiente de cada tipo de falla donde se determinó el valor deducido, dentro de los cuales se corregirán para determinar la condición superficial en la que se encuentra el pavimento flexible.

A continuación, presentamos los datos recogidos del campo de la Muestra 10 que comprende la progresiva: 1450+850.50 - 1450+882.00

**Tabla 60**

*Fallas encontradas en la muestra 10*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud /			Cantidades parciales	Total
				unidad		Und.		
				L (m)	A (m)	Und.		
A	1	M	m2	31.50	3.20		100.80	100.80
B	4	M	m2	10.00	2.00		20.00	20.00
C	10	M	M	100.00			100.00	100.00

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 60 se presentan las fallas encontradas durante la inspección visual, las cuales se denotan por las fallas de piel de cocodrilo, abultamiento y

hundimiento, así como también la presencia de grietas longitudinales y transversales.

Una vez efectuada las fallas se procede a utilizar el formato de la evaluación superficial, la cual es un recuento de todas las fallas seleccionadas por cada tipo, falla y severidad, asimilando en estas las cantidades parciales, con las cuales se procederá a calcular la densidad efectuada por cada tipo de falla y severidad.

**Tabla 61**

*Evaluación superficial de la Muestra 10*

Falla	Severidad	Und.	Cantidades parciales	Total	Densidad	Valor deducido
PC	M	m2	100.80	100.80	43.84	65.95
ABH	M	m2	20.00	20.00	8.70	38.58
GLT	M	m2	100.00	100.00	43.49	34.77
Total (VD)						139.30

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 61 se presenta la evaluación correspondiente de cada tipo de falla donde se determinó el valor deducido, dentro de los cuales se corregirán para determinar la condición superficial en la que se encuentra el pavimento flexible.

A continuación, presentamos los datos recogidos del campo de la Muestra 11 que comprende la progresiva: 1450+945.00 - 1450+976.50

**Tabla 62**

*Fallas encontradas en la muestra 11*

Ítem	Daño	Severidad	Und	Área / longitud / unidad			Cantidades parciales	Total
				L (m)	A (m)	Und.		
A	1	M	m2	31.50	1.50		47.25	47.25
B	3	M	m2	4.00	5.00		20.00	20.00
C	9	M	m	20.00			20.00	20.00
D	11	M	m2	1.50	1.00		1.50	1.50
E	15	M	m2	31.50	1.00		31.50	31.50

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 62 se presentan las fallas encontradas durante la inspección visual, las cuales se denotan por las fallas de piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, desnivel carril/berma, parcheo, así como también la presencia de ahuellamiento.

Una vez efectuada las fallas se procede a utilizar el formato de la evaluación superficial, la cual es un recuento de todas las fallas seleccionadas por cada tipo, falla y severidad, asimilando en estas las cantidades parciales, con las cuales se procederá a calcular la densidad efectuada por cada tipo de falla y severidad.

**Tabla 63**

*Evaluación superficial de la Muestra 11*

Falla	Severidad	Und.	Cantidades parciales	Total	Densidad	Valor deducido
PC	M	m2	47.25	47.25	20.55	55.70
BLO	M	m2	20.00	20.00	8.70	14.69
DN	M	m2	20.00	20.00	8.70	7.25
PA	M	m2	1.50	1.50	0.65	7.85
AHU	M	m2	31.50	31.50	13.70	47.46
Total (VD)						132.95

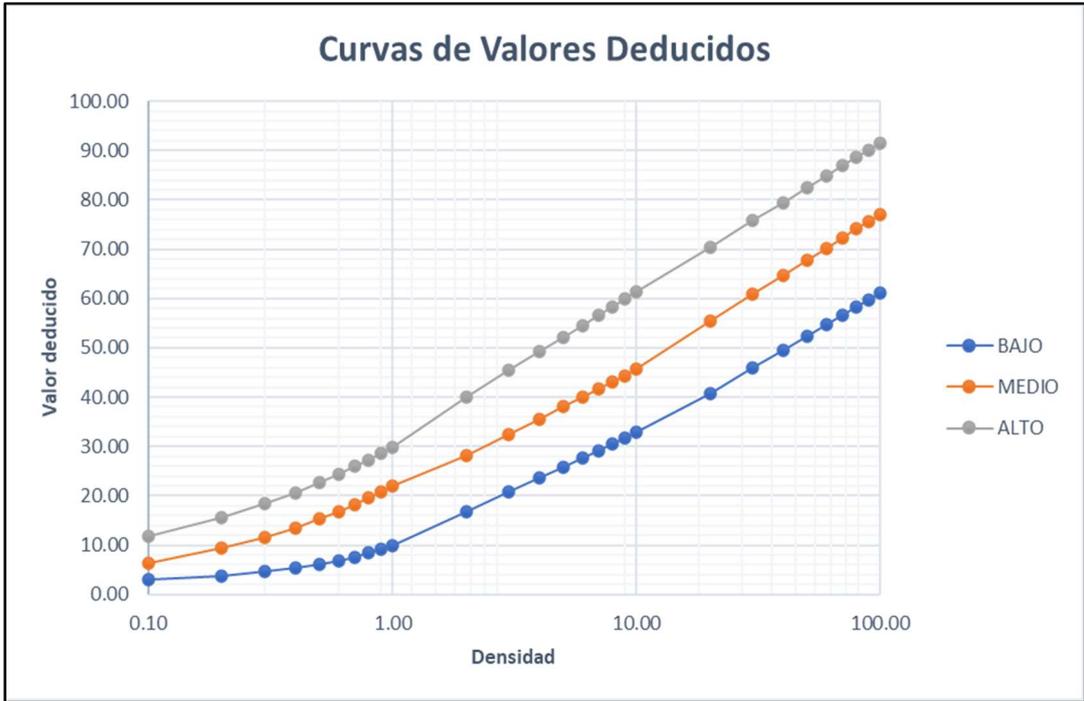
*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 63 se presenta la evaluación correspondiente de cada tipo de falla donde se determinó el valor deducido, dentro de los cuales se corregirán para determinar la condición superficial en la que se encuentra el pavimento flexible.

Para determinar el valor deducido se procederá al uso y empleo de los siguientes ábacos establecidos dentro del formato PCI.

**Figura 35**

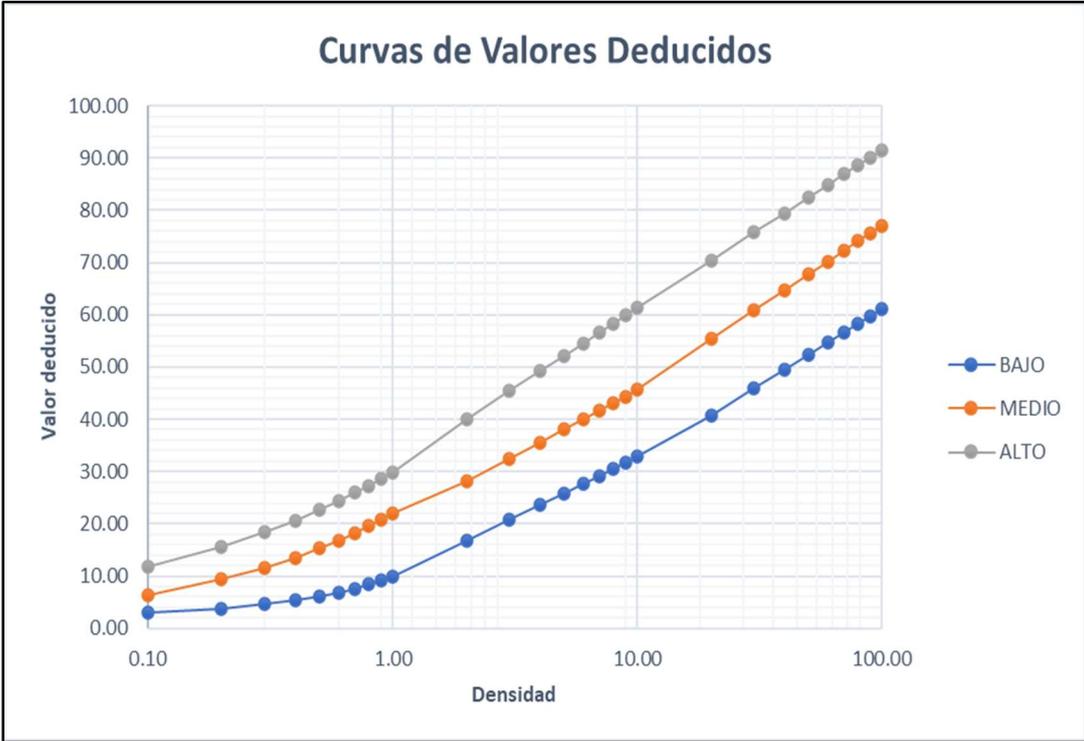
*Valor deducido piel de cocodrilo*



Nota. Vásquez Varela (2002)

**Figura 36**

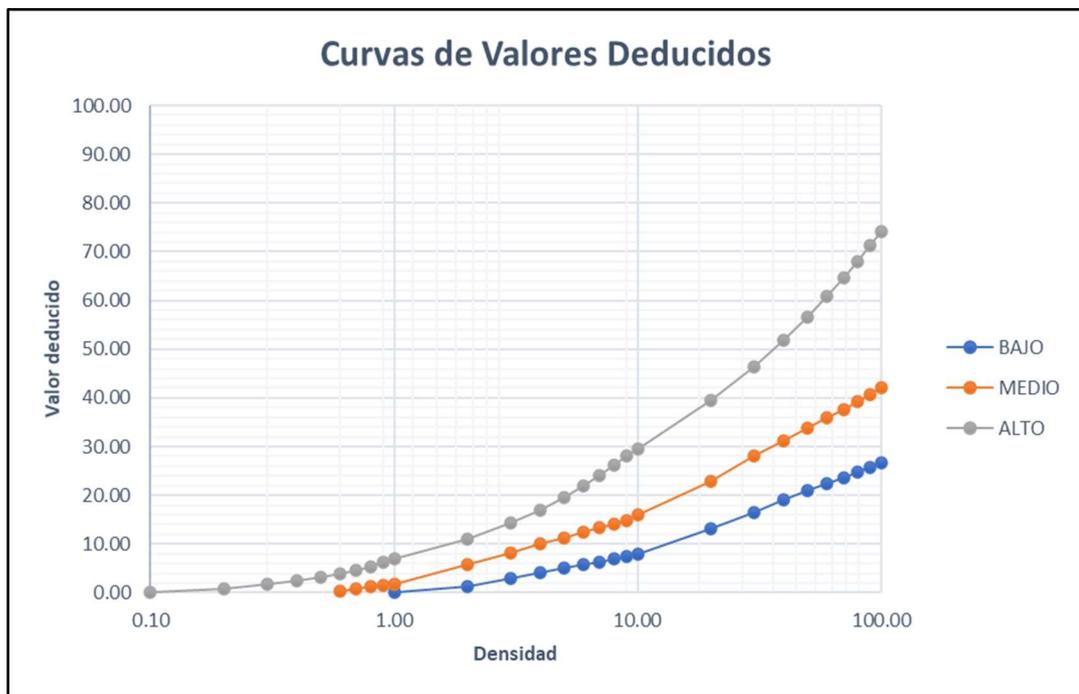
*Valor deducido Exudación*



Nota. Vásquez Varela (2002)

**Figura 37**

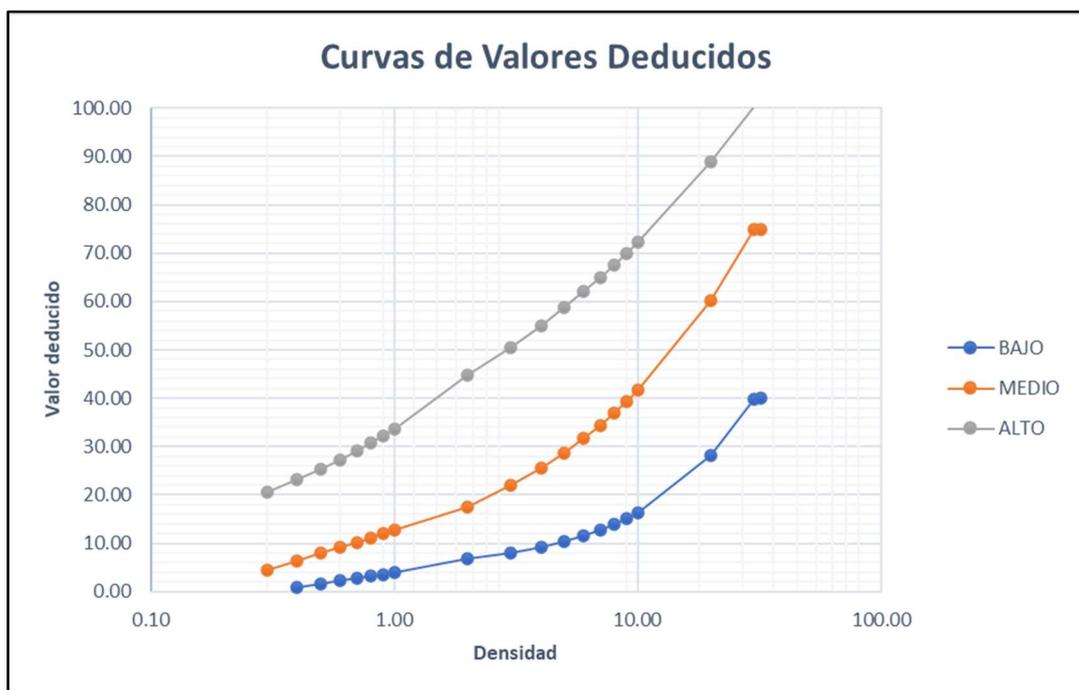
*Valor deducido Agrietamiento en bloque*



*Nota. Vásquez Varela (2002)*

**Figura 38**

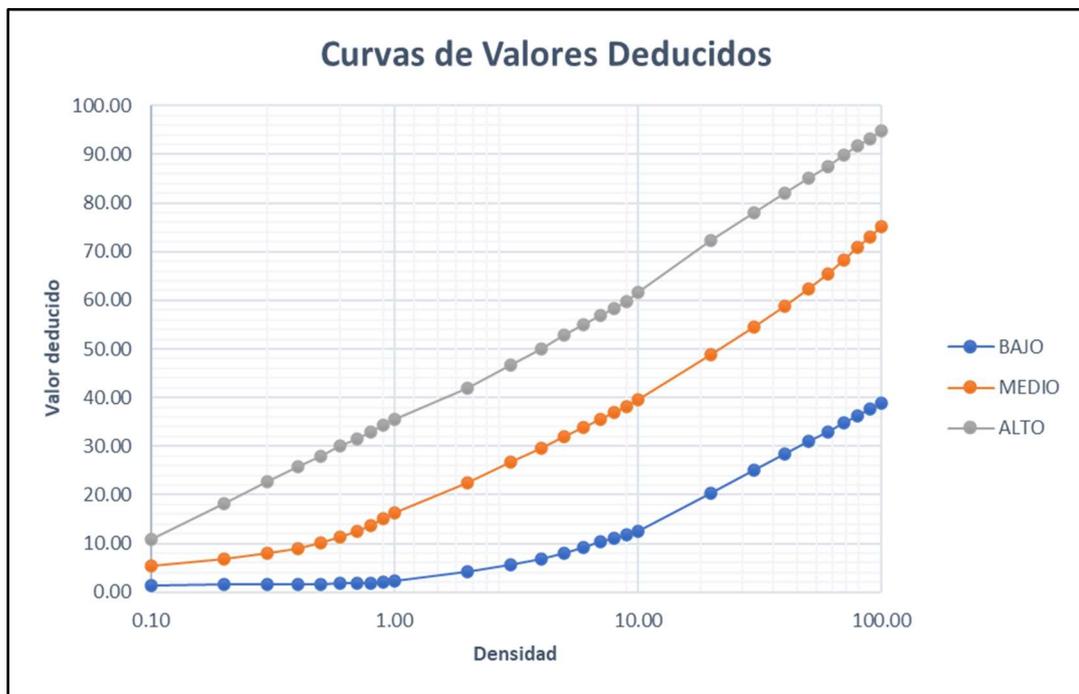
*Valor deducido Ahuellamiento y Hundimiento*



*Nota. Vásquez Varela (2002)*

**Figura 39**

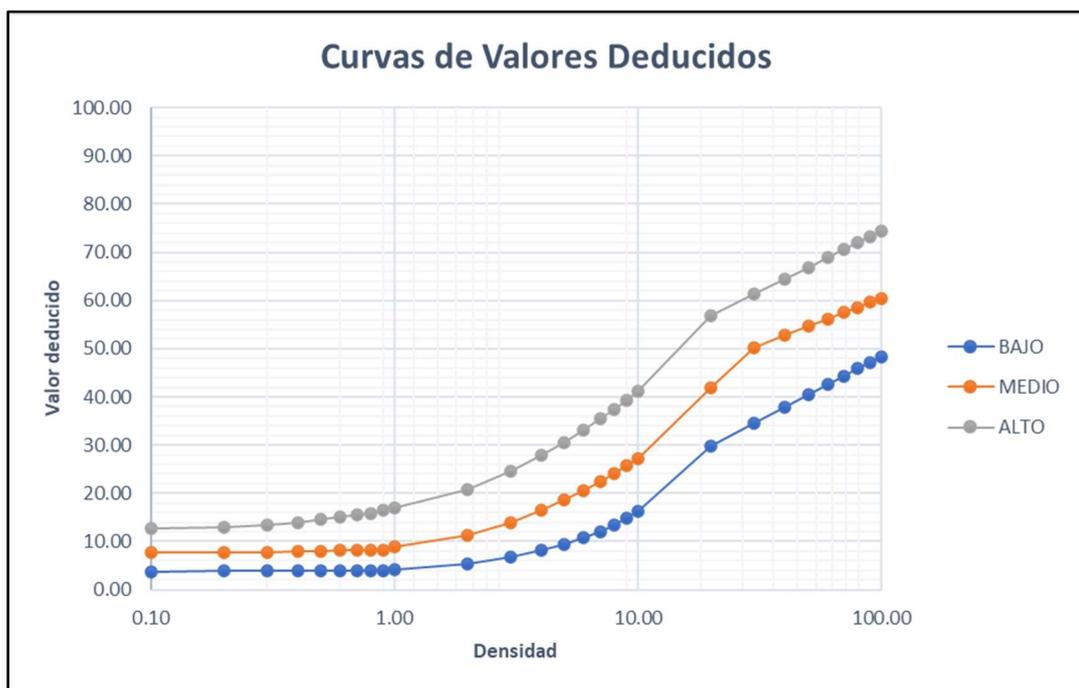
*Valor deducido Corrugación*



*Nota. Vásquez Varela (2002)*

**Figura 40**

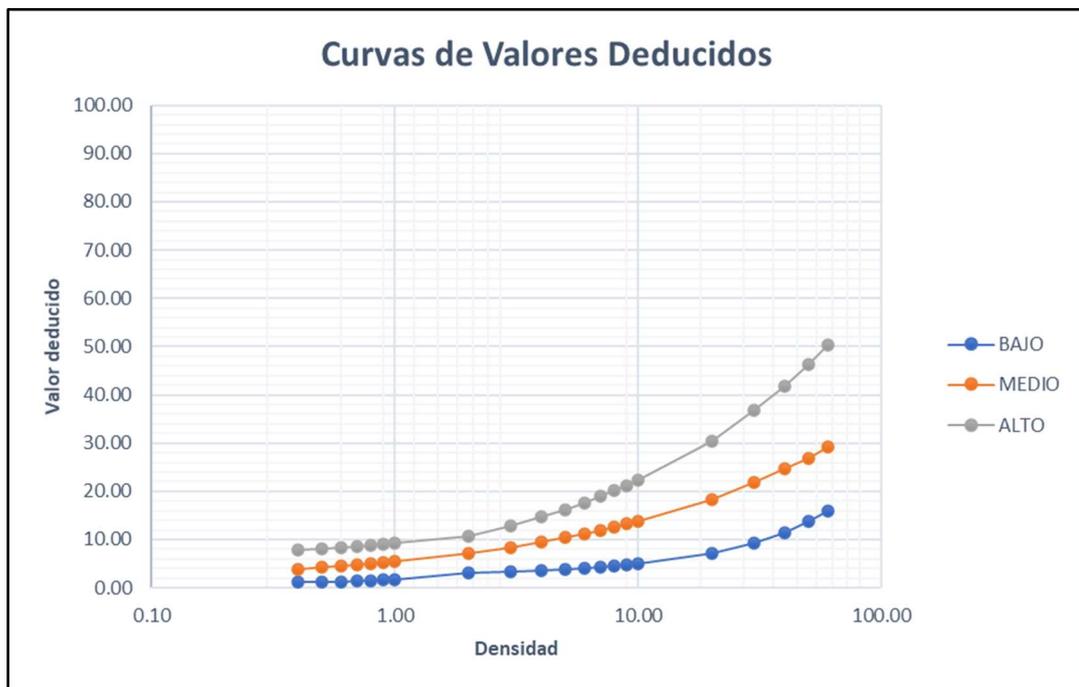
*Valor deducido Depresión*



*Nota. Vásquez Varela (2002)*

**Figura 41**

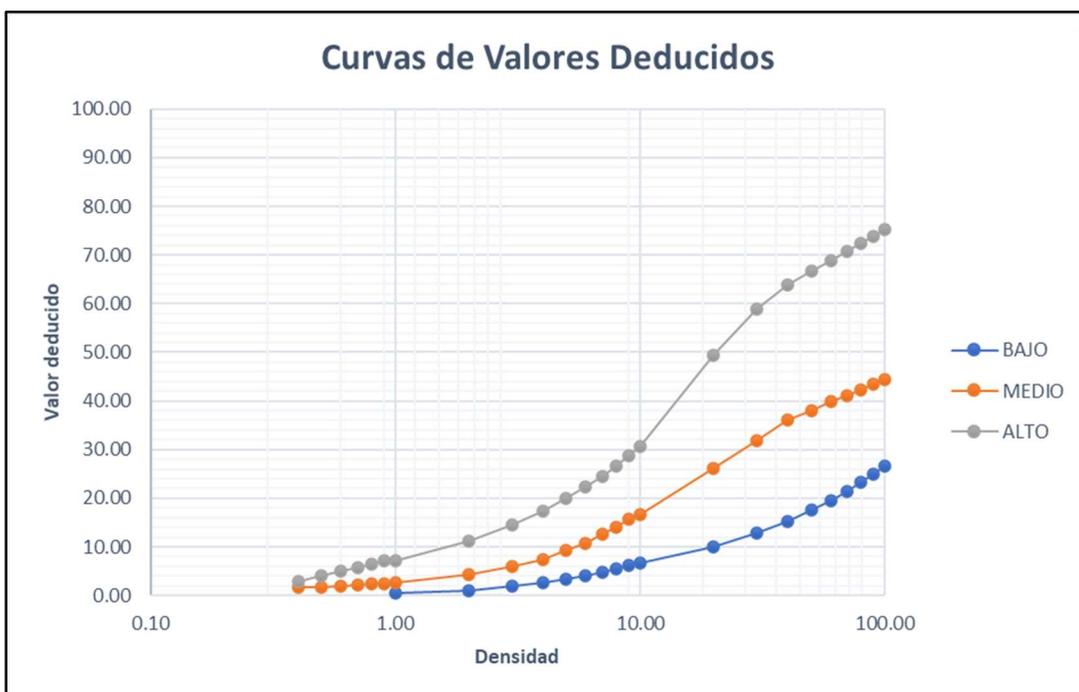
*Valor deducido grieta de borde*



*Nota. Vásquez Varela (2002)*

**Figura 42**

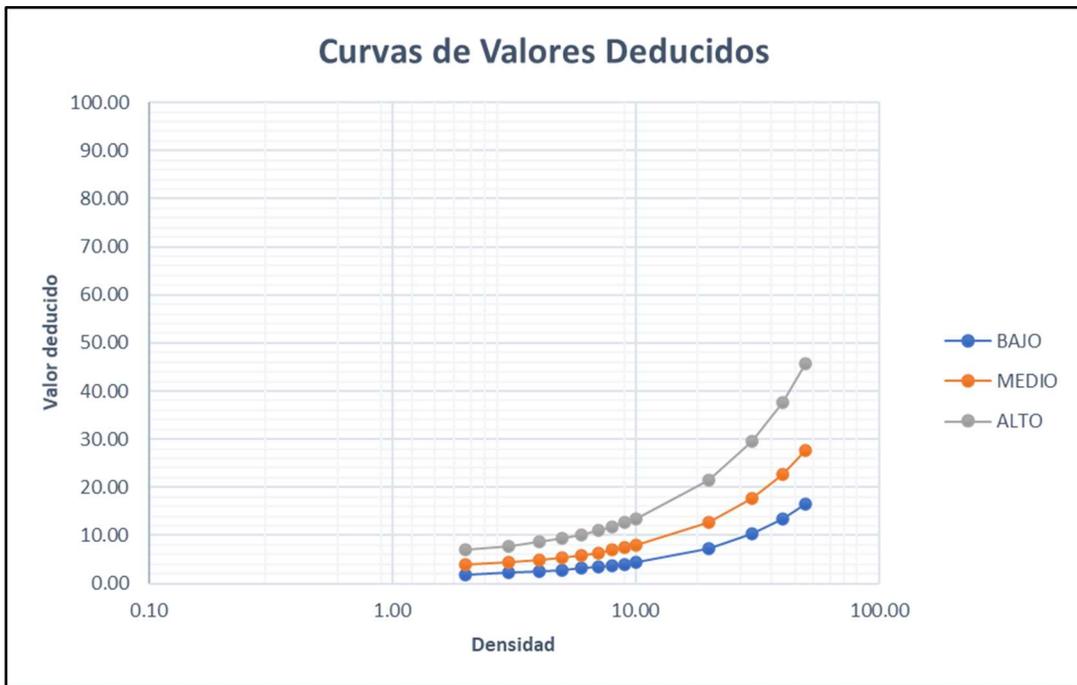
*Valor deducido grieta de reflexión de junta*



*Nota. Vásquez Varela (2002)*

**Figura 43**

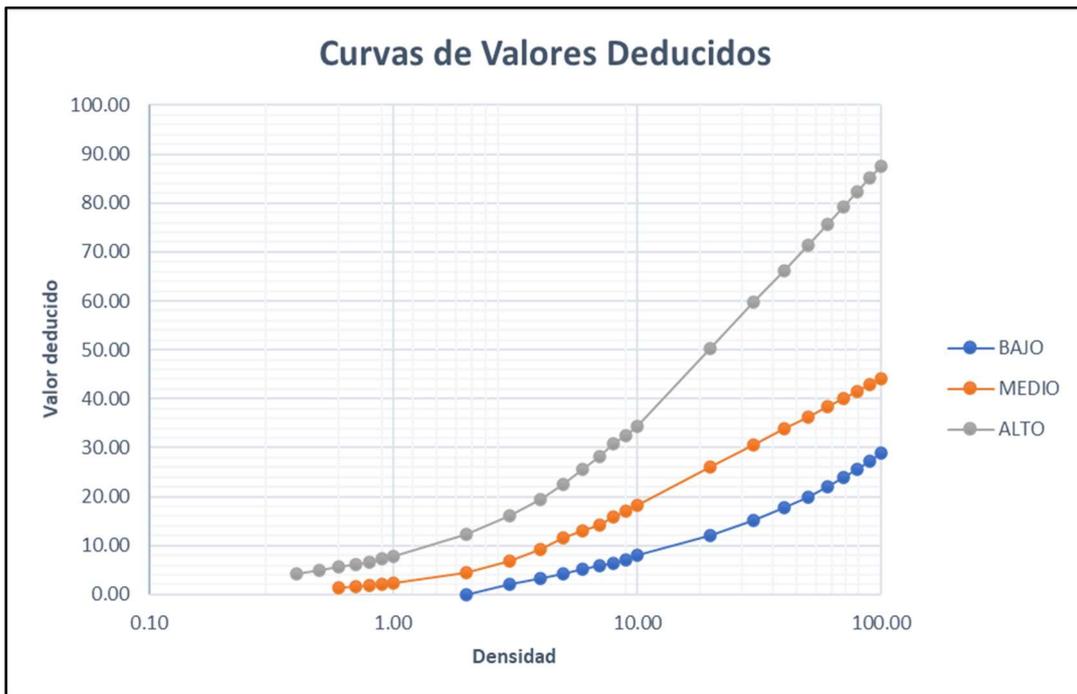
*Valor deducido Desnivel Carril – Berma*



*Nota. Vásquez Varela (2002)*

**Figura 44**

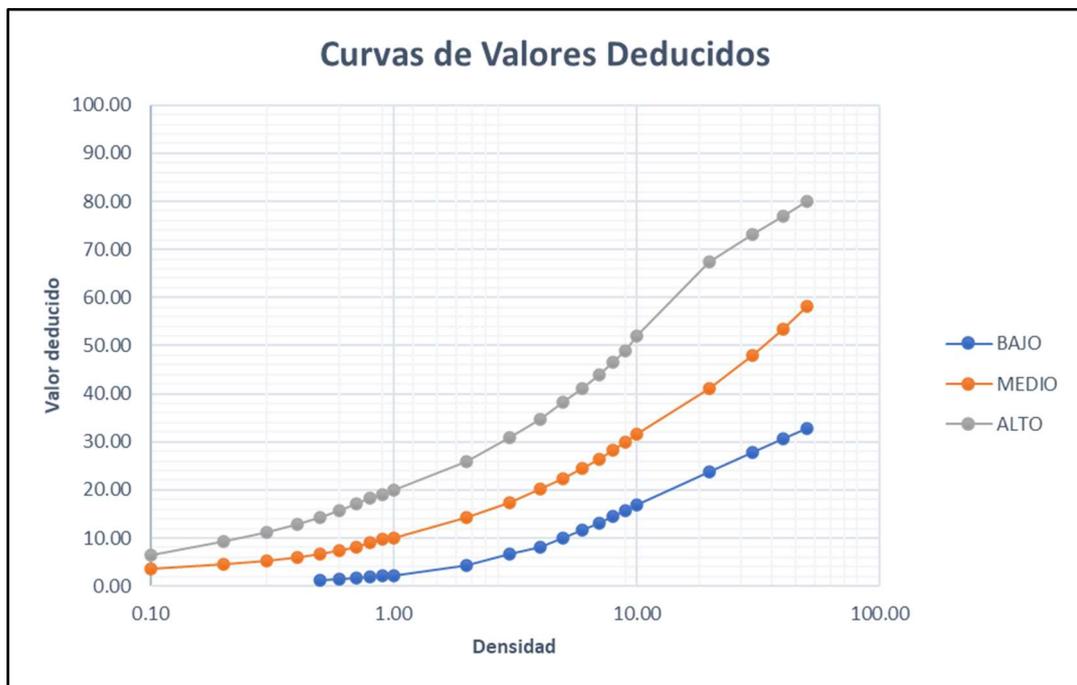
*Grietas longitudinales y transversales*



*Nota. Vásquez Varela (2002)*

**Figura 45**

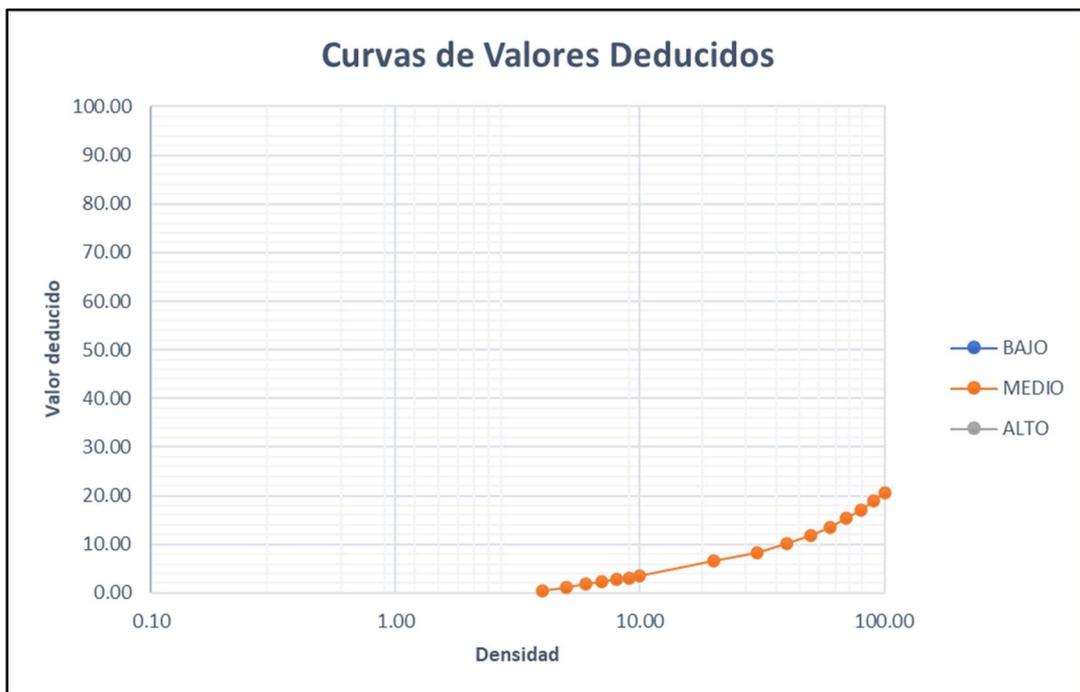
*Valor deducido Parcheo*



*Nota. Vásquez Varela (2002)*

**Figura 46**

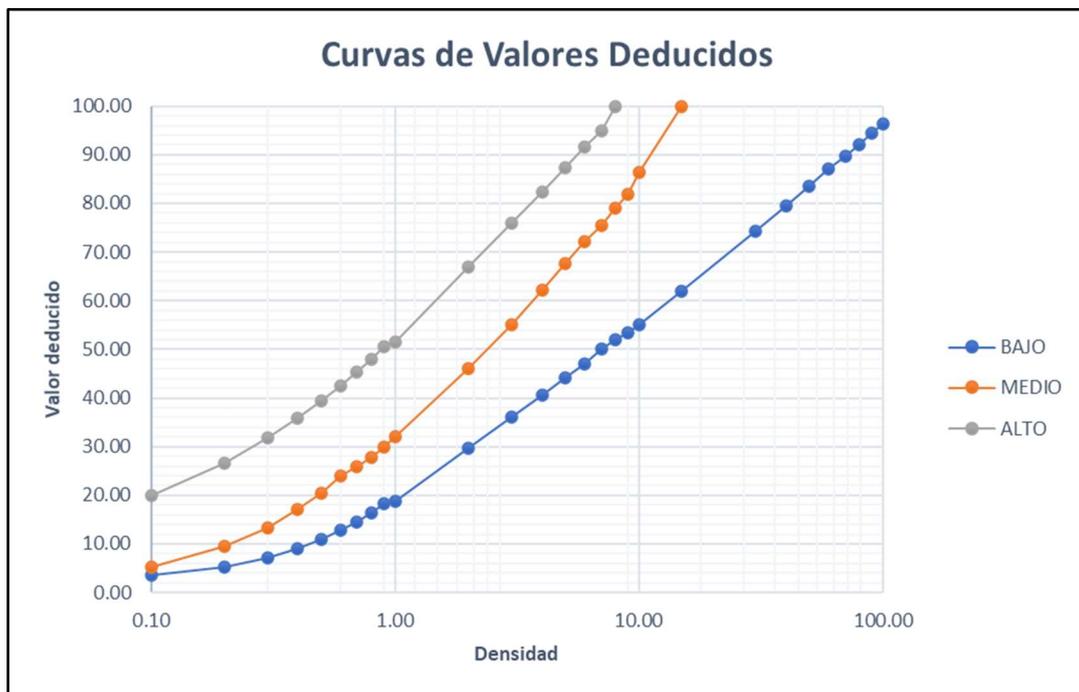
*Valor deducido Pulimiento de Agregados*



*Nota. Vásquez Varela (2002)*

**Figura 47**

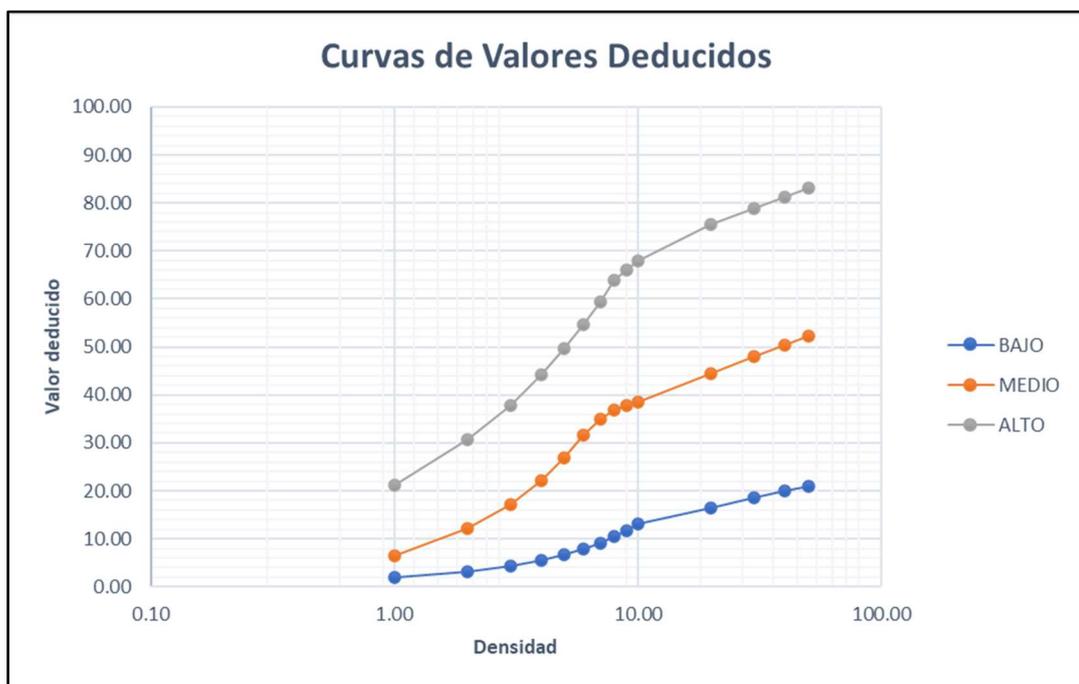
*Valor deducido Huecos*



*Nota. Vásquez Varela (2002)*

**Figura 48**

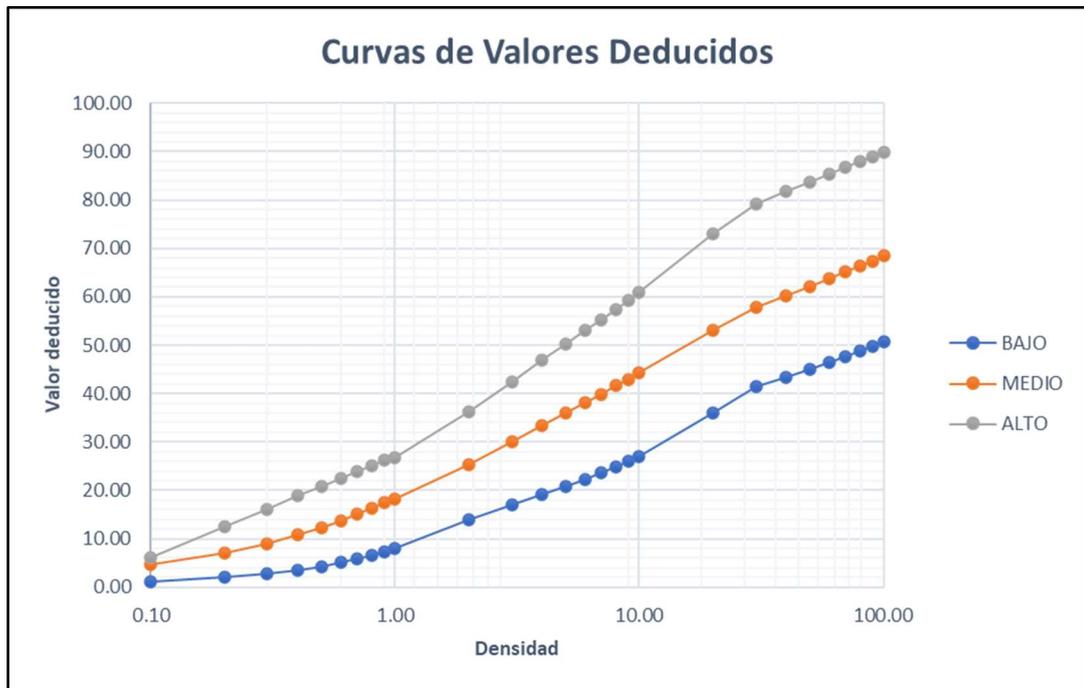
*Valor deducido Cruce de Vía Férrea*



*Nota. Vásquez Varela (2002)*

**Figura 49**

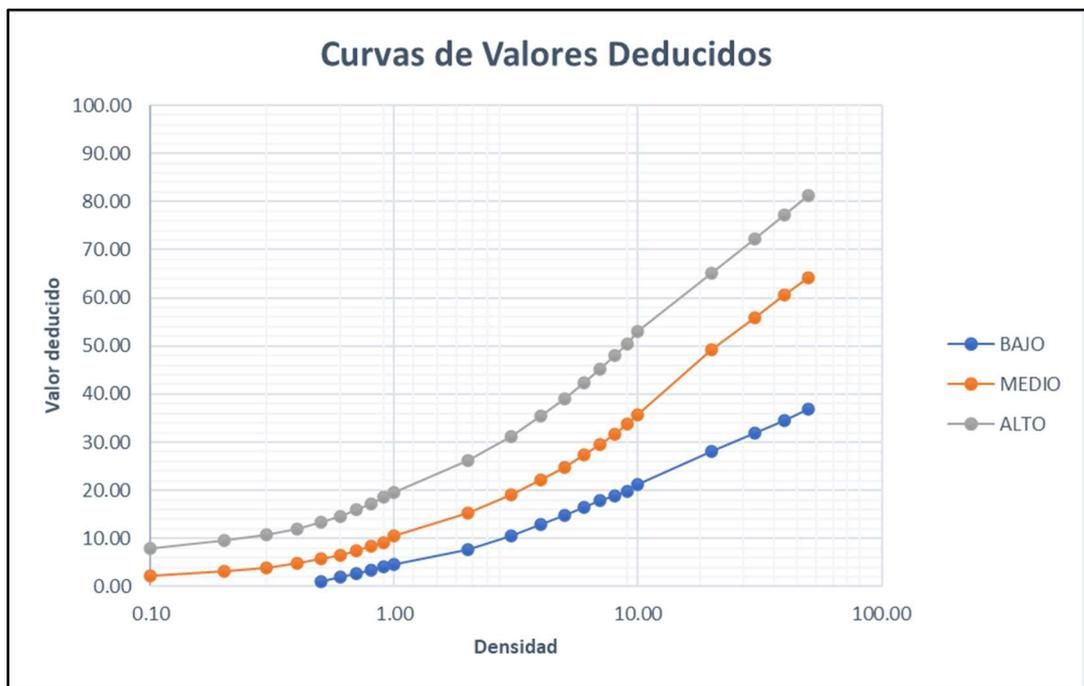
*Valor deducido Ahuellamiento*



*Nota. Vásquez Varela (2002)*

**Figura 50**

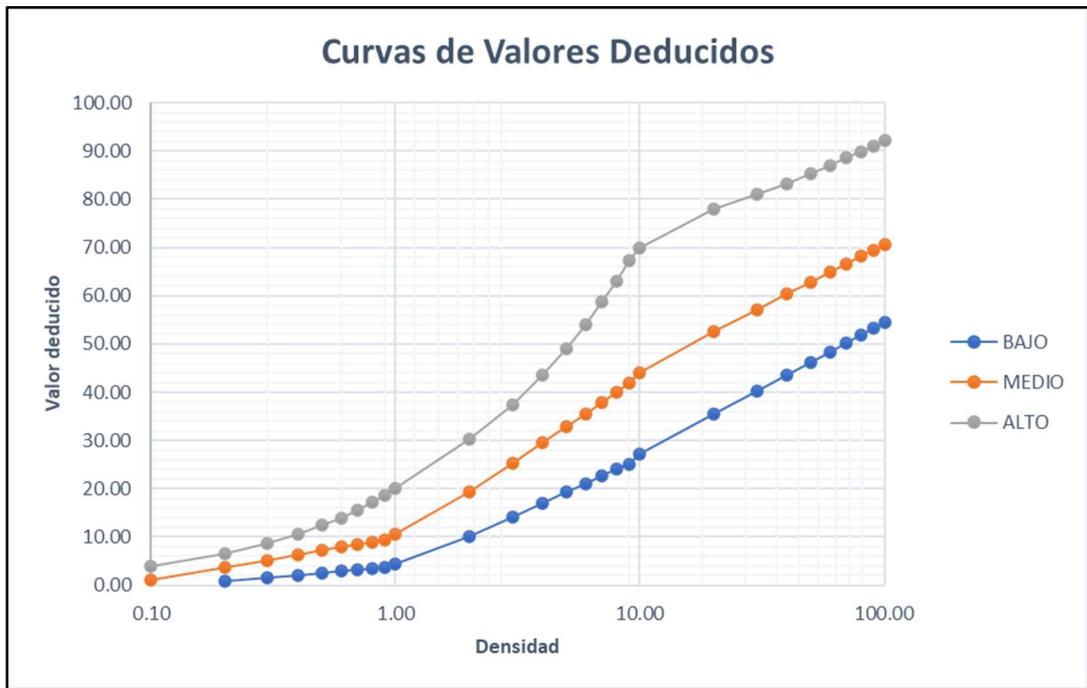
*Valor deducido Desplazamiento*



*Nota. Vásquez Varela (2002)*

**Figura 51**

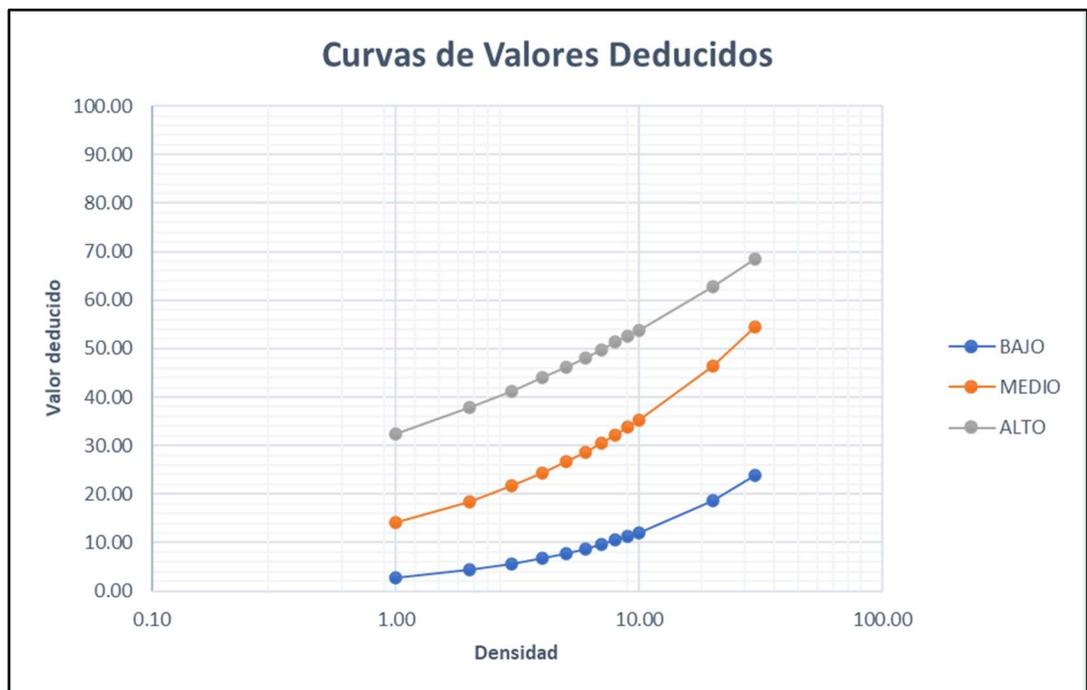
*Valor deducido Grietas Parabólicas*



*Nota. Vásquez Varela (2002)*

**Figura 52**

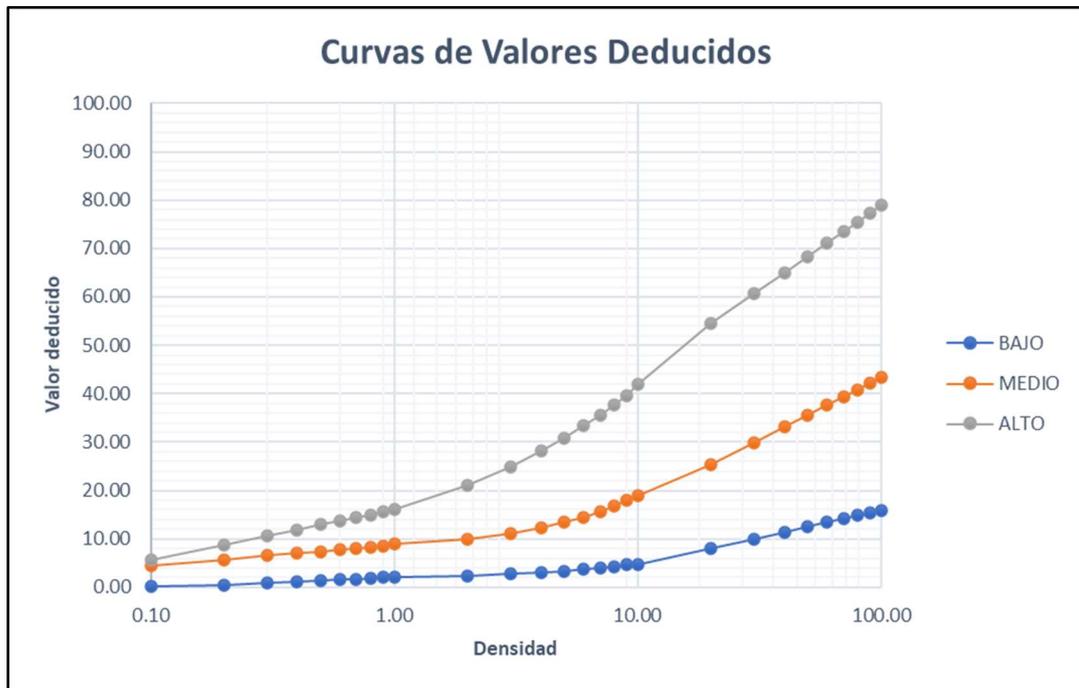
*Valor deducido Hinchamiento*



*Nota. Vásquez Varela (2002)*

**Figura 53**

*Valor deducido desprendimiento de agregados*

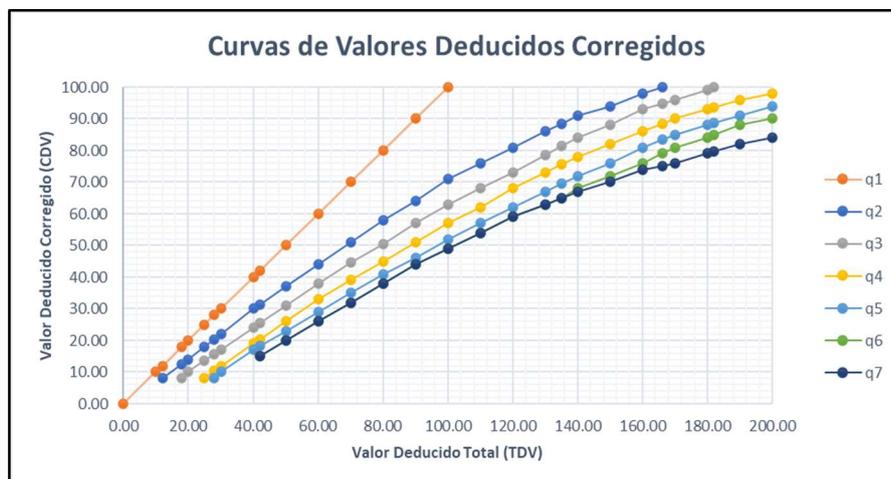


*Nota. Vásquez Varela (2002)*

Como siguiente punto se procede a calcular los valores deducidos corregidos, para determinar estos valores se empleará el grafico de valores deducidos corregidos estipulado dentro del manual PCI.

**Figura 54**

*Valores deducidos corregidos*



*Nota. Vásquez Varela (2002)*

A continuación, presentamos los valores deducidos corregidos de cada muestra, de los cuales se toma el valor máximo, y al restar del número 100, representará el valor de la condición del pavimento.

**Tabla 64**

*Valor deducido corregido de la muestra 1*

Nº	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7			
1	78.89	47.46	36.84					163.19	3.00	93.96
2	78.89	47.46	2.00					128.35	2.00	85.18
3	78.89	2.00	2.00					82.89	1.00	82.89
MAXIMO VDC										93.96

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 65**

*Valor deducido corregido de la muestra 2*

Nº	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7			
1	59.47	16.30	8.10					83.87	3.00	53.02
2	59.47	16.30	2.00					77.77	2.00	56.44
3	59.47	2.00	2.00					63.47	1.00	53.47
MAXIMO VDC										56.44

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 66**

*Valor deducido corregido de la muestra 3*

Nº	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7			
1	79.86	62.86	34.35					177.07	3.00	98.12
2	79.86	62.86	2.00					144.72	2.00	92.42
3	79.86	2.00	2.00					83.86	1.00	83.86
MAXIMO VDC										98.12

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 67***Valor deducido corregido de la muestra 4*

Nº	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7			
1	22.98	8.18	6.03	2.61				39.80	4.00	18.86
2	22.98	8.18	6.03	2.00				39.19	3.00	23.43
3	22.98	8.18	2.00	2.00				35.16	2.00	26.13
4	22.98	2.00	2.00	2.00				28.98	1.00	29.98
MAXIMO VDC										29.98

*Nota.* Elaboración propia**Tabla 68***Valor deducido corregido de la muestra 5*

Nº	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7			
1	55.70	38.58	31.46	28.03	14.20			167.97	5.00	81.60
2	55.70	38.58	31.46	28.03	2.00			155.77	4.00	84.31
3	55.70	38.58	31.46	2.00	2.00			129.74	3.00	78.36
4	55.70	38.58	2.00	2.00	2.00			100.28	2.00	71.14
5	55.70	2.00	2.00	2.00	2.00			63.70	1.00	63.70
MAXIMO VDC										84.31

*Nota.* Elaboración propia**Tabla 69***Valor deducido corregido de la muestra 6*

Nº	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7			
1	56.63	55.7	33.62	16.33	15.04			177.32	5.00	87.20
2	56.63	55.7	33.62	16.33	2.00			164.28	4.00	87.71
3	56.63	55.7	33.62	2.00	2.00			149.95	3.00	87.98
4	56.63	55.7	2.00	2.00	2.00			118.33	2.00	80.17
5	56.63	2.00	2.00	2.00	2.00			64.63	1.00	64.63
MAXIMO VDC										87.98

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 70***Valor deducido corregido de la muestra 7*

N°	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7			
1	38.02	29.82	18.66	8.62				95.12	4.00	54.07
2	38.02	29.82	18.66	2.00				88.50	3.00	56.03
3	38.02	29.82	2.00	2.00				71.84	2.00	52.29
4	38.02	2.00	2.00	2.00				44.02	1.00	44.02
MAXIMO VDC										56.03

*Nota.* Elaboración propia**Tabla 71***Valor deducido corregido de la muestra 8*

N°	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7			
1	38.02	25.43	12.70	3.91				80.06	4.00	45.04
2	38.02	25.43	12.70	2.00				78.15	3.00	49.39
3	38.02	25.43	2.00	2.00				67.45	2.00	49.22
4	38.02	2.00	2.00	2.00				44.02	1.00	44.02
MAXIMO VDC										49.39

*Nota.* Elaboración propia**Tabla 72***Valor deducido corregido de la muestra 9*

N°	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7			
1	43.18	18.35	12.70					74.23	3.00	47.04
2	43.18	18.35	2.00					63.53	2.00	47.87
3	43.18	2.00	2.00					47.18	1.00	47.18
MAXIMO VDC										47.87

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 73***Valor deducido corregido de la muestra 10*

N°	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7			
1	65.95	38.58	34.77					139.30	3.00	83.65
2	65.95	38.58	2.00					106.53	2.00	74.27
3	65.95	2.00	2.00					69.95	1.00	69.95
MAXIMO VDC										83.65

*Nota.* Elaboración propia**Tabla 74***Valor deducido corregido de la muestra 11*

N°	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	VDC
	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7			
1	55.70	47.46	14.69	7.85	7.25			132.95	5.00	68.48
2	55.70	47.46	14.69	7.85	2.00			127.70	4.00	71.85
3	55.70	47.46	14.69	2.00	2.00			121.85	3.00	74.02
4	55.70	47.46	2.00	2.00	2.00			109.16	2.00	75.58
5	55.70	2.00	2.00	2.00	2.00			63.70	1.00	63.70
MAXIMO VDC										75.58

*Nota.* Elaboración propia

Para determinar el valor del PCI se empleará la siguiente formula donde se reemplazará con el valor máximo obtenido VDC.

$$PCI = 100 - (Max VDC o Total VD)$$

Para hallar la clasificación de la condición del estado de pavimento, se debe tomar en cuenta la Tabla 75 que indica los valores oscilantes y la clasificación de la misma.

**Tabla 75***Condición del Pavimento*

CONDICIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO		
PCI		CLASIFICACIÓN
85.00	100.00	EXCELENTE
75.00	85.00	MUY BUENO
55.00	75.00	BUENO
40.00	55.00	REGULAR
25.00	40.00	MALO
10.00	25.00	MUY MALO
0.00	10.00	FALLADO

*Nota.* Vásquez Varela (2002)

Finalmente, se tiene los valores del PCI de cada muestra que se detalla a continuación:

Para la muestra 1 el valor obtenido del PCI es: 6.04, lo que indica que la condición del estado del pavimento es “fallado”.

Para la muestra 2 el valor obtenido del PCI es: 43.56, lo que indica que la condición del estado del pavimento es “regular”.

Para la muestra 3 el valor obtenido del PCI es: 1.88, lo que indica que la condición del estado del pavimento es “fallado”.

Para la muestra 4 el valor obtenido del PCI es: 70.02, lo que indica que la condición del estado del pavimento es “bueno”.

Para la muestra 5 el valor obtenido del PCI es: 15.69, lo que indica que la condición del estado del pavimento es “muy malo”.

Para la muestra 6 el valor obtenido del PCI es: 12.02, lo que indica que la condición del estado del pavimento es “muy malo”.

Para la muestra 7 el valor obtenido del PCI es: 43.97, lo que indica que la condición del estado del pavimento es “regular”.

Para la muestra 8 el valor obtenido del PCI es: 50.61, lo que indica que la condición del estado del pavimento es “regular”.

Para la muestra 9 el valor obtenido del PCI es: 52.13, lo que indica que la condición del estado del pavimento es “regular”.

Para la muestra 10 el valor obtenido del PCI es: 16.35, lo que indica que la condición del estado del pavimento es “muy malo”.

Para la muestra 11 el valor obtenido del PCI es: 24.42, lo que indica que la condición del estado del pavimento es “muy malo”.

### **3.6. Método de Análisis de Datos**

En la presente investigación se hizo uso del método inductivo ya que tras el exhaustivo estudio realizado en campo y gabinete serán las que van a concretar nuestras conclusiones, luego se realizó la deducción de las conclusiones a partir de la teoría registrada anteriormente, que se realizó de manera sintética ya que la teoría establecida en esta investigación es de mucha ayuda en el desarrollo y aplicación de la investigación, también se analizó los datos obtenidos en la investigación ordenándolos secuencialmente para ser evaluados mediante ensayos de laboratorio, softwares y normas para el procesamiento de los análisis y conclusiones de los resultados.

### **3.7. Aspectos Éticos**

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

## IV. RESULTADOS

En esta etapa se detalla y se da a conocer los resultados obtenidos a través de los ensayos y pruebas desarrolladas, donde podemos responder los objetivos planteados, para así determinar la calidad con la que cuenta la superficie del pavimento asfáltico, así como también la rugosidad y calidad de materiales.

Durante la primera etapa se procedió a realizar la evaluación superficial para hallar la calidad del Índice de Rugosidad Internacional utilizando el rugosímetro de Merlín, como segundo punto se presentan los valores obtenidos de los agregados empleados sobre la carpeta asfáltica determinada por el ensayo de Lavado Asfáltico, como tercer punto se presentan las deflexiones obtenidas a través del ensayo de Deflectometría realizada con la Viga Benkelman y como cuarto punto se procedió a verificar la calidad de la condición del pavimento con el valor dado por la metodología PCI.

### Evaluación de la calidad del Índice de Rugosidad Internacional

En la Tabla 76 presentamos los datos obtenidos según la evaluación superficial para hallar la calidad del Índice de Rugosidad Internacional que indica el estado de la carretera Juli – Desaguadero en la progresiva 1450+000 – 1451+000, tal como se indica a continuación:

**Tabla 76**

*Resumen de la evaluación Índice de Rugosidad Internacional*

CARRIL	PROGRESIVA	Rango <sub>D</sub> (mm)	RUGOSIDAD (IRI)	PSI	ESTADO
DERECHO	1450+000 - 1450+400	81.67	4.43	2.20	REGULAR
DERECHO	1450+400 - 1450+800	67.50	3.77	2.50	REGULAR
DERECHO	1450+800 - 1451+000	32.00	1.98	3.50	BUENO
IZQUIERDO	1451+000 - 1450+600	85.00	4.59	2.20	REGULAR
IZQUIERDO	1450+600 - 1450+200	80.00	4.35	2.30	REGULAR
IZQUIERDO	1450+200 - 1450+000	75.00	4.12	2.40	REGULAR

*Nota.* Resultados de laboratorio y elaboración propia

Por consiguiente, el valor promedio hallado del Índice de serviciabilidad PSI es: 2.52, lo que indica que la rugosidad del pavimento es “regular”.

### **Evaluación de los agregados de la carpeta asfáltica**

En este punto se presentan los valores dados obtenidos mediante la evaluación del Lavado Asfáltico con la que cuenta el pavimento flexible de la carretera Juli – Desaguadero, comprendidas entre las progresivas (1450+000 – 1451+000).



En la figura 55 se detalla con mucha mayor relevancia de que la curva granulométrica referente a los áridos empleados dentro de la mezcla asfáltica se encuentra dentro de los parámetros de gradación diferidas en cuanto a las especificaciones técnicas.

**Tabla 77**

*Contenido de cemento asfáltico*

<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Peso mezcla asfáltica	1582.00	gr.
Peso de agregado	1478.00	gr.
Peso cemento asfáltico	104.00	gr.
% Cont. de asfalto	6.594	%

*Nota.* Resultados de laboratorio

En la tabla 77 se contempla la cantidad de cemento asfáltico, así como también el peso total que contienen los agregados detallando valores para la mezcla asfáltica de 1582.00 gr, peso de agregado 1478.00 gr, peso cemento asfáltico 104.00 gr y dotando un % en cuanto al contenido del asfalto 6.594%.

**Tabla 78**

*Proporciones del agregado*

<b>PROPORCIONES DEL AGREGADO</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Grava	38.84%	%
Arena	56.43%	%
Fino	4.74%	%

*Nota.* Resultados de laboratorio

En la tabla 78 se contempla las proporciones con las que cuenta el agregado empleado dentro de la carpeta de rodadura de la carretera Juli – Desaguadero progresivas 1450+000 – 1451+000, grava 38.84%, arena 56.43% y fino 4.74%.

## Evaluación de Deflectometría

En la Tabla 79 presentamos los datos obtenidos según la evaluación del comportamiento estructural del pavimento del estado de la carretera Juli – Desaguadero en la progresiva 1450+000 – 1451+000, tal como se indica a continuación:

**Tabla 79**

*Resumen evaluación subrasante y carpeta de rodadura*

CARRIL	PROGRESIVA	$D_{adm\ prom}$	$R_{c\ prom}$	Valor referencial	Comportamiento de la subrasante	Comportamiento estructural
DERECHO	1450+000 – 1450+360	107.91	87.91	110.00	Bueno	Malo
DERECHO	1450+380 – 1450+740	123.39	90.53	110.00	Malo	Malo
DERECHO	1450+760 – 1460+980	132.66	87.81	110.00	Malo	Malo
IZQUIERDO	1451+000 – 1450+640	120.05	81.12	110.00	Malo	Malo
IZQUIERDO	1450+620 – 1450+260	120.68	85.35	110.00	Malo	Malo
IZQUIERDO	1450+240 – 1450+020	108.24	84.97	110.00	Bueno	Malo

*Nota.* Elaboración propia

Por consiguiente, el valor promedio del comportamiento estructural es: 86.28, esto indica que la carpeta se encuentra en mal estado. El valor promedio hallado del comportamiento de la subrasante es: 118.82, lo que indica que el suelo de fundación se encuentra en un estado de mala calidad.

Para clasificar el estado del comportamiento de la subrasante y estructural se debe tomar en cuenta la Tabla 80, que indica las características del pavimento de acuerdo al tipo de deflexión y radio de curvatura.

**Tabla 80**

*Características del pavimento*

<b>CARRIL</b>	<b>Subrasante</b>	<b>Estructural</b>
Tipo I	Bueno Dc<Da	Bueno Rc>100
Tipo II	Malo Dc>Da	Bueno Rc>100
Tipo III	Bueno Dc<Da	Malo Rc<100
Tipo IV	Malo Dc>Da	Malo Rc<100

*Nota.* CONREVIAl (2015)

### **Deflexión Característica**

Por consiguiente, se presentarán los análisis estadísticos y gráficas de variación de la deflexión y el radio de curvatura de cada progresiva.

#### **Carril Derecho (1450+000 – 1450+360)**

#### **Tabla 81**

*Análisis estadístico de la deflexión y radio de curvatura*

<b>Carril Derecho Tramo I</b>	<b>1450+000 – 1450+360</b>	
<b>Datos estadísticos</b>	<b>Deflexión (1/100 mm)</b>	<b>Rc (m)</b>
Promedio	107.13	87.92
Desviación estándar	17.29	21.51
Máximo	138.60	131.52
Mínimo	79.20	56.37
Deflexión característica a (1/100 mm)	135.56	123.30

*Nota.* Resultados de laboratorio

Dado el análisis estadístico de la progresiva (1450+000 – 1450+360) se determinó un valor promedio de 107.13 y un radio de curvatura de 87.92. Indicando que la subrasante de este tramo mencionado se encuentra en un estado bueno, influyendo en sí en las características del comportamiento estructural del pavimento flexible encontrándose éste en un estado malo.

#### **Carril Derecho (1450+380 – 1450+740)**

#### **Tabla 82**

*Análisis estadístico de la deflexión y radio de curvatura*

<b>Carril Derecho Tramo II</b>	<b>1450+380 – 1450+740</b>	
<b>Datos estadísticos</b>	<b>Deflexión (1/100 mm)</b>	<b>Rc (m)</b>
Promedio	123.39	90.54
Desviación estándar	16.45	16.36
Máximo	150.48	131.52
Mínimo	95.04	65.76
Deflexión característica a (1/100 mm)	150.44	117.45

*Nota.* Resultados de laboratorio

Dado el análisis estadístico de la progresiva (1450+380 – 1450+740) se determinó un valor promedio de 123.39 y un radio de curvatura de 90.54. Indicando que la subrasante de este tramo mencionado se encuentra en un estado malo, influyendo en sí en las características del comportamiento estructural del pavimento flexible encontrándose éste también en un estado malo.

### **Carril Derecho (1450+760 – 1450+980)**

**Tabla 83**

*Análisis estadístico de la deflexión y radio de curvatura*

<b>Carril Derecho Tramo III</b>	<b>1450+760 – 1450+980</b>	
<b>Datos estadísticos</b>	<b>Deflexión (1/100 mm)</b>	<b>Rc (m)</b>
Promedio	132.66	87.82
Desviación estándar	20.09	9.37
Máximo	178.20	98.64
Mínimo	102.96	71.74
Deflexión característica a (1/100 mm)	165.70	103.22

*Nota.* Resultados de laboratorio

Dado el análisis estadístico de la progresiva (1450+760 – 1450+980) se determinó un valor promedio de 132.66 y un radio de curvatura de 87.82. Indicando que la subrasante de este tramo mencionado se encuentra en un estado malo, influyendo en sí en las características del comportamiento estructural del pavimento flexible encontrándose éste también en un estado malo.

### Carril Izquierdo (1451+000 – 1450+640)

**Tabla 84**

*Análisis estadístico de la deflexión y radio de curvatura*

<b>Carril Izquierdo Tramo IV</b>	<b>1451+000 – 1450+640</b>	
<b>Datos estadísticos</b>	<b>Deflexión (1/100 mm)</b>	<b>Rc (m)</b>
Promedio	119.43	81.13
Desviación estándar	14.11	8.86
Máximo	138.60	98.64
Mínimo	95.04	65.76
Deflexión característica a (1/100 mm)	142.64	95.69

*Nota.* Resultados de laboratorio

Dado el análisis estadístico de la progresiva (1451+000 – 1450+640) se determinó un valor promedio de 119.43 y un radio de curvatura de 81.13. Indicando que la subrasante de este tramo mencionado se encuentra en un estado malo, influyendo en sí en las características del comportamiento estructural del pavimento flexible encontrándose éste también en un estado malo.

### Carril Izquierdo (1450+620 – 1450+260)

**Tabla 85**

*Análisis estadístico de la deflexión y radio de curvatura*

<b>Carril Izquierdo Tramo V</b>	<b>1450+620 – 1450+260</b>	
<b>Datos estadísticos</b>	<b>Deflexión (1/100 mm)</b>	<b>Rc (m)</b>
Promedio	120.05	85.35
Desviación estándar	10.56	12.63
Máximo	142.56	112.73
Mínimo	102.96	71.74
Deflexión característica a (1/100 mm)	137.43	106.12

*Nota.* Resultados de laboratorio

Dado el análisis estadístico de la progresiva (1450+620 – 1450+260) se determinó un valor promedio de 120.05 y un radio de curvatura de 85.35.

Indicando que la subrasante de este tramo mencionado se encuentra en un estado malo, influyendo en sí en las características del comportamiento estructural del pavimento flexible encontrándose éste también en un estado malo.

### **Carril Izquierdo (1450+240 – 1450+020)**

**Tabla 86**

*Análisis estadístico de la deflexión y radio de curvatura*

<b>Carril Izquierdo Tramo VI</b>	<b>1450+240 – 1450+020</b>	
<b>Datos estadísticos</b>	<b>Deflexión (1/100 mm)</b>	<b>Rc (m)</b>
Promedio	108.24	84.98
Desviación estándar	7.80	10.40
Máximo	122.76	98.64
Mínimo	95.04	71.74
Deflexión característica a (1/100 mm)	121.07	102.08

*Nota.* Resultados de laboratorio

Dado el análisis estadístico de la progresiva (1450+240 – 1450+020) se determinó un valor promedio de 108.24 y un radio de curvatura de 84.98.

Indicando que la subrasante de este tramo mencionado se encuentra en un estado bueno, influyendo en sí en las características del comportamiento estructural del pavimento flexible encontrándose éste en un estado malo.

### **Evaluación de la condición del pavimento por el Método PCI**

En este punto se presentan los valores obtenidos en cuanto a la evaluación superficial de la condición del pavimento por el método PCI, que se detalla en la Tabla 87.

**Tabla 87**

*Índice de condición de pavimento*

<b>Unidad de muestra</b>	<b>PCI</b>	<b>Condición</b>
UM 01	6.04	Fallado
UM 02	43.56	Regular
UM 03	1.88	Fallado
UM 04	70.02	Bueno
UM 05	15.69	Muy Malo
UM 06	12.02	Muy Malo
UM 07	43.97	Regular
UM 08	50.61	Regular
UM 09	52.13	Regular
UM 10	16.35	Muy Malo
UM 11	24.42	Muy Malo

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 87 se aprecian todos los índices de variación del pavimento en función a la evaluación detallada en cada unidad de muestra regida por el método PCI. Denotando que las unidades de muestra 01 y 03 se encuentran en un estado fallado, en tanto, las unidades de muestra 04 se encuentran en un estado bueno, las unidades de muestra 02, 07, 08, y 09 se encuentran en un estado regular, las unidades de muestra 05, 06, 10 y 11 se encuentran en un estado muy malo.

Por consiguiente, el valor promedio hallado del PCI es: 30.61, lo que indica que la condición del estado del pavimento es “mala”.

### **Alternativas de Intervención**

Para proponer una alternativa de intervención se debe tener en cuenta la Tabla 88, en el que se describe las acciones que se debe tomar para cada muestra.

### **Tabla 88**

*Intervención en base a rango PCI*

Unidad de muestra	Tipo de intervención
100 - 85	Mantenimiento rutinario
85 - 70	
70 - 55	Mantenimiento periódico
55 - 40	
45 - 25	Rehabilitación
25 - 10	Reconstrucción
10 - 0	

*Nota.* ASTM D6433-07, (2007)

En este punto se presentan las alternativas de intervención en función a la evaluación superficial de la condición del pavimento por el método PCI, que se detalla en la Tabla 89.

**Tabla 89**

*Alternativas de intervención PCI*

Unidad de muestra	PCI	Condición	Alternativa de intervención
UM 01	6.04	Fallado	Reconstrucción
UM 02	43.56	Regular	Mantenimiento periódico
UM 03	1.88	Fallado	Reconstrucción
UM 04	70.02	Bueno	Mantenimiento rutinario
UM 05	15.69	Muy Malo	Reconstrucción
UM 06	12.02	Muy Malo	Reconstrucción
UM 07	43.97	Regular	Rehabilitación
UM 08	50.61	Regular	Mantenimiento periódico
UM 09	52.13	Regular	Mantenimiento periódico
UM 10	16.35	Muy Malo	Reconstrucción
UM 11	24.42	Muy Malo	Reconstrucción

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 89 se aprecian las alternativas de intervención necesarias para reestablecer la condición del pavimento, los trabajos oscilan de acorde al valor PCI generado tras los cálculos efectuados de las once unidades de muestra en función de las fallas y severidades del pavimento, dentro de ellas, compete para el mantenimiento rutinario trabajos de sellos de fisura, parches y lechada asfáltica, para el mantenimiento periódico se plantean trabajos relacionados al refuerzo de

la superficie de rodadura y reciclado, para la rehabilitación se plantean actividades como la remoción y reemplazo de la carpeta asfáltica, para la reconstrucción se plantea reconfiguración de todas las capas del paquete estructural.

Tras someter la vía a un ensayo de rugosidad se determinó que se requieren las siguientes alternativas para reestablecer la serviciabilidad del pavimento:

**Tabla 90**

*Alternativas de intervención IRI*

<b>CARRIL</b>	<b>PROGRESIVA</b>	<b>PSI</b>	<b>ESTADO</b>	<b>Alternativa de intervención</b>
DERECHO	1450+000 - 1450+400	2.20	Regular	Rehabilitación
DERECHO	1450+400 - 1450+800	2.50	Regular	Rehabilitación
DERECHO	1450+800 - 1451+000	3.50	Bueno	Mantenimiento rutinario
IZQUIERDO	1451+000 - 1450+600	2.20	Regular	Rehabilitación
IZQUIERDO	1450+600 - 1450+200	2.30	Regular	Rehabilitación
IZQUIERDO	1450+200 - 1450+000	2.40	Regular	Rehabilitación

*Nota.* Elaboración propia

Las alternativas de intervención que se comprenden por medio de la evaluación del ensayo de la rugosímetro de Merlín, son actividades de intervención mayor y menor, como la rehabilitación donde se designaran trabajos de reconfiguración de la carpeta de rodadura mediante procedimientos de reciclado, incorporando materiales adherentes y áridos que puedan mejorar la capacidad de soporte para dar mejor confort a la transitabilidad de la zona, así también se designaran trabajos de intervención menor como son los mantenimientos rutinarios, los cuales se enfocan en trabajos de parcheo de la calzada, limpieza, roce, etc. Para alargar el periodo de vida de la infraestructura.

Las actividades de intervención tras generar valores por el ensayo de deflectometría que darán de acorde a los trabajos de rehabilitación, en los cuales se emplearan trabajos de reconfiguración de la vía, debido al mal comportamiento

del paquete estructural, debido a que la subrasante se encuentra en un mal estado, dentro de esta se propone mejorar la subrasante a través de técnicas de mejoramiento del suelo, con materiales puzolánicos o granulares, por otra parte para mejorar el paquete de la rasante se propone utilizar aditivos como los elastómeros los cuales son ampliamente usados dentro el ámbito de las vías por sus propiedades de resistencia.

En la Tabla 91 se aprecia los diferentes tipos de intervención que se plantea de acuerdo a las diferentes evaluaciones que se realizó a la mencionada carretera.

**Tabla 91**

*Resumen de las alternativas de intervención según la evaluación*

<b>Tipo de evaluación</b>	<b>Valor hallado</b>	<b>Estado</b>	<b>Alternativa de intervención</b>
Índice de Rugosidad Internacional (IRI)	2.52	Regular	Rehabilitación
Calidad de materiales (Lavado Asfáltico)	S/V	Bueno	Se encuentra dentro de los Rangos Permisibles
Deflectometría	Subrasante: 118.82	Malo	Reestructuración
	Estructural: 86.28	Malo	Reestructuración
Índice de condición del Pavimento (PCI)	30.61	Malo	Rehabilitación

*Nota.* Elaboración propia

## V. DISCUSIÓN

### Discusión 1.

A continuación, se muestra la comparación de los resultados obtenidos del índice de rugosidad internacional.

#### Tabla 92

*Índice de rugosidad internacional*

Índice de Serviciabilidad PSI		
Lizandro y Tulio (2021)	Araníbar y Saavedra (2019)	Arteaga y Noriega (2019)
2.52	4.60	3.41

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 92 se presentan los valores promedio tras realizar el ensayo del índice de serviciabilidad usando el rugosímetro de Merlín, identificando que Lizandro y Tulio (2021) en su investigación determinaron que el IRI promedio característico se dio por un valor de 2.52 PSI identificando que la vía en mención se encuentra en un estado regular, ésta fue representada tras el uso de la tabla AASHTO 93 de la escala de serviciabilidad. En tanto el autor Araníbar y Saavedra (2019), tras su investigación sobre la vía de pavimento rígido denoto un valor promedio de 4.60 PSI, identificación de la vía se encuentra en muy buenas condiciones. Por último, los investigadores Arteaga y Noriega tras su investigación determinaron que la vía evaluada presenta un valor de 3.41 representando una serviciabilidad buena en tanto al confort de la vía.

### Discusión 2.

A continuación, se muestra la comparación de los resultados obtenidos del comportamiento estructural y de subrasante hallados en los diferentes pavimentos.

#### Tabla 93

*Deflectometría*

<b>Comportamiento de la subrasante y estructural del pavimento flexible</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Lizandro y Tulio (2021)</b>	<b>Paredes (2019)</b>	<b>Condezo (2020)</b>
Comportamiento de la subrasante	118.82	101.15	113.00
Comportamiento estructural	86.28	97.85	107.12

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 93 se muestran los resultados obtenidos en diferentes investigaciones, las cuales denotan valores referidos en el comportamiento de la subrasante y el comportamiento estructural, los autores Lizandro y Tulio (2021), tras su investigación de la deflectometría de la carretera Juli - Desaguadero determinaron valores en el comportamiento de la subrasante dada por el valor de 118.82 el cual representa que el suelo de fundación de esta estructura se encuentra en un estado de calidad mala, así mismo influyendo sobre el comportamiento estructural que denota un valor de 86.28, deduciendo que la carpeta se encuentra en un mal estado, todo corroborado mediante el método CONREVIAl. Por otra parte el autor paredes (2019) en su investigación obtuvo un valor promedio sobre el comportamiento de la subrasante denotado por el valor de 101.15, el cual fue comparado con una deflexión admisible de 100.00 lo cual indica que la subrasante en esta vía, se encuentra en un estado malo, asimilando el mismo resultado sobre el comportamiento estructural, el cual indicó un valor de 97.85 lo cual indica que la carpeta se encuentra en un estado malo, en cuanto el autor Condezo (2020), en su investigación determinó un valor admisible promedio de 113.00, el cual fue puesto en comparación con una deflexión admisible promedio de 122.92, indicando que la subrasante en dicha investigación se encuentra en buen estado, por otra parte también se determinó el valor del comportamiento estructural dado por el valor de 107.05, indicando que según el radio de curvatura y la subrasante la carpeta asfáltica se encuentra en buen estado.

### **Discusión 3.**

A continuación, se muestra la comparación de los resultados obtenidos de la evaluación PCI.

**Tabla 94***Evaluación superficial*

<b>Método PCI</b>		
<b>Lizandro y Tulio (2021)</b>	<b>Araníbar y Kiara (2019)</b>	<b>Salazar (2019)</b>
30.61	23.00	59.00

*Nota.* Elaboración propia

En la tabla 94 se muestran los diferentes valores obtenidos mediante la evaluación PCI, Lizandro y Tulio generaron un valor de 30.61 debido a las fallas que se presentaron siendo estas fallas características de la piel de cocodrilo en diferentes severidades, así como también agrietamiento en tanto longitudinales y transversales, presencia de desnivel carril berma, ahuellamiento y parcheo entre otras características, en cuanto Araníbar y Kiara en su investigación determinaron un valor promedio de 23.00 debido a la presencia de fallas como la piel de cocodrilo, así como también se presenciaron fallas de fisuramiento en bloque, fisuraciones en ámbitos longitudinales y transversales e intemperismo demostrando peladuras, estas se presentaron en diferentes niveles de intensidad, en cuanto Anghelo Salazar tras su investigación generó un valor promedio de 59.00, esta se dio tras presenciar problemas de exudación, abultamientos, grietas en sección transversal o longitudinal, pulimiento de los agregados, huecos, ahuellamientos, dadas en diferentes clases de severidades.

## VI. CONCLUSIONES

1. Tras evaluar la carretera Juli – Desaguadero, se pudo determinar que la rugosidad característica expresada en valores de PSI denota el valor cuantificado de 2.52 PSI, lo cual según la clasificación AASHTO 93, expresa que la carretera en mención presenta una característica regular.
2. Tras efectuar el ensayo de lavado asfáltico se puede afirmar que las fallas originadas en la carretera Juli – Desaguadero, no se presentan por los agregados y diseño de pavimentos asfálticos empleados al momento de la ejecución, debido a que éstos se encuentran dentro de los rangos permisibles de la norma DG 2013.
3. Tras evaluar la carretera Juli – Desaguadero, por el ensayo de deflectometría se pudo determinar que la calidad de la subrasante y el comportamiento estructural denotaron una característica mala, debido a que la  $D_{adm}$  es menor que la  $D_{adm \text{ promedio}}$  evaluada en el tramo.
4. Mediante la evaluación del índice de condición de pavimentos, la carretera Juli – Desaguadero, presenta un valor promedio de 30.61, lo que indica que la condición del pavimento es mala.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda emplear evaluaciones más exhaustivas considerando todos los criterios tanto en ámbito superficial como a niveles estructurales, mediante métodos destructivos y no destructivos, para tener mayor conocimiento del origen de las fallas.
2. Se recomienda asegurar todos los aspectos relevantes para tener una buena evaluación del pavimento flexible, como el clima, el tráfico, y otros aspectos que pueda perjudicar la evaluación.
3. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de la evaluación de índice de serviciabilidad, deflectometría y el índice de condición de pavimento, se recomienda realizar una reconstrucción de la carretera Juli – Desaguadero, con la reconfiguración de todas las capas del paquete estructural y la carpeta de rodadura.
4. Se recomienda tener en cuenta que, en la etapa de reconstrucción, no se pueda dañar ni debilitar el paquete estructural de la vía utilizando maquinaria pesada no adecuada en el proceso de demolición y construcción.
5. Se recomienda tomar en cuenta los resultados y parámetros de diseño en la reconstrucción, ya que éstos permitirán tener un resultado óptimo y buena serviciabilidad de la vía.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allende, F. Evaluación comparativa de la serviciabilidad de las vías: Saphi-Saqsaywaman, Saqsaywaman-Abra Ccorao. abra Ccorao-Ccorao y Ccorao-Rayaniyoc; según la determinación del índice de condición del pavimento PCI y el índice de rugosidad internacional IRI. Cusco: Universidad Andina del Cusco, 2017.

Análisis de regularidad superficial en camino pavimentados. Pradera, M. 2, Santiago: Revista de la Construcción, 2006, Vol. 5. 0717-7925.

Analysis of international roughness index. Application to Enrique Olaya Herrera Airport in Medellín, Colombia. Marín, D., Riscanevo, M. y Acosta, P. Medellín: UGCiencia, 2016, Vol. 22.

Aranibar, M. y Saavedra, K. Determinación del estado actual del pavimento mediante la medición del índice de condición del pavimento (PCI) y el índice de rugosidad internacional (IRI) en la vía principal Izcuchaca - Huarcocondo. Cusco: Universidad Andina del Cusco, 2019.

Arias, F. "El proyecto de investigación". 4ta. Caracas: Episteme Venezuela, 2004.

Aspectos y consideraciones importantes en el cálculo del índice de regularidad internacional IRI. Badilla, G. 1, San José: Revista de la Universidad de Costa Rica, 2010, Vol. 20. 1409-2441.

Assessment of the state of flexible pavement using the pci method of the portairport Highway (Section II). Blanket. Manabi Province. Baque, B. 2, Manabí: Ciencias técnicas y aplicadas, 2020, Vol. 6. 2477-8818.

CARACTERIZACION de la tipología de fallos presentados en los pavimentos de la ciudad de Ocaña Norte de Santander. Gallardo R. [et al]. 2017. 1, Cuanalo: Revista Ingenio UFPSO, 2017, Vol. 13. 2389-864X.

Valdés, L. y Alonso, A. Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles en aeropuertos para Cuba. Cuba: Revista de Arquitectura e Ingeniería, 2017, Vol. 11. 1990-8830.

Pulido, F. CBR vs Deflectómetro de impacto (FWD) para determinar el módulo de resiliencia en la subrasante en el diseño de estructura de pavimento. 11, Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana, 2011, Vol. 2.

Guzman, E. y Higuera, C. Comparación entre el módulo resiliente de la subrasante determinando en laboratorio y el retro cálculo, factor de ajuste Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2016, Vol. 7. 2422-2399.

Llamazares, O. Dimensionado del refuerzo de pavimentos flexibles a partir de las deflexiones determinadas con la viga de Benkelman. España: Informes de la Construcción, 1966, vol. 19.

Sánchez, I. y Solminihac, H. El IRI: un indicador de la regularidad superficial. Madrid: Revista de Ingeniería de Construcción, 1989, Vol. 1.

Avila, E., Albarracín, F. y Bojorque, J. Evaluación de pavimentos en base a métodos no destructivos y análisis inverso. Maskana: Revista semestral de la DIUC, 2015, Vol. 6.

Evaluación de pavimentos y decisiones de conservación con base en sistemas de inferencia difusos. Beltrán, G. y Romo, M. 3, México: Ingeniería investigación y tecnología, 2014, Vol. 15. 1405-7743.

Evaluation of flexible pavement wears through the use of short-range photogrammetry. Cango, L. y Zárate, B. 2, Loja: Investigación en ingeniería, 2020, Vol. 17. 2619-6581.

García. Metodología de investigación cuantitativa. Lima: Texas, 2004. pág. 91.

Gestión de pavimentos basado en sistemas de información geográfica (SIG): una revisión. Silva, A., Daza, O. y Lopez, L. 26, Tunja: Universidad Cooperativa de Colombia, 2018, Vol. 14. 1900-3102.

Gestión sostenible del pavimento flexible, rígido y articulado del centro urbano del Cantón Girón. Guzmán, G. y Mogrovejo, D. 1, Cuenca: Universidad de Cuenca, 2017, Vol. 12.

Hernández, R. Metodología de la investigación. México: McGRAW-HILL, INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2019. pág. 634.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista L. 2014. "Tesis y Metodología de la investigación". 6ta. s.l.: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V., 2014.

Hilario, J. Propuesta de guía metodológica para la verificación, seguimiento y monitoreo del mantenimiento rutinario por niveles de servicio en vías vecinales asfaltadas en Pasco, Pasco-2018. Cerro de Pasco: Universidad Nacional Alcides Carrión, 2019.

Instrumento electrónico para la estimación del índice de rugosidad internacional (IR) con base en el perfilómetro estático merlín. Servando, R. 1, Venezuela: Revista de la Facultad de Ingeniería, 2012, Vol. 27. 0798-4065.

Media perfil longitudinal de un pavimento mediante navegación inercial. Caicedo, B., Murillo, C. y Tristancho, J. 1, Lima: Universidad de los Andes, 2014, Vol. 1.

Modelo de evaluación técnica del desempeño del mantenimiento de pavimentos flexibles. Vera, I. [et al]. 2, Chile: Revista de Construcción, 2010, Vol. 9. 0718-915X.

Obtención de un modelo computacional con el software SIGMA/W, para reproducir los resultados del ensayo con la Viga Benkelman. Moll, R. y Tejeda, E. 1, Cuba: Revista de Arquitectura e Ingeniería, 2014, Vol. 8. 1990-8830.

Ocmin, A. y Ramos, R. Deflectometría de impacto para la determinación del refuerzo en la carretera Lima - Chosica Km 35+535 al Km 39+500. Lima: Universidad Ricardo Palma, 2019.

Paredes, J. Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía: Cevallos - Quero en el tramo Km 5+800 al Km 9+100 de la provincia de Tungurahua. Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2019.

Penilaian kondisi perkerasan runway dengan metode pavement condition index (PCI) dan international roughness index (IRI) di bandar udara internasional

adi soemarmo solo. Dwinto, S. e Iman, S. Indonesia: Universitas Cadjah Mada, 2017, Vol. 4.

Permanent deformation model for pavement condition assessment. Leiva, F. [et al]. 1, Costa Rica: Revista ingeniería de Construcción, 2016, Vol. 32.

Pino, R. Metodología de la Investigación - Elaboración de diseños para contrastar hipótesis. Lima: San Marcos, 2018.

Propuesta de metodología para la evaluación de pavimentos mediante el índice de Condición del Pavimento (PCI). Gonzales, H., Ruiz, P. y Guerrero, D. 4, Cuba: Redalyc, 2019, Vol. 1.

Rehabilitación de pavimentos asfálticos de la ciudad de Cochabamba mediante el fresado y reciclado en frío. Valenzuela, R. y Severich, M. 21, Cochabamba: Revistas Boliviana, 2010, Vol. 7. 2075-8936.

Revisión de las tecnologías para la evaluación de pavimentos flexibles. BENAVIDES ARBULÚ, Luis Edmundo, Marín, N. y Muñoz, S. 2, s.l.: Revista Ciencia Nor@ndina, 2020, Vol. 3. 2663-6360.

Salazar, A. Evaluación de las patologías del pavimento flexible aplicando el método PCI, para mejorar la transitabilidad de la carretera Pomalca - Tumán. Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2019.

Subgrade resistance's characterization, using the impact deflectometer's information. Higuera, C. 19, Colombia: Investigación y Desarrollo en Infraestructura Vial, 2009, Vol. 28. 0121-1129.

Tamayo y Tamayo, M. 2003. "El proceso de la investigación científica". 4ta. México: Editorial Limusa, 2003.

The Evaluation of functional performance of national roadway using three types of pavement assessments methods. Suryoto, D. y Setyawan, A. Indonesia: ScienceDirect, 2017, Vol. 171.

Utilización del deflectómetro de impacto en la evaluación estructural de firmes. Serrano, J. 71, s.l.: Revista digital del Cedex, 2002, Vol. 12.

Vara, A. 2010. 7 pasos para una tesis exitosa. Lima: Universidad San Martín de Porres, 2010.

Visual scale for evaluating urban pavements: An office validation. Pereira, L., Silva, J, y Fontenelle, H. 1, Paraná: Revista Ingeniería de Construcción, 2018, Vol. 34.

**ANEXOS**

**Tabla 95**

ANEXO A. Operacionalización de Variables

**“Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli – Desaguadero – 2021”**

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
<b>Serviciabilidad del pavimento flexible</b>	Según Fabricio Allende (2017), se denomina serviciabilidad del pavimento flexible a la característica operacional con la que cuenta un pavimento, es el nivel de servicio que provee a los usuarios, tanto hoy como en el futuro.	La serviciabilidad del pavimento flexible se conceptualiza como la condición en la que se encuentra la infraestructura vial, esta se puede determinar a través de ensayos no destructivos siendo estos los métodos PCI, IRI, PSI.	Índice de condición del pavimento (PCI)  Índice de rugosidad internacional (IRI)  Condición Estructural (Deflectometría)  Calidad de la carpeta asfáltica	Tipos de fallas, severidad, condición.  Rugosidad del pavimento  Deformación del pavimento  Resistencia del pavimento  Lavado asfáltico (Granulometría de materiales)	Manual PCI (Norma ASTM D 6433 – 03)  Ensayo de rugosidad (ASTM E 867 – 06)  Ensayos de deflectometría (ASTM D 4694 – 96)  Ensayos de Laboratorio (ASTM D – 421)	Razón
<b>Alternativas de intervención</b>	Según Jakeline Hilario (2019), Las alternativas de intervención se derivan en un amplio conjunto de actividades, adecuadas y oportunas, destinadas a mantener o reestablecer las condiciones de vía al menor costo posible.	Las alternativas de intervención dirigidas hacia una red vial no son nada más que actividades de tipo menor como rutinario, también se les denomina actividades de tipo mayor contemplándose dentro de ésta las actividades periódicas, rehabilitaciones, reconstrucción, éstas se ejecutarán de acuerdo a la condición en la que se encuentre la infraestructura vial.	Mantenimiento rutinario  Mantenimiento periódico  Rehabilitación  Reconstrucción	Sellos de fisura, parches y lechadas asfálticas  Refuerzo de superficie de rodadura, reciclado  Reemplazo de superficie de rodadura  Reconformación de todas las capas de paquete estructural	100 – 70 según rango PCI  70 – 40 según rango PCI  40 – 25 según rango PCI  25 – 0 según rango PCI	Razón

Nota. Elaboración propia

**Tabla 96**

*ANEXO B. Matriz de Consistencia*

**“Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli – Desaguadero”**

<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Variabes</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicador</b>	<b>Metodología</b>
¿Cómo es la serviciabilidad del pavimento flexible y que alternativa de intervención se plantea para mejorar la carretera Juli - Desaguadero?	Evaluar la serviciabilidad del pavimento flexible y qué alternativa de intervención se plantea para la carretera Juli – Desaguadero – 2021.	La serviciabilidad del pavimento flexible y la alternativa de intervención se plantea para la carretera Juli – Desaguadero – 2021. Es malo con un valor de 30 PCI, 4.5 (m/km), calidad regular de los materiales empleados en la carpeta asfáltica con deflexiones a 0.10 m de profundidad en la mayoría del tramo evaluado y se requiere una rehabilitación.	<b>Variable Independiente</b>  Serviciabilidad del pavimento flexible	Índice de Condición del Pavimento (PCI)	Tipo de fallas	<b>Enfoque de Investigación</b> Mixto  <b>Diseño de Investigación</b> Cuasi Experimental  <b>Nivel de Investigación</b> Descriptivo – Aplicada  <b>Tipo de Investigación</b> Investigación básica - aplicada  <b>Población</b> Carretera Juli – Desaguadero km (1450+000 – 1451+000)  <b>Muestra</b> Carretera Juli - Desaguadero (Km 1450+000 – Km 1451+000)  <b>Técnicas</b> Inspección visual Rugosidad del pavimento Ensayo de lavado asfáltico Deflectometría Análisis e interpretación de datos  <b>Instrumentos</b> Noma ASTM D 5433 – 03 Rugosímetro de Merlín Equipo centrifuga Viga Benkelman Software de análisis e interpretación de datos
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicos</b>			Índice de Rugosidad internacional (IRI)	
a) ¿Cuál es el índice de rugosidad Internacional (IRI) de la carretera Juli – Desaguadero – 2021?	a) Determinar el índice de rugosidad internacional de la carretera Juli - Desaguadero - 2021.	a) El índice de rugosidad internacional (IRI) de la carretera Juli – Desaguadero – 2021. Es malo con un valor de 4.5 (m/km).	Condición Estructural (Deflectometría)	Viga Benkelman		
b) ¿Cuál es la calidad de los materiales de la carpeta asfáltica de la carretera Juli – Desaguadero - 2021?	b) Determinar la calidad de los materiales de la carpeta asfáltica de la carretera Juli – Desaguadero – 2021.	b) La calidad de los materiales de la carpeta asfáltica de la carretera Juli - Desaguadero - 2021. Es de calidad regular.	Calidad de la carpeta asfáltica	Lavado asfáltico (Granulometría de materiales)		
c) ¿Cuál es la condición estructural a través del ensayo de deflectometría de la carretera Juli – Desaguadero – 2021?	c) Determinar la condición estructural a través del ensayo de deflectometría de la carretera Juli – Desaguadero – 2021.	c) La condición estructural a través del ensayo de deflectometría de la carretera Juli – Desaguadero – 2021. Es de 40mm/100.	Mantenimiento rutinario	Sellos de fisura, parches y lechadas asfálticas		
d) ¿Cuál es el índice de condición del pavimento flexible (PCI) de la carretera Juli – Desaguadero – 2021?	d) Determinar el índice de condición del pavimento flexible (PCI) de la carretera Juli – Desaguadero – 2021.	d) El índice de condición del pavimento flexible (PCI) de la carretera Juli – Desaguadero – 2021. Es malo con un valor de 30 PCI.	<b>Variable Dependiente</b>	Refuerzo de superficie de rodadura, reciclado.		
e) ¿Qué alternativa de intervención es viable para mejorar la serviciabilidad superficial del pavimento flexible de la carretera Juli – Desaguadero – 2021?	e) Proponer una alternativa de intervención viable para mejorar la serviciabilidad superficial del pavimento flexible de la carretera Juli – Desaguadero – 2021.	e) La alternativa de intervención viable para mejorar la serviciabilidad superficial del pavimento flexible de la carretera Juli – Desaguadero – 2021. Es una rehabilitación.	Alternativas de intervención	Reemplazo de superficie de rodadura		
				Reconformación de todas las capas del paquete estructural		

Nota. Elaboración propia

## ANEXO C. RESULTADOS DE LABORATORIO – VIGA BENKELMAN

<b>LABORATORIO DE GEOTECNIA</b> MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS			
<b>PROYECTO</b> : Evaluacion de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervencion de la carretera Juli - Desaguadero <b>ESTRUCTURA</b> : PAVIMENTO FLEXIBLE <b>PROGRESIVA</b> : KM: 1450 + 000 HASTA 1450 + 360 <b>CARRIL</b> : DERECHO	<b>TECNICO RESPONSABLE</b> : L. A. E. P. <b>INGENIERO RESPONSABLE</b> : <b>FECHA</b> : 7/05/2021		

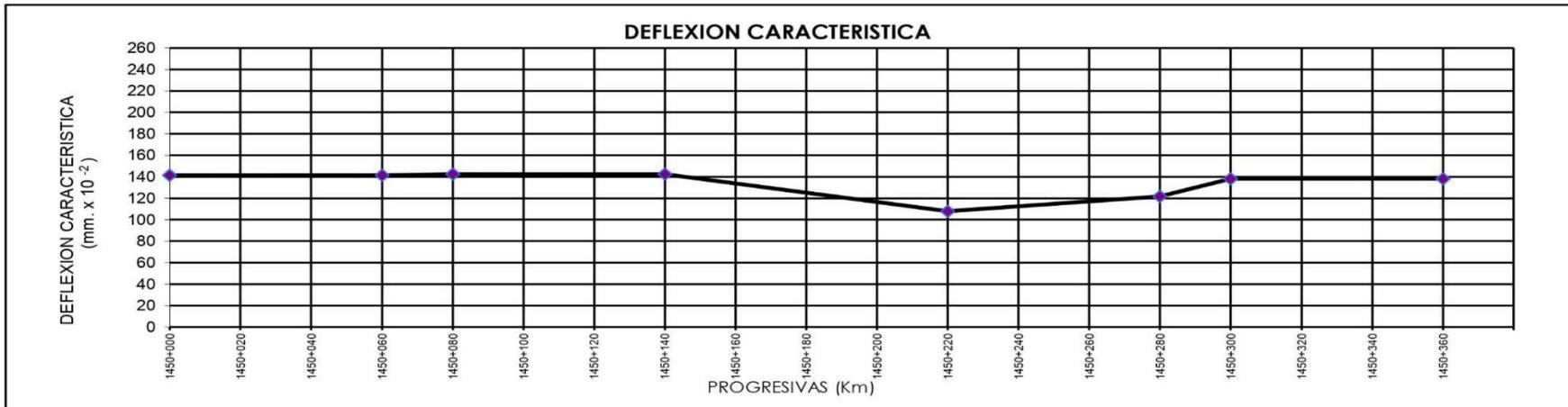
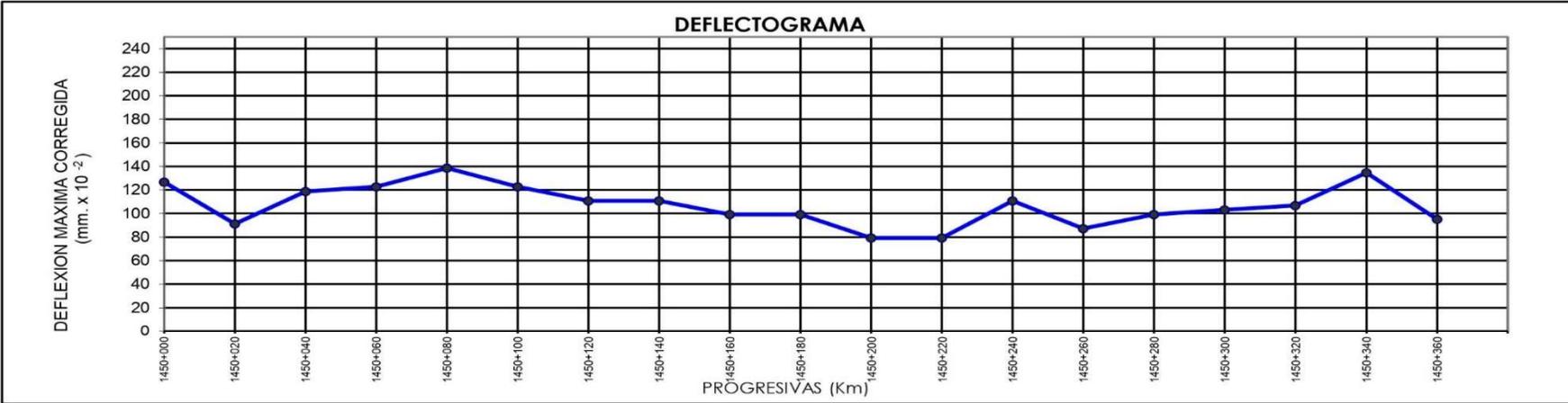
### EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN

PROGRESIVA KM	LECTURA DE VIGA EN DIALES				TEMP. AMBIENTE °C	TEMP. PAVIMENTO °C	HORA	DEFLEXION DIALES		DEFLEXION mm x 10 <sup>-2</sup>		CORRECCION TEMP. "K"	DEFLEXION CORREGIDA M.M. x 10 <sup>-2</sup>				RADIO DE CURVATURA RC (m)	TIPO SECCION			Deflexión Máxima Admisible x 10 <sup>-2</sup> mm	
	Lectura Inicial Lo (0 cm)	L (25 cm)	L (75 cm)	Lf (Dmáx)				0 cm.	25 cm	Do 0 cm.	DMP D <sub>p</sub>		DSTD D std.	D <sub>c</sub>	D <sub>25</sub> 25 cm.	T		CC	C 1/2 L			
1450+000	0.00	10	20	32	14	0.0	11:41	32	22	126.72	87.12	1.00	126.72			87.12	78.91				NO CUMPLE	
1450+020	0.00	10	19	23	14	0.0	11:47	23	13	91.08	51.48	1.00	91.08			51.48	78.91				CUMPLE	
1450+040	0.00	10	15	30	14	0.0	11:52	30	20	118.80	79.20	1.00	118.80			79.20	78.91				NO CUMPLE	
1450+060	0.00	12	20	31	14	0.0	11:57	31	19	122.76	75.24	1.00	122.76	114.84	16.17	141.43	75.24	65.76				NO CUMPLE
1450+080	0.00	14	25	35	14	0.0	12:02	35	21	138.60	83.16	1.00	138.60			83.16	56.37				NO CUMPLE	
1450+100	0.00	13	23	31	14	0.0	12:07	31	18	122.76	71.28	1.00	122.76			71.28	60.70				NO CUMPLE	
1450+120	0.00	10	23	28	14	0.0	12:12	28	18	110.88	71.28	1.00	110.88			71.28	78.91				NO CUMPLE	
1450+140	0.00	11	20	28	14	0.0	12:17	28	17	110.88	67.32	1.00	110.88	120.78	13.13	142.39	67.32	71.74				NO CUMPLE
1450+160	0.00	8	19	25	14	0.0	12:22	25	17	99.00	67.32	1.00	99.00			67.32	98.64				CUMPLE	
1450+180	0.00	8	19	25	14	0.0	12:27	25	17	99.00	67.32	1.00	99.00			67.32	98.64				CUMPLE	
1450+200	0.00	8	16	20	14	0.0	12:32	20	12	79.20	47.52	1.00	79.20			47.52	98.64				CUMPLE	
1450+220	0.00	8	16	20	14	0.0	12:37	20	12	79.20	47.52	1.00	79.20	89.10	11.43	107.90	47.52	98.64				CUMPLE
1450+240	0.00	11	21	28	14	0.0	12:42	28	17	110.88	67.32	1.00	110.88			67.32	71.74				NO CUMPLE	
1450+260	0.00	6	13	22	14	0.0	12:47	22	16	87.12	63.36	1.00	87.12			63.36	131.52				CUMPLE	
1450+280	0.00	8	14	25	14	0.0	12:52	25	17	99.00	67.32	1.00	99.00	99.00	13.86	121.80	67.32	98.64				CUMPLE
1450+300	0.00	7	15	26	14	0.0	12:57	26	19	102.96	75.24	1.00	102.96			75.24	112.73				CUMPLE	
1450+320	0.00	9	18	27	14	0.0	13:02	27	18	106.92	71.28	1.00	106.92			71.28	87.68				CUMPLE	
1450+340	0.00	11	21	34	14	0.0	13:07	34	23	134.64	91.08	1.00	134.64			91.08	71.74				NO CUMPLE	
1450+360	0.00	6	13	24	14	0.0	13:12	24	18	95.04	71.28	1.00	95.04	109.89	17.22	138.22	71.28	131.52				CUMPLE



**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
**MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

<b>PROYECTO</b>	: Evaluacion de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervencion de la carretera Juli - Desaguadero	<b>TECNICO RESPONSABLE</b>	: L. A. E. P.
<b>ESTRUCTURA</b>	: PAVIMENTO FLEXIBLE	<b>INGENIERO RESPONSABLE</b>	:
<b>PROGRESIVA</b>	: KM: 1450 + 000 HASTA 1450 + 360	<b>FECHA</b>	: 7/05/2021
<b>CARRIL</b>	: DERECHO		



PROYECTO	: Evaluacion de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervencion de la carretera Juli - Desaguadero	TECNICO RESPONSABLE	: L. A. E. P.
ESTRUCTURA	: PAVIMENTO FLEXIBLE	INGENIERO RESPONSABLE	:
PROGRESIVA	: KM: 1450 + 380 HASTA 1450 + 740	FECHA	: 7/05/2021
CARRIL	: DERECHO		

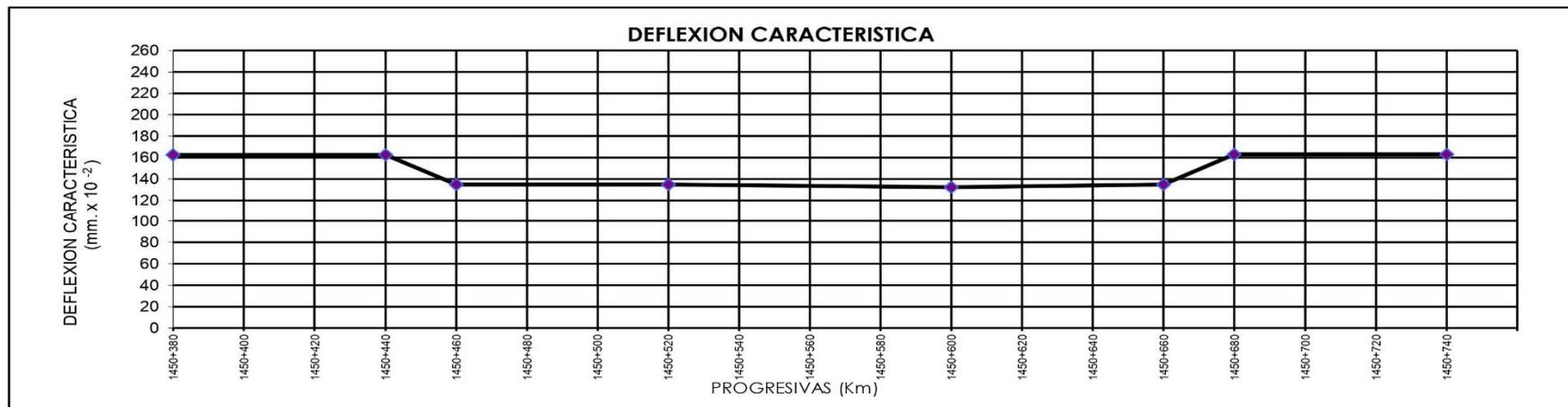
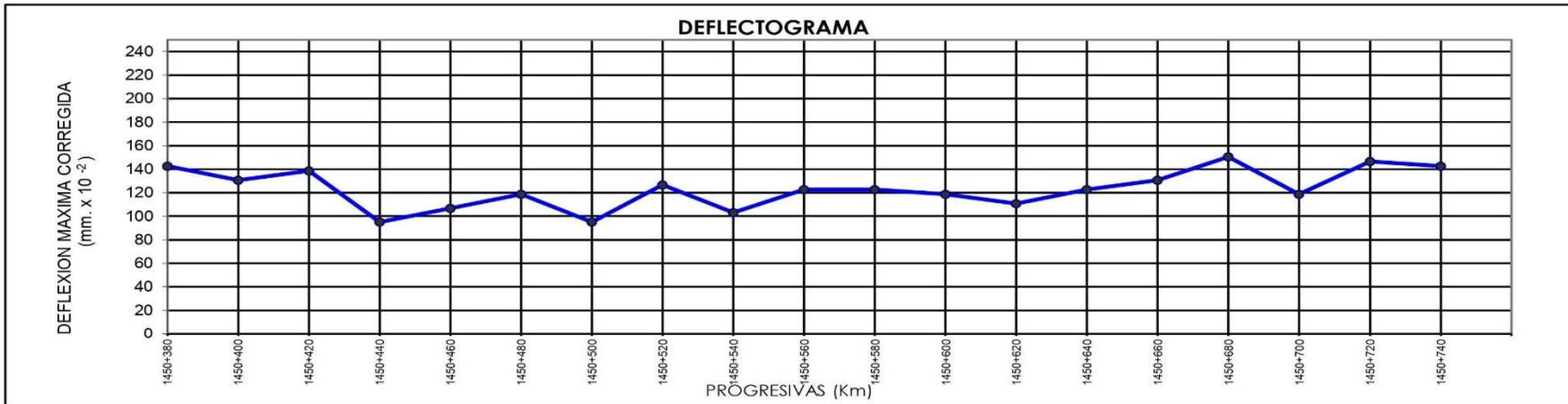
### EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN

PROGRESIVA KM	LECTURA DE VIGA EN DIALES				TEMP. AMBIENTE °C	TEMP. PAVIMENTO °C	HORA	DEFLEXION DIALES				CORRECCI ON TEMP. "K"	DEFLEXION CORREGIDA M.M. x 10 <sup>-2</sup>					RADIO DE CURVATURA RC (m)			TIPO SECCION			Deflexión Máxima Admisible x 10 <sup>-2</sup> mm
	Lectura Inicial Lo (0 cm)	L (25 cm)	L (75 cm)	Lf (Dmáx)				0 cm.	25 cm	0 cm.	25 cm		Do 0 cm.	DMP D <sub>p</sub>	DSTD D std.	D <sub>c</sub>	D <sub>25</sub> 25 cm.	T	CC	C 1/2 L				
																		1 x 10 <sup>-2</sup> mm						
1450+380	0.00	9	17	36	14	0.0	11:41	36	27	142.56	106.92	1.00	142.56				106.92	87.68				NO CUMPLE		
1450+400	0.00	8	13	33	14	0.0	11:47	33	25	130.68	99.00	1.00	130.68				99.00	98.64				NO CUMPLE		
1450+420	0.00	9	15	35	14	0.0	11:52	35	26	138.60	102.96	1.00	138.60				102.96	87.68				NO CUMPLE		
1450+440	0.00	6	14	24	14	0.0	11:57	24	18	95.04	71.28	1.00	95.04	126.72	21.69	162.40	71.28	131.52				NO CUMPLE		
1450+460	0.00	6	13	27	14	0.0	12:02	27	21	106.92	83.16	1.00	106.92				83.16	131.52				NO CUMPLE		
1450+480	0.00	9	19	30	14	0.0	12:07	30	21	118.80	83.16	1.00	118.80				83.16	87.68				NO CUMPLE		
1450+500	0.00	9	17	24	14	0.0	12:12	24	15	95.04	59.40	1.00	95.04				59.40	87.68				NO CUMPLE		
1450+520	0.00	10	18	32	14	0.0	12:17	32	22	126.72	87.12	1.00	126.72	111.87	13.86	134.67	87.12	78.91				NO CUMPLE		
1450+540	0.00	12	18	26	14	0.0	12:22	26	14	102.96	55.44	1.00	102.96				55.44	65.76				NO CUMPLE		
1450+560	0.00	9	17	31	14	0.0	12:27	31	22	122.76	87.12	1.00	122.76				87.12	87.68				NO CUMPLE		
1450+580	0.00	9	17	31	14	0.0	12:32	31	22	122.76	87.12	1.00	122.76				87.12	87.68				NO CUMPLE		
1450+600	0.00	9	19	30	14	0.0	12:37	30	21	118.80	83.16	1.00	118.80	116.82	9.43	132.33	83.16	87.68				NO CUMPLE		
1450+620	0.00	9	17	28	14	0.0	12:42	28	19	110.88	75.24	1.00	110.88				75.24	87.68				NO CUMPLE		
1450+640	0.00	9	18	31	14	0.0	12:47	31	22	122.76	87.12	1.00	122.76				87.12	87.68				NO CUMPLE		
1450+660	0.00	10	18	33	14	0.0	12:52	33	23	130.68	91.08	1.00	130.68	121.44	8.24	135.00	91.08	78.91				NO CUMPLE		
1450+680	0.00	8	21	38	14	0.0	12:57	38	30	150.48	118.80	1.00	150.48				118.80	98.64				NO CUMPLE		
1450+700	0.00	9	19	30	14	0.0	13:02	30	21	118.80	83.16	1.00	118.80				83.16	87.68				NO CUMPLE		
1450+720	0.00	11	26	37	14	0.0	13:07	37	26	146.52	102.96	1.00	146.52				102.96	71.74				NO CUMPLE		
1450+740	0.00	9	18	36	14	0.0	13:12	36	27	142.56	106.92	1.00	142.56	139.59	14.23	163.00	106.92	87.68				NO CUMPLE		



**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
**MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE**  
**CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

<b>PROYECTO</b>	: Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero	<b>TECNICO RESPONSABLE</b>	: L. A. E. P.
<b>ESTRUCTURA</b>	: PAVIMENTO FLEXIBLE	<b>INGENIERO RESPONSABLE</b>	:
<b>PROGRESIVA</b>	: KM: 1450 + 380 HASTA 1450 + 740	<b>FECHA</b>	: 7/05/2021
<b>CARRIL</b>	: DERECHO		

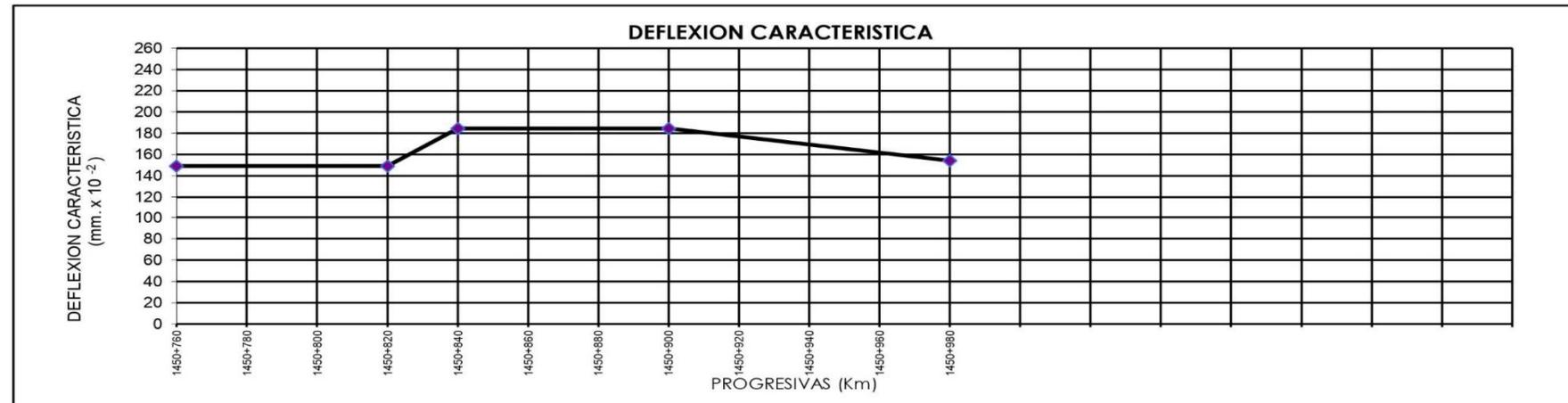
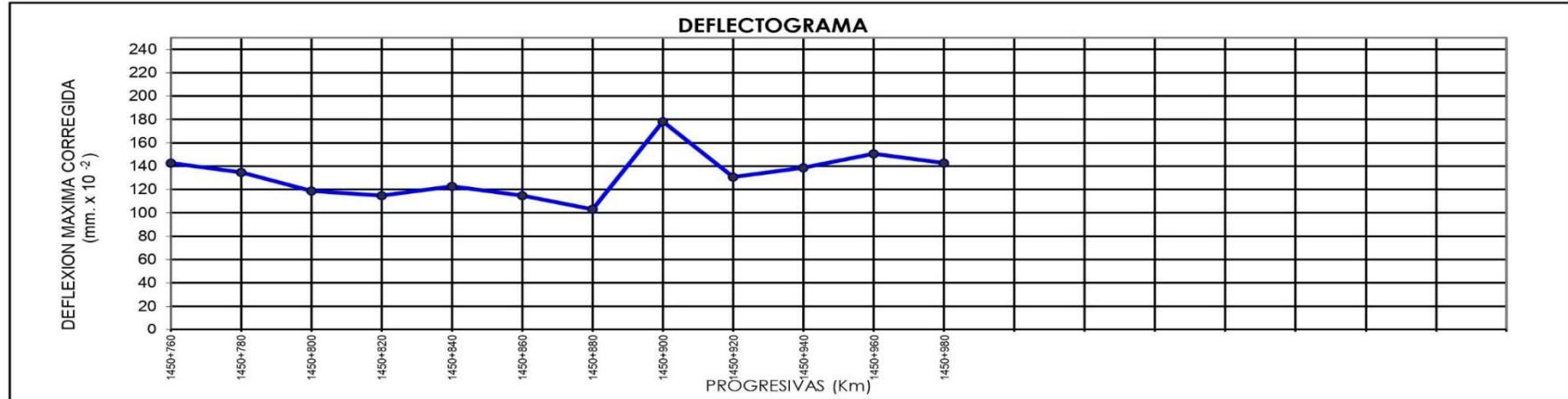






**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
**MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

**PROYECTO** : Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero  
**ESTRUCTURA** : PAVIMENTO FLEXIBLE **TECNICO RESPONSABLE** : L. A. E. P.  
**PROGRESIVA** : KM: 1450 + 760 HASTA 1450 + 980 **INGENIERO RESPONSABLE** :  
**CARRIL** : DERECHO **FECHA** : 7/05/2021



LABORATORIO DE GEOTECNIA  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE  
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS



PROYECTO	: Evaluacion de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervencion de la carretera Juli - Desaguadero	TECNICO RESPONSABLE	: L. A. E. P.
ESTRUCTURA	: PAVIMENTO FLEXIBLE	INGENIERO RESPONSABLE	:
PROGRESIVA	: KM: 1451 + 000 HASTA 1450 + 640	FECHA	: 7/05/2021
CARRIL	: IZQUIERDO		

### EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN

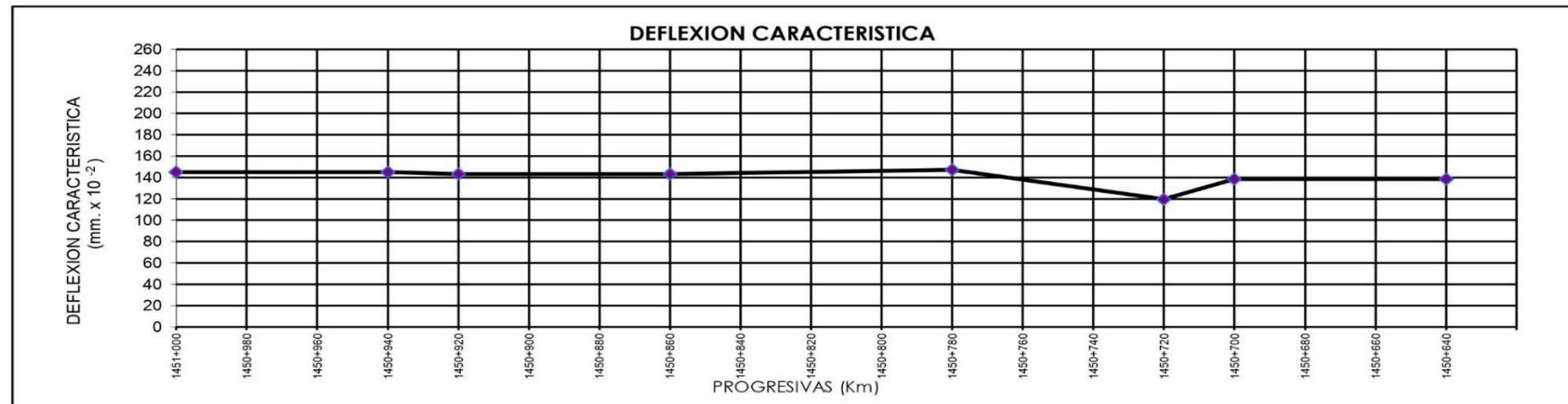
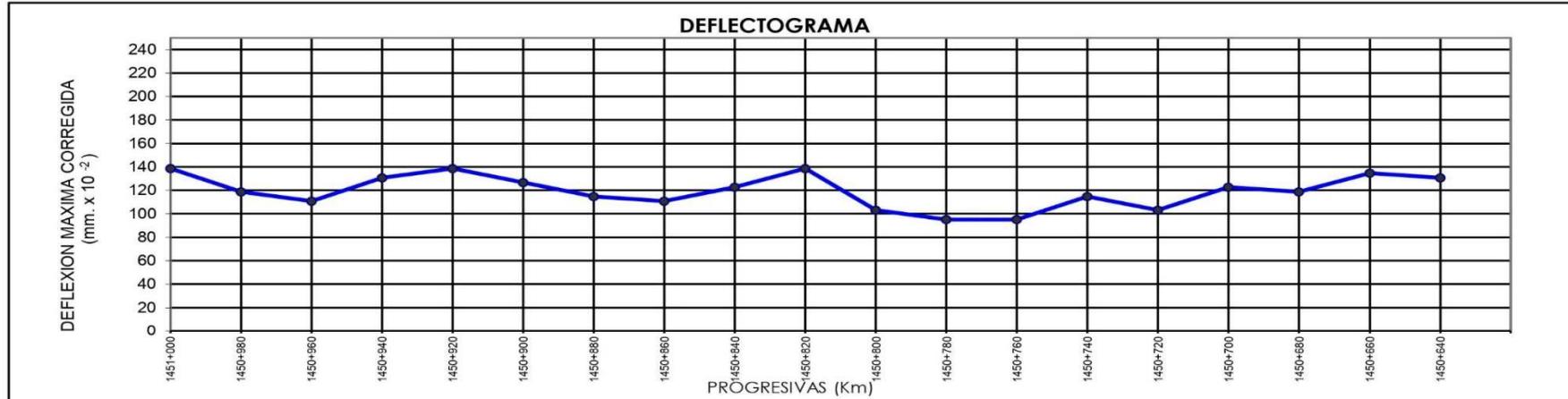
CARGA POR EJE	8 200 kg.	RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO	3.96	FACTOR DE CORRECCION (Kv)	1.0
CARGA POR ENSAYO	4 100 kg.	UNIDAD DE LECTURA 1/100 mm	0,01mm	DEFLEXION MAXIMA ADMISIBLE (D.M.A.)	170
PRESION DE INFLADO	80 psi.				1 x 10 <sup>-2</sup> mm

PROGRESIVA KM	LECTURA DE VIGA EN DIALES				TEMP. AMBIENTE ° C	TEMP. PAVIMENTO ° C	HORA	DEFLEXION DIALES				CORRECCI ON TEMP. "K"	DEFLEXION CORREGIDA M.M. x 10 <sup>-2</sup>					TIPO SECCION			Deflexión Máxima Admisible x 10 <sup>-2</sup> mm	
	Lectura Inicial Lo (0 cm)	L (25 cm)	L (75 cm)	Lf (Dmáx)				0 cm.	25 cm	0 cm.	25 cm		Do 0 cm.	DMP D <sub>g</sub>	DSTD D std.	D <sub>c</sub>	D <sub>25</sub> 25 cm.	RADIO DE CURVATURA RC (m)	T	CC		C 1/2 L
1451+000	0.00	9	21	35	14	0.0	11:41	35	26	138.60	102.96	1.00	138.60				102.96	87.68				NO CUMPLE
1450+980	0.00	11	23	30	14	0.0	11:47	30	19	118.80	75.24	1.00	118.80				75.24	71.74				NO CUMPLE
1450+960	0.00	10	14	28	14	0.0	11:52	28	18	110.88	71.28	1.00	110.88				71.28	78.91				NO CUMPLE
1450+940	0.00	11	21	33	14	0.0	11:57	33	22	130.68	87.12	1.00	130.68	124.74	12.31	144.99	87.12	71.74				NO CUMPLE
1450+920	0.00	12	25	35	14	0.0	12:02	35	23	138.60	91.08	1.00	138.60				91.08	65.76				NO CUMPLE
1450+900	0.00	12	22	32	14	0.0	12:07	32	20	126.72	79.20	1.00	126.72				79.20	65.76				NO CUMPLE
1450+880	0.00	9	18	29	14	0.0	12:12	29	20	114.84	79.20	1.00	114.84				79.20	87.68				NO CUMPLE
1450+860	0.00	11	20	28	14	0.0	12:17	28	17	110.88	67.32	1.00	110.88	122.76	12.52	143.36	67.32	71.74				NO CUMPLE
1450+840	0.00	10	21	31	14	0.0	12:22	31	21	122.76	83.16	1.00	122.76				83.16	78.91				NO CUMPLE
1450+820	0.00	9	17	35	14	0.0	12:27	35	26	138.60	102.96	1.00	138.60				102.96	87.68				NO CUMPLE
1450+800	0.00	10	15	26	14	0.0	12:32	26	16	102.96	63.36	1.00	102.96				63.36	78.91				CUMPLE
1450+780	0.00	9	12	24	14	0.0	12:37	24	15	95.04	59.40	1.00	95.04	114.84	19.67	147.19	59.40	87.68				CUMPLE
1450+760	0.00	8	18	24	14	0.0	12:42	24	16	95.04	63.36	1.00	95.04				63.36	98.64				CUMPLE
1450+740	0.00	9	15	29	14	0.0	12:47	29	20	114.84	79.20	1.00	114.84				79.20	87.68				NO CUMPLE
1450+720	0.00	9	11	26	14	0.0	12:52	26	17	102.96	67.32	1.00	102.96	104.28	9.36	119.67	67.32	87.68				CUMPLE
1450+700	0.00	10	16	31	14	0.0	12:57	31	21	122.76	83.16	1.00	122.76				83.16	78.91				CUMPLE
1450+680	0.00	10	19	30	14	0.0	13:02	30	20	118.80	79.20	1.00	118.80				79.20	78.91				CUMPLE
1450+660	0.00	9	18	34	14	0.0	13:07	34	25	134.64	99.00	1.00	134.64				99.00	87.68				NO CUMPLE
1450+640	0.00	9	21	33	14	0.0	13:12	33	24	130.68	95.04	1.00	130.68	126.72	7.23	138.61	95.04	87.68				NO CUMPLE



**LABORATORIO DE GEOTECNIA  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE  
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

<b>PROYECTO</b>	: Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero	<b>TECNICO RESPONSABLE</b>	: L. A. E. P.
<b>ESTRUCTURA</b>	: PAVIMENTO FLEXIBLE	<b>INGENIERO RESPONSABLE</b>	:
<b>PROGRESIVA</b>	: KM: 1451 + 000 HASTA 1450 + 640	<b>FECHA</b>	: 7/05/2021
<b>CARRIL</b>	: IZQUIERDO		



PROYECTO	: Evaluacion de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervencion de la carretera Juli - Desaguadero	TECNICO RESPONSABLE	: L. A. E. P.
ESTRUCTURA	: PAVIMENTO FLEXIBLE	INGENIERO RESPONSABLE	:
PROGRESIVA	: KM: 1450 + 620 HASTA 1450 + 260	FECHA	: 7/05/2021
CARRIL	: IZQUIERDO		

### EVALUACION DEFLECTOMETRICA - VIGA BENKELMAN

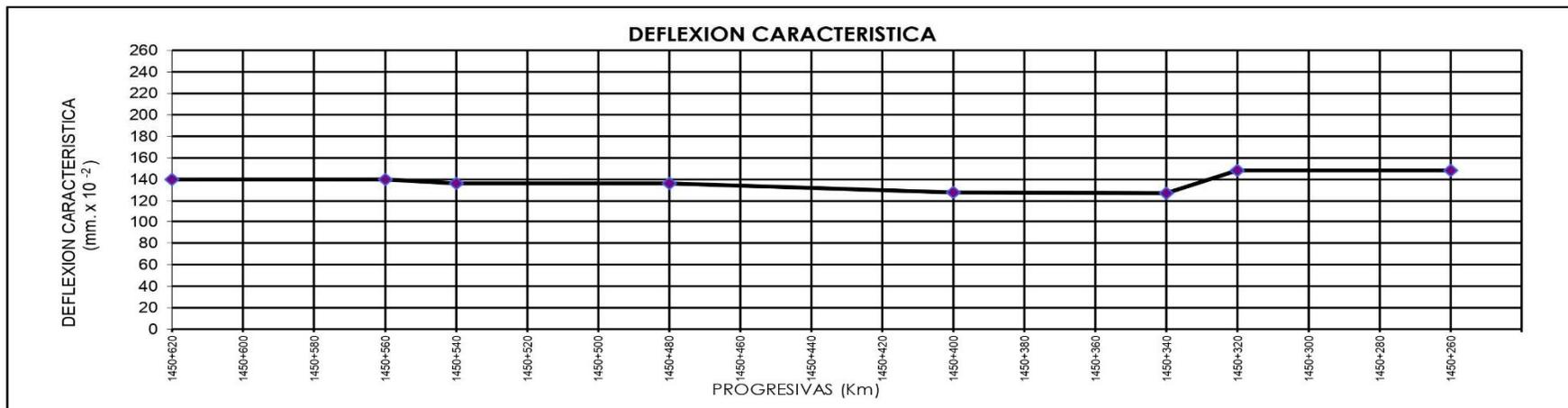
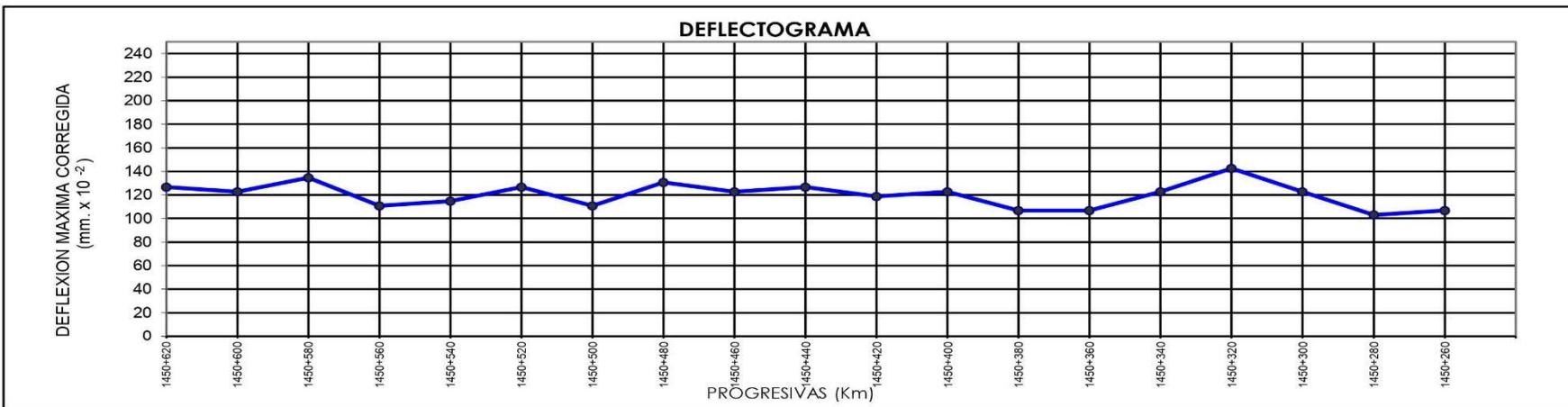
CARGA POR EJE	8 200 kg.	RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO	3.96	FACTOR DE CORRECCION (Kv)	1.0
CARGA POR ENSAYO	4 100 kg.	UNIDAD DE LECTURA 1/100 mm	0,01mm	DEFLEXION MAXIMA ADMISIBLE (D.M.A.)	110
PRESION DE INFLADO	80 psi.				1 x 10 <sup>2</sup> mm

PROGRESIVA KM	LECTURA DE VIGA EN DIALES				TEMP. AMBIENTE ° C	TEMP. PAVIMENTO ° C	HORA	DEFLEXION DIALES		DEFLEXION mm x 10 <sup>-2</sup>		CORRECCI ON TEMP. "K"	DEFLEXION CORREGIDA M.M. x 10 <sup>-2</sup>					RADIO DE CURVATURA RC (m)	TIPO SECCION			Deflexión Máxima Admisible x 10 <sup>2</sup> mm	
	Lectura Inicial Lo (0 cm)	L (25 cm)	L (75 cm)	Lf (Dmáx)				0 cm.	25 cm	0 cm.	25 cm		Do 0 cm.	DMP D <sub>p</sub>	DSTD D std.	D <sub>c</sub>	D <sub>25</sub> 25 cm.		T	CC	C 1/2 L		
1450+620	0.00	11	16	32	14	0.0	11:41	32	21	126.72	83.16	1.00	126.72				83.16	71.74					NO CUMPLE
1450+600	0.00	10	18	31	14	0.0	11:47	31	21	122.76	83.16	1.00	122.76				83.16	78.91					NO CUMPLE
1450+580	0.00	11	14	34	14	0.0	11:52	34	23	134.64	91.08	1.00	134.64				91.08	71.74					NO CUMPLE
1450+560	0.00	8	16	28	14	0.0	11:57	28	20	110.88	79.20	1.00	110.88	123.75	9.90	140.04	79.20	98.64					NO CUMPLE
1450+540	0.00	9	18	29	14	0.0	12:02	29	20	114.84	79.20	1.00	114.84				79.20	87.68					NO CUMPLE
1450+520	0.00	10	18	32	14	0.0	12:07	32	22	126.72	87.12	1.00	126.72				87.12	78.91					NO CUMPLE
1450+500	0.00	8	16	28	14	0.0	12:12	28	20	110.88	79.20	1.00	110.88				79.20	98.64					NO CUMPLE
1450+480	0.00	11	17	33	14	0.0	12:17	33	22	130.68	87.12	1.00	130.68	120.78	9.43	136.29	87.12	71.74					NO CUMPLE
1450+460	0.00	9	17	31	14	0.0	12:22	31	22	122.76	87.12	1.00	122.76				87.12	87.68					NO CUMPLE
1450+440	0.00	9	18	32	14	0.0	12:27	32	23	126.72	91.08	1.00	126.72				91.08	87.68					NO CUMPLE
1450+420	0.00	10	19	30	14	0.0	12:32	30	20	118.80	79.20	1.00	118.80				79.20	78.91					NO CUMPLE
1450+400	0.00	10	18	31	14	0.0	12:37	31	21	122.76	83.16	1.00	122.76	122.76	3.23	128.08	83.16	78.91					NO CUMPLE
1450+380	0.00	9	17	27	14	0.0	12:42	27	18	106.92	71.28	1.00	106.92				71.28	87.68					NO CUMPLE
1450+360	0.00	10	18	27	14	0.0	12:47	27	17	106.92	67.32	1.00	106.92				67.32	78.91					NO CUMPLE
1450+340	0.00	9	17	31	14	0.0	12:52	31	22	122.76	87.12	1.00	122.76	112.20	9.15	127.24	87.12	87.68					CUMPLE
1450+320	0.00	10	22	36	14	0.0	12:57	36	26	142.56	102.96	1.00	142.56				102.96	78.91					CUMPLE
1450+300	0.00	7	17	31	14	0.0	13:02	31	24	122.76	95.04	1.00	122.76				95.04	112.73					CUMPLE
1450+280	0.00	7	18	26	14	0.0	13:07	26	19	102.96	75.24	1.00	102.96				75.24	112.73					NO CUMPLE
1450+260	0.00	11	17	27	14	0.0	13:12	27	16	106.92	63.36	1.00	106.92	118.80	18.00	148.41	63.36	71.74					NO CUMPLE



**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
**MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

**PROYECTO** : Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero  
**ESTRUCTURA** : PAVIMENTO FLEXIBLE **TECNICO RESPONSABLE** : L. A. E. P.  
**PROGRESIVA** : KM: 1450 + 620 HASTA 1450 + 260 **INGENIERO RESPONSABLE** :  
**CARRIL** : IZQUIERDO **FECHA** : 7/05/2021

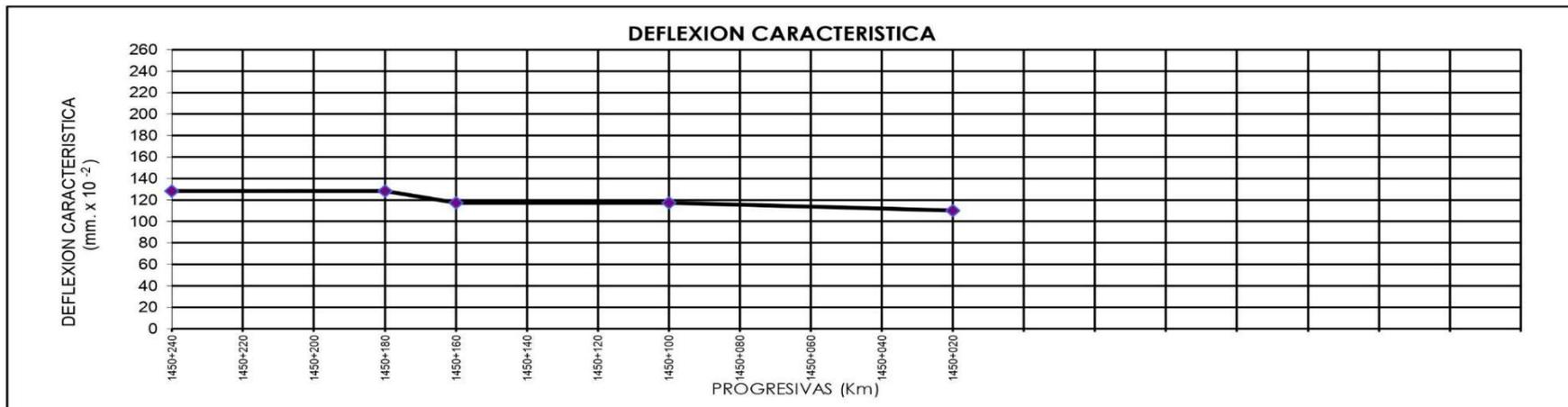
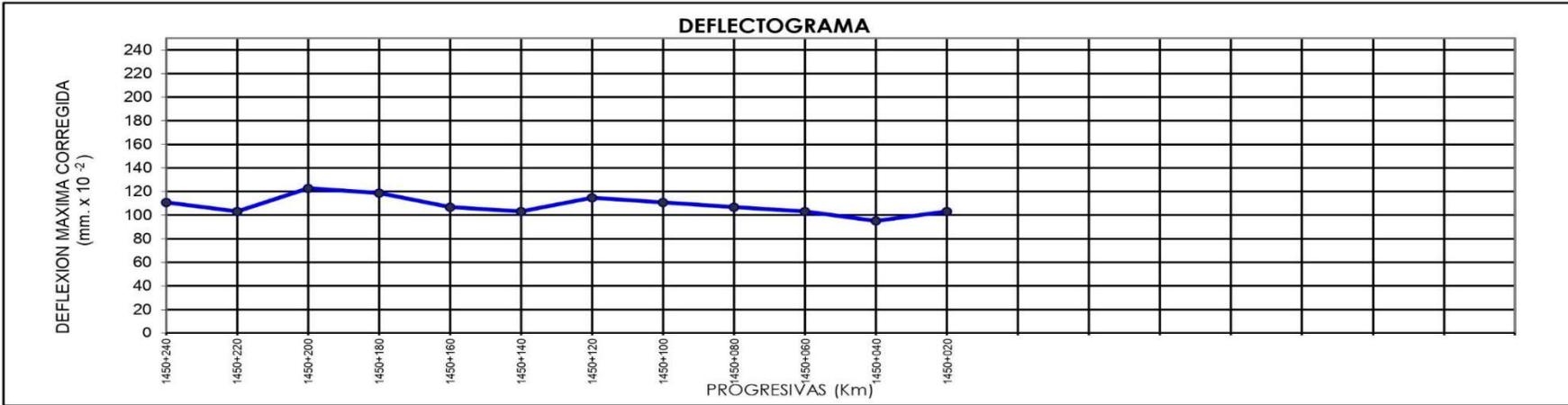






**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
**MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE**  
**CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

PROYECTO	: Evaluacion de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervencion de la carretera Juli - Desaguadero	TECNICO RESPONSABLE	: L. A. E. P.
ESTRUCTURA	: PAVIMENTO FLEXIBLE	INGENIERO RESPONSABLE	:
PROGRESIVA	: KM: 1450 + 240 HASTA 1450 + 020	FECHA	: 7/05/2021
CARRIL	: IZQUIERDO		















# ANEXO E. RESULTADOS DE LABORATORIO – LAVADO ASFÁLTICO



## GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - LABORATORIO - CALIDAD - TECNOLOGÍA DE MATERIALES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA.

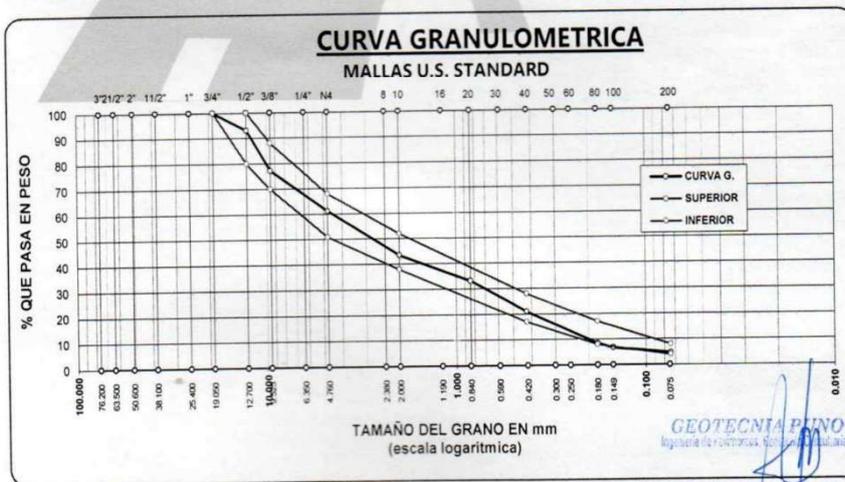


**OBRA** : EVALUACION DE LA SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN DE LA CARRETERA JULI - DESAGUADERO - 2021 KM 1450+000 - 1451+000  
**CANTERA** : CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE EN PLATAFORMA PISTA **TÉC. RESPONSABLE:** A. C. P.  
**ING. RESPONSABLE:** A. A. A.  
**MATERIAL** : CARPETA ASFALTICA **FECHA** : 01/04/2021  
**ENSAYO** : CONTENIDO DE CEMENTO ASFALTICA  
**UBICACIÓN** : CARRETERA JULI DESAGUADERO

### CONTENIDO DE CEMENTO ASFALTICA

(MTC E 502 - 2016)

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						PESO MEZCLA ASFALT. : 1582.0 gr. PESO DE AGREGADO : 1478.0 gr. PESO CEM. ASFALTICO : 104 gr. % CONT. DE ASFALTO : 6.57 %
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						<b>PROPORCIONES DEL AGREGADO</b> Grava : 38.84 % Arena : 56.43 % Fino : 4.74 %  <b>OBSERVACIONES:</b>
3/4"	19.050	0.0	0.00	0.00	100.00	100 100	
1/2"	12.700	103.0	6.97	6.97	93.03	80 100	
3/8"	9.525	234.0	15.83	22.80	77.20	70 88	
No4	4.760	237.0	16.04	38.84	61.16	51 68	
No10	2.000	260.0	17.59	56.43	43.57	38 52	
No20	0.840	153.0	10.35	66.78	33.22		
No40	0.425	180.0	12.18	78.96	21.04	17 28	
No80	0.180	186.0	12.58	91.54	8.46	8 17	
No100	0.149	24.0	1.62	93.17	6.83		
No200	0.074	31.0	2.10	95.26	4.74	4 8	
BASE		70.0	4.74	100.00			



**GEOTECNIA PINO HIRL.**  
 Ingeniería de Pavimentos, Mecánica de Suelos y Construcción

ALFREDO ALFARCON ATAHUACHI  
 INGENIERO CIVIL  
 Rug. CIP 81732

ANEXO F. RESULTADOS DE LABORATORIO – VIGA BENKELMAN (FIRMADOS POR EL PROFESIONAL DEL LABORATORIO)

<b>LABORATORIO DE GEOTECNIA</b> MECÁNICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS			
PROYECTO : Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero			
ESTRUCTURA :	PAVIMENTO FLEXIBLE	TECNICO RESPONSABLE :	L. A. E. P.
PROGRESIVA :	KM: 1450 + 000 HASTA 1450 + 360	INGENIERO RESPONSABLE :	
CARRIL :	DERECHO	FECHA :	7/05/2021

**EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA - VIGA BENKELMAN**

CARGA POR EJE		8 200 kg.		RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO		3.96		FACTOR DE CORRECCION (Kv)		1.0												
CARGA POR ENSAYO		4 100 kg.		UNIDAD DE LECTURA 1/100 mm		0,01mm		DEFLEXION MAXIMA ADMISIBLE (D.M.A.)		170												
PRESION DE INFLADO		80 psi.								1 x 10 <sup>-3</sup> mm												
PROGRESIVA KM	LECTURA DE VIGA EN DIALES				TEMP AMBIENTE °C	TEMP PAVIMENTO °C	HORA	DEFLEXION DIALES				CORRECCION TEMP °K	DEFLEXION CORREGIDA M.M. x 10 <sup>-2</sup>					TIPO SECCION			Deflexión Máxima Admisible x 10 <sup>-3</sup> mm	
	Leitura Inicial Lo (0 cm)	L (25 cm)	L (75 cm)	Lf (Dmáx)				0 cm.	25 cm	0 cm.	25 cm		D <sub>0</sub>	DMP D <sub>p</sub>	DSTD D <sub>std</sub>	D <sub>c</sub>	D <sub>35</sub> 25 cm.	RADIO DE CURVATURA RC (m)	T	CC		C 1/2 L
1450+000	0.00	10	20	32	14	0.0	11:41	32	22	126.72	87.12	1.00	126.72				87.12	78.91				NO CUMPLE
1450+020	0.00	10	19	23	14	0.0	11:47	23	13	91.08	51.48	1.00	91.08				51.48	78.91				CUMPLE
1450+040	0.00	10	15	30	14	0.0	11:52	30	20	118.80	79.20	1.00	118.80				79.20	78.91				NO CUMPLE
1450+060	0.00	12	20	31	14	0.0	11:57	31	19	122.76	75.24	1.00	122.76	114.84	16.17	141.43	75.24	65.76				NO CUMPLE
1450+080	0.00	14	25	35	14	0.0	12:02	35	21	138.60	83.16	1.00	138.60				83.16	56.37				NO CUMPLE
1450+100	0.00	13	23	31	14	0.0	12:07	31	18	122.76	71.28	1.00	122.76				71.28	60.70				NO CUMPLE
1450+120	0.00	10	23	28	14	0.0	12:12	28	18	110.88	71.28	1.00	110.88				71.28	78.91				NO CUMPLE
1450+140	0.00	11	20	28	14	0.0	12:17	28	17	110.88	67.32	1.00	110.88	120.78	13.13	142.39	67.32	71.74				NO CUMPLE
1450+160	0.00	8	19	25	14	0.0	12:22	25	17	99.00	67.32	1.00	99.00				67.32	98.64				CUMPLE
1450+180	0.00	8	19	25	14	0.0	12:27	25	17	99.00	67.32	1.00	99.00				67.32	98.64				CUMPLE
1450+200	0.00	8	16	20	14	0.0	12:32	20	12	79.20	47.52	1.00	79.20				47.52	98.64				CUMPLE
1450+220	0.00	8	16	20	14	0.0	12:37	20	12	79.20	47.52	1.00	79.20	89.10	11.43	107.90	47.52	98.64				CUMPLE
1450+240	0.00	11	21	28	14	0.0	12:42	28	17	110.88	67.32	1.00	110.88				67.32	71.74				NO CUMPLE
1450+260	0.00	6	13	22	14	0.0	12:47	22	16	87.12	63.36	1.00	87.12				63.36	131.52				CUMPLE
1450+280	0.00	8	14	25	14	0.0	12:52	25	17	99.00	67.32	1.00	99.00	99.00	13.86	121.80	67.32	98.64				CUMPLE
1450+300	0.00	7	15	26	14	0.0	12:57	26	19	102.96	75.24	1.00	102.96				75.24	112.73				CUMPLE
1450+320	0.00	9	18	27	14	0.0	13:02	27	18	106.92	71.28	1.00	106.92				71.28	87.68				CUMPLE
1450+340	0.00	11	21	34	14	0.0	13:07	34	23	134.64	91.08	1.00	134.64				91.08	71.74				NO CUMPLE
1450+360	0.00	6	13	24	14	0.0	13:12	24	18	95.04	71.28	1.00	95.04	109.89	17.22	138.22	71.28	131.52				CUMPLE

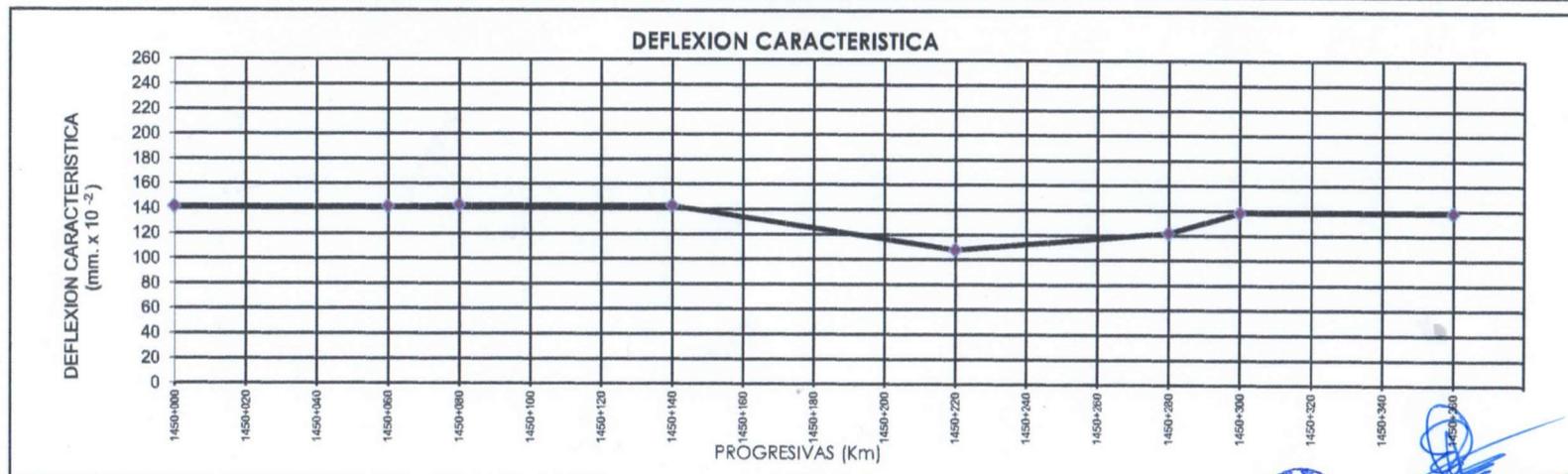
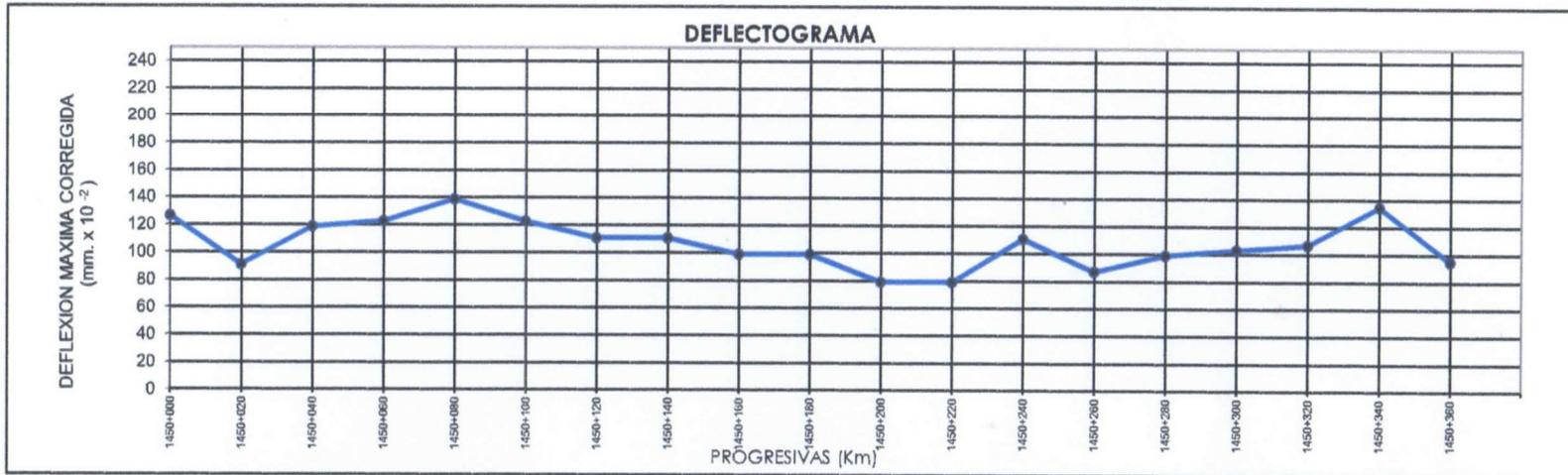

 Ing. JULIO ESCOBEDO ARIZACA  
 CIP. 90558  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 GEOTECNIA



**LABORATORIO DE GEOTECNIA  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE  
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

**PROYECTO :** Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero  
**ESTRUCTURA :** PAVIMENTO FLEXIBLE  
**PROGRESIVA :** KM: 1450 + 000 HASTA 1450 + 360  
**CARRIL :** DERECHO

**TECNICO RESPONSABLE :** L. A. E. P.  
**INGENIERO RESPONSABLE :**  
**FECHA :** 7/05/2021



Ing. JUCIO ESCOBEDO ARIZACA  
 C.P. 90558  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 GEOTECNIA

PROYECTO	: Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero	TECNICO RESPONSABLE	: L. A. E. P.
ESTRUCTURA	: PAVIMENTO FLEXIBLE	INGENIERO RESPONSABLE	:
PROGRESIVA	: KM: 1450 + 380 HASTA 1450 + 740	FECHA	: 7/05/2021
CARRIL	: DERECHO		

### EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA - VIGA BENKELMAN

CARGA POR EJE	8 200 kg.	RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO	3.96	FACTOR DE CORRECCION (Kv)	1.0
CARGA POR ENSAYO	4 100 kg.	UNIDAD DE LECTURA 1/100 mm	0.01mm	DEFLEXION MAXIMA ADMISIBLE (D.M.A.)	110
PRESION DE INFLADO	80 psi.				

PROGRESIVA KM	LECTURA DE VIGA EN DIALES				TEMP AMBIENTE °C	TEMP PAVIMENTO °C	HORA	DEFLEXION DIALES				CORRECCI ON TEMP "K"	DEFLEXION CORREGIDA M.M. x 10 <sup>-2</sup>					TIPO SECCION			Deflexión Máxima Admisible x 10 <sup>3</sup> mm	
	Lectura Inicial Lo (0 cm)	L (25 cm)	L (75 cm)	Lf (Dmáx)				0 cm.	25 cm	0 cm.	25 cm		D <sub>o</sub> 0 cm.	DMP D <sub>o</sub>	DSTD D <sub>ald</sub>	D <sub>c</sub>	D <sub>as</sub> 25 cm.	RADIO DE CURVATURA RC (m)	T	CC		C 1/2 L
1450+380	0.00	9	17	36	14	0.0	11:41	36	27	142.56	106.92	1.00	142.56				106.92	87.68				NO CUMPLE
1450+400	0.00	8	13	33	14	0.0	11:47	33	25	130.68	99.00	1.00	130.68				99.00	98.64				NO CUMPLE
1450+420	0.00	9	15	35	14	0.0	11:52	35	26	138.60	102.96	1.00	138.60				102.96	87.68				NO CUMPLE
1450+440	0.00	6	14	24	14	0.0	11:57	24	18	95.04	71.28	1.00	95.04	126.72	21.69	162.40	71.28	131.52				NO CUMPLE
1450+460	0.00	6	13	27	14	0.0	12:02	27	21	106.92	83.16	1.00	106.92				83.16	131.52				NO CUMPLE
1450+480	0.00	9	19	30	14	0.0	12:07	30	21	118.80	83.16	1.00	118.80				83.16	87.68				NO CUMPLE
1450+500	0.00	9	17	24	14	0.0	12:12	24	15	95.04	59.40	1.00	95.04				59.40	87.68				CUMPLE
1450+520	0.00	10	18	32	14	0.0	12:17	32	22	126.72	87.12	1.00	126.72	111.87	13.86	134.67	87.12	78.91				NO CUMPLE
1450+540	0.00	12	18	26	14	0.0	12:22	26	14	102.96	55.44	1.00	102.96				55.44	65.76				CUMPLE
1450+560	0.00	9	17	31	14	0.0	12:27	31	22	122.76	87.12	1.00	122.76				87.12	87.68				NO CUMPLE
1450+580	0.00	9	17	31	14	0.0	12:32	31	22	122.76	87.12	1.00	122.76				87.12	87.68				NO CUMPLE
1450+600	0.00	9	19	30	14	0.0	12:37	30	21	118.80	83.16	1.00	118.80	116.82	9.43	132.33	83.16	87.68				NO CUMPLE
1450+620	0.00	9	17	28	14	0.0	12:42	28	19	110.88	75.24	1.00	110.88				75.24	87.68				NO CUMPLE
1450+640	0.00	9	18	31	14	0.0	12:47	31	22	122.76	87.12	1.00	122.76				87.12	87.68				NO CUMPLE
1450+660	0.00	10	18	33	14	0.0	12:52	33	23	130.68	91.08	1.00	130.68	121.44	8.24	135.00	91.08	78.91				NO CUMPLE
1450+680	0.00	8	21	38	14	0.0	12:57	38	30	150.48	118.80	1.00	150.48				118.80	98.64				CUMPLE
1450+700	0.00	9	19	30	14	0.0	13:02	30	21	118.80	83.16	1.00	118.80				83.16	87.68				CUMPLE
1450+720	0.00	11	26	37	14	0.0	13:07	37	26	146.52	102.96	1.00	146.52				102.96	71.74				NO CUMPLE
1450+740	0.00	9	18	36	14	0.0	13:12	36	27	142.56	106.92	1.00	142.56	139.59	14.23	163.00	106.92	87.68				NO CUMPLE

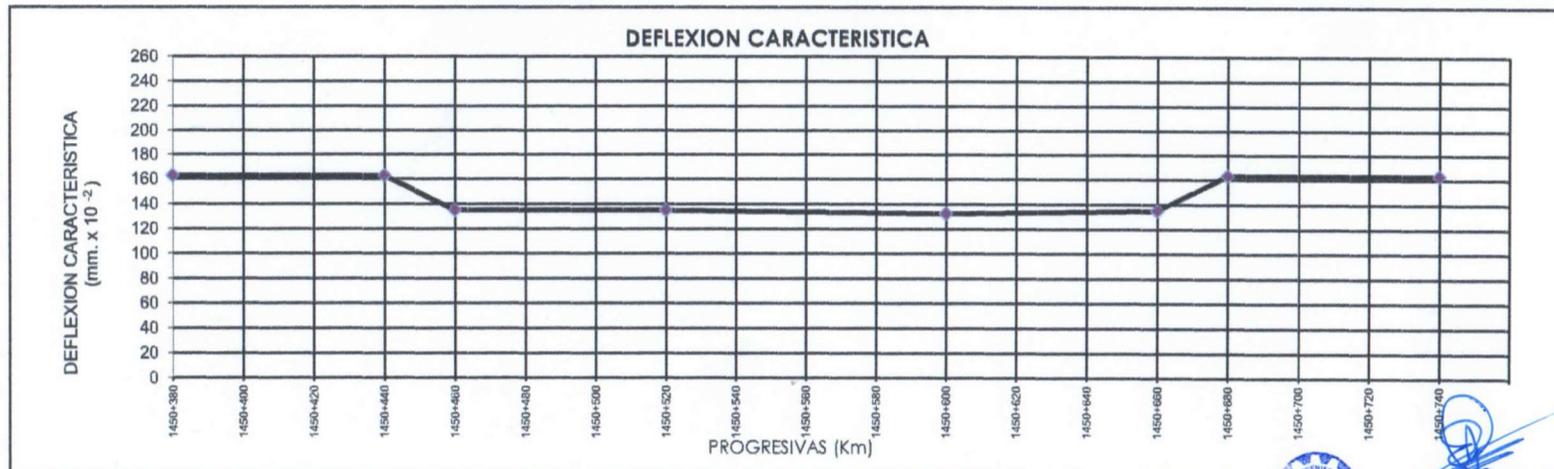
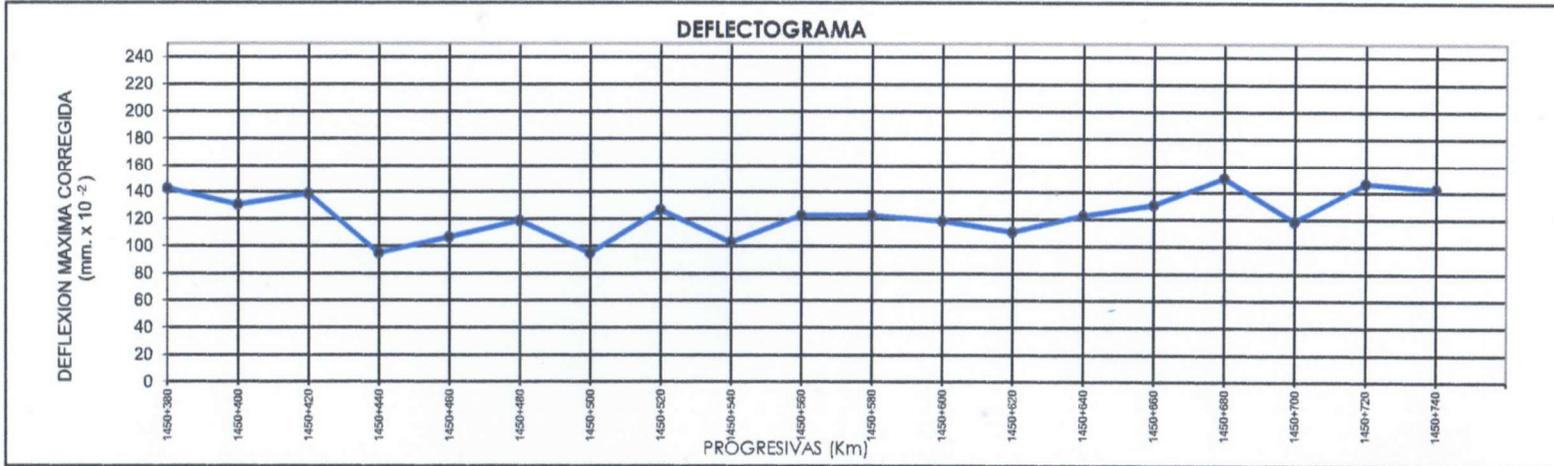


Ing. JULIO ESCOBEDO ARIZACA  
CIP. 90558  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
GEOTECNIA



**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
**MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

**PROYECTO :** Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero  
**ESTRUCTURA :** PAVIMENTO FLEXIBLE **TECNICO RESPONSABLE :** L. A. E. P.  
**PROGRESIVA :** KM: 1450 + 380 HASTA 1450 + 740 **INGENIERO RESPONSABLE :**  
**CARRIL :** DERECHO **FECHA :** 7/05/2021

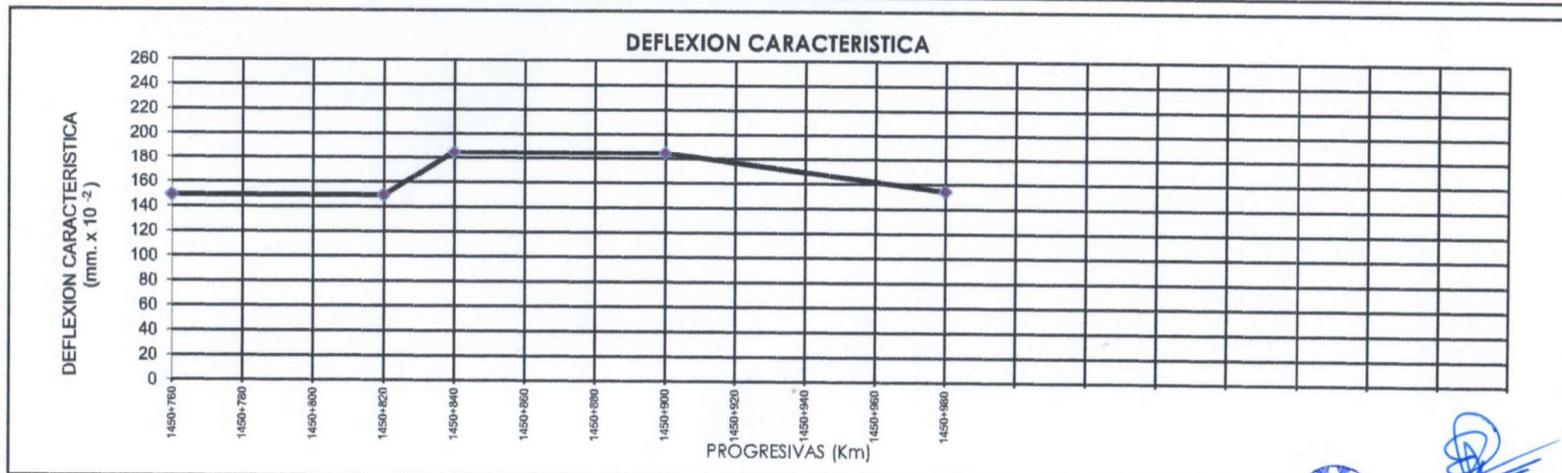
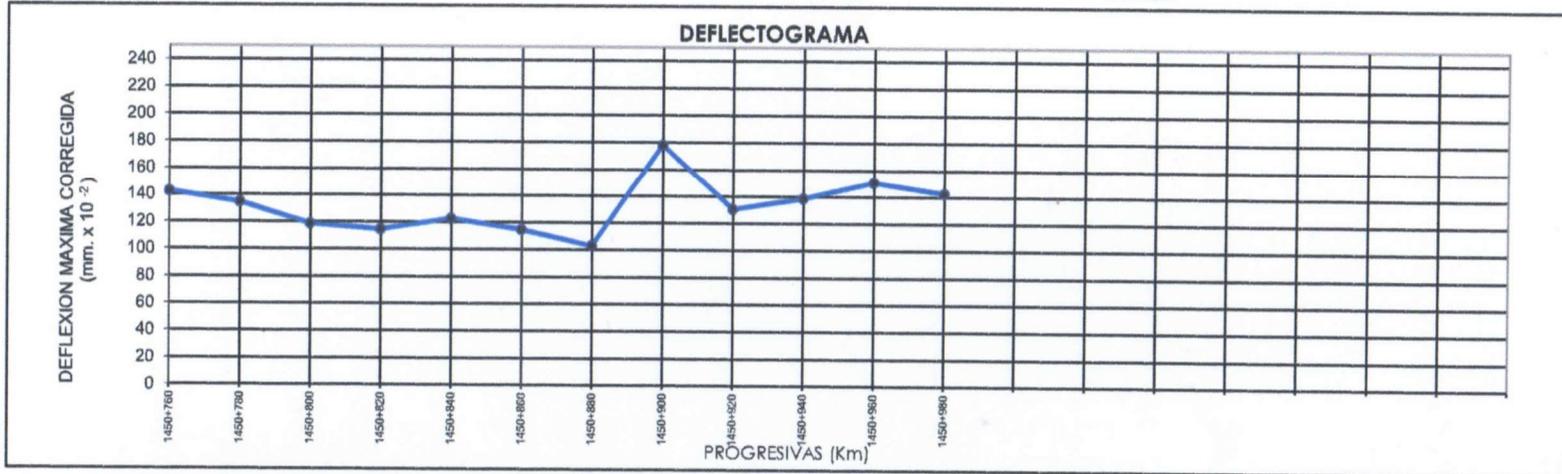


Ing JULIO ESCOBEDO ARIZACA  
 CIP. 90558  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 GEOTECNIA



**PROYECTO :** Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero  
**ESTRUCTURA :** PAVIMENTO FLEXIBLE  
**PROGRESIVA :** KM: 1450 + 760 HASTA 1450 + 980  
**CARRIL :** DERECHO

**TECNICO RESPONSABLE :** L. A. E. P.  
**INGENIERO RESPONSABLE :** |  
**FECHA :** 7/05/2021



Ing JULIO ESCOBEDO ARIZACA  
 CIP. 90558  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 GEOTECNIA

PROYECTO : Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero  
 ESTRUCTURA : PAVIMENTO FLEXIBLE TECNICO RESPONSABLE : L. A. E. P.  
 PROGRESIVA : KM: 1451 + 000 HASTA 1450 + 640 INGENIERO RESPONSABLE :  
 CARRIL : IZQUIERDO FECHA : 7/05/2021

### EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA - VIGA BENKELMAN

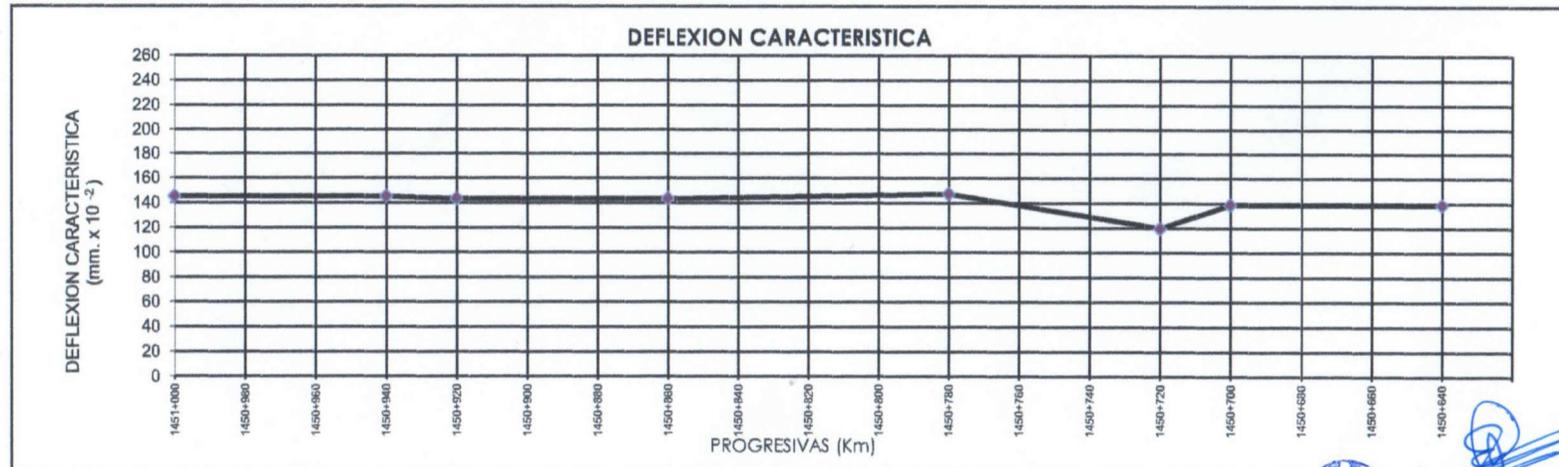
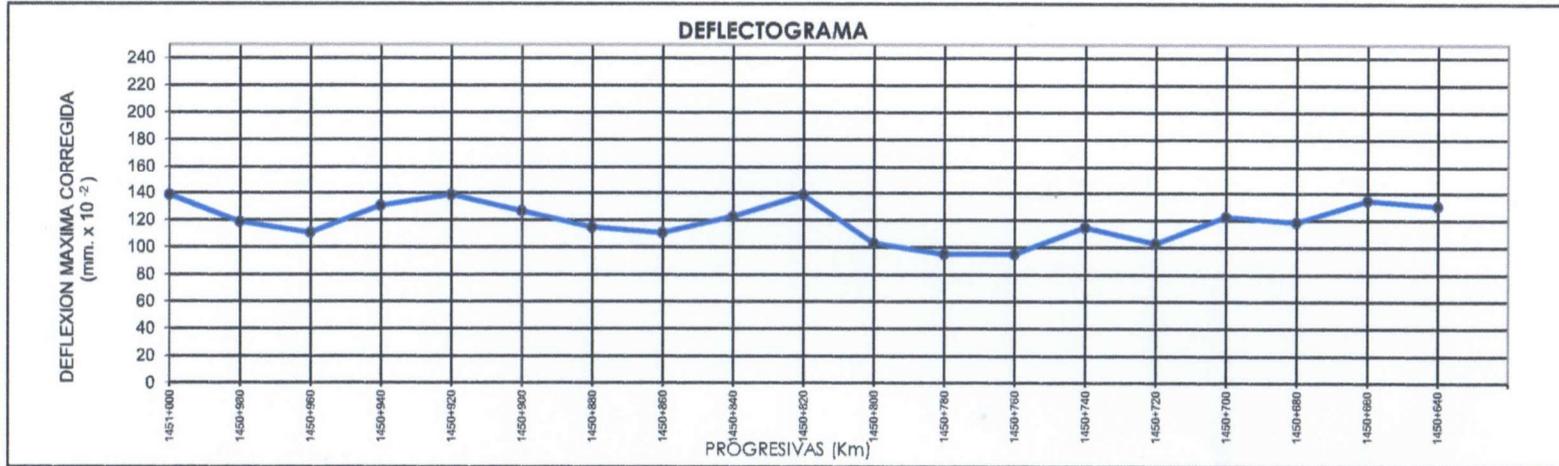
CARGA POR EJE : 8 200 kg. RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO : 3.96 FACTOR DE CORRECCION (Kv) : 1.0  
 CARGA POR ENSAYO : 4 100 kg. UNIDAD DE LECTURA 1/100 mm : 0,01mm DEFLEXION MAXIMA ADMISIBLE (D.M.A.) : 110  
 PRESION DE INFLADO : 80 psi. 1 x 10<sup>-3</sup> mm

PROGRESIVA KM	LECTURA DE VIGA EN DIALES				TEMP. AMBIENTE °C	TEMP. PAVIMENTO °C	HORA	DEFLEXION DIALES				CORRECCI ON TEMP. "K"	DEFLEXION CORREGIDA M.M. x 10 <sup>-3</sup>					RADIO DE CURVATURA RC (m)	TIPO SECCION			Deflexión Máxima Admisible x 10 <sup>-3</sup> mm
	Lectura Inicial Lo (0 cm)	L (25 cm)	L (75 cm)	Lf (Dmáx)				0 cm	25 cm	0 cm.	25 cm		D <sub>0</sub> 0 cm.	DMP D <sub>p</sub>	D8TD D <sub>8td</sub>	D <sub>c</sub>	D <sub>35</sub> 25 cm.		T	CC	C 1/2 L	
1451+000	0.00	9	21	35	14	0.0	11:41	35	26	138.60	102.96	1.00	138.60				102.96	87.68				NO CUMPLE
1450+980	0.00	11	23	30	14	0.0	11:47	30	19	118.80	75.24	1.00	118.80				75.24	71.74				NO CUMPLE
1450+960	0.00	10	14	28	14	0.0	11:52	28	18	110.88	71.28	1.00	110.88				71.28	78.91				NO CUMPLE
1450+940	0.00	11	21	33	14	0.0	11:57	33	22	130.68	87.12	1.00	130.68	124.74	12.31	144.99	87.12	71.74				NO CUMPLE
1450+920	0.00	12	25	35	14	0.0	12:02	35	23	138.60	91.08	1.00	138.60				91.08	65.76				NO CUMPLE
1450+900	0.00	12	22	32	14	0.0	12:07	32	20	126.72	79.20	1.00	126.72				79.20	65.76				NO CUMPLE
1450+880	0.00	9	18	29	14	0.0	12:12	29	20	114.84	79.20	1.00	114.84				79.20	87.68				NO CUMPLE
1450+860	0.00	11	20	28	14	0.0	12:17	28	17	110.88	67.32	1.00	110.88	122.76	12.52	143.36	67.32	71.74				NO CUMPLE
1450+840	0.00	10	21	31	14	0.0	12:22	31	21	122.76	83.16	1.00	122.76				83.16	78.91				NO CUMPLE
1450+820	0.00	9	17	35	14	0.0	12:27	35	26	138.60	102.96	1.00	138.60				102.96	87.68				NO CUMPLE
1450+800	0.00	10	15	26	14	0.0	12:32	26	16	102.96	63.36	1.00	102.96				63.36	78.91				CUMPLE
1450+780	0.00	9	12	24	14	0.0	12:37	24	15	95.04	68.40	1.00	95.04	114.84	19.67	147.19	59.40	87.68				CUMPLE
1450+760	0.00	8	18	24	14	0.0	12:42	24	16	95.04	63.36	1.00	95.04				63.36	98.64				CUMPLE
1450+740	0.00	9	15	29	14	0.0	12:47	29	20	114.84	79.20	1.00	114.84				79.20	87.68				NO CUMPLE
1450+720	0.00	9	11	26	14	0.0	12:52	26	17	102.96	67.32	1.00	102.96	104.28	9.36	119.67	67.32	87.68				CUMPLE
1450+700	0.00	10	16	31	14	0.0	12:57	31	21	122.76	83.16	1.00	122.76				83.16	78.91				CUMPLE
1450+680	0.00	10	19	30	14	0.0	13:02	30	20	118.80	79.20	1.00	118.80				79.20	78.91				CUMPLE
1450+660	0.00	9	18	34	14	0.0	13:07	34	25	134.64	99.00	1.00	134.64				99.00	87.68				NO CUMPLE
1450+640	0.00	9	21	33	14	0.0	13:12	33	24	130.68	95.04	1.00	130.68	126.72	7.23	138.61	95.04	87.68				NO CUMPLE



Ing. JUAN ESCOBEDO ARIZACA  
CIP. 90558  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
GEOTECNIA

**PROYECTO :** Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero  
**ESTRUCTURA :** PAVIMENTO FLEXIBLE **TECNICO RESPONSABLE :** L. A. E. P.  
**PROGRESIVA :** KM: 1451 + 000 HASTA 1450 + 640 **INGENIERO RESPONSABLE :**  
**CARRIL :** IZQUIERDO **FECHA :** 7/05/2021



**Ing JULIO ESCOBEDO ARIZACA**  
**CIP. 90558**  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 GEOTECNIA

PROYECTO : Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero  
 ESTRUCTURA : PAVIMENTO FLEXIBLE TECNICO RESPONSABLE : L. A. E. P.  
 PROGRESIVA : KM: 1450 + 620 HASTA 1450 + 260 INGENIERO RESPONSABLE :  
 CARRIL : IZQUIERDO FECHA : 7/05/2021

### EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA - VIGA BENKELMAN

CARGA POR EJE 8 200 kg. RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO 3.98 FACTOR DE CORRECCION (Kv) 1.0  
 CARGA POR ENSAYO 4 100 kg. UNIDAD DE LECTURA 1/100 mm 0,01mm DEFLEXION MAXIMA ADMISIBLE (D.M.A.) 170  
 PRESION DE INFLADO 80 psi. 1 x 10<sup>3</sup> mm

PROGRESIVA KM	LECTURA DE VIGA EN DIALES				TEMP. AMBIENTE °C	TEMP. PAVIMENTO °C	HORA	DEFLEXION DIALES		DEFLEXION mm x 10 <sup>-3</sup>		CORRECCI ON TEMP. "K"	DEFLEXION CORREGIDA M.M. x 10 <sup>-3</sup>					RADIO DE CURVATURA RC (m)			TIPO SECCION			Deflexión Máxima Admisible x 10 <sup>3</sup> mm		
	lectura Inicial Lo (0 cm)	L (25 cm)	L (75 cm)	Lf (Dmáx)				0 cm.	25 cm	0 cm.	25 cm		D <sub>0</sub> 0 cm.	DMP D <sub>p</sub>	DSTD D <sub>std</sub>	D <sub>c</sub>	D <sub>as</sub> 25 cm.	T	CC	C 1/2 L						
1450+620	0.00	11	16	32	14	0.0	11:41	32	21	126.72	83.16	1.00	126.72				83.16	71.74								NO CUMPLE
1450+600	0.00	10	18	31	14	0.0	11:47	31	21	122.76	83.16	1.00	122.76				83.16	78.91								NO CUMPLE
1450+580	0.00	11	14	34	14	0.0	11:52	34	23	134.64	91.08	1.00	134.64				91.08	71.74								NO CUMPLE
1450+560	0.00	8	16	28	14	0.0	11:57	28	20	110.88	79.20	1.00	110.88	123.75	9.90	140.04	79.20	98.64								NO CUMPLE
1450+540	0.00	9	18	29	14	0.0	12:02	29	20	114.84	79.20	1.00	114.84				79.20	87.68								NO CUMPLE
1450+520	0.00	10	18	32	14	0.0	12:07	32	22	126.72	87.12	1.00	126.72				87.12	78.91								NO CUMPLE
1450+500	0.00	8	16	28	14	0.0	12:12	28	20	110.88	79.20	1.00	110.88				79.20	98.64								NO CUMPLE
1450+480	0.00	11	17	33	14	0.0	12:17	33	22	130.68	87.12	1.00	130.68	120.78	9.43	136.29	87.12	71.74								NO CUMPLE
1450+460	0.00	9	17	31	14	0.0	12:22	31	22	122.76	87.12	1.00	122.76				87.12	87.68								NO CUMPLE
1450+440	0.00	9	18	32	14	0.0	12:27	32	23	126.72	91.08	1.00	126.72				91.08	87.68								NO CUMPLE
1450+420	0.00	10	19	30	14	0.0	12:32	30	20	118.80	79.20	1.00	118.80				79.20	78.91								NO CUMPLE
1450+400	0.00	10	18	31	14	0.0	12:37	31	21	122.76	83.16	1.00	122.76	122.76	3.23	128.08	83.16	78.91								NO CUMPLE
1450+380	0.00	9	17	27	14	0.0	12:42	27	18	106.92	71.28	1.00	106.92				71.28	87.68								NO CUMPLE
1450+360	0.00	10	18	27	14	0.0	12:47	27	17	106.92	67.32	1.00	106.92				67.32	78.91								NO CUMPLE
1450+340	0.00	9	17	31	14	0.0	12:52	31	22	122.76	87.12	1.00	122.76	112.20	9.15	127.24	87.12	87.68								CUMPLE
1450+320	0.00	10	22	36	14	0.0	12:57	36	26	142.56	102.96	1.00	142.56				102.96	78.91								CUMPLE
1450+300	0.00	7	17	31	14	0.0	13:02	31	24	122.76	95.04	1.00	122.76				95.04	112.73								CUMPLE
1450+280	0.00	7	18	26	14	0.0	13:07	26	19	102.96	75.24	1.00	102.96				75.24	112.73								NO CUMPLE
1450+260	0.00	11	17	27	14	0.0	13:12	27	16	106.92	63.36	1.00	106.92	118.80	18.00	148.41	63.36	71.74								NO CUMPLE

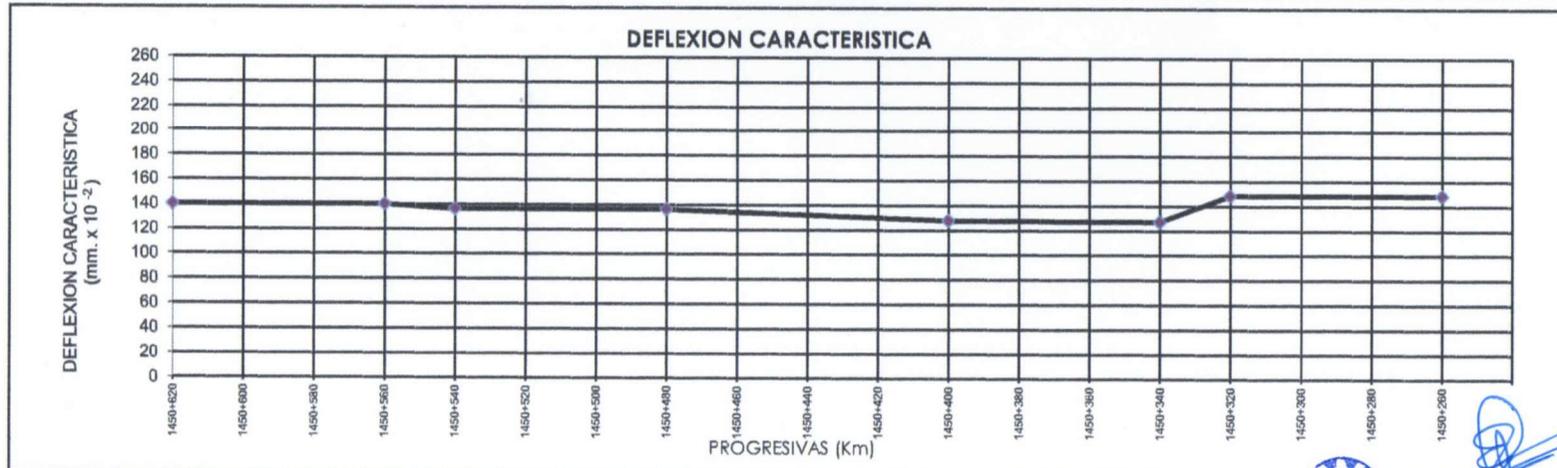
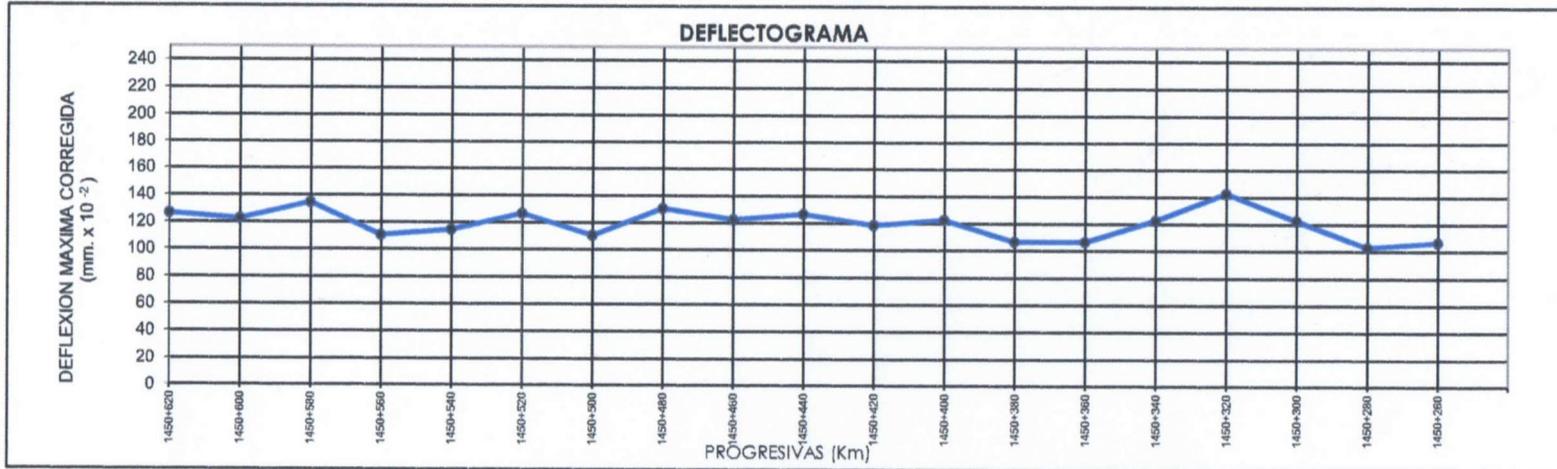


Ing. JULIO ESCOBEDO ARIZACA  
 C.I.F. 90558  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 GEOTECNIA



**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
**MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

**PROYECTO :** Evaluacion de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervencion de la carretera Juli - Desaguadero  
**ESTRUCTURA :** PAVIMENTO FLEXIBLE  
**PROGRESIVA :** KM: 1450 + 620 HASTA 1450 + 260  
**CARRIL :** IZQUIERDO  
**TECNICO RESPONSABLE :** L. A. E. P.  
**INGENIERO RESPONSABLE :**  
**FECHA :** 7/05/2021



Ing JULIO ESCOBEDO ARIZACA  
 CIP: 90558  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 GEOTECNIA

LABORATORIO DE GEOTECNIA  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE  
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS



PROYECTO : Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero  
 ESTRUCTURA : PAVIMENTO FLEXIBLE TECNICO RESPONSABLE : L. A. E. P.  
 PROGRESIVA : KM: 1450 + 240 HASTA 1450 + 020 INGENIERO RESPONSABLE :  
 CARRIL : IZQUIERDO FECHA : 7/05/2021

### EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA - VIGA BENKELMAN

CARGA POR EJE : 8 200 kg.  
 CARGA POR ENSAYO : 4 100 kg.  
 PRESION DE INFLADO : 80 psi.

RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO : 3.96  
 UNIDAD DE LECTURA 1/100 mm : 0,01mm

FACTOR DE CORRECCION (Kv) : 1.0  
 DEFLEXION MAXIMA ADMISIBLE (D.M.A.) : 110

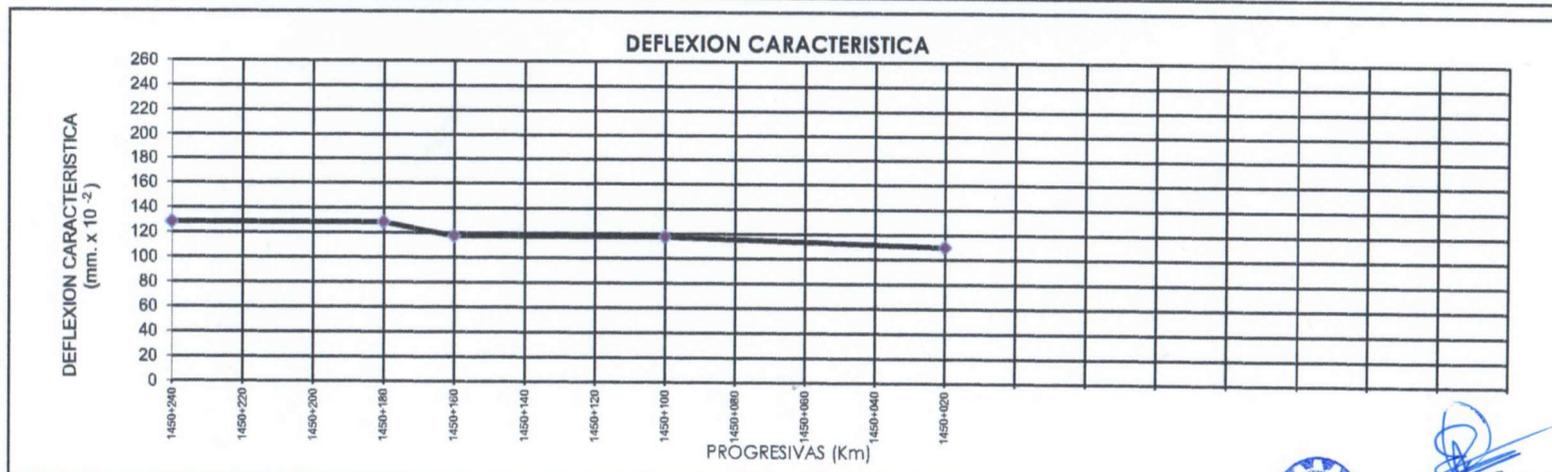
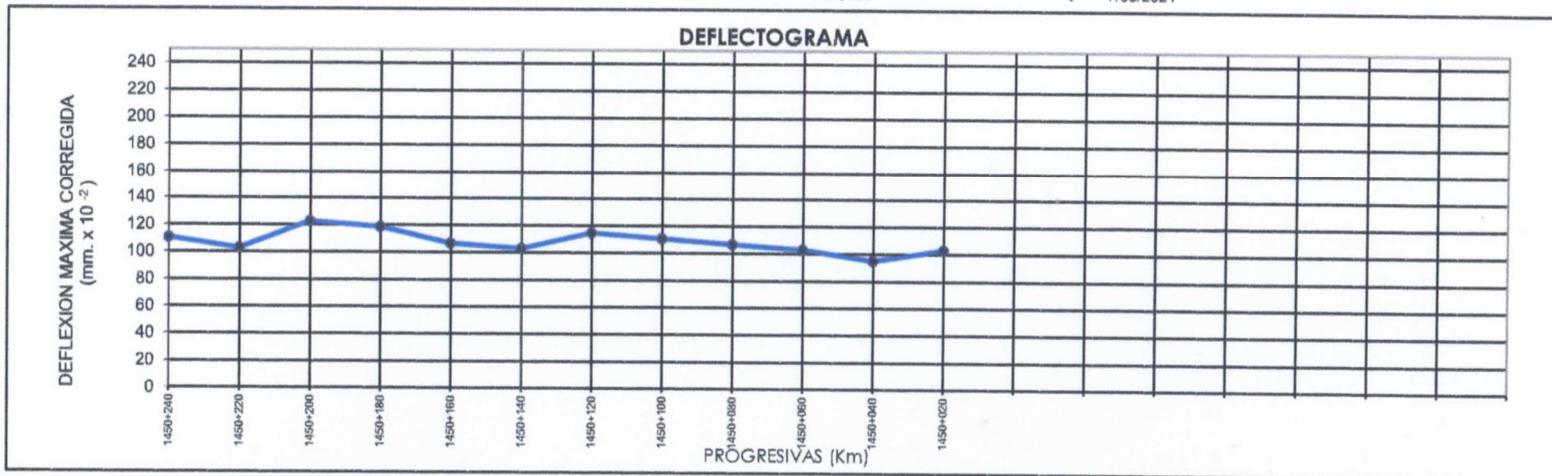
PROGRESIVA KM	LECTURA DE VIGA EN DIALES				TEMP AMBIENTE °C	TEMP PAVIMENTO °C	HORA	DEFLEXION DIALES		DEFLEXION mm x 10 <sup>-3</sup>		CORRECCI ON TEMP. "K"	DEFLEXION CORREGIDA M.M. x 10 <sup>-2</sup>					RADIO DE CURVATURA RC (m)	TIPO SECCION			Deflexión Máxima Admisible x 10 <sup>3</sup> mm
	Lectura Inicial Lo (D cm)	L (25 cm)	L (75 cm)	Lf (D máx)				0 cm.	25 cm	0 cm.	25 cm		D <sub>0</sub> 0 cm.	DMP D <sub>25</sub>	DSTD D <sub>sid.</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>25</sub> 25 cm.		T	CC	C 1/2 L	
1450+240	0.00	10	19	28	14	0.0	11:41	28	18	110.88	71.28	1.00	110.88				71.28	78.91				NO CUMPLE
1450+220	0.00	9	17	26	14	0.0	11:47	26	17	102.96	67.32	1.00	102.96				67.32	67.68				CUMPLE
1450+200	0.00	11	18	31	14	0.0	11:52	31	20	122.76	79.20	1.00	122.76				79.20	71.74				NO CUMPLE
1450+180	0.00	10	18	30	14	0.0	11:57	30	20	118.80	79.20	1.00	118.80	113.85	8.78	128.29	79.20	78.91				NO CUMPLE
1450+160	0.00	8	17	27	14	0.0	12:02	27	19	106.92	75.24	1.00	106.92				75.24	98.64				NO CUMPLE
1450+140	0.00	9	16	26	14	0.0	12:07	26	17	102.96	67.32	1.00	102.96				67.32	87.68				NO CUMPLE
1450+120	0.00	11	18	29	14	0.0	12:12	29	18	114.84	71.28	1.00	114.84				71.28	71.74				NO CUMPLE
1450+100	0.00	9	17	28	14	0.0	12:17	28	19	110.88	75.24	1.00	110.88	108.90	5.11	117.31	75.24	87.68				CUMPLE
1450+080	0.00	8	14	27	14	0.0	12:22	27	19	106.92	75.24	1.00	106.92				75.24	98.64				NO CUMPLE
1450+060	0.00	8	18	26	14	0.0	12:07	26	18	102.96	71.28	1.00	102.96				71.28	98.64				NO CUMPLE
1450+040	0.00	11	20	24	14	0.0	12:12	24	13	95.04	61.48	1.00	95.04				51.48	71.74				CUMPLE
1450+020	0.00	9	17	26	14	0.0	12:17	26	17	102.96	67.32	1.00	102.96	101.97	4.98	110.17	67.32	87.68				CUMPLE



Ing. JULIO ESCOBEDO ARIZACA  
 CIP. 90558  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 GEOTECNIA

**PROYECTO** : Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli - Desaguadero  
**ESTRUCTURA** : PAVIMENTO FLEXIBLE  
**PROGRESIVA** : KM: 1450 + 240 HASTA 1450 + 020  
**CARRIL** : IZQUIERDO

**TECNICO RESPONSABLE** : L. A. E. P.  
**INGENIERO RESPONSABLE** :  
**FECHA** : 7/05/2021



**Ing JULIO ESCOBEDO ARIZACA**  
**CIP. 90558**  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 GEOTECNIA

# ANEXO G. CERTIFICADO DE CALIBRACION – RUGOSIMETRO MERLIN



Página 1 de 2

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CLM-765-2020

**Solicitante** : GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.

**Dirección** : JR. TIAHUANACO MZA. H LOTE. 17  
RES. COLLASUYO I E - PUNO - SAN  
ROMAN - JULIACA

**Instrumento de Medición** : RUGOSIMETRO MERLIN

**Marca** : METROTEST

**Modelo** : MS-RM1

**Serie** : 636

**Identificación** : NO INDICA

**Procedencia** : PERÚ

**Capacidad Maxima** : 50 mm

**División mínima** : 5 mm = 1 División

**Tipo de indicación** : Analógica

**Lugar de Calibración** : Lab. Longitud de Metrotest E.I.R.L.

**Fecha de Calibración** : 2020-11-05

**Fecha de Emisión** : 2020-11-05

**Misión:**  
Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

**Visión:**  
Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios.  
Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

### Método de Calibración Empleado

Tomando como referencia el metodo de Comparacion Directa entre Bloques Planoparalelos y Rugosimetro

### Observaciones

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de dos valores de un mismo punto.
- Los resultados indicados en el presente documento son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.
- METROTEST EIRL no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.
- El usuario es responsable de la recalibracion de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
- El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.



Luigi Aseñjo G.  
Jefe de Metrología

Calle Aristides Sologuren 484 Dpto. 102 Urb. Villa Sol - Los Olivos [www.metrotesteirl.com](http://www.metrotesteirl.com) / [metrotestlogistica@hotmail.com](mailto:metrotestlogistica@hotmail.com) / [ventas@metrotesteirl.com](mailto:ventas@metrotesteirl.com)  
Telf.: 528-7898 Cel.: 997 045 343 / 962 889 991

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL

**Trazabilidad**

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad Medida de los Patrones Nacionales de Presión del Servicio Nacional de Metrología SNM - INDECOPi en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema de Unidades del Perú (SLUMP).

**PATRONES DE REFERENCIA:**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de METROTEST E.I.R.L.	Pie de rey Patrón con incertidumbre de 15 µm	CLM-001-2020
Patrones de referencia de METROTEST E.I.R.L.	Cinta Metrica Patrón con incertidumbre de 0,3 mm	CLM-003-2020
Patrones de referencia del DM-INACAL	Bloques Planoparalelos Grado 0	LLA-142-2020

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**

Valor Nominal mm	Lectura del Instrumento			Promedio L mm
	L <sub>1</sub> mm	L <sub>2</sub> mm	L <sub>3</sub> mm	
5.0	5.0	5.0	5.0	5.00
10.0	10.0	10.0	9.9	9.97
15.0	15.0	15.0	14.9	14.97
20.0	20.0	20.0	20.0	20.00
25.0	25.0	25.0	25.0	25.00

Relación 1:5

Relacion Promedio: 5.10

Valor Nominal mm	Lectura del Instrumento			Promedio L mm
	L <sub>1</sub> mm	L <sub>2</sub> mm	L <sub>3</sub> mm	
25.0	25.0	25.0	24.8	24.9
30.0	30.0	29.8	30.0	29.9
40.0	40.0	39.8	40.0	39.9
45.0	45.0	45.0	45.0	45.0
50.0	49.8	50.0	50.0	49.9

Relación 1:20

Relacion Promedio: 20.05



  
Luigi Asenjo G.  
Jefe de Metrología

# ANEXO H. CERTIFICADO DE CALIBRACION – CENTRÍFUGA ELÉCTRICA



**Metrotest**  
E.I.R.L.  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Página 1 de 2

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CFTM-056-2021

<b>Solicitante</b>	: GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.	<b>Misión:</b> Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.
<b>Dirección</b>	: JR. TIAHUANACO MZ. H LT. 17 RES. COLLASUYO I E (A ESPALDAS DEL CEMENTERIO LA CAPILLA ) PUNO - SAN ROMAN - JULIACA	<b>Visión:</b> Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios. Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.
<b>Instrum. de Medición</b>	: CENTRIFUGA ELÉCTRICA	
<b>Marca:</b>	: PINZUAR	
<b>Modelo:</b>	: PS-79-2	
<b>Serie:</b>	: 116	
<b>Identificación:</b>	: NO INDICA	
<b>Procedencia:</b>	: COLOMBIA	
<b>Alcance máximo:</b>	: 3600 RPM	
<b>Tipo:</b>	: Digital	
<b>Lugar de Calibración</b>	: Lab. Tiempo - Frecuencia de Metrotest E.I.R.L.	
<b>Fecha de Calibración</b>	: 2021-02-20	
<b>Fecha de Emisión</b>	: 2021-02-20	

### Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó por comparación entre las indicaciones de lectura del indicador de la centrifuga y el tacómetro patrón

### Resultados de las Mediciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en las siguientes páginas del presente documento. La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de

### Condiciones Ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura	18,9 °C	18,2 °C
Humedad Relativa	68 %	68 %

### Observaciones:

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.



Luigi Asenjo G.  
Jefe de Metrología



# Metrotest E.I.R.L.

## LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración CFTM-056-2021

Página 2 de 2

### PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
DM-INACAL	Tacómetro Patrón exactitud 0,05%+1 Dígito	LTF-C-108-2019

DATOS DE TIEMPO				
IND. DEL EQUIPO (x100)	TACOMETRO PATRON (rpm)	INDICACION DE LA CENTRIFUGA (rpm)	ERROR DE INDICACION (rpm)	INCERTIDUMBRE (rpm)
6	580,0	600	20	10
12	1172,0	1200	28	10
18	1772,0	1800	28	10
24	2374,0	2400	26	10
30	3010,0	3000	-10	10
36	3571,0	3600	29	10

### INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo. La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%



  
Luiggi Asenjo G.  
Jefe de Metrología

# ANEXO I. CERTIFICADO DE CALIBRACION – VIGA BENKELMAN



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 1152-115-2020

Página 1 de 4

**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**Fecha de emisión** 2020/11/09

**Solicitante** INGEOPLESCA CONSULTORA Y CONSTRUCTORA  
EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD

**Dirección** JR. VELA VELA NRO. 420 URB. VILLA ZUÑIGA (JR  
CANDELARIA CON VELA VELA 3RA CASA) PUNO - PUNO -  
PUNO

**Instrumento de medición** VIGA BENKELMAN

**Identificación** 1152-115-2020

**Relación de Pivot** 4:1

**Tipo** DOBLE BRAZO

**Marca** PINZUAR

**Diales** BAKER

**Sensibilidad** 0.01 - 25 MM

**Procedencia** COLOMBIA

**Lugar de calibración** Laboratorio de ARSOU GROUP S.A.C.

**Fecha de calibración** 2020/11/09

**Método/Procedimiento de calibración**  
Se determinó el error de indicación de los Diales por comparación con nuestro Patrón Digital. Se aplicaron tres series de medición al dial mediante el mismo mecanismo de desplazamiento. En cada serie se registraron las lecturas correspondientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.  
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° 1152-115-2020

Página 2 de 4

**Patrones e Instrumentos auxiliares**

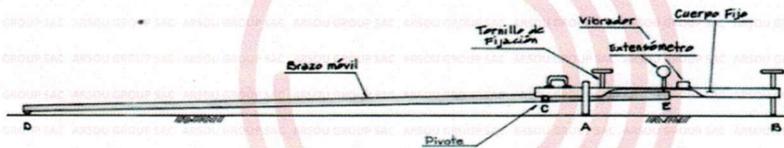
Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Dial Digital - ACCUD	LLA-C-091-2018

**Condiciones ambientales durante la calibración**

Temperatura Ambiental	Inicial: 21,5 °C	Final: 21,9 °C
Humedad Relativa	Inicial: 68 %hr	Final: 69 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

**Resultados**

**IMAGEN 1**



\*Siendo A, B, C, D y E los puntos de contacto, el E para tomar lectura.

**NOTA IMPORTANTE.**

**Posicionamiento de la Viga**

- Con el manubrio posterior posicionar suavemente las medias lunas de los brazos en su punto de medición sobre el pavimento.
- Girar manubrio posterior 10 vueltas completas, para evitar pandeo del brazo y tener error de lectura.
- Continuar con el ensayo.

**Observación al Equipo.**

- El equipo no presenta ninguna observación.

**ARSOU GROUP S.A.C**

**Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica**  
METROLOGIA

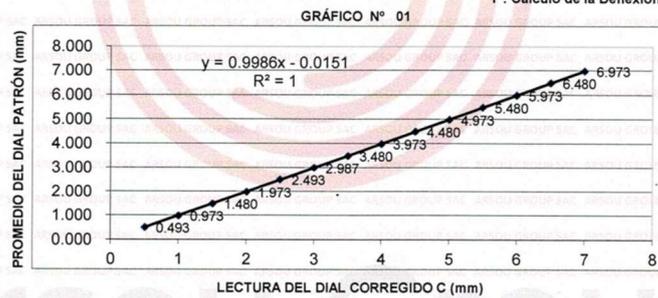
**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

**TABLA N° 01**  
**VERIFICACIÓN DE DIAL COMPARADOR - BRAZO 01 - Largo**  
Dial Marca: BAKER, N/S: NO INDICA; Rango: 25 mm  
Sensibilidad: 0,01 mm/div

DIAL COMPARADOR PATRÓN mm	LECTURA DIAL DE LA VIGA BENKELMAN RELACION DE BRAZO 4:1			SERIE PROMEDIO A mm	Lectura Relac 4:1 C = (A*4) mm
	SERIE ( 1 ) mm	SERIE ( 2 ) mm	SERIE ( 3 ) mm		
0.50	0.13	0.12	0.12	0.12	0.49
1.00	0.24	0.24	0.25	0.24	0.97
1.50	0.37	0.37	0.37	0.37	1.48
2.00	0.50	0.50	0.48	0.49	1.97
2.50	0.61	0.63	0.63	0.62	2.49
3.00	0.73	0.75	0.76	0.75	2.99
3.50	0.86	0.87	0.88	0.87	3.48
4.00	0.99	0.99	1.00	0.99	3.97
4.50	1.12	1.12	1.12	1.12	4.48
5.00	1.23	1.25	1.25	1.24	4.97
5.50	1.35	1.38	1.38	1.37	5.48
6.00	1.49	1.50	1.49	1.49	5.97
6.50	1.60	1.63	1.63	1.62	6.48
7.00	1.73	1.75	1.75	1.74	6.97

Coefficiente de correlación:  $R^2 = 1$  Recta de ajuste:  
Donde:  $Y = (0,9986x - 0,0151) * 4$   
X : Lectura del dial ( mm )  
Y : Calculo de la Deflexión



Lect Dial Viga mm	Lect Corregida (Y) mm	Lect Dial Viga mm	Lect Corregida (Y) mm
0.1	0.34	1.1	4.33
0.2	0.74	1.2	4.73
0.3	1.14	1.3	5.13
0.4	1.54	1.4	5.53
0.5	1.94	1.5	5.93
0.6	2.34	1.6	6.33
0.7	2.74	1.7	6.73
0.8	3.14	1.8	7.13
0.9	3.53	1.9	7.53
1.0	3.93	2.0	7.93



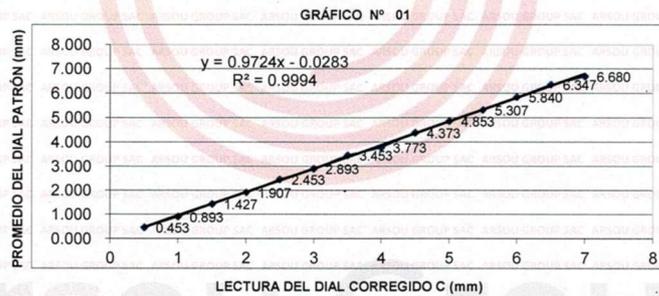
**Arso Group**  
Laboratorio de Metrología

Certificado de Calibración N° 1152-115-2020  
Pág. 4 de 4

**TABLA N° 01**  
**VERIFICACIÓN DE DIAL COMPARADOR - BRAZO 02 - Corto**  
Dial Marca: BAKER, N/S: NO INDICA; Rango: 25 mm  
Sensibilidad: 0,01 mm/div

DIAL COMPARADOR PATRÓN mm	LECTURA DIAL DE LA VIGA BENKELMAN RELACION DE BRAZO 4:1			SERIE PROMEDIO A mm	Lectura Relac 4:1 C = (A*4) mm
	SERIE (1) mm	SERIE (2) mm	SERIE (3) mm		
0.50	0.11	0.11	0.12	0.11	0.45
1.00	0.22	0.23	0.22	0.22	0.89
1.50	0.35	0.35	0.37	0.36	1.43
2.00	0.48	0.48	0.47	0.48	1.91
2.50	0.61	0.61	0.62	0.61	2.45
3.00	0.73	0.73	0.71	0.72	2.89
3.50	0.86	0.85	0.88	0.86	3.45
4.00	0.94	0.95	0.94	0.94	3.77
4.50	1.09	1.11	1.08	1.09	4.37
5.00	1.19	1.23	1.22	1.21	4.85
5.50	1.35	1.31	1.32	1.33	5.31
6.00	1.43	1.47	1.48	1.46	5.84
6.50	1.58	1.60	1.58	1.59	6.35
7.00	1.66	1.66	1.67	1.67	6.68

Coeficiente de correlación:  $R^2 = 0.9994$  Recta de ajuste:  
Donde:  $Y = (0,9724x - 0,0283) * 4$   
X : Lectura del dial ( mm )  
Y : Calculo de la Deflexión



Lect Dial Viga mm	Lect Corregida (Y) mm	Lect Dial Viga mm	Lect Corregida (Y) mm
0.1	0.28	1.1	4.17
0.2	0.66	1.2	4.55
0.3	1.05	1.3	4.94
0.4	1.44	1.4	5.33
0.5	1.83	1.5	5.72
0.6	2.22	1.6	6.11
0.7	2.61	1.7	6.50
0.8	3.00	1.8	6.89
0.9	3.39	1.9	7.28
1.0	3.78	2.0	7.67

**ARSO GROUP S.A.C**  
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGÍA

**ARSO GROUP S.A.C.**  
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsogroup.com  
www.arsogroup.com

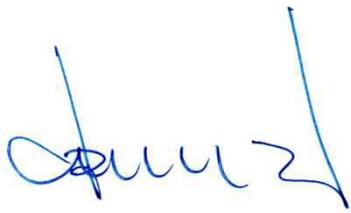
## Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, **Lizandro Ccallo Ventura**, egresado de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Sede Lima Este, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación/Tesis titulado: **“Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli – Desaguadero – 2021”** es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el Trabajo de Investigación/Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha, San Juan de Lurigancho 12-06-2021.

Apellidos y Nombres del Autor CCALLO VENTURA LIZANDRO	
DNI: 01872895	Firma 
ORCID: 0000-0001-9969-111X	

## Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, **Mamani Sanizo Juan Tulio**, egresado de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Sede Lima Este, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación/Tesis titulado: **“Evaluación de la serviciabilidad del pavimento flexible y alternativas de intervención de la carretera Juli – Desaguadero – 2021”**. Es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el Trabajo de Investigación/Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha, San Juan de Lurigancho 12-06-2021.

Apellidos y Nombres del Autor MAMANI SANIZO JUAN TULIO	
DNI: 42063468	Firma 
ORCID: 0000-0002-1496-5909	