



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Análisis de la condición crítica del pavimento flexible usando el ensayo de perfilometría en el método windshield - Avenida Canta Callao – 2019

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

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Saavedra Delgado, Renato Javier (ORCID: 0000-0003-4694-8342)

**ASESOR:**

Mg. Arriola Moscoso, Cecilia (ORCID:0000-0003-0289-7029)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A Dios que, en todo este tiempo, siempre me acompañó ayudándome a escoger el mejor camino para mi vida.

A mi madre Mercedes que siempre está a mi lado, que con su amor eterno y esfuerzo inculcó en mí la confianza en que lograría alcanzar todo lo que me propusiera. A mis hermanos Samuel, Victor e Hipólito que siempre me apoyan en todo momento en cualquiera de las circunstancias.

A mi compañera de vida Débora, a mi amiguita Hadassa, quiénes son la fuerza que me impulsa a seguir esforzándome y a continuar con mis metas.

## **AGRADECIMIENTO**

Al lograr esta meta, quiero hacer llegar el más profundo agradecimiento a:

Todas aquellas personas que de una u otra forma han participado en mi preparación profesional brindándome conocimientos, consejos, motivación, apoyo y confianza.

A la empresa Dynatest que me apoyó con la ejecución de los ensayos para el término de la tesis.

Por su colaboración y asesoría en la elaboración de la tesis, que nuestro agradecimiento llegue:

A la ilustre Universidad César Vallejo de Trujillo por brindarnos las puertas y permitirnos alcanzar esta meta.

A los docentes de la UCV por impartirnos conocimientos para formarnos profesionalmente.

A todos ustedes cuyos nombres no aparecen en estas líneas, pero que siempre estuvieron y estarán presentes en nosotros.

**“A todos gracias”...**

## **PÁGINA DEL JURADO**

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Renato Javier Saavedra Delgado con DNI N° 72614009 a efecto de cumplir con los criterios de evaluación de la presente tesis cuyo título es: Análisis de la condición crítica del pavimento flexible usando el ensayo de perfilometría en el método windshield - Avenida Canta Callao – 2019, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

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 de la Universidad César Vallejo.

Lima, 17 de Diciembre del 2019



---

Renato Javier Saavedra Delgado

## Índice

<b>Carátula</b> .....	i
<b>Dedicatoria</b> .....	ii
<b>Agradecimiento</b> .....	iii
<b>Página del jurado</b> .....	iv
<b>Declaratoria de autenticidad</b> .....	v
<b>Índice</b> .....	vi
<b>Índice de Tablas</b> .....	vii
<b>Índice de Figuras</b> .....	ix
<b>Resumen</b> .....	xix
<b>Abstract</b> .....	xx
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. MÉTODO</b> .....	49
2.1 Diseño de la Investigación.....	49
2.2 Operacionalización de Variables.....	51
2.3 Población, Muestra y Muestreo .....	52
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	52
2.5 Procedimiento .....	54
2.6 Método de análisis de datos .....	54
2.7 Aspectos éticos.....	54
<b>III. RESULTADOS</b> .....	55
<b>IV. DISCUSIÓN</b> .....	141
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	142
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	143
<b>REFERENCIAS</b> .....	144
<b>ANEXOS</b> .....	150

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Escala de Clasificación de la Serviciabilidad .....	20
<b>Tabla 2.</b> Alternativas de Solución para los Tipos de Fallas .....	33
<b>Tabla 3.</b> Clasificación del Windshield de la Condición del Pavimento Flexible .....	36
<b>Tabla 4.</b> Deterioros Considerados por Evaluadores de Parabrisas .....	37
<b>Tabla 5.</b> Resumen del Nivel de Severidad del de Falla Ahuellamiento en la Vía Principal y Auxiliar de Manera Creciente y Decreciente de km0+00 – km 3+640.....	89
<b>Tabla 6.</b> Resumen del Nivel de Severidad del Tipo de Falla Piel de Cocodrilo y grietas (Textura) en la Vía Principal y Auxiliar de Manera Creciente y Decreciente de Km0+00 – km 3+640.....	98
<b>Tabla7.</b> Comparación de Resultados – Porcentaje de mejora .....	117
<b>Tabla 8.</b> 1er Recorrido – IRI – Calzada Creciente – Carril Interno.....	119
<b>Tabla 9.</b> 1er Recorrido – IRI – Calzada Creciente – Carril Externo.....	120
<b>Tabla 10.</b> 1er Recorrido – IRI – Calzada Decreciente – Carril Interno .....	121
<b>Tabla 11.</b> 1er Recorrido – IRI – Calzada Decreciente – Carril Externo .....	122
<b>Tabla 12.</b> 2do Recorrido – IRI – Calzada Creciente – Carril Interno .....	123
<b>Tabla 13.</b> 2do Recorrido – IRI – Calzada Creciente – Carril Externo .....	124
<b>Tabla 14.</b> 2do Recorrido – IRI – Calzada Decreciente – Carril Interno .....	125
<b>Tabla 15.</b> 2do Recorrido – IRI – Calzada Decreciente – Carril Externo .....	126
<b>Tabla 16.</b> Vía Auxiliar – 1er Recorrido – IRI – Calzada Creciente – Carril Interno.....	127
<b>Tabla 17.</b> Vía Auxiliar – 1er Recorrido – IRI – Calzada Creciente – Carril Externo.....	128
<b>Tabla 18.</b> Vía Auxiliar – 1er Recorrido – IRI – Calzada Decreciente – Carril Interno ....	129

<b>Tabla 19.</b> Vía Auxiliar – 1er Recorrido – IRI – Calzada Decreciente – Carril Externo ...	130
<b>Tabla 20.</b> Vía Auxiliar – 2do Recorrido – IRI – Calzada Creciente – Carril Interno .....	131
<b>Tabla 21.</b> Vía Auxiliar – 2do Recorrido – IRI – Calzada Creciente – Carril Externo .....	132
<b>Tabla 22.</b> Vía Auxiliar – 2do Recorrido – IRI – Calzada Decreciente – Carril Interno ...	133
<b>Tabla 23.</b> Vía Auxiliar – 2do Recorrido – IRI – Calzada Decreciente – Carril Externo ..	134
<b>Tabla 24.</b> Resumen de IRI en la Vía Principal y Auxiliar de Manera Creciente y Decreciente de km0+00 – km 3+640.....	135
<b>Tabla 25.</b> Calificación de la Serviciabilidad del pavimento asfaltico de la avenida Canta Callao .....	136
<b>Tabla 26.</b> Cuadro de Porcentajes de mejoras de fallas evaluadas usando el ensayo .....	137

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Ahuellamiento en el pavimento flexible de la Avenida Canta Callao – Segundo Tramo – km 2+120 – Carril Interno .....	3
<b>Figura 2.</b> Parche en el pavimento flexible de la Avenida Canta Callao – Primer Tramo – km 0+820 – Carril Interno .....	3
<b>Figura 3.</b> Parche desprendiéndose en el pavimento flexible de la Avenida Canta Callao – Tercer Tramo – km 3+010 – Carril Interno .....	4
<b>Figura 4.</b> Plano con Progresivas km 0+00 – km 3+640 de la Avenida Canta Callao.....	4
<b>Figura 5.</b> Ejemplo de un Pavimento Flexible .....	12
<b>Figura 6.</b> Paquete Estructural del Pavimento Flexible.....	12
<b>Figura 7.</b> Ciclo de vida del pavimento sin Mantenimiento .....	17
<b>Figura 8.</b> Diagrama del flujo de Ciclo de vida del Pavimento sin Mantenimiento .....	17
<b>Figura 9.</b> Ciclo de vida del pavimento con Mantenimiento .....	18
<b>Figura 10.</b> Diagrama del flujo de Ciclo de vida del Pavimento con Mantenimiento .....	19
<b>Figura 11.</b> Tipos de Fallas en los Pavimentos Flexibles .....	24
<b>Figura 12.</b> Ejemplo del Tipo de Falla Piel de Cocodrilo .....	26
<b>Figura 13.</b> Ejemplo del Tipo de Falla Grieta Longitudinal y Transversal en el pavimento Flexible De la Avenida Canta Callao – Segundo Tramo – km 2+010 – Carril Interno .....	27
<b>Figura 14.</b> Ejemplo del Tipo de Falla Grieta por Reflexión.....	28
<b>Figura 15.</b> Ejemplo del Tipo de Falla Ahuellamiento en el pavimento flexible de la Avenida Canta Callao – Primer Tramo – km 1+030 – Carril Externo .....	29

<b>Figura 16.</b> Ejemplo de Tipo de Falla por Parches .....	30
<b>Figura 17.</b> Vehículo del Perfilómetro .....	45
<b>Figura 18.</b> Mapa Oficial del Distrito de San Martín de Porres.....	55
<b>Figura 19.</b> Ahuellamiento – km 0+140 – Calzada Creciente – Carril Interno .....	57
<b>Figura 20.</b> Piel de Cocodrilo – km 0+160 – Calzada Creciente – Carril Interno .....	58
<b>Figura 21.</b> Ahuellamiento – km 0+200 – Calzada Creciente – Carril Externo .....	58
<b>Figura 22.</b> Ahuellamiento – km 0+280 – Calzada Creciente – Carril Externo .....	58
<b>Figura 23.</b> Ahuellamiento – km 0+340 – Calzada Decreciente – Carril Interno.....	59
<b>Figura 24.</b> Ahuellamiento – km 0+510 – Calzada Decreciente – Carril Interno.....	59
<b>Figura 25.</b> Ahuellamiento – km 0+250 – Calzada Decreciente – Carril Externo.....	59
<b>Figura 26.</b> Medición de la Profundidad del Ahuellamiento – km 0+250 – Calzada Decreciente – Carril Externo.....	60
<b>Figura 27.</b> Ahuellamiento – km 0+325 – Calzada Creciente – Carril Interno .....	60
<b>Figura 28.</b> Medición de la Profundidad del Ahuellamiento – km 0+325 – Calzada Creciente – Carril Interno .....	60
<b>Figura 29.</b> Grietas Transversales – km 0+525 – Calzada Creciente – Carril Externo .....	61
<b>Figura 30.</b> Parche – km 0+655 – Calzada Creciente – Carril Externo.....	61
<b>Figura 31.</b> Ahuellamiento – km 0+465 – Calzada Decreciente – Carril Interno.....	61
<b>Figura 32.</b> Parche – km 0+895 – Calzada Decreciente – Carril Interno .....	62
<b>Figura 33.</b> Parche – km 0+925 – Calzada Decreciente – Carril Externo .....	62
<b>Figura 34.</b> Ahuellamiento – km 0+525 – Calzada Decreciente – Carril Externo.....	62
<b>Figura 35.</b> Ahuellamiento – km 1+140 – Calzada Creciente – Carril Interno .....	63

<b>Figura 36.</b> Grieta Longitudinal – km 1+150 – Calzada Creciente – Carril Interno.....	64
<b>Figura 37.</b> Ahuellamiento – km 1+220 – Calzada Creciente – Carril Externo .....	64
<b>Figura 38.</b> Parche – km 1+260 – Calzada Creciente – Carril Externo.....	64
<b>Figura 39.</b> Ahuellamiento – km 1+130 – Calzada Decreciente – Carril Interno.....	65
<b>Figura 40.</b> Parche – km 1+360 – Calzada Decreciente – Carril Interno .....	65
<b>Figura 41.</b> Ahuellamiento – km 1+250 – Calzada Decreciente – Carril Externo.....	65
<b>Figura 42.</b> Medición de la Profundidad del Ahuellamiento – km 1+250 – Calzada Decreciente – Carril Externo.....	66
<b>Figura 43.</b> Parche – km 1+325 – Calzada Creciente – Carril Interno.....	66
<b>Figura 44.</b> Medición del área del Parche – km 1+250 – Calzada Creciente – Carril Interno .....	66
<b>Figura 45.</b> Piel de Cocodrilo – km 1+475 – Calzada Creciente – Carril Externo .....	67
<b>Figura 46.</b> Ahuellamiento – km 1+525 – Calzada Creciente – Carril Externo .....	67
<b>Figura 47.</b> Parche – km 1+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno .....	67
<b>Figura 48.</b> Ahuellamiento – km 1+725 – Calzada Decreciente – Carril Interno.....	68
<b>Figura 49.</b> Ahuellamiento – km 1+920 – Calzada Decreciente – Carril Externo.....	68
<b>Figura 50.</b> Parche desprendiéndose – km 1+325 – Calzada Decreciente – Carril Externo	68
<b>Figura 51.</b> Piel de cocodrilo – km 2+140 – Calzada Creciente – Carril Interno .....	69
<b>Figura 52.</b> Ahuellamiento – km 2+230 – Calzada Creciente – Carril Interno .....	70
<b>Figura 53.</b> Parche – km 2+510 – Calzada Creciente – Carril Externo.....	70
<b>Figura 54.</b> Ahuellamiento – km 2+720 – Calzada Creciente – Carril Externo .....	70
<b>Figura 55.</b> Ahuellamiento – km 2+130 – Calzada Decreciente – Carril Interno.....	71

<b>Figura 56.</b> Grietas Transversales y Longitudinales – km 2+320 – Calzada Decreciente – Carril Interno .....	71
<b>Figura 57.</b> Grieta Transversal – km 2+350 – Calzada Decreciente – Carril Externo .....	71
<b>Figura 58.</b> Ahuellamiento – km 2+540 – Calzada Decreciente – Carril Externo.....	72
<b>Figura 59.</b> Parche – km 2+325 – Calzada Creciente – Carril Interno.....	72
<b>Figura 60.</b> Medición del área del Parche – km 2+325 – Calzada Creciente – Carril Interno .....	72
<b>Figura 61.</b> Grieta Longitudinal – km 2+750 – Calzada Creciente – Carril Externo.....	73
<b>Figura 62.</b> Parche – km 2+920 – Calzada Creciente – Carril Externo.....	73
<b>Figura 63.</b> Ahuellamiento – km 2+520 – Calzada Decreciente – Carril Interno.....	73
<b>Figura 64.</b> Medición de la Profundidad del Ahuellamiento – km 2+520 – Calzada Decreciente – Carril Interno.....	74
<b>Figura 65.</b> Parche – km 2+630 – Calzada Decreciente – Carril Externo .....	74
<b>Figura 66.</b> Ahuellamiento – km 2+945 – Calzada Decreciente – Carril Externo.....	74
<b>Figura 67.</b> Ahuellamiento – km 3+040 – Calzada Creciente – Carril Interno .....	75
<b>Figura 68.</b> Piel de Cocodrilo – km 3+080 – Calzada Creciente – Carril Interno .....	76
<b>Figura 69.</b> Ahuellamiento – km 3+220 – Calzada Creciente – Carril Externo .....	76
<b>Figura 70.</b> Grietas Transversales y Longitudinales – km 3+280 – Calzada Decreciente – Carril Externo .....	76
<b>Figura 71.</b> Ahuellamiento – km 3+130 – Calzada Decreciente – Carril Interno.....	77
<b>Figura 72.</b> Medición de la Profundidad del Ahuellamiento – km 3+130 – Calzada Decreciente – Carril Interno.....	77

<b>Figura 73.</b> Ahuellamiento – km 3+010 – Calzada Decreciente – Carril Externo.....	77
<b>Figura 74.</b> Parche – km 3+250 – Calzada Decreciente – Carril Externo .....	78
<b>Figura 75.</b> Ahuellamiento – km 3+325 – Calzada Creciente – Carril Interno .....	78
<b>Figura 76.</b> Parche – km 3+600 – Calzada Creciente – Carril Interno.....	78
<b>Figura 77.</b> Parche – km 3+520 – Calzada Creciente – Carril Externo.....	79
<b>Figura 78.</b> Ahuellamiento – km 3+425 – Calzada Creciente – Carril Externo .....	79
<b>Figura 79.</b> Grieta Longitudinal – km 3+120 – Calzada Decreciente – Carril Interno .....	79
<b>Figura 80.</b> Parche – km 3+170 – Calzada Decreciente – Carril Interno .....	80
<b>Figura 81.</b> Ahuellamiento – km 3+620 – Calzada Decreciente – Carril Externo.....	80
<b>Figura 82.</b> Parche – km 3+635 – Calzada Decreciente – Carril Externo .....	80
<b>Figura 83.</b> Ahuellamiento – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno .....	81
<b>Figura 84.</b> Ahuellamiento – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo .....	82
<b>Figura 85.</b> Ahuellamiento – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente– Carril Interno .....	82
<b>Figura 86.</b> Ahuellamiento – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente– Carril Externo .....	83
<b>Figura 87.</b> Ahuellamiento – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno .....	83
<b>Figura 88.</b> Ahuellamiento – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo .....	84

<b>Figura 89.</b> Ahuellamiento – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente- Carril Interno .....	84
<b>Figura 90.</b> Ahuellamiento – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente- Carril Externo .....	85
<b>Figura 91.</b> Ahuellamiento – Vía Auxiliar – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno .....	85
<b>Figura 92.</b> Ahuellamiento – Vía Auxiliar – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo .....	86
<b>Figura 93.</b> Ahuellamiento – Vía Auxiliar – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno .....	86
<b>Figura 94.</b> Ahuellamiento – Vía Auxiliar – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo .....	87
<b>Figura 95.</b> Ahuellamiento – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno .....	87
<b>Figura 96.</b> Ahuellamiento – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo .....	88
<b>Figura 97.</b> Ahuellamiento – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno .....	88
<b>Figura 98.</b> Ahuellamiento – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo .....	89
<b>Figura 99.</b> Textura – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno .....	90

<b>Figura 100.</b> Textura – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo .....	91
<b>Figura 101.</b> Textura – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno .....	91
<b>Figura 102.</b> Textura – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo .....	92
<b>Figura 103.</b> Textura – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno .....	92
<b>Figura 104.</b> Textura – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo .....	93
<b>Figura 105.</b> Textura – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno .....	93
<b>Figura 106.</b> Textura – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo .....	94
<b>Figura 107.</b> Textura – Vía Auxiliar – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno .....	94
<b>Figura 108.</b> Textura – Vía Auxiliar – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo .....	95
<b>Figura 109.</b> Textura – Vía Auxiliar – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno .....	95
<b>Figura 110.</b> Textura – Vía Auxiliar – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo .....	96

<b>Figura 111.</b> Textura – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno.....	96
<b>Figura 112.</b> Textura – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo .....	97
<b>Figura 113.</b> Textura – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno .....	97
<b>Figura 114.</b> Textura – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo.....	98
<b>Figura 115.</b> Gráfico Estadístico del Porcentaje de Mejora usando el ensayo de Perfilometría.....	118
<b>Figura 116.</b> IRI – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno.....	119
<b>Figura 117.</b> IRI – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo.....	120
<b>Figura 118.</b> IRI – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno .....	121
<b>Figura 119.</b> IRI – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo .....	122
<b>Figura 120.</b> IRI – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno.....	123
<b>Figura 121.</b> IRI – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo.....	124

<b>Figura 122.</b> IRI – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno .....	125
<b>Figura 123.</b> IRI – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo .....	126
<b>Figura 124.</b> IRI – Vía Auxiliar – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno.....	127
<b>Figura 125.</b> IRI – Vía Auxiliar – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo .....	128
<b>Figura 126.</b> IRI – Vía Auxiliar – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno.....	129
<b>Figura 127.</b> IRI – Vía Auxiliar – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo.....	130
<b>Figura 128.</b> IRI – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno.....	131
<b>Figura 129.</b> IRI – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo .....	132
<b>Figura 130.</b> IRI – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno.....	133
<b>Figura 131.</b> IRI – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo.....	134
<b>Figura 132.</b> Porcentaje de Mejora de Falla del Tipo Piel de Cocodrilo usando el ensayo de Perfilometría.....	138

<b>Figura 133.</b> Porcentaje de Mejora de Falla del Tipo Grietas usando el ensayo de	
Perfilometría.....	138
<b>Figura 134.</b> Porcentaje de Mejora de Falla del Tipo Ahuellamiento usando el ensayo de	
Perfilometría .....	139

## RESUMEN

En el siglo actual la Infraestructura vial en el Perú se encuentra deficiente y este problema se observa en la mayoría de los pavimentos flexibles construidos en la Capital del País. De la misma manera se encuentra la Avenida Canta Callao, Tramo Avenida Bertello – Avenida Naranjal. Por lo tanto, en esta Tesis se tiene como objetivo principal analizar la condición crítica del pavimento flexible usando el ensayo de Perfilometría en la metodología Windshield teniendo como muestra las vías principales y auxiliares de la Avenida Canta Callao, Tramo Avenida Bertello – Avenida Naranjal. Para poder realizar el análisis del pavimento flexible, se emplearon de dos formas, haciendo una evaluación funcional por el método Windshield y la otra es implementando el ensayo de Perfilometría en el método Windshield ayudándonos de los instrumentos que son las fichas técnicas de recolección de datos que se encuentran en los anexos, y de esa forma poder generar una comparación entre las dos maneras. Se tuvo como resultado Los valores de IRI reportados por este estudio están por encima del umbral máximo recomendado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú, el cual, es de 3,50 m/Km en pavimentos asfálticos. Para textura el valor promedio recomendado por el ministerio es de 0.5 mm como mínimo para pavimentos asfálticos, sin embargo, se tiene valores por encima de lo especificado. Mientras que los valores reportados de ahuellamiento para esta evaluación están dentro de los parámetros recomendados por el ministerio siendo escasa menor a 6 mm, moderada de 6 a 12 mm y severa mayor a 12 mm.

Y por último se tiene como conclusión índice de Condición de la metodología Windshield se mejora considerablemente utilizando el ensayo de Perfilometría. Como se observa en la comparación de los resultados que se encuentra en la tabla n°6 sobre los porcentajes de mejora que se tiene al clasificar el índice de la condición que son 74%, 14.8%, 6.7% y 73.3% consecutivamente.

Palabras Clave: Análisis, Perfilometría, Windshield.

## ABSTRACT

In the current century the road infrastructure in Peru is deficient and this problem is seen in most of the flexible pavements built in the capital of the country. In the same way you will find Avenue Canta Callao, Section Avenue Bertello – Avenue Naranjal. Therefore, in this thesis the main objective is to analyze the critical condition of the flexible pavement using the Profileometry test in the Windshield methodology taking as shown the main and auxiliary routes of Avenue Canta Callao, Section Avenue Bertello - Avenue Naranjal. In order to perform the analysis of the flexible pavement, they were used in two ways, making a functional evaluation by the Windshield method and the other is by implementing the Profileometry test in the Windshield method helping us with the instruments that are the tabs data collection techniques found in the annexes, and thus be able to generate a comparison between the two forms. The IRI values reported by this study were above the maximum threshold recommended by the Ministry of Transport and Communications of Peru, which is 3.50 m/km in pavements. For texture the average value recommended by the ministry is at least 0.5 mm for asphaltic pavements, however, you have values above the specified. While the reported values of tensing for this evaluation are within the parameters recommended by the ministry being short less than 6 mm, moderate from 6 to 12 mm and severe greater than 12 mm.

And finally, it is concluded index of Condition of the Windshield methodology is greatly improved using the Profileometry test. As seen in the comparison of the results found in Table 6 on the percentages of improvement that is available when ranking the index of the condition that are 74%, 14.8%, 6.7% and 73.3% consecutively.

Keywords: Analysis, Profileometry, Windshield.

## **I. INTRODUCCIÓN**

En el siglo actual la Infraestructura vial en el Perú se encuentra deficiente y este problema se observa en la mayoría de los pavimentos flexibles construidos en la Capital del País. De la misma manera se encuentra la Avenida Canta Callao, Tramo Avenida Bertello – Avenida Naranjal, esta Avenida mencionada se inauguró en el año 2014 teniendo así una vida funcional hasta el momento de 5 años y siendo prácticamente una autopista “nueva”, y ya se pueden observar fácilmente irregularidades en la superficie de rodadura en los tramos que voy a ejercer mi Proyecto de Investigación y por ese motivo quiero investigar más profundo, el porqué de estas irregularidades en la avenida a tan poco tiempo de su inauguración. Uno de los problemas que tiene esa autopista que es vulgarmente visible, son las deformaciones que se encuentran mayormente en los paraderos del tramo con diferentes medidas de ahuellamientos, hundimientos, y otros tipos de fallas. Y también se puede observar esas irregularidades en cada intersección donde se manifiestan los semáforos, por lo tanto, se tomaron esos pequeños tramos como estado crítico y contando las longitudes afectadas en el pavimento donde se encuentran los semáforos y paraderos resolveremos analizar 1 kilómetro de la autopista para saber de manera detallada y con datos reales las características de las fallas actuales perceptibles visualmente en la superficie del pavimento flexible.

Por la causa del estado actual del pavimento en su superficie de rodadura, no permite que los vehículos puedan transitar de manera fluida, y por ende la autopista no brinda a los usuarios la serviciabilidad por la cual ésta fue diseñada, hasta el momento no se han generado accidentes por causa de estas deformaciones, pero se puede observar y sentir una incomodidad mientras se conduce por esos tramos. El conocimiento que se tiene del flujo vehicular que transita por esta avenida es medio-alto y por ese motivo se tiene que ver las condiciones de la avenida que tiene esa cantidad de tránsito vehicular. Mediante el método de evaluación y el ensayo que se van a utilizar en este proyecto de investigación, se van a conocer detalladamente los tipos de fallas que tiene descartar todo tipo de posibilidades por la cual esa autopista tiene esas deformaciones. Según (Medina, Armando y De la Cruz, Marcos, 2015, p. 13) Entendimos que el pavimento tiene un ciclo de vida que sin tener en cuenta la rehabilitación o mantenimiento, se observa sus comportamientos por medio de una curva, y de esa curva se puede también tener una idea de la calidad histórica del pavimento.

Ahora bien, teniendo en cuenta estas consideraciones se puede observar a simple vista del usuario, que la etapa en la que se encuentra el ciclo de vida del pavimento flexible de la Avenida Canta Callao es la etapa de **Deterioro Acelerado** y para definir este ciclo con respecto a lo que he investigado en algunas tesis encontré una en particular que se hace más entendible su definición, sobre una tesis de investigación. Pude entender que el pavimento flexible se encuentra en la etapa o ciclo de Deterioro Acelerado después de haber pasado algunos años de funcionalidad y por lo general esta etapa es rápida debido a que las fallas en el pavimento flexible son muy acelerados por el mismo tránsito de los usuarios. Por eso se recomiendo que en cuanto el pavimento se encuentre en este ciclo darle mantenimiento adecuado antes de que las fallas superficiales se profundicen hasta llegar a la estructura espesores más abajo. Por ende, la presente investigación, busca Analizar el verdadero problema por la cual está sufriendo deformaciones el pavimento flexible que se construyó en la Avenida Canta Callao, Tramo Avenida Bertello – Avenida Naranjal en Lima-Perú del año 2014. Y así también poder mejorar la calidad de nuestras carreteras para que duren por el periodo de años que fue diseñado y no sufran daños acelerados como vemos en esta autopista (Medina, Armando y De la Cruz, Marcos, 2015, p. 13)

También se recopiló algunos datos sobre la superficie de este pavimento flexible, especialmente se hicieron algunas medidas previas simples sobre los ahuellamientos que se encuentran visibles de manera muy notoria en estos momentos en el pavimento. Estas mediciones o recopilaciones de datos escasas se hicieron mediante el medio día, mientras los usuarios transitaban la zona, se tenía que esperar a que el tráfico baje de manera que nos permita recopilar la información necesaria, se hizo esto en algunos semáforos y se tomaron las siguientes medidas: En la Avenida Canta Callao con la Avenida Los Alisos exactamente en el cruce donde se encuentra el semáforo se encontraron ahuellamientos con medidas de 2 a 4 cm de profundidad como se observa en la figura 1, en la avenida Canta Callao con la Avenida Santa Rosa se encontraron parches de todo el ancho de la calzada como se observa en la figura 2 y por último se apreció un Parche desprendiéndose del pavimento en la Avenida Canta Callao con la Avenida Izaguirre como se observa en la figura 3. Así se puede describir que se encuentra toda la Avenida Canta Callao desde el Tramo de la Avenida Naranjal – Avenida Bertello. De esa manera como apreciación final, coloco al pavimento flexible de esta avenida como en emergencia para un mantenimiento.



*Figura 1.* Ahuellamiento en el pavimento flexible de la Avenida Canta Callao – Segundo Tramo – km 2+120 – Carril Interno.

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 2.* Parche en el pavimento flexible de la Avenida Canta Callao – Segundo Tramo – km 2+730 – Carril Interno.

*Fuente. Elaboración Propia.*



Figura 3. Parche desprendiéndose en el pavimento flexible de la Avenida Canta Callao – Tercer Tramo – km 3+010 – Carril Interno.

Fuente. Elaboración Propia.

A continuación, se mostrará en la figura 4 el plano de la Avenida Canta Callao con sus respectivas progresivas del km 0+00 – km 3+640. Punto de Inicio Av. Naranjal y punto final Av. Bertello. En el Anexo 09 se visualiza el plano completo del distrito de San Martín de Porres, donde se coloca las progresivas en la avenida Canta Callao.



Figura 4. Plano con Progresivas km 0+00 – km 3+640 de la Avenida Canta Callao.

Fuente. Elaboración Propia.

Después de haber revisado las bibliografías NACIONALES tanto virtuales como escritas, se encontraron investigaciones enfocadas a lo que va relacionado con el tema de investigación, tomando en consideración un vínculo que se tiene en las problemáticas de algunos casos que ocurren en la capital y provincias del Perú.

- Medina & De la Cruz (2015). Realizaron la Tesis “Evaluación Superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI”. Teniendo como objetivo Determinar el índice de condición del pavimento del Jr. José Gálvez. Y terminando con la Conclusión: Las condiciones de pavimento malo, regular y bueno predominan en el Jr. José Gálvez. Siendo la condición mala la de mayor proporción con 39%, seguido con 26% el estado regular y 22% el estado bueno. Es resto de condiciones se presentan en proporciones menores o igual a 5%. No existiendo ninguna unidad de muestra en condiciones de excelente.

**(De la misma manera se escogió este trabajo investigativo como un antecedente porque nos ayuda a entender un poco los problemas sobre el pavimento flexible. De esta manera este proyecto de investigación podrá ser más exacto con lo que se está evaluando)**

- Escobar & Huincho (2017). Realizaron la investigación “Diseño de pavimento flexible, bajo la influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica – 2017”. Teniendo como objetivo Determinar la influencia de parámetros de diseño para diseñar el pavimento flexible debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite – 2017. Teniendo como conclusión: Que mientras el ESAL sea mayor la carpeta asfáltica debería tener un espesor correspondiendo al ESAL.

**(Se escogió este trabajo investigativo como un antecedente porque nos ayuda a entender un poco los problemas sobre el pavimento flexible. De esta manera este proyecto de investigación podrá ser más exacto con lo que se está evaluando)**

- Espinoza, T. & Santiago, F. (2015). Realizaron la Tesis “Evaluación del Estado Actual del Pavimento Asfáltico de la vía Huánuco – Kotosh por el método del índice de condición del pavimento”. Teniendo el Objetivo: Determinar el estado actual del pavimento asfáltico de la vía Huánuco- Kotosh siguiendo el procedimiento del

método PCI (Norma ASTM D6433). Conclusión: En este estudio se encontró que en promedio el estado del pavimento asfáltico se encuentra en condición excelente con riesgo a caer a muy bueno de acuerdo a la clasificación de la escala que indica el método PCI, además se estable las operaciones de mantenimiento para mejorar su condición actual. **(De la misma manera se escogió este trabajo investigativo como un antecedente porque nos ayuda a entender un poco los problemas sobre el pavimento flexible. De esta manera este proyecto de investigación podrá ser más exacto con lo que se está evaluando)**

- Tacza, Erica y Rodríguez, Braulio (2018). Cometieron la Tesis “Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado”. Con el Objetivo de: Proponer alternativas de intervención que permitan mejorar la condición operacional o estado del pavimento que actualmente presenta el carril segregado del corredor Javier Prado. Y terminando con la Conclusión: Al realizar el levantamiento de información en campo, se pudo visualizar que en la vía no se han realizado trabajos de mantenimiento hasta la fecha, este factor ocasiona el aumento en la severidad de las fallas. **(Cito a estos autores porque su trabajo de investigación nos ayuda a entender el método de evaluación de fallas en el pavimento y también porque es muy valioso para poder realizar mi proyecto de manera eficaz y certera)**

Después de haber revisado algunas bibliografías y artículos científicos INTERNACIONALES tanto virtuales como escritas, se encontraron investigaciones enfocadas a lo que va relacionado con el tema de investigación, tomando en consideración un vínculo que se tiene en las problemáticas de algunos casos que ocurren en los Países Extranjeros.

- Becerra & Sánchez (2018). Cometieron la Tesis “Evaluación de la Condición del Pavimento del Sector el Valle y su Marco Sostenible”. Con el Objetivo de: Evaluar la condición de una red de pavimentos en el sector de El Valle bajo las metodologías definidas anteriormente y definir la aplicabilidad de cada una de ellas para crear un sistema de gestión. Y terminando con la Conclusión: De acuerdo a los resultados de

las metodologías evaluadas en campo para pavimentos flexibles, se puede decir que el método Windshield es el método más adecuado en cuanto a tiempo de toma de datos, costo de intervención, con resultados confiables y coherentes del estado del pavimento, pero al ser una evaluación de parabrisas, no permite obtener la exactitud de fallas que presentan las vías.

**(Cito a estos autores porque su trabajo de investigación nos ayuda a entender el método de evaluación del pavimento flexible y también porque es muy valioso para poder realizar mi proyecto de manera eficaz y certera)**

- Cayambe & Santillán (2015). Cometieron la Tesis “Evaluación de Pavimentos Flexibles por el método Paver y Propuesta de Mantenimiento vial integral de la Carretera Colta-Alausi de la Provincia de Chimborazo.” Con el Objetivo de: Determinar el Estado Funcional actual de la vía Colta-Alausi y proponer un plan de Mantenimiento integral para pavimentos Flexibles. Y terminando con la Conclusión. Se Plasmaron 2 propuestas de las Cuales se hizo la comparación de las propuestas y se escogió a la propuesta que genere menos costo en la Rehabilitación. **(Cito a estos autores porque su trabajo de investigación nos ayuda a entender el método de evaluación del pavimento flexible y también porque es muy valioso para poder realizar mi proyecto de manera eficaz y certera)**

Después de haber revisado algunos ARTÍCULOS CIENTÍFICOS tanto virtuales como escritas, se encontraron investigaciones enfocadas a lo que va relacionado con el tema de investigación, tomando en consideración un vínculo que se tiene en las problemáticas de algunos casos que ocurren en los Países Extranjeros.

- Beltrán, G. y Romo, M. (2014). Compartieron el Artículo Científico “Evaluación de pavimentos y decisiones de conservación con base en sistemas de inferencia difusos” Teniendo el Objetivo de: En este trabajo se plantean tres sistemas basados en la lógica difusa, para inferir la condición de rigidez y deterioro, así como las decisiones de conservación. Y culminando con la Conclusión: En virtud de los resultados alcanzados, resulta razonable concluir que los sistemas propuestos pueden utilizarse con confianza para evaluaciones rápidas y toma de decisiones a nivel global o

detallado en corredores viales. **(Se escogió este Artículo Científico como un antecedente porque nos ayuda a entender un poco más el modo de evaluación de la condición y los problemas sobre el pavimento flexible. De esta manera este proyecto de investigación podrá ser más exacto con lo que se está evaluando)**

- Ávila, E; Albarracín, F y Bojorque, J. (2015). Compartieron el Artículo Científico “Evaluación de pavimentos en base a métodos no destructivos y Análisis inversos” Teniendo el Objetivo de: A través de cada método analizar la factibilidad y eficiencia de la técnica de la deflectometría de impacto para evaluar la capacidad portante de la estructura del pavimento. Y culminando con la Conclusión: La aplicación del FDW para caracterizar el comportamiento de una estructura del pavimento, la cual se encuentra sometida a cargas de tránsito es el procedimiento no destructivo más sencillo y práctico. **(Se escogió este Artículo Científico como un antecedente porque nos ayuda a entender un poco más el modo de evaluación de los pavimentos. De esta manera este proyecto de investigación podrá ser más exacto con lo que se está evaluando)**
  
- Cruz, J y Restrepo, G. (2017). Compartieron el Artículo Científico “Evaluación del Estado de Pavimentos Flexibles en la zona Urbana de la Calera.” Teniendo el Objetivo de: Conocer el estado de los pavimentos flexibles en el casco urbano del municipio de La Calera. Y culminando con la Conclusión: Con los resultados de cada sección se puede deducir que la condición del pavimento flexible de La Calera en su mayoría está en muy mal estado. **(Se escogió este Artículo Científico como un antecedente porque nos ayuda a entender un poco más el modo de evaluación de los pavimentos. De esta manera este proyecto de investigación podrá ser más exacto con lo que se está evaluando)**

Después de haber revisado algunas bibliografías y artículos científicos en INGLÉS tanto virtuales como escritas, se encontraron investigaciones enfocadas a lo que va relacionado con el tema de investigación, tomando en consideración un vínculo que se tiene en las problemáticas de algunos casos que ocurren en los Países Extranjeros.

- Osorio, Chamorro, Tighe y Videla (2014). They Shared the Article “Calibration and Validation of Condition Indicator for Managing Urban Pavement Networks”. Having

the objective of: The main objective of this study was to calibrate and to validate an urban pavement condition index (UPCI) representative of the overall condition of these pavements, according to objective measures of surface distresses and evaluations of an expert panel. And ending with the Conclusion: Finally, three UPCI equations were obtained with satisfactory validation for asphalt pavements with manual and automated data collection and for concrete pavements with manual data collection.

Osorio, Chamorro, Tighe y Videla (2014). Compartieron el artículo "Calibración y validación del indicador de estado para la gestión de redes de pavimento urbano". Con el objetivo de: El objetivo principal de este estudio fue para calibrar y validar un índice de condición de pavimento urbano (UPCI) representativo de la condición general de estos pavimentos, según medidas objetivas de superficie angustias y evaluaciones de un grupo de expertos. Y terminando con la conclusión: Finalmente, se obtuvieron tres ecuaciones UPCI con validación satisfactoria para pavimentos de asfalto con recopilación de datos manuales y automatizados y para pavimentos de hormigón con recogida manual de datos. **(Se escogió este Artículo Científico como un antecedente porque nos ayuda a entender un poco más el modo de evaluación de la condición y los problemas sobre el pavimento. De esta manera este proyecto de investigación podrá ser más exacto con lo que se está evaluando)**

- Aleli, Osorio (2015). He Shared the Thesis “Development of Performance Models and Maintenance Standards of Urban Pavements for Network Management.” Having the objective of: Calibrate an Urban Pavement Condition Index (UPCI) and Performance Models, technical components required for an Urban Pavement Management System, based on data collected in urban networks in Chile. And ending with the Conclusion: Given the state-of-the-art and the-practice of urban pavement management, there is a need for better understanding of urban pavements performance. Therefore, this research was focused on the analysis of urban pavements at network level, toward the development of practical and sustainable technical tools to be integrated further into an Urban Pavement Management System (UPMS).

Aleli, Osorio (2015). Compartió la tesis "Desarrollo de modelos de actuación y estándares de mantenimiento de pavimentos urbanos para la gestión de red." Con el objetivo de: calibrar un índice de condición de pavimento urbano (UPCI) y modelos de actuación, los componentes técnicos necesarios para un sistema de gestión de pavimentos urbanos, basado en datos recogidos en redes urbanas en Chile. Y terminando con la conclusión: dado el estado de la técnica y la práctica de la gestión de pavimentos urbanos, es necesario para una mejor comprensión del desempeño de los pavimentos urbanos. Por lo tanto, esta investigación se centró en el análisis de los pavimentos urbanos a nivel de red, hacia el desarrollo de herramientas técnicas prácticas y sostenibles para integrarse más en un sistema de gestión de pavimento urbano (UPM). **(Se escogió este Artículo Científico como un antecedente porque nos ayuda a entender un poco más el modo de evaluación de la condición y los problemas sobre el pavimento. De esta manera este proyecto de investigación podrá ser más exacto con lo que se está evaluando)**

Se Define pavimento a una estructura que se compone por 3 o más capas que están superpuestas una sobre otra, que están constituidos técnicamente de materiales apropiados y de manera compactada cada una de ellas teniendo un espesor dependiendo del diseño. Se les dice estructura estratificada porque se apoyan sobre la subrasante del camino y limitan de manera adecuada los esfuerzos que las cargas del tránsito influyen repetitivamente durante el periodo por la cual éste fue diseñado. Asimismo, debe ser una superficie que brinde seguridad y comodidad para los que transiten sobre ella, otorgando así un nivel de calidad de manejo excelente.

Para esclarecer un poco más la definición del pavimento nos ayudaremos con una definición de una investigación. Lo que se entendió de esa definición es que el diseño de un pavimento se refiere a una estructura que se encarga de absorber las cargas o fuerzas que plasman los vehículos en su circulación por la vía, por la cual este pavimento debe soportar por el tiempo en el que fue diseñado. También nos dice Armijos que a través del tiempo si el flujo vehicular aumenta o la velocidad de los vehículos no respetan la velocidad que se asignó para esa vía los deterioros empezarán a ser notados, éstos pueden ser vistos de diferentes formas, de las cuales son presentados más por la pérdida de elasticidad del pavimento (Auccahuaqui, Yanque y Corahua, Ronald, 2016, p. 14).

Los pavimentos se categorizan por 4 tipos principalmente las cuales constituyen pavimentos flexibles, semi-rígidos, rígidos y articulados. Éstas se diferencian por el tipo de estructura que los conforman, la manera por la cual son construidas y por los diferentes materiales que se usan para cada una de ellas (Nureña Torres, Luis, 2017, p. 12).

Ahora se va a definir el tipo de pavimento que se está evaluando en este proyecto de investigación, que es el pavimento flexible:

Este pavimento es diferenciado por los otros tipos por su superficie de rodadura que es más permisible a las deformaciones en sus capas inferiores, ya que el material que se usa en su superficie es el asfalto como se aprecia en la figura 4. Este pavimento normalmente está compuesto por una base con un espesor de material granular, una capa denominada sub-base y por una carpeta asfáltica como se observa en la figura 5. Tiene un bajo costo en su construcción originario, también tiene un periodo de funcionalidad adecuada de 10 a 15

años requiriendo un mantenimiento para que pueda llegar a su periodo de funcionalidad (Escobar, Luis y Huincho, Jesús, 2017, p. 17).



Figura 5. Ejemplo de un Pavimento Flexible.

Fuente. *Elaboración Propia.*

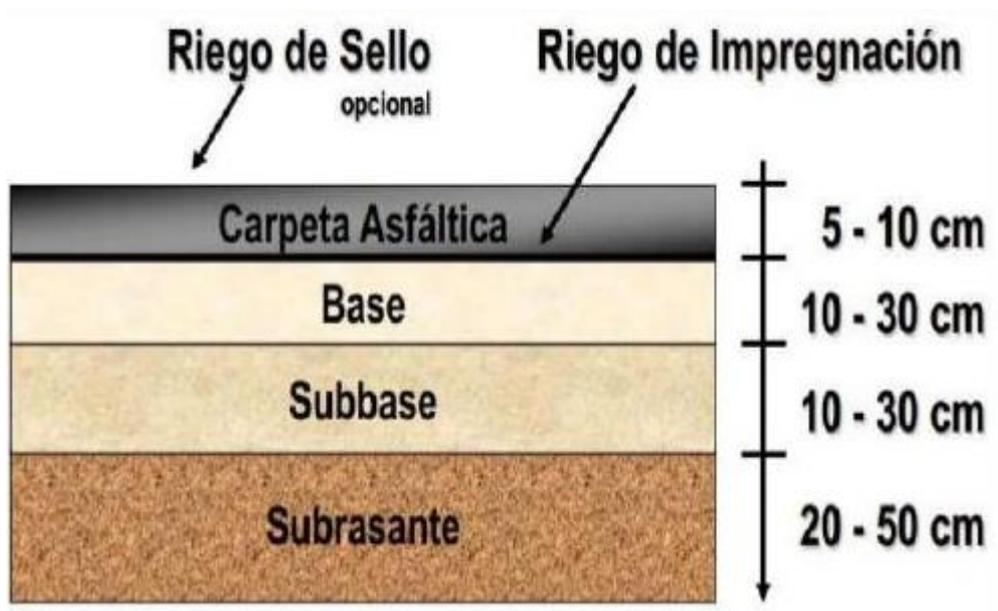


Figura 6. Paquete Estructural del Pavimento Flexible.

Fuente Hiliquín Mariana (2016). *Sección Transversal de un Pavimento Flexible.*

Para poder fortalecer más el concepto del pavimento flexible porque es el tema principal que abarca nuestra investigación, ahora se va a desglosar cada capa de la estructura del pavimento flexible para describir cada una de ellas Como, por ejemplo: la Subrasante, Sub-

base, Base granular, superficie de rodadura o carpeta asfáltica y como se puede apreciar en la figura 6 cada sección que compone el diseño de un pavimento flexible.

### **SUBRASANTE**

Esta es la primera capa donde comienza los estratos del pavimento de toda la estructura por la cual está conformado un pavimento. Este tipo de suelo que va en esta capa debe ser de un material que sea estable y llegue a un porcentaje mayor del 6% de CBR, si por ende el suelo natural de la Subrasante no llega a esos porcentajes se tendrá que adecuar y estabilizar el suelo para que tenga las características que se necesitan. Esto es fácil de solucionar puede ser colocando un reemplazo de suelo, también se puede estabilizar por medio de químicos, otro método puede ser con geo-sintéticos, entre otros. Y de todas las soluciones previstas se hacen una comparación y se ejecuta la que tendrá menos gastos. Ésta capa se coloca sobre el suelo natural (Pérez, José y Ramírez, Jhonel, 2018, p. 23).

### **SUB-BASE**

Esta capa corresponde después de la Subrasante, una vez alcanzados los porcentajes de CBR en la capa anterior se autoriza para colocar otra capa sobre ella que es la Sub-base, después de esta capa continúan otras más, por ese motivo esta capa tiene que ser de un material que contenga las características específicas que son necesarias para la construcción de la estructura del pavimento, ya que soportará la base y la capa asfáltica. Esta deberá tener un porcentaje mayor del 40% de CBR, también es utilizada como capa de drenaje que controlará las capilaridades del agua, eso dependerá del diseño del pavimento flexible, puede ser tratada con cal, cemento o asfalto (Rodríguez Velásquez, Edgar 2009, p. 7).

### **BASE GRANULAR**

Y continuando con la estructura del pavimento flexible, tenemos la base granular que va sobrepuesta de la capa inferior. Ésta es la penúltima capa de toda la estructura, por ende tiene que cumplir con un CBR de más de 80% y tiene que ser de material granular. Los trabajos principales que tiene que realizar esta capa son las de distribuir, sostener y transmitir la carga que se propicia por las veces que los vehículos pasan por la superficie de rodadura del pavimento flexible. También es posible que esta capa se pueda tratar con asfalto, cemento o cal, para que pueda tener las características que se necesitan. Ya que su trabajo es importante

la calidad que debe tener esta capa debe ser alta y se debe adherir de manera fácil con la última capa (Pérez, José y Ramírez, Jhonel, 2018, p. 24).

### **SUPERFICIE DE RODADURA**

Buscando información se escogió una definición que a mi parecer es muy completa y que nos ayudará a definir la superficie de rodadura, ésta proviene de una investigación. Lo que entendí fue que esta capa que se puede denominar carpeta asfáltica o superficie de rodadura, es la capa que se encargará de la transitabilidad de los vehículos y permeabiliza la estructura del pavimento para que se evite la percolación del agua en la estructura o capas inferiores que son generadas por lluvias, desbordes, etcétera. Esta capa debe ser resistente a los esfuerzos que se generan por el tránsito (Chávez, Rocío, 2018, p. 19).

### **CARACTERÍSTICAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE**

Generalmente cada tipo de pavimento requiere tener sus propias características de las cuales esas características las diferencian de los demás tipos de pavimentos, para el pavimento flexible las características requeridas son:

#### **DEFORMABILIDAD**

Generalmente cada tipo de pavimento requieren tener sus propias características de las cuales esas características las diferencian de los demás tipos de pavimentos, para el pavimento flexible las características requeridas son (Chávez, Rocío, 2018, p. 18).

#### **RESISTENCIA ESTRUCTURAL**

La estructura del pavimento flexible tiene que ser preparado para resistir los esfuerzos que transmiten los vehículos, que la falla sea paulatino y que se plasme el ciclo de funcionalidad para cual fue diseñado. Las aceptaciones de fallas para este pavimento más factibles son los esfuerzos cortantes. Ahora, también se generan esfuerzos adicionales por los frenados y aceleraciones de los vehículos que transitan en el pavimento, así como también se produce tensión en la estructura en los niveles superiores por causa de las deformaciones verticales que se producen por las cargas actuantes repetitivas que soporta (Chávez, Rocío, 2018, p. 17).

## **DURABILIDAD**

Un pavimento flexible que mantenga su tiempo de diseño y si es posible que prolongue ese tiempo en condiciones aceptables, además que evita gastos en una reconstrucción completa y que los usuarios puedan transitar de manera fluida (Chávez, Rocío, 2018, p. 18).

## **COSTO**

Para el pavimento flexible el costo que tiene en la construcción inicial no es muy elevado comparado con los otros pavimentos, se busca un equilibrio entre ese costo y el costo del mantenimiento que tendrá periódicamente. De manera que influye la calidad y la disposición de los materiales a la zona donde se usarán (Chávez, Rocío, 2018, p. 18).

## **REQUERIMIENTOS DE LA CONSERVACIÓN**

Para la conservación del pavimento flexible son muy importantes las condiciones que tendrán el drenaje y subdrenaje, ya que eso mantendría el ciclo de funcionalidad del pavimento en buen estado (Chávez, Rocío, 2018, p. 18).

## **COMODIDAD**

Dependiendo del tipo de pavimento, todos incluyendo el pavimento flexible deben brindar comodidad en la hora de transitar por la vía para todos los usuarios (Chávez, Rocío, 2018, p. 18).

## **CICLO DE VIDA DEL PAVIMENTO**

Por lo general la vida de un pavimento se puede representar mediante una curvatura de comportamiento, claro que en esta curvatura no se le está considerando el mantenimiento o la rehabilitación, de tal manera que esta curvatura se le puede tomar como la calidad del pavimento. Esta curva se deriva de 4 fases, de las cuales describiremos a continuación:

### **FASE 1: CONSTRUCCIÓN**

Esta es la primera etapa del ciclo del pavimento, en esta etapa el pavimento se encuentra en un estado excelente cumpliendo con los estándares para brindar la serviciabilidad perfecta para los usuarios. El costo no sobrepasa al del diseño y construcción. El estado del pavimento es excelente (Espinoza, Teresa y Santiago, Fabio, 2015, p. 10).

### **FASE 2: DETERIORO IMPERCIPTIBLE**

Aquí el pavimento ya tiene un tiempo de funcionalidad y por ende ya tiene un desgaste

progresivo por el tránsito de vehículos, las fallas existen, pero de manera que es mínima la visibilidad para los usuarios. Mayormente estos pequeños desgastes se generan en la superficie de rodadura puede ser por el clima, los factores ambientales, el tránsito o las cargas repetitivas que tiene el pavimento. Para intentar controlar se realizan una serie de medidas para mantener ese desgaste y poder conservar. Normalmente el costo adicional que se genera está entre 0.4 a 0.6% del costo de construcción. La vía continua en buen estado y brindando servicios adecuados para el usuario. La condición en el que se encuentra el pavimento puede variar de una clasificación de excelente a una clasificación de regular, que se visualiza en la figura 7 (Espinoza, Teresa y Santiago, Fabio, 2015, p. 11).

### **FASE 3: DETERIORO ACELERADO**

Para esta etapa el pavimento ya tiene un periodo de vida considerable, se encuentran muchos más visibles los deterioros en el pavimento, la resistencia que tiene para el tránsito se ve reducida. La superficie de rodadura se encuentra con irregularidades visibles. La condición del pavimento se puede encontrar entre una clasificación de regular a una clasificación de muy pobre, que se visualiza en la figura 7 (Espinoza, Teresa y Santiago, Fabio, 2015, p. 11).

### **FASE 4: DETERIORO TOTAL**

Para esta etapa el pavimento diseñado está cumpliendo su periodo final de funcionabilidad y serviciabilidad. El desgaste en el pavimento es totalmente apreciable por los usuarios, la transitabilidad se encuentra totalmente reducida y se empieza a afectar a los vehículos por medio de los neumáticos, de los ejes, etcétera. La condición del pavimento abarca entre la clasificación de muy pobre a la clasificación de destruido, que se visualiza en la figura 7 (Espinoza, Teresa y Santiago, Fabio, 2015, p. 12).

A continuación, en la figura 7 se apreciará una imagen detallando la vida del pavimento sin mantenimiento para que se pueda entender mejor las 4 fases del ciclo de vida de los pavimentos:

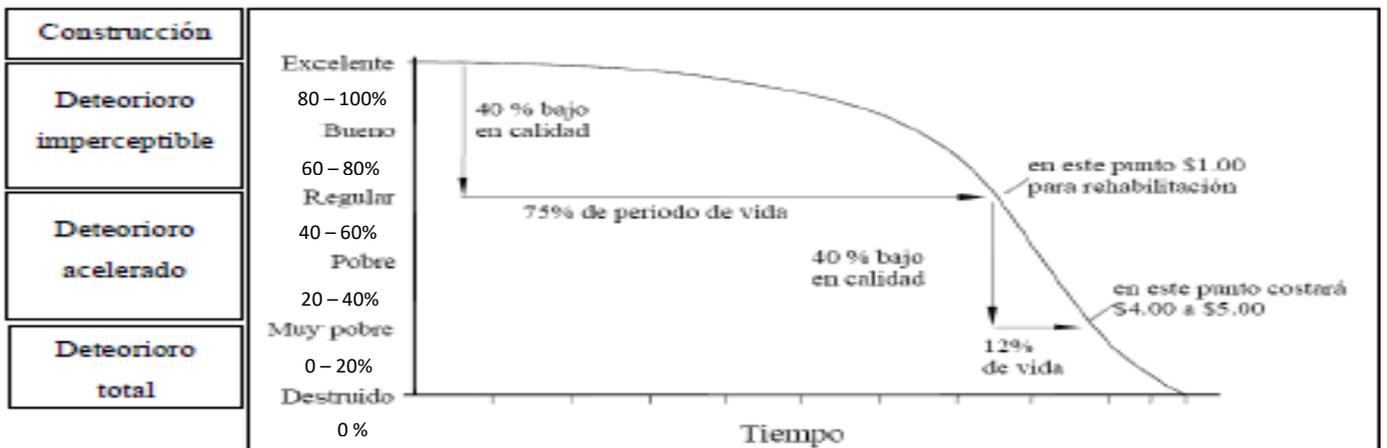


Figura 7. Ciclo de vida del Pavimento sin Mantenimiento.

Fuente Medina & De la Cruz (2015). *Ciclo de Vida de los Pavimentos*.

También se puede mostrar con un diagrama de flujo que se observa en la figura 8 como se va consumiendo la vida del pavimento sin gestionar ningún tipo de mantenimiento y como eso conlleva a que el costo de la inversión para una rehabilitación o reconstrucción es considerablemente alto.

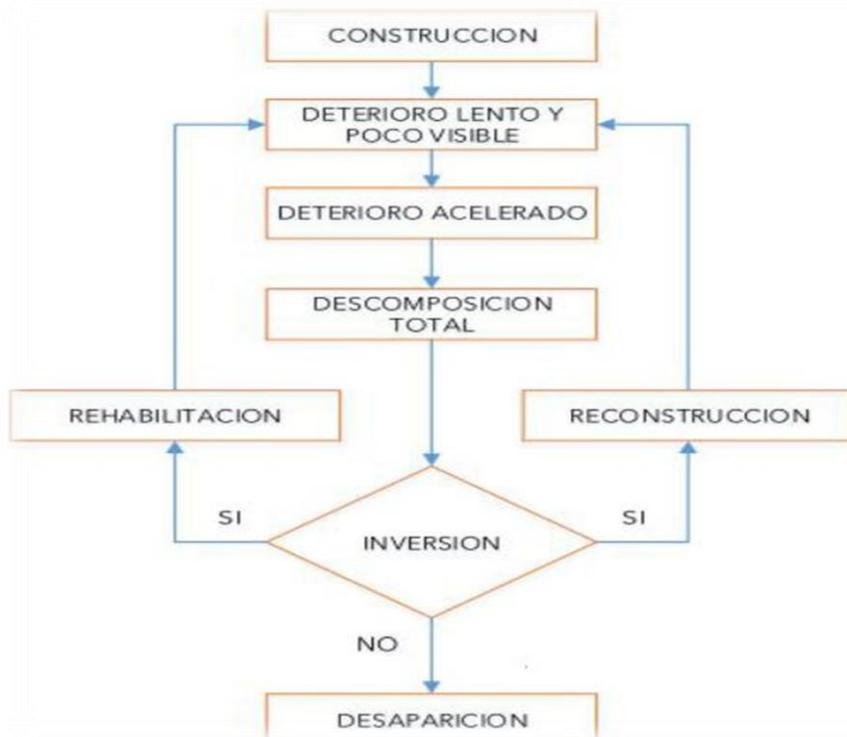


Figura 8. Diagrama del flujo de Ciclo de vida del Pavimento sin Mantenimiento.

Fuente Becerra & Sánchez (2018). *Diagrama de flujo de vías pavimentadas sin mantenimiento*.

## CICLO DE VIDA DEL PAVIMENTO DESEABLE

Todos los tipos de pavimentos fueron diseñados para un periodo de vida útil, pero este diseño se cumple siempre y cuando se tenga un mantenimiento adecuado y este mantenimiento se calcula las veces por año según la demanda vehicular que transita por el pavimento. Este mantenimiento que se hace a la vía es para no tener que reconstruir totalmente el pavimento. Todo esto se cumple si se tiene una buena gestión, incluyendo las estrategias adecuadas para realizar esta acción. Ahora se presentará la curva del ciclo de vida de los pavimentos que tienen mantenimiento y rehabilitación para observar la diferencia de un pavimento sin mantenimiento, se podrá observar como la vida útil del pavimento se extiende (Espinoza, Teresa y Santiago, Fabio, 2015, p. 12-13).

Y por medio de la figura 9 podemos apreciar una gran diferencia del ciclo de vida del pavimento con mantenimiento y sin mantenimiento como se apreció en la figura 7, comparando las dos figuras se puede llegar a la conclusión de que un pavimento con mantenimiento tendrá una vida funcional extendida y brindando una serviciabilidad de buena calidad para los usuarios.

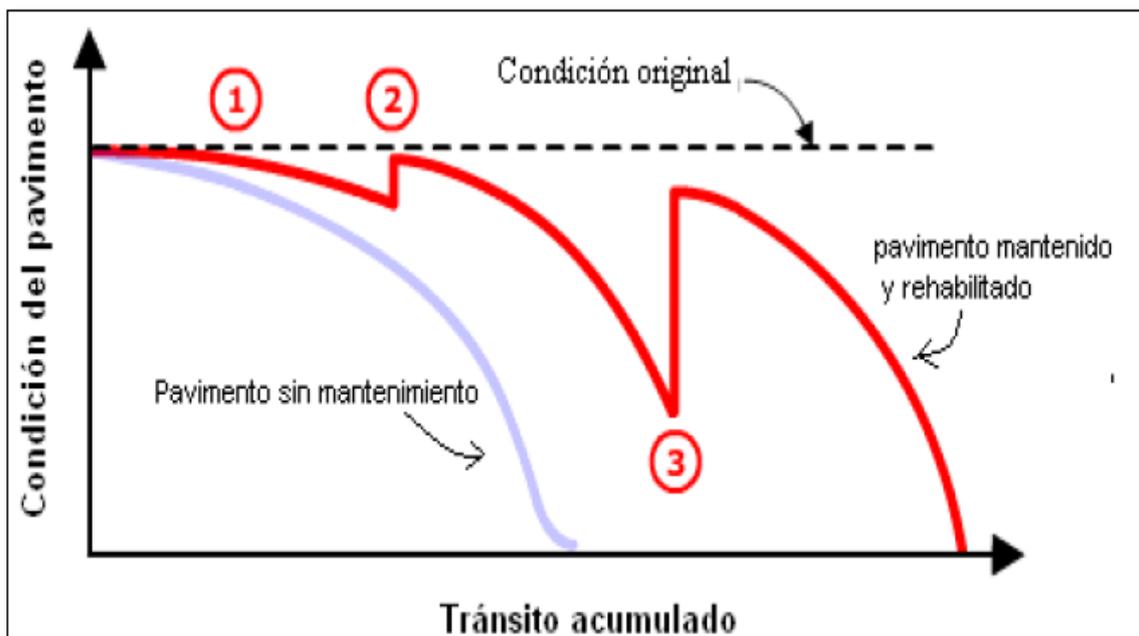


Figura 9. Ciclo de Vida del Pavimento con Mantenimiento.

Fuente Medina & De la Cruz (2015). *Ciclo de Vida de los Pavimentos con mantenimiento Y rehabilitación.*

De igual manera se presentará un diagrama de flujo del ciclo de vida del pavimento con mantenimiento como se aprecia en la figura 10.



Figura 10. Diagrama del flujo de Ciclo de vida del Pavimento con Mantenimiento.

Fuente Becerra & Sánchez (2018). Diagrama de flujo de vías pavimentadas con mantenimiento.

### **SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO**

Con respecto al servicio que ofrecen todos los tipos de pavimentos, la percepción que se toma será de los usuarios que transcurren por esa vía, ya que de ellos se toma en consideración para poder clasificar la serviciabilidad del pavimento, de tal manera que clasificando la serviciabilidad del pavimento, también puede ser considerada para poder clasificar el estado del pavimento con respecto a su superficie de rodadura. Mediante la prueba de AASHO la serviciabilidad de los pavimentos se representó en un índice, por la

cual se realiza las evaluaciones de serviciabilidad de los pavimentos mediante una escala que varía de 0 a 5, correspondiendo para la calificación de 0 como para un pavimento que se encuentra su superficie de rodadura en pésimas condiciones y 5 siendo una calificación de superficie de rodadura en perfectas condiciones (Armijos, Salinas, 2009, p. 5). A continuación, en la Tabla 1 se mostrarán las calificaciones de la serviciabilidad del pavimento con su respectiva descripción de cada una de ellas:

**Tabla 1.** *Escala de Clasificación de la Serviciabilidad.*

Calificación		Descripción
Numérica	Verbal	
5.0 - 4.0	<b>Muy Buena</b>	Solo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son los suficientemente suaves y sin deterioro para calificar en su categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasifican como muy buenos.
4.0 - 3.0	<b>Buena</b>	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los "Muy Buenos", entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y fisuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un nivel de deterioro superficial, como desconches y fisuras menores.
3.0 - 2.0	<b>Regular</b>	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamientos, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamientos, escalonamiento y pumping.
2.0 - 1.0	<b>Mala</b>	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde puedan afectar la velocidad del tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamientos y ahuellamientos; y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconche de juntas escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
1.0 - 0.0	<b>Muy Mala</b>	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75% o más de la superficie.

Fuente. AASHO (1962).

## **EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS**

Cuando el pavimento diseñado ya está en funcionalidad después de un corto tiempo de ésta ser inaugurada, es recomendable hacerle una evaluación, ya que se basará en estudiar la condición funcional en la que se encuentra la vía. Permite evaluar los deterioros de la superficie del pavimento para que de esa manera lograr brindar seguridad a los usuarios que transiten en la vía y por su puesto una buena serviciabilidad, de tal manera que se pueda observar y estudiar que el pavimento se encuentra en un nivel deseado de acorde a la demanda que está teniendo la vía. (Medina Palacios, Armando y De la Cruz Puma, Marcos, 2015, p. 28).

Esta evaluación comprende que se realizará en el campo, de tal manera que se podrá obtener la información detallada con respecto a la severidad, a los tipos y extensión de cada deterioro que se encuentre vigente en la superficie del pavimento; y los datos recopilados del campo pueden ser sistematizados por varios tipos de metodologías de evaluación tales como el Windshield, Índice de la Condición del Pavimento (PCI), Formulario de Acreditación del MTOP, Vizir, etcétera. Y en este para nuestra Investigación usaremos el método **WINDSHIELD**, para evaluar el pavimento flexible de la Avenida Canta Callao del Tramo de la Avenida Naranjal - Avenida Bertello, y usaremos el ensayo de Perfilometría como ayuda para el Método Windshield (Medina Palacios, Armando y De la Cruz Puma, Marcos, 2015, p. 28).

## **IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS**

Estar informado sobre el estado funcional de la avenida pavimentada es muy importante porque de esa manera uno puede saber los tipos de fallas que sufre el pavimento y así poder evaluar los costos de mantenimiento que se tendrán que hacer al pavimento para poder aplazar el ciclo de vida del pavimento, ese mantenimiento evitaría daños peores del propio y evitar gastos de mayor pronunciamiento en un futuro. (Armijos, Salinas, 2009, p. 8).

Ya que se sabe que el objetivo de una evaluación es importante esto se debe hacer con personas altamente capacitadas para utilizar las diferentes herramientas para conseguir los datos exactos de la evaluación y así poder realizar los informes con los criterios técnicos apropiados para que tengan la precisión y la credibilidad. Una vez realizado eso se ejecutan los mantenimientos adecuados en el pavimento. Generalmente las mediciones de la

evaluación pueden estar sujetas entre una desviación estándar con la realidad y lo obtenido en las muestras. Estas desviaciones que ocurren se pueden deber a mayormente 2 causas primordiales como:

1. La Variabilidad que tienen las unidades, ya que la unidad es lo más importante para realizar los análisis correspondientes.
2. La Diversidad de cada respuesta que se tendrá dentro de cada unidad, eso se basa ya que se relaciona con la fiabilidad de la eventual rehabilitación.

## **EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO**

Esta evaluación que se encarga de la funcionalidad de un pavimento, tiene como objetivo primordial poder establecer el estado actual de la superficie del pavimento, porque como se sabe la superficie del pavimento tiene que tener unos parámetros adecuados para que se pueda garantizar la serviciabilidad y la seguridad a los usuarios.

Lo primero que se tiene que hacer para saber el estado actual de la superficie del pavimento es analizar principalmente las fallas que el pavimento está sufriendo, después de eso poder establecer las causas y consecuencias. Como se sabe para realizar eso existen varios tipos de métodos para medir los deterioros superficiales para diferentes tipos de pavimentos, eso involucra a métodos usando algún equipo en especial o métodos visuales. Y para reforzar el método que se usará en esta investigación, se utilizará el método Windshield que se basa en detallar el tipo, severidad, área y longitud del deterioro o falla que se encuentra afectando al pavimento flexible (Becerra, Andrés y Sánchez, Pablo, 2018, p. 49).

## **CONDICIÓN DEL PAVIMENTO**

Se sabe que después de realizar una evaluación a un pavimento se tendrá de manera exacta la condición actual en la que se encuentra éste. Esta condición se basa en el nivel de degradación que se encuentra el pavimento como proceso de deterioro, este nivel de condición va a depender de los defectos sobre la superficie, como las irregularidades que se encuentran de manera longitudinal, las deformaciones permanentes, la deflexión recuperable, la capacidad estructural que tiene el pavimento, también la demanda del tráfico y la rugosidad que tiene el pavimento asfáltico con la rueda del vehículo. Para saber de manera exacta la condición de un pavimento son necesarios las evaluaciones del tipo, Superficial, Funcional, Estructural, Adherencia, Demanda del Tráfico (Armijos, Salinas,

2009, p. 14).

### **ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)**

Como se sabe, El Índice Internacional de Regularidad es mejor conocido como IRI (International Roughness Index) sus siglas en inglés. Este factor es un estándar estadístico de la rugosidad. Se toma como parámetros en la evaluación, cuando se quiere saber la calidad en la que se encuentra la superficie de rodadura del pavimento o también en una carrera no pavimentada. Para que se establezca los criterios de calidad y comportamiento de los tipos de pavimentos, surgió la necesidad de establecer un índice que permitiera evaluar las deformaciones verticales de un camino, que afectan la dinámica de los vehículos que transitan sobre él. Para la investigación se usará el ensayo de Perfilometría para poder evaluar la rugosidad en el pavimento flexible, ya que este ensayo tiene como función evaluar la superficie del pavimento en esa evaluación se encuentra la medición de la rugosidad del pavimento (Medina Palacios, Armando y De la Cruz Puma, Marcos, 2015, p. 29).

### **FALLAS EN LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES**

Las fallas se encuentran en todas las infraestructuras, estos se pueden presentar a través del tiempo, por exceder la capacidad de diseño, por el clima, etc. Ahora para enfocarnos en las fallas que se generan en el pavimento flexible, estos pueden empezar a ocurrir desde su primera fase que vendría ser la **fase de construcción** y mayormente se generan fallas por el clima como, por ejemplo: aumento del nivel freático, eso causaría que la compactación de los primeros estratos de la estructura en el pavimento flexible sea deficiente. También ocurren fallas cuando el pavimento está en funcionalidad como, por ejemplo: Cuando las cargas que genera el tránsito son mayores que las cargas con la que se diseñó el pavimento. Y así existen diversos factores por las cuales se generan fallas en los pavimentos flexibles, pero estas fallas se pueden dividir en fallas funcionales o fallas en la superficie y fallas estructurales (Porta, Soledad, 2016, p. 14).

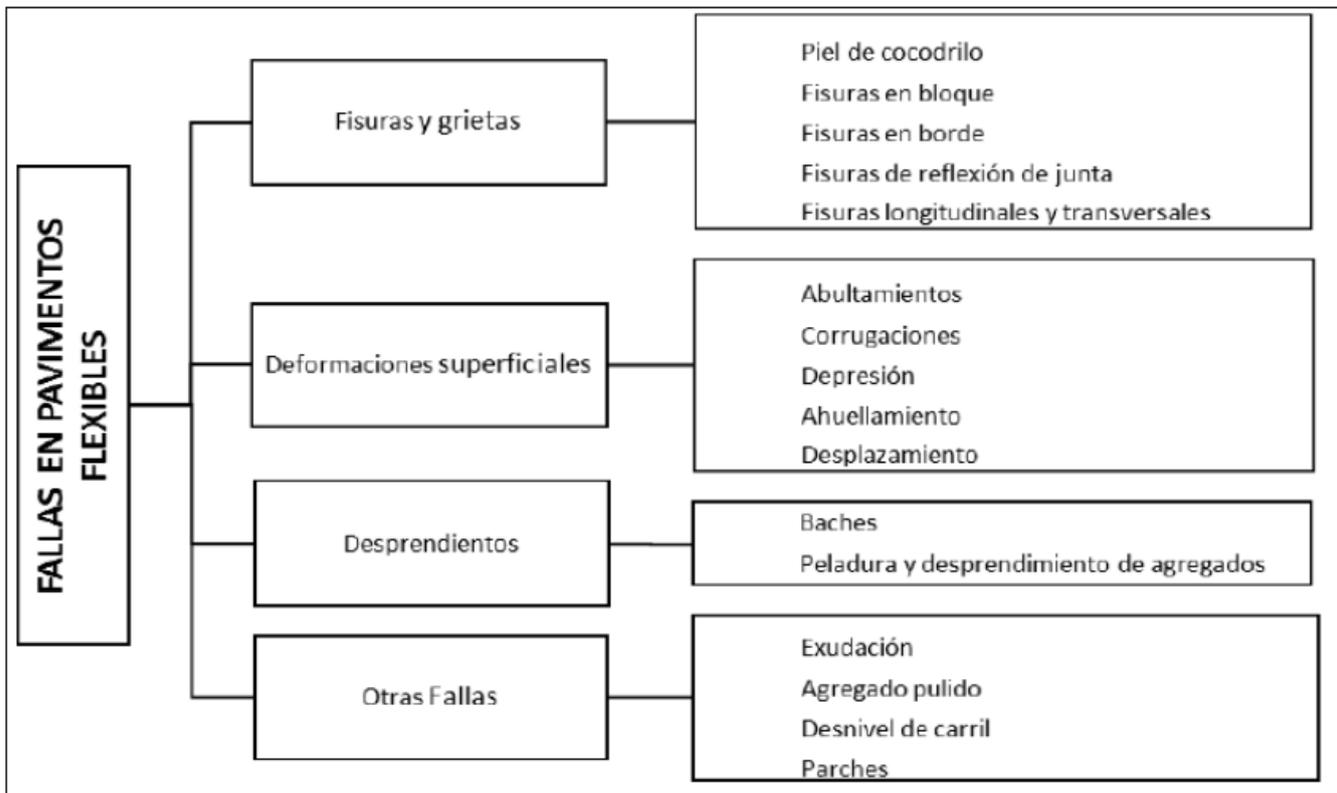
### **FALLAS ESTRUCTURALES**

Estas fallas se conocen por ser estrictamente severas, ya que involucra a todos los estratos del paquete estructural del pavimento flexible. Esto ocurre porque no se repararon las fallas funcionales, así mismo las fallas funcionales con el tiempo se desarrollan hasta llegar al paquete estructural del mismo (Porta, Soledad, 2016, p. 15).

## FALLAS FUNCIONALES O FALLAS EN LA SUPERFICIE

Estas fallas superficiales como se describen en la figura 11 por lo general se producen antes de las fallas estructurales. Éstos afectan a la funcionabilidad inicial de diseño del pavimento flexible y se generan especialmente en la carpeta asfáltica, el primer factor que se pierde es la capacidad de rugosidad (IRI) en su superficie de rodadura, por lo que afecta a la fricción superficial. En esta etapa es en donde se encuentran las deformaciones que se vamos a evaluar con el ensayo de Perfilometría. Y en estas fallas es donde el proyecto de investigación será desarrollado. (Porta, Soledad, 2016, p. 15).

Figura 11. Tipos de Fallas en los Pavimentos Flexibles.



Fuente Becerra & Sánchez (2018). *Fallas en los pavimentos flexibles*.

## **TIPOS DE FALLAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE**

Con respecto a los tipos de fallas únicamente en los pavimentos del tipo flexibles, estos se logran agrupar como ya se observó en la figura 11 en 4 categorías de fallas en los pavimentos flexibles tales como, Fisuras y grietas, Deformaciones del tipo Superficiales, Desprendimientos y otras fallas. De tal manera que cada categoría está mostrando sus respectivos tipos de fallas. Para saber a qué se refiere cada tipo de falla se continuará explicando cada una de ellas.

### **FISURAS Y GRIETAS**

Este tipo de fallas generalmente ocurren porque son indicios que las fallas son en la estructura del pavimento flexible, que se ocasiona por la fatiga de la superficie de rodadura, o también pueden ser por los esfuerzos horizontales de tensión que son concentrados en tramos y éstos son generados por el mismo tráfico y estas consecuentemente se generan en las capas que están debajo de la superficie del pavimento flexible propagándose hacia la superficie. Esto ocurre porque el diseño fue deficiente ejecutado con materiales de baja calidad, errores en la etapa de construcción, etcétera (Becerra, Andrés y Sánchez, Pablo, 2018, p. 76).

### **PIEL DE COCODRILO**

Esto ocurre como se aprecia en la figura 12 por causa de la repetitividad de las cargas del tráfico como se puede observar en la figura 12, exactamente en las áreas sujetas a estos sucesos. Estos se pueden mostrar en forma de grietas que se desarrollan recientemente y conectadas entre sí en toda el área. Estos tienen diversos tipos de tamaños y ángulos, generalmente pueden llegar a medir entre 0 a 3 metros, es caracterizado por ser de manera patronada por la piel de un cocodrilo. Además, que los baches son calificados con una severidad: muy severa (Tacza Herrera, Erica y Rodríguez Paez, Braulio, 2018, p. 38).



Figura 12. Ejemplo del Tipo de Falla Piel de Cocodrilo.

Fuente Romero (2017). *Piel de Cocodrilo*.

### **NIVELES DE SEVERIDAD**

- ✓ **No es grave:** grietas longitudinales levemente desconectadas.
- ✓ **Grave:** existe una desconexión considerable entre las grietas.
- ✓ **Muy grave:** Desprendimiento del pavimento, desconexión total de las grietas.

### **CONTEO**

- ✓ **Raro:** menos del 10% de área total de la superficie del pavimento analizado.
- ✓ **Ocasional:** Entre el 10 al 50% de área total de la superficie Del pavimento analizado.
- ✓ **Frecuentemente:** Mayor al 50% de área total de la superficie del pavimento analizado.

### **GRIETAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES**

Las grietas son los daños más vistos y también los más comunes en los pavimentos flexibles (asfaltados) como se aprecia en la figura 13. También se pueden definir como agrietamientos paralelos al eje que tiene la dirección del pavimento, estos son los longitudinales, por otro lado, los transversales son los agrietamientos que atraviesan a los longitudinales y generalmente estos se forman como ángulos rectos (Becerra, Andrés y Sánchez, Pablo, 2018, p. 267).



*Figura 13.* Ejemplo del tipo de Falla Grieta Longitudinal y Transversal en el pavimento flexible de la Avenida Canta Callao – Segundo Tramo – km 2+010 – Carril Interno.

*Fuente.* Elaboración Propia.

#### **NIVELES DE SEVERIDAD**

- ✓ **No es grave:** Grieta levemente visible.
- ✓ **Grave:** Grieta considerablemente abierta.
- ✓ **Muy grave:** Las grietas se encuentran de manera espaciada y adyacente.

#### **CONTEO**

- ✓ Como se está evaluando por medio de un vehículo a menos de 40km/h, No existe medición, únicamente en el formato de Recolección de Datos se señala si existe o no grietas Longitudinales o Transversales.

#### **GRIETAS POR REFLEXIÓN**

Este tipo de fallas como se observa en la figura 14 específicamente ocurre cuando la carpeta asfáltica está asentada sobre un espesor de losa de concreto Portland, ya que esta falla se ocasiona en las juntas de la losa de concreto Portland, llega a propagarse hasta dañar la superficie de los pavimentos.



*Figura 14.* Ejemplo del Tipo de Falla Grieta por Reflexión.

*Fuente Romero (2017). Fisura de Reflexión de Junta.*

### **NIVELES DE SEVERIDAD**

- ✓ **No es grave:** Grieta levemente visible.
- ✓ **Grave:** Grieta considerablemente abierta.
- ✓ **Muy grave:** Las grietas se encuentran de manera espaciada y adyacente.

### **CONTEO**

- ✓ Como se está evaluando por medio de un vehículo a menos de 40km/h, No existe medición, únicamente en el formato de Recolección de Datos se señala si existe o no grietas por Reflexión.

### **DEFORMACIONES SUPERFICIALES**

Estas deformaciones superficiales ocurren por las repetitivas acciones de las cargas que propagan los vehículos al transcurrir por la vía. Estos se pueden observar en la superficie de rodadura en la trayectoria longitudinal del pavimento generando incomodidad para los usuarios. También las deformaciones indican fallas en la estructura del pavimento (Becerra, Andrés y Sánchez, Pablo, 2018, p. 76).

### **AHUELLAMIENTOS**

Se consideran a los ahuellamientos como depresiones que son ocasionadas por las ruedas de los vehículos que transcurren por el pavimento flexible como se puede apreciar fácilmente en la figura 15. Estos siguen el camino de la rueda y por causa de eso ocurren ciertos

levantamientos de los pavimentos en los bordes de estos ahuellamientos de manera longitudinal por causa de las ruedas de los vehículos. Este tipo de falla es muy notable por los usuarios de manera visual o también de manera sensorial, ya que al momento de estar conduciendo la sensación es notoria (Leguia, Paola y Pacheco, Hans, 2016, p. 69).



*Figura 15.* Ejemplo del Tipo de Falla Ahuellamiento en el pavimento flexible de la Avenida Canta Callao – Primer Tramo – km 1+030 – Carril Externo.

*Fuente. Elaboración Propia.*

### **NIVELES DE SEVERIDAD**

- ✓ **Menor a ½ pulg:** cuando después de una escorrentía se nota levemente el agua en el pavimento casi no es notorio.
- ✓ **Mayor a ½ pulg:** capaz del agua quedarse estancada después de una escorrentía.

### **CONTEO**

- ✓ **Raro:** cuando en el tramo de la superficie analizada no es notorio este tipo de falla y se da de manera irregular en el tramo de vía.
- ✓ **Extendido:** si en el tramo de la superficie analizada se da de manera extensa este tipo de falla casi que cubre toda la longitud del tramo de vía.

### **DESPRENDIMIENTOS**

Este tipo de falla daña a la superficie de rodadura que se muestran con pérdidas del material de la superficie. Se los clasifica como falla del tipo funcional y este tipo de fallas que son

los desprendimientos del material en el asfalto afectan a las capas inferiores, ya que éstas se encuentran descubiertas y si eso ocurre el problema sería más grave (Becerra, Andrés y Sánchez, Pablo, 2018, p. 77).

### **OTRAS FALLAS**

Considerando como fallas, están los afloramientos que se generan en la superficie de rodadura donde se encuentra el material del asfalto, se pueden diferenciar por algunos tipos de manchas visibles para el usuario. Se considera como fallas del tipo funcional porque afecta la calidad del pavimento flexible (Becerra, Andrés y Sánchez, Pablo, 2018, p. 77).

### **PARCHES**

Este tipo normalmente se le llama como un mantenimiento del pavimento después de generarse las fallas, ya que para realizar esta acción se remueve un área del pavimento dañado para colocar un material nuevo que lo reemplace como se puede apreciar en la figura 16, pero también se le puede tomar como una falla ya que, si este parchado está ejecutado con escasos materiales, definitivamente va a traer problemas mientras el tiempo transcurra. Es por eso que este método se puede ejecutar incluso después de que el pavimento ya haya tenido un mantenimiento anterior. Para de esa manera poder realizar un mantenimiento de manera estable y que no vuelvan a ocurrir este tipo de fallas en el pavimento flexible (Becerra, Andrés y Sánchez, Pablo, 2018, p. 273).



*Figura 16. Ejemplo del Tipo de Falla por Parches.*

*Fuente Romero (2017). Parche.*

## **NIVELES DE SEVERIDAD**

- ✓ **Si:** existe bacheo en la superficie analizada
- ✓ **No:** no existe ningún trabajo de bacheo en la superficie analizada

## **CONTEO**

- ✓ Si el área de bacheo en la sección analizada es menor del 10%
- ✓ Si el área de bacheo en la sección analizada es mayor del 10%

## **MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS**

El mantenimiento de pavimentos fléviles, rígidos y adoquinados, se define como la evaluación por medio de una serie de metodologías que son usadas para poder obtener una calificación del estado actual del pavimento. Esta metodología que se está ejecutando en la investigación recopilará un inventario de las fallas que posee la superficie del pavimento flexible para tener una noción de cuan afectado esta para que se pueda ejecutar su correcto mejoramiento. Como se sabe el problema de la falta de mantenimiento en un pavimento flexible hace que se dañe rápidamente y consecuentemente la serviciabilidad que brinda se verá reflejada por las fallas del pavimento. También si no se tiene un mantenimiento periódicamente el costo será aumentado, ya que puede que se necesite reconstruir el pavimento completo, por eso es recomendable que todos los tipos de pavimentos tengan un mantenimiento adecuado cada cierto tiempo según su diseño. El mantenimiento es una etapa demasiado importante con respecto a la calidad del pavimento (Leguia, Paola y Pacheco, Hans, 2016, p. 27).

## **TIPOS DE MANTENIMIENTOS**

### **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Este mantenimiento es ejecutado cuando no se tienen muchos fondos para poder ejecutar sus correctas reparaciones de las fallas que prevé el pavimento flexible, ya que en este pavimento se refiere a sellas completamente todo el pavimento con una carpeta asfáltica de baja calidad para que pueda brindada por un corto tiempo hasta que se consigan los fondos apropiados la serviciabilidad apropiada a los usuarios. Utilizar este mantenimiento tiene sus beneficios tales como:

- ✓ **Mantenimiento del nivel de Serviciabilidad alta**

- ✓ Comodidad para los usuarios
- ✓ Es significativo en el ahorro para la vida útil del pavimento
- ✓ Mantención de buenas condiciones del pavimento.

### **MANTENIMIENTO RUTINARIO**

Para Realizar este tipo de Mantenimiento se tiene que establecer un presupuesto anual para poder ejecutar las correctas reparaciones del pavimento, con respecto al diseño del pavimento se debe generar un mantenimiento cada cierto tiempo para que se puedan evitar la severidad de los daños o fallas que se van generando en el pavimento a través del tiempo. Este mantenimiento tiene como finalidad corregir cualquier tipo de falla que se encuentra en la superficie del pavimento. Por lo tanto, si se genera de manera adecuada este mantenimiento rutinario, se tendrán que realizar algunas actividades tales como: Limpiezas de Pozos, Alcantarillas y también Bacheo menor. Solo serán necesarias esas actividades porque el pavimento con este mantenimiento rutinario se encontrará en un buen estado (Leguia, Paola y Pacheco, Hans, 2016, p. 27).

### **MANTENIMIENTO DIFERIDO**

Este tipo de mantenimiento se utiliza para que se pueda preservar los diferentes componentes que conforman los diferentes tipos de pavimentos, dependiendo en el tiempo que se ejecute este mantenimiento, el costo que se necesitará para realizarlo podrá aumentar o disminuir; es decir, que si los componentes de los pavimentos fueron afectados de manera severa por las fallas su costo aumentará (Armijos, Salinas, 2009, p. 20).

### **MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

Este mantenimiento es uno de los más importantes, ya que cuando el pavimento se encuentra en un estado crucial, de tal manera en que su estructura se encuentra muy dañada y afecta la transitabilidad y seguridad de los usuarios, en ese caso es necesario hacer un mantenimiento correctivo del pavimento dañado. Debido a que, al realizar este tipo de mantenimiento, se sabe que por la severidad de los daños los costos que se generarán, serán muy altos ya que se puede llegar a hacer una reconstrucción del tipo de pavimento que no esté brindando seguridad a los usuarios que transitan por la avenida y eso podría generar accidente si el mantenimiento no es ejecutado a tiempo. Por eso se detallará los tipos de solución para los

tipos de pavimentos (Apolo, Darwin, 2018, p. 27).

- ✓ **Pavimentos Flexibles:** sello de grietas, sello asfáltico, tratamiento superficial, reparación del espesor dañado
- ✓ **Pavimentos rígidos:** sello de juntas y grietas, cepillado de la superficie, nivelación de bermas, instalar drenes de pavimento.

Estos tipos de sellados que se usan para las grietas, pueden ser de diferentes tipos de materiales y siempre se busca la alternativa que tenga un costo menor para que se pueda generar el mantenimiento para todo el pavimento que contenga daños de ese tipo y también para que el presupuesto pueda alcanzar para que se puedan generar los mantenimientos en los otros tipos de fallas como deformaciones, etcétera. De esa manera se comprende que escoger los materiales de bajo costo, pero teniendo la calidad que se necesita es muy importante en la construcción de todo tipo.

**Tabla 2.** *Alternativas de Solución para los Tipos de Fallas.*

Item	Tipo de Falla	Nivel de Severidad	Unidad	Alternativas de Solución
1	Piel de Cocodrilo	Muy Grave	m2	Sello Superficial
		Grave		Parqueo Parcial
		No es Grave		Parqueo Profundo, Sobre Carpeta o Reconstrucción
2	Grietas Transversales y Longitudinales	Muy Grave	m	Sello de Grietas con ancho mayor a 3mm
		Grave		Sello de Grietas
		No es Grave		Sello de Grietas o Parqueo Parcial
3	Ahuellamiento	Mayor a 1/2"	m2	Parqueo superficial o Parcial
		Menor a 1/2"		Parqueo Profundo o fresado sobre carpeta
4	Parqueo	Si	m2	Sustitución del Parche (si fuera requerido)
		No es Grave		sustitución del Parche

Fuente. Elaboración Propia.

Como se puede apreciar en la tabla 2, para los 5 tipos de fallas que se encuentran clasificados con su severidad y su unidad, generalmente el sellado es una alternativa de solución que se usa para la mayoría de las fallas que se encuentran en cualquier tipo de pavimentos. Se escogieron este tipo de fallas, porque son las fallas que los evaluadores del Método Windshield los considera fallas más perceptibles.

Dependiendo de las alternativas que se encuentran en el cuadro para cada tipo de falla que se encuentra en la superficie del pavimento flexible para esta investigación, se buscará la alternativa que contenga un costo no tan elevado para que se puede ejecutar el mantenimiento para toda la avenida que se encuentren este tipos de fallas y después de determinar la alternativa de solución de bajo costo se brindará la información para que sea analizado y así resolver el problema de la avenida para mejorar la calidad del pavimento y brindad una serviciabilidad de primera a los usuarios que transitan por la zona (Torres, Juscel, 2017, p. 34).

El método de Windshield Pavement Condition fue desarrollado e implementado por el Departamento de Transportes de Virginia con sus siglas en inglés “VDOT”, éste es ejecutado para describir la condición en la que se encuentra un pavimento asfáltico por medio de obtenciones de datos para que después estos datos puedan ser analizados y procesados de manera correcta, la información que se puede recopilar por este método generalmente es usado para poder entender los tipos de variaciones sobre la condición que el pavimento asfáltico está sufriendo de manera secuencial y que se muestra en la superficie de rodadura, con esa misma información se puede generar un presupuesto para poder hacer el mantenimiento adecuado (Becerra, Andrés y Sánchez, Pablo, 2018, p. 90).

Este método de evaluación de pavimentos asfálticos, es conocido también como **encuesta parabrisas**, y por medio de varios ensayos se logró determinar que este tipo de metodología de evaluación para clasificar a los pavimentos flexibles y brinda resultados aceptables de una manera eficiente. Éste se fundamenta en inspeccionar visualmente el pavimento dentro de un vehículo que va transcurriendo por la avenida con una velocidad de 40km/h como máximo, pero es recomendable inspeccionar con una velocidad menor a esa. Por ese medio se puede calificar el estado actual de la vía, dependiendo del tipo de falla, severidad de la falla y lo más importante su porcentaje de las fallas registradas que afectan a los usuarios (Becerra, Andrés y Sánchez, Pablo, 2018, p. 91).

Para que se pueda determinar el índice de la condición del pavimento asfáltico es necesario que se realice un inventario absoluto y también técnico con el que se obtenga la información precisa como el tipo de falla, definición, severidad y lo más importante poder graduar el porcentaje de la falla que se encuentra afectando en la superficie del pavimento asfaltado. Y de esa forma, obteniendo todo lo necesario para poder estimar el estado de la condición del pavimento flexible con un rango de 0 a 100, calificando como 0 para pavimentos que se encuentran en estados muy deteriorados o muy pobre y calificando como 100 para pavimentos que se encuentran en excelentes condiciones (Becerra, Andrés y Sánchez, Pablo, 2018, p. 91).

A continuación, en la Tabla 3 se mostrarán las clasificaciones de la condición del pavimento según los rangos mencionados anteriormente:

**Tabla 3.** *Clasificación del Windshield de la condición del pavimento flexible.*

<b>RANGO CCI</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
100-90	Excelente
89-70	Bueno
69-60	Regular
59-50	Pobre
49-0	Muy Pobre

Fuente Berreca & Sánchez (2018). Rangos de Clasificación del Windshield Pavement Condition.

### **PROCEDIMIENTO DE LA EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO**

El procedimiento para poder realizar la evaluación por el método Windshield consta de 2 etapas. La primera etapa se trata sobre la evaluación del pavimento en campo, para poder identificar cada tipo de defecto que se visualiza en el pavimento, poder identificar la severidad, clase y extensión de cada defecto visible, quiere decir, que es necesario recorrer toda la avenida en cada carril donde se va a evaluar el pavimento, es recomendable transitar de 2 a 3 veces para minimizar el margen de error.

Generalmente después de realizar la evaluación, la mayoría de las decisiones para ejecutar la rehabilitación del pavimento se fundamenta en ciertas consideraciones, como antes de publicar el método se realizaron muchas evaluaciones de prueba, las que normalmente son más implementadas ya han sido proveídos por los trabajadores de gestión de pavimentos VDOT. Estas consideraciones más usadas por los evaluadores de parabrisas se resume en una tabla distribuidas clasificando la severidad, definición y su medición (Becerra, Andrés y Sánchez, Pablo, 2018, p. 91).

De tal manera que se procederá a mostrar la Tabla 4 donde se encuentran los deterioros más considerados por los evaluadores de parabrisas con sus niveles de severidad, su definición y la manera de medir cada una de ellas:

**Tabla 4.** Deterioros considerados por evaluadores de parabrisas.

<b>DETERIOROS</b>	<b>NIVELES DE SEVERIDAD</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>COMO CONTAR</b>
<b>Alligator Cracking</b> <u>Piel de cocodrilo</u> <u>(incluye grietas selladas)</u>	No severo	Grieta longitudinal Grietas	Raro-menos del 10% del área de la vía
	Severo	Desprendimiento de grietas interconectadas	Ocasional – 10 al 50 % del área de la vía
	Muy severo	Agrietamiento y Desprendimiento	Frecuente – sobre el 50 % del área de la vía
<b>Transverse and Reflect Cracking</b> <u>Grietas transversales y reflexión</u>	No severo	Grieta visible	Usar el conteo de grietas
	Severo	Grieta abierta	
	Muy severo	Desprendimiento y/o agrietamiento adyacente	
<b>Rutting</b> <u>Ahuellamiento</u>	Menos de 1/2 pulgada o	Capacidad para estancarse el agua	Raro
	Mayor de 1/2 pulgada		Extendido en la vía
<b>Patching</b> <u>Parqueo</u>	Si ,No	Si – ciertos parches en la sección analizar	Menos del 10 % del área de la sección del pavimento analizada
		No – no hay parqueo en la sección analizar	

Fuente Becerra & Sánchez (2018). Deterioro a Considerar en la metodología Windshield.

## **PROCEDIMIENTO DE LA ENCUESTA DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO**

Para comenzar con el procedimiento de la encuesta de la condición del pavimento, es necesario contar con un formato de evaluación que te permita recopilar los datos necesarios. Se tendrán que llenar los espacios que se encuentran vacíos con los datos correspondientes en el formato que será visible en el Anexo de esta Investigación.

Para poder completar los espacios en blanco del formato realizado, se tendrá que inspeccionar el pavimento que será evaluado para poder medir el tipo, severidad y cantidad de los daños con respecto a la tabla anterior, se recopilan los datos y así mismo se registran en los formatos correspondientes. Para poder realizar una buena recopilación de los datos, es de máxima importancia conocer las definiciones de cada tipo de daño o deterioro y su procedimiento de medida de cada tipo de daño o deterioro. Se puede usar un formulario diseñado o “una hoja de información de exploración de la condición” para cada tramo que se desea estudiar y en los formatos de cada región son usados para inspeccionar un tipo de daño, su nivel de severidad y su extensión (Becerra, Andrés y Sánchez, Pablo, 2018, p. 93).

## **CÁLCULO DEL WINDSHIELD PAVEMENT CONDITION (CCI)**

Desde este punto se considera la segunda etapa de la metodología de Windshield. Una vez que se hayan recopilado y llenado todos los formatos u hojas de información en campo, se realiza el cálculo del índice de la condición del pavimento. Esta metodología consiste en que los cálculos son **valores deducidos** de cada tipo de daño, extensión y nivel de severidad que se registró en el campo. Para el buen desarrollo de este cálculo se generó una serie de pasos que tiene como cantidad de 4 pasos de manera correspondiente y éstos pasos son: 1) Determinación de los Valores Deducidos, 2) Determinación del LDR, 3) Determinación del NDR y para terminar 4) Cálculo del Windshield Pavement Condition. (Becerra, Andrés y Sánchez, Pablo, 2018, p. 93).

Para saber detalladamente de que se basan cada uno de los pasos, a continuación describiremos los pasos correspondientemente:

### **PASO 1: Determinación de los Valores Deducidos (VD)**

- a) Totalizar cada nivel de severidad y tipo de daño y registrarlo.
- b) Dividir la “cantidad total” de cada tipo de daño encontrado, por cada nivel de

severidad del daño, entre el “área de la muestra” de la unidad de muestreo y para finalizar expresar el resultado en porcentaje. Este resultado obtenido de la ecuación nos muestra la “densidad” de daño con su nivel de severidad detallado, dentro de la unidad de estudio.

- c) Como último procedimiento se determina el “Valor Deducido” para cada tipo de daño y para su nivel de severidad de cada daño, esto puede expresarse por medio de tablas o también curvas que deben denominarse “valor deducido del daño”, que se colocará en el anexo de esta investigación para que puedan apreciar.

## **PASO 2: Determinación del Load Deduct Rating (LDR)**

Este factor del LDR es un indicador que nos determina detalladamente la condición del pavimento por causa de las “cargas de las ruedas”, que éstas son aplicadas continuamente en el pavimento. Generalmente el LDR es proporcional al estado del pavimento, quiere decir, que si tenemos un valor que equivale a que el LDR sea escaso por lo tanto la condición del pavimento será escasa. Mientras un pavimento se encuentre recibiendo cargas repetitivamente causante del tráfico, al ser sometidos a este esfuerzo estará sujeto a una velocidad apurada de disminución del LDR, es por eso que los pavimentos flexibles se tendrán que someter a pruebas de extracción de muestras y conjuntamente materiales, también pruebas FDW, que analiza el tráfico para poder tratar de hallar el bajo rendimiento del pavimento (Becerra, Andrés y Sánchez, Pablo, 2018, p. 94).

Los deterioros más comunes que componen en el cálculo del LDR son los siguientes:

- ✓ **Piel de Cocodrilo (Alligator Cracking):** Esto ocurre por causa de la repetitividad de las cargas del tráfico, exactamente en las áreas sujetas a estos sucesos. Estos se pueden mostrar en forma de grietas que se desarrollan recientemente y conectadas entre sí en toda el área. Estos tienen diversos tipos de tamaños y ángulos, generalmente pueden llegar a medir entre 0 a 3 metros, es caracterizado por ser de manera patronada por la piel de un cocodrilo. Además que los baches son calificados con una severidad: muy severa (Becerra, Andrés y Sánchez, Pablo, 2018, p. 254).
  
- ✓ **Ahuellamientos (Rutting):** Se consideran a los ahuellamientos como depresiones que son ocasionadas por las ruedas de los vehículos que transcurren por el pavimento

flexible. Estos siguen el camino de la rueda y por causa de eso ocurren ciertos levantamientos de los pavimentos en los bordes de estos ahuellamientos de manera longitudinal por causa de las ruedas de los vehículos. Este tipo de falla es muy notable por los usuarios de manera visual o también de manera sensorial, ya que al momento de estar conduciendo la sensación es notoria (Becerra, Andrés y Sánchez, Pablo, 2018, p. 274).

- ✓ **Parcheo (Patching):** Este tipo normalmente se le llama como un mantenimiento del pavimento después de generarse las fallas, ya que para realizar esta acción se remueve una área del pavimento dañado para colocar un material nuevo que lo reemplace, pero también se le puede tomar como una falla ya que si este parchado está ejecutado con escasos materiales, definitivamente va a traer problemas mientras el tiempo transcurra. Es por eso que este método se puede ejecutar incluso después de que el pavimento ya haya tenido un mantenimiento anterior. Para de esa manera poder realizar un mantenimiento de manera estable y que no vuelvan a ocurrir este tipo de fallas en el pavimento flexible (Becerra, Andrés y Sánchez, Pablo, 2018, p. 297).

Ahora bien después de tener bien en claro las definiciones de cada tipo de fallas que se usan para calcular el LDR, se realizará el cálculo mediante la ecuación que se expresará a continuación, que utiliza de manera completa los valores deducidos de cada tipo de falla ya mencionadas para utilizar en la ecuación del LDR.

### **ECUACIÓN PARA DETERMINAR EL LDR**

$$\text{LDR} = 100 - \text{Piel de Cocodrilo Deducido} - \text{Ahuellamiento Deducido} - \text{Parcheo Deducido}$$

### **PASO 3: Determinación del No-Load Deduct Rating (NDR)**

Este factor del NDR es un indicador que nos determina detalladamente la condición del pavimento por causa de los factores ambientales o climáticos, en otras palabras a los drásticos cambios de temperaturas que ocurren durante todos los años y eso afecta al pavimento. Esto se puede basar en la humedad en la etapa de otoño-invierno, por el calor

intenso en la etapa de primavera-verano. También puede ocurrir el fenómeno de la oxidación del asfalto por causa de los factores climáticos, normalmente estos tipos de daño no ocasionan un gran impacto en la estructura del pavimento, mientras que en la superficie hacen su mayor impacto, por lo tanto ya que se trata de daños superficiales, los mantenimientos o rehabilitaciones no tendrán costos elevados. Cuando ocurren estos tipos de fallas en la superficie de rodadura los mantenimientos que se ejecutan son los siguientes: Se pueden hacer sellados de lechada, también la opción de sellados con arcilla, y las superposiciones muy gruesas, pueden ser también muy finas o en algunas ocasiones cuando se producen daños de mayor dificultad se recomienda la reconstrucción para culminar las grietas de reflexión que pueden llegar a producirse de manera no tan frecuente (Becerra, Andrés y Sánchez, Pablo, 2018, p. 94).

Los deterioros más comunes que componen en el cálculo del NDR son los siguientes

- ✓ **Grietas Longitudinales y Transversales (Transverse Cracking):** Las grietas son los daños más vistos y también los más comunes en los pavimentos flexibles (asfaltados). También se pueden definir como agrietamientos paralelos al eje que tiene la dirección del pavimento, estos son los longitudinales, por otro lado los transversales son los agrietamientos que atraviesan a los longitudinales y generalmente estos se forman como ángulos rectos (Becerra, Andrés y Sánchez, Pablo, 2018, p. 267).
  
- ✓ **Parcheo (Patching):** Este tipo normalmente se le llama como un mantenimiento del pavimento después de generarse las fallas, ya que para realizar esta acción se remueve una área del pavimento dañado para colocar un material nuevo que lo remplace, pero también se le puede tomar como una falla ya que si este parchado está ejecutado con escasos materiales, definitivamente va a traer problemas mientras el tiempo transcurra. Es por eso que este método se puede ejecutar incluso después de que el pavimento ya haya tenido un mantenimiento anterior. Para de esa manera poder realizar un mantenimiento de manera estable y que no vuelvan a ocurrir este tipo de fallas en el pavimento flexible (Becerra, Andrés y Sánchez, Pablo, 2018, p. 297).
  
- ✓ **Grietas por Reflexión (Reflection Cracking):** Este tipo de fallas específicamente

ocurre cuando la carpeta asfáltica está asentada sobre un espesor de losa de concreto Portland , ya que esta falla se ocasiona en las juntas de la losa de concreto Portland, llega a propagarse hasta dañar la superficie de los pavimentos.

Ahora bien después de tener bien en claro las definiciones de cada tipo de fallas que se usan para calcular el NDR, se realizará el cálculo mediante la ecuación que se expresará a continuación, que utiliza de manera completa los valores deducidos de cada tipo de falla ya mencionadas para utilizar en la ecuación del NDR

### **ECUACIÓN PARA DETERMINAR EL NDR**

$$\text{NDR} = 100 - \text{Grietas Lgtds y Trvls o Grietas por Reflexión Deducido} - \text{Parcheo Deducido}$$

#### **PASO 4: Cálculo Del Windshield Pavement Condition (CCI)**

En este último paso de la metodología Windshield, se tiene que determinar el Índice de Condición Crítica del pavimento, y este valor se tendrá que puntualizar entre el LDR y NDR de esos dos resultados se utilizará el menor. Ya que de esa manera se podrá medir la calificación del estado general de la condición del pavimento flexible. También el índice condición crítica se puede usar como una herramienta de tipo programación prioritaria, pero tiene un déficit de ser útil para procesos de optimización (Becerra, Andrés y Sánchez, Pablo, 2018, p. 95).

Ahora bien después de tener todos los resultados de las anteriores ecuaciones se prosigue en determinar el CCI, y ésta se determina escogiendo el menor valor entre el LDR y el NDR. Así es como el método Windshield evalúa el estado del pavimento flexible.

### **ECUACIÓN PARA DETERMINAR EL CCI**

$$\text{CCI} = \text{MENOR VALOR ENTRE LDR Y NDR}$$

**Dónde:**

**CCI:** Índice de Condición Crítica (Critical Condition Index).

## **ENSAYO DE PERFILOMETRÍA**

El Equipo con el que se va a evaluar el estado del pavimento flexible de la Avenida Canta Callao Tramo Avenida Naranjal – Avenida Bertello del distrito de San Martín de Porres, es el equipo **RSP MARK III - DYNATEST** como se muestra en la figura 17. Este ensayo se realizará en algunas horas durante el día en cuando los vehículos transitan con normalidad por la avenida (Ficha Técnica, 2016, p. 1).

## **ALCANCE**

Este perfilómetro láser es un equipo basado en la medida de distancias por medio del láser. Este tipo de método de ensayo llega a cubrir la medición y registro de todo el perfil de la superficie de rodadura que será recorrida por un vehículo que tendrá instalado un acelerómetro que establecerá la referencia de inercia entre el perfil de la vía y el vehículo. Estará preparado para medir los perfiles longitudinales y transversales de las carreteras. Con respecto a este modelo de Perfilómetro, el alcance que tiene es el de medir los perfiles de los pavimentos y así mismo los almacena siempre y cuando este con una velocidad que va desde los 30km/h hasta los 80km/h. El sistema que tiene implementado el vehículo para su precisión en los datos que se recolectará, es de un acelerómetro de precisión que se encuentra en cada eje del vehículo para que mida el movimiento del mismo y también cuenta con láseres en una viga que se encuentra empotrada delante del vehículo para que mida las irregularidades en toda la superficie del pavimento flexible. Por medio de una laptop o un ordenador que tendrá equipado el vehículo se mostrarán los datos de la superficie del pavimento evaluada, junto con el índice de regularidad que nos brindará el Equipo. Claro que todas estas medidas son independientes de cualquier variación en el peso y velocidad del vehículo, temperatura, color y textura del pavimento (Ficha Técnica, 2016, p. 2).

Este ensayo evalúa la superficie del pavimento flexible, lo que permite medir el ensayo para nuestra investigación serán las deformaciones que se encuentran en los tramos de la vía, la textura que tiene el pavimento flexible. Lo que queremos es que nos muestre todo el perfil y cuánto fue la deformación a qué profundidad se encuentran las deformaciones y de la textura. También este ensayo sirve para saber el índice de regularidad (IRI), ya que también evalúa el índice de regularidad, también sabremos con cuánto porcentaje se encuentra el estado del pavimento flexible en la Avenida Canta Callao del tramo Avenida Naranjal – Avenida Bertello (Ficha Técnica, 2016, p. 1).

## **LUGARES DE ENSAYO**

El perfilómetro puede ser usado en caminos, carreteras de concreto asfáltico flexible, pavimentos compuestos, pavimentos rígidos de concreto con cemento Portland. Ahora bien en cuanto a los pavimentos rígidos éstos pueden ser de concreto con juntas, pavimentos reforzados y con juntas o pavimentos que están continuamente reforzados (Ficha Técnica, 2016, p. 1).

## **PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO**

Para tener datos seguros del ensayo, se tienen que seguir estos pasos para que el equipo esté debidamente preparado para ser usado:

- Se tienen que verificar que todas las conexiones estén bien instaladas de los cables de red.
- Asegurar el buen funcionamiento del GPS que está incorporado en el vehículo igual que los dispositivos láseres.
- El controlador de este vehículo RSP deberá seleccionar el intervalo del cual se requiere almacenar cada uno de los parámetros medidos o calculados.
- Se tiene que ubicar el vehículo al menos 150 metros antes del punto que se desea evaluar.
- Una vez colocado en el punto adecuado, empezar a avanzar el vehículo y alcanzar la velocidad de medición, cuando se llegue al inicio del tramo que se evaluará, indicar al equipo RSP que empiece a recopilar los datos del pavimento de ese tramo.
- Durante el ensayo, se le indica a la computadora las particularidades o irregularidades del tramo evaluado para observarlas. Indicar el final del tramo que se evaluará y se tienen que verificar los datos que se han conseguido del ensayo.
- Para que se pueda realizar esta prueba se tiene que alcanzar una velocidad de 30km/hr a 80km/hr.

## **DISPOSICIÓN DEL EQUIPO**

Las mediciones se realizan con el vehículo integrado totalmente en el tráfico. El equipo dispone de una viga extensible de referencia, en la cual están integrados 5 láseres de medida de 32 KHz. y dos acelerómetros. También dispone de un equipo autónomo de

posicionamiento global (GPS), lo cual permite integrar fácilmente la información a un Sistema de Información Geográfica, Por recomendaciones el equipo no debe usarse con velocidades menores del 25km/h, de tal manera que como conlleva láseres en el vehículo no se debe usar en días lluviosos. También se debe considerar que durante la prueba del ensayo, el vehículo debe tener una velocidad uniforme no se debe frenar bruscamente o acelerar de la misma forma y se debe mantener el vehículo firmemente en dirección al centro del carril de evaluación, de manera que se pueda asegurar las mediciones que se desean obtener (Ficha Técnica, 2016, p. 2).

### **TIPO DE PERFILÓMETRO**

RSP Mark III - DYNATEST. Se mostrará una imagen del ejemplar: Como se aprecia la viga que está colocada en la parte delantera del vehículo, es donde se encuentran los láseres que toman las mediciones de la Textura, Ahuellamiento y el IRI.



*Figura 17: Vehículo del Perfilómetro.*

*Fuente: Elaboración Propia..*

## **PROBLEMA PRINCIPAL**

- ¿La incorporación del Ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield, mejora el análisis de la condición crítica del pavimento flexible-Avenida Canta Callao-2019?

## **PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ✓ ¿Mejorará la Determinación de los Parámetros de Evaluación de la Metodología Windshield con la incorporación del Ensayo de Perfilometría?
- ✓ ¿Optimizará la Determinación del Índice de Condición Crítica de la Metodología Windshield con la incorporación del Ensayo de Perfilometría?
- ✓ ¿Se Mejorará la Clasificación de la Serviciabilidad del Pavimento Flexible con la incorporación del Ensayo de Perfilometría?

Sobre la justificación del Estudio, ya que este problema de las deformaciones y los otros tipos de fallas en los pavimentos flexibles son muy comunes y que se presenta en la mayoría de los pavimentos flexibles solo en Lima, se evaluará la Avenida Canta Callao usando el ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield para que se puede tener más confiabilidad en los datos que se usarán para el desarrollo de este Método de Evaluación y así poder calificar la serviciabilidad del pavimento flexible de manera correcta.

Ahora tomando en cuenta la justificación de vista teórica, mediante el ensayo de Perfilometría y la Metodología de Evaluación Windshield se tendrá una mejor opción para el conocimiento de Evaluaciones Superficiales de los Pavimentos Flexibles para saber realmente las condiciones actuales de los pavimentos flexibles en el Perú. Y así poder generar los mantenimientos adecuados para todos los pavimentos Flexibles que tienen una mala condición.

## **JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

La aplicación de esta clase de Ensayo en el Método Windshield para evaluar el estado de la superficie de rodadura del pavimento flexible es una manera de optimizar los costos por un ensayo no destructivo y se podrá utilizar mediante los vehículos transitando de manera normal, también es un ensayo que no va a incomodar al usuario y se este tipo de ensayo se podrá realizar en cualquier momento del día. De esta manera el pavimento flexible se podrá evaluar fácilmente sin necesidad de generar ningún tipo de incomodidad durante la Evaluación.

## **JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

Si nos basamos en lo económico de este ensayo es que con solo un día utilizando este ensayo se puede evaluar varios kilómetros de carreteras sin la necesidad de destruir la estructura del pavimento. Es factible usar este ensayo cuando se va a evaluar varios kilómetros de la vía, ya que este ensayo no es destructivo, no se generarán gastos para el reparo del pavimento que será evaluado. Sólo se efectuará gasto en el Ensayo de Perfilometría, ya que en la Evaluación Windshield no se efectuará ningún gasto salvo los instrumentos que son gastos insignificantes.

## **JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL**

Con respecto a lo ambiental este ensayo no es destructivo, por lo tanto no se harán pruebas dañando de alguna manera el medio ambiente en donde se ejecute. La manera en la cual este equipo realiza los ensayos es por medio de laser que miden los perfiles longitudinales y transversales, la cantidad de laser que contienen son de 5 que están colocadas en una viga extensible en la parte delantera del vehículo. Por la cual gracias a ese sistema de obtener información del ensayo de Perfilometría los daños ambientales son de 0%.

## **HIPÓTESIS PRINCIPAL**

- ✓ La incorporación del Ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield mejora todo el Análisis de la Condición Crítica del Pavimento Flexible-avenida Canta Callao-2019.

## **HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- ✓ La determinación de los Parámetros de Evaluación de la Metodología Windshield mejora incorporando el Ensayo de Perfilometría.
- ✓ La determinación del Índice de Condición Crítica de la Metodología Windshield se optimiza incorporando el Ensayo de Perfilometría.
- ✓ La Clasificación de la Serviciabilidad del Pavimento Flexible se perfecciona incorporando el Ensayo de Perfilometría.

## **OBJETIVO PRINCIPAL**

- ✓ Analizar la Condición Crítica del Pavimento Flexible usando el Ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield-Avenida Canta Callao-2019.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Determinar los Parámetros de Evaluación Usando el Ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield para Calificar la Condición Crítica del Pavimento Flexible.
- ✓ Establecer el Índice de Condición Utilizando el Ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield para Calificar la Condición Crítica del Pavimento Flexible.
- ✓ Clasificar la Serviciabilidad del Pavimento Flexible Empleando el Ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield.

## II. MÉTODO

### 2.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para la Método de este Proyecto de Investigación usaremos el **método científico**, busca libros sobre este método pude encontrar a un autor que se me hizo muy fácil entender sobre esta metodología por ese motivo es que voy a interpretar lo que entendí de un libro. Éste tipo de metodología es uno de los instrumentos más importantes para interpretar, conocer, explicar y transformar la realidad. Su desarrollo es indispensable para encontrar las soluciones a los problemas principales que se enfrenta en la sociedad y el método científico da orientación a la transformación de ese problema (Monje, Álvarez, 2011, p. 19).

### FASES DEL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN

#### ENFOQUE

Para el Enfoque de Investigación de nuestro Proyecto usaremos el tipo de **enfoque mixto cuantitativo y cualitativo**. Para interpretar un poco más de este Diseño usaré un libro de Metodología de la Investigación. Este tipo de enfoque se usa para poder obtener datos del campo y poder probar hipótesis, con respecto a las mediciones numéricas y el análisis estadístico, de esta manera se prueban las teorías mediante el establecimiento de los resultados (Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, Pilar, 2010, p. 4).

Este tipo de investigación es de enfoque mixto ya que abarca dos tipos: cualitativo y cuantitativo. Es de Enfoque cualitativo, porque para el cálculo del Índice de Condición del Pavimento por el Método Windshield obtendremos resultados descriptivos como Excelente, Bueno, Regular, Pobre, muy Pobre; mientras que también es de Enfoque Cuantitativo porque el resultado que proporcione el Método Windshield tendrá 5 rangos numéricos que van desde el 0 hasta el 100.

#### TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para el Tipo de Investigación de nuestro Proyecto usaremos el tipo de investigación **aplicada**. Para interpretar un poco más de este Diseño usaré el libro de los autores Palella, S. & Martins, F. El tipo de investigación de campo consiste en determinar una zona de estudio en el campo y recolectar los datos necesarios para analizar la realidad de un estado sin manipular las variables. Es aplicada porque tiene el objetivo de Resolver un determinado problema de la cual se está investigando (Palella, Santa y Martins, Feliberto, 2012, p. 88).

## **NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

Para nuestro Proyecto de Investigación el tipo de Nivel de Investigación que usaremos será el **nivel Descriptivo**. Con respecto al nivel de investigación que se hará en este proyecto, se va a interpretar lo que dice en un libro de Metodología de la Investigación. Este nivel se utiliza para que nos ayude a determinar un origen o los orígenes que causan problemas de cualquier tipo en la sociedad, ya que se buscarán los orígenes del problema, en este nivel la probabilidad de riesgo de cometer algún error es alta. El objetivo de utilizar este tipo de nivel investigativo es para encontrar la relación de **causa-efecto** con mayor profundidad (Palella, Santa y Martins, Feliberto, 2012, p. 93).

Ya que en nuestro Proyecto de Investigación usaremos la relación **causa-efecto**, porque a través de los ensayos de Perfilometría se realizarán las interpretaciones correctas sobre la condición crítica superficial en el pavimento flexible.

## **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Para nuestro Proyecto de Investigación el Diseño de la Investigación que usaremos será el **Experimental**. Para explicar un poco más de este Diseño usaré el libro de Metodología de la Investigación. Cuando el Investigador del proyecto usa una variable experimental no comprobada controlado rigurosamente bajo algunas condiciones, se le conoce como diseño experimental. El objetivo que tiene este diseño es conocer el problema, la causa por la cual se generan algunas dificultades en cualquier tipo de problema en la sociedad. En algunas condiciones con este diseño de investigación se consigue predecir el futuro, manifestar los posibles problemas de cualquier rubro. Y también se busca resolver los problemas que ya sucedieron haciendo los respectivos estudios para poder recepcionar los datos necesarios para encontrar el porqué de ese problema ya ocurrido (Palella, Santa y Martins, Feliberto, 2012, p. 86).

Con respecto a lo que se describió anteriormente se va a proceder a evaluar el estado del pavimento de la Avenida Canta Callao utilizando el ensayo de Perfilometría. Es por ello que el diseño de investigación será **Experimental-Transversal**.

## 2.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Metodología de Investigación
Variable Dependiente					
<b>Condición Crítica del Pavimento Flexible</b>	Esta condición se basa en el nivel de degradación que se encuentra el pavimento como proceso de deterioro, este nivel de condición va a depender de los defectos sobre la superficie, como las irregularidades que se encuentran de manera longitudinal, las deformaciones permanentes, la deflexión recuperable por el Método Windshield.	Mediante el Método Windshield y utilizando el Ensayo de Perfilometría se obtendrán los respectivos datos sobre los tipos, severidad y extensión de fallas que se encuentran en la superficie del pavimento flexible con la finalidad de Clasificar la serviciabilidad en la que se encuentra brindando a los usuarios.	Parámetros de Evaluación	Tipo de Fallas	<b>Método: Método Científico</b>
				Severidad de Fallas	
				Extensión de Fallas	
			Índice de Condición	Cálculo del Valor Deducido(VD)	<b>Enfoque Mixto: Cuantitativo y Cualitativo</b>
				Cálculo del CCI	
				Cálculo del LDR y NDR	
			Serviciabilidad	Escala de Clasificación	
<b>Variable Independiente</b>	Esta Tipo de Ensayo comprende que se realizará en el campo, de tal manera que se podrá obtener la información detallada con respecto a los tipos de deformaciones demostrando sus características de cada deterioro que se encuentre vigente en la superficie del pavimento flexible para poder utilizarlos en la metodología Windshield.	Como mencionado este ensayo evaluará la superficie del pavimento flexible, lo que va a medir este ensayo para nuestra investigación serán las deformaciones que están en ciertos tramos de la vía, lo que queremos es que nos muestra todo el perfil y cuánto fue la deformación a que profundidad se encuentran éstas.	Deformaciones	Área	<b>Tipo de Investigación: Aplicada</b>
<b>Ensayo de Perfilometría</b>				Longitud	<b>Nivel de Investigación: Descriptivo</b>
				Profundidad	
			IRI	Rugosidad	<b>Diseño de Investigación: Experimental</b>

**Anexo 1.** Operacionalización de las Variables.

## **2.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO**

### **POBLACIÓN**

La población se puede tomar de diferente forma, dependiendo del tipo de investigación que se esté ejecutando, ya que a una población se le puede referenciar como un conjunto de individuos, animales o elementos, por la cual se estará interesado en tener conclusiones. Esto se derivará al tipo de investigación. Por ese motivo, para nuestra investigación la población que se tomó en cuenta fue el pavimento flexible que se encuentra en la Avenida Canta Callao teniendo un total de 7.10 km<sup>2</sup> de longitud aproximadamente.

### **MUESTRA**

Por lo tanto una muestra vendría ser un subconjunto de la población, para la cual se podrá tener un acceso ilimitado para poder ejecutar las observaciones o mediciones correspondientes. De manera que esta muestra vendría a ser un porcentaje de la población que se tomará para el estudio necesario de la investigación y una vez obtenido los datos de ese porcentaje, se harán las conclusiones correspondientes. Por ese motivo, para nuestra investigación se seleccionó una muestra, por conveniencia o dirigida, que viene a ser la Avenida Canta Callao del tramo Avenida Naranjal hasta la Avenida Bertello del Distrito de San Martín de Porres, Lima-Perú teniendo un total de 3.640 km<sup>2</sup> de longitud, como se puede visualizar en el plano que se encuentra en el Anexo 03 y 04.

### **MUESTREO**

Mientras que el muestreo es un método utilizado para poder seleccionar a los componentes de la muestra que será utilizada del total de la población. Ya que consiste en un conjunto de reglas, procedimientos y criterios para que se seleccione un conjunto de la muestra, por medio de criterio para este trabajo de investigación se escogieron ciertos tramos críticos con fallas en el pavimento flexible de la Avenida Canta Callao del tramo Avenida Naranjal hasta la Avenida Bertello que va a representar toda la avenida.

## **2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD**

### **TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Se realizó la evaluación de la condición actual del Pavimento flexible de la Avenida Canta Callao del tramo Avenida Naranjal hasta la Avenida Bertello del Distrito de San Martín de

Porres. Aplicando el ensayo de Perfilometría con la finalidad de recolectar datos que nos llevaron a determinar las características de las deformaciones que se encontraron en el pavimento flexible. La información que se obtuvo a su vez acata a la manifestación y deliberación de la Metodología Windshield, ya que usamos los datos en el procedimiento de Evaluación y así de esa manera poder tener mejores resultados del Método Windshield para determinar de manera correcta la condición actual crítica que se encontró el pavimento flexible que se seleccionó para ser evaluado. Para ayudarnos más, obtuvimos investigaciones realizadas existentes de estudios realizados con anterioridad de las evaluaciones en los pavimentos flexibles.

### **INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

En cuanto a la evaluación de la condición crítica del pavimento flexible de la Avenida Canta Callao del tramo Avenida Naranjal hasta la Avenida Bertello del Distrito de San Martín de Porres. Realizamos el ensayo de Perfilometría que es un ensayo no destructivo y a la vez por el método Windshield se usaron fichas técnicas para recopilar los datos obtenidos visualmente que se puede visualizar en los anexos 05. Por otro lado también se usaron cuestionarios como se visualiza en el anexo 06, en la cual se establecieron si se encontraron fallas en el pavimento flexible cuando se recorrió con un vehículo la avenida.

### **CRITERIOS DE VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS**

Sobre la validez del estudio que se estableció, fue determinado de forma especializada y técnica, ya que sabemos que la recopilación de los datos por medio del ensayo de Perfilometría y la Metodología de Evaluación Windshield son especializados para recibir estos tipos de datos. También se utilizaron fichas que son validados por entidades como ingenieros especializados en pavimentos y la empresa Dynatest para la recolección de los datos sobre los indicadores.

### **VALIDEZ**

La validez que tuvo el desarrollo de la investigación se basa en que se midieron correctamente los datos por medio de fichas técnicas que miden los tipos de fallas, su severidad y extensiones que fueron aprobados por evaluadores expertos como se visualiza en el Anexo N°7. Ya que se tuvo dos tipos de recolección de datos, como datos obtenidos de

manera visual y los datos obtenidos por medio de un ensayo que determinaron los datos exactos de las deformaciones en la superficie de rodadura del pavimento flexible.

## **CONFIABILIDAD**

Para este proyecto de investigación nuestro nivel de confiabilidad es alta, con respecto a la obtención de los datos que mostró el ensayo de Perfilometría por medio de los ingenieros de Dynatest que fueron encargados de recibir esos datos y digitarlos de manera exacta para una evaluación certera del pavimento flexible. El ensayo de Perfilometría que tuvo como zona de estudio a la Avenida Canta Callao, fue necesario marcar los puntos críticos para que el equipo encargado de la evaluación valide los datos por medio de fichas técnicas y su nivel de confiabilidad.

## **2.5 PROCEDIMIENTO**

El procedimiento de la recolección de los datos, primero se hizo una visita preliminar para marcar los tramos en donde las fallas son mucho más volubles. Luego, se recorrió toda la Avenida por medio de un vehículo a una velocidad menor de 40km/h, se fijaron los tipos, niveles de severidad y extensión de las fallas que se encontraron en los tramos de la vía, siendo estos valores deducidos y así se determinaron los puntos críticos para realizar el ensayo de Perfilometría con el equipo especializado RSP Perfilómetro Dynatest.

## **2.6 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS**

Este tipo de método que se usó para analizar los datos de la investigación generalmente es de una estadística inferencial. Por medio de este método se consiguió el adecuado nivel de validez que tiene como característica un proyecto de investigación y también se consiguió que la confiabilidad del estudio no se vulnere de sus parámetros. Además, se cuantificaron los resultados tomando como base los parámetros relacionados a los costos.

## **2.7 ASPECTOS ÉTICOS**

En toda Investigación siempre se tiene presente los aspectos éticos en el propietario del Proyecto de la Investigación y de la misma manera en esta Investigación todos los datos que han sido recogidos y facilitados gracias a la empresa DYNATEST fueron auténticos y esta empresa me brindó el apoyo necesario para realizar el proyecto cuyo fin es netamente de investigación.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

##### UBICACIÓN GEOGRÁFICA O FÍSICA

La Avenida Canta Callao se encuentra en el distrito de San Martín de Porres, con los límites de la Provincia Constitucional del Callao y el Distrito de Los Olivos con una longitud de 7.10km<sup>2</sup>, tomando una muestra de 3.640 km<sup>2</sup> ubicado desde la Avenida Naranjal hasta la Avenida Bertello; entre las cuencas del Río Rímac y el río Chillón. Geográficamente se encuentra ubicada en el departamento de Lima, entre los paralelos 12°01'40" de Latitud Sur y los meridianos 77°02'36" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich y a 20 km. de distancia del Cercado de Lima.

Los límites se aprecian en el Mapa Oficial del Distrito de San Martín de Porres:

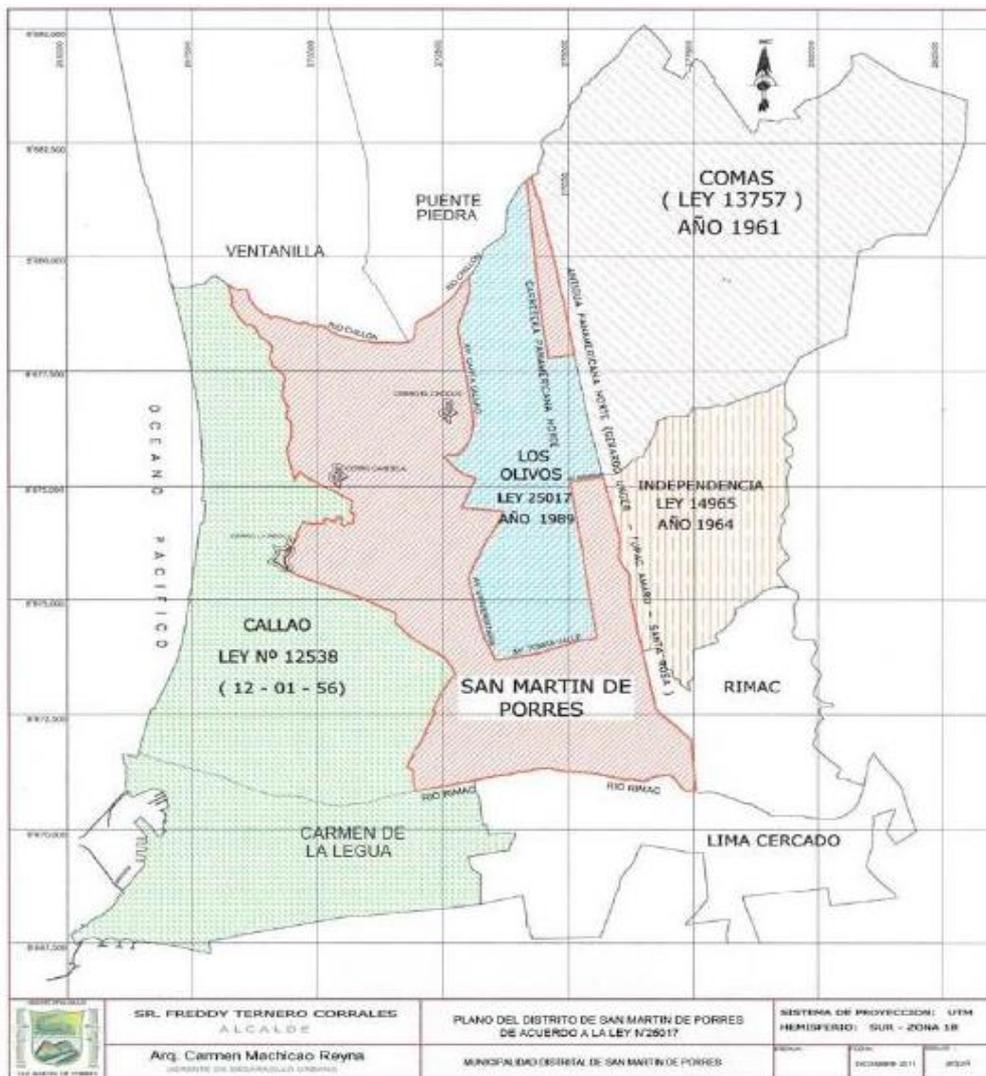


Figura 18. Mapa Oficial del Distrito de San Martín de Porres.

Fuente. Municipalidad de San Martín de Porres.

## **LÍMITES**

Los límites del Distrito de San Martín de Porres son los siguientes:

- ✓ Por el NORTE: con los Distritos de Ventanilla, Puente Piedra y Los Olivos.
- ✓ Por el SUR: con los Distritos de Lima (Cercado) y Carmen de La Legua-Reynoso.
- ✓ Por el ESTE: con los Distritos de Comas, Independencia y Rímac.
- ✓ Por el OESTE: con la Provincia Constitucional del Callao.

## **EXTENSIÓN**

- ✓ 7.10 Km<sup>2</sup> aproximadamente.

## **ALTITUD**

- ✓ 123 metros sobre el nivel del mar (altitud medida en la capital del distrito: Barrio Obrero Industrial).

## **CLIMA**

El clima del distrito de San Martín de Porres tiene similares características que el de Lima Metropolitana, es decir, es un clima templado y húmedo. La temperatura promedio anual es de 18,5 a 19°C, con un máximo estival anual de unos 29°C. Los veranos, de diciembre a abril, tienen temperaturas que oscilan entre 28 y 21°C. Los inviernos van de junio a mitades de septiembre con temperaturas que oscilan entre 19 y 12°C. Los meses de primavera y otoño (septiembre, octubre y mayo) tienen temperaturas templadas que oscilan entre los 17° y 23°C.

## **SUELOS**

Litológicamente, el subsuelo se encuentra constituido por conglomerados de gravas y arenas mediante compactos con algunos lentes arenosos. La porosidad y permeabilidad de algunos niveles permite la existencia de mapas acuíferos, aguas subterráneas que son extraídas mediante pozos.

## **LAS SISMICIDAD**

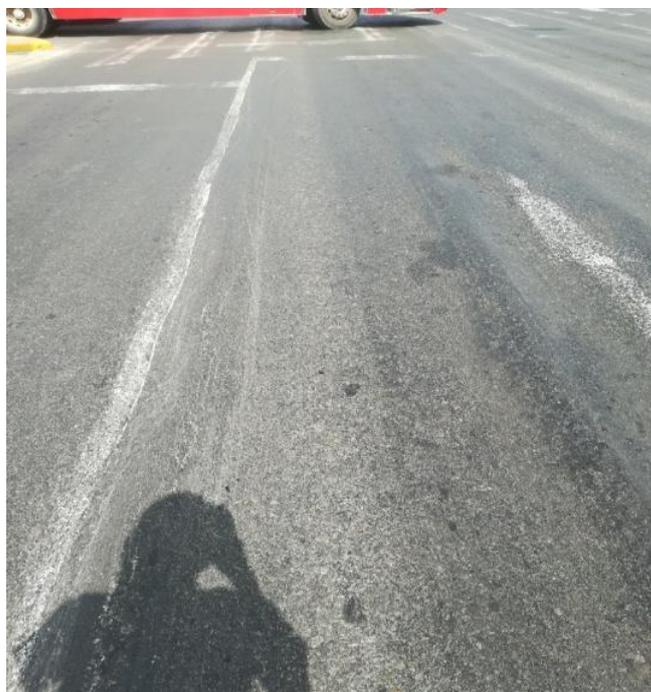
El distrito de San Martín de Porres, su territorio se encuentra ubicado según los tipos de zonas sísmicas entre las zonas I y II, es decir entre los niveles inferiores de peligro (bajo y medio).

## 3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 3.2.1 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN EN LA METODOLOGÍA WINDSHIELD PARA CALIFICAR LA CONDICIÓN CRÍTICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE SECTORES DE EVALUACIÓN - TRAMO 1

Se Empezó Evaluando la Avenida Canta Callao con la Metodología Windshield, transitando dentro de un automóvil con una velocidad no mayor a 40 km/hr por los carriles de la vía principal y auxiliar para visualizar los tipos de fallas que se encuentran en los carriles y cuando se visualizaba una falla se generaban las fotos y las mediciones de sus áreas de las fallas encontradas en éste tramo que equivale a 1 kilómetro de distancia que va desde el km 0+00 – km 1+00. Las figuras 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 29, 30, 31, 32, 33 y 34 muestran algunas de las fallas encontradas en el primer tramo, en la Ficha Técnica de Recolección de datos se registraron todas los tipos de fallas encontradas y posteriormente se continúa midiendo el área de las fallas para poder saber su severidad como se visualiza en las figuras 26 y 28. Una vez teniendo estos datos se genera a darle un valor deducido mediante los gráficos que se encuentran en el Anexo 08.

#### Vía Principal – Carril Interno – Calzada Creciente



*Figura 19. Ahuellamiento – km 0+140 – Calzada Creciente – Carril Interno.*

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 20. Piel de Cocodrilo – km 0+160 – Calzada Creciente – Carril Interno.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

*Vía Principal – Carril Externo – Calzada Creciente*



*Figura 21. Ahuellamiento – km 0+200 –. Calzada Creciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 22. Ahuellamiento – km 0+280 –. Calzada Creciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

Vía Principal – Carril Interno – Calzada Decreciente



Figura 23. Ahuellamiento – km 0+340 –. Calzada Decreciente – Carril Interno.

Fuente. Elaboración Propia.



Figura 24. Ahuellamiento – km 0+510 –. Calzada Decreciente – Carril Interno.

Fuente. Elaboración Propia.

Vía Principal – Carril Externo – Calzada Decreciente



Figura 25. Ahuellamiento – km 0+250 – Calzada Decreciente – Carril Externo.

Fuente. Elaboración Propia.



*Figura 26. Medición de la Profundidad del Ahuellamiento – km 0+250 – Calzada Decreciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

*Vía Auxiliar – Carril Interno – Calzada Creciente*



*Figura 27. Ahuellamiento – km 0+325 – Calzada Creciente – Carril Interno.*

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 28. Medición de la Profundidad del Ahuellamiento – km 0+325 – Calzada Creciente – Carril Interno.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

Vía Auxiliar – Carril Externo – Calzada Creciente



*Figura 29. Grietas Transversales– km 0+525 – Calzada Creciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 30. Parche – km 0+655 – Calzada Creciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

Vía Auxiliar – Carril Interno – Calzada Decreciente



*Figura 31. Ahuellamiento – km 0+465 – Calzada Decreciente – Carril Interno.*

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 32. Parche – km 0+895 – Calzada Decreciente – Carril Interno.  
Fuente. Elaboración Propia.*

*Vía Auxiliar – Carril Externo – Calzada Decreciente*



*Figura 33. Parche – km 0+925 – Calzada Decreciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 34. Ahuellamiento – km 0+525 – Calzada Decreciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

## **SECTORES DE EVALUACIÓN - TRAMO 2**

Se Continúa Evaluando el Segundo Tramo de la Avenida Canta Callao con la Metodología Windshield, transitando dentro de un automóvil con una velocidad no mayor a 40 km/hr por los carriles -de la vía principal y auxiliar para visualizar los tipos de fallas que se encuentran en los carriles y cuando se visualizaba una falla se generaban las fotos y las mediciones de sus áreas de las fallas encontradas en éste tramo que equivale a 1 kilómetro de distancia que va desde el km 1+00 – km 2+00. Las figuras 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 45, 46, 47, 48 y 49 muestran algunas de las fallas encontradas en el segundo tramo, en la Ficha Técnica de Recolección de datos se registraron todas los tipos de fallas encontradas y posteriormente se continúa midiendo el área de las fallas para poder saber su severidad como se visualiza en la figura 42 y 44. Una vez teniendo estos datos se genera a darle un valor deducido mediante los gráficos que se encuentran en el Anexo 08.

### **Vía Principal – Carril Interno – Calzada Creciente**



*Figura 35. Ahuellamiento – km 1+140 – Calzada Creciente – Carril Interno.*

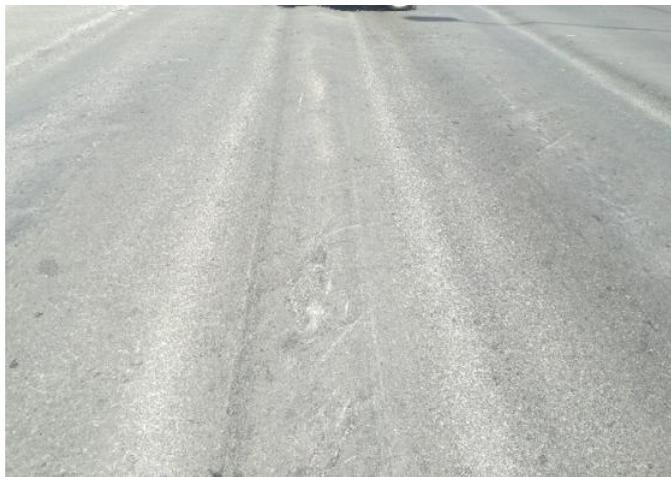
*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 36. Grieta Longitudinal– km 1+150 – Calzada Creciente – Carril Interno.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

*Vía Principal – Carril Externo – Calzada Creciente*



*Figura 37. Ahuellamiento – km 1+220 –. Calzada Creciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 38. Parche – km 1+260 – Calzada Creciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

Vía Principal – Carril Interno – Calzada Decreciente



*Figura 39. Ahuellamiento – km 1+130 – Calzada Decreciente – Carril Interno.*

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 40. Parche – km 1+360 – Calzada Decreciente – Carril Interno.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

Vía Principal – Carril Externo – Calzada Decreciente



*Figura 41. Ahuellamiento – km 1+250 – Calzada Decreciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 42. Medición de la Profundidad del Ahuellamiento – km 1+250 – Calzada Decreciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

*Vía Auxiliar – Carril Interno – Calzada Creciente*



*Figura 43. Parche – km 1+325 – Calzada Creciente – Carril Interno.*

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 44. Medición del área del Parche – km 1+325 – Calzada Creciente – Carril Interno.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

Vía Auxiliar – Carril Externo – Calzada Creciente



Figura 45. Piel de Cocodrilo – km 1+475 – Calzada Creciente – Carril Externo.

Fuente. Elaboración Propia.



Figura 46. Ahuellamiento – km 1+525 – Calzada Creciente – Carril Externo.

Fuente. Elaboración Propia.

Vía Auxiliar – Carril Interno – Calzada Decreciente



Figura 47. Parche – km 1+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno.

Fuente. Elaboración Propia.



*Figura 48. Ahuellamiento – km 1+725 – Calzada Decreciente – Carril Interno.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

*Vía Auxiliar – Carril Externo – Calzada Decreciente*



*Figura 49. Ahuellamiento – km 1+920 – Calzada Decreciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 50. Parche desprendiéndose – km 1+325 – Calzada Decreciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

### **SECTORES DE EVALUACIÓN - TRAMO 3**

Se Continúa Evaluando el Tercer Tramo de la Avenida Canta Callao con la Metodología Windshield, transitando dentro de un automóvil con una velocidad no mayor a 40 km/hr por los carriles de la vía principal y auxiliar para visualizar los tipos de fallas que se encuentran en los carriles y cuando se visualizaba una falla se generaban las fotos y las mediciones de sus áreas de las fallas encontradas en éste tramo que equivale a 1 kilómetro de distancia que va desde el km 2+00 – km 3+00. Las figuras 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 65 y 66 muestran algunas de las fallas encontradas en el tercer tramo, en la Ficha Técnica de Recolección de datos se registraron todas los tipos de fallas encontradas y posteriormente se continúa midiendo el área de las fallas para poder saber su severidad como se visualiza en la figura 60 y 64. Una vez teniendo estos datos se genera a darle un valor deducido mediante los gráficos que se encuentran en el Anexo N°8.

#### *Vía Principal – Carril Interno – Calzada Creciente*



*Figura 51. Piel de Cocodrilo – km 2+140 – Calzada Creciente – Carril Interno.*

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 52. Ahuellamiento – km 2+230 – Calzada Creciente – Carril Interno.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

*Vía Principal – Carril Externo – Calzada Creciente*



*Figura 53. Parche – km 2+510 – Calzada Creciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 54. Ahuellamiento – km 2+720 – Calzada Creciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

Vía Principal – Carril Interno – Calzada Decreciente



Figura 55. Ahuellamiento – km 2+130 –. Calzada Decreciente – Carril Interno.

Fuente. Elaboración Propia.



Figura 56. Grietas Transversales y Longitudinales – km 2+320 – Calzada Decreciente – Carril Interno.

Fuente. Elaboración Propia.

Vía Principal – Carril Externo – Calzada Decreciente



Figura 57. Grieta Transversal – km 2+350 – Calzada Decreciente – Carril Externo.

Fuente. Elaboración Propia.



*Figura 58. Ahuellamiento – km 2+540 – Calzada Decreciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

*Vía Auxiliar – Carril Interno – Calzada Creciente*



*Figura 59. Parche – km 2+325 – Calzada Creciente – Carril Interno.*

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 60. Medición del área del Parche – km 2+325 – Calzada Creciente – Carril Interno.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

Vía Auxiliar – Carril Externo – Calzada Creciente



Figura 61. Grieta Longitudinal – km 2+750 – Calzada Creciente – Carril Externo.

Fuente. Elaboración Propia.



Figura 62. Parche – km 2+920 – Calzada Creciente – Carril Externo.

Fuente. Elaboración Propia.

Vía Auxiliar – Carril Interno – Calzada Decreciente



Figura 63. Ahuellamiento – km 2+520 – Calzada Decreciente – Carril Interno.

Fuente. Elaboración Propia.



*Figura 64. Medición de la Profundidad del Ahuellamiento – km 2+325 – Calzada Decreciente – Carril Interno.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

*Vía Auxiliar – Carril Externo – Calzada Decreciente*



*Figura 65. Parche – km 2+630 – Calzada Decreciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 66. Ahuellamiento – km 2+945 – Calzada Decreciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

#### **SECTORES DE EVALUACIÓN - TRAMO 4**

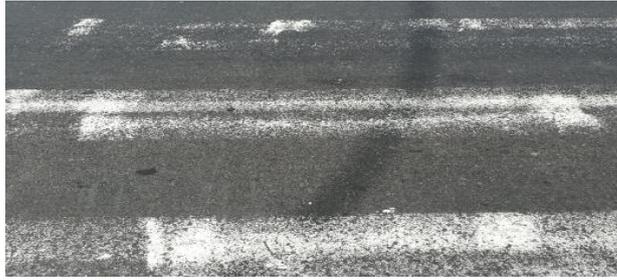
Se Continúa Evaluando el Cuarto Tramo de la Avenida Canta Callao con la Metodología Windshield, transitando dentro de un automóvil con una velocidad no mayor a 40 km/hr por los carriles de la vía principal y auxiliar para visualizar los tipos de fallas que se encuentran en los carriles y cuando se visualizaba una falla se generaban las fotos y las mediciones de sus áreas de las fallas encontradas en éste tramo que equivale a 640 metros de distancia que va desde el km 3+00 – km 3+640. Las figuras 67, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81 y 82 muestran algunas de las fallas encontradas en el cuarto tramo, en la Ficha Técnica de Recolección de datos se registraron todas los tipos de fallas encontradas y posteriormente se continúa midiendo el área de las fallas para poder saber su severidad como se visualiza en la figura 72. Una vez teniendo estos datos se genera a darle un valor deducido mediante los gráficos que se encuentran en el Anexo N°8.

#### **Vía Principal – Carril Interno – Calzada Creciente**



*Figura 67. Ahuellamiento – km 3+040 – Calzada Creciente – Carril Interno.*

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 68. Piel de Cocodrilo– km 3+080 – Calzada Creciente – Carril Interno.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

*Vía Principal – Carril Externo – Calzada Creciente*



*Figura 69. Ahuellamiento – km 3+220 –. Calzada Creciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 70. Grietas Transversales y Longitudinales – km 3+280 – Calzada Creciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

Vía Principal – Carril Interno – Calzada Decreciente



Figura 71. Ahuellamiento – km 3+130 – Calzada Decreciente – Carril Interno.

Fuente. Elaboración Propia.



Figura 72. Medición de la Profundidad del Ahuellamiento – km 3+130 – Calzada Decreciente – Carril Interno.

Fuente. Elaboración Propia.

Vía Principal – Carril Externo – Calzada Decreciente



Figura 73. Ahuellamiento – km 3+010 – Calzada Decreciente – Carril Externo.

Fuente. Elaboración Propia.



*Figura 74. Parche – km 3+250 – Calzada Decreciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

*Vía Auxiliar – Carril Interno – Calzada Creciente*



*Figura 75. Ahuellamiento – km 3+325 – Calzada Creciente – Carril Interno.*

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 76. Parche – km 3+600 – Calzada Creciente – Carril Interno.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

Vía Auxiliar – Carril Externo – Calzada Creciente



*Figura 77. Parche – km 3+520 – Calzada Creciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 78. Ahuellamiento – km 3+425 – Calzada Creciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*

Vía Auxiliar – Carril Interno – Calzada Decreciente



*Figura 79. Grieta Longitudinal – km 3+120 – Calzada Decreciente – Carril Interno.*

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 80. Parche – km 3+170 – Calzada Decreciente – Carril Interno.  
Fuente. Elaboración Propia.*

*Vía Auxiliar – Carril Externo – Calzada Decreciente*



*Figura 81. Ahuellamiento – km 3+620 – Calzada Decreciente – Carril Externo.*

*Fuente. Elaboración Propia.*



*Figura 82. Parche – km 3+635 – Calzada Decreciente – Carril Externo.  
Fuente. Elaboración Propia.*

### 3.2.2 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN USANDO EL ENSAYO DE PERFILOMETRÍA EN LA METODOLOGÍA WINDSHIELD PARA CALIFICAR LA CONDICIÓN CRÍTICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

A continuación, se presentan los tipos de fallas, su severidad y su extensión de cada una de ellas que se manifiestan en la metodología Windshield.

#### SECTORES DE EVALUACIÓN – AHUELLAMIENTO

A continuación, se evalúa la vía por el ensayo de Perfilometría y se obtuvieron datos que están representados por gráficos como podemos observar desde la figura 83 hasta la figura 98. En todas estas figuras se visualiza una línea amarilla que indica el límite de la profundidad del ahuellamiento permitido en los pavimentos flexibles siendo 12mm y una línea verde dividida en 4 tramos de 1km de distancia los primeros 3 tramos y el último tramo tiene una distancia de 640m, esta línea indica la profundidad actual del carril evaluado y como se puede observar en todos los gráficos, los valores adquiridos están dentro de las medidas recomendadas.

#### *1er Recorrido – Calzada Creciente – Carril Interno*

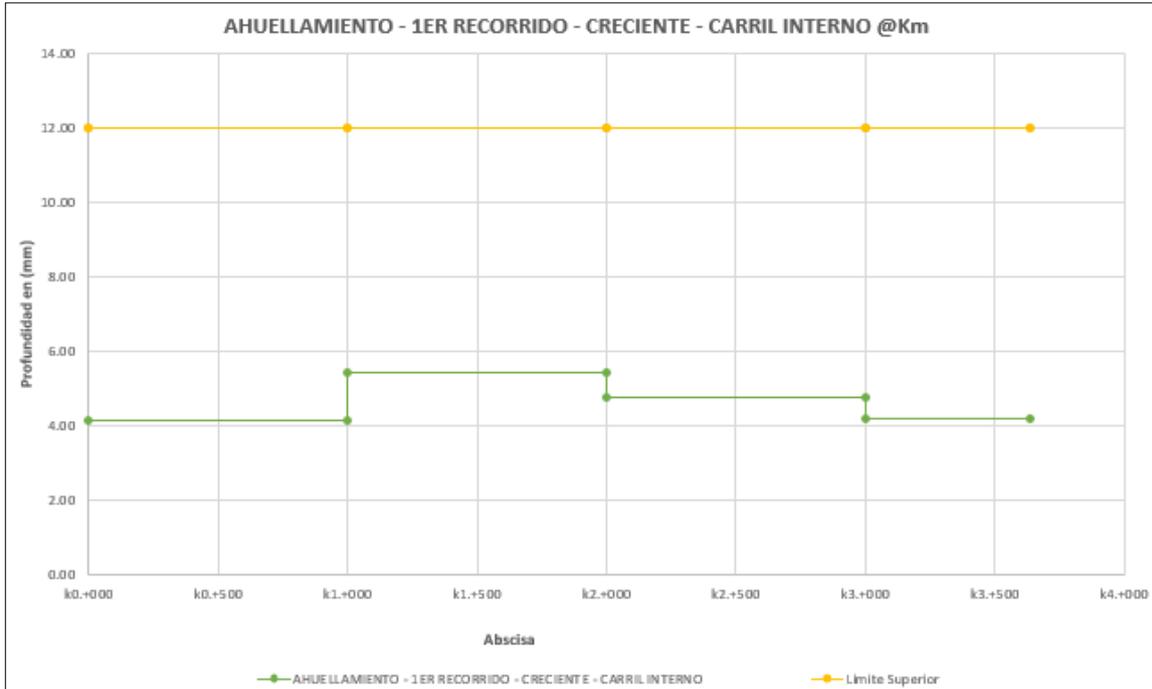
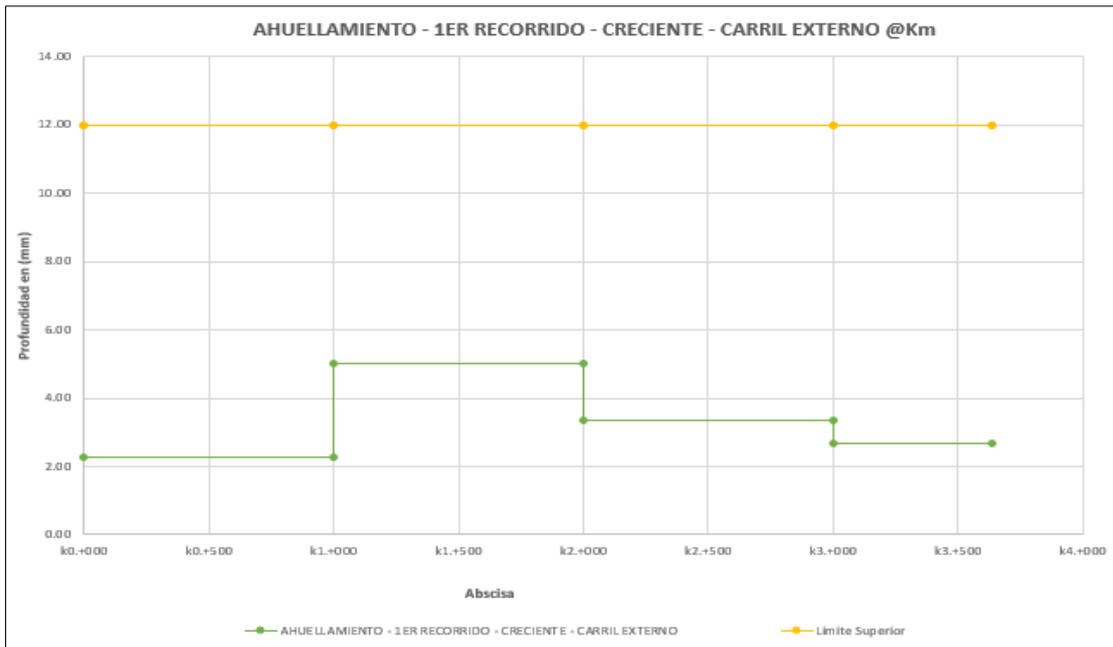


Figura 83. Ahuellamiento – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno.

Fuente. Dynatest.

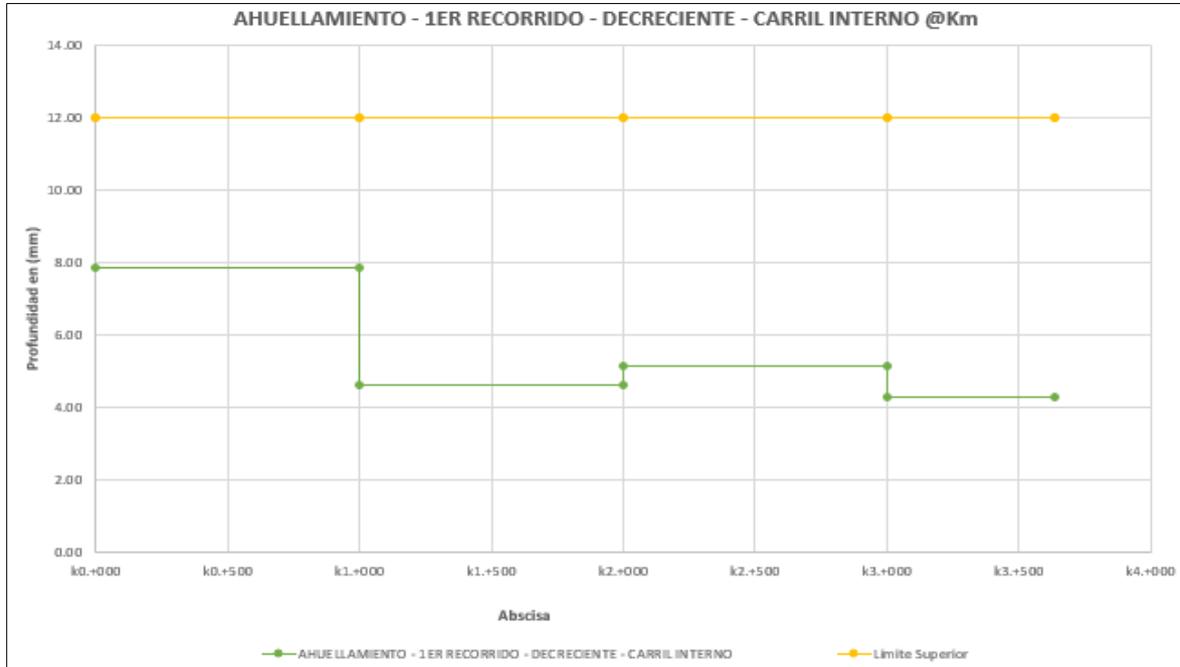
*1er Recorrido – Calzada Creciente – Carril Externo*



*Figura 84. Ahuellamiento – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo.*

*Fuente. Dynatest.*

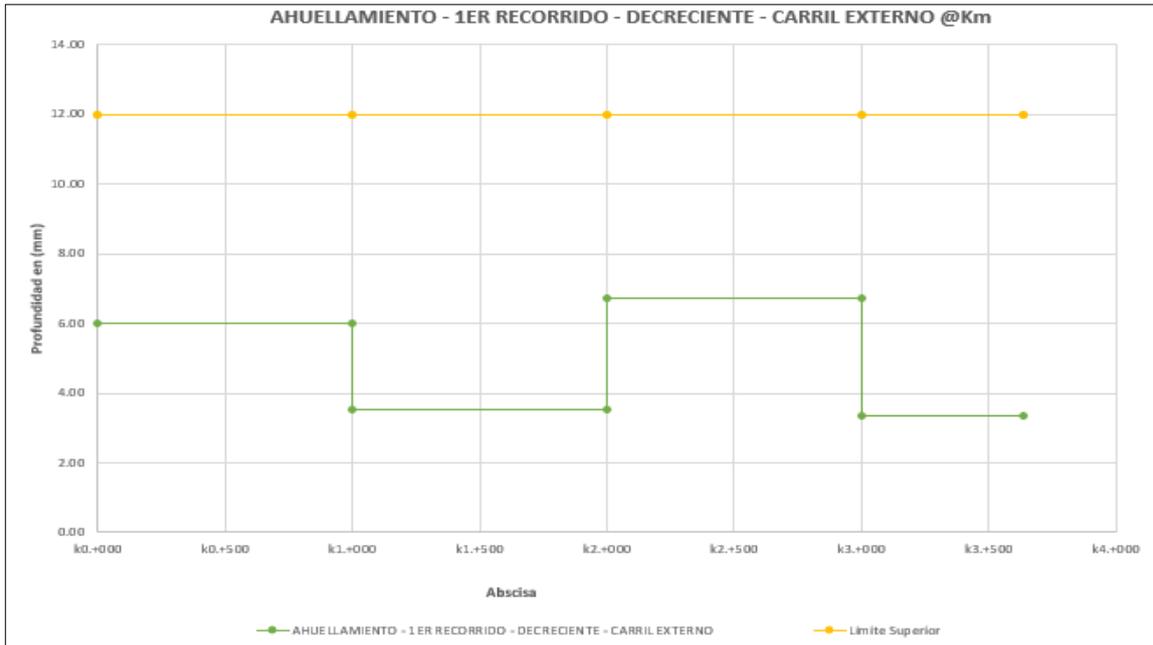
*1er Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Interno*



*Figura 85. Ahuellamiento – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno.*

*Fuente. Dynatest.*

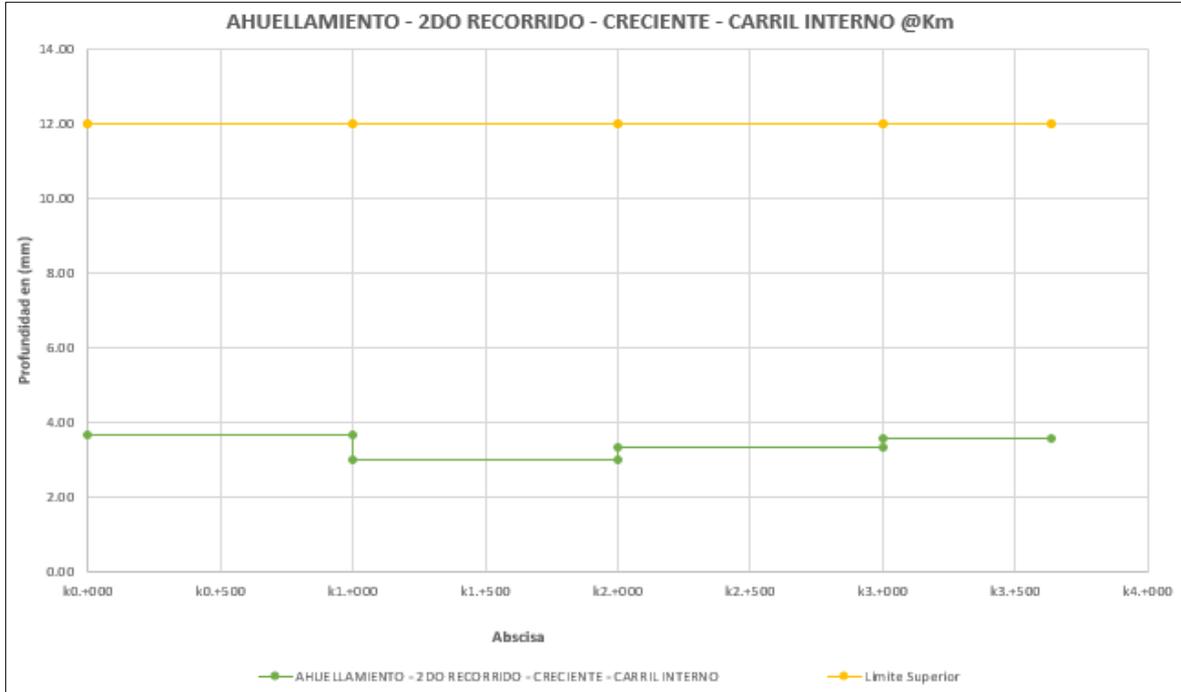
*1er Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Externo*



*Figura 86. Ahuellamiento – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo.*

*Fuente. Dynatest.*

*2do Recorrido – Calzada Creciente – Carril Interno*



*Figura 87. Ahuellamiento – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno.*

*Fuente. Dynatest.*

2do Recorrido – Calzada Creciente – Carril Externo

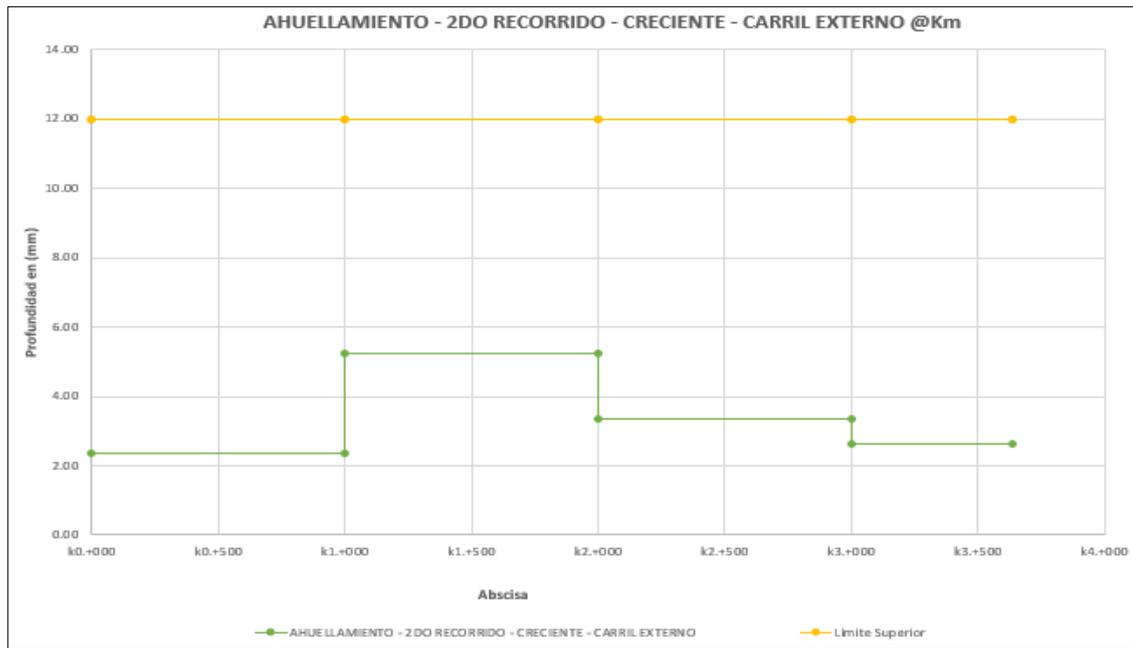


Figura 88. Ahuellamiento – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo.

Fuente. Dynatest.

2do Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Interno

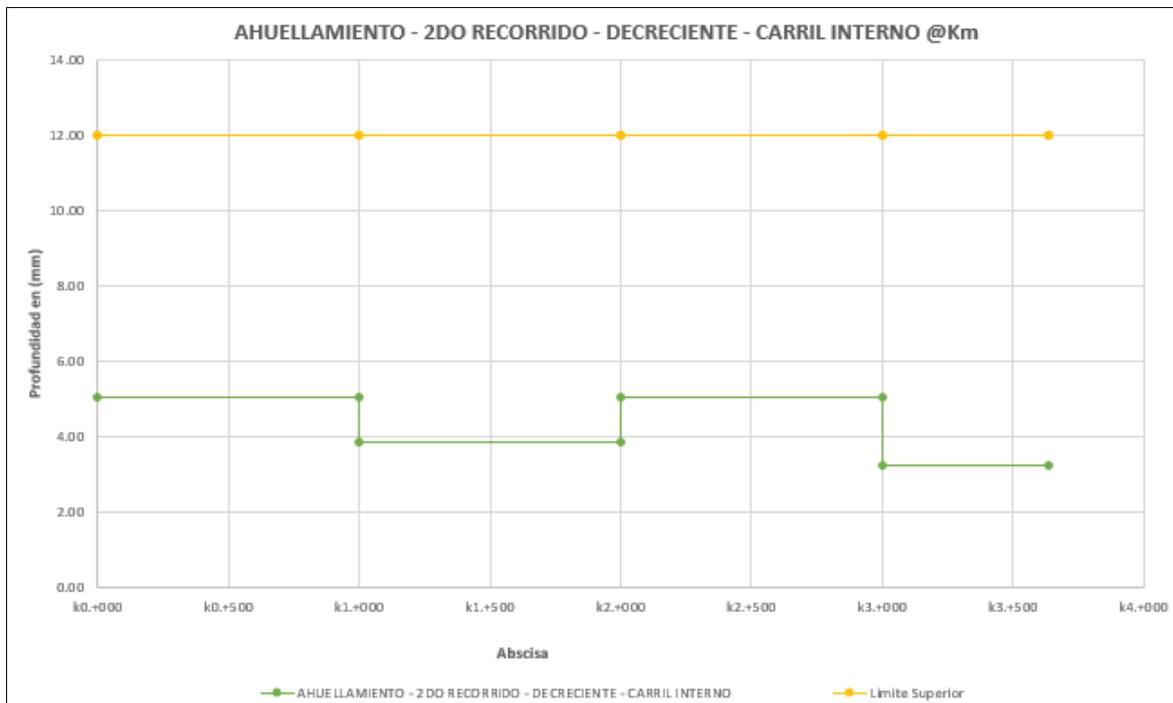


Figura 89. Ahuellamiento – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno.

Fuente. Dynatest.

2do Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Externo

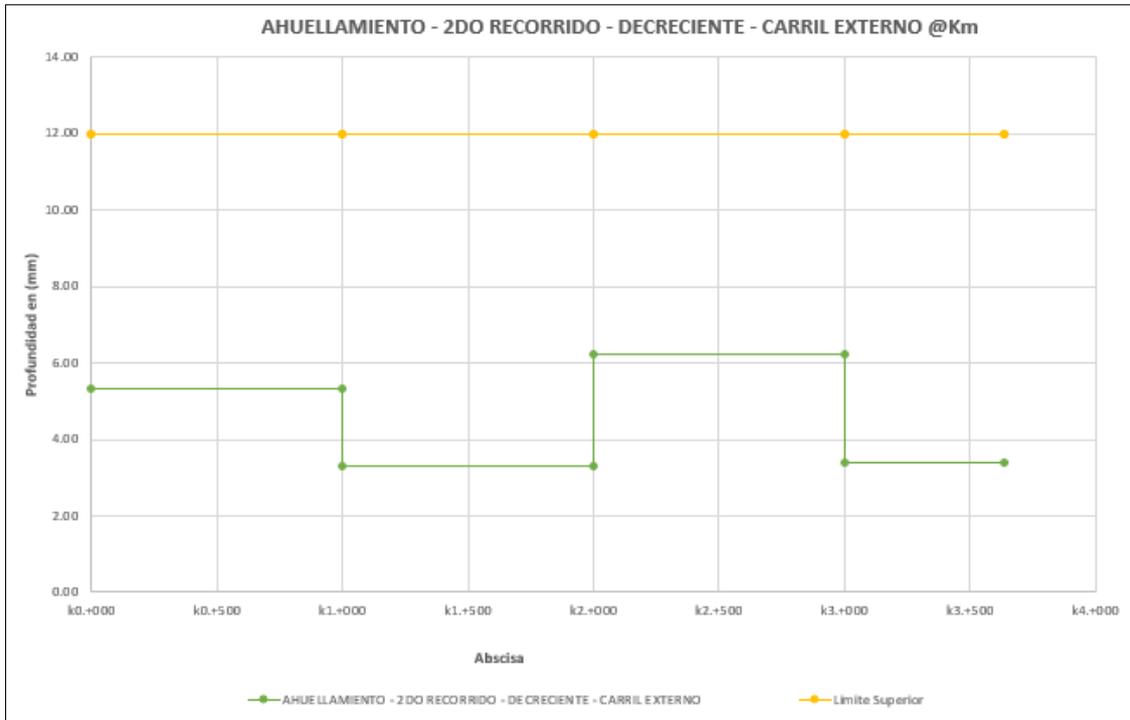


Figura 90. Ahuellamiento – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo.

Fuente. Dynatest.

Vía Auxiliar – 1er Recorrido – Calzada Creciente – Carril Interno

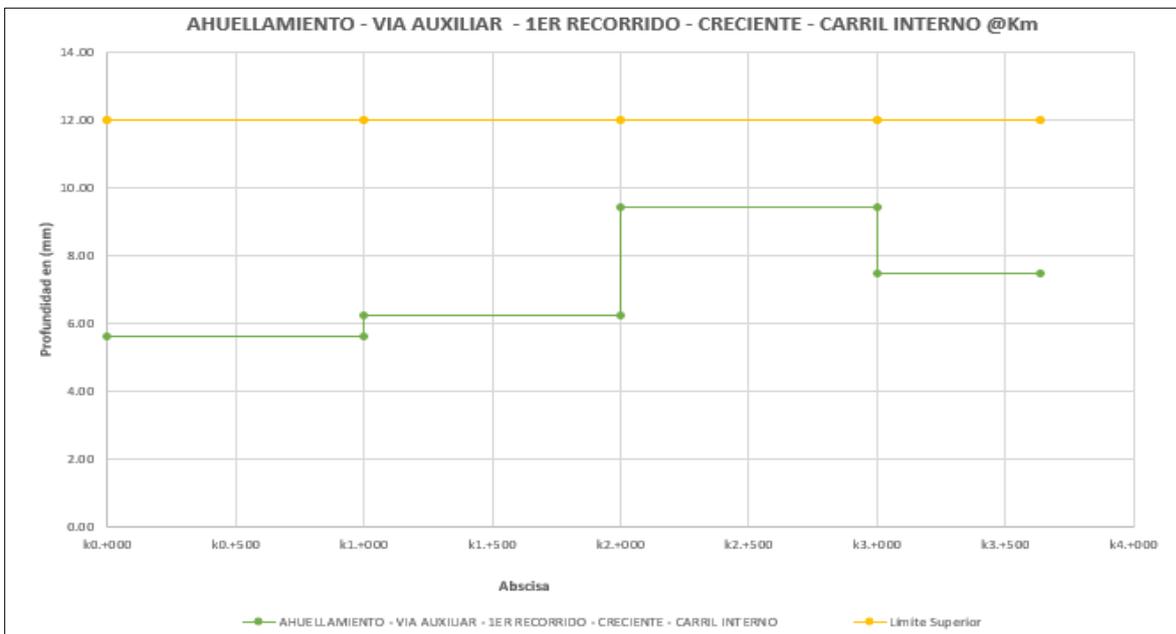
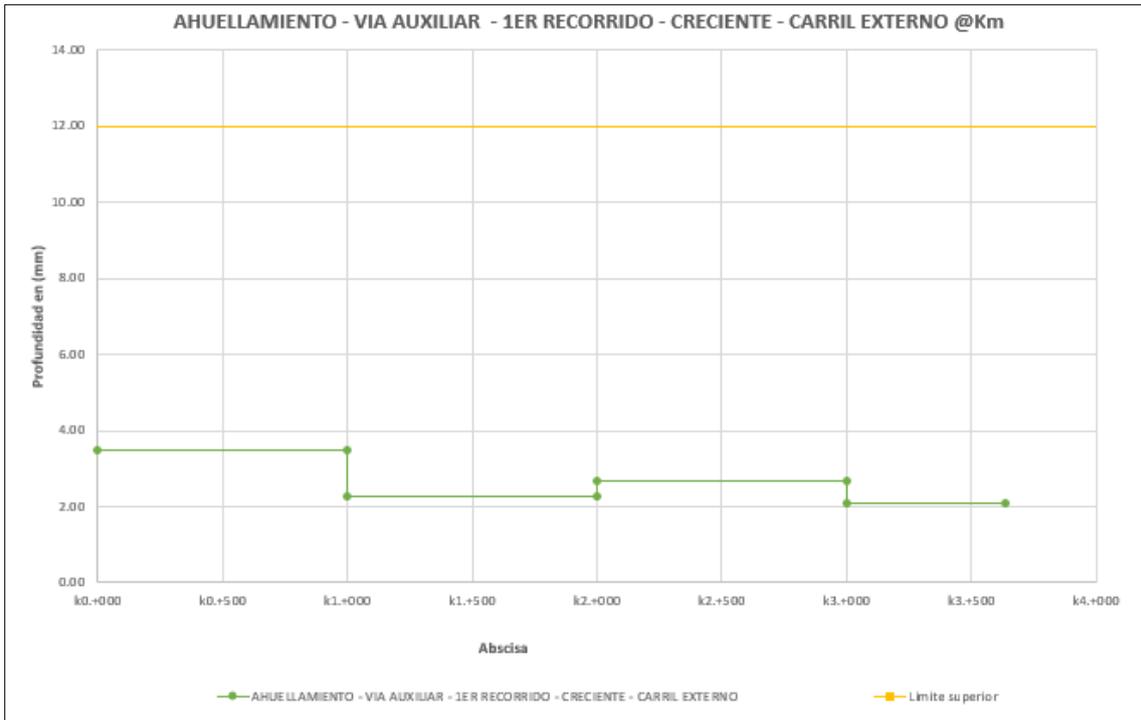


Figura 91. Ahuellamiento – Vía Auxiliar – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno.

Fuente. Dynatest.

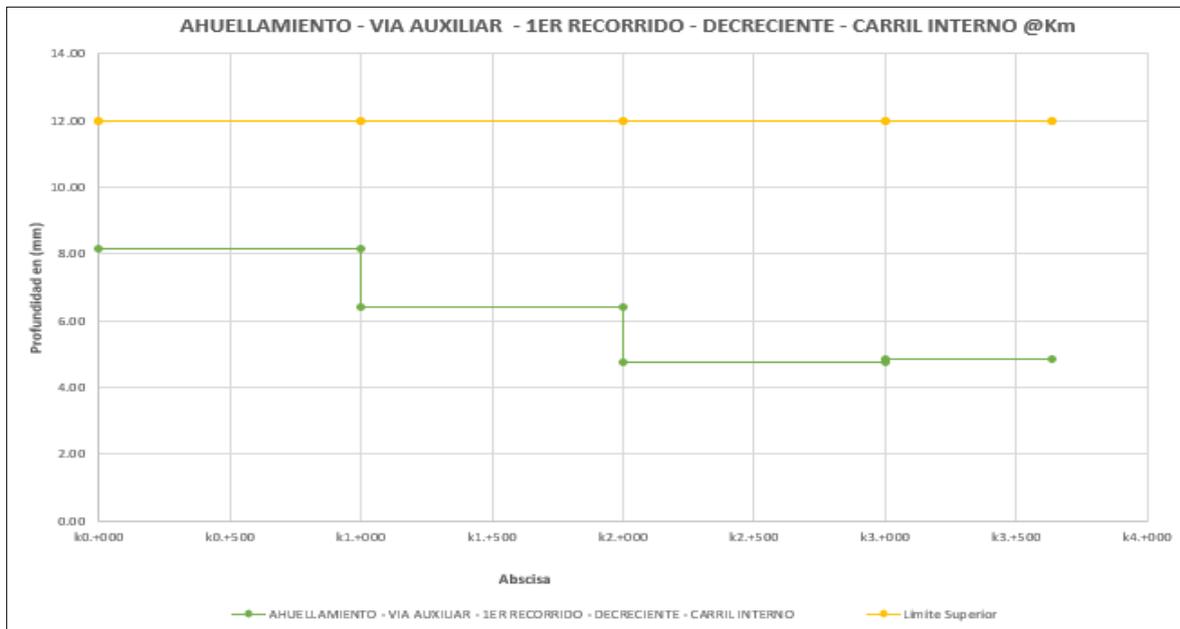
*Vía Auxiliar – 1er Recorrido – Calzada Creciente – Carril Externo*



*Figura 92. Ahuellamiento – Vía Auxiliar – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo.*

*Fuente. Dynatest.*

*Vía Auxiliar – 1er Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Interno*



*Figura 93. Ahuellamiento – Vía Auxiliar – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno.*

*Fuente. Dynatest.*

Vía Auxiliar – 1er Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Externo

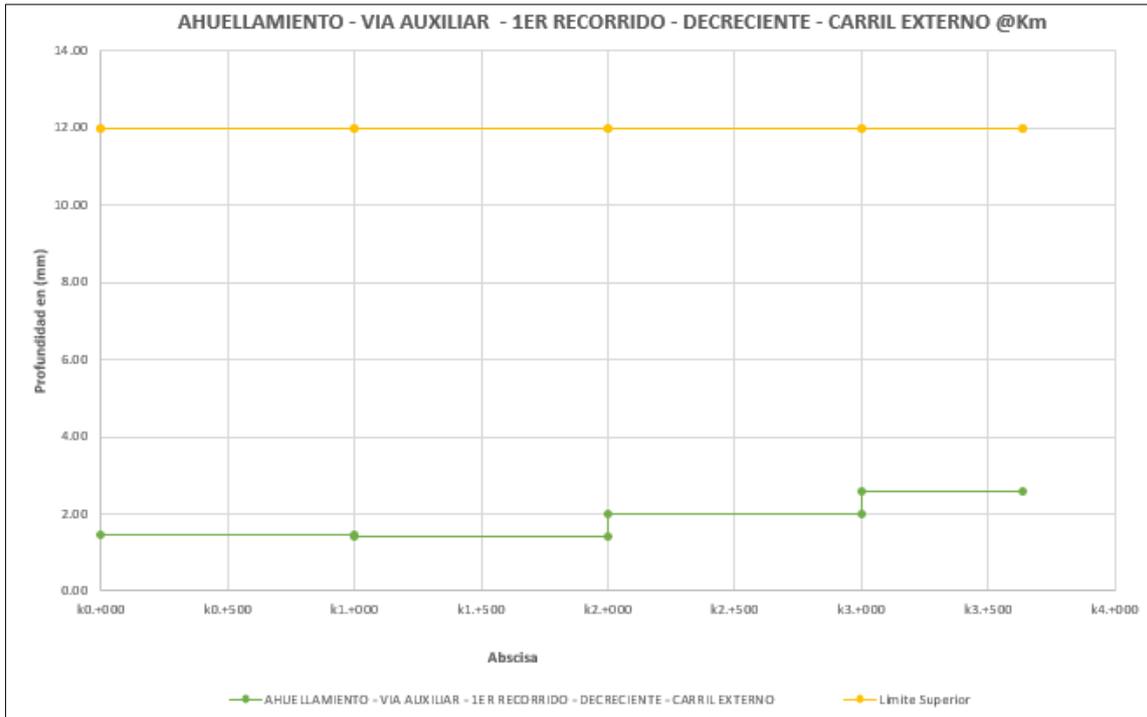


Figura 94. Ahuellamiento – Vía Auxiliar – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo.

Fuente. Dynatest.

Vía Auxiliar – 2do Recorrido – Calzada Creciente – Carril Interno

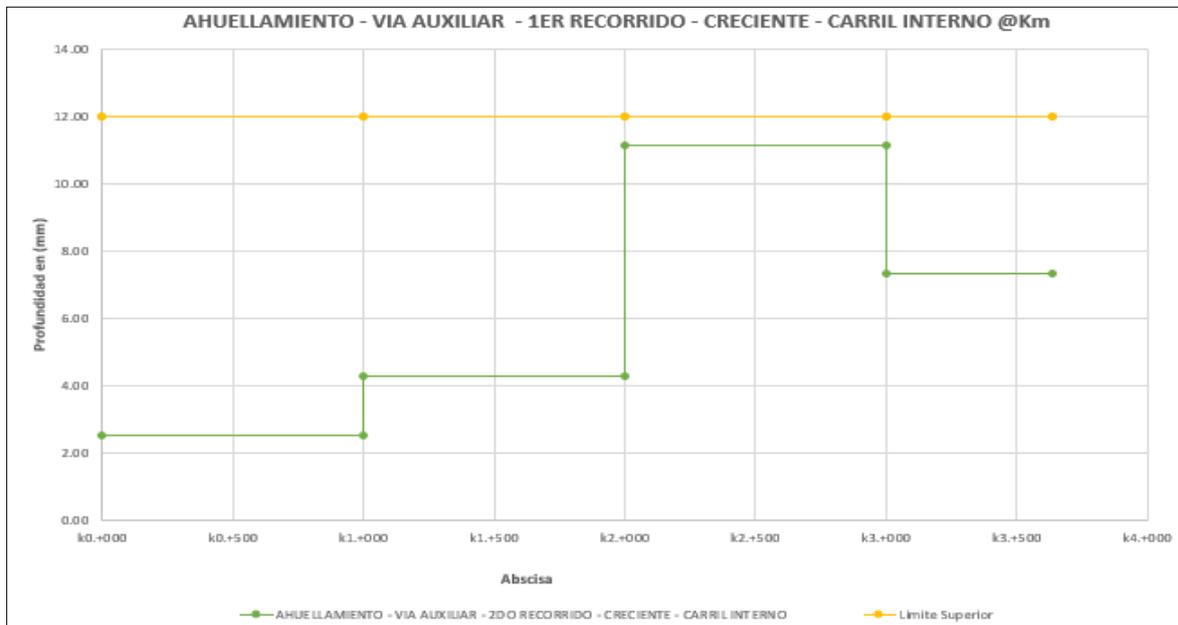


Figura 95. Ahuellamiento – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno.

Fuente. Dynatest.

Vía Auxiliar – 2do Recorrido – Calzada Creciente – Carril Externo

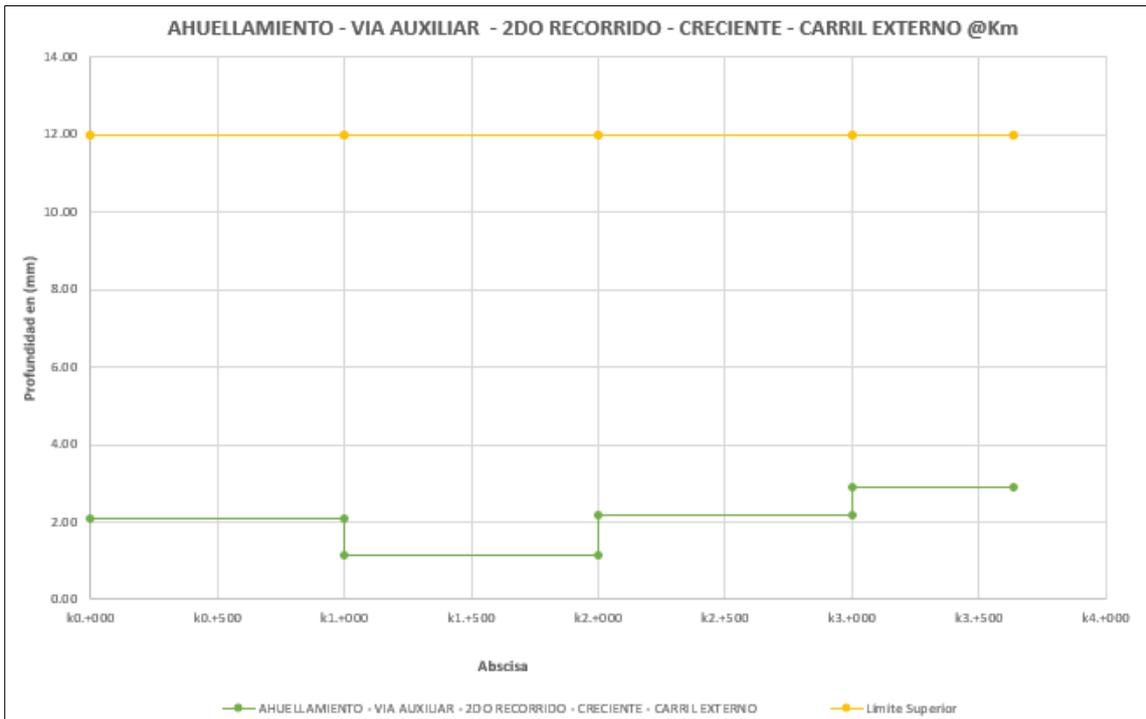


Figura 96. Ahuellamiento – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo.

Fuente. Dynatest.

Vía Auxiliar – 2do Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Interno

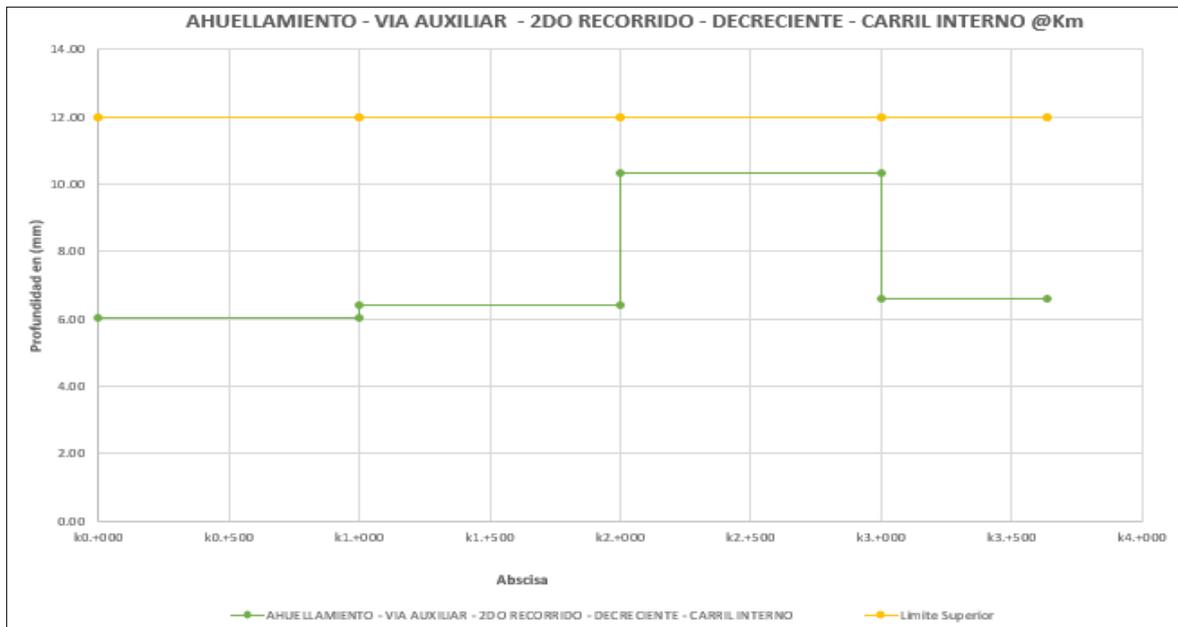


Figura 97. Ahuellamiento – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno.

Fuente. Dynatest.

Vía Auxiliar – 2do Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Externo

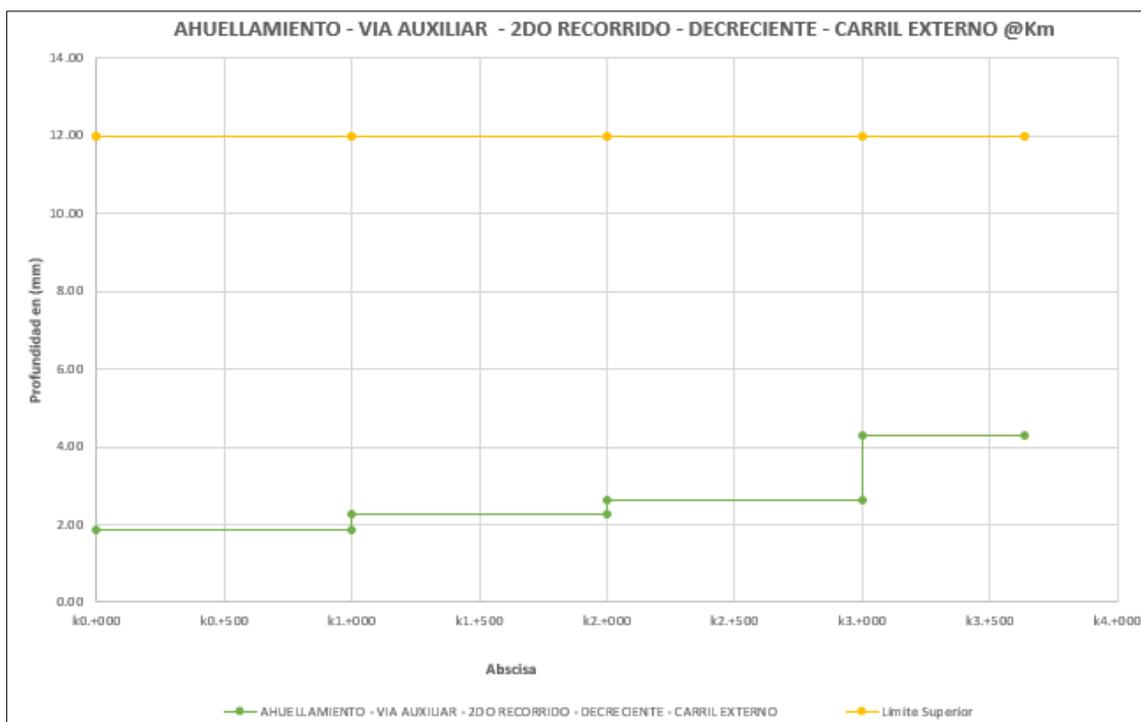


Figura 98. Ahuellamiento – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo.

Fuente. Dynatest.

En la Tabla 5 se expresa el nivel de Severidad y su Frecuencia del tipo de falla Ahuellamiento en las Vías Principales y Auxiliares de manera Creciente y Decreciente para así calcular el Valor Deducido y el LDR y NDR.

**Tabla 5.** Resumen del Nivel de Severidad del de Falla Ahuellamiento en la Vía Principal y Auxiliar de Manera Creciente y Decreciente de km0+00 – km 3+640.

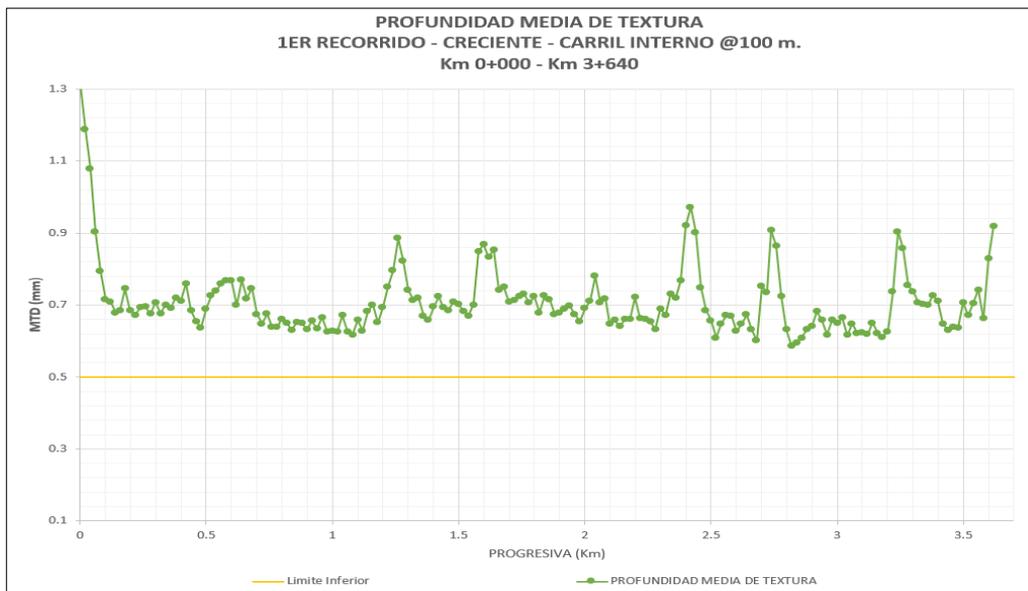
Kilometro	Tipo de Falla	Carril	VÍA	Nivel de Severidad	Frecuencia
0+00 - 1+00	Ahuellamiento	Interno	Principal	Menor de ½”	No Extendido
1+00 – 2+00	Ahuellamiento	Externo	Principal	Menor de ½”	No Extendido
2+00 – 3+00	Ahuellamiento	Interno	Auxiliar	Menor de ½”	No Extendido
3+00 – 3+640	Ahuellamiento	Externo	Auxiliar	Menor de ½”	No Extendido

Fuente. Elaboración Propia.

## **SECTORES DE EVALUACIÓN – TEXTURA (PIEL DE COCODRILO)**

A continuación, se evalúa la vía por el ensayo de Perfilometría y se obtuvieron datos que están representados por gráficos como podemos observar desde la figura 99 hasta la figura 114. En todas estas figuras se visualiza una línea amarilla que indica el límite de la profundidad media de la textura permitido en los pavimentos flexibles siendo 0.5mm y puntos verdes unidos que indica la profundidad media a cada 20m y se divide en 4 tramos de 1km de distancia los primeros 3 tramos y el último tramo tiene una distancia de 640m, se puede observar en todos los gráficos, los valores adquiridos están dentro de las medidas recomendadas, Excepto en la Figura 100 (En la calzada creciente carril externo) se aprecia en la gráfica, que la Profundidad Media de Textura pasa el umbral mínimo que es de 0.5 mm por lo tanto quiere decir que el pavimento se encuentra desgastado.

### *1er Recorrido – Calzada Creciente – Carril Interno*



*Figura 99. Textura – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno.*

*Fuente. Dynatest.*

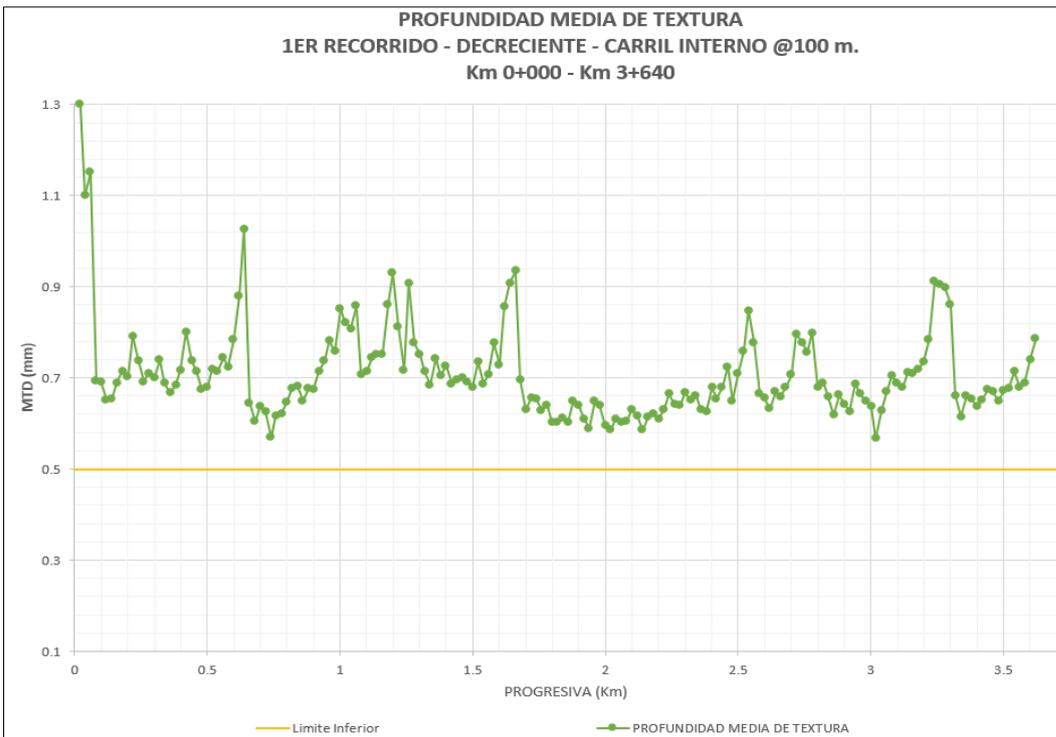
*1er Recorrido – Calzada Creciente – Carril Externo*



*Figura 100. Textura – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo.*

*Fuente. Dynatest.*

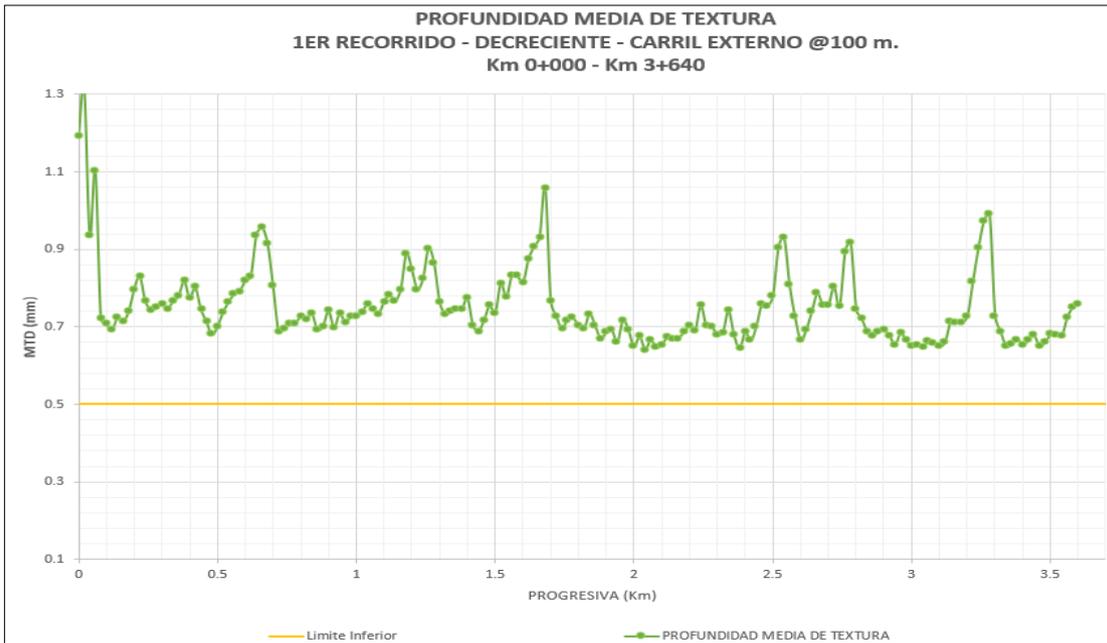
*1er Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Interno*



*Figura 101. Textura – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno.*

*Fuente. Dynatest.*

*1er Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Externo*



*Figura 102. Textura – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo.*

*Fuente. Dynatest.*

*2do Recorrido – Calzada Creciente – Carril Interno*



*Figura 103. Textura – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno.*

*Fuente. Dynatest.*

2do Recorrido – Calzada Creciente – Carril Externo

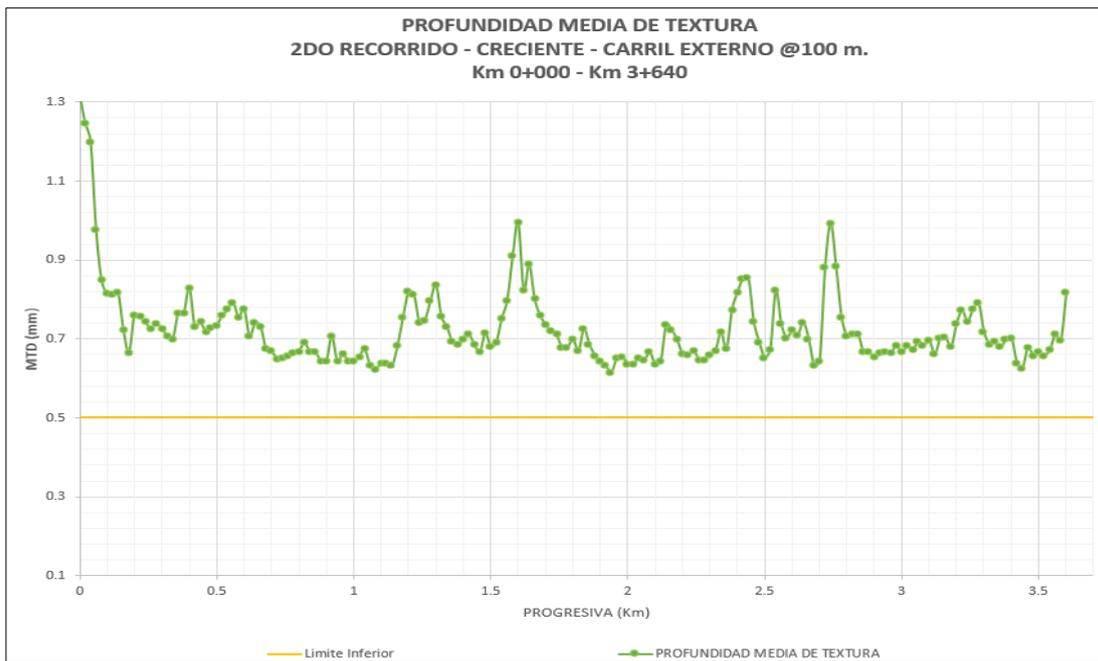


Figura 104. Textura – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo.

Fuente. Dynatest.

2do Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Interno

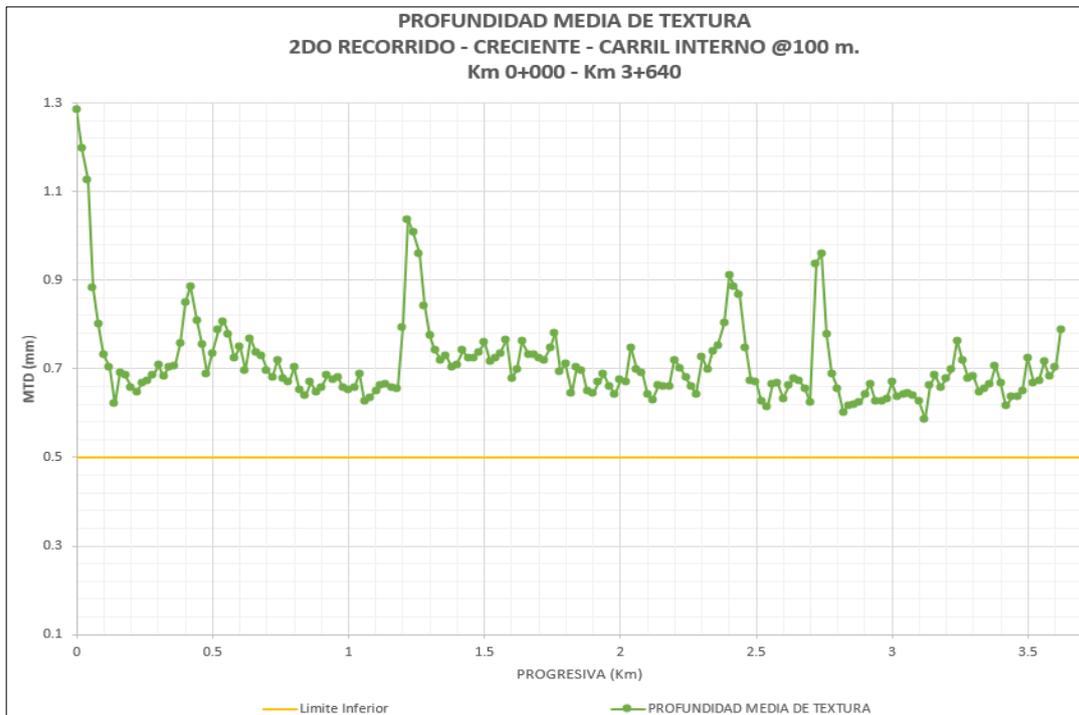


Figura 105. Textura – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno.

Fuente. Dynatest.

2do Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Externo

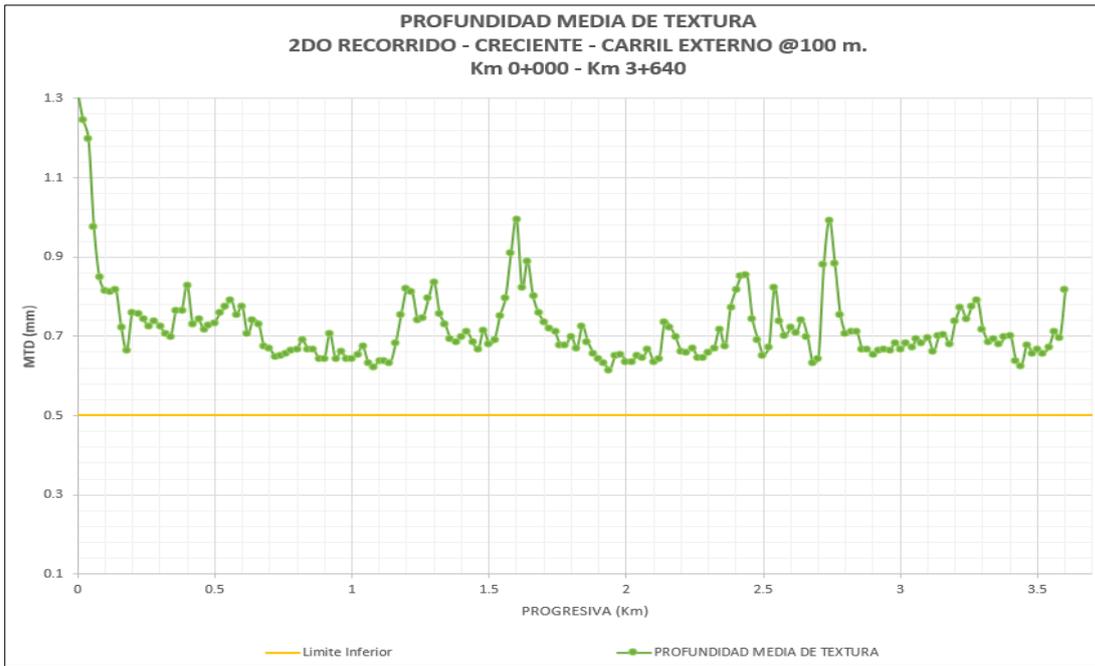


Figura 106. Textura – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo.

Fuente. Dynatest.

Vía Auxiliar – 1er Recorrido – Calzada Creciente – Carril Interno

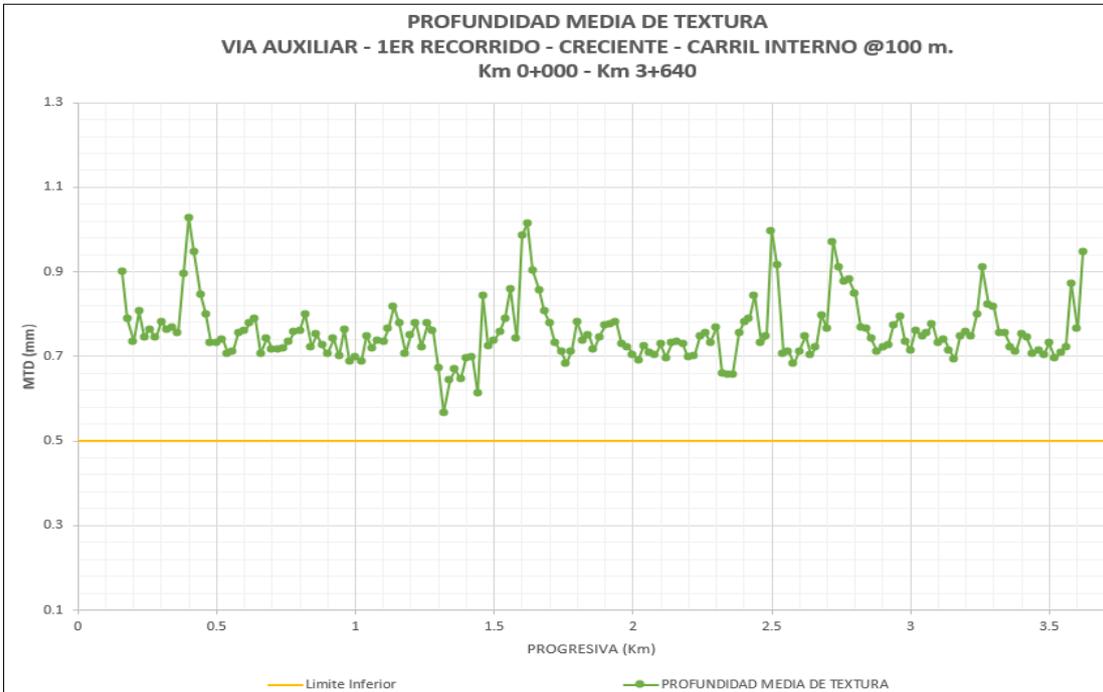
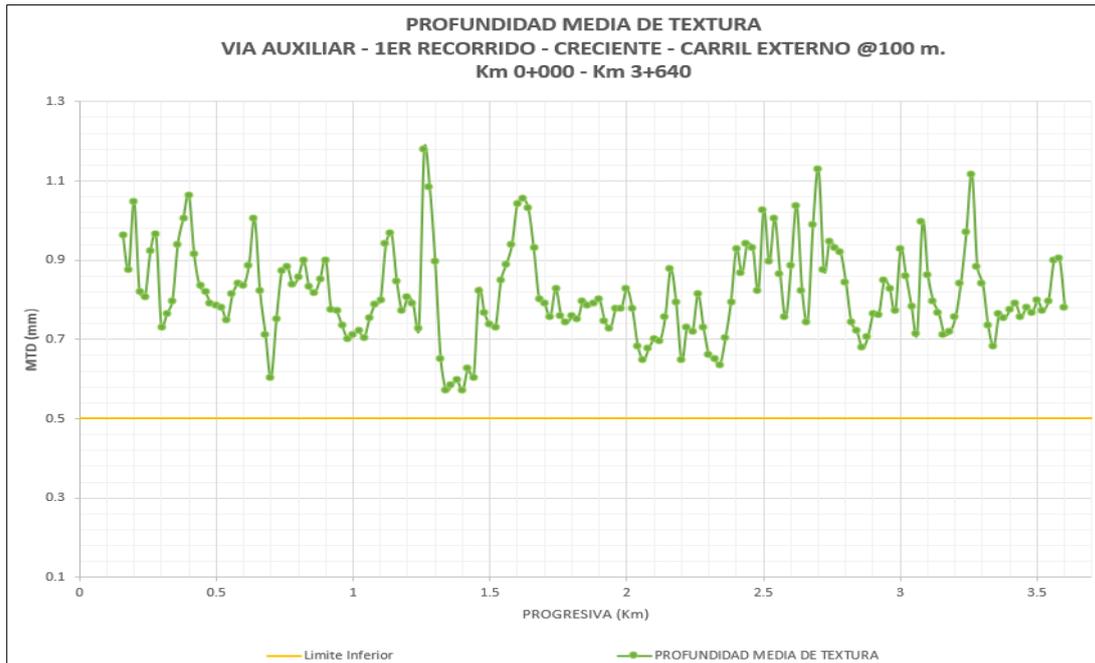


Figura 107. Textura – Vía Auxiliar – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno.

Fuente. Dynatest.

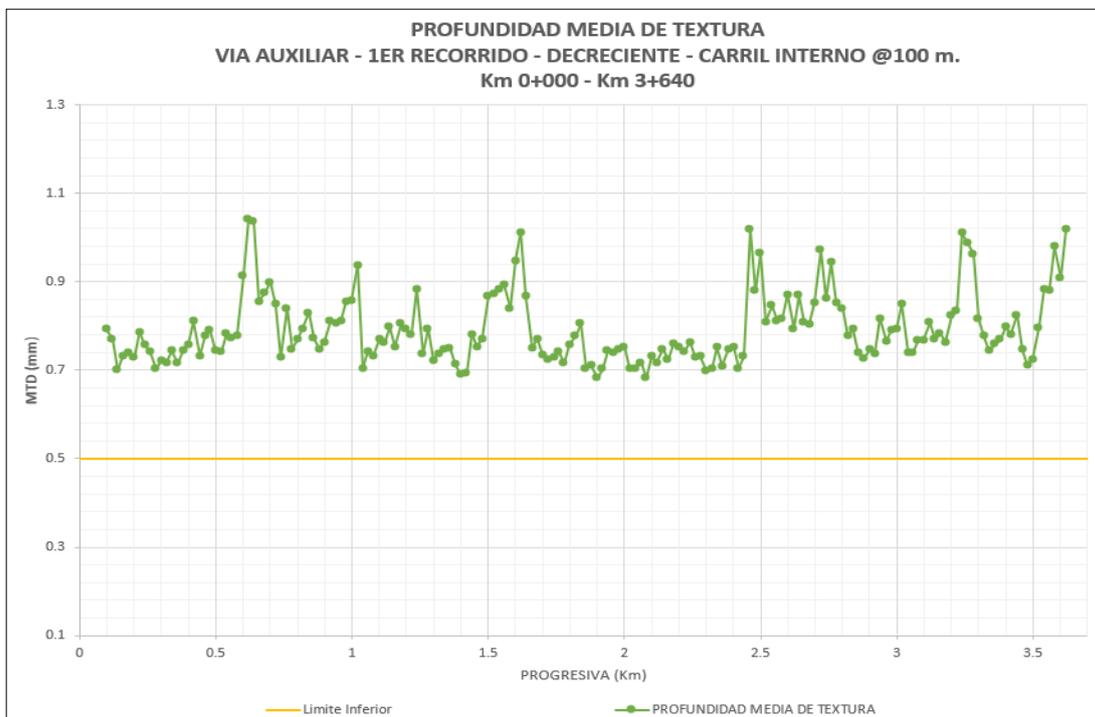
*Vía Auxiliar – 1er Recorrido – Calzada Creciente – Carril Externo*



*Figura 108. Textura – Vía Auxiliar – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo.*

*Fuente. Dynatest.*

*Vía Auxiliar – 1er Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Interno*



*Figura 109. Textura – Vía Auxiliar – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno.*

*Fuente. Dynatest*

Vía Auxiliar – 1er Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Externo

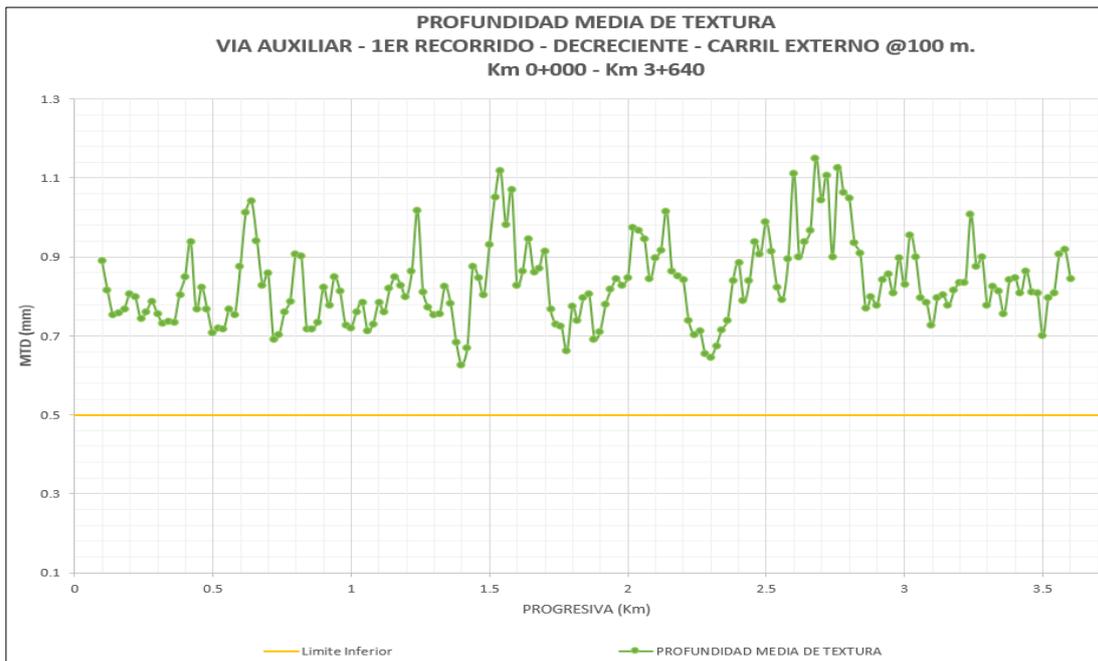


Figura 110. Textura – Vía Auxiliar – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo.

Fuente. Dynatest.

Vía Auxiliar – 2do Recorrido – Calzada Creciente – Carril Interno

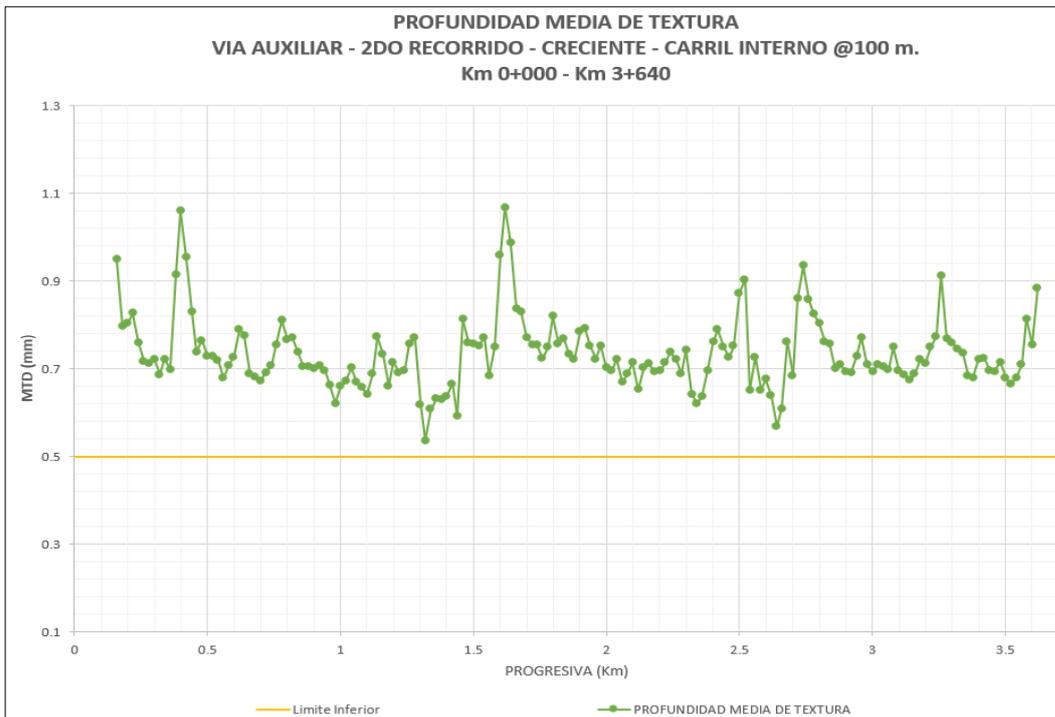
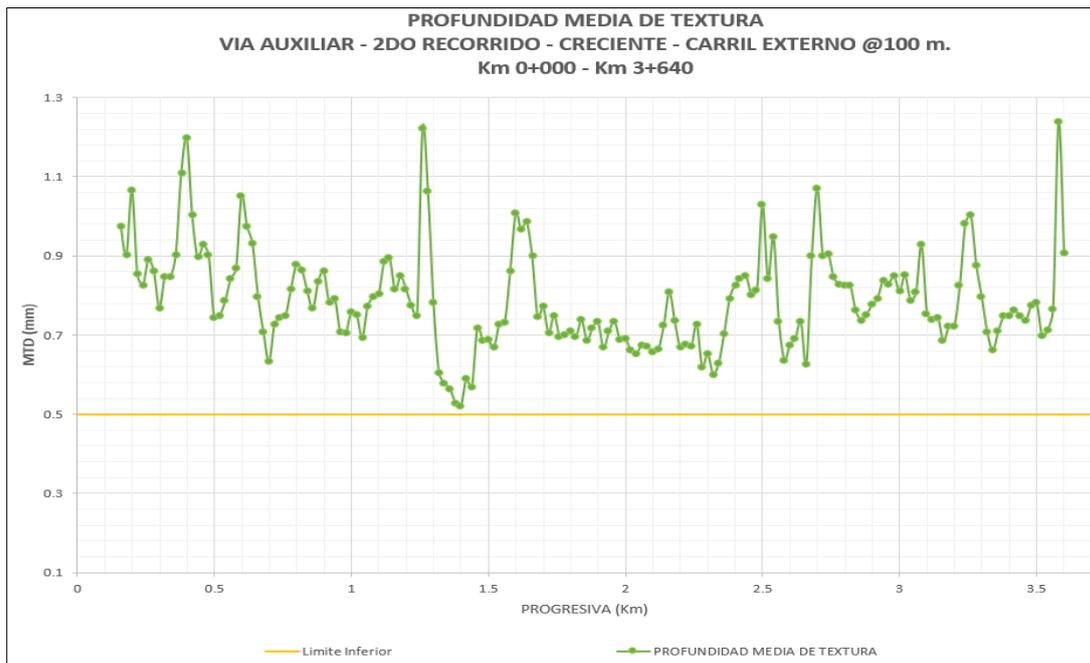


Figura 111. Textura – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno.

Fuente. Dynatest.

*Vía Auxiliar – 2do Recorrido – Calzada Creciente – Carril Externo*



*Figura 112. Textura – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo.*

*Fuente. Dynatest.*

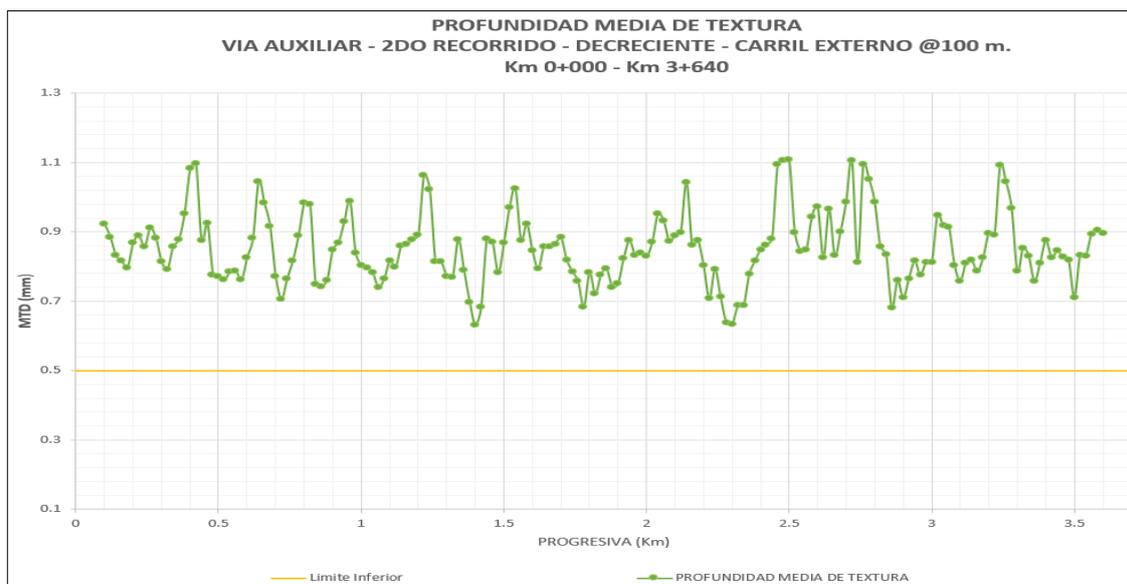
*Vía Auxiliar – 2do Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Interno*



*Figura 113. Textura – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno.*

*Fuente. Dynatest.*

*Vía Auxiliar – 2do Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Externo*



**Figura 114.** Textura – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo.

*Fuente. Dynatest.*

En la Tabla 6 se expresa el nivel de Severidad y su Frecuencia del tipo de falla Piel de Cocodrilo y grietas (Textura) en las Vías Principales y Auxiliares de manera Creciente y Decreciente para así calcular el Valor Deducido y el LDR y NDR.

**Tabla 6.** Resumen del Nivel de Severidad del Tipo de Falla Piel de Cocodrilo y grietas (Textura) en la Vía Principal y Auxiliar de Manera Creciente y Decreciente de km0+00 – km 3+640.

Kilometro	Tipo de Falla	Carril	Vía	Nivel de Severidad	Frecuencia
0+00 - 1+00	Piel de Cocodrilo y grietas (Textura)	Interno/ Externo	Principal	No Severo	Raro
1+00 – 2+00	Piel de Cocodrilo y grietas (Textura)	Interno/ Externo	Principal	No Severo	Raro
2+00 – 3+00	Piel de Cocodrilo y grietas (Textura)	Interno/ Externo	Auxiliar	No Severo	Raro
3+00 – 3+640	Piel de Cocodrilo y grietas (Textura)	Interno/ Externo	Auxiliar	No Severo	Raro

Fuente: Elaboración Propia.

### **3.2.3 ÍNDICE DE CONDICIÓN EN LA METODOLOGÍA WINDSHIELD PARA CALIFICAR LA CONDICIÓN CRÍTICA DEL PAVIMENT**

Luego de haber obtenido los datos necesarios de los diferentes tipos de fallas en todos los tramos de la Avenida Canta Callao, se procede a clasificar el Índice de Condición Crítica del Pavimento Flexible, mediante las fichas técnicas de recolección de datos, esta ficha se puede visualizar en los Anexos. Nos sirve para realizar la evaluación de la avenida Canta Callao separado por 4 tramos. Esta ficha técnica se basa en calcular el valor deducido a través de las gráficas que se encuentran en el Anexo N°8. Una vez obtenido el valor deducido de cada tipo de falla que se evalúa en este método Windshield, se coloca en su cuadro correspondiente y después de llenar cada cuadro, se continúa hallando el LDR y NDR. Luego se escoge el valor menor de esos dos valores y ese vendría a ser el valor del Índice de la Condición Crítica.

También se observan las fichas de observación de la Vía, en este caso está dividido por 4 tramos que se evalúa, estas fichas sirven para visualizar y constatar que todos los datos que se requieran se encuentren en la vía.

**A continuación se continúa a mostrar las fichas técnicas de recolección de datos llenadas con los datos recolectados por medio de visualización de la avenida con sus respectivas fichas de observación.**

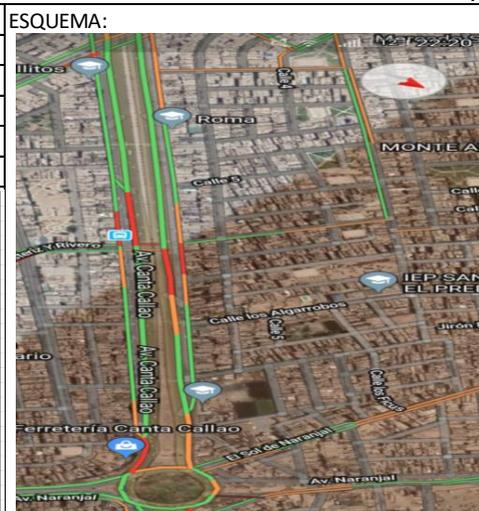


# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN CRÍTICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE USANDO EL ENSAYO DE PERFILOMETRÍA EN EL MÉTODO WINDSHIELD-AVENIDA CANTA CALLAO-2019**

**FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (MÉTODO WINDSHIELD PAVEMENT FLEXIBLE CONDITION)**

<b>Nombre de la Vía:</b>	Tramo 1 - Av. Canta Callao - km 0+00 - km 1+00
<b>Longitud:</b>	1000m
<b>Ancho del Carril:</b>	3.50m
<b>Evaluador:</b>	Renato Javier Saavedra Delgado
<b>Fecha:</b>	15/09/2019



**TIPOS DE FALLAS POR LOS EVALUADORES**

DETERIORO	NIVEL DE SEVERIDAD	DEFINICIÓN	COMO CONTAR
PIEL DE COCODRILO	NO SEVERO	GRIETA LONGITUDINAL GRIETAS	RARO- MENOS DEL 10% DEL ÁREA DE LA VÍA
	SEVERO	DESPRENDIMIENTO DE GRIETAS INTERCONECTADAS	OCASIONAL- 10 AL 50% DEL ÁREA DE LA VÍA
	MUY SEVERO	AGRIETAMIENTO Y DESPRENDIMIENTO	FRECUENTE- SOBRE EL 50% DEL ÁREA DE LA VÍA
GRIETAS TRANSVERSALES, LONGITUDINALES Y POR REFLEXIÓN	NO SEVERO	GRIETA VISIBLE	USAR EL CONTEO DE GRIETAS
	SEVERO	GRIETA ABIERTA	
	MUY SEVERO	DESPRENDIMIENTO Y/O AGRIETAMIENTO ADYACENTE	
AHUELLAMIENTO	MENOR DE 1/2 PULGADA	CAPACIDAD PARA ESTANCARSE EL AGUA	RARO
	MAYOR DE 1/2 PULGADA		EXTENDIDO EN LA VÍA
PARCHEO	SI	CIERTOS PARCHES EN LA SESIÓN ANALIZAR	MENOS DEL 10% DEL ÁREA DE LA SESIÓN ANALIZADA
	NO	NO HAY PARCHES EN LA SESIÓN ANALIZAR	MAYOR DEL 10% DEL ÁREA DE LA SESIÓN ANALIZADA

DETERIORO	FRECUENCIA				NIVEL DE SEVERIDAD			VALOR DEDUCIDO (VD)
	NO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE	NO SEVERO	SEVERO	MUY SEVERO	
PIEL DE COCODRILO		✘			✘			22
GRIETAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES	GRIETA CONTABLE ✘				✘			15
GRIETAS POR REFLEXIÓN	GRIETA CONTABLE							—
AHUELLAMIENTOS				✘	≤ 1/2"	≥ 1/2"	✘	33
PARCHEOS				✘	≤ 10%	≥ 10%	✘	6
<b>LDR = 100 – Piel de Cocodrilo Deducido – Ahuellamiento Deducido – Parcheo Deducido</b>								<b>LDR = 39</b>
<b>NDR = 100 – Grietas Lgtds y Trvls o Grietas por Reflexión Deducido – Parcheo Deducido</b>								<b>NDR = 79</b>
<b>INDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA (CCI)= 39</b>					<b>CLASIFICACIÓN= MUY POBRE</b>			

RANGO CCI	CLASIFICACIÓN
100-90	Excelente
89-70	Bueno
69-60	Regular
59-50	Pobre
49-0	Muy Pobre



## UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

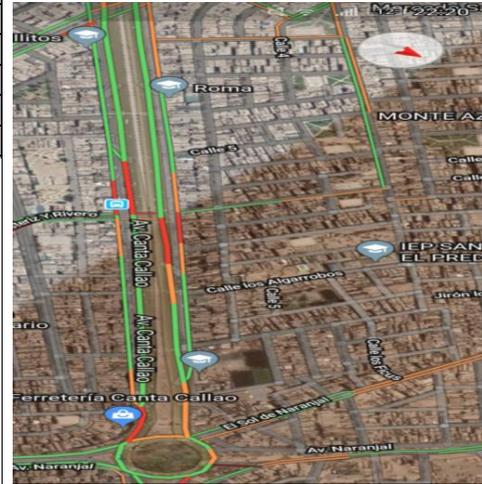
**ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN CRÍTICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE USANDO EL ENSAYO DE PERFILOMETRÍA EN EL MÉTODO WINDSHIELD-AVENIDA CANTA CALLAO-2019**

### FICHA DE OBSERVACIÓN DE LA VÍA

PREGUNTAS SOBRE PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	SI	NO
1. ¿SE IDENTIFICARON LOS TIPOS DE FALLAS QUE SE ENCUENTRAN EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
2. ¿SE DETERMINARON LAS SEVERIDADES DE CADA TIPO DE FALLA VISUALIZADA EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
3. ¿SE DETERMINARON LAS EXTENSIONES DE CADA TIPO DE FALLA VISUALIZADA EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
PREGUNTAS SOBRE ÍNDICE DE CONDICIÓN	SI	NO
1. ¿SE CONOCEN LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN PARA PODER CALCULAR EL VALOR DEDUCIDO (VD) DE LAS FALLAS ENCONTRADAS?	<b>X</b>	
2. ¿SE CONOCEN LOS VALORES DEDUCIDOS (VD) PARA PODER CALCULAR LOS VALORES DE LDR Y NDR?	<b>X</b>	
2. ¿SE CONOCEN LOS VALORES DE LDR Y NDR PARA PODER CALCULAR EL ÍNDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA?	<b>X</b>	
PREGUNTAS SOBRE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	SI	NO
1. ¿SE CONOCEN TODOS LOS DATOS NECESARIOS PARA PODER CALIFICAR LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
PREGUNTAS SOBRE SERVICIABILIDAD	SI	NO
1. ¿SE CONOCEN TODOS LOS DATOS NECESARIOS PARA PODER CALIFICAR LA SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?		<b>X</b>
<b>OBSERVACIONES Y COMENTARIOS:</b> En este tramo se observan fallas del tipo ahuellamiento que con medirlos se pueden apreciar mayor a 0.5 pulgadas, que se encuentran extendidas a lo largo del carril. También se observan una cantidad considerable de la falla de piel de cocodrilo.		
<b>Nombre de la Vía:</b>	Tramo 1 - Av. Canta Callao - km 0+00 - km 1+00	FIRMA:
<b>Evaluador:</b>	Renato Javier Saavedra Delgado	
<b>Ancho Del Carril:</b>	3.50m	
<b>Longitud:</b>	1000m	
<b>Fecha:</b>	15/09/2019	

<b>Nombre de la Vía:</b>	Tramo 2 - Av. Canta Callao - km 1+00 - km 2+00
<b>Longitud:</b>	1000m
<b>Ancho del Carril:</b>	3.50m
<b>Evaluador:</b>	Renato Javier Saavedra Delgado
<b>Fecha:</b>	15/09/2019

ESQUEMA:



**TIPOS DE FALLAS POR LOS EVALUADORES**

DETERIORO	NIVEL DE SEVERIDAD	DEFINICIÓN	COMO CONTAR
PIEL DE COCODRILO	NO SEVERO	GRIETA LONGITUDINAL GRIETAS	RERO- MENOS DEL 10% DEL ÁREA DE LA VÍA
	SEVERO	DESPRENDIMIENTO DE GRIETAS INTERCONECTADAS	OCASIONAL- 10 AL 50% DEL ÁREA DE LA VÍA
	MUY SEVERO	AGRIETAMIENTO Y DESPRENDIMIENTO	FRECUENTE- SOBRE EL 50% DEL ÁREA DE LA VÍA
GRIETAS TRANSVERSALES, LONGITUDINALES Y POR REFLEXIÓN	NO SEVERO	GRIETA VISIBLE	USAR EL CONTEO DE GRIETAS
	SEVERO	GRIETA ABIERTA	
	MUY SEVERO	DESPRENDIMIENTO Y/O AGRIETAMIENTO ADYACENTE	
AHUELLAMIENTO	MENOR DE 1/2 PULGADA	CAPACIDAD PARA ESTANCARSE EL AGUA	RARO
	MAYOR DE 1/2 PULGADA		EXTENDIDO EN LA VÍA
PARCHEO	SI	CIERTOS PARCHES EN LA SESIÓN ANALIZAR	MENOS DEL 10% DEL ÁREA DE LA SESIÓN ANALIZADA
	NO	NO HAY PARCHES EN LA SESIÓN ANALIZAR	MAYOR DEL 10% DEL ÁREA DE LA SESIÓN ANALIZADA

DETERIORO	FRECUENCIA				NIVEL DE SEVERIDAD			VALOR DEDUCIDO (VD)
	NO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE	NO SEVERO	SEVERO	MUY SEVERO	
PIEL DE COCODRILO		<b>X</b>			<b>X</b>			<b>12</b>
GRIETAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES	GRIETA CONTABLE				<b>X</b>			<b>18</b>
GRIETAS POR REFLEXIÓN	GRIETA CONTABLE							—
AHUELLAMIENTOS				<b>X</b>	$\leq 1/2"$	$\geq 1/2"$	<b>X</b>	<b>28</b>
PARCHEOS				<b>X</b>	$\leq 10\%$	$\geq 10\%$	<b>X</b>	<b>6</b>
<b>LDR = 100 – Piel de Cocodrilo Deducido – Ahuellamiento Deducido – Parcheo Deducido</b>								<b>LDR = 54</b>
<b>NDR = 100 – Grietas Lgtds y Trvls o Grietas por Reflexión Deducido – Parcheo Deducido</b>								<b>NDR = 76</b>
<b>INDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA (CCI)= 54</b>					<b>CLASIFICACIÓN= POBRE</b>			

RANGO CCI	CLASIFICACIÓN
100-90	Excelente
89-70	Bueno
69-60	Regular
59-50	Pobre
49-0	Muy Pobre

	<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>	
	ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN CRÍTICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE USANDO EL ENSAYO DE PERFILOMETRÍA EN EL MÉTODO WINDSHIELD-AVENIDA CANTA CALLAO-2019	
	<b>FICHA DE OBSERVACIÓN DE LA VÍA</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE PARÁMETROS DE EVALUACIÓN</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE IDENTIFICARON LOS TIPOS DE FALLAS QUE SE ENCUENTRAN EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
2. ¿SE DETERMINARON LAS SEVERIDADES DE CADA TIPO DE FALLA VISUALIZADA EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
3. ¿SE DETERMINARON LAS EXTENSIONES DE CADA TIPO DE FALLA VISUALIZADA EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE ÍNDICE DE CONDICIÓN</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE CONOCEN LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN PARA PODER CALCULAR EL VALOR DEDUCIDO (VD) DE LAS FALLAS ENCONTRADAS?	<b>X</b>	
2. ¿SE CONOCEN LOS VALORES DEDUCIDOS (VD) PARA PODER CALCULAR LOS VALORES DE LDR Y NDR?	<b>X</b>	
2. ¿SE CONOCEN LOS VALORES DE LDR Y NDR PARA PODER CALCULAR EL ÍNDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA?	<b>X</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE CONOCEN TODOS LOS DATOS NECESARIOS PARA PODER CALIFICAR LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE SERVICIABILIDAD</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE CONOCEN TODOS LOS DATOS NECESARIOS PARA PODER CALIFICAR LA SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?		<b>X</b>
<b>OBSERVACIONES Y COMENTARIOS:</b> En este tramo se observan fallas del tipo ahuellamiento que con medirlos se pueden apreciar mayor a 0.5 pulgadas, que se encuentran extendidas a lo largo del carril. Se observan fallas de piel de cocodrilo, algunas grietas y pocos parches.		
<b>Nombre de la Vía:</b>	Tramo 2 - Av. Canta Callao - km 1+00 - km 2+00	FIRMA:
<b>Evaluador:</b>	Renato Javier Saavedra Delgado	
<b>Ancho Del Carril:</b>	3.50m	
<b>Longitud:</b>	1000m	
<b>Fecha:</b>	15/09/2019	



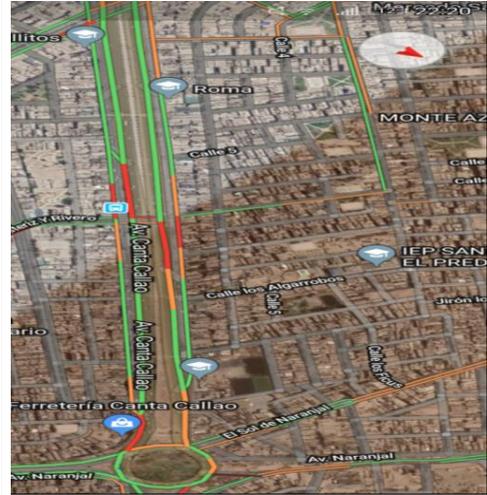
# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN CRÍTICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE USANDO EL ENSAYO DE PERFILOMETRÍA EN EL MÉTODO WINDSHIELD-AVENIDA CANTA CALLAO-2019**

**FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (MÉTODO WINDSHIELD PAVEMENT FLEXIBLE CONDITION)**

<b>Nombre de la Vía:</b>	Tramo 3 - Av. Canta Callao - km 2+00 - km 3+00
<b>Longitud:</b>	1000m
<b>Ancho del Carril:</b>	3.50m
<b>Evaluador:</b>	Renato Javier Saavedra Delgado
<b>Fecha:</b>	16/09/2019

ESQUEMA:



**TIPOS DE FALLAS POR LOS EVALUADORES**

DETERIORO	NIVEL DE SEVERIDAD	DEFINICIÓN	COMO CONTAR
PIEL DE COCODRILO	NO SEVERO	GRIETA LONGITUDINAL GRIETAS	RERO- MENOS DEL 10% DEL ÁREA DE LA VÍA
	SEVERO	DESPRENDIMIENTO DE GRIETAS INTERCONECTADAS	OCASIONAL- 10 AL 50% DEL ÁREA DE LA VÍA
	MUY SEVERO	AGRIETAMIENTO Y DESPRENDIMIENTO	FRECUENTE- SOBRE EL 50% DEL ÁREA DE LA VÍA
GRIETAS TRANSVERSALES, LONGITUDINALES Y POR REFLEXIÓN	NO SEVERO	GRIETA VISIBLE	USAR EL CONTEO DE GRIETAS
	SEVERO	GRIETA ABIERTA	
	MUY SEVERO	DESPRENDIMIENTO Y/O AGRIETAMIENTO ADYACENTE	
AHUELLAMIENTO	MENOR DE 1/2 PULGADA	CAPACIDAD PARA ESTANCARSE EL AGUA	RARO
	MAYOR DE 1/2 PULGADA		EXTENDIDO EN LA VÍA
PARCHEO	SI	CIERTOS PARCHES EN LA SESIÓN ANALIZAR	MENOS DEL 10% DEL ÁREA DE LA SESIÓN ANALIZADA
	NO	NO HAY PARCHES EN LA SESIÓN ANALIZAR	MAYOR DEL 10% DEL ÁREA DE LA SESIÓN ANALIZADA

DETERIORO	FRECUENCIA				NIVEL DE SEVERIDAD			VALOR DEDUCIDO (VD)
	NO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE	NO SEVERO	SEVERO	MUY SEVERO	
PIEL DE COCODRILO		✘			✘			10
GRIETAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES	GRIETA CONTABLE ✘				✘			20
GRIETAS POR REFLEXIÓN	GRIETA CONTABLE							—
AHUELLAMIENTOS				✘	≤ 1/2"	≥ 1/2"	✘	25
PARCHEOS				✘	≤ 10%	≥ 10%	✘	5
LDR = 100 – Piel de Cocodrilo Deducido – Ahuellamiento Deducido – Parcheo Deducido								<b>LDR = 60</b>
NDR = 100 – Grietas Lgtds y Trvls o Grietas por Reflexión Deducido – Parcheo Deducido								<b>NDR = 75</b>
<b>INDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA (CCI)= 60</b>					<b>CLASIFICACIÓN= REGULAR</b>			

RANGO CCI	CLASIFICACIÓN
100-90	Excelente
89-70	Bueno
69-60	Regular
59-50	Pobre
49-0	Muy Pobre

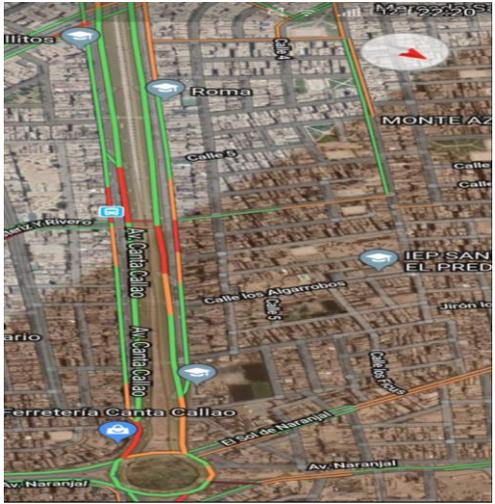


## UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN CRÍTICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE USANDO EL ENSAYO DE PERFILOMETRÍA EN EL MÉTODO WINDSHIELD-AVENIDA CANTA CALLAO-2019**

### FICHA DE OBSERVACIÓN DE LA VÍA

PREGUNTAS SOBRE PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	SI	NO
1. ¿SE IDENTIFICARON LOS TIPOS DE FALLAS QUE SE ENCUENTRAN EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
2. ¿SE DETERMINARON LAS SEVERIDADES DE CADA TIPO DE FALLA VISUALIZADA EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
3. ¿SE DETERMINARON LAS EXTENSIONES DE CADA TIPO DE FALLA VISUALIZADA EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
PREGUNTAS SOBRE ÍNDICE DE CONDICIÓN	SI	NO
1. ¿SE CONOCEN LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN PARA PODER CALCULAR EL VALOR DEDUCIDO (VD) DE LAS FALLAS ENCONTRADAS?	<b>X</b>	
2. ¿SE CONOCEN LOS VALORES DEDUCIDOS (VD) PARA PODER CALCULAR LOS VALORES DE LDR Y NDR?	<b>X</b>	
2. ¿SE CONOCEN LOS VALORES DE LDR Y NDR PARA PODER CALCULAR EL ÍNDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA?	<b>X</b>	
PREGUNTAS SOBRE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	SI	NO
1. ¿SE CONOCEN TODOS LOS DATOS NECESARIOS PARA PODER CALIFICAR LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
PREGUNTAS SOBRE SERVICIABILIDAD	SI	NO
1. ¿SE CONOCEN TODOS LOS DATOS NECESARIOS PARA PODER CALIFICAR LA SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?		<b>X</b>
<b>OBSERVACIONES Y COMENTARIOS:</b> En este tramo se observan fallas del tipo ahuellamiento que con medirlos se pueden apreciar mayor a 0.5 pulgadas, que se encuentran extendidas a lo largo del carril. También se observan la falla de piel de cocodrilo mínimo, se observan grietas.		
<b>Nombre de la Vía:</b>	Tramo 3 - Av. Canta Callao - km 2+00 - km 3+00	FIRMA:
<b>Evaluador:</b>	Renato Javier Saavedra Delgado	
<b>Ancho Del Carril:</b>	3.50m	
<b>Longitud:</b>	1000m	
<b>Fecha:</b>	16/09/2019	

<b>Nombre de la Vía:</b>	Tramo 4 - Av. Canta Callao - km 3+00 - km 3+640	ESQUEMA:
<b>Longitud:</b>	640m	
<b>Ancho del Carril:</b>	3.50m	
<b>Evaluador:</b>	Renato Javier Saavedra Delgado	
<b>Fecha:</b>	16/09/2019	

#### TIPOS DE FALLAS POR LOS EVALUADORES

DETERIORO	NIVEL DE SEVERIDAD	DEFINICIÓN	COMO CONTAR
PIEL DE COCODRILO	NO SEVERO	GRIETA LONGITUDINAL GRIETAS	RERO-MENOS DEL 10% DEL ÁREA DE LA VÍA
	SEVERO	DESPRENDIMIENTO DE GRIETAS INTERCONECTADAS	OCASIONAL- 10 AL 50% DEL ÁREA DE LA VÍA
	MUY SEVERO	AGRIETAMIENTO Y DESPRENDIMIENTO	FRECUENTE- SOBRE EL 50% DEL ÁREA DE LA VÍA
GRIETAS TRANSVERSALES, LONGITUDINALES Y POR REFLEXIÓN	NO SEVERO	GRIETA VISIBLE	USAR EL CONTEO DE GRIETAS
	SEVERO	GRIETA ABIERTA	
	MUY SEVERO	DESPRENDIMIENTO Y/O AGRIETAMIENTO ADYACENTE	
AHUELLAMIENTO	MENOR DE 1/2 PULGADA	CAPACIDAD PARA ESTANCARSE EL AGUA	RARO
	MAYOR DE 1/2 PULGADA		EXTENDIDO EN LA VÍA
PARCHEO	SI	CIERTOS PARCHES EN LA SESIÓN ANALIZAR	MENOS DEL 10% DEL ÁREA DE LA SESIÓN ANALIZADA
	NO	NO HAY PARCHES EN LA SESIÓN ANALIZAR	MAYOR DEL 10% DEL ÁREA DE LA SESIÓN ANALIZADA

DETERIORO	FRECUENCIA				NIVEL DE SEVERIDAD			VALOR DEDUCIDO (VD)
	NO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE	NO SEVERO	SEVERO	MUY SEVERO	
PIEL DE COCODRILO		✗			✗			24
GRIETAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES	GRIETA CONTABLE				✗			28
GRIETAS POR REFLEXIÓN	GRIETA CONTABLE							—
AHUELLAMIENTOS				✗	≤ 1/2"	≥ 1/2"	✗	34
PARCHEOS				✗	≤ 10%	≥ 10%	✗	12
<b>LDR = 100 – Piel de Cocodrilo Deducido – Ahuellamiento Deducido – Parcheo Deducido</b>								<b>LDR = 30</b>
<b>NDR = 100 – Grietas Lgtds y Trvls o Grietas por Reflexión Deducido – Parcheo Deducido</b>								<b>NDR = 60</b>
<b>INDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA (CCI)= 30</b>					<b>CLASIFICACIÓN= MUJ POBRE</b>			

RANGO CCI	CLASIFICACIÓN
100-90	Excelente
89-70	Bueno
69-60	Regular
59-50	Pobre
49-0	Muy Pobre

	<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>	
	ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN CRÍTICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE USANDO EL ENSAYO DE PERFILOMETRÍA EN EL MÉTODO WINDSHIELD-AVENIDA CANTA CALLAO-2019	
	<b>FICHA DE OBSERVACIÓN DE LA VÍA</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE PARÁMETROS DE EVALUACIÓN</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE IDENTIFICARON LOS TIPOS DE FALLAS QUE SE ENCUENTRAN EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
2. ¿SE DETERMINARON LAS SEVERIDADES DE CADA TIPO DE FALLA VISUALIZADA EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
3. ¿SE DETERMINARON LAS EXTENSIONES DE CADA TIPO DE FALLA VISUALIZADA EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE ÍNDICE DE CONDICIÓN</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE CONOCEN LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN PARA PODER CALCULAR EL VALOR DEDUCIDO (VD) DE LAS FALLAS ENCONTRADAS?	<b>X</b>	
2. ¿SE CONOCEN LOS VALORES DEDUCIDOS (VD) PARA PODER CALCULAR LOS VALORES DE LDR Y NDR?	<b>X</b>	
2. ¿SE CONOCEN LOS VALORES DE LDR Y NDR PARA PODER CALCULAR EL ÍNDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA?	<b>X</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE CONOCEN TODOS LOS DATOS NECESARIOS PARA PODER CALIFICAR LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE SERVICIABILIDAD</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE CONOCEN TODOS LOS DATOS NECESARIOS PARA PODER CALIFICAR LA SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?		<b>X</b>
<b>OBSERVACIONES Y COMENTARIOS:</b> En este tramo se observan fallas del tipo ahuellamiento que con medirlos se pueden apreciar mayor a 0.5 pulgadas, que se encuentran extendidas a lo largo del carril. Se observan fallas de piel de cocodrilo, algunas más grietas y algunos parches.		
<b>Nombre de la Vía:</b>	Tramo 4 - Av. Canta Callao - km 3+00 - km 3+640	FIRMA:
<b>Evaluador:</b>	Renato Javier Saavedra Delgado	
<b>Ancho Del Carril:</b>	3.50m	
<b>Longitud:</b>	640m	
<b>Fecha:</b>	16/09/2019	

### **3.2.4 ÍNDICE DE CONDICIÓN UTILIZANDO EL ENSAYO DE PERFILOMETRÍA EN LA METODOLOGÍA WINDSHIELD PARA CALIFICAR LA CONDICIÓN CRÍTICA DEL PAVIMENTO**

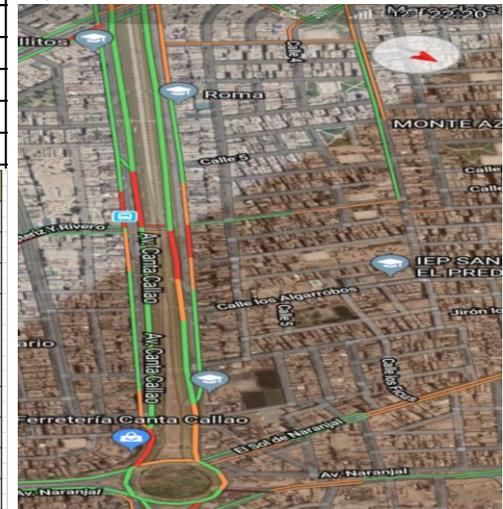
Después de haber obtenido los datos exactos de los diferentes tipos de fallas en todos los tramos de la Avenida Canta Callao con ayuda del ensayo de Perfilometría usando el Perfilómetro Láser (RSP Mk III) se procede a clasificar el Índice de Condición Crítica del Pavimento Flexible, mediante las fichas técnicas de recolección de datos, esta ficha se puede visualizar en los Anexos. Nos sirve para realizar la evaluación de la avenida canta callao separado por 4 tramos. Esta ficha técnica se basa en calcular el valor deducido a través de las gráficas que se encuentran en el Anexo N°8, la diferencia usando este ensayo es que el valor no será deducido y si real. Una vez obtenido el valor real de cada tipo de falla que se evalúa en este método Windshield, se coloca en su cuadro correspondiente y después de llenar cada cuadro, se continúa hallando el LDR y NDR. Luego se escoge el valor menor de esos dos valores y ese vendría a ser el valor del Índice de la Condición Crítica.

También se observan las fichas de observación de la Vía, en este caso está dividido por 4 tramos que se evalúa, estas fichas sirven para visualizar y constatar que todos los datos que se requieran se encuentren en la vía.

**A continuación se continúa a mostrar las fichas técnicas de recolección de datos llenadas con los datos recolectados por medio del ensayo de la avenida con sus respectivas fichas de observación.**

<b>Nombre de la Vía:</b>	Tramo 1 - Av. Canta Callao - km 0+00 - km 1+00
<b>Longitud:</b>	1000m
<b>Ancho del Carril:</b>	3.50m
<b>Evaluador:</b>	Renato Javier Saavedra Delgado
<b>Fecha:</b>	04/10/2019

ESQUEMA:



#### TIPOS DE FALLAS POR LOS EVALUADORES

DETERIORO	NIVEL DE SEVERIDAD	DEFINICIÓN	COMO CONTAR
PIEL DE COCODRILO	NO SEVERO	GRIETA LONGITUDINAL GRIETAS	RERO- MENOS DEL 10% DEL ÁREA DE LA VÍA
	SEVERO	DESPRENDIMIENTO DE GRIETAS INTERCONECTADAS	OCASIONAL- 10 AL 50% DEL ÁREA DE LA VÍA
	MUY SEVERO	AGRIETAMIENTO Y DESPRENDIMIENTO	FRECUENTE- SOBRE EL 50% DEL ÁREA DE LA VÍA
GRIETAS TRANSVERSALES, LONGITUDINALES Y POR REFLEXIÓN	NO SEVERO	GRIETA VISIBL	USAR EL CONTEO DE GRIETAS
	SEVERO	GRIETA ABIERTA	
	MUY SEVERO	DESPRENDIMIENTO Y/O AGRIETAMIENTO ADYACENTE	
AHUELLAMIENTO	MENOR DE 1/2 PULGADA	CAPACIDAD PARA ESTANCARSE EL AGUA	RARO
	MAJOR DE 1/2 PULGADA		EXTENDIDO EN LA VÍA
PARCHEO	SI	CIERTOS PARCHES EN LA SESIÓN ANALIZAR	MENOS DEL 10% DEL ÁREA DE LA SESIÓN ANALIZADA
	NO	NO HAY PARCHES EN LA SESIÓN ANALIZAR	MAJOR DEL 10% DEL ÁREA DE LA SESIÓN ANALIZADA

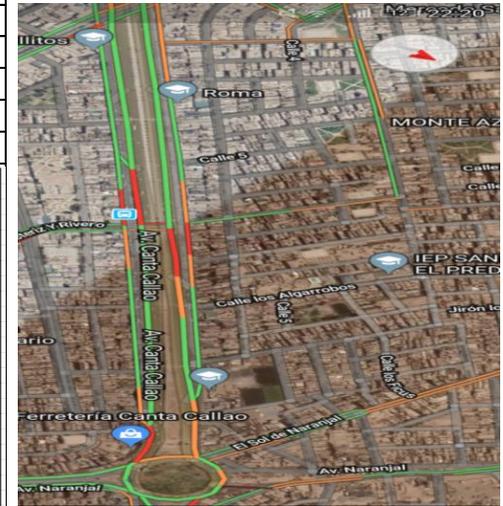
DETERIORO	FRECUENCIA				NIVEL DE SEVERIDAD			VALOR DEDUCIDO (VD)
	NO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE	NO SEVERO	SEVERO	MUY SEVERO	
PIEL DE COCODRILO		✘			✘			16
GRIETAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES	GRIETA CONTABLE ✘				✘			14
GRIETAS POR REFLEXIÓN	GRIETA CONTABLE							—
AHUELLAMIENTOS		✘			✘			10
PARCHEOS			✘		✘			6
LDR = 100 – Piel de Cocodrilo Deducido – Ahuellamiento Deducido – Parcheo Deducido								LDR = 68
NDR = 100 – Grietas Lgtds y Trvls o Grietas por Reflexión Deducido – Parcheo Deducido								NDR = 80
INDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA (CCI)= 68					CLASIFICACIÓN= <b>REGULAR</b>			

RANGO CCI	CLASIFICACIÓN
100-90	Excelente
89-70	Bueno
69-60	Regular
59-50	Pobre
49-0	Muy Pobre

	<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>	
	ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN CRÍTICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE USANDO EL ENSAYO DE PERFILOMETRÍA EN EL MÉTODO WINDSHIELD-AVENIDA CANTA CALLAO-2019	
	<b>FICHA DE OBSERVACIÓN DE LA VÍA</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE PARÁMETROS DE EVALUACIÓN</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE IDENTIFICARON LOS TIPOS DE FALLAS QUE SE ENCUENTRAN EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
2. ¿SE DETERMINARON LAS SEVERIDADES DE CADA TIPO DE FALLA VISUALIZADA EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
3. ¿SE DETERMINARON LAS EXTENSIONES DE CADA TIPO DE FALLA VISUALIZADA EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE ÍNDICE DE CONDICIÓN</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE CONOCEN LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN PARA PODER CALCULAR EL VALOR DEDUCIDO (VD) DE LAS FALLAS ENCONTRADAS?	<b>X</b>	
2. ¿SE CONOCEN LOS VALORES DEDUCIDOS (VD) PARA PODER CALCULAR LOS VALORES DE LDR Y NDR?	<b>X</b>	
2. ¿SE CONOCEN LOS VALORES DE LDR Y NDR PARA PODER CALCULAR EL ÍNDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA?	<b>X</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE CONOCEN TODOS LOS DATOS NECESARIOS PARA PODER CALIFICAR LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE SERVICIABILIDAD</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE CONOCEN TODOS LOS DATOS NECESARIOS PARA PODER CALIFICAR LA SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
<b>OBSERVACIONES Y COMENTARIOS:</b> En el Tramo se puede observar las fallas y con el láser se mide, algunos datos de iri puede variar por diversos motivos. Las fallas medidas son de rangos mínimos como las grietas y piel de cocodrilo. El ahuellamiento no sobrepasa el rango mínimo.		
<b>Nombre de la Vía:</b>	Tramo 1 - Av. Canta Callao - km 0+00 - km 1+00	FIRMA:
<b>Evaluador:</b>	Renato Javier Saavedra Delgado	
<b>Ancho Del Carril:</b>	3.50m	
<b>Longitud:</b>	1000m	
<b>Fecha:</b>	04/10/2019	

<b>Nombre de la Vía:</b>	Tramo 2 - Av. Canta Callao - km 1+00 - km 2+00
<b>Longitud:</b>	1000m
<b>Ancho del Carril:</b>	3.50m
<b>Evaluador:</b>	Renato Javier Saavedra Delgado
<b>Fecha:</b>	04/10/2019

ESQUEMA:



#### TIPOS DE FALLAS POR LOS EVALUADORES

DETERIORO	NIVEL DE SEVERIDAD	DEFINICIÓN	COMO CONTAR
PIEL DE COCODRILO	NO SEVERO	GRIETA LONGITUDINAL GRIETAS	RARO- MENOS DEL 10% DEL ÁREA DE LA VÍA
	SEVERO	DESPRENDIMIENTO DE GRIETAS INTERCONECTADAS	OCASIONAL- 10 AL 50% DEL ÁREA DE LA VÍA
	MUY SEVERO	AGRIETAMIENTO Y DESPRENDIMIENTO	FRECUENTE- SOBRE EL 50% DEL ÁREA DE LA VÍA
GRIETAS TRANSVERSALES, LONGITUDINALES Y POR REFLEXIÓN	NO SEVERO	GRIETA VISIBLE	USAR EL CONTEO DE GRIETAS
	SEVERO	GRIETA ABIERTA	
	MUY SEVERO	DESPRENDIMIENTO Y/O AGRIETAMIENTO ADYACENTE	
AHUELLAMIENTO	MENOR DE 1/2 PULGADA	CAPACIDAD PARA ESTANCARSE EL AGUA	RARO
	MAYOR DE 1/2 PULGADA		EXTENDIDO EN LA VÍA
PARCHEO	SI	CIERTOS PARCHES EN LA SESIÓN ANALIZAR	MENOS DEL 10% DEL ÁREA DE LA SESIÓN ANALIZADA
	NO	NO HAY PARCHES EN LA SESIÓN ANALIZAR	MAYOR DEL 10% DEL ÁREA DE LA SESIÓN ANALIZADA

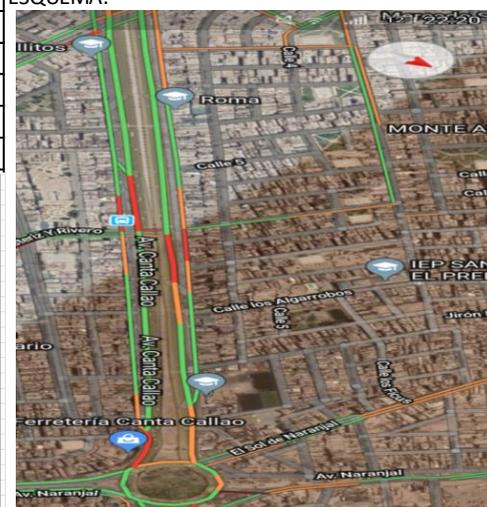
DETERIORO	FRECUENCIA				NIVEL DE SEVERIDAD			VALOR DEDUCIDO (VD)
	NO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE	NO SEVERO	SEVERO	MUY SEVERO	
PIEL DE COCODRILO		<b>X</b>			<b>X</b>			<b>20</b>
GRIETAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES	GRIETA CONTABLE <b>X</b>				<b>X</b>			<b>16</b>
GRIETAS POR REFLEXIÓN	GRIETA CONTABLE							—
AHUELLAMIENTOS		<b>X</b>			<b>X</b>			<b>12</b>
PARCHEOS			<b>X</b>		<b>X</b>			<b>6</b>
LDR = 100 – Piel de Cocodrilo Deducido – Ahuellamiento Deducido – Parcheo Deducido								<b>LDR = 62</b>
NDR = 100 – Grietas Lgtds y Trvls o Grietas por Reflexión Deducido – Parcheo Deducido								<b>NDR = 78</b>
<b>INDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA (CCI)= 62</b>					<b>CLASIFICACIÓN= REGULAR</b>			

RANGO CCI	CLASIFICACIÓN
100-90	Excelente
89-70	Bueno
69-60	Regular
59-50	Pobre
49-0	Muy Pobre

	<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>	
	ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN CRÍTICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE USANDO EL ENSAYO DE PERFILOMETRÍA EN EL MÉTODO WINDSHIELD-AVENIDA CANTA CALLAO-2019	
	<b>FICHA DE OBSERVACIÓN DE LA VÍA</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE PARÁMETROS DE EVALUACIÓN</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE IDENTIFICARON LOS TIPOS DE FALLAS QUE SE ENCUENTRAN EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
2. ¿SE DETERMINARON LAS SEVERIDADES DE CADA TIPO DE FALLA VISUALIZADA EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
3. ¿SE DETERMINARON LAS EXTENSIONES DE CADA TIPO DE FALLA VISUALIZADA EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE ÍNDICE DE CONDICIÓN</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE CONOCEN LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN PARA PODER CALCULAR EL VALOR DEDUCIDO (VD) DE LAS FALLAS ENCONTRADAS?	<b>X</b>	
2. ¿SE CONOCEN LOS VALORES DEDUCIDOS (VD) PARA PODER CALCULAR LOS VALORES DE LDR Y NDR?	<b>X</b>	
2. ¿SE CONOCEN LOS VALORES DE LDR Y NDR PARA PODER CALCULAR EL ÍNDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA?	<b>X</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE CONOCEN TODOS LOS DATOS NECESARIOS PARA PODER CALIFICAR LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE SERVICIABILIDAD</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE CONOCEN TODOS LOS DATOS NECESARIOS PARA PODER CALIFICAR LA SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
<b>OBSERVACIONES Y COMENTARIOS:</b> En el Tramo se puede observar las fallas y con el láser se mide, algunos datos de iri puede variar por diversos motivos. Las fallas medidas son de rangos mínimos como las grietas y piel de cocodrilo. El ahuellamiento no sobrepasa el rango mínimo.		
<b>Nombre de la Vía:</b>	Tramo 2 - Av. Canta Callao - km 1+00 - km 2+00	FIRMA:
<b>Evaluador:</b>	Renato Javier Saavedra Delgado	
<b>Ancho Del Carril:</b>	3.50m	
<b>Longitud:</b>	1000m	
<b>Fecha:</b>	04/10/2019	

<b>Nombre de la Vía:</b>	Tramo 3 - Av. Canta Callao - km 2+00 - km 3+00
<b>Longitud:</b>	1000m
<b>Ancho del Carril:</b>	3.50m
<b>Evaluador:</b>	Renato Javier Saavedra Delgado
<b>Fecha:</b>	04/10/2019

ESQUEMA:



#### TIPOS DE FALLAS POR LOS EVALUADORES

DETERIORO	NIVEL DE SEVERIDAD	DEFINICIÓN	COMO CONTAR
PIEL DE COCODRILO	NO SEVERO	GRIETA LONGITUDINAL GRIETAS	RERO-MENOS DEL 10% DEL ÁREA DE LA VÍA
	SEVERO	DESPRENDIMIENTO DE GRIETAS INTERCONECTADAS	OCASIONAL- 10 AL 50% DEL ÁREA DE LA VÍA
	MUY SEVERO	AGRIETAMIENTO Y DESPRENDIMIENTO	FRECUENTE- SOBRE EL 50% DEL ÁREA DE LA VÍA
GRIETAS TRANSVERSALES, LONGITUDINALES Y POR REFLEXIÓN	NO SEVERO	GRIETA VISIBLE	USAR EL CONTEO DE GRIETAS
	SEVERO	GRIETA ABIERTA	
	MUY SEVERO	DESPRENDIMIENTO Y/O AGRIETAMIENTO ADYACENTE	
AHUELLAMIENTO	MENOR DE 1/2 PULGADA	CAPACIDAD PARA ESTANCARSE EL AGUA	RARO
	MAYOR DE 1/2 PULGADA		EXTENDIDO EN LA VÍA
PARCHEO	SI	CIERTOS PARCHES EN LA SESIÓN ANALIZAR	MENOS DEL 10% DEL ÁREA DE LA SESIÓN ANALIZADA
	NO	NO HAY PARCHES EN LA SESIÓN ANALIZAR	MAYOR DEL 10% DEL ÁREA DE LA SESIÓN ANALIZADA

DETERIORO	FRECUENCIA				NIVEL DE SEVERIDAD			VALOR DEDUCIDO (VD)
	NO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE	NO SEVERO	SEVERO	MUY SEVERO	
PIEL DE COCODRILO		<b>X</b>			<b>X</b>			<b>21</b>
GRIETAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES	GRIETA CONTABLE <b>X</b>				<b>X</b>			<b>15</b>
GRIETAS POR REFLEXIÓN	GRIETA CONTABLE							—
AHUELLAMIENTOS		<b>X</b>			<b>X</b>			<b>10</b>
PARCHEOS			<b>X</b>		<b>X</b>			<b>5</b>
LDR = 100 – Piel de Cocodrilo Deducido – Ahuellamiento Deducido – Parcheo Deducido								<b>LDR = 64</b>
NDR = 100 – Grietas Lgtds y Trvls o Grietas por Reflexión Deducido – Parcheo Deducido								<b>NDR = 85</b>
<b>INDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA (CCI)= 64</b>					<b>CLASIFICACIÓN= REGULAR</b>			

RANGO CCI	CLASIFICACIÓN
100-90	Excelente
89-70	Bueno
69-60	Regular
59-50	Pobre
49-0	Muy Pobre

	<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>	
	ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN CRÍTICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE USANDO EL ENSAYO DE PERFILOMETRÍA EN EL MÉTODO WINDSHIELD-AVENIDA CANTA CALLAO-2019	
	<b>FICHA DE OBSERVACIÓN DE LA VÍA</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE PARÁMETROS DE EVALUACIÓN</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE IDENTIFICARON LOS TIPOS DE FALLAS QUE SE ENCUENTRAN EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
2. ¿SE DETERMINARON LAS SEVERIDADES DE CADA TIPO DE FALLA VISUALIZADA EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
3. ¿SE DETERMINARON LAS EXTENSIONES DE CADA TIPO DE FALLA VISUALIZADA EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE ÍNDICE DE CONDICIÓN</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE CONOCEN LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN PARA PODER CALCULAR EL VALOR DEDUCIDO (VD) DE LAS FALLAS ENCONTRADAS?	<b>X</b>	
2. ¿SE CONOCEN LOS VALORES DEDUCIDOS (VD) PARA PODER CALCULAR LOS VALORES DE LDR Y NDR?	<b>X</b>	
2. ¿SE CONOCEN LOS VALORES DE LDR Y NDR PARA PODER CALCULAR EL ÍNDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA?	<b>X</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE CONOCEN TODOS LOS DATOS NECESARIOS PARA PODER CALIFICAR LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE SERVICIABILIDAD</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE CONOCEN TODOS LOS DATOS NECESARIOS PARA PODER CALIFICAR LA SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
<b>OBSERVACIONES Y COMENTARIOS:</b> En el Tramo se puede observar las fallas y con el láser se mide, algunos datos de iri puede variar por diversos motivos. Las fallas medidas son de rangos mínimos como las grietas y piel de cocodrilo. El ahuellamiento no sobrepasa el rango mínimo.		
<b>Nombre de la Vía:</b>	Tramo 3 - Av. Canta Callao - km 2+00 - km 3+00	<b>FIRMA:</b>
<b>Evaluador:</b>	Renato Javier Saavedra Delgado	
<b>Ancho Del Carril:</b>	3.50m	
<b>Longitud:</b>	1000m	
<b>Fecha:</b>	04/10/2019	

<b>Nombre de la Vía:</b>	Tramo 4 - Av. Canta Callao - km 3+00 - km 3+640
<b>Longitud:</b>	640m
<b>Ancho del Carril:</b>	3.50m
<b>Evaluador:</b>	Renato Javier Saavedra Delgado
<b>Fecha:</b>	04/10/2019



#### TIPOS DE FALLAS POR LOS EVALUADORES

DETERIORO	NIVEL DE SEVERIDAD	DEFINICIÓN	COMO CONTAR
PIEL DE COCODRILO	NO SEVERO	GRIETA LONGITUDINAL GRIETAS	RERO- MENOS DEL 10% DEL ÁREA DE LA VÍA
	SEVERO	DESPRENDIMIENTO DE GRIETAS INTERCONECTADAS	OCASIONAL- 10 AL 50% DEL ÁREA DE LA VÍA
	MUY SEVERO	AGRIETAMIENTO Y DESPRENDIMIENTO	FRECUENTE- SOBRE EL 50% DEL ÁREA DE LA VÍA
GRIETAS TRANSVERSALES, LONGITUDINALES Y POR REFLEXIÓN	NO SEVERO	GRIETA VISIBILE	USAR EL CONTEO DE GRIETAS
	SEVERO	GRIETA ABIERTA	
	MUY SEVERO	DESPRENDIMIENTO Y/O AGRIETAMIENTO ADYACENTE	
AHUELLAMIENTO	MENOR DE 1/2 PULGADA	CAPACIDAD PARA ESTANCARSE EL AGUA	RARO
	MAYOR DE 1/2 PULGADA		EXTENDIDO EN LA VÍA
PARCHEO	SI	CIERTOS PARCHES EN LA SESIÓN ANALIZAR	MENOS DEL 10% DEL ÁREA DE LA SESIÓN ANALIZADA
	NO	NO HAY PARCHES EN LA SESIÓN ANALIZAR	MAYOR DEL 10% DEL ÁREA DE LA SESIÓN ANALIZADA

DETERIORO	FRECUENCIA				NIVEL DE SEVERIDAD			VALOR DEDUCIDO (VD)
	NO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE	NO SEVERO	SEVERO	MUY SEVERO	
PIEL DE COCODRILO		✘			✘			20
GRIETAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES	GRIETA CONTABLE ✘				✘			24
GRIETAS POR REFLEXIÓN	GRIETA CONTABLE							—
AHUELLAMIENTOS		✘			✘			16
PARCHEOS			✘		✘			12
LDR = 100 – Piel de Cocodrilo Deducido – Ahuellamiento Deducido – Parcheo Deducido								LDR = 52
NDR = 100 – Grietas Lgtds y Trvls o Grietas por Reflexión Deducido – Parcheo Deducido								NDR = 64
INDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA (CCI)= 52					CLASIFICACIÓN= POBRE			

RANGO CCI	CLASIFICACIÓN
100-90	Excelente
89-70	Bueno
69-60	Regular
59-50	Pobre
49-0	Muy Pobre

	<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>	
	ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN CRÍTICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE USANDO EL ENSAYO DE PERFILOMETRÍA EN EL MÉTODO WINDSHIELD-AVENIDA CANTA CALLAO-2019	
	<b>FICHA DE OBSERVACIÓN DE LA VÍA</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE PARÁMETROS DE EVALUACIÓN</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE IDENTIFICARON LOS TIPOS DE FALLAS QUE SE ENCUENTRAN EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
2. ¿SE DETERMINARON LAS SEVERIDADES DE CADA TIPO DE FALLA VISUALIZADA EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
3. ¿SE DETERMINARON LAS EXTENSIONES DE CADA TIPO DE FALLA VISUALIZADA EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE ÍNDICE DE CONDICIÓN</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE CONOCEN LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN PARA PODER CALCULAR EL VALOR DEDUCIDO (VD) DE LAS FALLAS ENCONTRADAS?	<b>X</b>	
2. ¿SE CONOCEN LOS VALORES DEDUCIDOS (VD) PARA PODER CALCULAR LOS VALORES DE LDR Y NDR?	<b>X</b>	
2. ¿SE CONOCEN LOS VALORES DE LDR Y NDR PARA PODER CALCULAR EL ÍNDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA?	<b>X</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE CONOCEN TODOS LOS DATOS NECESARIOS PARA PODER CALIFICAR LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE SERVICIABILIDAD</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE CONOCEN TODOS LOS DATOS NECESARIOS PARA PODER CALIFICAR LA SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?	<b>X</b>	
<b>OBSERVACIONES Y COMENTARIOS:</b> En el Tramo se puede observar las fallas y con el láser se mide, algunos datos de iri puede variar por diversos motivos. Las fallas medidas son de rangos mínimos como las grietas y piel de cocodrilo. El ahuellamiento no sobrepasa el rango mínimo.		
<b>Nombre de la Vía:</b>	Tramo 4 - Av. Canta Callao - km 3+00 - km 3+640	FIRMA:
<b>Evaluador:</b>	Renato Javier Saavedra Delgado	
<b>Ancho Del Carril:</b>	3.50m	
<b>Longitud:</b>	640m	
<b>Fecha:</b>	04/10/2019	

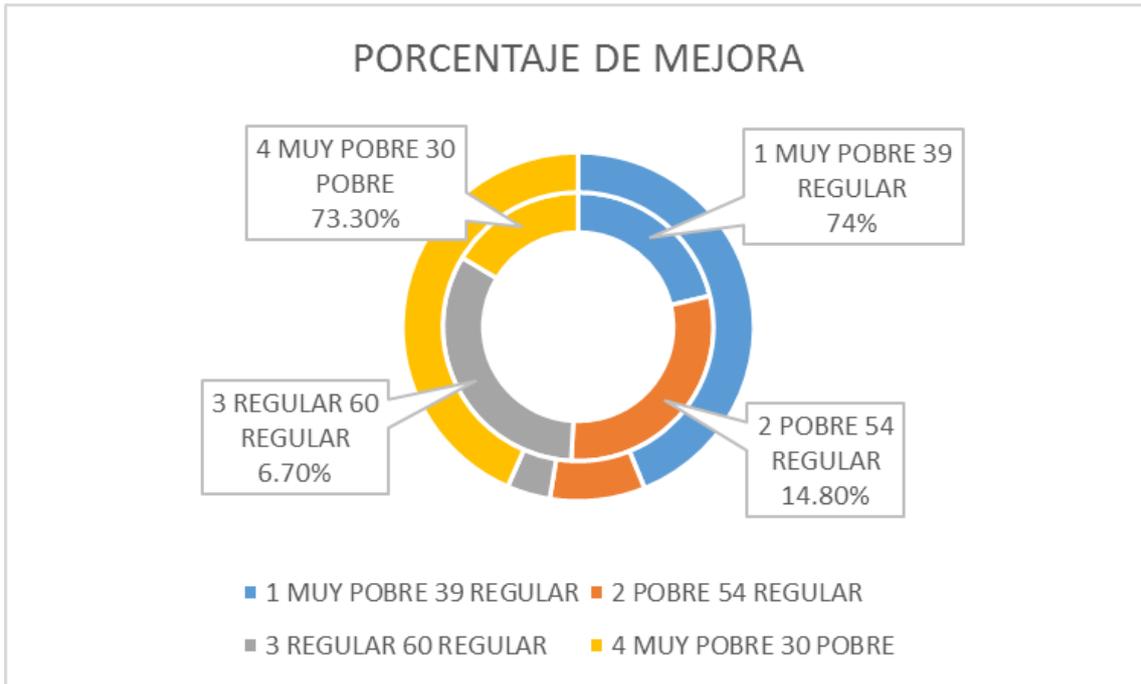
## COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Como se puede observar la comparación de resultados en la tabla número 6 y en el gráfico estadístico que se encuentra en la figura 115, que utilizando el ensayo de Perfilometría en cada tramo de la Avenida Canta Callao mejora considerablemente la precisión de los tipos de fallas y por lo tanto mejora la clasificación del pavimento flexible por cada tramo mediante el método Windshield. Como se observa en el primer tramo la clasificación que se tomó sin el ensayo en la metodología Windshield fue la de **Muy Pobre**, mientras que usando el ensayo, la mejora que se tiene en porcentaje es de 74% de precisión y se clasificó como **Regular**, luego se tiene la clasificación del segundo tramo de **Pobre** sin usar el ensayo en la metodología Windshield, usando el ensayo se tiene un 14.8% de precisión y se clasifica como **Regular**. Posteriormente se observa en el tercer tramo que se clasificó como **Regular** sin usar el ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield, mientras que usando el ensayo se clasificó como **Regular** teniendo una mejora de 6.7% en precisión al momento de clasificar y en el último tramo se aprecia la clasificación de **Muy Pobre**, sin el ensayo, usando el ensayo se tiene una mejora de 73.3% en precisión, por lo tanto, se clasificó como **Pobre**.

**Tabla 6.** *Comparación de Resultados – Porcentaje de mejora.*

Tramo	Clasificación sin Ensayo	Rango cci sin Ensayo	Clasificación con Ensayo	Rango cci con Ensayo	Porcentaje de Mejora
1	MUY POBRE	39	REGULAR	68	74%
2	POBRE	54	REGULAR	62	14.8%
3	REGULAR	60	REGULAR	64	6.7%
4	MUY POBRE	30	POBRE	52	73.3%

Fuente. Elaboración Propia.



*Figura 115.* Gráfico Estadístico del Porcentaje de Mejora usando el Ensayo de Perfilometría.

*Fuente. Elaboración Propia.*

### **3.2.5 SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA METODOLOGÍA WINDSHIELD**

La serviciabilidad de un pavimento no puede ser calificada mediante una inspección visual, ya que se requieren datos de dicha superficie por medio de un vehículo o diferentes aparatos que miden el IRI de la superficie de un pavimento asfáltico, tales como: el perfilómetro, walking profiler, merlín, perfilógrafo california, etcétera. Por lo tanto, en esta sección de la tesis, la utilización del ensayo de Perfilometría es de vital importancia para poder desarrollar y calificar la serviciabilidad del pavimento asfáltico de la avenida Canta Callao.

### 3.2.6 SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL ENSAYO DE PERFILOMETRÍA EN LA METODOLOGÍA WINDSHIELD

A continuación, se presentan los datos de IRI Promedio a cada 100m que son representativos en gráficos y tablas de los km 0+00 a km 3+640.

#### SECTORES DE EVALUACIÓN – IRI

*1er Recorrido – Calzada Creciente – Carril Interno*

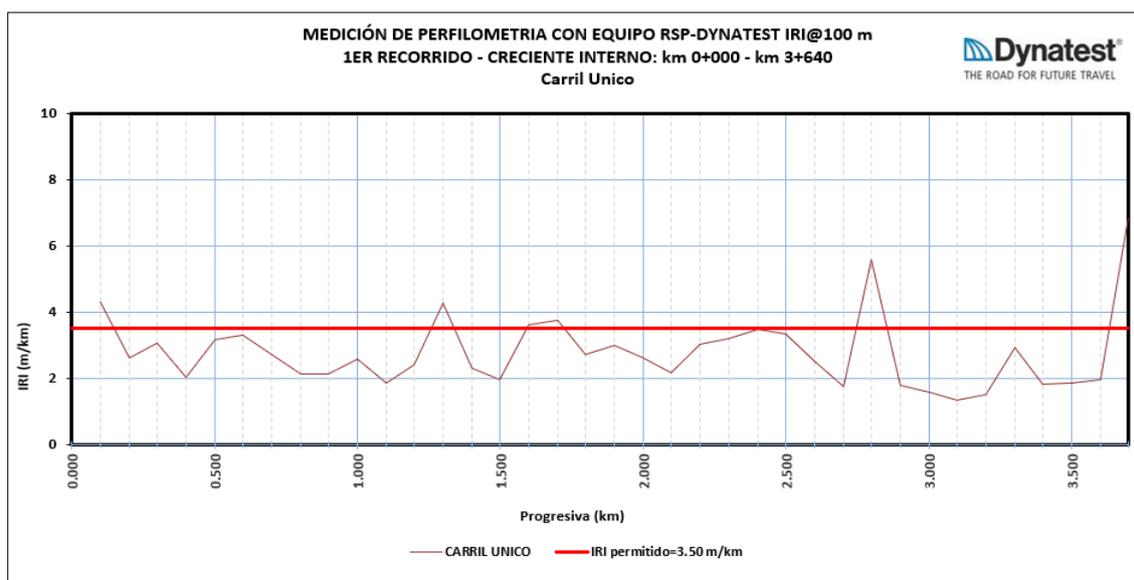


Figura 116. IRI – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno.

Fuente. Dynatest.

**Tabla 8.** 1er Recorrido – IRI – Calzada Creciente – Carril Interno.

Estadístico - IRI En Intervalos De Cada 100m			
Descripción	IRI-Carril Único (m/km)		IRI Promedio (m/km)
	Huella Interna	Huella Derecha	Carril Único
Número de Muestras	37	37	37
<b>Promedio</b>	<b>2.86</b>	<b>2.71</b>	<b>2.79</b>
Mediana	2.57	2.59	2.60
Desviación Estándar	1.50	0.83	1.12
Coefficiente de Variación (%)	52.35	30.57	40.24
Valor Mínimo	1.12	1.56	1.34
Valor Máximo	8.53	5.14	6.84

Fuente. Dynatest.

1er Recorrido – Calzada Creciente – Carril Externo

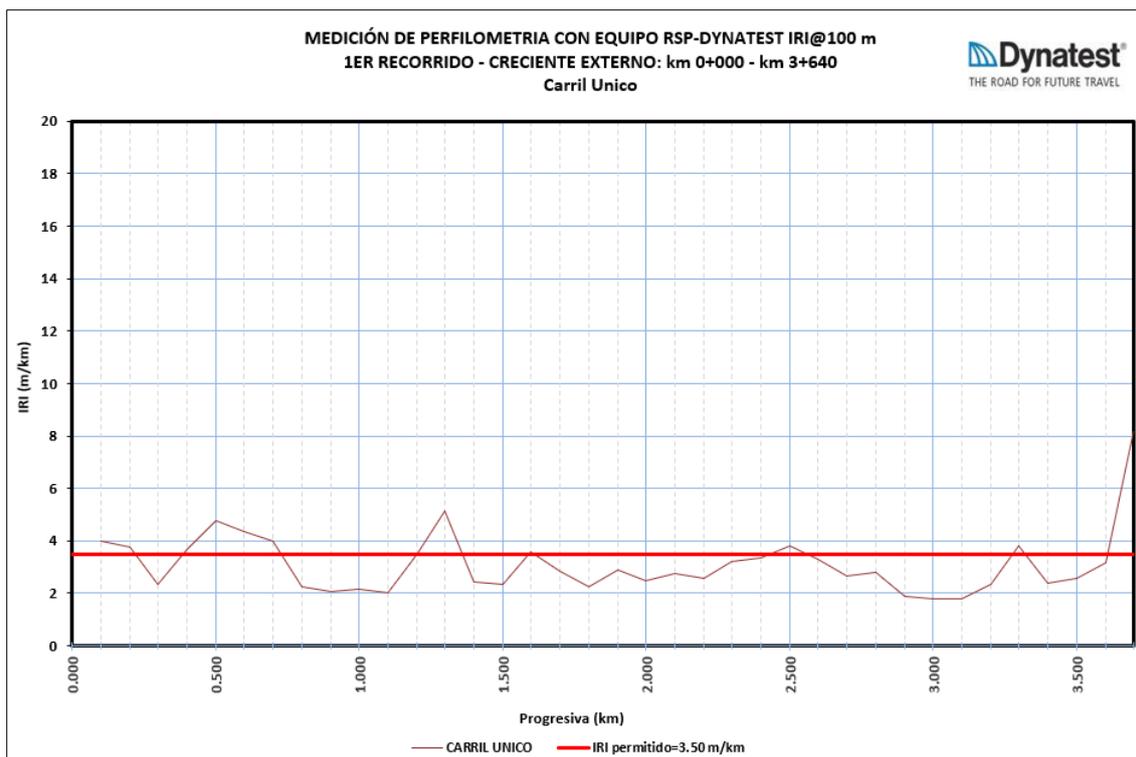


Figura 117. IRI – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo.

Fuente. Dynatest.

Tabla 9. 1er Recorrido – IRI – Calzada Creciente – Carril Externo.

Estadístico - IRI En Intervalos De Cada 100m			
Descripción	IRI-Carril Único (m/km)		IRI Promedio (m/km)
	Huella Interna	Huella Derecha	Carril Único
Número de Muestras	37	37	37
<b>Promedio</b>	<b>3.18</b>	<b>3.05</b>	<b>3.11</b>
Mediana	2.79	2.87	2.78
Desviación Estándar	1.53	0.97	1.20
Coefficiente de Variación (%)	48.01	31.84	38.65
Valor Mínimo	1.66	1.67	1.79
Valor Máximo	10.02	6.35	8.19

Fuente. Dynatest.

1er Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Interno

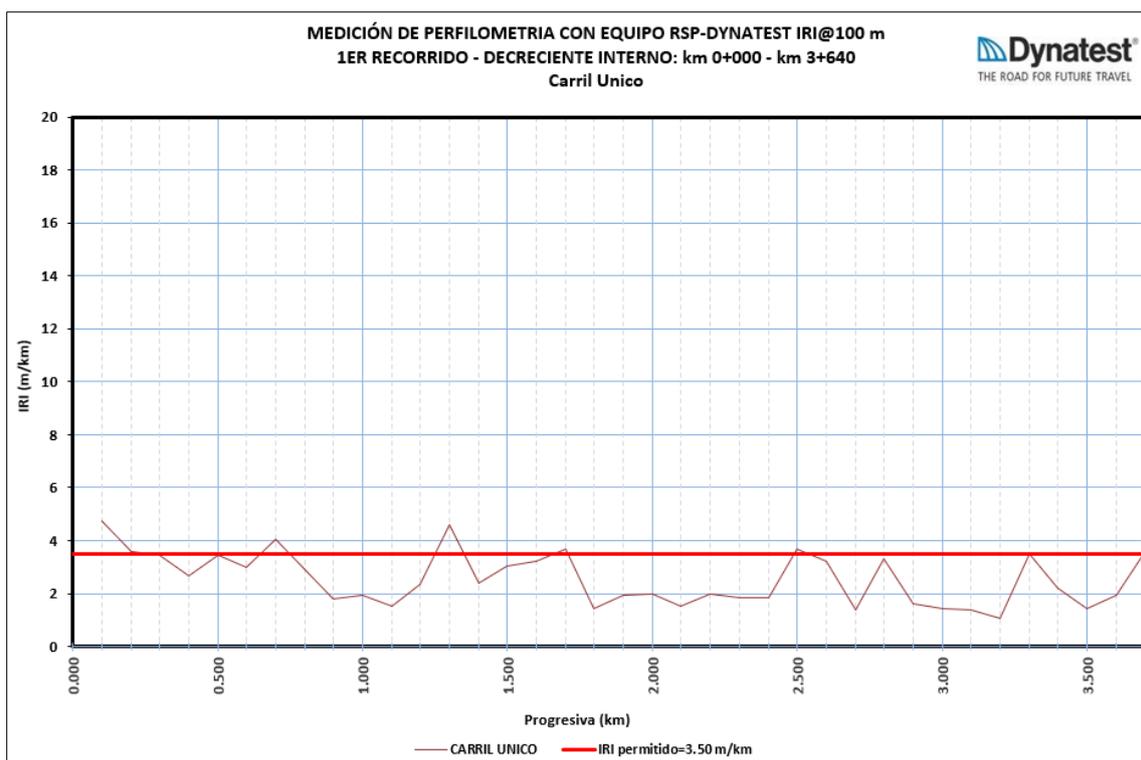


Figura 118. IRI – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno.

Fuente. Dynatest.

Tabla 10. 1er Recorrido – IRI – Calzada Decreciente – Carril Interno.

Estadístico - IRI en Intervalos de Cada 100m			
Descripción	IRI-Carril Único (m/km)		IRI Promedio (m/km)
	Huella Interna	Huella Derecha	Carril Único
Número de Muestras	37	37	37
<b>Promedio</b>	<b>2.64</b>	<b>2.48</b>	<b>2.56</b>
Mediana	2.33	2.17	2.37
Desviación Estándar	1.21	0.95	1.00
Coefficiente de Variación (%)	45.71	38.13	38.99
Valor Mínimo	0.98	1.19	1.08
Valor Máximo	5.33	4.34	4.76

Fuente. Dynatest.

1er Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Externo

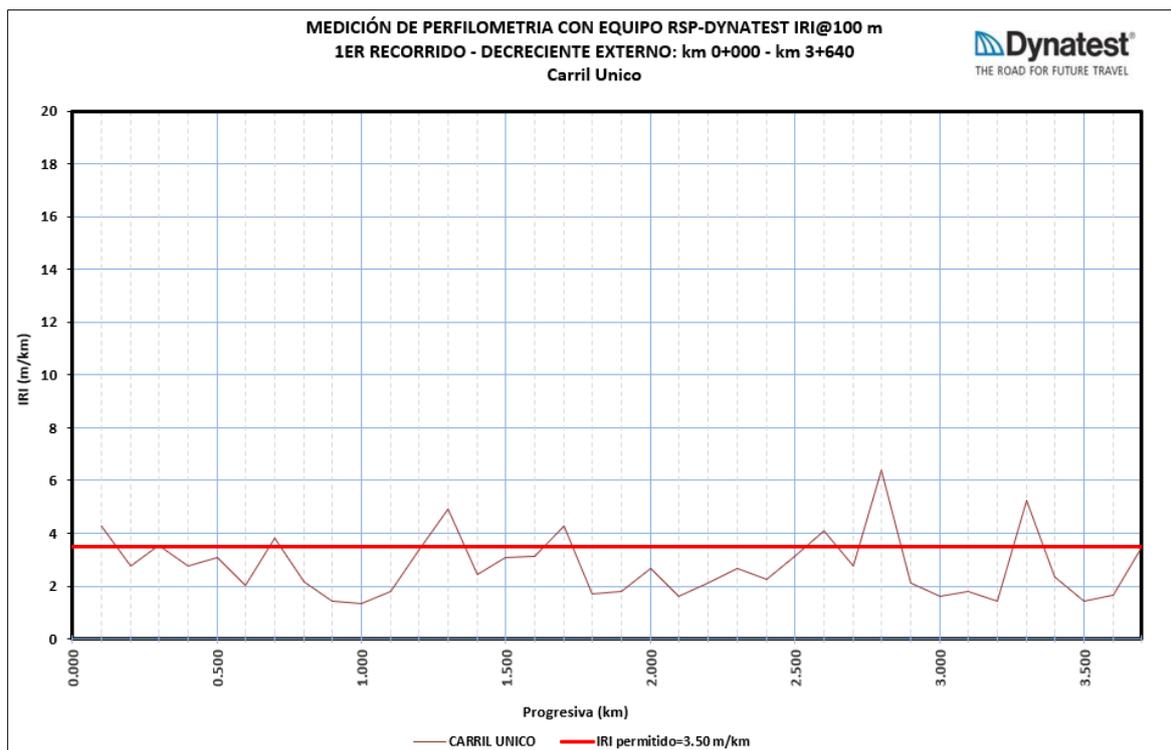


Figura 119. IRI – 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo.

Fuente. Dynatest.

Tabla 11. 1er Recorrido – IRI – Calzada Decreciente – Carril Externo.

Estadístico - IRI en Intervalos de Cada 100m			
Descripción	IRI-Carril Único (m/km)		IRI Promedio (m/km)
	Huella Interna	Huella Derecha	Carril Único
Número de Muestras	37	37	37
<b>Promedio</b>	<b>3.01</b>	<b>2.53</b>	<b>2.77</b>
Mediana	2.65	2.32	2.68
Desviación Estándar	1.51	1.03	1.19
Coefficiente de Variación (%)	50.03	40.61	42.89
Valor Mínimo	1.36	1.24	1.32
Valor Máximo	7.64	5.37	6.38

Fuente. Dynatest.

2do Recorrido – Calzada Creciente – Carril Interno

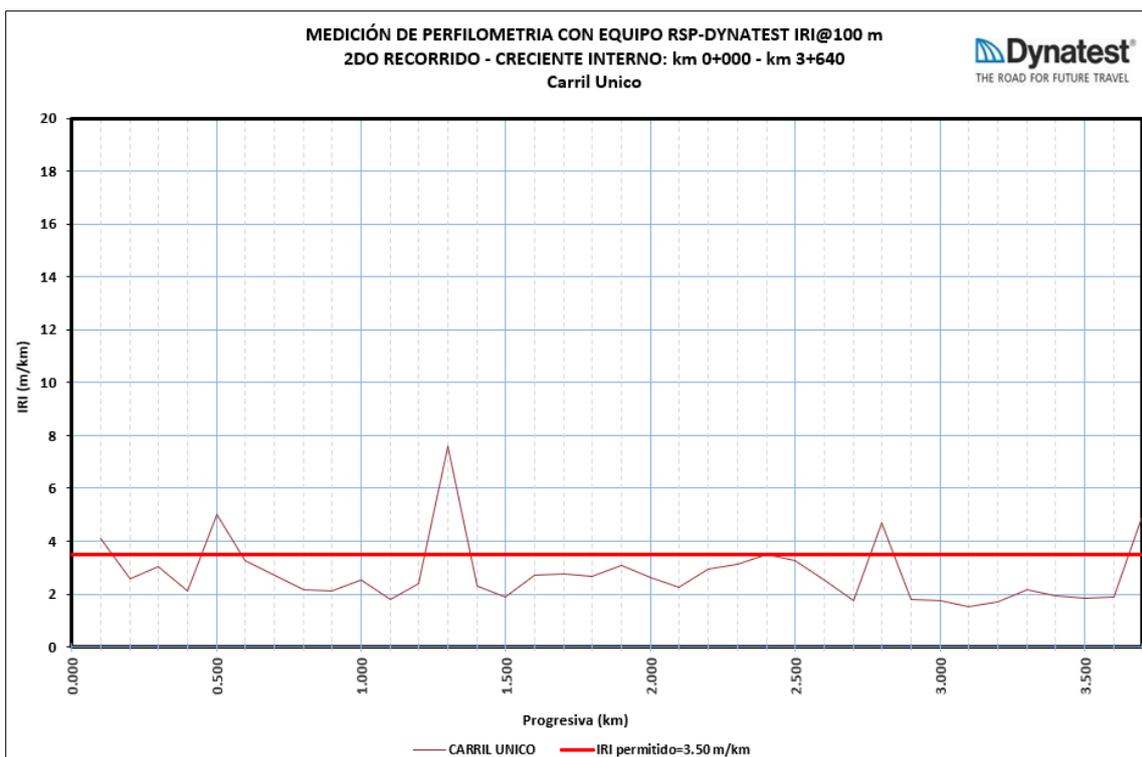


Figura 120. IRI – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno.

Fuente. Dynatest.

Tabla 12. 2do Recorrido – IRI – Calzada Creciente – Carril Interno.

Estadístico - IRI en Intervalos de Cada 100m			
Descripción	IRI-Carril Único (m/km)		IRI Promedio (m/km)
	Huella Interna	Huella Derecha	Carril Único
Número de Muestras	37	37	37
<b>Promedio</b>	<b>2.82</b>	<b>2.75</b>	<b>2.79</b>
Mediana	2.50	2.56	2.54
Desviación Estándar	1.64	0.84	1.20
Coefficiente de Variación (%)	58.07	30.57	43.10
Valor Mínimo	1.09	1.86	1.52
Valor Máximo	9.26	5.92	7.59

Fuente. Dynatest.

2do Recorrido – Calzada Creciente – Carril Externo

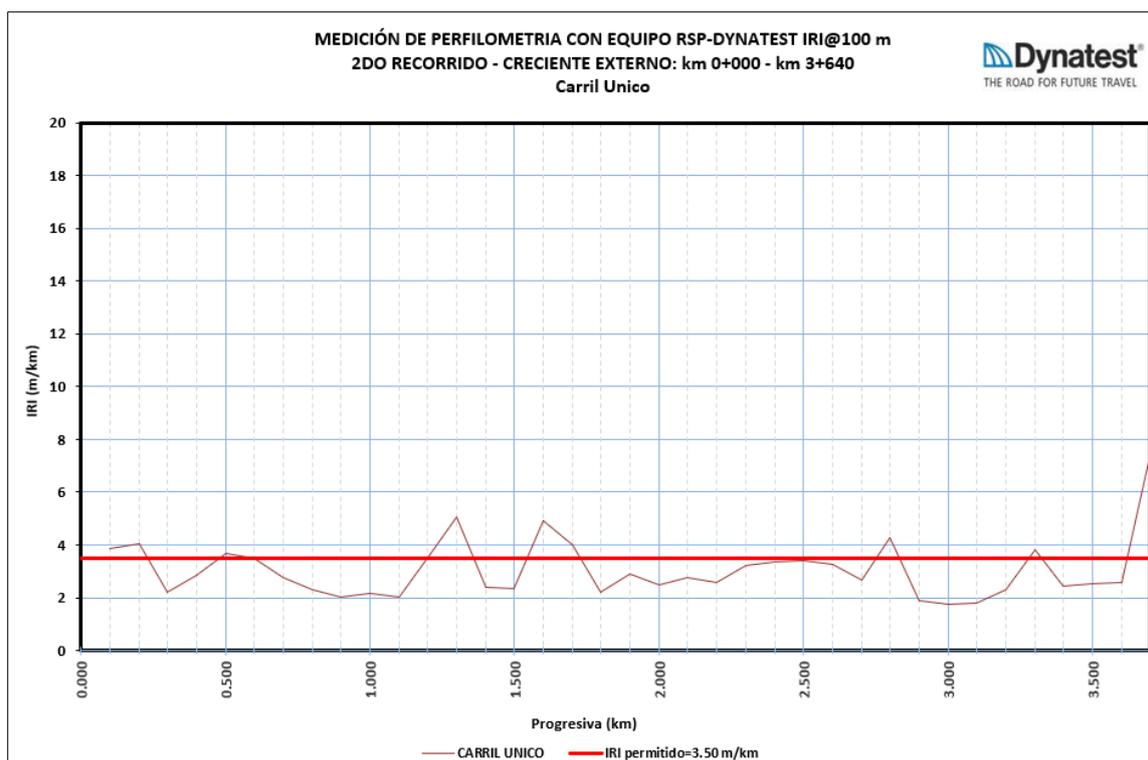


Figura 121. IRI – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo.

Fuente. Dynatest.

Tabla 13. 2do Recorrido – IRI – Calzada Creciente – Carril Externo.

Estadístico - IRI en Intervalos de Cada 100m			
Descripción	IRI-Carril Único (m/km)		IRI Promedio (m/km)
	Huella Interna	Huella Derecha	Carril Único
Número de Muestras	37	37	37
<b>Promedio</b>	<b>3.11</b>	<b>3.02</b>	<b>3.06</b>
Mediana	2.63	2.91	2.77
Desviación Estándar	1.46	0.86	1.11
Coefficiente de Variación (%)	46.91	28.60	36.29
Valor Mínimo	1.63	1.65	1.77
Valor Máximo	9.10	5.60	7.35

Fuente. Dynatest.

2do Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Interno

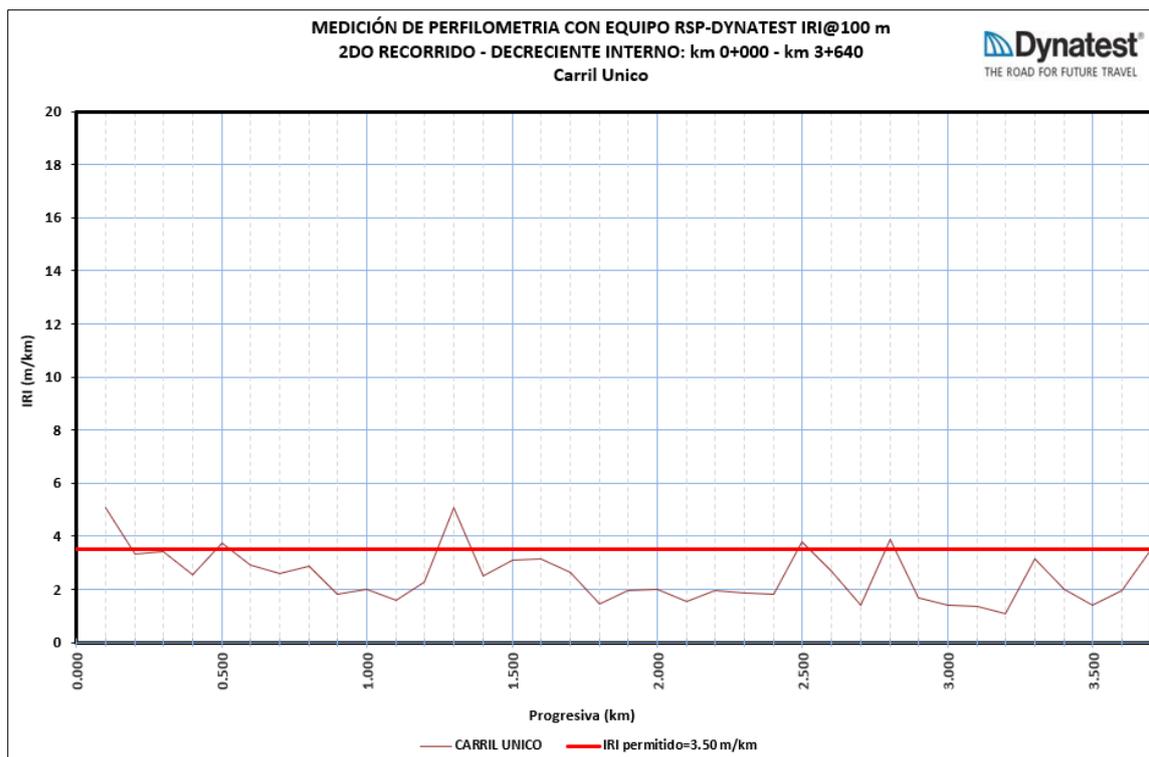


Figura 122. IRI – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno.

Fuente. Dynatest.

Tabla 14. 2do Recorrido – IRI – Calzada Decreciente – Carril Interno.

Estadístico - IRI en Intervalos de Cada 100m			
Descripción	IRI-Carril Único (m/km)		IRI Promedio (m/km)
	Huella Interna	Huella Derecha	Carril Único
Número de Muestras	37	37	37
<b>Promedio</b>	<b>2.50</b>	<b>2.50</b>	<b>2.50</b>
Mediana	1.98	2.23	2.26
Desviación Estándar	1.14	0.95	1.00
Coefficiente de Variación (%)	45.47	38.02	40.01
Valor Mínimo	1.01	1.18	1.09
Valor Máximo	5.72	4.70	5.07

Fuente. Dynatest.

2do Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Externo

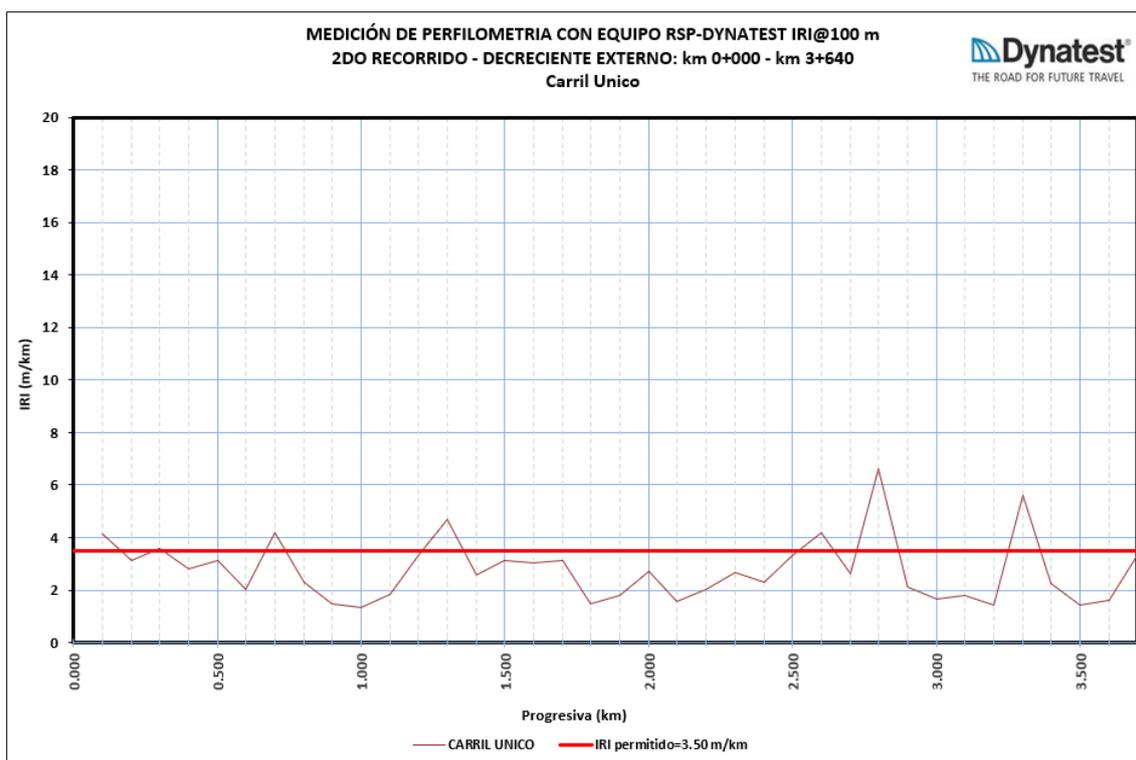


Figura 123. IRI – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo.

Fuente. Dynatest.

Tabla 15. 2do Recorrido – IRI – Calzada Decreciente – Carril Externo.

Estadístico - IRI en Intervalos de Cada 100m			
Descripción	IRI-Carril Único (m/km)		IRI Promedio (m/km)
	Huella Interna	Huella Derecha	Carril Único
Número de Muestras	37	37	37
<b>Promedio</b>	<b>2.94</b>	<b>2.59</b>	<b>2.77</b>
Mediana	2.52	2.48	2.64
Desviación Estándar	1.51	1.05	1.21
Coefficiente de Variación (%)	51.28	40.42	43.87
Valor Mínimo	1.36	1.27	1.33
Valor Máximo	7.34	5.89	6.61

Fuente. Dynatest.

Vía Auxiliar – 1er Recorrido – Calzada Creciente – Carril Interno

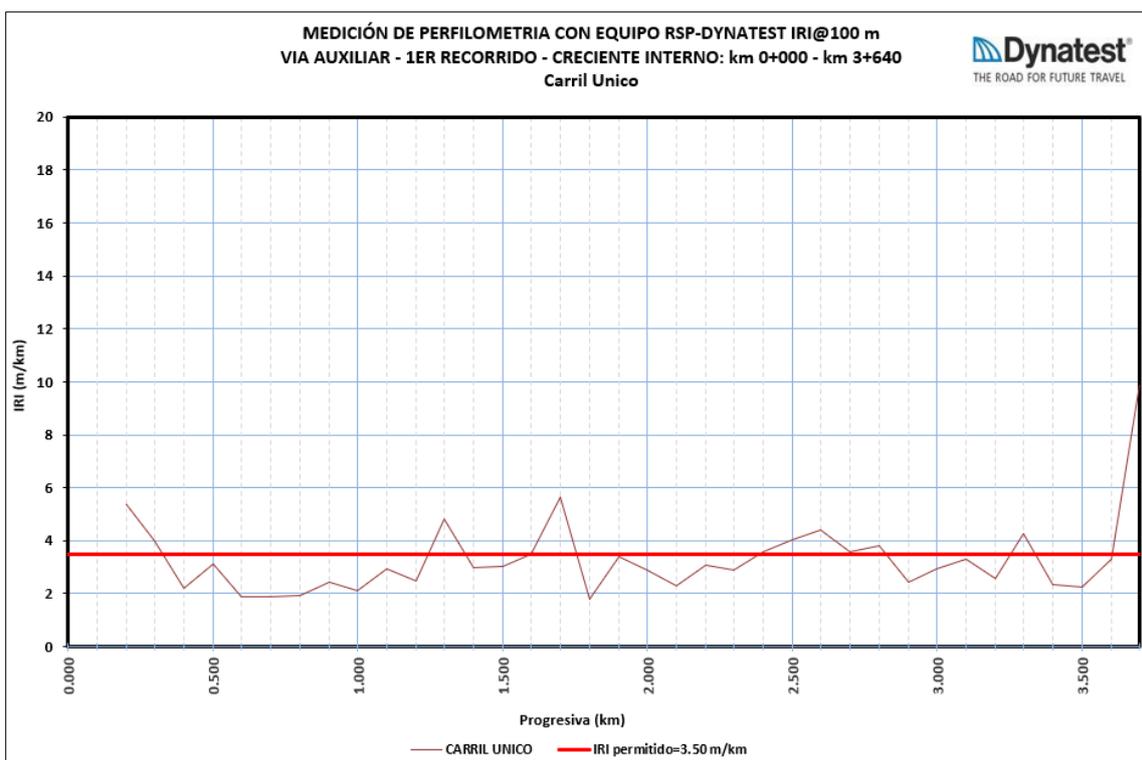


Figura 124. IRI – Vía Auxiliar - 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno.

Fuente. Dynatest.

Tabla 16. Vía Auxiliar - 1er Recorrido – IRI – Calzada Creciente – Carril Interno.

Estadístico - IRI en Intervalos de Cada 100m			
Descripción	IRI-Carril Único (m/km)		IRI Promedio (m/km)
	Huella Interna	Huella Derecha	Carril Único
Número de Muestras	36	36	36
<b>Promedio</b>	<b>3.36</b>	<b>3.27</b>	<b>3.31</b>
Mediana	3.00	2.94	3.00
Desviación Estándar	1.56	1.48	1.48
Coefficiente de Variación (%)	46.40	45.20	44.60
Valor Mínimo	1.84	1.66	1.79
Valor Máximo	10.38	9.40	9.89

Fuente. Dynatest.

Vía Auxiliar – 1er Recorrido – Calzada Creciente – Carril Externo

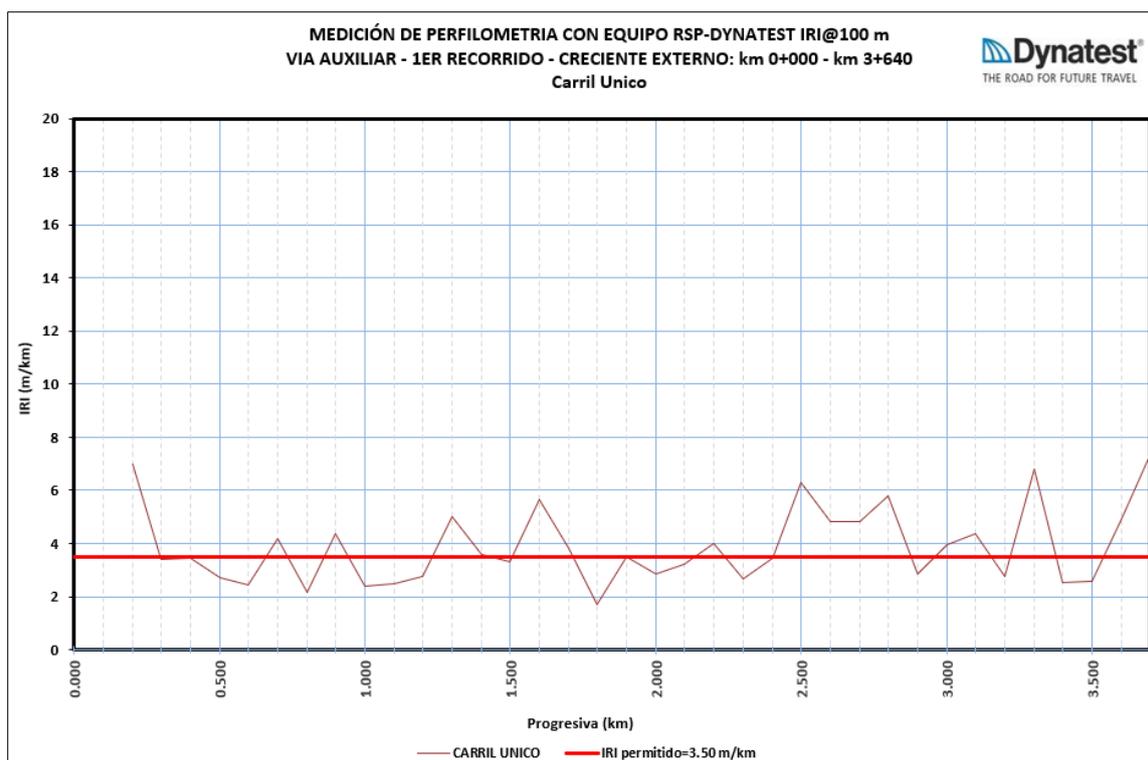


Figura 125. IRI – Vía Auxiliar - 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo.

Fuente. Dynatest.

Tabla 17. Vía Auxiliar - 1er Recorrido – IRI – Calzada Creciente – Carril Externo.

Estadístico - IRI en Intervalos de Cada 100m			
Descripción	IRI-Carril Único (m/km)		IRI Promedio (m/km)
	Huella Interna	Huella Derecha	Carril Único
Número de Muestras	36	36	36
<b>Promedio</b>	<b>3.85</b>	<b>3.93</b>	<b>3.89</b>
Mediana	3.31	3.66	3.48
Desviación Estándar	1.85	1.33	1.45
Coefficiente de Variación (%)	48.13	33.77	37.34
Valor Mínimo	1.67	1.79	1.73
Valor Máximo	9.56	6.58	7.30

Fuente. Dynatest.

Vía Auxiliar – 1er Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Interno

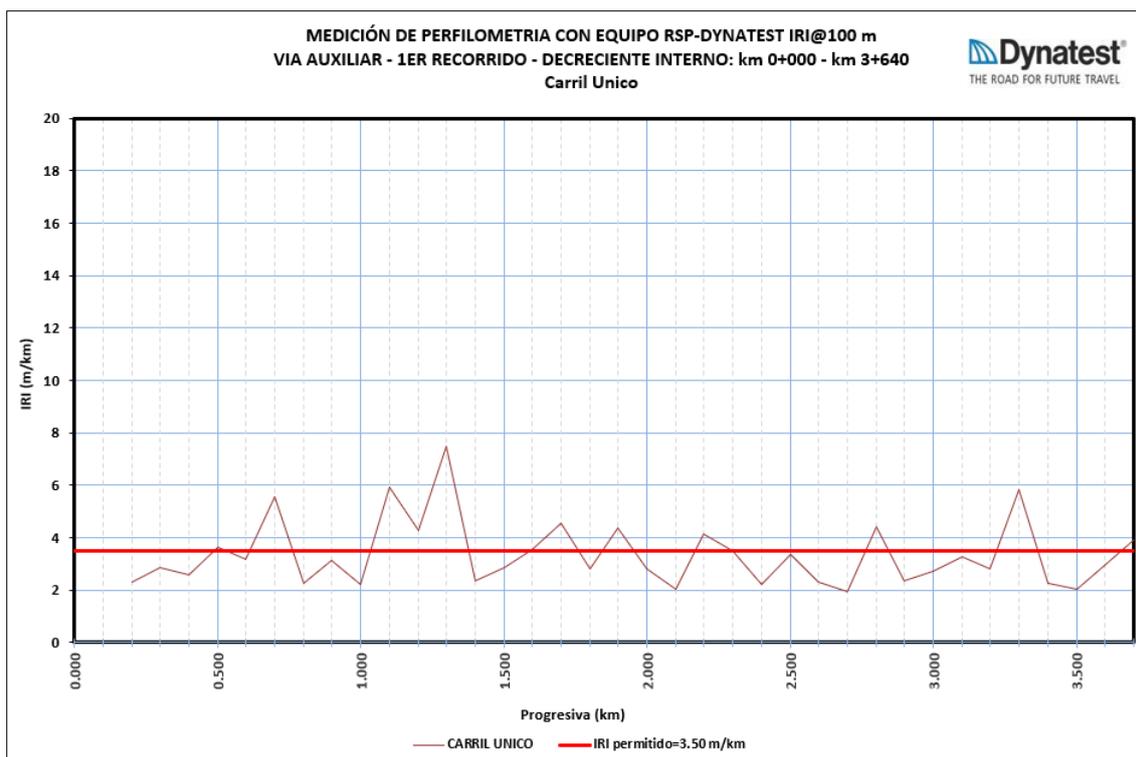


Figura 126. IRI – Vía Auxiliar - 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno.

Fuente. Dynatest.

Tabla 18. Vía Auxiliar - 1er Recorrido – IRI – Calzada Decreciente – Carril Interno.

Estadístico - IRI en Intervalos de Cada 100m			
Descripción	IRI-Carril Único (m/km)		IRI Promedio (m/km)
	Huella Interna	Huella Derecha	Carril Único
Número de Muestras	36	36	36
<b>Promedio</b>	<b>3.62</b>	<b>3.09</b>	<b>3.35</b>
Mediana	3.15	2.78	2.91
Desviación Estándar	1.64	1.16	1.28
Coefficiente de Variación (%)	45.35	37.68	38.13
Valor Mínimo	1.88	1.89	1.95
Valor Máximo	9.48	7.34	7.46

Fuente. Dynatest.

Vía Auxiliar – 1er Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Externo

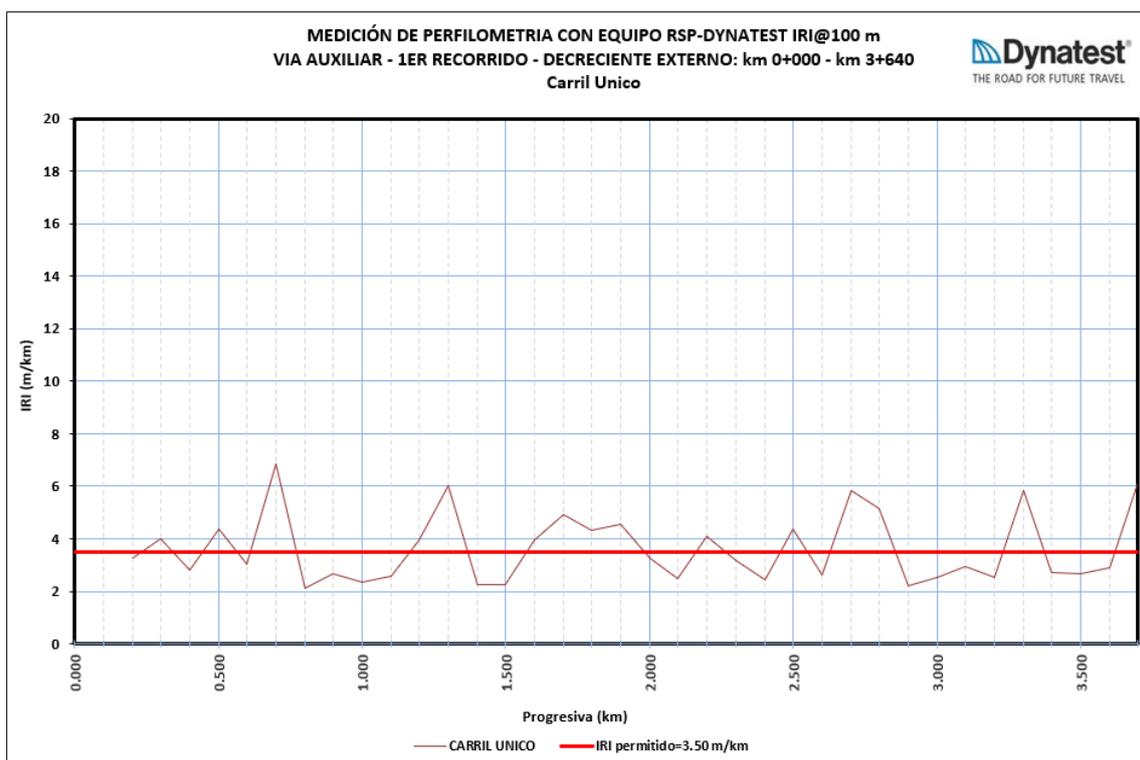


Figura 127. IRI – Vía Auxiliar - 1er Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo.

Fuente. Dynatest.

Tabla 19. Vía Auxiliar - 1er Recorrido – IRI – Calzada Decreciente – Carril Externo.

Estadístico - IRI en Intervalos de Cada 100m			
Descripción	IRI-Carril Único (m/km)		IRI Promedio (m/km)
	Huella Interna	Huella Derecha	Carril Único
Número de Muestras	36	36	36
<b>Promedio</b>	<b>3.42</b>	<b>3.82</b>	<b>3.62</b>
Mediana	2.77	3.34	3.10
Desviación Estándar	1.57	1.36	1.32
Coefficiente de Variación (%)	45.99	35.49	36.56
Valor Mínimo	1.94	2.03	2.11
Valor Máximo	7.58	8.00	6.86

Fuente. Dynatest.

Vía Auxiliar – 2do Recorrido – Calzada Creciente – Carril Interno

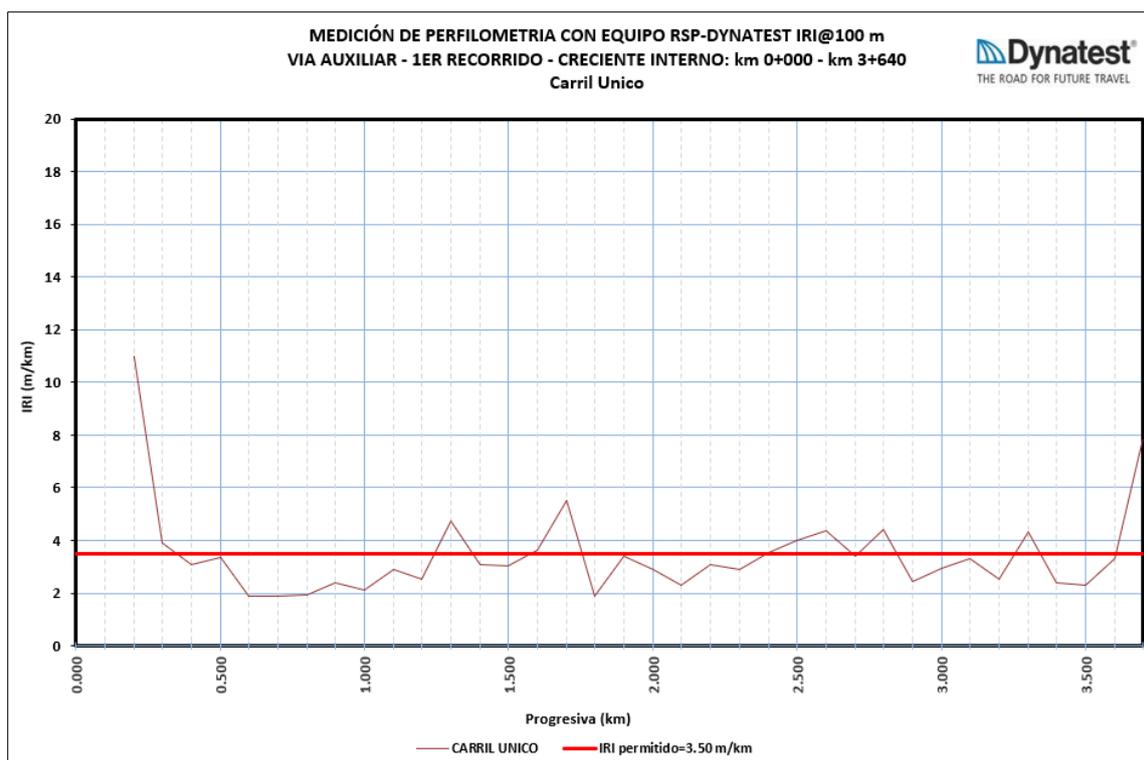


Figura 128. IRI – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Interno.

Fuente. Dynatest.

Tabla 20. Vía Auxiliar – 2do Recorrido – IRI – Calzada Creciente – Carril Interno.

Estadístico - IRI en Intervalos de Cada 100m			
Descripción	IRI-Carril Único (m/km)		IRI Promedio (m/km)
	Huella Interna	Huella Derecha	Carril Único
Número de Muestras	36	36	36
<b>Promedio</b>	<b>3.64</b>	<b>3.28</b>	<b>3.46</b>
Mediana	3.17	2.94	3.07
Desviación Estándar	2.50	1.41	1.74
Coefficiente de Variación (%)	68.64	43.03	50.26
Valor Mínimo	1.78	1.68	1.88
Valor Máximo	16.75	9.04	10.97

Fuente. Dynatest.

Vía Auxiliar – 2do Recorrido – Calzada Creciente – Carril Externo

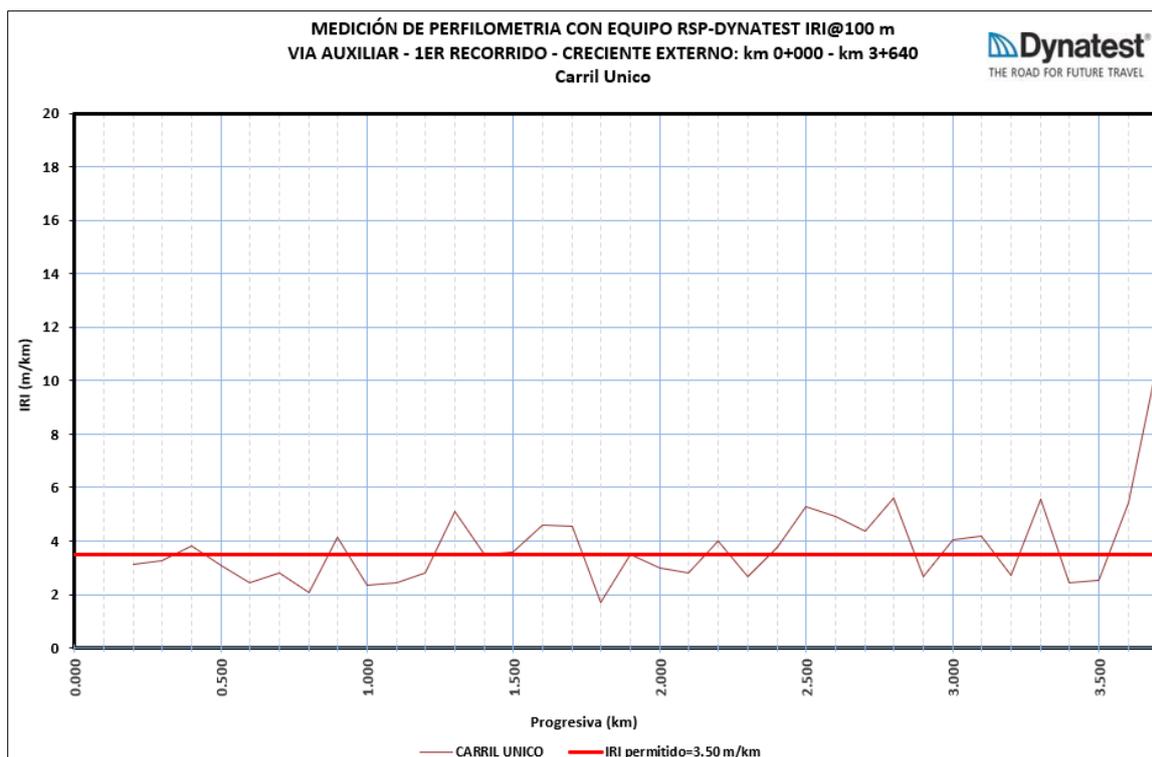


Figura 129. IRI – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Creciente – Carril Externo.

Fuente. Dynatest.

Tabla 21. Vía Auxiliar – 2do Recorrido – IRI – Calzada Creciente – Carril Externo.

Estadístico - IRI en Intervalos de Cada 100m			
Descripción	IRI-Carril Único (m/km)		IRI Promedio (m/km)
	Huella Interna	Huella Derecha	Carril Único
Número de Muestras	36	36	36
<b>Promedio</b>	<b>3.70</b>	<b>3.82</b>	<b>3.76</b>
Mediana	3.14	3.41	3.51
Desviación Estándar	2.22	1.29	1.58
Coefficiente de Variación (%)	60.07	33.71	41.91
Valor Mínimo	1.59	1.79	1.69
Valor Máximo	14.63	6.54	10.56

Fuente. Dynatest.

Vía Auxiliar – 2do Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Interno

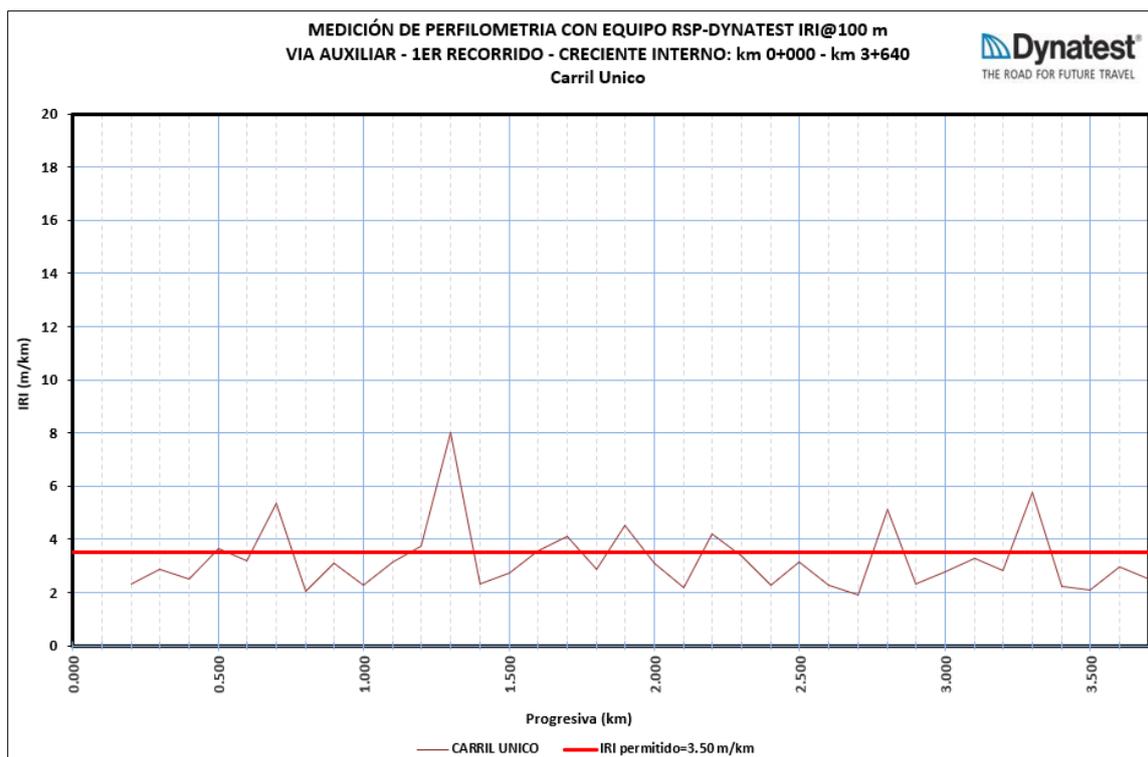


Figura 130. IRI – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Interno.

Fuente. Dynatest.

Tabla 22. Vía Auxiliar – 2do Recorrido – IRI – Calzada Decreciente – Carril Interno.

Estadístico - IRI en Intervalos de Cada 100m			
Descripción	IRI-Carril Único (m/km)		IRI Promedio (m/km)
	Huella Interna	Huella Derecha	Carril Único
Número de Muestras	36	36	36
<b>Promedio</b>	<b>3.45</b>	<b>3.05</b>	<b>3.25</b>
Mediana	3.15	2.78	2.93
Desviación Estándar	1.35	1.22	1.26
Coefficiente de Variación (%)	39.31	40.01	38.71
Valor Mínimo	1.87	1.96	1.93
Valor Máximo	8.10	7.96	8.03

Fuente. Dynatest.

Vía Auxiliar – 2do Recorrido – Calzada Decreciente – Carril Externo

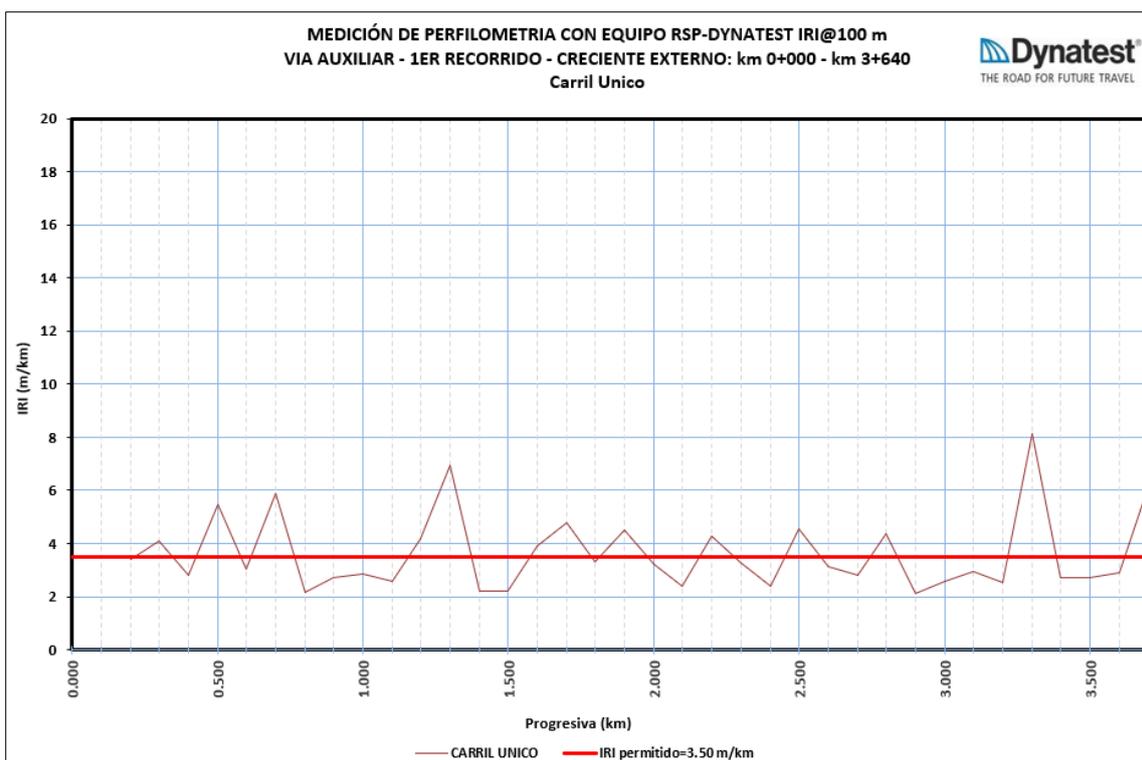


Figura 131. IRI – Vía Auxiliar – 2do Recorrido – km 0+00 – km 3+640 – Calzada Decreciente – Carril Externo.

Fuente. Dynatest.

Tabla 23. Vía Auxiliar – 2do Recorrido – IRI – Calzada Decreciente – Carril Externo

Estadístico - IRI en Intervalos de Cada 100m			
Descripción	IRI-Carril Único (m/km)		IRI Promedio (m/km)
	Huella Interna	Huella Derecha	Carril Único
Número de Muestras	36	36	36
<b>Promedio</b>	<b>3.37</b>	<b>3.87</b>	<b>3.62</b>
Mediana	2.73	3.38	3.10
Desviación Estándar	1.73	1.33	1.43
Coefficiente de Variación (%)	51.26	34.41	39.56
Valor Mínimo	1.91	2.18	2.11
Valor Máximo	9.68	6.69	8.14

Fuente. Dynatest.

En la Tabla 24 se expresa el resumen del nivel de Severidad del IRI en las calzadas de manera creciente y Decreciente en las Vías Principales y Auxiliares en el kilómetro 0+00 – 3+640 mostrando el umbral del IRI permitido en el Perú.

**Tabla 24.** Resumen de IRI en la Vía Principal y Auxiliar de Manera Creciente y Decreciente de km0+00 – km 3+640.

Kilometro	IRI Promedio (m/km)	Calzada	Carril	Vía	Nivel de Severidad	Umbral Permitido
0+00 - 3+640	2.94	Creciente	Interno/ Externo	Principal	No Severo	3.50 m/km
0+00 - 3+640	2.65	Decreciente	Interno/ Externo	Principal	No Severo	3.50 m/km
0+00 - 3+640	3.61	Creciente	Interno/ Externo	Auxiliar	Severo	3.50 m/km
0+00 - 3+640	3.46	Decreciente	Interno/ Externo	Auxiliar	No Severo	3.50 m/km

Fuente. Elaboración Propia.

Una vez obtenido todos los datos de cada una de las calzadas de las vías principales y auxiliares se genera a calificar la serviciabilidad de cada calzada de manera creciente e decreciente. Como se puede apreciar en la tabla n° 25, vemos que la calzada creciente de la vía principal tiene una serviciabilidad de **Regular** con una calificación numérica de 2.9, seguidamente se observa que la calzada decreciente de la vía principal tiene una serviciabilidad de **Regular** teniendo una calificación numérica de 2.6, posteriormente tenemos a la calzada creciente de la vía auxiliar que tiene una serviciabilidad de **Mala** contando con una calificación numérica de 3.6 y por último se aprecia la calzada decreciente de la vía auxiliar que se calificó con una serviciabilidad de **Regular** de manera verbal y forma numérica tiene una calificación de 3.4.

Describiendo de manera general se puede decir que el pavimento flexible de la avenida Canta Callao brinda una serviciabilidad de manera Regular en las vías principales ya sea de manera creciente y decreciente, esto quiere decir que la calidad de esta vía no es tan buena, por ese motivo es posible que se presente dificultades para altas velocidades de tránsito. De la misma

manera se tiene aprecia en la vía auxiliar en la calzada decreciente. Sin embargo en la calzada creciente de la vía auxiliar su serviciabilidad es de Mala por lo tanto el flujo de tránsito en esta calzada se verá afectada.

**Tabla 25.** *Calificación de la Serviciabilidad del pavimento asfaltico de la avenida Canta Callao.*

Calzada	Vía	Calificación		Descripción
		Numérica	Verbal	
Creciente	Principal	2.9	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamientos, parches y agrietamiento.
Decreciente	Principal	2.6	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamientos, parches y agrietamiento.
Creciente	Auxiliar	3.6	Mala	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde puedan afectar la velocidad del tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamientos y ahuellamientos; y ocurre en un 50% o más de la superficie.
Decreciente	Auxiliar	3.4	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamientos, parches y agrietamiento.

Fuente. Elaboración Propia.

### 3.3 CONSTRATACIÓN DE HIPÓTESIS

**3.3.1 Contratación de Hipótesis:** Parámetros de Evaluación usando el ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield para calificar la condición crítica del Pavimento Flexible

**Ha:** *Los Parámetros de Evaluación de la Metodología Windshield mejoran incorporando el Ensayo de Perfilometría*

**Ho:** *Los Parámetros de Evaluación de la Metodología Windshield no mejoran incorporando el Ensayo de Perfilometría*

De acuerdo a los resultados de los parámetros de evaluación obtenidos de manera visual y con el ensayo, se puede visualizar en la tabla N°26 el cuadro de Porcentajes de mejoras de fallas evaluadas que se tiene al utilizar el ensayo en la recolección de los datos de las fallas evaluadas en las páginas 83 - 123, los parámetros de Evaluación mejoran usando el ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield, ya que al usar el ensayo los datos de las fallas evaluadas en la avenida Canta Callao son precisos y por consiguiente eso mejora la clasificación de la vía. En la figura 132 se visualiza el porcentaje mejorado de la falla Piel de Cocodrilo por cada tramo, en la figura 133 se observa el porcentaje mejorado de la falla Grietas por cada tramo y en la figura 134 se representa el porcentaje mejorado de la falla Ahuellamiento por cada tramo.

**Tabla 26.** Porcentajes de mejoras de fallas evaluadas usando el ensayo.

Tramo	Valor Deducido (%)(Sin ensayo)			Valor Deducido (%)(Con ensayo)			Porcentaje de Mejora (%)		
	Fallas Evaluadas						Piel de Cocodrilo	Grietas	Ahuellamientos
	Piel de Cocodrilo	Grietas	Ahuellamientos	Piel de Cocodrilo	Grietas	Ahuellamientos			
1	22	15	33	16	14	10	73%	93%	30%
2	12	18	28	20	16	12	167%	89%	43%
3	10	20	25	21	15	10	210%	75%	40%
4	24	28	34	20	24	16	83%	86%	47%
							133%	86%	40%

Fuente. Elaboración Propia.

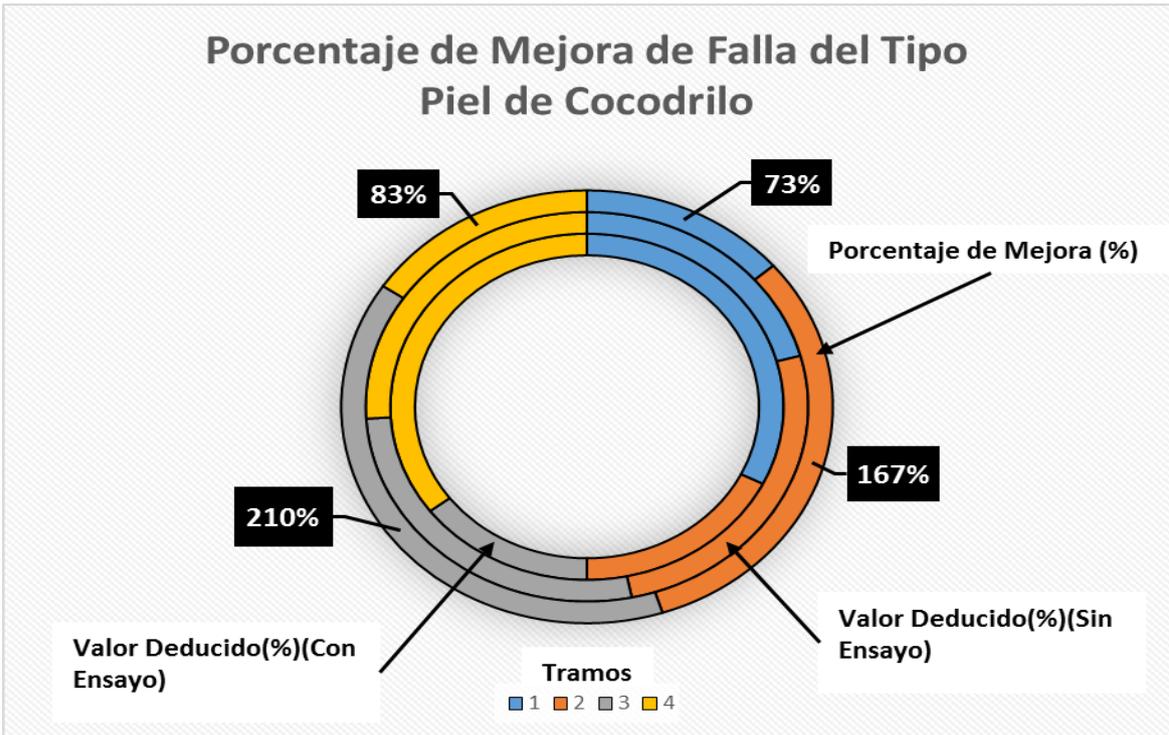


Figura 132. Porcentaje de Mejora de Falla del Tipo Piel de Cocodrilo usando el ensayo de Perfilometría.

Fuente. Elaboración Propia.

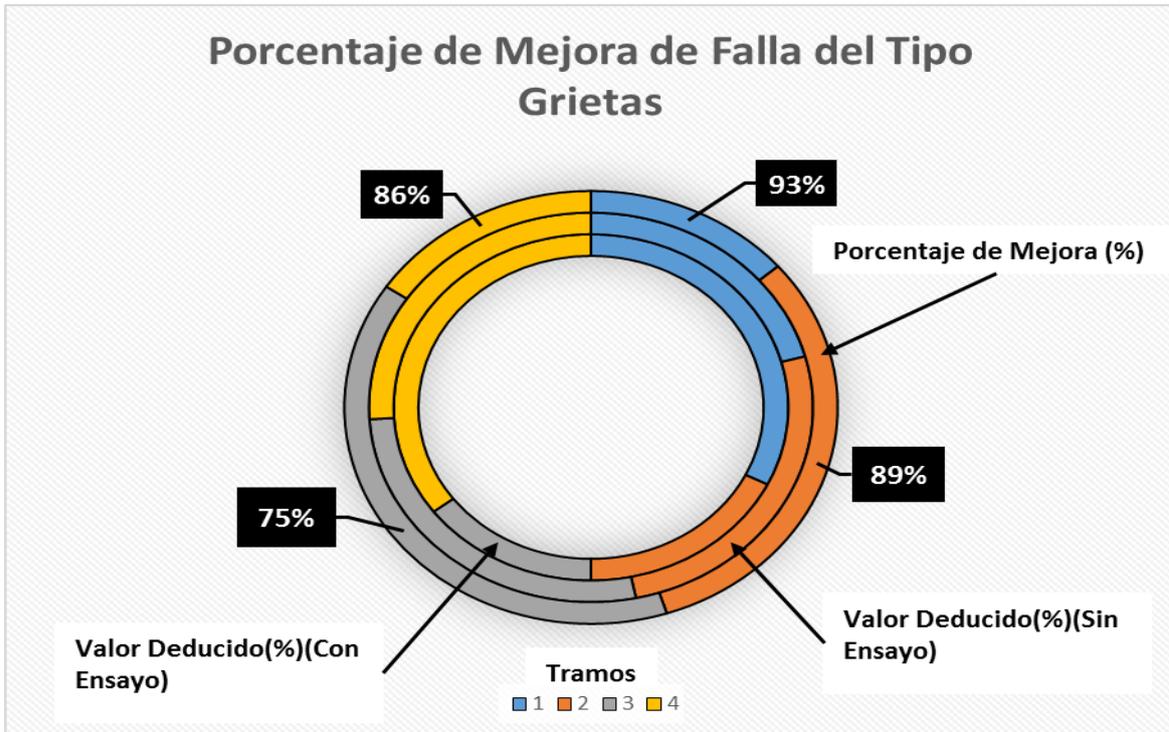


Figura 133. Porcentaje de Mejora de Falla del Tipo Grietas usando el ensayo de Perfilometría.

Fuente. Elaboración Propia.

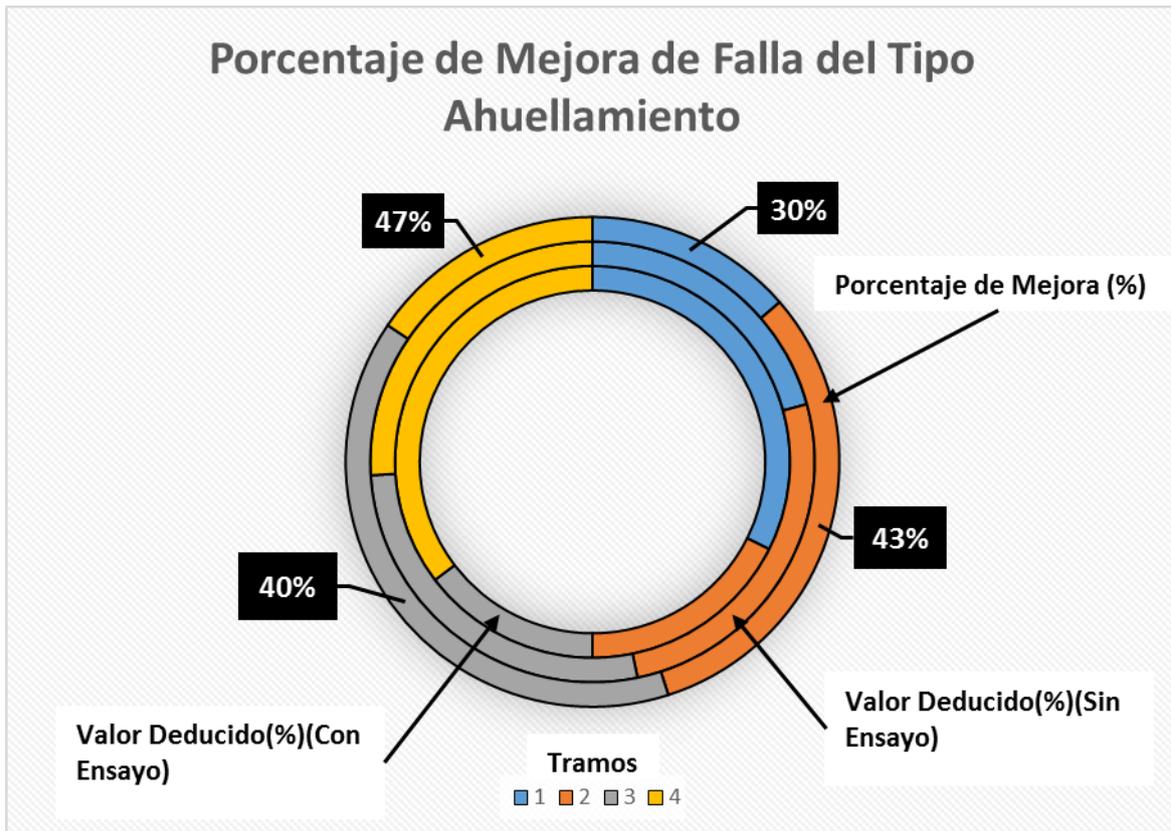


Figura 134. Porcentaje de Mejora de Falla del Tipo Ahuellamiento usando el ensayo de Perfilometría.

Fuente. Elaboración Propia

✓ Por consiguiente se acepta la Hipótesis alterna y se Rechaza la Hipótesis nula.

**3.3.2 Contratación de Hipótesis:** Índice de condición utilizando el Ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield para calificar la condición crítica del Pavimento

**Ha:** Índice de Condición Crítica de la Metodología Windshield se optimiza incorporando el Ensayo de Perfilometría.

**Ho:** Índice de Condición Crítica de la Metodología Windshield **no** se optimiza incorporando el Ensayo de Perfilometría.

De acuerdo a los resultados, el Índice de Condición Crítica se optimiza incorporando el ensayo de Perfilometría, como se puede visualizar en la tabla de comparación cuanto es el porcentaje que puede aumentar la precisión de una clasificación al incorporar el ensayo. Como se puede observar en la Tabla N° 6 los porcentajes de mejora que se tiene de la Condición Crítica del pavimento incorporando el ensayo. También se puede observar dicha información en la figura 115 el gráfico estadístico de mejora de porcentajes.

- ✓ Por consiguiente se acepta la Hipótesis alterna y se Rechaza la Hipótesis nula.

### **3.3.3 Contratación de Hipótesis:** Serviciabilidad del Pavimento Flexible empleando el Ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield

**Ha:** *La Serviciabilidad del Pavimento Flexible se perfecciona incorporando el Ensayo de Perfilometría.*

**Ho:** *La Serviciabilidad del Pavimento Flexible no se perfecciona incorporando el Ensayo de Perfilometría.*

De acuerdo a los resultados, la Serviciabilidad del Pavimento Flexible se perfecciona incorporando el ensayo de Perfilometría. Por el mismo motivo de que no se puede especificar la serviciabilidad de un pavimento sin ayuda de un ensayo, es completamente necesario usar este tipo de ensayo para poder calificar al pavimento con una serviciabilidad.

- ✓ Por consiguiente se acepta la Hipótesis alterna y se Rechaza la Hipótesis nula.

#### IV. DISCUSIÓN

Temas	Autor	Título	Año	Aporte	Propio de la Investigación
Parámetros de Evaluación Usando el Ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield para Calificar la Condición Crítica del Pavimento Flexible.	BECERRA, Andrés y SÁNCHEZ, Pablo	Evaluación de la condición del Pavimento de sector del Valle y su Marco Sostenible	2018	De acuerdo a los resultados de las metodologías evaluadas en campo para pavimentos flexibles, se puede decir que el método Windshield es el método más adecuado en cuanto a tiempo de toma de datos, costo de intervención, con resultados confiables y coherentes del estado del pavimento, pero al ser una evaluación de parabrisas, no permite obtener la exactitud de fallas que presentan las vías.	Se concluye que la determinación de los parámetros de evaluación de la metodología Windshield, mejora la precisión de la recolección de datos en un 133% en piel de cocodrilo, 86% en grietas y 40% en ahuellamientos respectivamente, cuando se incorpora el ensayo de Perfilometría, como se observa en la tabla n°26 (porcentajes de mejora).
Índice de Condición Utilizando el Ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield para Calificar la Condición Crítica del Pavimento Flexible.	Apolo Bustamante, Darwin	Diseño de un Sistema de Gestión de Infraestructura Vial Sustentable en la Municipalidad de Gualaceo	2018	Para evaluar los pavimentos rígidos y adoquinados dentro de la metodología Windshield, se utilizó los deterioros más comunes con los que cuenta los pavimentos rígidos y por medio de sus valores de deducción. Dando como resultados una desviación estándar entre los resultados obtenidos del ICF vs PCI de 5.2 de para los pavimentos asfáltico, 1.4 para los pavimentos rígidos y 4.2 para los adoquinados. Finalmente, se puede concluir que los resultados obtenidos en la evaluación realizada en el GAD municipal tienen un nivel de confianza por encima del 95%.	La estabilización del índice de Condición de la metodología Windshield se mejora en un 74%, 14.8%, 6.7% y 73.3% respectivamente utilizando el ensayo de Perfilometría, como se observa en la comparación de los resultados que se encuentra en la tabla n°6 sobre los porcentajes de mejora.
Serviciabilidad del Pavimento Flexible Empleando el Ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield.	Humpiri Pineda, Katia	Análisis Superficial de Pavimentos Flexibles para el Mantenimiento de Vías en la Región de Puno	2015	Con los tratamientos de conservación vial sugeridos en el presente estudio se logra reparar el daño de forma puntual y precisa mejorando el nivel de serviciabilidad. El mantenimiento permanente de las infraestructuras viales ayuda a la conservación de las vías, reflejándose en comodidad y tiempo de transporte.	Se concluye que la clasificación de la Serviciabilidad del pavimento Flexible de la metodología Windshield se mejora considerablemente en un 100% empleando el ensayo de Perfilometría, como se observan en los resultados.

## V. CONCLUSIONES

Se concluye que la determinación de los parámetros de evaluación de la metodología Windshield, mejora la precisión de la recolección de datos en un 133% en piel de cocodrilo, 86% en grietas y 40% en ahuellamientos respectivamente cuando se incorpora el ensayo de Perfilometría. Como se observa en la tabla n°26 (porcentajes de mejora). Como se aprecia en los resultados, al momento de recolectar los datos de manera visual, se dificulta medir de manera exacta la profundidad de los ahuellamientos mientras que con el ensayo se aprecia que, en todos los carriles de este tramo, el Ahuellamiento no sobrepasa el umbral, que es de 12 mm como máximo.

Luego del análisis de la recopilación de datos de las dos maneras empleada en este Proyecto de tesis, se concluye que la estabilización del índice de Condición de la metodología Windshield se mejora en un 74%, 14.8%, 6.7% y 73.3% respectivamente utilizando el ensayo de Perfilometría. Como se observa en la comparación de los resultados que se encuentra en la tabla n°6 (sobre los porcentajes de mejora), que se tiene al clasificar el índice de la condición de cada calzada de manera creciente y decreciente del pavimento flexible de la avenida Canta Callao. Por lo tanto, se concluye que el ensayo ayuda de manera eficaz para evaluar el pavimento flexible.

Y por último, se concluye que la clasificación de la Serviciabilidad del pavimento Flexible de la metodología Windshield se mejora considerablemente en un 100% empleando el ensayo de Perfilometría. En todos los carriles se aprecian en la gráfica, que el IRI sobrepasa el umbral. Esto se debe a singularidades encontradas durante la medición las cuales corresponden a huecos, abultamientos, hundimientos, fisuras. También se concluye que el perfilómetro inercial RSP Mark III – Dynatest cumple con todos los estándares requeridos por el Banco Mundial, ASTM E950 y el nuevo estándar AASHTO M328-10 para ser considerado Clase I, por lo tanto garantiza una confiabilidad al obtener los datos del IRI, Ahuellamiento y Textura para este Proyecto de Tesis.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Para la evaluación de pavimentos flexibles se recomienda el uso de la metodología Windshield utilizando el ensayo de Perfilometría para que permita darle más exactitud y confiabilidad en la recolección de datos, que en este caso son las mediciones del tipo de fallas, tales como ahuellamiento, piel de cocodrilo y grietas longitudinales y transversales que pueda tener un pavimento flexible. Por lo mismo que este método al utilizar la evaluación de parabrisas, se dificulta para obtener con exactitud las mediciones de las fallas, se encomienda usar este ensayo. Por Otro lado, se recomienda calibrar los láseres, acelerómetro, el GPS y por último el odómetro que contiene el vehículo, para que el perfilómetro pueda realizar las mediciones en campo de manera exacta.

Para clasificar el índice de condición del pavimento flexible por medio del método Windshield; sin utilizar el ensayo de Perfilometría, es recomendable evaluar al pavimento unas dos veces la misma calzada en diferentes días para que los datos recolectados tengan errores mínimos. Y luego implementar el ensayo de Perfilometría o cualquier otro ensayo que sea evaluación funcional, de manera que se pueda comparar las dos formas de evaluación. Como resultado de las evaluaciones, se evidencia que los 4 tramos incumplen con el nivel de servicio, por lo tanto se recomienda que los 4 tramos se tomen como medida de intervención urgente la reconfiguración del perfil longitudinal ya sea mediante un fresado y reposición de la carpeta o mediante recapeos asfálticos sobre la carpeta existente.

Asimismo, durante la medición del IRI por medio del ensayo de Perfilometría, se observaron tramos en los cuales el perfilómetro registraba valores elevados debido a la irregularidad de la superficie, lo cual lleva a suponer que en ciertos sectores existen problemas de hundimientos causados por fallas estructurales en las capas granulares. Por este motivo, se recomienda trabajos de mantenimiento periódico rutinario y preventivo como sellado de fisuras y aplicación de slurry seal con la finalidad de evitar que el agua producto de las lluvias ingrese a la Base y Sub Base.

## REFERENCIAS

ALELI, Osorio. Development of Performance Models and Maintenance Standards of Urban Pavements for Network Management. Thesis (for the degree of Doctor of Philosophy in Civil Engineering). Canada, Chile: University of Waterloo and the Pontificia Universidad Católica de Chile, 2015. 201 pp.

AMERICAN Association of State Highway, & Transportation Officials (1993). ASSHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993(Vol. 1). ASSHTO.

AUCCAQUAQUI, Irvin y CORAHUA, Ronald. Evaluación del Sistema de Pavimentos Flexibles en la Prolongación de la Av. La Cultura Tramo (4to Paradero de San Sebastián – Grifo Mobil de San Jerónimo). Tesis (Grado para la obtención del Título de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Andina del Cusco, 2016. 274 pp.

APOLO, Darwin. Diseño de un Sistema de Gestión de infraestructura Vial Sustentable en la municipalidad de Gualaceo. Tesis (Grado para la obtención del Título de Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad de Cuenca, 2018. Disponible en:(  
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31420/1/Trabajo%20de%20titulacion.pdf>)

ÁVILA, Edison, ALBARRACÍN, Flavio y BOJORQUE, Jaime. Evaluación de pavimentos en base a métodos no destructivos y análisis inverso. Ecuador: *Maskana*, 6(1), 149-167. Vol. 6, No. 1, 2015. Disponible en: (<https://doi.org/10.18537/mskn.06.01.11>)

BECERRA, Andrés y Sánchez, Pablo. Evaluación de la condición del Pavimento de sector del Valle y su Marco Sostenible. Tesis (Grado para la obtención del Título de Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad de Cuenca, 2018. Disponible en:

(<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30292/1/trabajo%20de%20titulacion.pdf>)

BELTRÁN, G. y Romo, M. (2014). Evaluación de pavimentos y decisiones de conservación con base en sistemas de inferencia difusos. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, XV, 03 (2014): 391-402. Disponible en: (<http://www.redalyc.org/service/redalyc/downloadPdf/404/40431741006/6>)

CHÁVEZ, Rocío. Diseño del Pavimento Flexible para la Av. Morales Duárez, de la vía expresa Línea Amarilla en la Ciudad de Lima. Tesis (Para optar el Título Profesional de Ingeniera Civil). Perú: Universidad Nacional Federico Villareal, 2018. Disponible en: (<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30292/1/trabajo%20de%20titulacion.pdf>)

CHILÓN Muñoz, Iris. Determinación y evaluación de las Patologías de la capa de rodadura del pavimento flexible de la Avenida Marcavelica cuadras 01 a la Cuadra 09, del distrito Veintiséis de Octubre, Provincia de Piura, Región Piura-Marzo 2017. Tesis (Para optar el Título Profesional de Ingeniera Civil). Perú: Universidad Católica de Los Angeles Chimbote, 2017. Disponible en: ([http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/4959/PATOLOGIAS\\_DE\\_LA\\_CAPA\\_DE\\_RODADURA\\_PAVIMENTO\\_FLEXIBLE\\_ROMERO\\_RODRIGUEZ\\_IRIS\\_ROSELIN.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/4959/PATOLOGIAS_DE_LA_CAPA_DE_RODADURA_PAVIMENTO_FLEXIBLE_ROMERO_RODRIGUEZ_IRIS_ROSELIN.pdf?sequence=1&isAllowed=y))

CRUZ, Juan y RESTREPO, Giovanni. Evaluación del Estado de Pavimento Flexibles en la Zona Urbana de La Calera. Tesis (Para Optar el Título de Ingeniero Civil). Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017. 37 pp.

ESCOBAR, Luis y Huincho, Jesús. Diseño de Pavimento Flexible, bajo la influencia de parámetros de Diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa-Sachapite, Huancavelica-2017. Tesis (Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Nacional de Huancavelica, 2017. Disponible

en: (<http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1388/TP%20-%20UNH%20CIVIL.%2000085.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

ESPINOZA, Tessy y Santiago, Freddy. Evaluación del Estado Actual del Pavimento Asfáltico de la vía Huánuco – Kotosh por el método del índice de condición del pavimento. Tesis (Para Optar el Título de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Nacional Hermilio Valdizán, 2015. Disponible en: (<http://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/UNHEVAL/555/TIC%2000091%20E88.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

FICHA Técnica Perfil Longitudinal. Método de Ensayo Estándar para la determinación para la determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI) Perfilómetro Inercial (RSP). Normas de Referencia ASTM E950 y E1170. Disponible en: (<http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/ensayos/11-campo/11.2.pdf>)

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos, y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. 5.<sup>a</sup> ed. México: McGraw-Hill / interamericana editores, s.a. de C.V. 2010  
ISBN: 978-607-15-0291-9

HILIQÚIN, Mariana. Evaluación del Estado de Conservación del Pavimento, Utilizando el Método PCI, en la Av. Jorge Chávez del Distrito de Pocollay en el año 2016. Tesis (Grado para la obtención del Título de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Privada de Tacna, 2016. 239 pp.

HUMPIRI, Katia. Análisis Superficial de Pavimentos Flexibles para el Mantenimiento de Vías en la Región de Puno. Tesis (Para optar el grado Académico de Magister en Ingeniería Civil). Perú: Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez”, 2015. 171 pp.

LEGUIA, Paola y PACHECO, Hans. Evaluación superficial del pavimento Flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías Arteriales:

Cincuentenario, Colón y Miguel Grau. Tesis (para optar por el Título Profesional de Ingeniero Civil). Perú: Universidad San Martín de Porres, 2016. 174 pp.

MEDINA, Armando y De la Cruz, Marcos. Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI. Tesis (para optar por el Título Profesional de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2015. Disponible en: ([https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581505/Medina\\_PA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581505/Medina_PA.pdf?sequence=1&isAllowed=y))

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (MTC) Manual de Carreteras Diseño Geométrico (DG-2014). Revisada y Corregida a Octubre del 2014.

MONJE, C.A. (2011). Metodología de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa. Libro didáctico de metodología de la investigación en ciencias sociales.

NUREÑA, Luis. Evaluación del Pavimento Flexible en la Av. Mario Urteaga Tramo Óvalo EL Inca – Plazuela Víctor Raúl, Utilizando la Metodología PCI. Tesis (Grado para la obtención del Título de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017. 194 pp.

OSORIO, Alelí, CHAMORRO, Alondra, TIGHE, Susan y VIDELA, Carlos. *Calibration and Validation of Condition Indicator for Managing Urban Pavement Networks*. Volume 2455 issue: 1, page(s): 28-36. 2014. Disponible en: (<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.3141/2455-04>)

PALELLA, Santa y MARTINS, Feliberto. Metodología de la Investigación Cuantitativa. 3ª ed. Venezuela: La editorial pedagógica de Venezuela 1ª Reimpresión. 2012. ISBN: 980-273-445-4

PERÉZ, José y RAMIRÉZ, Jhonel. Evaluación y Determinación de las patologías del pavimento asfáltico en la Av. Los Tréboles – Distrito de Chiclayo – Provincia de Chiclayo – Departamento de Lambayeque. Tesis (Grado para la

obtención del Título de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Señor de Sipán, 2018. 159 pp.

PORTA Romero, Soledad. Evaluación y Comparación de Metodologías Índice de Condición de Pavimentos (PCI) y Visión e Inspección de zonas e Itinerarios en Riesgo (VIZIR) en la Avenida Mariscal Castilla Tramo: Fundo el Porvenir-La Victoria. Tesis (Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016. 241 pp.

REGLAMENTO Nacional de Edificaciones (RNE), Norma CE.010 Pavimentos Urbanos (2010), Lima-Perú. SENCICO, Primera Edición, Marzo-2010.

RODRIGUEZ, Edgar. Cálculo del índice de Condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla. Tesis (Para Optar el Título de Ingeniero Civil). Perú: Universidad de Piura, 2009. 167 pp.

RODRIGUEZ, Ludermrh. Evaluación del Estado Actual de la Superficie del Pavimento Rígido Existente en el Jirón de la Amistad de la Urbanización Tepro del Centro de Poblado de Salcedo-Puno-2016. Tesis (Para Optar el Título de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Andina, 2017. 158 pp.

RONCAL Espinoza, Alfredo. Diseño de la Trocha Carrozable San Juan – San Francisco –Tunal. Distrito y Provincia de San Ignacio. Departamento de Cajamarca, 2016. Tesis (Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil Ambiental). Perú: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2018. 258 pp.

TACZA Herrera, Erica y RODRIGUEZ Paez, Braulio. Evaluación de fallas mediante el método PCI planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento Flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado. Tesis (Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Peruanas de Ciencias Aplicadas, 2018. 117 pp.

TORRES, Juscel. Evaluación de la Condición actual de pavimento flexible de la Av. Calmell del solar e incidencia del Geotextil no tejido en su rehabilitación como alternativa de Solución-Huancayo 2016. Tesis (Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Peruana Los Andes, 2017. 172 pp.

ADAPTACIÓN de la Norma de la International Organization for Standardization (ISO). Referencias estilo ISO 690 y 609-2. César Vallejo 2017.

## ANEXOS

### ANEXO N°1 MATRIZ DE OPERALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Metodología de Investigación
Variable Dependiente					
<b>Condición Crítica del Pavimento Flexible</b>	Esta condición se basa en el nivel de degradación que se encuentra el pavimento como proceso de deterioro, este nivel de condición va a depender de los defectos sobre la superficie, como las irregularidades que se encuentran de manera longitudinal, las deformaciones permanentes, la deflexión recuperable por el Método Windshield.	Mediante el Método Windshield y utilizando el Ensayo de Perfilometría se obtendrán los respectivos datos sobre los tipos, severidad y extensión de fallas que se encuentran en la superficie del pavimento flexible con la finalidad de Clasificar la serviciabilidad en la que se encuentra brindando a los usuarios.	Parámetros de Evaluación	Tipo de Fallas	<b>Método: Método Científico</b>
				Severidad de Fallas	
				Extensión de Fallas	
			Índice de Condición	Cálculo del Valor Deducido(VD)	<b>Enfoque Mixto: Cuantitativo y Cualitativo</b>
				Cálculo del CCI	
				Cálculo del LDR y NDR	
			Serviciabilidad	Escala de Clasificación	
<b>Variable Independiente</b>	Esta Tipo de Ensayo comprende que se realizará en el campo, de tal manera que se podrá obtener la información detallada con respecto a los tipos de deformaciones demostrando sus características de cada deterioro que se encuentre vigente en la superficie del pavimento flexible para poder utilizarlos en la metodología Windshield.	Como mencionado este ensayo evaluará la superficie del pavimento flexible, lo que va a medir este ensayo para nuestra investigación serán las deformaciones que están en ciertos tramos de la vía, lo que queremos es que nos muestra todo el perfil y cuánto fue la deformación a que profundidad se encuentran éstas.	Deformaciones	Área	<b>Tipo de Investigación: Aplicada</b>
<b>Ensayo de Perfilometría</b>				Longitud	<b>Nivel de Investigación: Descriptivo</b>
				Profundidad	
			IRI	Rugosidad	<b>Diseño de Investigación: Experimental</b>

## ANEXO N°2 MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: Análisis de la Condición Crítica del Pavimento Flexible Usando el Ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield-Avenida Canta Callao-2019						
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Problema Principal	Objetivo Principal	Hipótesis Principal	Variable Independiente			
¿La incorporación del Ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield, mejora el análisis de la condición crítica del pavimento flexible-Avenida Canta Callao-2019?	Analizar la Condición Crítica del Pavimento Flexible usando el Ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield-Avenida Canta Callao-2019	La incorporación del Ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield mejora todo el Análisis de la Condición Crítica del Pavimento Flexible-Avenida Canta Callao-2019	Ensayo de Perfilometría	Deformaciones	Área	Perfilómetro
					Longitud	
				IRI	Rugosidad	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	Variable Dependiente	Parámetros de Evaluación	Tipo de Fallas	Fichas Técnicas de Recopilación de Datos
¿Mejorará la Determinación de los Parámetros de Evaluación de la Metodología Windshield con la incorporación del Ensayo de Perfilometría?	Determinar los Parámetros de Evaluación Usando el Ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield para Calificar la Condición Crítica del Pavimento Flexible.	La determinación de los Parámetros de Evaluación de la Metodología Windshield mejora incorporando el Ensayo de Perfilometría				
			Condición Crítica del Pavimento Flexible	Índice de Condición Crítica	Extensión de Fallas	
¿Optimizará la Determinación del Índice de Condición Crítica de la Metodología Windshield con la incorporación del Ensayo de Perfilometría?	Establecer el Índice de Condición Utilizando el Ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield para Calificar la Condición Crítica del Pavimento Flexible.	La determinación del Índice de Condición Crítica de la Metodología Windshield se optimiza incorporando el Ensayo de Perfilometría.				
					Cálculo del CCI	
¿Se Perfeccionará la Clasificación de la Serviciabilidad del Pavimento Flexible con la incorporación del Ensayo de Perfilometría?	Clasificar la Serviciabilidad del Pavimento Flexible Empleando el Ensayo de Perfilometría en la Metodología Windshield.	La Clasificación de la Serviciabilidad del Pavimento Flexible se perfecciona incorporando el Ensayo de Perfilometría.		Serviciabilidad	Cálculo del LDR y NDR	
					Escala de Clasificación	

### ANEXO N°3 PLANO EN PLANTA DE LA ZONA DE ESTUDIO



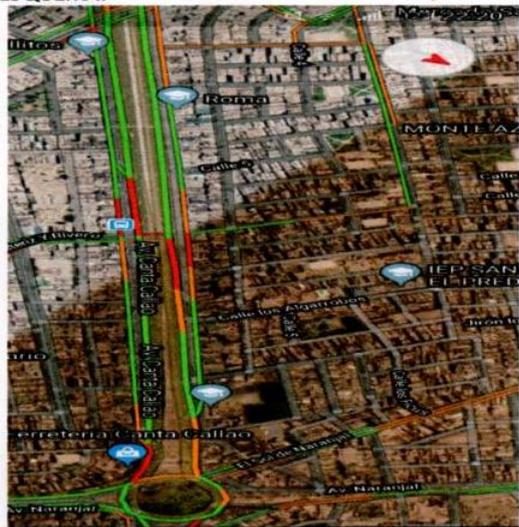
*Fuente Johao: Plano del distrito de San Martín de Porres.*

**ANEXO N°4 PLANO DE ZONIFICACIÓN DE ESTUDIO**



*Fuente Municipalidad de San Martín de Porres: Plano de Zonificación de Lima Metropolitana San Martín de Porres.*

ANEXO N°5 FICHAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

	<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>							
	<b>ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN CRÍTICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE USANDO EL ENSAYO DE PERFILOMETRÍA EN EL MÉTODO WINDSHIELD-AVENIDA CANTA CALLAO-2019</b>							
	<b>FICHA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS (MÉTODO WINDSHIELD PAVEMENT FLEXIBLE CONDITION)</b>							
<b>Nombre de la Vía:</b>				<b>ESQUEMA:</b>				
<b>Longitud:</b>								
<b>Ancho del Carril:</b>								
<b>Evaluador:</b>								
<b>Fecha:</b>								
<b>TIPOS DE FALLAS POR LOS EVALUADORES</b>								
<b>DETERIORO</b>	<b>NIVEL DE SEVERIDAD</b>	<b>DEFINICIÓN</b>	<b>COMO CONTAR</b>					
PIEL DE COCODRILO	NO SEVERO	GRIETA LONGITUDINAL GRIETAS	RERO-MENOS DEL 10% DEL ÁREA DE LA VÍA					
	SEVERO	DESPRENDIMIENTO DE GRIETAS INTERCONECTADAS	OCASIONAL- 10 AL 50% DEL ÁREA DE LA VÍA					
	MUY SEVERO	AGRIETAMIENTO Y DESPRENDIMIENTO	FRECUENTE- SOBRE EL 50% DEL ÁREA DE LA VÍA					
GRIETAS TRANSVERSALES, LONGITUDINALES Y POR REFLEXIÓN	NO SEVERO	GRIETA VISIBLE	USAR EL CONTEO DE GRIETAS					
	SEVERO	GRIETA ABIERTA						
	MUY SEVERO	DESPRENDIMIENTO Y/O AGRIETAMIENTO ADYACENTE						
AHUELLAMIENTO	MENOR DE 1/2 PULGADA	CAPACIDAD PARA ESTANCARSE EL AGUA	RARO					
	MAJOR DE 1/2 PULGADA		EXTENDIDO EN LA VÍA					
PARCHEO	SI	CIERTOS PARCHES EN LA SESIÓN ANALIZAR	MENOS DEL 10% DEL ÁREA DE LA SESIÓN ANALIZADA					
	NO	NO HAY PARCHES EN LA SESIÓN ANALIZAR	MAYOR DEL 10% DEL ÁREA DE LA SESIÓN ANALIZADA					
<b>DETERIORO</b>	<b>FRECUENCIA</b>				<b>NIVEL DE SEVERIDAD</b>			<b>VALOR DEDUCIDO (VD)</b>
PIEL DE COCODRILO	NO	RARO	OCASIONAL	FRECUENTE	NO SEVERO	SEVERO	MUY SEVERO	
GRIETAS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES	GRIETA CONTABLE				NO SEVERO	SEVERO	MUY SEVERO	
GRIETAS POR REFLEXIÓN	GRIETA CONTABLE				NO SEVERO	SEVERO	MUY SEVERO	
AHUELLAMIENTOS	NO	RARO	EXTENDIDO		$\leq 1/2''$	$\geq 1/2''$		
PARCHEOS	NO		SI		$\leq 10\%$	$\geq 10\%$		
LDR = 100 – Piel de Cocodrilo Deducido – Ahuellamiento Deducido – Parcheo Deducido								LDR =
NDR = 100 – Grietas Lgtds y Trvls o Grietas por Reflexión Deducido – Parcheo Deducido								NDR =
INDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA (CCI)=					CLASIFICACIÓN=			

  
 Iny. Jorge Luis  
 Bonifaz Zúñiga  
 CIP. 126769

**ANEXO N°6 FICHAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

	<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>	
	<b>ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN CRÍTICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE USANDO EL ENSAYO DE PERFILOMETRÍA EN EL MÉTODO WINDSHIELD-AVENIDA CANTA CALLAO-2019</b>	
	<b>FICHA DE OBSERVACIÓN DE LA VÍA</b>	
<b>PREGUNTAS SOBRE PARÁMETROS DE EVALUACIÓN</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE IDENTIFICARON LOS TIPOS DE FALLAS QUE SE ENCUENTRAN EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?		
2. ¿SE DETERMINARON LAS SEVERIDADES DE CADA TIPO DE FALLA VISUALIZADA EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?		
3. ¿SE DETERMINARON LAS EXTENSIONES DE CADA TIPO DE FALLA VISUALIZADA EN LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?		
<b>PREGUNTAS SOBRE ÍNDICE DE CONDICIÓN</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE CONOCEN LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN PARA PODER CALCULAR EL VALOR DEDUCIDO (VD) DE LAS FALLAS ENCONTRADAS?		
2. ¿SE CONOCEN LOS VALORES DEDUCIDOS (VD) PARA PODER CALCULAR LOS VALORES DE LDR Y NDR?		
2. ¿SE CONOCEN LOS VALORES DE LDR Y NDR PARA PODER CALCULAR EL ÍNDICE DE CONDICIÓN CRÍTICA?		
<b>PREGUNTAS SOBRE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE CONOCEN TODOS LOS DATOS NECESARIOS PARA PODER CALIFICAR LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?		
<b>PREGUNTAS SOBRE SERVICIABILIDAD</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. ¿SE CONOCEN TODOS LOS DATOS NECESARIOS PARA PODER CALIFICAR LA SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CANTA CALLAO?		
<b>OBSERVACIONES Y COMENTARIOS:</b>		
Nombre de la Vía:		<b>FIRMA:</b>  Ing. José L. Barrios Zuniga. C.P. 126769
Evaluador:		
Ancho Del Carril:		
Longitud:		
Fecha:		

## ANEXO N°7 TABLA DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS



### TABLA DE EVALUACIÓN EXPERTOS

Apellido y Nombres del experto: BENITES ZUÑIGA JOSE LUIS

Título y/o Grado: Magister

Ph. D... ( )	Doctor... ( )	Magister... (X)	Ingeniero... ( )	Otros..... especifique
--------------	---------------	-----------------	------------------	---------------------------

Universidad que labora: Universidad Cesar Vallejo Sede Lima Norte

Fecha: 20 / 06 / 2019

Título del Proyecto

ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN CRÍTICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE  
USANDO EL ENSAYO DE PERFILOMETRÍA EN EL MÉTODO WINDSHIELD-  
AVENIDA CANTA CALLAO-2019

Tabla de evaluación de expertos para el indicador: Nivel de Eficiencia

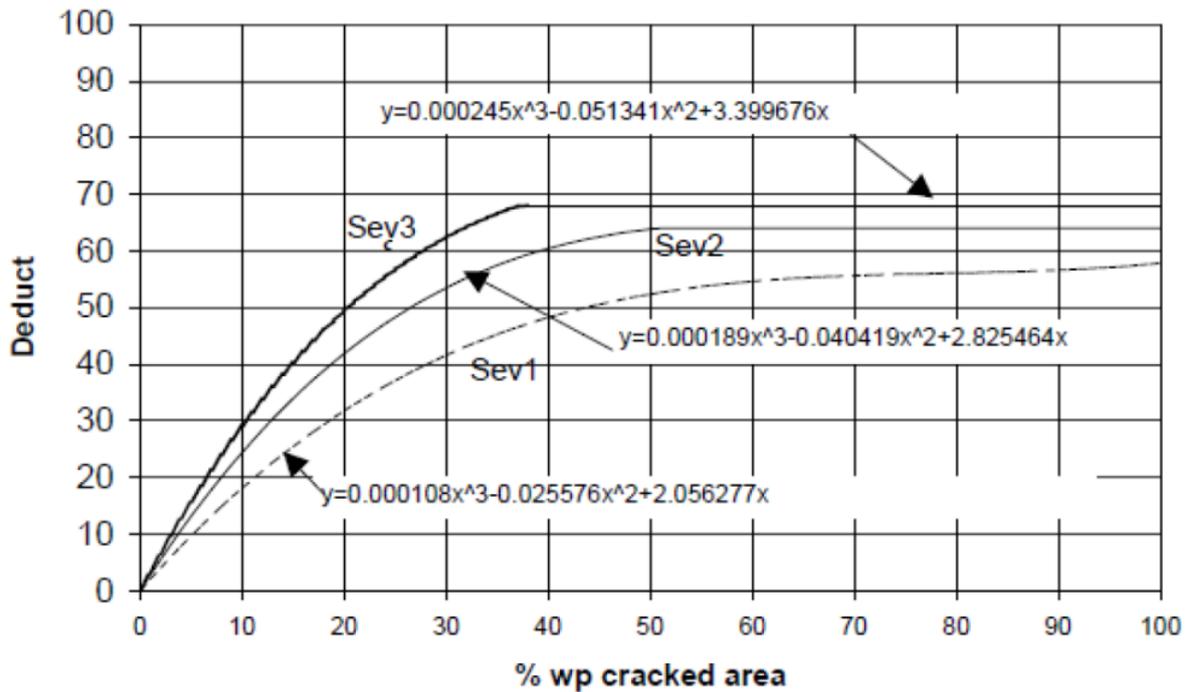
Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar a cada una de las preguntas marcando con una "X" en las columnas SI O NO calificar así mismo, le exhortamos en la corrección de los ítems indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la coherencia de las siguientes.

ITEMS	PREGUNTAS	APRECIA		OBSERVACIONES
		SI	NO	
1	¿El instrumento de medición cumple con el diseño adecuado?	X		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	X		
3	¿El instrumento de recolección de datos se menciona las variables de investigación?	X		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitara el logro de los objetivos de la investigación?	X		
5	¿El diseño del instrumento de medición facilitara el análisis y procesamiento de datos?	X		
6	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo para que se registre la información sin inconvenientes?	X		
	TOTAL			

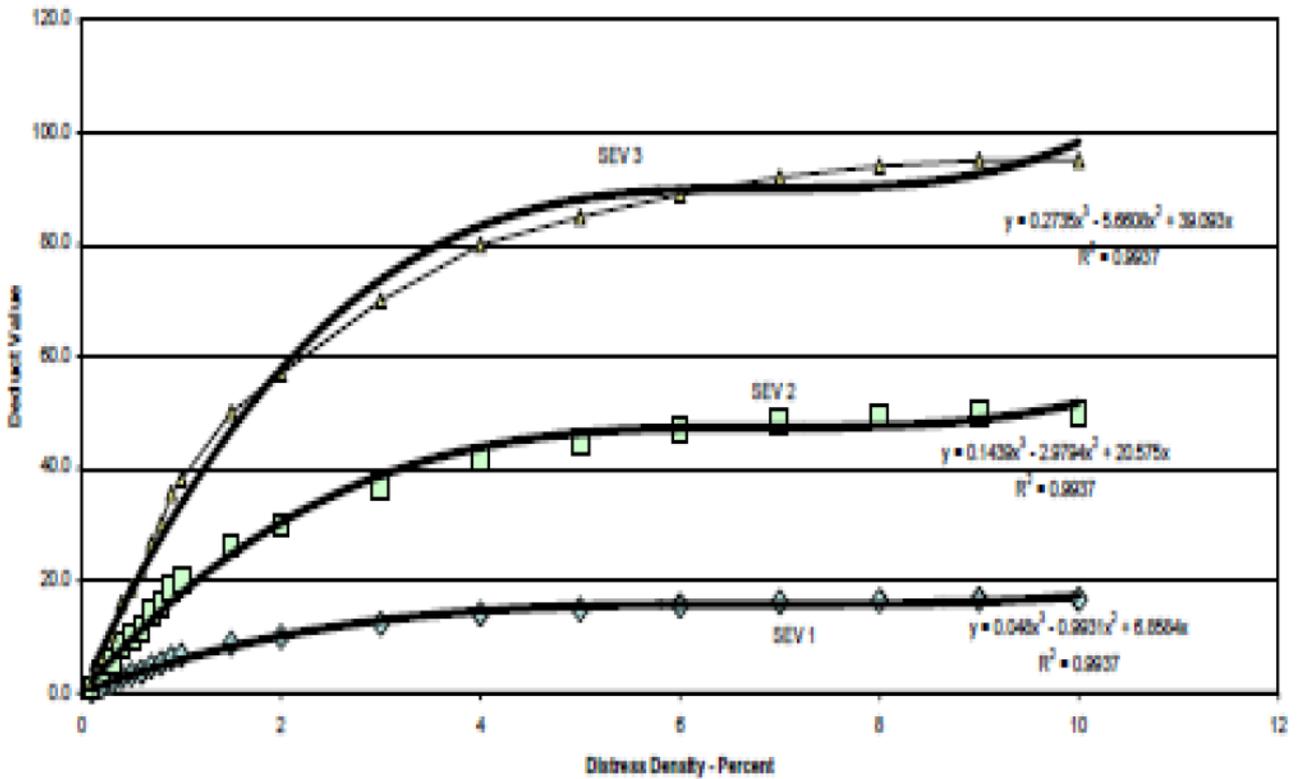
SUGERENCIAS.....  
.....  
.....

  
 \_\_\_\_\_  
 Firma del experto

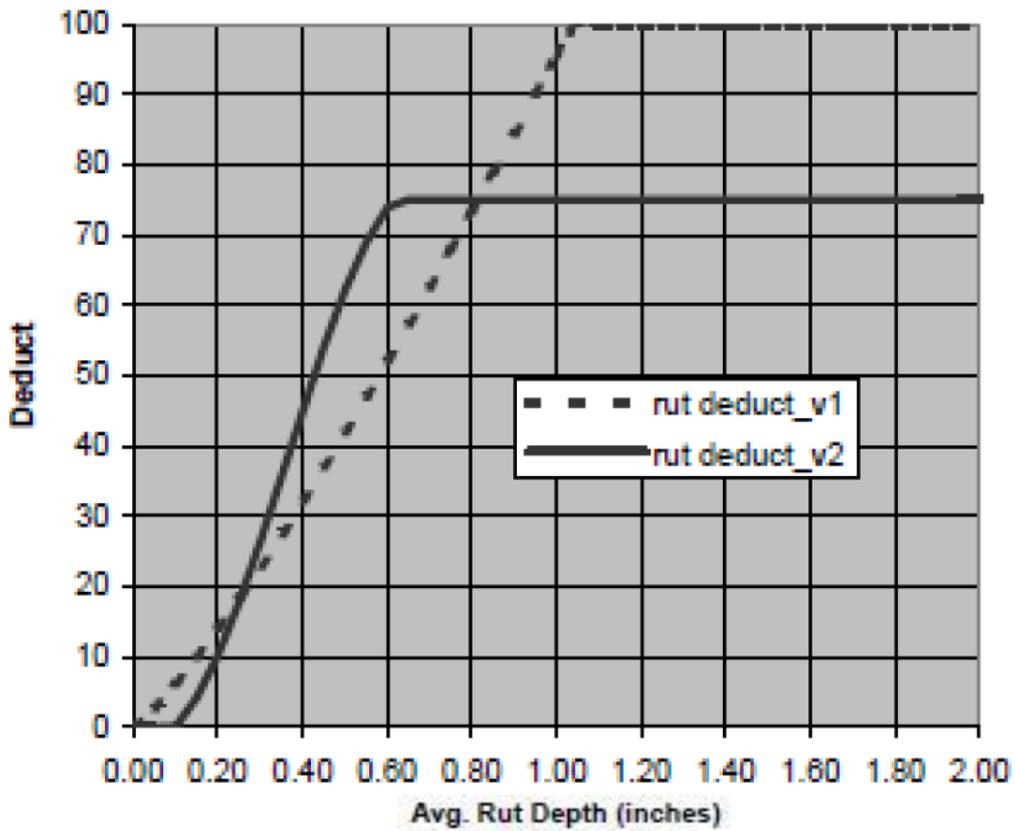
**ANEXO N°8 CURVAS DE VALORES DEDUCIBLES PARA PAVIMENTOS  
ASFÁLTICOS (WINDSHIELD)**



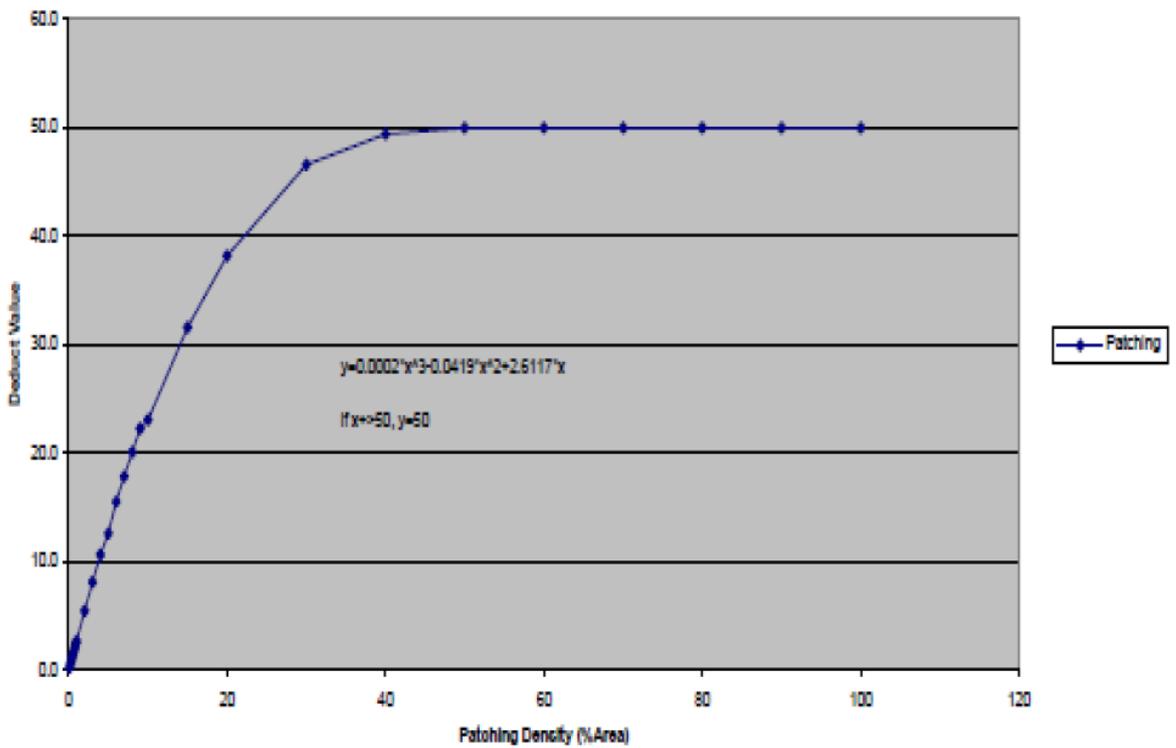
*Gráfica del valor deducido de la falla Piel de Cocodrilo*



*Gráfica del valor deducido de la falla Grieta Transversales y Reflexión*



*Gráfica del valor deducido de la falla Ahuellamiento*



*Gráfica del valor deducido de la falla Parcheo*

## **ANEXO N°09 PLANO COM PREGRESIVA DE LA AVENIDA CANTA CALLAO**

En esta sección se encuentra el plano del distrito de San Martín de Porres que se obtuvo de la página [www.bibliocad.com](http://www.bibliocad.com), el archivo fue subido por Willy Ríos con el nombre “Plano del distrito de San Martín de Porres” en DWG, ya que nuestra avenida se encuentra en el distrito de San Martín de Porres se descargó el archivo y se colocaron las progresivas correspondientes desde el punto de inicio “Avenida Naranja” hasta el punto final “Avenida Bertello”, la progresiva va desde el km 0+00 – km 3+640.

## ANEXO N°10 PANEL FOTOGRÁFICO POR DYNATEST

En el siguiente panel fotográfico, se observan las imágenes de la avenida canta callao del km 00+00 – km 3+640 que mediante una cámara que está colocada en la parte delantera del vehículo, ésta captura la imagen a cada 100 m de distancia. Estas imágenes se usan para corroborar la medición de los datos mediante el láser; quiere decir que si el láser detecta una alta regularidad en sus datos, por medio de la imagen que se tomó de la avenida se podrá saber el motivo de la irregularidad de la medición, ya sea por motivo de un hueco, detención del vehículo por un semáforo, etcétera.

**En la siguiente imagen se puede ver la colocación de la cámara que está sujeto a un trípode pequeño que se pega en la parte delantera del vehículo.**



## 1. Calzada Creciente – Carril Interno:

1.1. Km 0+005: Arena en la vía.

HI: 4.53 m/Km

HD: 7.98 m/km



1.2. Km 0+025: Parches.

HI: 4.19 m/Km

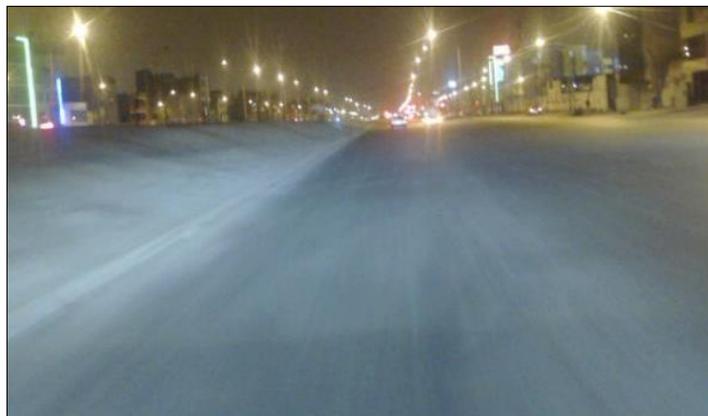
HD: 4.35 m/km



1.3. Km 0+070: Hundimiento.

HI: 3.98 m/Km

HD: 7.14 m/km



1.4.Km 0+655: Abultamiento.

HI: 5.21 m/Km

HD: 6.87 m/km



1.5.Km 1+290: Hundimiento.

HI: 14.36 m/Km

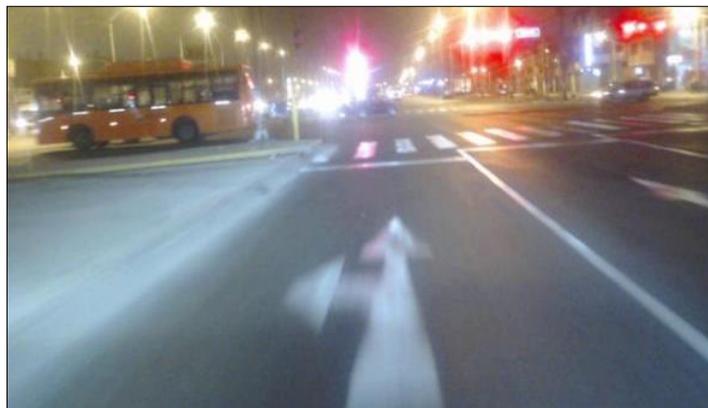
HD: 11.44 m/km



1.6.Km 1+590: Hundimiento.

HI: 22.46 m/Km

HD: 9.16 m/km



1.7.Km 1+640: Abultamiento.

HI: 5.29 m/Km

HD: 5.13 m/km



1.8.Km 2+745: Alto tránsito.

HI: 18.00 m/Km

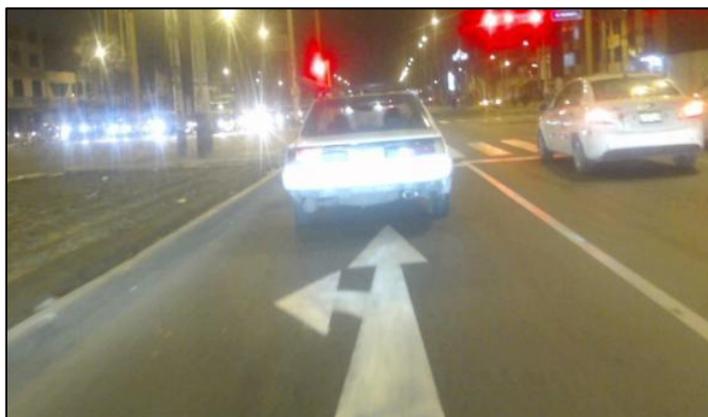
HD: 7.43 m/km



1.9.Km 3+235: Detención por semáforo.

HI: 9.46 m/Km

HD: 3.61 m/km



1.10. Km 3+615: Detención por semáforo.

HI: 10.63 m/Km

HD: 8.52 m/km



## 2. Calzada Creciente – Carril Externo:

2.1. Km 0+030: Parches.

HI: 4.03 m/Km

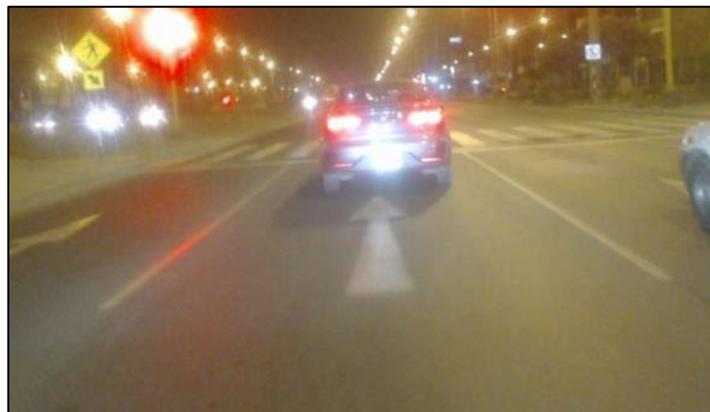
HD: 4.38 m/km



2.2. Km 0+400: Detención por semáforo.

HI: 18.98 m/Km

HD: 5.38 m/km



2.3.Km 0+525: Parches.

HI: 8.19 m/Km

HD: 9.29 m/km



2.4.Km 0+590: Detención por semáforo.

HI: 17.9 m/Km

HD: 4.42 m/km



2.5.Km 0+590: Parche.

HI: 5.34 m/Km

HD: 6.79 m/km



2.6.Km 1+290: Hundimiento.

HI: 13.05 m/Km

HD: 11.38 m/km



2.7.Km 2+410: Detención por semáforo.

HI: 5.39 m/Km

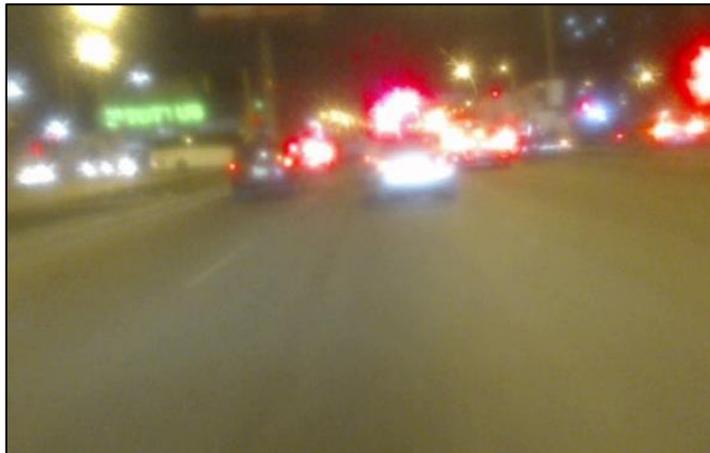
HD: 4.35 m/km



2.8.Km 3+590: Detención por semáforo.

HI: 10.82 m/Km

HD: 5.59 m/km



### 3. Calzada Decreciente – Carril Interno:

3.1.Km 0+020: Parches.

HI: 8.19 m/Km

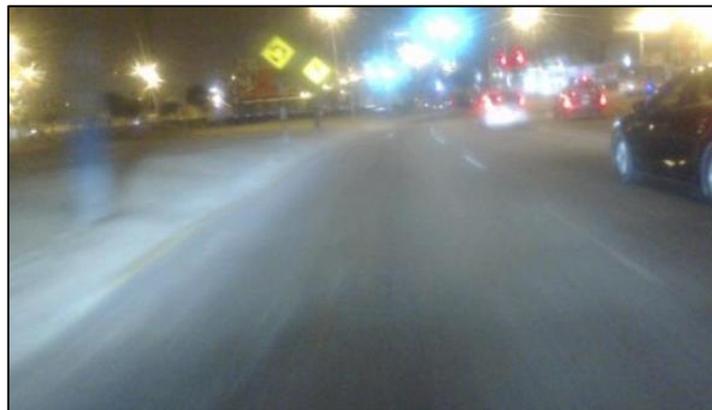
HD: 7.41 m/km



3.2.Km 0+060: Parches.

HI: 10.05 m/Km

HD: 3.38 m/km



3.3.Km 0+390: Parches.

HI: 5.04 m/Km

HD: 5.16 m/km



3.4.Km 1+210: Hundimiento.

HI: 5.40 m/Km

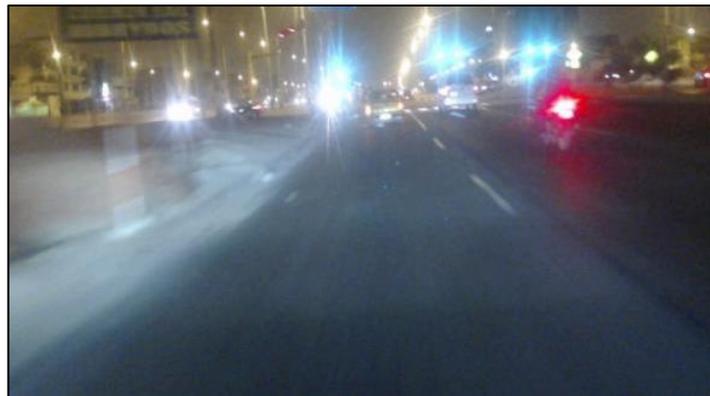
HD: 5.10 m/km



3.5.Km 1+300: Hundimiento.

HI: 7.90 m/Km

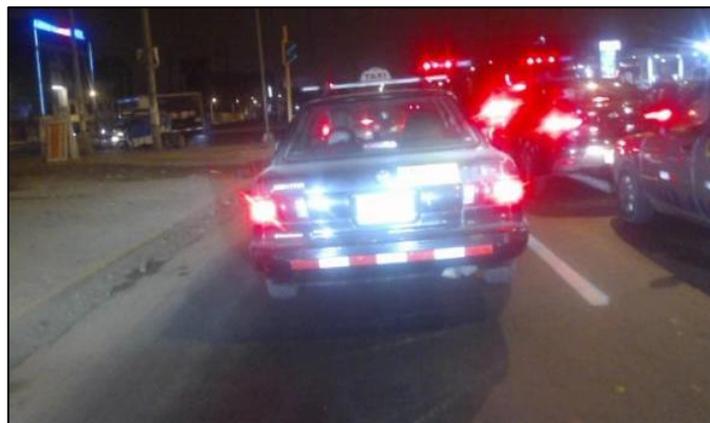
HD: 7.67 m/km



3.6.Km 1+670: Detención por semáforo.

HI: 7.90 m/Km

HD: 7.67 m/km



3.7.Km 1+980: Hundimiento.

HI: 5.20 m/Km

HD: 4.69 m/km



3.8.Km 1+980: Hundimiento.

HI: 5.20 m/Km

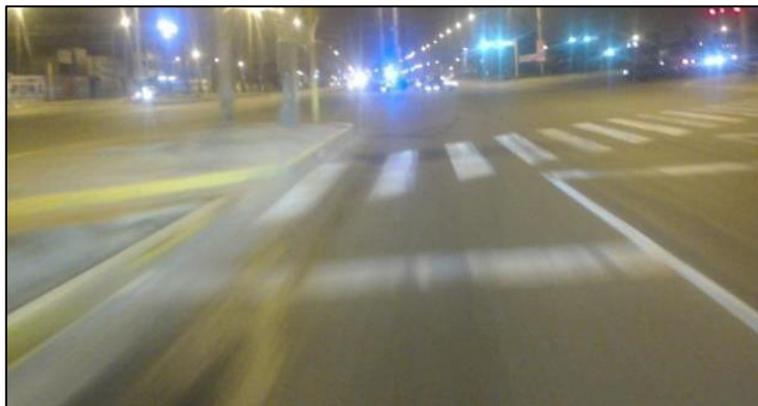
HD: 4.69 m/km



3.9.Km 2+530: Hundimiento.

HI: 13.58 m/Km

HD: 2.65 m/km



3.10. Km 3+240: Hundimiento.

HI: 7.60 m/Km

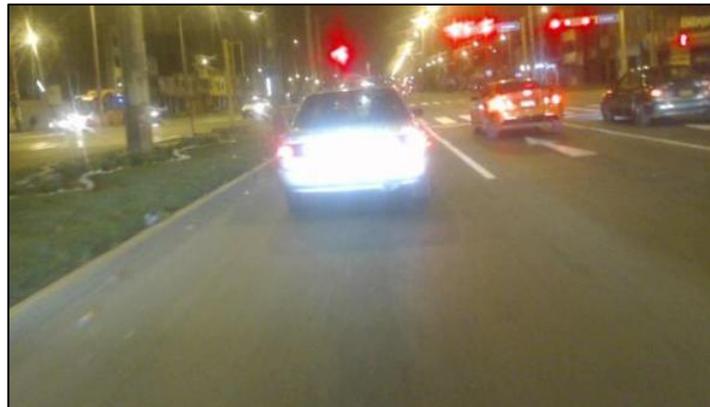
HD: 6.85 m/km



3.11. Km 3+240: Detención por semáforo.

HI: 7.60 m/Km

HD: 6.85 m/km



#### 4. Calzada Decreciente – Carril Externo:

4.1. Km 0+030: Detención por semáforo.

HI: 6.49 m/Km

HD: 5.46 m/km



4.2.Km 0+170: Ahuellamiento.

HI: 3.72 m/Km

HD: 3.90 m/km



4.3.Km 0+240: Abultamiento y ahuellamiento.

HI: 11.12 m/Km

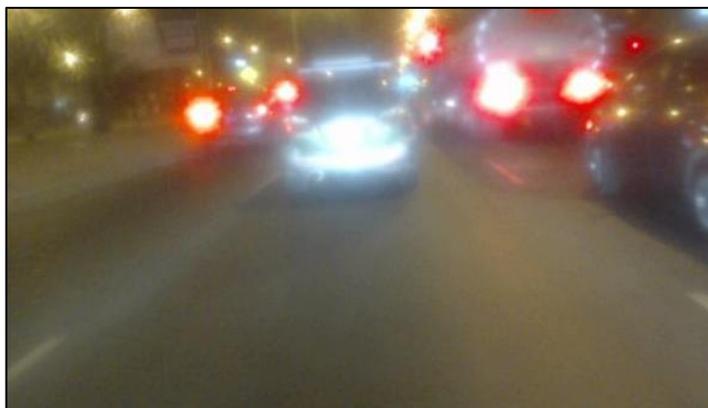
HD: 11.50 m/km



4.4.Km 0+690: Detención por semáforo.

HI: 21.34 m/Km

HD: 3.35 m/km



4.5.Km 1+295: Detención por semáforo.

HI: 8.69 m/Km

HD: 15.39 m/km



4.6.Km 1+410: Hundimiento.

HI: 9.66 m/Km

HD: 8.35 m/km



4.7.Km 1+530: Hundimiento.

HI: 9.66 m/Km

HD: 8.35 m/km



4.8.Km 1+705: Detención por semáforo.

HI: 9.66 m/Km

HD: 8.35 m/km



4.9.Km 2+250: Detención por semáforo.

HI: 8.03 m/Km

HD: 6.39 m/km



4.10.Km 2+420: Parche.

HI: 4.28 m/Km

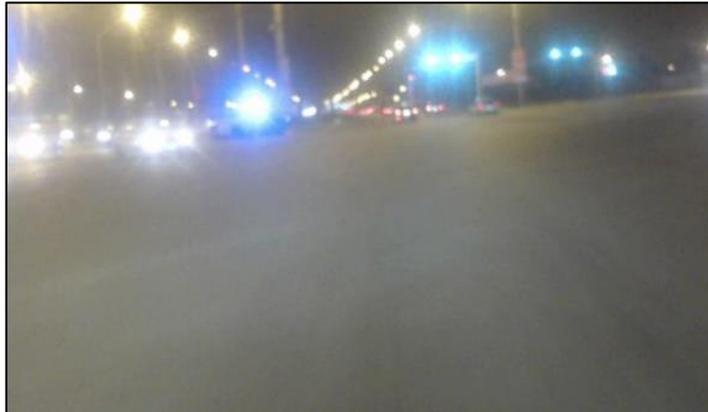
HD: 3.96 m/km



4.11. Km 2+500: Parche.

HI: 4.54 m/Km

HD: 3.61 m/km



4.12. Km 2+730: Hundimiento.

HI: 10.49 m/Km

HD: 9.28 m/km



4.13. Km 2+780: Ahuellamiento.

HI: 13.07 m/Km

HD: 6.32 m/km



4.14. Km 3+295: Detención por semáforo.

HI: 18.16 m/Km

HD: 10.39 m/km



## 5. Vía Auxiliar - Calzada Creciente – Carril Interno:

5.1. Km 0+180: Buzón y Hundimiento.

HI: 7.02 m/Km

HD: 5.35 m/km



5.2. Km 0+220: Huecos.

HI: 7.96 m/Km

HD: 4.10 m/km



5.3.Km 0+260 Parche.

HI: 8.76 m/Km

HD: 4.37 m/km



5.4.Km 0+390 Detención por semáforo.

HI: 7.41 m/Km

HD: 4.63 m/km



5.5.Km 1+290 Detención por semáforo.

HI: 13.88 m/Km

HD: 12.80 m/km



5.6.Km 1+600 Detención por semáforo.

HI: 16.40 m/Km

HD: 6.71 m/km



5.7.Km 1+845 Buzón.

HI: 5.49 m/Km

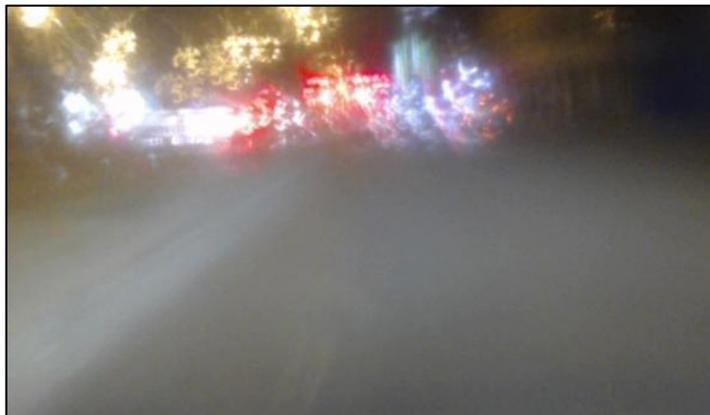
HD: 5.14 m/km



5.8.Km 2+620 Hundimiento.

HI: 7.94 m/Km

HD: 6.45 m/km



5.9.Km 2+720 Detención por semáforo.

HI: 16.09 m/Km

HD: 3.86 m/km



5.10.Km 2+770 Hundimiento.

HI: 6.36 m/Km

HD: 8.78 m/km



5.11.Km 3+270 Abultamiento.

HI: 11.79 m/Km

HD: 10.05 m/km



5.12. Km 3+630 Detención por semáforo.

HI: 24.62 m/Km

HD: 17.69 m/km



## 6. Vía Auxiliar - Calzada Creciente – Carril Externo:

6.1. Km 0+170 Hundimiento.

HI: 10.61 m/Km

HD: 5.48 m/km



6.2. Km 0+250 Hundimiento.

HI: 4.27 m/Km

HD: 4.87 m/km



6.3.Km 0+390 Detención por semáforo.

HI: 13.79 m/Km

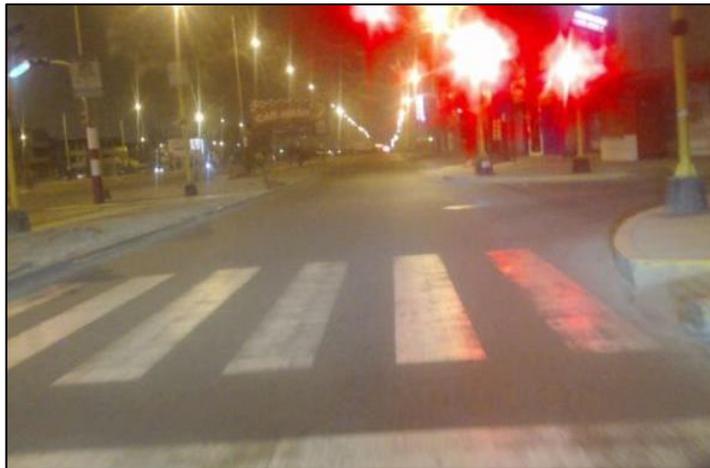
HD: 2.42 m/km



6.4.Km 0+630 Detención por semáforo.

HI: 12.40 m/Km

HD: 7.43 m/km



6.5.Km 0+880 Hueco.

HI: 3.05 m/Km

HD: 21.39 m/km



6.6.Km 1+175 Abultamiento.

HI: 8.56 m/Km

HD: 3.57 m/km



6.7.Km 1+290 Hundimiento.

HI: 8.56 m/Km

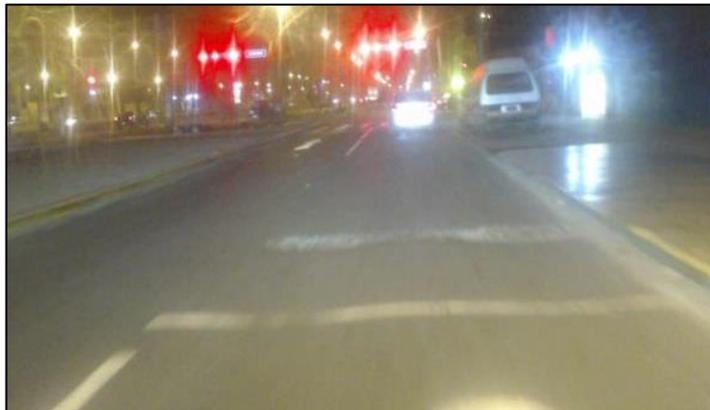
HD: 3.57 m/km



6.8.Km 1+580 Hueco.

HI: 7.84 m/Km

HD: 15.64 m/km



6.9.Km 1+590 Detención por semáforo.

HI: 14.37 m/Km

HD: 2.25 m/km



6.10.Km 1+860 Buzón.

HI: 3.98 m/Km

HD: 4.25 m/km



6.11.Km 1+980 Buzón.

HI: 3.79 m/Km

HD: 2.63 m/km



6.12. Km 2+170 Buzón.

HI: 7.43 m/Km

HD: 5.15 m/km



6.13. Km 2+400 Buzón.

HI: 10.04 m/Km

HD: 15.00 m/km



6.14. Km 2+450 Detención por semáforo.

HI: 14.06 m/Km

HD: 9.95 m/km



6.15. Km 2+470 Deterioro en borde de calzada y buzón.

HI: 7.01 m/Km

HD: 9.69 m/km



6.16. Km 2+740 Parche.

HI: 13.03 m/Km

HD: 29.02 m/km



6.17. Km 2+740 Hundimiento.

HI: 13.03 m/Km

HD: 29.02 m/km



6.18. Km 2+850 Hueco.

HI: 5.89 m/Km

HD: 4.67 m/km



6.19. Km 2+950 Buzón.

HI: 10.18 m/Km

HD: 5.96 m/km



6.20. Km 3+020 Buzón.

HI: 4.42 m/Km

HD: 11.23 m/km



6.21. Km 3+100 Buzón.

HI: 4.94 m/Km

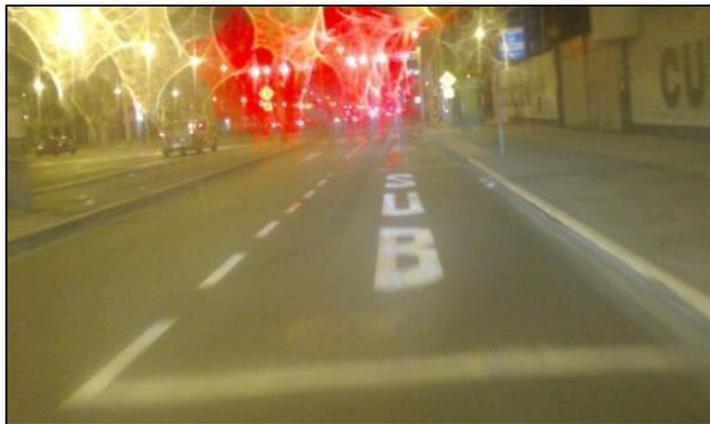
HD: 3.55 m/km



6.22. Km 3+220 Buzón.

HI: 7.81 m/Km

HD: 5.57 m/km



6.23. Km 3+250 Detención por semáforo.

HI: 18.26 m/Km

HD: 4.46 m/km



6.24. Km 3+270 Parche.

HI: 10.82 m/Km

HD: 12.28 m/km



6.25. Km 3+580 Parche.

HI: 27.23 m/Km

HD: 7.48 m/km



## **7. Vía Auxiliar - Calzada Decreciente – Carril Interno:**

7.1. Km 0+230 Hueco.

HI: 5.58 m/Km

HD: 5.38 m/km



7.2.Km 0+260 Parche.

HI: 7.05 m/Km

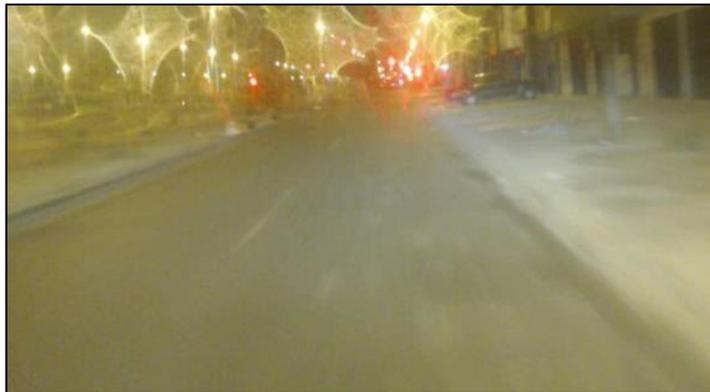
HD: 5.36 m/km



7.3.Km 0+540 Hundimiento.

HI: 6.15 m/Km

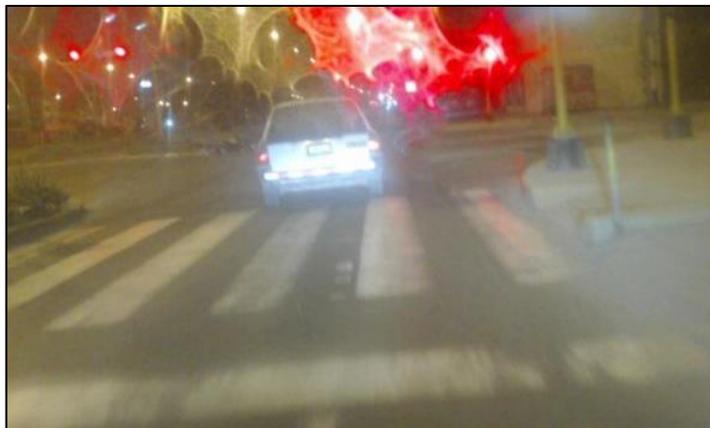
HD: 3.56 m/km



7.4.Km 0+650 Detención por semáforo.

HI: 14.01 m/Km

HD: 4.91 m/km



7.5.Km 1+120 Buzón.

HI: 15.60 m/Km

HD: 4.10 m/km



7.6.Km 1+200 Abultamiento.

HI: 11.82 m/Km

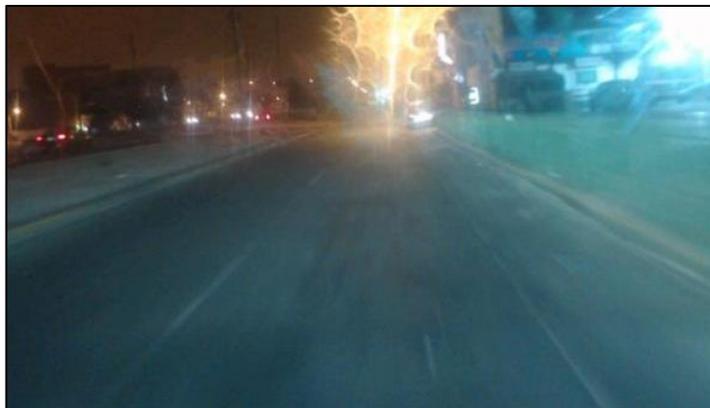
HD: 10.38 m/km



7.7.Km 1+560 Parche.

HI: 6.76 m/Km

HD: 6.48 m/Km



7.8.Km 1+580 Hundimiento.

HI: 7.88 m/Km

HD: 12.01 m/Km



7.9.Km 1+640 Abultamiento.

HI: 7.60 m/Km

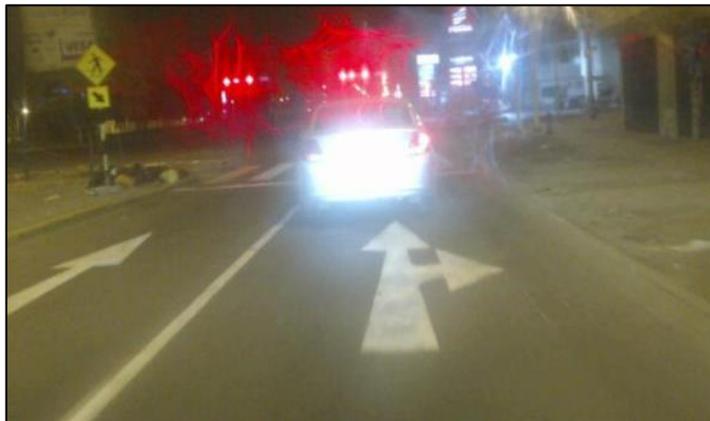
HD: 5.19 m/Km



7.10.Km 1+660 Detención por semáforo.

HI: 6.01 m/Km

HD: 4.28 m/Km



7.11. Km 1+690 Detención por semáforo.

HI: 4.14 m/Km

HD: 6.11 m/Km



7.12. Km 1+800 Buzón.

HI: 4.26 m/Km

HD: 8.03 m/Km



7.13. Km 1+970 Parche.

HI: 4.07 m/Km

HD: 6.86 m/Km



7.14. Km 2+100 Hueco.

HI: 6.29 m/Km

HD: 6.19 m/Km



7.15. Km 2+170 Abultamiento.

HI: 3.88 m/Km

HD: 4.89 m/Km



7.16. Km 2+330 Parche.

HI: 4.99 m/Km

HD: 4.09 m/Km



7.17. Km 2+440 Hundimiento.

HI: 6.70 m/Km

HD: 23.73 m/Km



7.18. Km 2+640 Buzón.

HI: 27.82 m/Km

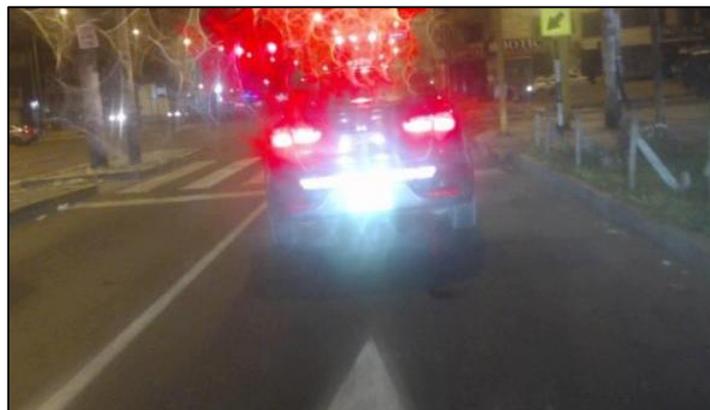
HD: 5.48 m/Km



7.19. Km 2+780 Buzón.

HI: 11.45 m/Km

HD: 4.14 m/Km



7.20. Km 3+020 Buzón.

HI: 7.41 m/Km

HD: 4.54 m/Km



7.21. Km 3+130 Buzón.

HI: 3.52 m/Km

HD: 4.20 m/Km



7.22. Km 3+250 Buzón.

HI: 10.44 m/Km

HD: 8.79 m/Km



7.23. Km 3+280 Buzón.

HI: 5.63 m/Km

HD: 7.01 m/Km



7.24. Km 3+530 Buzón.

HI: 4.59 m/Km

HD: 5.27 m/Km



7.25. Km 3+630 Buzón.

HI: 15.85 m/Km

HD: 8.34 m/Km



**1. Vía Auxiliar - Calzada Decreciente – Carril Interno:**

1.1.Km 0+650 Detención por semáforo.

HI: 9.72 m/Km

HD: 26.1 m/km



1.2.Km 1+190 Hundimiento.

HI: 9.71 m/Km

HD: 11.46 m/km



1.3.Km 1+650 Detención por semáforo.

HI: 6.01 m/Km

HD: 4.28 m/km

