



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

“Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles para determinar la  
condición, índice de serviciabilidad en vías de alto  
tránsito en el distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela”

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

**AUTOR:**

Álamo Acevedo, Wilfredo

**ASESORA:**

Mg. Arriola Moscoso, Cecilia

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**Lima – Perú**

**2018**



**Dedicatoria**

Se los dedico a mis familiares, mis hijas,

Amigos, primos

### **Agradecimiento**

Mi agradecimiento va para aquellas personas que,  
En cada momento me dieron palabras motivadoras  
como para seguir adelante. **En la casa:**

Mis hijas, mis padres, mis familiares y amigos

**En los centros de estudio: al amigo Romero Jhers**

En especial a mi asesora, la ing. Arriola Moscoso Cecilia

Y a los profesores de cada curso

De la UCV y también

A todo el profesor que me enseñaron en la primaria y secundaria

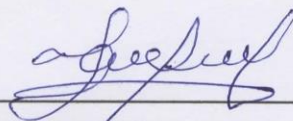
### **Declaración de autenticidad**

Yo, Wilfredo Álamo Acevedo, con DNI 32303785, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes me someto al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, para ser más exacto a la Escuela de Ingeniería Civil, explico bajo juramento que todo el protocolo documentario es auténtica y verdadero.

Por lo tanto, también expreso mi sinceridad que los datos recopilados e informaciones que se muestra en la tesis vigente son legítimos y ciertos.

De tal manera asumo el compromiso de responder ante cualquier afectación, ocultamiento u omisión tanto de los escritos como de mi investigación contribuida por lo cual me someto a lo dispuesto a las reglas proporcionados de la Universidad cesar vallejo.

Lima, 11 de noviembre del 2018



---

**Wilfredo Álamo Acevedo**

## **Presentación**

Señores miembros del jurado:

En acatamiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo expongo ante ustedes la Tesis titulada “EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA EN PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA DETERMINAR LA CONDICIÓN, ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD EN VÍAS DE ALTO TRÁNSITO EN EL DISTRITO CERCADO DE LIMA-AV. VENEZUELA”, la misma expongo a vuestra atención y espero cumplir con el requisito de aprobar para conseguir el título Profesional de Ingeniero Civil.

Álamo Acevedo Wilfredo.

## ÍNDICE

Páginas del jurado .....	ii
Dedicatoria .....	iii
Agradecimiento .....	iv
Declaración de autenticad .....	v
Presentación .....	vi
Índice .....	vii
Resumen .....	xiii
Abstract .....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	16
1.2. TRABAJOS PREVIOS. ....	18
1.2.1. Antecedentes internacionales. ....	18
1.2.2. Antecedentes nacionales.....	20
1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA.....	23
1.3.1. Diseño del Pavimento.....	23
1.3.1.1. C.B.R. De Diseño .....	24
1.3.1.2. Funciones de las capas del pavimento flexible .....	24
1.3.1.2.1. Sub-base granular .....	24
1.3.1.2.2. Base granular .....	25
1.3.1.2.3. Carpeta Asfáltica .....	25
1.3.2. El Expediente técnico .....	26
1.3.2.1. Partes Del Expediente Técnico.....	27
1.3.3. Condición del pavimento flexible .....	28
1.3.3.1. Índice de condición del pavimento (PCI – Pavement Condition Index) .....	28
1.3.3.2. Unidades de Muestreo .....	29
1.3.3.3. Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección .....	30
1.3.3.4. Evaluación de Fallas superficiales del pavimento .....	30
1.3.3.6. Evaluación estructural del pavimento con georradar .....	34
1.3.4. Índice de serviciabilidad del pavimento .....	35
1.3.4.1. Evaluación Deflectométrico En Pavimentos Flexibles Con (FWD) .....	35
1.3.4.2. Ensayo deflectométrico según AASHTO.....	37
1.3.4.3. Módulo de la Estructura del Pavimento .....	39
1.3.4.4. Calidad de Serviciabilidad del Pavimentos .....	40
1.3.4.5. Calidad de transitabilidad .....	42
1.3.4.6. Niveles de transito .....	43

1.3.5.	Flujo vehicular.....	44
1.3.6.	Parámetros físicos de la vía .....	46
1.3.6.1.	Calzada.....	46
1.3.6.2.	Berma.....	46
1.3.6.3.	Bombeo.....	47
1.3.6.4.	Señalizaciones.....	48
1.3.6.4.1.	Clasificación de señalización.....	49
1.4.	Formulación del problema.....	51
1.4.1.	Problema general .....	51
1.4.2.	Problemas específicos. ....	51
1.5.	Justificación del estudio.....	51
1.6.	Hipótesis.....	52
1.6.1.	Hipótesis general.....	52
1.6.2.	Hipótesis específica. ....	52
1.7.	Objetivos.....	52
1.7.1.	Objetivo general. ....	52
1.7.2.	Objetivos específicos.....	52
II.	METODOLOGÍA.....	53
2.1.	Diseño de la investigación.....	54
2.1.2.	Nivel investigación.....	54
2.1.3.	Método de investigación.....	55
2.1.4.	Tipo de investigación.....	55
2.2.	Operacionalización de Variables .....	56
2.3.	Población y muestra.....	58
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad. ....	58
2.5.	Método de Análisis de Datos.....	59
2.6.	Aspectos éticos .....	60
III.	RESULTADOS .....	61
3.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EN ESTUDIO.....	62
3.1.1.	Situación Geográfica y Entorno .....	62
3.1.2.	Ubicación geográfica del estudio .....	62
3.2.	RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA MUESTRA.....	63
3.2.1.	Datos del expediente técnico .....	63
3.2.1.1.	Diseño del pavimento flexible.....	63
3.2.1.2.	El flujo vehicular .....	65
3.2.1.3.	Datos de fallas superficiales del pavimento en campo .....	66



3.2.2.	Datos de evaluación estructural del pavimento con georradar en campo...	70
3.2.3.	Datos de evaluación deflectométrica con (FWD) en campo .....	72
3.2.4.	Datos de conteo de Flujo vehicular en el campo .....	77
3.2.4.1.	Rango de Clasificación .....	77
3.2.4.2.	Determinación de serviciabilidad .....	78
3.2.4.3.	Determinación de Velocidad .....	78
3.2.5.	Procesamiento de la información .....	78
3.2.5.1.	Diseño del pavimento .....	78
3.2.5.2.	Condición del pavimento.....	79
3.2.5.2.1.	Evaluación de las fallas del pavimento método PCI .....	79
3.2.6.	Cálculo y Procedimientos para determinar el PCI.....	81
3.2.6.1.	Diagnóstico de PCI en los siguientes tramos:.....	82
3.2.7.	Evaluación estructural del pavimento con georradar .....	86
3.2.7.1.	Análisis de ensayo con georradar .....	86
3.2.7.2.	Medición de Espesores con Georradar y procesamiento .....	88
3.2.7.3.	Resultado del Procesamiento con Georradar .....	89
3.2.8.	Índice de Serviciabilidad del pavimento .....	90
3.2.8.1.	Análisis del Ensayo No Destructivos del Deflectómetro (FWD) .....	90
3.2.9.	Procesamiento y Análisis del Estudio de Flujo vehicular .....	101
3.2.9.1.	Clasificación vehicular .....	101
3.2.9.2.	Metodología de conteo y parámetros.....	102
3.2.10.	Análisis de velocidad.....	104
3.2.11.	Análisis de Serviciabilidad .....	105
3.2.12.	Análisis de transitabilidad .....	107
3.2.13.	Resumen según expediente técnico y los ensayos del campo .....	107
3.3.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS .....	109
3.3.1.	Evaluación deflectométrica, en pavimento para determinar, la condición, índice de serviciabilidad en vías de alto tránsito. ....	109
3.3.2.	Diseño del pavimento flexible en vías de alto tránsito .....	109
3.3.3.	Determinar la condición del pavimento flexible en vías de alto tránsito .	110
3.3.4.	El índice de serviciabilidad del pavimento flexible en vías de alto tránsito	
	110	
IV.	DISCUSIÓN.....	112
V.	CONCLUSIONES.....	115
VI.	RECOMENDACIONES .....	118

VII.	REFERENCIAS .....	120
VIII.	ANEXOS .....	1

Anexo 1: **Matriz de operacionalización de variables**

Anexo 2: **Matriz de consistencia**

Anexo 3: **Ficha de datos referenciales del expediente tecnico**

Anexo 4: **Ficha de recolección de datos**

Anexo 5: **Ubicación del proyecto en estudio**

Anexo 6: **Curva de valores deducidos y gráfico para determinar CVD**

Anexo 7: **Panel fotografico**

Anexo 8: **Diagnostico de Georradar GPR**

Anexo 9: **Ensayo deflectometrico de FWD**

Anexo 10: **Informe tecnico del GPR Y FWD**

Anexo 10: **Informe Orinalidad**

### Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b>	CBR de diseño .....	24
<b>Tabla 2.</b>	Rangos de calificación del PCI.....	28
<b>Tabla 3.</b>	longitud de unidad de muestras del asfalto.....	29
<b>Tabla 4.</b>	Retro cálculo o Calculo Inverso .....	37
<b>Tabla 5.</b>	Valores del factor de corrección C. ....	38
<b>Tabla 6.</b>	Índice de Serviabilidad del pavimento .....	41
<b>Tabla 7.</b>	Definición de serviabilidad del pavimento .....	41
<b>Tabla 8.</b>	Descripción de la calidad transitabilidad vial.....	43
<b>Tabla 9.</b>	Operacionalización de variables.....	57
<b>Tabla 10.</b>	Ubicación del proyecto.....	62
<b>Tabla 11.</b>	Parámetros de diseño .....	64
<b>Tabla 12.</b>	Capas del pavimento.....	64
<b>Tabla 13.</b>	Flujo vehicular de hora punta en la mañana diseño .....	65
<b>Tabla 14.</b>	Flujo vehicular de hora punta de la tarde diseño .....	65
<b>Tabla 15.</b>	Coordenadas de Ubicación del Proyecto en estudio.....	70
<b>Tabla 16.</b>	Distancia de sensores respecto al plato de carga .....	73

<b>Tabla 17.</b> Flujo vehicular del expediente técnico en hora punta mañana-Tarde .....	77
<b>Tabla 18.</b> Información Requerida del expediente técnico .....	78
<b>Tabla 19.</b> Criterio para evaluar el índice de afectación del pavimento .....	79
<b>Tabla 20.</b> Tipos de fallas y su afectación.....	80
<b>Tabla 21.</b> Disgregación de longitud de estudio .....	81
<b>Tabla 22.</b> Tipos de fallas según PCI, tramo 1 .....	83
<b>Tabla 23.</b> Tipos de fallas según PCI, tramo 2.....	84
<b>Tabla 24.</b> Tipos de fallas según PCI, tramo 3.....	85
<b>Tabla 25.</b> Espesores de diseño del pavimento Av. Venezuela .....	89
<b>Tabla 26.</b> Resumen de Deflexiones de carril 1 .....	91
<b>Tabla 27.</b> Resumen de deflexiones de carril 2.....	92
<b>Tabla 28.</b> Promedio de MR Diseño Carril 1 .....	95
<b>Tabla 29.</b> Promedio de MR Diseño Carril 2.....	98
<b>Tabla 30.</b> Estudio de tráfico promedio .....	103
<b>Tabla 31.</b> Cuadro comparativo de conclusión según expediente técnico y los ensayos de campo.....	108

### Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Estructura de pavimento .....	23
<i>Figura 2.</i> Sistema de operación de Gpr Dynatest.....	34
<i>Figura 3.</i> El deflectómetro de impacto Dynatest HWD 8081.....	36
<i>Figura 4.</i> Tipo de calzadas bombeo MTC (2016).....	48
<i>Figura 5.</i> Señalización para el control de tránsito en vías y verederas MTC (2016).....	49
<i>Figura 6.</i> Símbolos de prevención para el control de tránsito en vías y verederas MTC (2016).....	50
<i>Figura 7.</i> Falla por cocodrilo.....	66
<i>Figura 8.</i> Fallas por junta de deflexión .....	67
<i>Figura 9.</i> Falla por parcheo .....	67
<i>Figura 10.</i> Falla por huecos.....	68
<i>Figura 11.</i> Falla por grietas longitudinal y vertical.....	68
<i>Figura 12.</i> Falla por ahuellamiento .....	69
<i>Figura 13.</i> Falla por depresión .....	69
<i>Figura 14.</i> Falla por depresión Ground Penetrating Radar (GPR), GSSI Antena de Alta frecuencia. 2018.....	70
<i>Figura 15.</i> SIR Dynatest 2018.....	71
<i>Figura 16.</i> DMI (instrumento de distancia) Dynatest Perú S.A.C. 2018 .....	72
<i>Figura 17.</i> Esquema de ubicación de sensores del equipo FWD, para tomar ensayos.2018 .....	73
<i>Figura 18.</i> FWD utilizado en Avenida Venezuela (40 kN). 2018 .....	74

<i>Figura 19.</i> Perforación del pavimento.....	75
<i>Figura 20.</i> Colocación de aceite al agujero de 5 cm para medir temperatura al pavimento .....	76
<i>Figura 21.</i> Colocación de aceite al agujero de 10 cm para medir la temperatura al pavimento .....	76
<i>Figura 22.</i> Conteo de flujo vehicular .....	77
<i>Figura 23.</i> Barra de herramientas de filtro 2018 .....	87
<i>Figura 24.</i> Barra de herramientas, procesamiento 2018 .....	88
<i>Figura 25.</i> Procesamiento del georradar con software RADAN. (Radagrama) 2018....	88
<i>Figura 26.</i> Espesores GPR. AV. Venezuela. 2018.....	90
<i>Figura 27.</i> Escala de colores Elmod. 2018.....	90
<i>Figura 28.</i> Deflexiones del Carril 1. 2018 .....	91
<i>Figura 29.</i> Deflexiones Carril 2. 2018 .....	92
<i>Figura 30.</i> Deflexiones normalizadas de carril 1. 2018 .....	93
<i>Figura 31.</i> Deflexiones normalizadas de carril 1. 2018 .....	94
<i>Figura 32.</i> Evaluación deflectométrica carril 1. 2018.....	96
<i>Figura 33.</i> Evaluación deflectométrica carril 1. 2018 .....	97
<i>Figura 34.</i> Evaluación deflectométrica- FWD deflexiones carril 2. 2018 .....	98
<i>Figura 35.</i> Evaluación deflectométrica carril 2. 2018.....	99
<i>Figura 36.</i> Evaluación deflectométrica carril 2. 2018.....	100
<i>Figura 37.</i> Evaluación deflectométrica- FWD deflexiones carril 2. 2018 .....	101
<i>Figura 38.</i> Figura 34. Clasificación vehicular según MTC (a) .....	101
<i>Figura 39.</i> Clasificación vehicular según MTC (b) .....	102
<i>Figura 40.</i> Análisis de velocidad promedio de tránsito. ....	104
<i>Figura 41.</i> Análisis de la comodidad y seguridad en la avenida.....	105
<i>Figura 42.</i> Análisis de calidad de flujo vehicular. ....	106
<i>Figura 43.</i> Análisis de nivel de servicio.....	106
<i>Figura 44.</i> Análisis de nivel de transitabilidad .....	107

## RESUMEN

El siguiente proyecto de tesis, tiene por objetivo desarrollar la evaluación deflectométrica en pavimento flexible, con el fin de determinar la condición, índice de serviciabilidad en la avenida Venezuela distrito de Cercado de Lima. 2018.

En efecto se visualizó el expediente técnico con el cual se pudo verificar el diseño del pavimento flexible cumple con la normativa pero investigando el proceso constructivo se encontró serios deterioros y fallas del pavimento, para encontrar las causas de las fallas que presenta dicha avenida, se empleó los siguientes métodos de ensayo tales como; el ensayo no destructivo por el método de PCI, para determinar las fallas superficiales mediante la caracterización del pavimento, así mismo se llevó a cabo el ensayo con Georradar GPR, con el cual se analizó el espesor de las capas estructurales del pavimento, con el fin de determinar la condición del pavimento flexible en la avenida Venezuela, por otro lado, se realizó la evaluación deflectométrica de impacto (FWD) para determinar la deflexión y/o deformación del pavimento flexible y la serviciabilidad, para dichos ensayos se emplearon fichas técnicas y equipos de ensayo confiables.

Finalmente se logró examinar el diseño del pavimento flexible revisando el expediente técnico, con lo cual se pudo obtener los datos del diseño. Así mismo se logró determinar el comportamiento estructural del pavimento y la serviciabilidad por los métodos y ensayos mencionados. Obteniendo lo siguiente: por el ensayo no destructivo del Índice de condición del Pavimento (PCI) se verificó, de que el estado del pavimento en general se encuentra en estado regular, del mismo modo con el ensayo de Georradar se logró corroborar los valores del PCI logrando como valor promedio del espesor de la avenida  $e=52\text{cm}$ , por otro lado con la evaluación deflectométrica (FWD) se determinó el comportamiento por fatiga que sufre el pavimento mediante las mediciones de carga simulada de  $40\text{Kn}$  logrando en promedio para el carril 1  $M_r 57.01\text{MPa}$  y el promedio para carril 2 es de  $M_r 50.47\text{MPa}$ .

**Palabras clave:** Deflectométrica, FWD, Georradar GPR, índice del pavimento, flujo vehicular, serviciabilidad, transitabilidad, deflexión, pavimento, AASHTO, MTC, auscultación, ASTM, PCI, Operacionalización,  $M_r$ , SN, cuenco, CBR, flexible

## ABSTRACT

The following thesis project, aims to develop the deflectometric evaluation in flexible pavement, in order to determine the condition, serviceability index in the avenue Venezuela district of Cercado de Lima. 2018.

In fact, the technical file with which the design of the flexible pavement could be verified complies with the regulations was reviewed, but when investigating the construction process, serious deteriorations and pavement failures were found, to find the causes of the failures presented by said avenue, it was used the following test methods such as; The non-destructive test by the PCI method, to determine the surface faults through the characterization of the pavement, likewise the test with Georradar GPR was carried out, with which the thickness of the structural layers of the pavement was analyzed, in order to determine the condition of the flexible pavement on Venezuela Avenue, on the other hand, the deflectometric impact assessment (FWD) was performed to determine the deflection and / or deformation of the flexible pavement and the serviceability, for these tests technical data sheets and equipment were used Reliable test. Finally, it was possible to examine the design of the flexible pavement by reviewing the technical file, with which the design data could be obtained. It was also possible to determine the structural behavior of the pavement and the serviceability by the methods and tests mentioned. Obtaining the following: by the non-destructive test of the Pavement Condition Index (PCI) it was verified that he, the condition of the pavement in general is in a regular state, in the same way with the Georradar test it was possible to corroborate the values of the PCI achieving as average value of the thickness of the avenue  $e = 52\text{cm}$ , on the other hand with the deflectometric evaluation (FWD) the behavior was determined by fatigue suffered by the pavement by means of simulated load measurements of 40Kn achieving on average for lane 1 Mr 57.01MPa and the average for lane 2 is Mr 50.47MPa.

Keywords: Deflectometry, FWD, Georradar GPR, pavement index, vehicular flow, serviceability, passability, deflection, pavement, AASHTO, MTC, auscultation, ASTM, PCI, operationalization, Mr, SN, bowl, CBR, flexible

## **I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Realidad Problemática**

La tecnología de la infraestructura vial ha ido optimizando a nivel mundial, lo cual nos permite la construcción de nuevas carreteras para mayores capacidades de sobrecarga, provocado por el aumento de velocidad, intensidad de tráfico, vehículos especiales, asimismo los requerimientos de calidad funcional y la seguridad que se debe de tener para dicha construcción.

Las construcciones de obras de Ingeniería en pavimentos deben ser eficientes y en todo momento económico, es decir deben cumplir con los plazos o metas que fueron designados y calculados en el momento del diseño, logrando el menor costo de construcción, mantenimiento, rehabilitación y operación. En nuestros medios tanto las autoridades como los profesionales deberían poner más énfasis en lo que respecta el pavimento flexible en vías de alto tránsito ya que las vías son de beneficio público que debe cumplir de forma eficiente tanto en la condición y la serviciabilidad, por las vías pavimentadas sobre este vía pasan muchos vehículos todo los días tanto vehículos pesados, transporte público, automóviles y motocicletas, las vías de alto tránsito no debe ser interrumpido durante las 365 días del año porque las horas de los pasajeros cuestan no debe de ser interrumpido por fallas agrietamientos, hundimientos, baches etc. Etc., valga la redundancia una vía bien construida, y bien mantenida será duradera, también la tranquilidad de los conductores y los usuarios deben de sentir el confort

En la Avenida República de Venezuela en Cercado de Lima se ha encontrado muchos defectos fue construido en el año 2006 desde ese entonces ha pasado 12 años de construido diseñado para durar 20 años, sin embargo, esta avenida presenta muchas fallas como, fisura verticales y horizontales, hundimientos y también cuarteamiento llamado piel de cocodrilo.

Por otro lado, se puede verificar que no existe una causa única para el deterioro del asfalto, ya que las fallas que existente son por diversos factores; como por ejemplo por el mal diseño estructural, la propiedad de los materiales, fallas constructivas, deficiencia de sistema del drenaje en caso de precipitaciones, asimismo se pueden ver afectados por las cargas vehiculares, agentes climáticos, entre otros factores que ocurren constantemente en el deterioro del asfalto.

A raíz de estas anomalías que presenta el pavimento observado visualmente se tomó la decisión de evaluar su capacidad portante de la estructura del pavimento flexible



La investigación propone hacer una evaluación con el deflectómetro al pavimento flexible para determinar la condición, en la vía de alto tránsito, así mejorar la calidad del pavimento, tener una vía asfaltada en buenas condiciones.

Para el cálculo de deflexiones se utilizará un Deflectómetro de impacto (FWD) que cumple la Norma ASTM y se utilizar la metodología del ajuste al cuenco de deflexiones, donde se aplicara la teoría del retro cálculo que es una herramienta útil para obtener parámetros geo mecánicos de la estructura del pavimento y de terreno de fundación. El caso real donde se aplicará el estudio de deflexión en donde se observa como varia el parámetro estructural (Módulos Elásticos y Numero Estructural) de la vía.

Mediante el retro cálculo se hallan el Módulos Elásticos de las capas del pavimento y el terreno de fundación, la metodología utilizada Para el retro cálculo es el ajuste al cuenco de deflexiones, el cual es sustentada por la teoría mecánica la cual utiliza el método de Boussinesq y método de Espesores equivalente

El deflectómetro está equipado con sensores muy bien definidas y con un peso de impacto generando llamadas cuencas de flexión acorde a cada impacto; en el reciente reporte se enfatiza a los pavimentos rígidos, y se recomienda emplear en cualquier tipo de pavimento. En los archivos se reportan también las condiciones que deben cumplir los dispositivos que se utilizan en los ensayos no destructivos, específicamente en las aproximaciones y dispersiones de los instrumentos de comprobación. Es importante recalcar que, así como hay diversos dispositivos para medir deflexiones, también hay mayor rigor de exigencia que deben cumplir con los resultados, los tales dispositivos. Los programas procesan los datos en cada capa del pavimento utilizando instrumentos matemáticas numéricos, Debido a lo anterior es dificultoso hacer una elección adecuada entre las distintas metodologías que cada instrumento esta implementado con software de última generación; no obstante, en la presente se ha procurado incluir un método de análisis de georradar para determinar las dimensiones de las capas del pavimento. Es obligatorio conocer el interior de la estructura para poder efectuar una interpretación apropiada de los resultados obtenidos, criterio de ingeniería.

## **1.2. Trabajos Previos.**

### **1.2.1. Antecedentes internacionales.**

(Vázquez Herrera, y otros, 2017). *Evaluación y diagnóstico de pavimentos flexibles: caso calles urbanas de la ciudad de cuenca*. En su investigación para obtener el título de Ingeniero Civil, en Ecuador. Señala de que al conocer el tema de mantenimiento de vías y su mejora, es necesario conocer la totalidad de vehículo que circulan por cada carril en un determinado espacio de tiempo, logrando de esta manera datos confiables para saber el resultado de las cargas de los vehículos que producen problemas al pavimento, así como la intensidad de carga y la distribución del eje que se aplica, permite saber los tipos de vehículos que dominan las vías o calle, Se concluye evaluando las características superficiales y las causas que intervienen en el deterioro del pavimento aplicando el método CBR que se obtuvo mediante ensayos y calicatas en el cual se determina que la carpeta asfáltica falla, Por lo consiguiente esto es una metodología que sirve como antecedente con la finalidad de implementación En este métodos de investigación.

(Escobar, García y Guzmán, 2017) *Análisis comparativo de la evaluación de pavimentos por medio de la viga benkelman y el deflectómetro de impacto (falling weight deflectometer, FWD)*. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil de la universidad de el salvador, en su investigación tuvo como objetivo establecer una similitud entre los datos derivados por intermedio de la Viga Benkelman y el Deflectómetro de Impacto (FWD), a partir del cálculo de deflexiones, así como también tuvo como objetivo comparar resultados de la evaluación estructura entre ambas herramientas mencionados de la capacidad estructural del pavimento, logrando como resultado de su investigación la ecuación de similitud entre las deflexiones tomadas tanto por el deflectómetro de impacto y también de viga Benkelman, se define así;  $d.FWD = 1.21041 d.VB - 1.888$ , donde  $d.FWD$  es la deflexión computada del deflectómetro de impacto y  $d.VB$  es la deflexión tomada con la viga benkelman, precisando que los datos poseen un año de alejamiento en su cómputo, sin embargo se ejecuta en condiciones climáticas equivalentes, así mismo logro valor de similitud de 0.89 corresponde a una similitud positiva del 89% entre las deflexiones obtenidas mediante el deflectómetro de impacto y la viga Benkelman. Valor mayor a 0.70 que estadísticamente se adopta como límite para razonar como precisa la ecuación de reciprocidad.

(Díaz, 2014) *evaluación de la metodología PCI como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los pavimentos flexibles*. En su investigación realizada en la universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C. su objetivo fue desarrollar una matriz para plantear las acciones de mantenimiento y rehabilitación del pavimento flexible colombianos basado en la obtenidos de resultados a partir de la metodología de auscultación PCI, así mismo busca lograr la evaluación de los parámetros de auscultación por el método mencionado con el fin de lograr operaciones apropiados de interposición.

Logrando como resultado desarrollar las matrices de rehabilitación utilizando los métodos VIZIR y PCI, con el cual encontró similitudes parecidos en cuanto a las normativas propuestos por ese país, del mismo modo estableció los parámetros de reconocimiento de la metodología VIZIR en donde se categorizan los deterioros de los pavimentos asfálticos en tipo A caracterizando una condición estructural y tipo B los cuales caracterizan una condición funcional, según la gravedad y extensión se estableció la estrategia de intervención a ejecutar.

(Ávila y Albarracín, 2014) *"Evaluación de Pavimentos en base a métodos no destructivos y análisis inverso, caso de estudio: Vía Chicti- Sevilla De Oro*. En su trabajo de proyecto de graduación para obtener el grado de ingeniero civil de la Universidad de Cuenca Ecuador. Se realiza las observaciones de la eficiencia y factibilidad de la Deflectometría para estimar la capacidad portante estructural de los pavimentos, se aplica el método de análisis inverso. Se concluye que, la investigación realizada y el procedimiento del autor Ávila y Albarracín es importante el aporte de su investigación por que describe la factibilidad y la eficiencia de que genera como un instrumento de auscultación el deflectómetro en cualesquiera pavimentos.

Por lo tanto, se menciona que el estudio realizado es de suma importancia ya que esto aporta un análisis en el proceso de estudio de deflectométrico.

(Gutiérrez y Giovani, 2014) *Evaluación de estructuras de pavimento flexible usando técnicas no destructivas utilizando el deflectómetro de impacto o FWD (Falling Weight Deflectometer)*. En su investigación para obtener el grado magister en la Univeriisdad Nacional sede Bogotá de Colombia, tuvo el objetivo principal establecer el comportamiento de la estructura del pavimento flexible en la ciudad de Bogotá D. C. en tecnologías de su capacidad de la estructura, conocido como SN numero estructural según

la metodología AASHTO-93 para cotejar con metodologías de análisis de diseño de pavimentos más nuevos. La investigación tiene como conclusión concerniente al comportamiento mecánico de los materiales en métodos del módulo dinámico resiliente, se presenta que para los materiales tipo MD-12, MD-20, BGEA-A y BG-A. Por lo tanto, se concluye que los valores mencionados exceden en promedio en más de 70% los valores queridos en la etapa del diseño del proyecto vial dando así resultados favorables de los pavimentos.

### **1.2.2. Antecedentes nacionales**

*(Zevallos, 2018) Identificación y Evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca – 2018.* Tesis para optar el grado académico de: maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción de la Universidad de Cesar Vallejo, Perú. el objetivo en su investigación fue diferenciar, procesar el estado de situación y su consecuencia de falla superficial y/o avería mediante la metodología del Índice de Condición del Pavimento Flexible (PCI) para ciertas vías de la ciudad de Barranca, de la misma forma se trazó para clasificar los tipos de fallas o patologías de la ciudad mencionada, así como también hallar el índice de los daños del pavimento flexible.

Logrando los siguientes resultados; el estudio de la metodología Pavement Condition Index (PCI) se puede identificar el estado de preservación en el que se encuentra los pavimentos flexibles, asimismo las fallas que presenta, a fin de efectuar el tratamiento para el mantenimiento periódico y/o permanente de las vías de la ciudad, así mismo, las fallas con mayor grado de severidad se muestran en el pavimento flexible de la vía en estudio son: Piel de Cocodrilo, baches en mal estado, agrietamientos Longitudinales, Transversales y Agrietamiento en bloque.

*(Meza, 2017) Evaluación deflectométrica con la viga Benkelman y diseño de estructuras de pavimentos por el método AASHTO 2008 en la avenida Harley del Distrito de José Luis Bustamante y Rivero – Arequipa.* En su tesis para optar el título de Ingeniero Civil de la Universidad Católica de Santa María, Arequipa-Perú. Cuyo objetivo principal de su trabajo fue efectuar la tasación de la condición estructural del pavimento por intermedio del cálculo deflectométrica lograda con viga Benkelman de la Avenida Hartley. Se realizó dos tipologías de evaluación: en la superficie se halló la condición del pavimento PCI y la condición estructural con la viga Benkelman mediante cálculos

deflectométrica. La investigación concluye manifestando que la evaluación deflectométrica utilizando la viga Benkelman permitió hallar valor de la deflexión medidas en la carpeta asfáltica y permitió verificar la condición estructural del pavimento, por lo tanto, concluye que existen fallas de origen estructural en el pavimento de estudio, se recomienda tomar con mucho cuidado obtener los datos en campo por cada falla del tipo de ensayo que se tendrá que realizar en situ.

*(Chávez, 2015) Evaluacion estructural de pavimentos flexibles Usando el deflectometro de impacto en la carretera Tarma-La Merced.* Para optar el título profesional de ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Centro del Perú de la Facultad de Ingeniería civil. Cuyo objetivo de su investigación fue exponer la secuencia de estimación estructural del pavimento flexible utilizando el deflectómetro de impacto (HWD), en dicha ciudad haciendo un retrocalculo por el método del AASHTO.

Logrando alcanzar satisfactoriamente la evaluación planteado en su objetivo, toda la forma de compilación de datos en campo y el proceso de cómputo demuestran que las deducciones son confiables, ya que tanto, las deducciones alcanzados con el deflectómetro en ambas metodologías y los valores teóricos son cercanos y notoriamente congruentes con la realidad.

*(Medina y De la cruz, 2015) Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI.* Tesina Para obtener el título profesional de ingeniero Civil de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Jr. José Gálvez, Perú. Fijaron como objetivo principal establecer el índice de la condición del pavimento, dirigida para ofrecer adecuadas condiciones, El método está fraccionada en 6 puntos secuenciadas, los cuales se diferencia en la toma de muestras se escoge un pavimento para estimar, la cual estará divididas en unidades de muestreo, en la investigación recolectó datos, mediante la identificación de fallas existente para analizarlos. La exploración concluye manifestando que el cambio del pavimento flexible del Jr. José Gálvez es regular para las áreas identificadas del pavimento, en la actualidad se encuentra la vía en buenas condiciones para el traslado de los usuarios, en seguida se recomienda que las fallas presentan deterioros considerables también ya se debe presupuestar para realizar para la reparación con lo cual se podrá determinar si la vía está, en buenas condiciones.

(Marín, 2015) *Evaluación del comportamiento estructural de pavimento flexible a través del tiempo, utilizando el deflectómetro de impacto (HWD)*. Con su tesis para obtener título profesional de ingeniero civil de la Universidad Nacional Ingeniería, Lima Perú, menciona que se Puede utilizado en cualquier tipo de pavimento, así como en asfalto, concreto o en combinación de ambos, o también, sobre cualquier parte de la estructura del pavimento en obra. A través del estudio de este cuenco se logra obtener información de la rigidez de la estructura de pavimentos y el suelo de fundación.

Se concluye que, Para realizar y verificar el comportamiento estructural de las etapas realizadas del periodo (2012, 2013,2014 y 2015), y luego se ha comparado las Deflexiones y Características (D<sub>0</sub>max carct.), Módulo Resiliente Características (Mr. Carct.) y Número Estructural característica (SN caract) y se ha obtenido gráficos y tablas estadísticas. Se determina que, los valores obtenidos en cada etapa de ensayo son variables puesto que, la resistencia de la estructura del pavimento se va deteriorando.

(Leguía y Pacheco, 2016) *Evaluación superficial del pavimento flexible por el método pavement condition index (pci) en las vías arteriales: cincuentenario, Colón Y Miguel Grau (huacho-Huaura-lima)*. En su tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil de la Universidad de San Martín de Porras, Lima Perú. En su investigación plantea determinar los parámetros de evaluación de las fallas del pavimento mediante el método de PCI, dichos procesos para la evaluación de los pavimentos comprenden un periodo de labor de campo y otra etapa de cómputos aplicando el método respectivo; primeramente, se examina el elemento de estudio cada mecanismo de muestra que se seleccionó, luego, se explora el tramo y el número de sección, así como el número de unidad de muestra. Es necesario que se tome el tamaño de la muestra medido con el odómetro manual. Se concluye para realizar la inspección de las fallas, se debe medir cada punto de severidad y registrar cada investigación obtenida. Los autores realizaron un trabajo de campo identificando y caracterizando los tipos de cada falla del pavimento en la ciudad de Huaura encontrando en sus evaluaciones un alto índice de fallas estructurales la vía, recomendaron la reconstrucción, el pavimento ya cumplió con su vida útil

(Rodríguez, 2014) *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla*. En su tesis para obtener título profesional de ingeniero Civil de la Universidad de Piura-Perú. En el trabajo tuvo como objetivo aplicar el método PCI para determinar el Índice de Condición del Pavimento en la Av. Luis Montero. Mil doscientos metros de longitud de vía fueron trabajados minuciosamente a cada detalle

para comprobar sus fallas que encontradas y engrandecer el cambio de la vía. La investigación finiquita manifestando que la Av. Luis Montero dice que el pavimento es de estado regular, de PCI = 49 % de operatividad. La condición del pavimento se mantiene gracias a las obras realizadas de reparación exhaustiva el año 2008 han disminuido la aparición de más fallas estructurales, perjudiciales al pavimento, así mismo, se recomienda algunas técnicas de reparación, de acuerdo a las fallas detectadas, para restaurar la infraestructura vial y dejar en mejores condiciones así mismo prolongara el tiempo de vida útil.

### 1.3. Teorías relacionadas al tema

#### 1.3.1. Diseño del Pavimento

El diseño del pavimento flexible se realiza mezclando materiales de cantera, lo cual están compuestos por un espesor de asfalto que descansa exclusivamente sobre dos capas no rígidas, base más sub base. Por ende, se conceptualiza las energías y se transfieren al terreno de fundación teniendo en cuenta la disipación de tensiones, ya que esto se genera lentamente con la depreciación de la profundidad. (Meza, 2017p, 30)



Figura 1. Estructura de pavimento

Fuente: manual de carretera ASSHTO

### 1.3.1.1. C.B.R. De Diseño

Para diseñar el espesor del pavimento hay que considerar fundamentalmente el valor de análisis CBR para plantear el espesor de la estructura con los parámetros existentes para utilizar cada material propio mediante un ensayo en situ

Se asume los valores de diseño mínimo establecido para la sub-rasante lo establecido por CBR (diseño).

**Tabla 1.** CBR de diseño

Categoría de sub rasante	CBR
$S_0$ Sub rasante inadecuado	CBR < A 3%
$S_1$ Sub rasante insuficiente	DE CBR $\geq$ 3% A CBR < 6%
$S_2$ Sub rasante regular	DE CBR $\geq$ 6% A CBR < 10%
$S_3$ Sub rasante bueno	DE CBR $\geq$ 10% A CBR < 20%
$S_4$ Sub rasante muy bueno	DE CBR $\geq$ 20% A CBR < 30%
$S_5$ Sub rasante excelente	DE CBR $\geq$ 30%

Fuente: manual de carreteras ASSHTO 93

### 1.3.1.2. Funciones de las capas del pavimento flexible

#### 1.3.1.2.1. Sub-base granular

La utilización del material granular es netamente por la economía; en efecto, para rellenar el espesor se demanda nivelar el soporte de los esfuerzos en la sub-rasante sea similar o mínimo que su propia firmeza y se construye con materiales de buena calidad; sin embargo, es preferente uniformizar las capas más adecuados en la parte de la superficie y colocar en la parte inferior del pavimento el material para esta capa debe de ser de menor calidad, la cual es frecuentemente la más barata. (Montejo, 2002p. 37)

- **Capa de transición:** La sub-base bien planteada impide el discernimiento de los materiales que componen en afectar sus moléculas de algo como la humedad, la base con los de la sub-rasante ejerce como filtro, frenando que los materiales finos de la sub-rasante lo contagien y afecten la eficacia.



- **Disminución de las deformaciones:** los cambios de volumen del espesor de la capa sub-rasante, habitualmente sufre cambios en su contenido por el factor humedad (contracciones o expansiones) o al cambio extremo de temperatura (en Colombia las heladas), pueden impregnar con la capa sub-base y frenar que dichas imperfecciones se manifiesten en la zona de rodadura.
- **Resistencia:** La sub-base debe resistir los esfuerzos transferidos por intermedio de carga vehicular a través de la capa superior, debe resistir adecuadamente desde la sub-rasante.
- **Drenaje:** En varios de los casos la sub-base debe transferir el elemento agua hacia los bordes, que evite el paso del agua a través de la carpeta de asfalto, las bermas también deben impedir el avance de humedad hacia la estructura del pavimento.

#### 1.3.1.2.2. Base granular

La Base granular se denomina la capa que va colocado sobre la sub base es la capa estructural que dará soporte la carpeta asfáltica está compuesto de materiales de cantera de cierta forma esta deberá cumplir con la certificación por la norma ASTM.

- **Resistencia:** su función primordial de la base granular del pavimento consiste en aportar elementos resistentes que transfiera cargas a la sub-base y asimismo a la sub-rasante las cargas derivados del tránsito, en una distribución adecuada.

**Función económica:** el material granular es una parte fundamental para construir vías por ello se requiere muchos m<sup>3</sup> de este material para rellenar la base y la sub base cumpliendo con lo requerido ya que el material es de cantera de suelo natural como no sufre un proceso exhaustivo el costo es menor

#### 1.3.1.2.3. Carpeta Asfáltica

La carpeta asfáltica es una plataforma estable y uniforme resistente al paso vehicular, de textura y color apropiado y resistente a los efectos sometidos de carga por el tráfico. Y sea resistente para imposibilitar filtraciones de agua en las capas estructurales del

pavimento; es material resísete a tensión abrasiva por ello mantiene firme la estructural del pavimento.

a) **Propiedad de los Materiales asfálticos:** Dentro de los materiales asfálticos se tiene las siguientes propiedades:

- **Consistencia:** Se da mediante dos contextos:

- **Estabilidad**

La temperatura del material así sea líquido o sólido varía de acuerdo el tipo de material, por ende, se entiende que cuando se requiere la propiedad de un material se debe también de tener en cuenta la temperatura de la misma.

- **Durabilidad**

Dentro de la durabilidad del material se puede mencionar como deterioro natural a la intemperie, ya que la capacidad del material asfáltico puede resistir el desgaste por la intemperie es definido como la durabilidad del material asfáltico.

b) **Velocidad de curación**

Se conceptualiza como la causa que aumenta la consistencia del material asfáltico cuando pierde el disolvente por evaporación.

c) **Resistencia a la acción del agua**

Se debe tener en cuenta cuando se utilizan materiales asfálticos, la capa de asfalto debe continuar adherido a los agregados aun así este con el contacto al agua, ya que se muestra que cuando se pierde la conexión del agregado con el asfalto, el asfalto quedara despojado de los agregados, lo que significa que el pavimento empezara a deteriorarse.

### **1.3.2. El Expediente técnico**

Es una agrupación de documentos de suma importancia ya que contiene el procedimiento técnico y/o económico que aprueban la apropiada realización de una obra, la cual está comprendida por la memoria descriptiva y las especificaciones técnicas de los planos para la ejecución de obra, así como también mitrados, presupuesto de obra, coste referencial, datos del presupuesto, estudio de costos unitarios, importe referencial (presupuesto de obra), fórmula polinómica, cronograma de construcción de obra, Estudio de suelos, lo define la entidad del estado peruano subdirección de capacidades de desarrollo OSE

### **1.3.2.1. Partes Del Expediente Técnico**

Se Debe tomar Atención a las Sigüientes Partes lo detalla (Chuna Chinga, y otros, 2013 p. 2)

- **Memoria Descriptiva:**

Propone un enfoque global sobre la realización metodológica de los diferentes tipos de responsabilidades para ejecutar una obra, las referencias, lugar de la obra, justificación, objetivos, el tiempo de trabajo, vías de acceso, financiación del proyecto, métodos de construcción, precio final de la obra, también contiene la tabla de remuneraciones.

- **Presupuesto de la Obra:**

Contiene información de toda la estructura con datos económicos detallado por parte. De la consultoría. Ninguno de los elementos del expediente técnico debe ser obviado, los calculado de carácter general deben de estar claras y concisas, los detalles en forma de “partidas”. Cuando el municipio elabora directamente un proyecto de inversión representativa, es obligatorio cumplir programaciones reguladas, para detallar la disposición del presupuesto. Programación de tiempo, cálculo con su respectivo cronograma, se debe efectuar por cada partida determinada en las que se va a efectuar el gasto.

- **Estudio de Precio Unitarios:**

Toda la actividad de estudio debe estar sustentada con su referente precio. Los costos de los materiales o elementos deben ser, preponderantemente, conseguido en el mercado del lugar. En caso específico, deben enseñarse los precios de otro centro asumiendo el costo de transporte hasta llegar al oba.

- **Relación de Insumos Generales y Grupos:**

Se Especifica la mano de obra, herramientas, materiales directos e implementos de obra. En el listado de materias el costo debe conformar para cada elemento, la suma debe ser en un costo general.

- **Costo de Valorización y ejecución de obra:**

Es formular control económico (programación), lo cual intervine en el progreso de la construcción, comprobando y midiendo lo que se fijó en el proyecto.

- **Planos Generales:**

Son informaciones graficas de interpretación sencilla componentes cualitativos lo que requiere el proyecto. Se deben de presentar en el formato normalizado. El plano típico

consta de ubicación geográfica del proyecto; más los de estructura, sanitaria, arquitectura, planos topográficos.

### 1.3.3. Condición del pavimento flexible

El método utilizado es normado por la ASTM (American Society for Testing and Materials) Índice de Condición del Pavimento (PCI – Pavement Condition Index), fue perfeccionado por un equipo profesional de la Ingeniería de la Departamento de los Estados Unidos (Shahin, 1976 – 1994); el propósito fue para evaluar el terminal Aéreo, zonas de aparcamientos. Este es el método más completa para evaluar cada tipo de pavimentación por ello se toma evaluar la Av. Venezuela ya que presenta indicios de deterioro los especialistas lo consideran el método más práctico y lo más adecuado para recoger datos (Zevallos Gamarra, 2017 pág. 31)

#### 1.3.3.1. Índice de condición del pavimento (PCI – Pavement Condition Index)

La disminución estructural del pavimento se evalúa de acuerdo el tipo de avería o falla, primero la severidad luego la cantidad para determinar la densidad. Para formular el índice se tiene en cuenta los tres componentes citados es incierta debido a la cantidad de posibles condiciones. Para destacar el problema implantaron los “valores de deducción”, como un factor de aprobación arquetipo, con la finalidad de demostrar el valor afectado de cada composición del tipo de daños, grado de severidad y densidad que presenta la condición del pavimento, El PCI es el índice numerario para corregir desde el nivel cero (0), la superficie del pavimento dañado o que está en malas condiciones, y (100) para aquellos pavimentos que están en perfectas condiciones. En la **tabla 2** se muestra los niveles de PCI.

Tabla 2. Rangos de calificación del PCI

Rango	clasificación
100-85	excelente
85-70	Muy bueno
70-55	bueno
55-40	regular
40-25	malo
25-10	Muy malo
10-0	Fallado

Fuente: PCI – Pavement Condition Index

### 1.3.3.2. Unidades de Muestreo

Se secciona la superficie de “unidades de muestreo”, cuyas áreas se varía de acuerdo un ajuste por las características de vía y las capas del pavimento:

- a) Vías de carpeta asfáltica con ancho de calzada menor a 7.30 m: El área de la unidad de muestra debería estar en el rango de  $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$ . En la tabla 3 se presentan algunas relaciones de longitud y ancho de calzada del pavimento. según (Manual PCI, 2014)

Tabla 3. *longitud de unidad de muestras del asfalto*

Ancho de calzadas m	Longitud de la unidad de muestra
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Fuente: manual PCI

- b) Nota Vías con superficie de rodadura de losas de concreto vertido con cemento Pórtland con extensión menor a 7.60 m: El área del estudio debe estar en cuadros de  $20 \pm 8$  losas.

Se pide tomar el valor intermedio de las condiciones y en ningún caso precisar unidades por fuera de aquellos. Se indica la siguiente ecuación

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

Dónde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

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

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

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

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar ( $\sigma$ ) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de

35) En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse. Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco ( $n < 5$ ), todas las unidades deberán evaluarse.

### 1.3.3.3. Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera:

- El intervalo de muestreo ( $i$ ) se expresa mediante la Ecuación

$$i = \frac{N}{n} \text{ ecuación 2}$$

Dónde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3)

- El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo  $i$ . Así, si  $i = 3$ , la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S + 1), (S + 2), etc. Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo ( $i$ ) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, etc. Sin embargo, si se requieren cantidades de daño exactas para pliegos de licitación (rehabilitación), todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas (Velázquez 2,4,5p, 2105)

### 1.3.3.4. Evaluación de Fallas superficiales del pavimento

El pavimento falla por muchos motivos de interacciones puede ser por el diseño o también por los materiales vale decir, por la carga del tránsito vehicular, también puede ser por motivos de construcción, son las causas normalmente que contribuye con el deterioro tanto superficial y estructuralmente Existen dos tipos de fallas:

- **Las fallas estructurales.** - son fallas iniciados en la estructura deteriora la estructura del pavimento, afecta la capacidad de las capas la afecta la cohesión y el comportamiento a la resistencia de los esfuerzos externas.
- **Las fallas funcionales.** - son fallas que afectan la transitabilidad, es decir, reduce la calidad de la superficie de la vía normalmente cambia la estética y también la seguridad que pide como servicio los usuarios.

A continuación, identificaremos los diferentes niveles de fallas que puedan aparecer en la superficie del pavimento, la metodología describe tal cual cada falla por niveles o grado de severidad (Rivera González, y otros, 2011 pág. 13)

#### **1.3.3.5. La severidad**

Representa la crítica del deterioro mide la cantidad; mientras más aumenta la severidad más es el daño, las mediciones para corregir se debe seleccionar mejor. Las cualidades del deterioro del pavimento se perciben en los usuarios, para detallar identificaremos cada nivel, lo mencionaremos a continuación cada una de ellas:

- **Bajo, (B):** a este nivel el vehículo percibe vibración (por ejemplo, por corrugaciones), pero cuando el índice de afectación es bajo no es necesario bajar de velocidad del automóvil para restablecer un paso cómodo y seguro al pasar los obstáculos. Los abultamientos y los hundimientos no causan repercusión del vehículo no es motivo de incomodidad en los usuarios.
- **Medio, (M):** las fallas son notorias, las vibraciones de la rodadura transmiten al vehículo, por lo tanto, se requiere una disminución de velocidad para mantener algo de comodidad y seguridad; las fallas características como los abultamientos y los baches causan rebote a todo elemento que pasa sobre ellas, rebotan significativamente produciendo incomodidad.
- **Alto, (A):** las agitaciones en el vehículo ya son muy garrafales que debe bajar la velocidad de manera abrupta por el bien de darle un viaje cómodo y seguro; las fallas causan un enorme salto del vehículo implantando una molestia significativa y un alto peligro de ocasionar serio daño al vehículo. Las fallas más relevantes son:

- **Piel De Cocodrilo**

Las fallas comunes como piel de cocodrilo son fisuras interconectadas que forman líneas poligonales he irregulares, a una longitud de 0.5 m por el lado más largo. La formación se parece a la piel de un cocodrilo, de allí de denomina el nombre de esta falla. También se le califica resquebrajadura por fatiga, la piel de cocodrilo se genera por el paso de cargas pesadas sobre ella y por la cantidad de repeticiones de los vehículos pesados, camiones buses etc. (Zevallos gamarra, 2017)

- **Fisuras longitudinales y transversales**

Las fisuras longitudinales son grietas párlelas al eje de la vía o al sentido de la línea direccional en la que fue construido son perpendiculares al eje del pavimento o al sentido transversal de la vía. Estos daños por grieta no se pueden asociar con la carga vehicular, estas pueden ser causados por juntas de dilatación que se empleó al momento de la construcción o también por mala compactación.

- **Fisuras de reflexión**

Es causada por desgaste estructural en la superficie del pavimento, también sucede en losas de concreto, las juntas que se dejaron empiezan a pronunciarse por el paso del tiempo o también por los movimientos que produce la tierra, pero no las juntas de los pavimentos rígidos. Uso de ligante (asfaltos) muy rígidos o envejecidos.

Por la alta temperatura a más de 30° C que produce ciclos de expansión - contracción cuando baja a menos 0° C el asfalto cambia de comportamiento.

- **La mancha**

Es causada por desproporción del asfalto en la mezcla, también mucha concentración de sellante asfálticos o un bajo contenido de vacíos de aire, degradación de aceites derramados por las fallas de tuberías del vehículo o por derrames de combustibles que no se quemaron.

- **Grieta de borde**

Las fisuras de orilla son fallas que se produce al borde de la vía y habitualmente se le encuentra a una distancia entre 0.30 y 0.60 m de la orilla cerca ala la vereda. Este tipo de daño se origina por las cargas de tránsito vehicular también puede ocasionar por debilitamiento debido a situaciones climáticas, también pude ser por juntas no bien unidas de la sub-rasante o la base demasiado cerca al margen del pavimento, se puede decir por falta de soporte contiguo o inclusivamente por muros montados con materiales efusivos.



- **Falla por Baches**

Son áreas de pavimento desgastado y pronunciado en forma de hoyos de material desgastado. Los baches se consideran un desperfecto desagradable en las vías, se denomina, un espacio no agradable de viajar sobre ella la superficie de rodadura no se ve como en un inicio de la construcción.

- **Parches de cortes utilitarios**

Los parchados son pequeños tramos del pavimento, que, por encontrarse en mal estado, por eso ha sido sustituida de un material nuevo con la finalidad de mejorar la superficie del pavimento existente. Los parches de tajos utilitarios forman parte de aquellos parches puestos cuando se generan cortes para la sustitución de tuberías de servicio potable o alcantarillado, los cortes que generaron para instalación de cables eléctrico, teléfonos, etcétera.

El parcheo reducen el nivel de serviciabilidad cualquier vía, el comportamiento del espacio parchado es mucho menor en apreciación que un pavimento nuevo, inclusive el área contigua al parche no actúa como un pavimento nuevo.

- **Ahuellamiento**

El ahuellamiento son hoyo en forma de surco longitudinal a lo largo del recorrido de la vía mayormente se genera por las huellas de la rodadura, el resultado es de deformación imborrable permanente de la estructura del pavimento o sub-rasante. Este tipo de falla puede ser producida por una baja compactación de los materiales en el proceso de la construcción, eso causa inestabilidad en las capas (sub-bases, bases) permitiendo el hundimiento y resalta surco a los costados debido a las cargas vehiculares. El ahuellamiento puede conducir a una falla estructural desmedido del pavimento. Las posibles causas son:

- Mezcla asfáltica inestable.
- Exceso de ligante en riegos.
- Mal diseño del espesor estructural: espesores deficientes.
- Mala calidad de materiales o deficiencia en control de calidad.

- **Hinchamiento**

El hinchamiento consiste en formar de bultos o se levanta y se encuentra localizado en la zona interna del pavimento, se forman ondas largas de forma gradual con una longitud mayor a 3.00 m, que deforma el alrededor de la vía.

El origen principalmente se da en el comportamiento del suelo de compactación (suelos expansivos) y el enfriamiento del material en la sub-rasante. El hinchamiento puede estar conducido de resquebrajadura superficial. El material interno sufre un esponjamiento debido a las lluvias o por el ascenso capilar tiende a esponjarse.

### 1.3.3.6. Evaluación estructural del pavimento con georradar

Las antenas GPR se diseñaron para emitir ondas de poca duración con el fin de optimizar la resolución vertical de auscultación. Normalmente este campo magnético se ha constituido por  $1\frac{1}{2}$  - 2 tiempos de la frecuencia nominativa que determina la antena. La corta permanencia en el espacio del tiempo ( $\Delta t$ ) lleva incorporado un aumento inversamente proporcionado de aporte en sus elementos de frecuencia ( $\Delta f$ ), según la analogía  $\Delta t = 1/\Delta f$ . Así, la mayor parte de las antenas GPR han sido planteadas para operar con un ancho de banda similar a su frecuencia central de una duración inversa y proporcional.

La descripción de las características pormenorizada de las señales GPR se encuentra en el manual del fabricante, el geo-radar realiza la auscultación hacia el subsuelo y registra los tipos de objeto después de emitir impulsos electromagnéticos, así obtiene los datos del subsuelo. En la superficie hay otra antena receptora que percibe la señal de vuelta, (Paz Gonzáles, y otros, 2005 pág. 198)

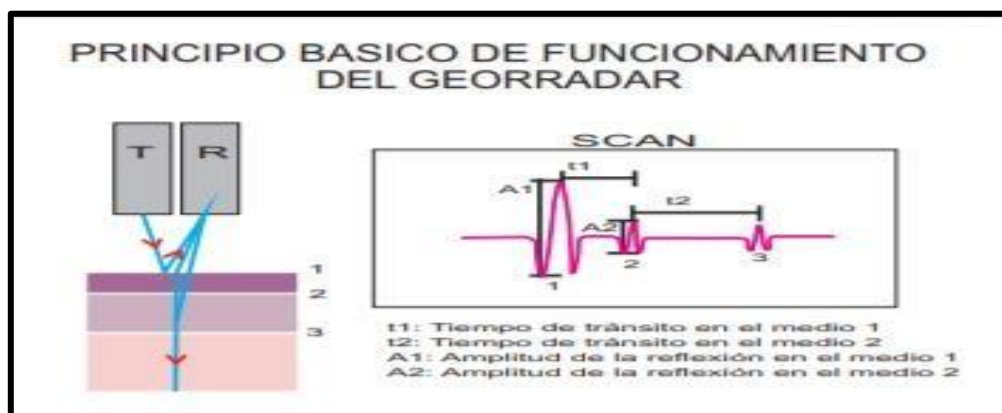


Figura 2. Sistema de operación de Gpr Dynatest

Fuente: dynatest

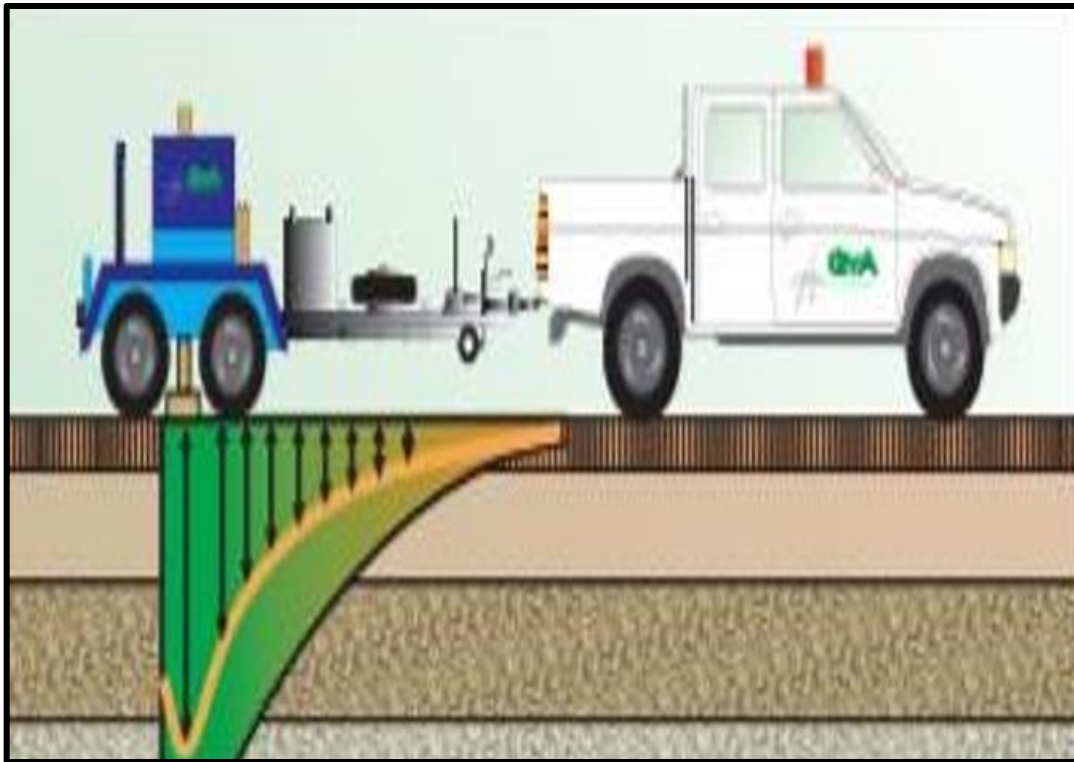
- **Sistema operacional SCAN**

El GPR funciona con pulsos electromagnéticos de alta frecuencia desde un transmisor situado en el interior de la antena. El pulso transferido es reflejado en distinto interfaz del subsuelo y sus reflexiones son captadas por el receptor. Las interfaces de las reflexiones pueden ser interfaces de suelo, roca, objetos enterrados o cualquier otra interface que posea un contraste de las propiedades dieléctricas. La señal de radar se envía hacia el subsuelo a través de una antena situada sobre la superficie de estudio. Las señales reflejadas son captadas por un transmisor situado en el mismo cuerpo de la antena. La señal recibida es procesada y rebelada gráficamente en una pantalla. Debido a que la antena se sacude a lo largo del área de estudio. El GPR posee un espacio de onda muy corta en la mayoría de los materiales la resolución que se obtiene de las diferentes interfaces de los materiales de subsuelo es muy grande.  
<http://www.gestionyauscultacion.com>

### **1.3.4. Índice de serviciabilidad del pavimento**

#### **1.3.4.1. Evaluación Deflectométrico En Pavimentos Flexibles Con (FWD)**

Los equipos deflectométrico de impacto (FWD) es un instrumento que emplea carga de corta duración para representar la marcha de un vehículo pesado de velocidad alta, a través de un eje la masa se eleva, luego por gravedad se deja caer sobre un plato que se encuentra puesto en la superficie del pavimento. La masa y la velocidad Varía de acuerdo a la altura y la presión según los datos que se quiera obtener se aplican diferentes magnitudes de carga de impacto y duración, parecidas a las de una carga real del tránsito pesado. La operación de obtener datos de medición consiste en fijar el equipo en el punto necesario, luego se baja la viga de sensores hasta que se apoyen en la superficie de rodadura luego se inyecta la carga repetidas veces no menor a 3 golpes por punto. La deflexión se mide por los sensores de geófonos en mecanismo de micrones, ubicados linealmente a una distancia de 30 cm entre ellos en total del plato de impacto hasta el último sensor tiene una longitud de 1.80 cm, la deflexión registrada hasta los sensores más alejados del plato principal (cuenco) de esa manera se registra deformación de las capas más inferiores de la estructura (base, sub-base y Sub-rasante).



*Figura 3.*El defleómetro de impacto Dynatest HWD 8081.



Fuente: Dynatest

Para la toma de deflexiones se empleó un defleómetro pesado, Heavy Weight Deflectometer, modelo FWD 8082. El equipo FWD es un sistema de ensayo montado en un vehículo de arrastre capaz de aplicar cargas tipo impulso que simulan el paso de una rueda sobre el pavimento. Contiene una configuración de masas que se dejan caer y que combinada con la altura de caída permiten aplicar cargas máximas entre 30 y 240 kilo-Newton (kN), con un sistema de buffers o cojines que mantienen la duración del pulso de carga entre 20 y 30 milisegundos.

La operación del FWD se controla desde un computador ubicado en la cabina del vehículo. Durante el ensayo se hace bajar el plato de carga y una barra con sensores hasta la superficie del pavimento, y automáticamente se levantan y dejan caer las cargas de ensayo mediante un sistema electro- hidráulico.

La metodología del estudio desde medidas de deflexión de la AASHTO/93 se conoce como Retro cálculo o Calculo Inverso, como se muestra a continuación:

**Tabla 4.** Retro cálculo o Calculo Inverso

CÁLCULO DIRECTO		
Datos		Resultados
E , D <sub>i</sub> , μ		Σz , εz εt, D
CÁLCULO INVERSO		
Resultados		Datos
E , Σz, εz, εt		D <sub>i</sub> , μ, D
SIGNIFICADO		
<p><b>Dónde:</b></p> <p>E: módulo de elasticidad de los materiales.</p> <p>D<sub>i</sub>: es el espesor de cada capa del pavimento</p> <p>μ: módulo de poisson de los materiales</p> <p>σ<sub>z</sub>: esfuerzo vertical en cada punto de la estructura</p> <p>ε<sub>z</sub>: deformación unitario vertical en cada punto de la estructura</p> <p>ε<sub>t</sub>: deformación unitario horizontal en cada punto de la estructura</p> <p>deflexión de la estructura del pavimento</p>		

Fuente: elaboración propia

### 1.3.4.2. Ensayo deflectométrico según AASHTO

El módulo resiliente de la plataforma de fundación es la medida utilizado por el método ASSHTO determinar El suelo de fundación en el diseño de pavimentos de asfalto. Mediante el proceso de retro análisis se obtiene el módulo elástico de la sub-rasante con los datos de carga y deflexiones obtenidas con el deflectómetro y para pavimentos flexibles se calcula el módulo resiliente de acuerdo con la expresión:

$$M_r = \frac{0,24xP}{d_r x r} \quad (\text{Ec} - 1)$$

Dónde:

M<sub>r</sub> es el módulo resiliente de la subrasante, en PSI (MPa)

P es la carga aplicada por el deflectómetro, en libras (kN)

d<sub>r</sub> es la deflexión a una distancia r desde el centro del plato de carga, en pulgadas (cm)

$r$  es la distancia desde el centro del plato de carga, en pulgadas (cm)

Debe cumplirse que  $r \geq 0,7 \times a_e$ , donde  $a_e$  es el radio del bulbo de tensiones en la interfaz entre las capas construidas y la subrasante.

El valor  $a_e$  depende a su vez del módulo elástico  $E_p$  y del espesor de las capas construidas  $D$ :

$$a_e = \sqrt{a^2 + \left( D x^3 \sqrt{\frac{E_p}{M_r}} \right)^2} \quad (\text{Ec} - 2)$$

Dónde:

$E_p$  Es el módulo elástico efectivo de todas las capas del pavimento sobre la subrasante, (MPa)

$D$  Es el espesor total de las capas de pavimento sobre la subrasante, (cm)

$a$  Es el radio del plato de carga, (cm)

De acuerdo con las recomendaciones del MC-Vol. 3 en su edición 2014, para corregir los módulos elásticos retro-analizados a módulos resilientes<sup>1</sup> se utiliza el factor C calculado según las relaciones presentadas

Tabla 5. Valores del factor de corrección  $C^2$ .

Plataforma de Fundación	Factor C
Suelos Finos	0,33
Suelos Granulares	1,0
Terraplén granular sobre suelo fino	$C = 0,33 + 0,67 \times h/2 \quad 0 < h < 2 \text{ m}$
Terraplén fino sobre suelo granular	$C = 1,00 - 0,67 \times h/2 \quad 0 < h < 2 \text{ m}$

Para alturas de terraplén mayores a 2,0 m, se utilizar 0,33 o 1,00 según concierna, esto es, de acuerdo con el tipo de terraplén existente.

### 1.3.4.3. Módulo de la Estructura del Pavimento

El módulo elástico del pavimento ( $E_p$ ) corresponde al módulo de deformación de la capa ubicada sobre la sub-rasante, después de haber sido sometida a cargas cíclicas.

Como la deflexión en el centro del plato de carga depende de los dos módulos, el del pavimento  $E_p$  y el de la sub-rasante  $M_r$ , entonces se debe efectuar un proceso iterativo para encontrar que se cumpla tanto la fórmula de deflexión central como la fórmula del radio  $a_c$ .

La fórmula de deflexión central es lo que se conoce como modelo elástico de dos capas de Burmister:

$$d_0 = 1,5 \times p \times a \times \left( \frac{1}{M_r \times \sqrt{1 + \left(\frac{D}{a}\right)^3 \frac{E_p}{M_r}}} + \frac{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{a}\right)^2}}}{E_p} \right) \quad (\text{Ec} - 3)$$

Dónde:

$P$  es la presión del contacto del plato (carga dividida por el área (MPa))

El número estructural es un concepto interpuesto en la prueba AASHTO para determinar las estructuras de los pavimentos de asfalto y utilizados por el método AASHTO para el

$$NE_t = 0,0045 \cdot D \cdot \sqrt[3]{E_p} \quad (\text{Ec} - 4)$$

Dónde:

- $D$  es el espesor total de todas las capas que aportan capacidad estructural sobre la sub-rasante, pulgadas (cm)
- $E_p$  es el módulo elástico efectivo de todas las capas que aportan capacidad estructural del pavimento sobre la sub-rasante, PSI (MPa)

El ASSTHO 93 básicamente está enfocado para determinar la capacidad de soportar el tráfico futuro, evaluar la capacidad de resistencia de la estructura, luego determinar la deficiencia actual y para determinar la capacidad de soportar cargas futuras del

pavimento flexible (Escobar Aguirre, y otros, 2007 pág. 34) se tiene la siguiente formulas:

$$SNol = aol Dol = SNf - SNef$$

SNol = Número estructural requerido para el refuerzo.

aol = Coeficiente estructural para el refuerzo.

Dol = Espesor requerido para el refuerzo.

SNf = Número estructural requerido para soportar el tráfico futuro.

SNef = Número estructural efectivo del pavimento existente.

#### **1.3.4.4. Calidad de Serviciabilidad del Pavimentos**

La serviciabilidad se traduce en forma de medida sobre el comportamiento del pavimento, las mismas que se relacionan con la seguridad y comodidad solo los usuarios pueden calificar el (comportamiento funcional), cuando transite por la vía.

También es relacionado con los rasgos físicos del pavimento mediante las características de la superficie se puede calificar normalmente por las siguientes fallas como, grietas, peladuras, hundimiento, esponjamiento, etcétera, que afectan la capacidad de soporte (comportamiento estructural).

El concepto de serviciabilidad se basa en cinco aspectos fundamentales se resume como sigue:

- a. Las vías están hechas para el confort y beneficio del público usuario en general.
- b. El confort, o calidad de la transitabilidad, es factor de una expresión subjetiva del usuario
- c. La serviciabilidad se expresa y se califica por medio de una encuesta hecha a los usuarios de la vía y se designa como calificación de la serviciabilidad
- d. las tipologías físicas del pavimento se pueden tantear con objetividad y pueden relacionarse a una evaluación subjetiva. Este procedimiento origina un índice de serviciabilidad justo.
- e. El comportamiento del pavimento se puede representar por el tiempo histórico de la serviciabilidad.



f. Los conductores Cuando transitan por primera vez o en múltiples ocasiones sobre la vía, experimentan la sensación de sentir seguridad o inseguridad eso depende de lo que percibe el tipo de dificultad para controlar su vehículo. La principal causa es asociada a la seguridad y la comodidad de los usuarios eso depende de la calidad de superficie de rodadura. La valoración del parámetro índice de serviciabilidad del pavimento (PSI), por las siglas en ingles.

g. La serviciabilidad del pavimento fue simbolizada en un índice, el procedente de los valores de la prueba de AASHO, en la cual efectuaron la evaluación por intermedio de una escala que oscila de 0 a 5, siendo 5 el valor de excelente en pavimentos y cero para pavimentos que tienen superficie condiciones muy mala. En la siguiente tabla, se detalla los valores de apreciación de la serviciabilidad según manual AASHTO.

**Tabla 6.** Índice de Serviabilidad del pavimento

Índice de Serviabilidad (PSI)	Calificación
5 – 4	Muy buena
4 – 3	Buena
3 – 2	Regular
2 – 1	Mala
1 – 0	Muy Mala

Fuente: AASHTO, Guide for design of pavement structures 1993

**Tabla 7.** Definición de serviciabilidad del pavimento

Índice de serviciabilidad (psi)	calificación	Descripción
4-5	Muy bueno	El pavimento nuevo en los primeros años de vida útil califica como muy bueno, normalmente es un pavimento de color negro bituminoso y de textura suave y pegajosa, es agradable viajar por esta vía.
3-4	bueno	La carpeta asfáltica a este nivel aún conserva la textura suave, pero por el paso del tiempo cambia su color intenso aun color más opaco y las huellas de la rodadura se pronuncian veteado.

2-3	regular	A este nivel el pavimento empieza sufrir fatiga, fisuras empieza fallar, le aparecen baches, normalmente ocho de las fallas se torna más pronunciado catalogados por PCI
1-2	Malo	El pavimento con el calificativo malo ya presenta problemas en la velocidad vehicular de transitabilidad las fallas se muestran muy pronunciado los conductores tienen que esquivar el paso y eso hace que transitar es una molestia para el usuario y perjudica económicamente a los ciudadanos que ocupan este tipo de vía los sacudones malogra el vehículo
0-1	muy malo	El calificativo malo del pavimento flexible simplemente ya no es ni agradable, ni servicial ni en la velocidad es polvoriento simplemente necesita de una reconstrucción

Fuente: elaboración propia

#### 1.3.4.5. Calidad de transitabilidad

El indicador mide la magnitud proporcional de acuerdo a la población urbana, se califica la infraestructura de transitabilidad de forma adecuada, sobre pistas y veredas. Las vías construidas deberían de reducir el tráfico vehicular y de contaminar el aire, que generan daños respiratorios a la salud de los habitantes y transeúntes, también debe de influir en la revalorización de las inversiones privadas y públicas del entorno. Las vías deben ser diseñadas para una buena transitabilidad peatonal y vehicular, vale decir se reduciría los casos de accidentes peatonales. (Alberto, 2018 p. 1,4)

En estos últimos años las vías de tránsito sufren incremento vehículos está sobrepasando su capacidad de diseño de las vías y es fácil de identificar es estado.

Con la inspección visual se define el estado del pavimento y la Transitabilidad de la vía, de acuerdo a la apreciación de la superficie de rodadura, obras de arte la velocidad de recorrido, se califica la misma en: Buena, Regular y Mala según (Manayay Rivas, y otros, 2018 pág. 39)

**Tabla 8.** Descripción de la calidad transitable vial

Código	Nivel de calificación	Descripción
B	Bueno	El nivel de deterioro del pavimento en vías de tránsito no debe exceder el 10% de fallas evaluadas, quiere decir signos de desperfecto superficial, expresando mínimas distorsiones con huellas/hundimientos < 5 cm., la vía debe estar efectuada con señalizaciones; los servicios de drenaje (cuneta, alcantarillas, badenes) y obras de arte (puente, pontones), no deben estar entumecidas deben estar en un buen estado de funcionamiento.
R	Regular	A este nivel la avería debe estar al 10% pero no debe superar al 30% de la vía calculada, quiere decir la falla superficial presenta imperfecciones, huellas/hundimientos entre 5 cm y 10 cm. los baches (huecos) identificados pueden ser repararse por una capa de material compatible, ya no cuentan con señalizaciones, ni servicios de drenaje (cuneta, alcantarillas, badenes) limpias están obstruidas y los trabajos de arte (puente, pontones), deben estar de bueno a regular.
M	Malo	La carpeta asfáltica en esta condición tiene averías severas al 30% de la vía es decir signos de deterioros en huellas/hundimientos con fondos > 10 cm, identificándose baches (huecos) que demandan una reconstrucción; no existe señalizaciones, las cunetas y alcantarillas se encuentran obstruidas de materiales; los puentes, pontones, muros de contención y badenes está en mal estado.

Fuente: elaboración propia

#### 1.3.4.6. Niveles de tránsito

**NT1:** Nivel de tránsito uno. Corresponde a vías en las que el tránsito de diseño de las obras por construir es inferior a  $0.5 \times 10^6$  ejes equivalentes de 80 KN en carril de diseño.

**NT2:** Nivel de tránsito dos. Corresponde a vías en las que el tránsito de diseño de las obras por construir oscila entre  $0.5 \times 10^6$  y  $5.0 \times 10^6$  ejes equivalentes de 80 KN en carril de diseño.

**NT3:** Nivel de tránsito tres. Corresponde a vías en las que el tránsito de diseño de las obras por construir es superior a  $5.0 \times 10^6$  ejes equivalentes de 80 KN en carril de diseño

### **1.3.5. Flujo vehicular**

El tránsito de vehículos (también mencionado tráfico vehicular, o meramente tráfico) se considera como fenómeno al flujo de vehículos en las vías, en las calles o en autopista. Antes de cualquier proyecto geométrico de una vía se deben proyectar las características del tránsito que ocupara esa vía o calle (HCM, 2000, p.1)

#### **1.3.5.1. Velocidad**

La velocidad varía de un tramo a otros en una vía depende de los vehículos. Cuando se ensaya la velocidad de un solo vehículo, se nota que esta no permanece de forma constante aun que el conductor procure conservar una velocidad fija por los peligros de los cruces intersección de vías (Gonzales, 2014 p. 6). Existen diferentes tipos de velocidad:

- **Velocidad instantánea**

la velocidad instantánea admite conocer de un vehículo que se traslada sobre una vía cuando el período de tiempo es considerablemente pequeño, siendo entonces el lugar recorrido también es muy pequeño, simbolizando un punto de trayecto. La velocidad instantánea es siempre se da tangente a la trayectoria.

- **Velocidad de recorrido**

Es el cociente entre la distancia que se recorrió en un tramo definido y el tiempo que pasa desde el instante que el vehículo inicia el desplazamiento hasta que llega al punto de su destino, incluyendo las posibles demoras y retrasos por el tráfico.

- **Velocidad media temporal**

La Velocidad considerado media temporal es denominado de todos los vehículos que transitan por una superficie fijo de vía en un corto periodo de tiempo.

#### **1.3.5.2. Volumen De Transito**

El volumen de tránsito vehicular se define de acuerdo a la cantidad de vehículos que pasan en un momento por un punto durante un determinado tiempo. La unidad para definir volumen es simplemente “la cantidad de vehículos” o “vehículos por unidad de tiempo”. El intervalo de tiempo para el volumen de vehículos es un día, descrito como

cantidad de vehículos por día. El volumen diario continuamente es utilizado como plataforma para la proyección de vías.

Para analizar la operación del paso vehicular, se usan como volumen por hora, ya que el volumen varía formidablemente durante el curso de las 24 horas del día. El volumen de hora más alto es llamado “hora pico” (HP), y también llamado hora de máxima demanda (HMD).

### 1.3.5.3. La densidad

La densidad se denomina la cantidad de vehículos que domina cierta longitud de una vía o carril, habitualmente se expresa como vehículos por kilómetro (veh/km). La densidad se calcula, así como se expresa en la Ecuación 1.2-3:

**Ecuación 1.2-3**

$$D = \frac{v}{S}$$

**Dónde**

V = Razón De Flujo (Veh P/H)

S = Velocidad Promedio De Viaje (Km/H)

D = Densidad (Veh.P/Km/Carril)

La densidad posiblemente es el parámetro más significativo en el tránsito, porque es la medida más relacionada directamente con la demanda de tránsito. Tipos de Vehículos

El modo de agrupar vehículos involucra para distribuir mejor en los carriles por cada sentido. Los Conductores están acostumbrados por la frecuencia que circulan con el menor esfuerzo en el uso de las vías se clasifican de la siguiente manera.

- **Motocicletas:**

Son vehículos considerados livianos de bajo volumen que transita por la vía sin ocupar mucho espacio diseñado máximo para acarrear 2 personas de tránsito rápido

- **Vehículos ligeros:**

Los vehículos ligeros normalmente son de uso netamente particular están diseñadas con más de cuatro ruedas para el contacto con el pavimento son vehículos de vehículos que

recorren alto km en pista abierto pero las zonas urbanas también hacen tráfico por la cantidad de unidades que existen.

- **Vehículo pesado:**

Los vehículos pesados son de mayor volumen en su estructura afectan el tránsito vehicular ocupando mucho espacio sin embargo su peso es necesario porque se encargan de distribuir o trasladar paquetes de mayor volumen es el sostén de la población cuanto a la logística ellos no pueden mantener su velocidad constante ya que obstaculizan su paso los vehículos de menor volumen por ello generan y ocupan mayor vía.

### **1.3.6. Parámetros físicos de la vía**

#### **1.3.6.1. Calzada**

Se llama calzada a la sección de vía que se encuentra entre dos veredas (también conocidas como aceras). Por lo tanto se puede decir que la calzada es un espacio por donde transitan los vehículos, pero las veredas o aceras son espacios diseñados que ceden la circulación de peatones. Cuando no se respeta o se diferencia el significado de la señalización o reconoces el significado de cada espacio y su uso al momento de usar se producen problemas y pasan accidentes tanto de vehículos, persona o animales por ejemplo de detalla un tipo de accidente noticiero “El automóvil salió de la calzada y subió a la acera, donde embistió a cuatro personas” (merino, y otros, 2018)

#### **1.3.6.2. Berma**

Borde en forma longitudinal, que se encuentra colindante a la calzada o a uno de los últimos carriles de la vía, que sirve de aislamiento a la carpeta asfáltica y se utiliza espacio reservada para aparcamiento de vehículos cuando ocurra una incidencia. El acabado de la superficie de la berma puede ser de cualquier tipo de material, (bombeo o peralte) es igual a la superficie del asfalto o calzada, de acuerdo el expediente técnico, está compuesta por materiales similares a la capa de rodadura. En las pistas de alto tránsito se diseñan con bermas exteriores e interiores en cada calzada, en vías de una sola calzada el ancho debe de ser el mismo tamaño, las bermas optimizan las condiciones de funcionalidad del tráfico y la seguridad; las bermas adicionalmente también proporcionan otras funciones así como defensa al pavimento y a las capas inferiores de dicha estructura, detenciones de velocidad vehicular ocasionales cuando se salga de la calzada, sirve como

un espacio de seguridad para maniobran de emergencia. Las bermas tendrán una pendiente establecida de 4% hacia la superficie de la plataforma.

- La berma ubicada encima del peralte, en lo posible habrá, una inclinación al sentido contrario al peralte igual de 4%, de modo que escurra agua hacia la canaleta de cemento. (MTC, 2018 pág. 192)

### **1.3.6.3. Bombeo**

La tangente de los tramos en las curvas es inclinada a contra de la velocidad, las calzadas deben de tener una pendiente transversal mínima designada como bombeo, con la finalidad de escurrir las aguas de la superficie de la carpeta asfáltica, teniendo en cuenta el tipo de zonas de rodadura y la precipitación atmosférica.

El bombeo se da de diferentes formas, dependiendo del tipo de vía y ver lo más conveniente de evacuar apropiadamente las aguas, entre las que se indican es:

- **El bombeo de dos aguas** cuya pendiente empieza del centro de la calzada hacia los bordes.
- **El bombeo de una sola agua**

Este bombeo se caracteriza por un lado de las calzadas está por encima del otro. Este medio es una manera de solucionar las pendientes transversales promedio 8% en zonas de precipitaciones en casos especiales (MTC, 2018p. 195,196)

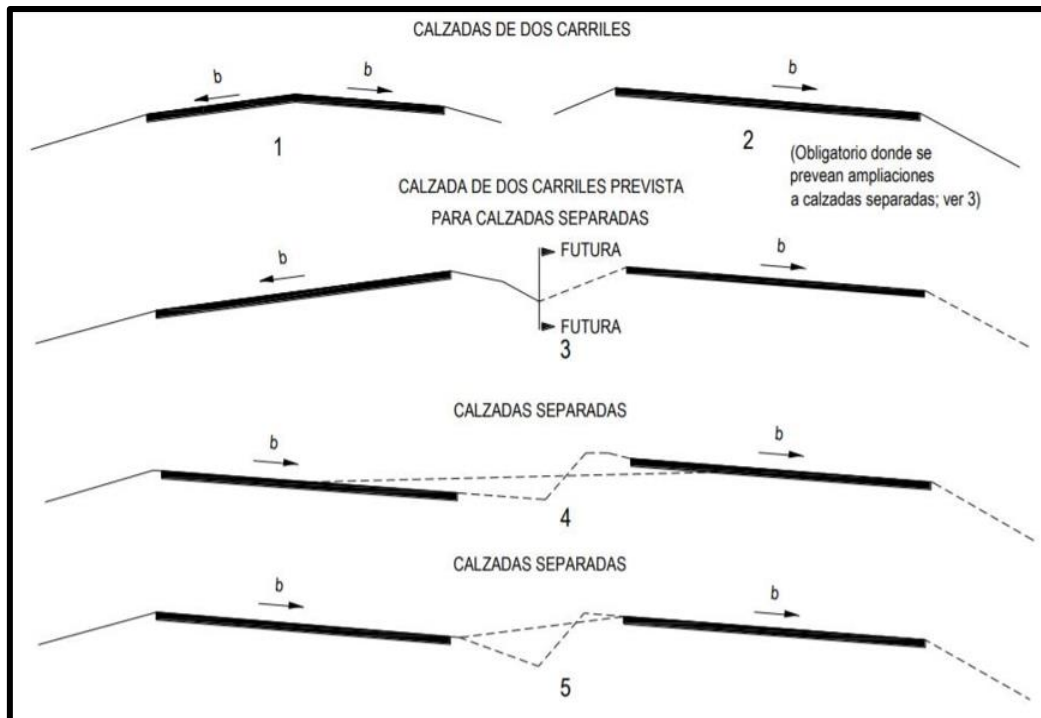


Figura 4. Tipo de calzadas bombeo MTC (2016)

Fuente: MTC

#### 1.3.6.4. Señalizaciones

Se implementa mecanismos de vigilancia para el tráfico, se formalizará de acuerdo al estudio de ingeniería vial que debe efectuarse para diferentes casos, todo debe de estar contemplado, la clase de vía, el uso del suelo de la porción adyacente, las características del diseño acorde al Manual de vías MTC: Diseño Geométrico (DG vigente), caracterización de acción, las situaciones ambientales, en paralelismo con las normas técnicas de tránsito a consideración. (Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y (Manayay Rivas, y otros, 2018 p. 36)

#### • Generalidades

Para contar con la efectividad de un aparato de registro de tránsito es preciso cumplir con las siguientes condiciones:

- ✓ Que coexista una necesidad para su manejo.
- ✓ Que llame efectivamente la atención.
- ✓ Que recluya un mensaje bien definido y breve.
- ✓ Que la instalación admita al beneficiario un tiempo correcto de reacción y respuesta.
- ✓ Impulsar obediencia y respeto
- ✓ Semejanza.



### 1.3.6.4.1. Clasificación de señalización

#### a) Señales reguladoras

La finalidad de estos dispositivos es notificar a los usuarios cuando transitan por la vía, que se interprete las prioridades, prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes, al usar las vías. Al no respetar se considere una falta que puede conducir a un delito. Las señales se clasifican en señales de: prioridad, prohibición, restricción, obligación y autorización como se detalla en la **figura 5**.



Figura 5. Señalización para el control de tránsito en vías y veredas MTC (2016)

Fuente: MTC

#### b) Señales de prevención:

Las señalizaciones es indicar a los beneficiarios sobre la existencia naturalmente los riesgos y/o situaciones inesperadas que se puede presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Las señalizaciones se clasifican teniendo en cuenta lo Siguiete factores **figura 6**:

- Caracterización geométrica de la vía:
- Caracterización superficial de rodadura
- Limitaciones físicas de la vía
- Encuentros con otras vías
- Caracterización operativa de la vía
- Incidencias y condiciones similares

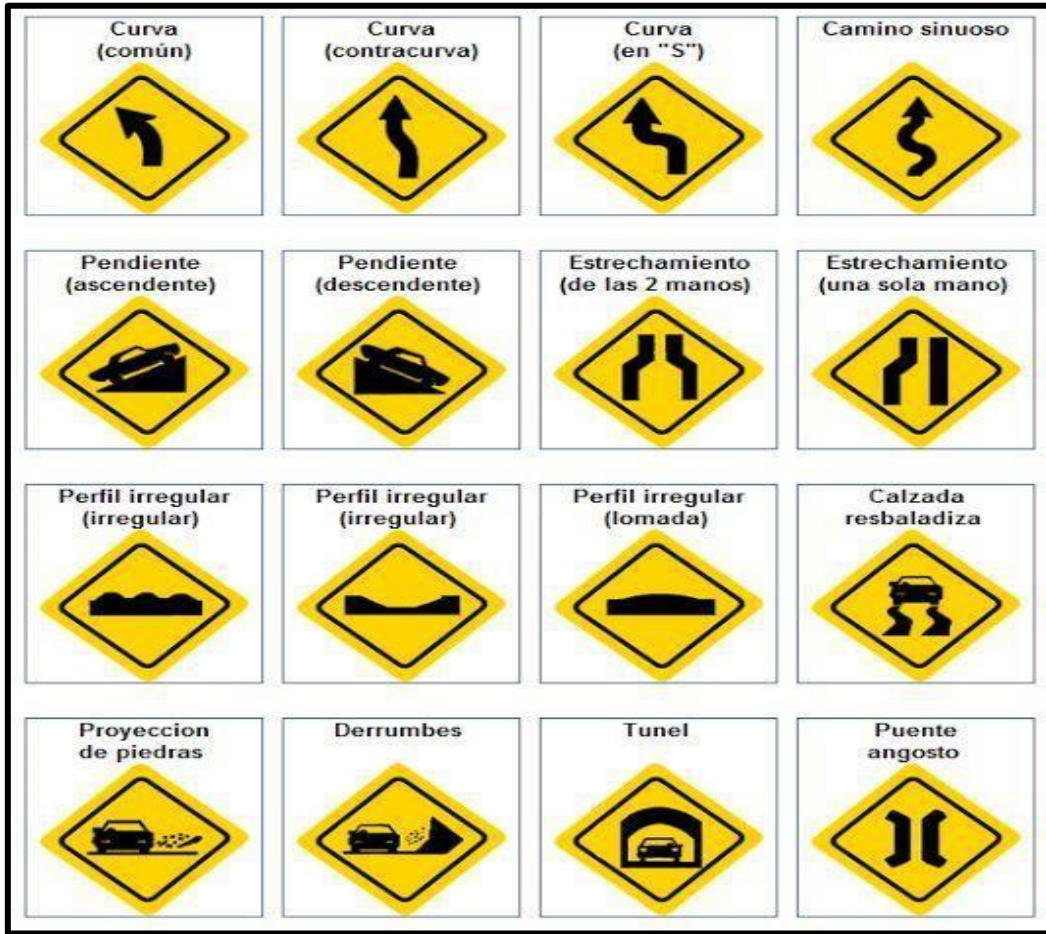


Figura 6. Símbolos de prevención para el control de tránsito en vías y veredas MTC (2016)

Fuente: MTC

## 1.4. Formulación del problema

### 1.4.1. Problema general

- ✓ ¿La evaluación deflectométrica, en pavimento flexible permitirá determinar, la condición, índice de serviciabilidad en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela?

### 1.4.2. Problemas específicos.

- ✓ ¿Cómo la evaluación estructural del pavimento permite examinar el diseño del pavimento flexible en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela?
- ✓ ¿La evaluación deflectométrica permite determinar la condición del pavimento flexible en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela?
- ✓ ¿La evaluación deflectométrica permite calcular el índice de serviciabilidad en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela?

## 1.5. Justificación del estudio

El estudio de las fallas nos permitió visualizar fundamentalmente las relaciones implícitas que exististe entre las fallas del pavimento y las vías de alto tránsito, la metodología nos permite identificar y caracterizar mediante un proceso sistemático y científico, para ello se cumplió los siguientes fundamentos:

- **En cuanto a la práctica:** la investigación nos permitió valorar el estado actual de los daños potenciales del pavimento, logrando especificar las posibles fallas del pavimento flexible en vías de alto tránsito
- **En cuanto a la metodología:** la investigación conserva la parte metodológica para estudiar el pavimento con el Deflectómetro de impacto, Así determina la condición, índice de serviciabilidad en vías de alto tránsito.
- **En cuanto a la sociedad:** Nos Permitted mejorar el servicio de transporte terrestre reduciendo los costos de operación en el traslado de habitantes y cargas pesadas a diferentes lugares del Perú

## **1.6.Hipótesis.**

### **1.6.1. Hipótesis general.**

- ✓ Si se realiza la evaluación deflectométrica, en pavimentos flexibles se determinará, la condición índice de serviciabilidad en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela.

### **1.6.2. Hipótesis específica.**

- ✓ La evaluación deflectométrica permitirá examinar las condiciones de diseño del pavimento flexible en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela.
- ✓ Si se realiza la evaluación deflectométrico se determinará la condición del pavimento en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela
- ✓ Si se realiza la evaluación deflectométrico permitirá calcular el índice de serviciabilidad del pavimento en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela.

## **1.7.Objetivos.**

### **1.7.1. Objetivo general.**

- ✓ Determinar la condición, índice de serviciabilidad en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela, a través de la evaluación deflectométrica

### **1.7.2. Objetivos específicos.**

- ✓ examinar el diseño del pavimento flexible en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela a través de la evaluación deflectométrica
- ✓ Determinar la condición del pavimento en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela a través de la evaluación deflectométrica.
- ✓ Calcular el índice de serviciabilidad del pavimento flexible en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela, a través de la evaluación deflectométrica

## **II. METODOLOGÍA**

## **2.1. Diseño de la investigación**

Generalmente el diseño busca alegar tres situaciones, dificultades trazados objetivos, hipótesis como afirma (Hernández Sampieri, y otros, 2010 pág. 149) Puntualiza a la investigación no experimental” se precisa en la averiguación no se maniobran las variables, lo que se proyecta hacer es confinar a observar los hechos y examinar los datos”

Esta investigación es **No experimental**, es por lo que no se manipulara variables, para observar su procedimiento, solo se limitara a observar y acopiar datos sin trastornar.

### **2.1.1. Enfoque de la investigación**

El investigador por enfoque tiene la perspectiva, de confrontar la ciencia con los fenómenos naturales con el propósito de obtener un fin. (Gallardo Echenique, 2017 pág. 21).

El **enfoque cuantitativo** es aquel ejemplo que se caracteriza por sostener el hipótesis y sus deducciones en valores que se obtengan medir como nos indica (Palella Stracuzzi, y otros, 2012 pág. 40) aseveran. Se define por que se respalda el valor numérico, si el fenómeno no se puede evaluar y repetir no es de una fuente confiable por eso lo toma como privilegio el dato de su argumentación.

Esta investigación analiza los datos de forma cuantitativa, porque recolecta datos de observación directa sobre los fenómenos ocurridos de los cuales se tomaron para la investigación datos sobre fallas por intermedio de ensayos del lugar de afectación para probar la hipótesis de forma numérica

### **2.1.2. Nivel investigación**

Según (Hernández, 2014, págs. 2-95)” los estudios descriptivos se basan en la recopilación de información y los explicativos buscan a dar entender por qué ocurre un determinado fenómeno”

Según los alcances presentados en la investigación que se va a realizar la investigación será descriptivo y a las ves explicativas, se conseguirá información del estado actual datos d deflexión en la av. Venezuela en cercado de lima

### 2.1.3. Método de investigación

El método es científica es porque actúan sobre ella varios conjunto de procesos sistematizados, el hipótesis es un dispositivo más significativo, Como lo determina (Rodriguez Moguel, 2005 págs. 26-27)

Como lo mencionado anteriormente, la investigación que se realiza es de Método **científico**, por lo que utiliza una serie de técnicas secuenciadas de esa manera planea y resuelve dificultades se prueba la validez de la hipótesis con la finalidad de expresar las diferencias de los fenómenos así crear distintos conocimientos.

### 2.1.4. Tipo de investigación

- **De acuerdo a la orientación**

Esta investigación se dice Aplicada por que sobrelleva a resolver dificultades existentes.

Según (Narvaes, 2009, pág.20) se experimenta problemas determinados, en situaciones concretas es de aplicación inmediata y no se desarrollan nuevas teorías

En este análisis presentado como averiguación se tiene una investigación **aplicada**; pues, se realizan estudios de evaluación deflectométrica en pavimento flexible en vías de alto tránsito

- **De acuerdo a la técnica de contrastación**

La investigación fue considerada de Nivel Explicativo, ya que se establecen los orígenes de los fenómenos creando un sentido de alcances y también se dice que son intensamente ordenados. Por otro lado, agrupan a la definición de los hechos que suceden con los fenómenos a estudiar y se conciernen dos o más variables en la pesquisa. Según (Hernández Sampieri, y otros, 2010 pág. 83 y 85)

- **De acuerdo direccionalidad**

De acuerdo a direccionalidad es Retrospectiva, se dice que se tiene en cuenta un desarrollo de un trabajo que fue realizado en el pasado. (Pérez, porto 2016)

- **De acuerdo con el tipo de fuente de recolección de datos**

Prolectiva, se dice cuando se obtiene datos una vez de forma simultánea de la misma forma los resultados. (Talavera, 2016).

- **De acuerdo con la evolución del fenómeno estudiado**

La muestra se puede tomar a través del tiempo para poder determinar los cambios a través de este, para poder examinar la influencia y su analogía entre las variables. Lo Menciona (Hernández Sampieri, y otros, 2010 pág. 151)

Es **Longitudinal** por lo que se tiene que tomar la muestra, mínimo dos veces en un lugar y momento específico con el objetivo de analizar y ver su comportamiento ha evolucionado en el tiempo. Para el caso del presente proyecto de investigación en comprobar las variaciones de la estructura con respecto al cambio de sección que este presenta por los factores mencionados anterior mente.

- **De acuerdo a la comparación de las poblaciones**

La investigación descriptiva se clasifica es porque al estudiar permiten detallar los sucesos del momento es decir se pronuncia determinando los fenómenos y luego busca propiedades importantes de las personas de comunidades es decir de cualquier fenómeno que se pueda analizar lo menciona (Sampieri 1998, Pag.60)

## **2.2. Operacionalización de Variables**

No siempre se requieren una definición conceptual se indica en el reporte de investigación, es relativa y compartida. Normalmente el mismo título de variable lo menciona (Hernández 2010 pág., 113), la operacionalización de variables se muestra en la **tabla 9**.

### **V1: Variable dependiente**

Evaluación deflectométrica en pavimento flexible

### **V2: Variable Independiente**

Vías de alto transito



**Tabla 9. Operacionalización de variables**

<b>MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</b>				
<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>
<b>Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles</b>	La evaluación deflectométrica del pavimento, consiste en comprobar la resistencia a la flexión y la capacidad de la portante de la estructura puede ser de tipo flexible, semirrígido y rígido.	Nos permite la evaluación del pavimento de tal forma que nos conlleva a resolver las causas que origina el mal estado de la estructura.	Diseño Del Pavimento (existente)	Expediente técnico.
			Condición de pavimento	evaluación de falla superficial del pavimento Evaluación estructural con geo radar
			Índice de serviciabilidad	Evaluación deflectométrica calificación de la serviciabilidad Calidad de transitabilidad
<b>Vías de alto tránsito</b>	Circunstancias causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista. Bien pueden ser ocupados como Peatón, Pasajero o Conductor, a fin de usar correctamente la vía pública	Vías con gran magnitud de sobrecarga vehicular.	flujo vehicular	La velocidad El volumen de tránsito. La densidad
			Tipo de vehículo	Vehículo ligero Vehículo pesado Vehículos especiales
			parámetros físicos de la vía	calzada bermas bombeo señalización

Fuente: elaboración propia

## **2.3. Población y muestra**

### **2.3.1. Población**

Para el siguiente proyecto de investigación la población es conformada por toda la carpeta asfáltica Av. Venezuela del Distrito de Cercado de Lima, y Del distrito de Bellavista.

Según (Hernandez Sampieri, y otros, 2010 pág. 174) establece que la población debe darse en torno a los tipos de contenido del lugar y tiempo.

### **2.3.2. Muestra**

El tamaño de la muestra está conformado por la carpeta asfáltica que consta de un tramo de 2362 m de la Av. Venezuela, el cual se detalla en el **anexo 4**.

Esta muestra es, no probabilístico de selección intencional por ser conveniente económicamente y necesario para la investigación.

Ya que la muestra no probabilística son subgrupos de población que opta resúmenes que no necesariamente dependen de la posibilidad, sino que depende de las peculiaridades de la indagación.

(Hernandez Sampieri, y otros, 2010 pág. 173) Conceptualizan el modelo es designado como un subgrupo de población; la muestra es considera una parte de la población, el motivo de esta investigación es estudiar sus tipologías y las propiedades de la población.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.**

La técnica que se utilizara en la investigación se opta por la observación directa de los hechos de estudios, también se realizaran consultas documentales.

Según (Del Cid, y otros, 2011) manifiesta que la técnica que se emplea nos sugiere aproximarnos al diseño de estudio y ver lo que ocurre en la exploración.

- **Técnica del muestreo.**

Se emplearon las siguientes técnicas de muestreo para la investigación:

- **Observación directa:** Se realizaron inspecciones a la carpeta asfáltica de la Av. Venezuela ubicado en el Distrito de Cercado de Lima. Con la finalidad de identificar los elementos a trabajar.

- **Libros de texto:** Los textos que se emplearon son especializados en cuanto a la investigación.

Se empleó un muestreo intencional, debido a que el objeto de estudio se eligió de manera directa e intencionalmente.

- **Instrumento.**

El instrumento para la investigación se da mediante una ficha técnica, con lo que será expresado por el mismo investigador.

Según (Del Cid, y otros, 2011 pág. 112) menciona la ficha técnica sirve para recolección de datos son principios de información documental.

El instrumento de recolección de datos para ser confiable será firmado por tres profesionales expertos en el tema para ello se recurre a la firma de ingenieros civiles

- **Validación.**

El instrumento utilizado para la investigación nos permite recolectar datos que será sometido a juicio de expertos, validando con firmas de autorización los instrumentos será evaluado por tres Ingenieros Civiles expertos del tema de investigación.

- **Confiabilidad**

Se define “que la confiabilidad como una manera de medición, está formado por los valores de medición y también los errores de medición Los instrumentos deben de ser confiables porque si no afectarían su validación (Argibay, 2006, pag.1720) los certificados de investigación se deberían constatar la fuente.

## **2.5.Método de Análisis de Datos**

En caso de averiguación documental y bibliográfica el análisis primordial consiste en descomponer o apartar investigaciones en opiniones primordiales y secundarias, con el fin de convertir o descifrar el significado de las mismas, e identificar vínculos e implantaciones.

Si fuera el caso de estudios cualitativos, concretamente en las entrevistas de profundidad, se contrarrestan condiciones o grupos de conocimientos relevantes para la investigación, con el objetivo de comprender, interpretar, reconstruir y reflexionar acerca de las experiencias e historias de los informadores (Arias, 2012 pág. 129)

Por otra parte, la investigación de campo determina un enfoque cuantitativo nos proporciona informaciones, cuando el objetivo de describir ciertas tipologías de un grupo mediante la aplicación de un cuestionario, el estudio estadístico más primordial permanece en la elaboración de una tabla de frecuencias absolutas y relativas o porcentajes, para luego formar un gráfico a partir de dicha tabla

## **2.6. Aspectos éticos**

En la siguiente averiguación se procura tener en cuenta la autenticidad de los resultados; además se respetará la pertenencia intelectual de cada autor, será respetado por las ideologías religiosas, políticas y la moral, se respetará el medio ambiente y la biodiversidad, el compromiso social, política, jurídica y ética, se reverenciara la reserva y se protegerá la identidad de los personajes que participen en la exploración.

### **III. RESULTADOS**

### 3.1.Descripción Del Proyecto en estudio

#### 3.1.1. Situación Geográfica y Entorno

- La situación geográfica del proyecto en estudio se puntualiza en la **tabla 10**.

**Tabla 10.** Ubicación del proyecto

<b>Ubicación geográfica del proyecto en estudio</b>			
Departamento:	Lima	Distrito:	Cercado de lima y bellavista
Provincia:	Lima	Dirección:	Avenida República De Venezuela
<b>Población de estudio consta con una longitud de 8,458 km de vía</b>			
Inicia:	Av. Elmer Faucett	Finaliza:	Av. Alfonso Ugarte
Altitud:	76 m.s.n.m	Altitud:	114 m.s.n.m
Latitud:	12°03'36"s	Latitud:	12°03'20"s
Longitud:	77° 04'44.00"w	Longitud:	77° 03'27"w
<b>Muestra de la investigación: consta con una longitud de 2,362 km de vía</b>			
Inicia;	En La Av. Universitaria	Finaliza:	En La Av. Tingo María
Altitud:	76 m.s.n.m	Altitud:	114 m.s.n.m
Latitud:	12°03'36"s	Latitud:	12°03'20"s
Longitud:	77° 04'44.00"w	Longitud:	77° 03'27"w

Fuente: Elaboración propia

#### 3.1.2. Ubicación geográfica del estudio

La población y la muestra del proyecto de investigación se ubica en el distrito de cercado de Lima se Incorpora el mapa al Anexo 4.

## **3.2. Recolección de datos de la muestra**

### **3.2.1. Datos del expediente técnico**

Los trabajos de campo realizados están formulados por intermedio de excavaciones de **1.50 m.** de profundidad, las cuales en cada punto se sitúan en un espacio aproximadamente de **250 m.** de longitud, inspeccionando los perfiles estratigráficos (ASTM D-2487) las muestras relativas que fueron examinadas, lo cual ha permitido conocer la geología de toda la ruta dentro de la profundidad averiguada.

El suelo está conformado en 2 tipologías de estratos, suelos gravosos y suelos finos. Los suelos granulares se encontraron con gravas de forma subredondeadas A-1-a (0) y A-2-4(0) (GP, GP-GM Y SM) y los suelos finos se clasificaron como: A-4 (0) (ML). El valor de IP para los suelos granulares es NP, para el tipo de suelo fino varía de 1.25% – 2.33%. Se ha determinado el valor de CBR de los suelos más críticos que varía de 3.24% a 8.8% en promedio muestra un CBR de 7.0%.

Para los fines de estudio de la falla del pavimento se empleó la metodología PCI – AASHTO o de Índice de Condición del Pavimento (PCI).

El pavimento fue diseñado por la técnica de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), versión 1993, que constituye que la estructura de un asfalto debe satisfacer un determinado Número de Estructuras, la cual se computa en función de:

El comercio que pasará por la vía, durante varios años (período de diseño). La firmeza del suelo que resistirá el asfalto; y los niveles de serviciabilidad ansiados para la vía, tanto al inicio como al final de su vida útil.

#### **3.2.1.1. Diseño del pavimento flexible**

El diseño del pavimento tipo flexible se considerará con el uso de los siguientes materiales, proporcionados el coeficiente estructural de acuerdo a la propiedad de los materiales a utilizar:

- El Concreto de asfalto, su coeficiente estructural es igual a 0.42/pulgada.
- Base granular, tiene un coeficiente estructural de coeficiente igual a 0.135/pulgada, un coeficiente de drenaje de 1.3%.

- Sub-base granular, la estructural se diseña con un coeficiente igual a 0.12/pulgada, un coeficiente de drenaje de 1.3. %

De acuerdo a las tipologías e calidad de la vía, se encomienda los siguientes valores para las medidas de diseño, lo diseños siempre se realiza para un período de 20 años, como se aprecia en la **Tabla 11**.

**Tabla 11.** Parámetros de diseño

Parámetros de diseño	20 años
Nivel de Confiabilidad ( $F_R$ )	95%
Standard Normal Deviate ( $Z_R$ )	-1.645
Standard Deviation ( $S_o$ )	0.45
Serviciabilidad inicial ( $p_i$ )	4.2
Serviciabilidad final ( $p_f$ )	2.5

Fuente: Expediente Técnico del Proyecto

Se determinó el número estructural del pavimento mediante un programa de cálculo AASHTO 1993, que se aprecia en la **Tabla 12**.

**Tabla 12.** Capas del pavimento

Conformación de la Estructura del pavimento	Espesores De Las Capas Del Pavimento( cm)	
	AV. R. DE VENEZUELA Carril (rampas)	AV. R. VENEZUELA Carril Lateral



Segunda capa asfáltica	7.5	7.5
Primera capa asfáltica	7.5	7.5
Base granular	25	25
Subbase	30	30

Fuente: Expediente Técnico del Proyecto

En resumen, el espesor de la estructura del pavimento es de 70 cm. para las dos pistas de la Avenida R. Venezuela que incluye 15 cm.

### 3.2.1.2.El flujo vehicular

- En hora punta obtenida del estudio del expediente técnico del conteo vehicular se muestra en la **tabla 13**.

**Tabla 13.** Flujo vehicular de hora punta en la mañana diseño

<b>Conteo Vehicular en la Av. Rep. De Venezuela (Sentido Este- Oeste)</b>	
Hora Punta De La Mañana	2,303 vehículos, ( 7:15 a 8:15 horas)
Hora Punta De La Tarde	3,136 vehículos, (18:15 a 19:15 horas)
<b>Distribución Vehicular</b>	
Autos y camionetas	58.0 %
Combis y ómnibus	28.3 %
Camiones	12.9 %

Fuente: Expediente técnico.

- Los datos En hora punta obtenida del estudio del expediente técnico del conteo vehicular de sentido este a oeste se muestra en la **tabla 14**.

**Tabla 14.** Flujo vehicular de hora punta de la tarde diseño

**Conteo Vehicular en la Av. Rep. De Venezuela (Sentido Oeste - Este)**

Hora Punta De La Mañana	2,890 vehículos, ( 7:15 a 8:15 horas)
Hora Punta De La Tarde	3,295 vehículos, (18:15 a 19:15 horas)
<b>Distribución Vehicular</b>	
autos y camionetas	71.2%
combis y ómnibus	22.5%
camiones	6.3%

Fuente: Expediente técnico.

### 3.2.1.3. Datos de fallas superficiales del pavimento en campo

Las muestras obtenidas para el siguiente proyecto de investigación se hace una inspección minuciosa visual con la visita In Situ, en el cual se encontraron las siguientes fallas



*Figura 7.* Falla por cocodrilo

Fuente: Elaboracion propia



*Figura 8. Fallas por junta de deflexión*  
Fuente: Elaboración Propia



*Figura 9. Falla por parcheo*  
Fuente: Elaboración propia



Figura 10. *Falla por huecos*

Fuente: elaboración propia



Figura 11. *Falla por grietas longitudinal y vertical*

Fuente: Elaboración propia



Figura 12. Falla por ahuellamiento  
Fuente: Elaboración propia



Figura 13. Falla por depresión

Fuente: elaboracion propia

### 3.2.2. Datos de evaluación estructural del pavimento con georradar en campo

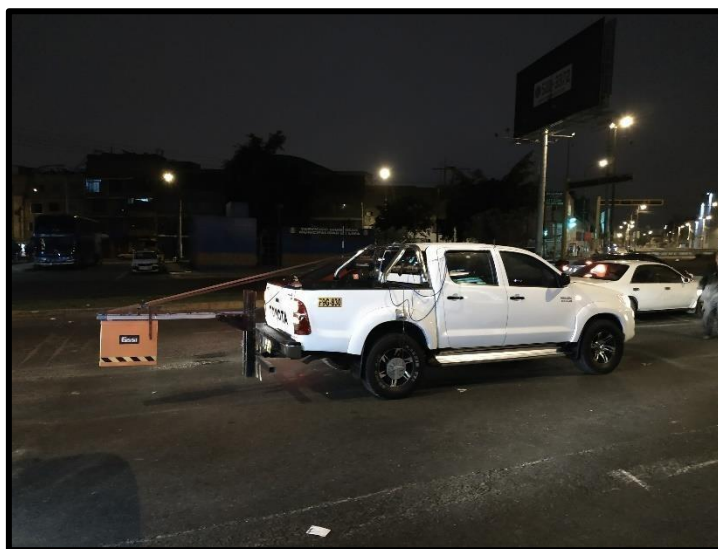
Para determinar el ensayo con georradar, se trasladó el equipo a las coordenadas que se muestran en la siguiente **tabla 12**. Luego se recoge datos para finalmente procesarlas en gabinete y luego emitir los resultados

**Tabla 15.** Coordenadas de Ubicación del Proyecto en estudio

tramo	Estación (m)	Latitud	Longitud	Elevación (m.s.n.m.)
Av. Universitaria	0+000	12° 03' 37.12'' S	77° 04' 44.33'' W	249
Av. Tingo María	2+300	12° 03' 21.78'' S	77° 03' 28.71'' W	372

Fuente: Dynatest 2018

Una vez estando en el campo se instaló el equipo correspondiente en la avenida, como se aprecia en la siguiente **figura 14** la medición se llevó a cabo en la madrugada del 18 de octubre del 2018



*Figura 14.* Ground Penetrating Radar (GPR), GSSI Antena de Alta frecuencia. 2018

Fuente: Dynatest

El ensayo de Georradar permite obtener información del interior de medios de forma indirecta y no destructiva mediante ondas electromagnéticas.

La adquisición de datos fue realizada por un equipo técnico de la **empresa Dynatest** capacitado para realizar este tipo de mediciones.

La técnica usada para realizar este análisis tiene como base la teoría del campo electromagnético de Maxwell, el cual mantiene una relación de las propiedades cuantitativas de los materiales.

El GPR utiliza características de onda del campo electromagnético, la cual depende de la magnitud relativa de la energía perdida (asociado a la conductividad) respecto a la energía almacenada (relacionada con la constante dieléctrica y permeabilidad).

Una vez determinado el punto se procede a instalar el **SIR 20**.

El SIR 20 es un sistema de radar de penetración a tierra multicanal potente y de alta velocidad.

Las principales características externas del SIR 20, **figura 15**, son el mainframe MF-20, la computadora portátil, el escudo de red y el panel de conector de la unidad central, comprendido por el conector de fuente de energía, tiene conector para el DMI, dos conectores para cables de control de antena.



*Figura 15.* SIR Dynatest 2018

Fuente: Dynatest

Con el fin de registrar la distancia recorrida se emplea un odómetro o encoder, el cual va adaptado a un DMI, este encoder mide con precisión la distancia produciendo 2000

pulsaciones por revolución generando una resolución de la distancia del orden de 1mm permitiendo que esta información sea precisa y repetible.

El DMI se instala típicamente en una de las ruedas del vehículo como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.;** el DMI está conformado por un disco de aluminio ranurado que se adapta a muchos patrones comunes de pernos de rueda, un brazo de sujeción plástico que va en posición vertical, una varilla en acero que va orientada en dirección horizontal y en su punta usa 4 imanes para sostener el disco y el brazo. Ver **figura 16**

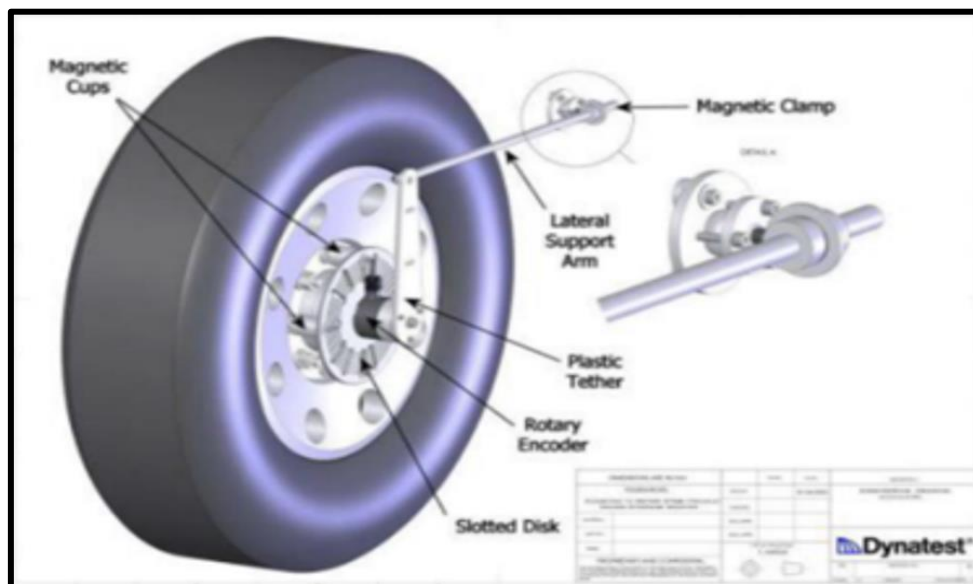


Figura 16. DMI (instrumento de distancia) Dynatest Perú S.A.C. 2018

Fuente: Dynatest

### 3.2.3. Datos de evaluación deflectométrica con (FWD) en campo

Para determinar el ensayo No destructivo de Deflectometría (FWD), se trasladó a las coordenadas que se menciona en la **tabla 13**

El propósito de los ensayos de Deflectometría (FWD) es medir la condición estructural real del pavimento. Las mediciones de FWD se llevaron a cabo en la noche del 17 octubre de 2018 el motivo la Av. Venezuela es una vía de alto transito no se podría obstaculizar el paso vehicular

El origen de la medición para la muestra el FWD utilizado en el tramo: Avenida



Venezuela. La ubicación de los geófonos fue la siguiente: 0 mm, 200 mm, 300 mm, 450 mm, 600 mm, 900 mm, 1200 mm, 1500 mm y 1800 mm tomando como referencia el centro del plato de carga.

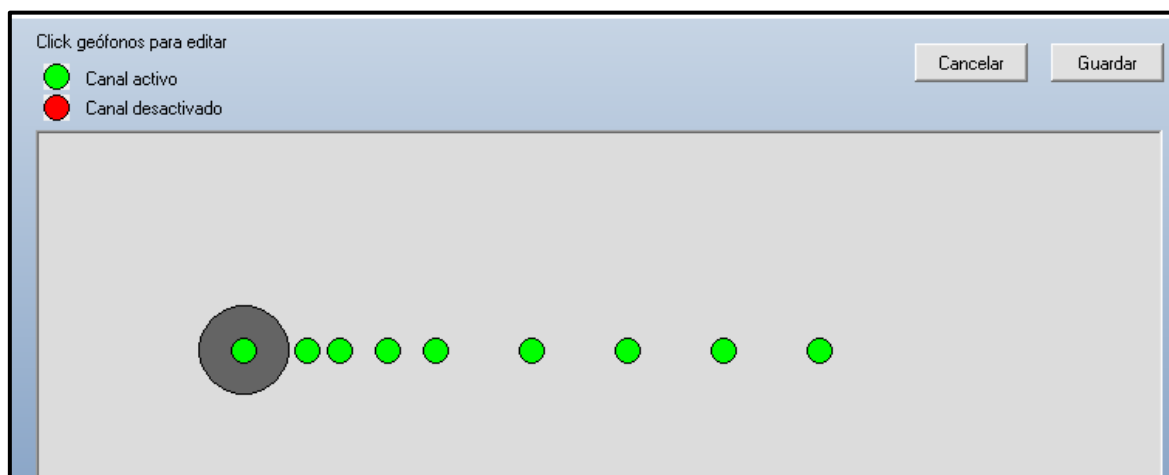


Figura 17. Esquema de ubicación de sensores del equipo FWD, para tomar ensayos.2018

Fuente: Dynatest

Tabla 16. Distancia de sensores respecto al plato de carga

Sensor	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Localización (mm)	0	200	300	450	600	900	1200	1500	1800

Fuente: empresa Dynatest 2018

Para la toma de deflexiones se empleó un deflectómetro pesado, Heavy Weight Deflectometer, modelo (FWD 8082). El equipo FWD es un sistema de ensayo montado en un vehículo de arrastre capaz de aplicar cargas tipo impulso que simulan el paso de una rueda sobre el pavimento. Contiene una configuración de masas que se dejan caer y que combinada con la altura de caída permiten aplicar cargas máximas entre 30 y 240 kilo-Newton (kN), con un sistema de buffers o cojines que mantienen la duración del pulso de carga entre 20 y 30 milisegundos.

Una vez estando en el campo se instaló el equipo correspondiente en la avenida, como se aprecia en la siguiente **figura 18**, durante el ensayo, se hace bajar el plato de carga y una barra con sensores hasta la superficie del pavimento, y automáticamente se levantan y dejan

caer las cargas de ensayo mediante un sistema electro-hidráulico. Un total típico de 7 o 9 sensores (máximo 15, en este caso fueron 9) capturan los valores de deflexión. Estos sensores, llamados geófonos, están ubicados a distancias crecientes desde el centro de plato de carga, con el primero de ellos en el centro del plato y el más alejado típicamente a unos 2 m (en este caso a 1,8 metros) permitiendo obtener un cuenco de deflexiones. La precisión de estos sensores es 2% +/- 2 micrones. El sistema incluye un sistema medidor de distancia para referencia por kilometraje y un sistema de georreferenciación.



*Figura 18.* FWD utilizado en Avenida Venezuela (40 kN). **2018**

Fuente: Dynatest

Así mismo se procede medir la temperatura del pavimento siguiendo la siguiente secuencia; primero se perfora el pavimento a una profundidad de 5cm y de 10 cm respectivamente en promedio como se aprecia en la **Figura 19**, seguidamente se le añade aceite este lubricante sirve como enfriados de temperatura al agujero perforado **Figura 20**, al cual se deja uno 5 segundos y luego introducir el termómetro y en seguida se muestra los valores °c que presenta el pavimento el pavimento, para luego poder medir la temperatura este procedimiento se muestra en la **Figura 21**.



Figura 19. Perforación del pavimento.

Fuente: Elaboración propia



Figura 20. Colocación de aceite al agujero de 5 cm para medir temperatura al pavimento

Fuente: Elaboración propia



Figura 21. Colocación de aceite al agujero de 10 cm para medir la temperatura al pavimento

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.4. Datos de conteo de Flujo vehicular en el campo

Para el estudio de flujo vehicular se referenció, a la tesis que se hizo en el expediente técnico. Por lo tanto, en esta oportunidad se logró contar en horas punta ver figura 22, en estudio se tomó los siguientes datos:

**Tabla 17.** Flujo vehicular del expediente técnico en hora punta mañana-Tarde

Conteo Horas Punta M/T	Cantidad De Vehículos Que Pasan por hora	
Hora Punta De La Mañana	7:15 a 8:15 am	2,909
Hora Punta De La Tarde	18:15 a 19 pm	3,320

Fuente: elaboración propia

Por lo tanto, para el proyecto de investigación se hizo la misma secuencia, vale decir que el estudio de flujo vehicular se realizó en la hora punta de la mañana y en hora punta de la tarde, el cual se detalla en la **tabla 15**.



Figura 22. Conteo de flujo vehicular

Fuente: Elaboración propia

#### 3.2.4.1. Rango de Clasificación

Para poder contrastar según el expediente técnico el rango de clasificación se obtuvo mediante el conteo vehicular el cual también se muestra en la **tabla 31**.

### 3.2.4.2. Determinación de serviciabilidad

Para determinar la serviciabilidad se realizó visita In Situ lo cual consiste en realizar una encuesta a los conductores con el cual se determinará la calidad, seguridad y comodidad que puede brindar al usuario (comportamiento funcional) al momento que recorre esta avenida, ver **figura 37** y la **figura 38**.

### 3.2.4.3. Determinación de Velocidad

Para encontrar y comparar tanto la velocidad de diseño y la velocidad actual, también se realizó una visita In Situ el cual consiste en realizar una encuesta a los transeúntes, el cual se incorpora en la **tabla 31**.

## 3.2.5. Procesamiento de la información

### 3.2.5.1. Diseño del pavimento

Para poder evaluar el proyecto de investigación se tuvo que recurrir al expediente técnico del proyecto, en el cual se obtuvieron los siguientes resultados **tabla. 18**.

**Tabla 18.** Información Requerida del expediente técnico

Descripción	Información necesaria Expediente Técnico
Diseño de Vida útil del Proyecto	20 años
Nivel de Confiabilidad ( $F_R$ )	95%
Standard Normal Deviate ( $Z_R$ )	-1.645
Standard Deviation ( $S_o$ )	0.45
Serviciabilidad inicial ( $p_i$ )	4.5
Serviciabilidad final ( $p_f$ )	3.0
Velocidad promedio de diseño	40km/h
Flujo vehicular por la mañana	2,834 vehículos, ( 7:15 a 8:15 horas)
Flujo vehicular Tarde	3,398 vehículos, (18:15 a 19:15 horas)
camionetas y Autos –mañana	65%
Combis y ómnibus -mañana	27.4%
Camiones-mañana	7.6%
Autos y camionetas-tarde	71%

Combis y ómnibus-tarde	22.5%
Camiones-tarde	6.3%
capa asfáltica	15 cm
Base granular	25.0cm
Subbase granular	30.0cm
La granulometría de suelos son compuestos con gravas de forma subredondeadas:	A -1-a(0) y A-2-4(0) (GP, GP-GM Y SM)
los suelos finos se clasifican en:	A-4(0) (ML)
CBR en promedio	7.00%
PCI	85%-95%, condición excelente

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.5.2. Condición del pavimento

#### 3.2.5.2.1. Evaluación de las fallas del pavimento método PCI

Para desarrollar las fallas de la afectación del pavimento se utilizó el método del PCI, el cual nos establece el siguiente criterio ver **tabla 19**.

**Tabla 19.** Criterio para evaluar el índice de afectación del pavimento

PCI	DENOTACIÓN
85-100	Excelente
70-85	Muy bueno
55-70	Bueno
40-55	Regular
25-49	Malo
10 -25	Muy malo
0 -10%	fallado

Fuente: Elaboración propia

Las fallas Se clasifican según el método del manual (PCI), de acuerdo a la severidad de 1 al 100, se determina un nivel promedio de índice de la Condición de Pavimento de nivel 44, correspondiente a la clasificación de “regular”.

Las fallas recurrentes en esta pista son las siguientes: **tabla 20**

**Tabla 20.** Tipos de fallas y su afectación

FALLAS		CAUSAS	SEVERIDAD	Afectación
Cód.	Tipo			
1	Piel de cocodrilo	La estructura del pavimento sufre fatiga por las cargas repetidas que pasan sobre ella	Bajo a moderada	12.17%
6	Depresión	Debido al acumulación de agua por derrame o filtraciones	Bajo a alta	1.3%
10	Grietas Vertical Y Transversal	El inicio de desgaste de la vía	Baja a moderada	19.56%
11	parqueo	Sucede debido a los cortes reparados por los servicios de tuberías de gas, luz, agua potable y alcantarillado	Bajo y Moderado	17.37%
13	baches	Causado por efectos abrasivos del tránsito sobre pavimentos o fundaciones débiles.	Moderada	2.7%
14	Drenaje	La causas es Debido a las tapas de buzón empieza a resquebrajarse los bordes	Bajo	1.3%
15	Ahuellamiento	Debido a la disgregación del pavimento en la subrasante o por la mala compactación del material de la estructura	bajo	0.8%
7	Grietas de corrimiento	Debido a un corte por movimiento telúrico o por causa de juntas mal compactadas	Leve a moderada	10%

Fuente: Elaboración propia



### 3.2.6. Cálculo y Procedimientos para determinar el PCI

La longitud total de la muestra 2362 metros que corresponde a 23620m<sup>2</sup>, del cual se ha tomado en tres tramos según las fallas que se presenta, así mismo se ha considerado 103 muestras, el cual se obtiene dividiendo la longitud total, entre la longitud de la muestra que se detalla en la **tabla. 21**.

**Tabla 21.** Disgregación de longitud de estudio

Descripción	Medida	Numero de muestras Muestra
Longitud total del estudio	2362m	103 unidades
Tramo 1	1693 m	74 unidades
Tramo 2	251m	18 unidades
Tramo 3	251m	11 unidades
Longitud de cada muestra	23m	
Ancho de calzada promedio	10m	
punto	230m <sup>2</sup>	

Fuente: Elaboración propia

Identificación y caracterización de diferentes tipos de falla en Campo.

Una vez Identificado y caracterizado los diferentes tipos de falla en Campo, se realiza la sumatoria de las mismas. Seguidamente se divide la cantidad total de cada tipo de falla entre el área de la muestra.

Luego se determina la densidad de cada falla, dividiendo el sumatorio total, de tipo de falla entre el área de la muestra.

Seguidamente se halla valor deducido, de la siguiente manera; se identifica el tipo de falla y su porcentaje de densidad con el cual, se va a la tabla de valor deducido en curva de corrección.

EL Cálculo final del PCI se detalla en la **tabla 21**, el valor máximo del PCI es 100, para dicho cálculo se realizó la técnica de muestreo y recolección de las unidades de falla se llevó a cabo mediante el método aleatorio. Se realizó la siguiente fórmula para determinar los valores del PCI:

$$PCI_s = \frac{(N - A) * PCI_r + (A * PCI_a)}{N}$$

Dónde:

PCIs: PCI de la sección del pavimento

PCIr: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias

PCIA: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales

A: número adicionales de unidades de muestreo inspeccionadas

N: Número total de unidades de muestreo en la sección

### 3.2.6.1. Diagnóstico de PCI en los siguientes tramos:

- **Tramo 1**

En la **tabla 22** se modelo el proceso de cálculo de método PCI de primer tramo que consta de km 0+000 hasta el km 1+692 en lo cual se detalla los valores encontrados según las muestras calculadas, se determinó el valor de PCI = 56.20 este valor dado nos indica que el pavimento en este tramo se encuentra en buenas condiciones


- **Tramo 2**

En la **tabla 23** se demuestra mediante cálculo de fallas encontradas en la vía de la Av. Venezuela que consta del km 1+692 hasta el km. 2+111 en ella se indica los valores encontrados de PCI = 33.3 con ella se determina que el tramo mencionado se encuentra en mal estado

- **Tramo 3**


En la **tabla 24** se demuestra la condición del tramo que consta del km 2+111 hasta el km 2+362 los datos procesados confirman el estado que se ve en la superficie del pavimento con un PCI = 44 se denomina como un pavimento de estado regular

Tabla 22. Tipos de fallas según PCI, tramo 1

		UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO									
		VALUACION DE FALLAS SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE									
<b>NOMBRES DE LA VIA:</b>		AV. REPUBLICA DE VENEZUELA									
<b>EVALUADO POR:</b>		WILFREDO ALAMO ACEVEDO									
<b>FECHA:</b>		15/09/2018									
<b>ABSCISA INICIAL:</b>		km 0+000					TRAMO		01-1693m		
<b>ABSCISA FINAL:</b>		km 1+693					AREA DE MUESTRA		230		
<b>TIPO DE FALLAS SEGÚN PCI</b>											
1.- Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>	11.- parches								m <sup>2</sup>	
2.- Exudación	m <sup>2</sup>	12.- Agregados pulidos								m <sup>2</sup>	
3.- Agrietamiento en bloque	m <sup>2</sup>	13.- Baches								Nº	
4.- Elevaciones, hundimientos	m	14.- Acceso puentes, pontones y rejillas de drenaje.								m <sup>2</sup>	
5.- Corrugaciones	m <sup>2</sup>	15.- Ahuellamiento								m <sup>2</sup>	
6.- Depresiones	m <sup>2</sup>	16.- Deformación por empuje								m <sup>2</sup>	
7.- Grietas de borde	m	17.- Grietas de corrimiento								m <sup>2</sup>	
8.- Reflexión de juntas	m	18.- Hinchamiento								m <sup>2</sup>	
9.- Desnivel de calzada	m	19.- Disgregación y desgaste								m <sup>2</sup>	
10.- Grietas long. y transv.	m									m <sup>2</sup>	
<b>FALLAS EXISTENTES</b>											
FALLA	SEVERIAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD %	VD	
		B	M	A							
1		3		1				4	1.74	25	
6		1						1	0.43	9	
8				20				20	8.70	15	
10		150		15				165	71.74	18	
11		10		3				13	5.65	23	
13				0				0	0.00	0	
14		3						3	1.30	12	
								TOTAL	89.57	102	
Número de deducidos > 2 (q) : 2.00											
Valor deducido más alto (HDVi) : 85											
Número admisible de deducidos (mi) :											
<b>CÁLCULO DEL PCI PROMEDIO</b>											
#	Valores Deducidos							TOTAL	q	CDV	
1	25	23	18	15	12	9	102	5	53		
2	25	23	18	15	2	2	85	4	48		
3	25	23	18	2	2	2	72	3	45		
4	25	23	2	2	2	2	56	2	39		
5	25	2	2	2	2	2	35	1	34		
		0	0	0	0	0	0		0		
								MAXIMO CVD		43.80	
								PCI BUENO		56.20	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 23.** Tipos de fallas según PCI, tramo 2

		UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO								
		EVALUACION DE FALLAS SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE								
<b>NOMBRES DE LA VIA:</b>		AV. REPUBLICA DE VENEZUELA								
<b>EVALUADO POR:</b>		WILFREDO ALAMO ACEVEDO								
<b>FECHA:</b>		15/09/2018								
<b>ABSCISA INICIAL:</b>		km 1+693				<b>TRAMO</b>	02-416 m			
<b>ABSCISA FINAL:</b>		km 2+111				<b>ÁREA DE MUESTRA</b>	230			
<b>TIPO DE FALLAS SEGÚN PCI</b>										
1.- Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>	11.- parches						m <sup>2</sup>		
2.- Exudación	m <sup>2</sup>	12.- Agregados pulidos						m <sup>2</sup>		
3.- Agrietamiento en bloques	m <sup>2</sup>	13.- Baches						Nº		
4.- Elevaciones, hundimientos	m	14.- Acceso puentes, pontones y rejillas de drenaje.						m <sup>2</sup>		
5.- Corrugaciones	m <sup>2</sup>	15.- Ahuellamiento						m <sup>2</sup>		
6.- Depresiones	m <sup>2</sup>	16.- Deformación por empuje						m <sup>2</sup>		
7.- Grietas de borde	m	17.- Grietas de corrimiento						m <sup>2</sup>		
8.- Reflexión de juntas	m	18.- Hinchamiento						m <sup>2</sup>		
9.- Desnivel de calzada	m	19.- Disgregación y desgaste						m <sup>2</sup>		
10.- Grietas long. y transv.	m							m <sup>2</sup>		
<b>FALLAS EXISTENTES</b>										
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES					TOTAL	DENSIDAD %	VD	
		B	M	A						
1		20	8				28	12.17	40.5	
6		3					3	1.30	9.3	
8			20				20	8.70	15	
10		30	15				45	19.57	23	
11		25	15				40	17.39	38	
13			1				1	0.43	19	
14		3					3	1.30	20	
<b>TOTAL</b>								<b>60.87</b>	<b>164.8</b>	
Número de deducidos > 2 (q) : 2.00										
Valor deducido más alto (HDVi) : 85										
Número admisible de deducidos (mi) :										
<b>CALCULO DEL PCI PROMEDIO</b>										
#	Valores Deducidos						TOTAL	q	CDV	
1	40.5	38	23	20	19	15	155.5	6	73	
2	40.5	38	23	20	19	2	142.5	5	74	
3	40.5	38	23	20	2	2	125.5	4	70	
4	40.5	38	23	2	2	2	107.5	3	66	
5	40.5	38	2	2	2	2	86.5	2	62	
6	40.5	2	2	2	2	2	50.5	1	52	
							<b>MAXIMO CVD</b>	<b>66.17</b>		
							<b>PCI MALO</b>	<b>33.83</b>		

Fuente: elaboración propia

**Tabla 24.** Tipos de fallas según PCI, tramo 3

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO								
VALUACION DE FALLAS SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE		VALUACION DE FALLAS SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE								
<b>NOMBRES DE LA VIA:</b>		AV. REPUBLICA DE VENEZUELA								
<b>EVALUADO POR:</b>		WILFREDO ALAMO ACEVEDO								
<b>FECHA:</b>		15/09/2018								
<b>ABSCISA INICIAL:</b>		km 2+111				<b>TRAMO</b>		03-251 m		
<b>ABSCISA FINAL:</b>		km 2+362				<b>AREA DE MUESTRA</b>		230		
<b>TIPO DE FALLAS SEGÚN PCI</b>										
1.- Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>	11.- parches							m <sup>2</sup>	
2.- Exudación	m <sup>2</sup>	12.- Agregados pulidos							m <sup>2</sup>	
3.- Agrietamiento en bloque	m <sup>2</sup>	13.- Baches							Nº	
4.- Elevaciones, hundimientos	m	14.- Acceso puentes, pontones y rejillas de drenaje.							m <sup>2</sup>	
5.- Corrugaciones	m <sup>2</sup>	15.- Ahuellamiento							m <sup>2</sup>	
6.- Depresiones	m <sup>2</sup>	16.- Deformación por empuje							m <sup>2</sup>	
7.- Grietas de borde	m	17.- Grietas de corrimiento							m <sup>2</sup>	
8.- Reflexión de juntas	m	18.- Hinchamiento							m <sup>2</sup>	
9.- Desnivel de calzada	m	19.- Disgregación y desgaste							m <sup>2</sup>	
10.- Grietas long. y transv.	m								m <sup>2</sup>	
<b>FALLAS EXISTENTES</b>										
FALLA	SEVERIDAD	CANTIDADES PARCIALES						TOTAL	DENSIDAD %	VD
		B	M	A						
1		12		3				15	6.52	40.5
6		2						2	0.87	8
8				10				10	4.35	12
10		30		15				45	19.57	10.8
11		12		15				27	11.74	27
13				2				2	0.87	8
14		1						1	0.43	20
							<b>TOTAL</b>		44.35	126.3
Número de deducidos > 2 (q) : 2.00										
Valor deducido más alto (HDVi) : 85										
Número admisible de deducidos (mi) :										
<b>CÁLCULO DEL PCI PROMEDIO</b>										
#	Valores Deducidos						TOTAL	q	CDV	
1	40.5	27	20	12	10.8	8	118.3	6	57	
2	40.5	27	20	12	10.8	2	112.3	5	58	
3	40.5	27	20	12	2	2	103.5	4	58	
4	40.5	27	20	2	2	2	93.5	3	58	
5	40.5	27	2	2	2	2	75.5	2	55	
6	40.5	2	2	2	2	2	50.5	1	50	
							<b>MAXIMO CVD</b>		56.00	
							<b>PCI REGULAR</b>		44.00	
							<b>PCI TOTAL</b>		134.08	
							<b>PCI PROMEDIO</b>		44.68	

Fuente: elaboración propia

### 3.2.7. Evaluación estructural del pavimento con georradar

#### 3.2.7.1. Análisis de ensayo con georradar

Mediante el georradar se obtienen radagramas, los cuales se procesan con el programa RADAN el cual integra los radagramas de los perfiles obtenidos en una prospección y produce mapas horizontales de anomalías radar en el subsuelo. Estos mapas pueden mostrar de manera fiable la localización y profundidad de las capas que conforman la estructura de pavimento.

La interpretación de la información de campo se realiza con la herramienta RADAN y su módulo ROADSCAN de GSSI, el cual mediante la acción y utilización de las diferentes herramientas nos permite analizar e identificar las diferentes capas de la estructura de pavimento, implementando distintos filtros temporales, aplicación de ganancia temporal, inclusión de espesores para calibración, determinación de constantes dieléctricas de los distintos materiales, determinar la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas; para el análisis de los radagramas las herramientas principales usadas son:

- **Filtros temporales**

Los filtros temporales se usan para eliminar ruidos de los radagramas de baja o alta frecuencia o bien frecuencias pertenecientes a una banda en concreto. Estos filtros, también se denominan verticales debido a que la escala de tiempos se representa verticalmente en los radagramas. Estos ruidos pueden haber sido generados bien por el propio georradar durante la adquisición de los datos o bien por interferencias exteriores debidas a teléfonos móviles, transmisores de radio u otros dispositivos cercanos. Como consecuencia, los radagramas resultantes pueden contener demasiado ruido como para poder interpretar los resultados con claridad.

Dentro del software tenemos la opción de usar filtros como:

- **Gain**, que es la amplificación de la señal utilizada para contrarrestar la atenuación natural de la señal transmitida cuando se propaga por el medio.
- **IIR**, este es un filtro vertical, en el cual el valor es expresado en frecuencia (MHz). El propósito del filtro de paso bajo es remover ruido no deseado de frecuencia baja o filtro de paso rápido es dejar pasar todo lo que sea superior a la frecuencia especificada.

- **IIR Background**, a diferencia de los anteriores este es un filtro horizontal de paso bajo que funciona restando un número promedio de exploraciones de los datos y emitiendo los resultados. El filtro es muy valioso para remover ruido horizontal de los datos.
- **Time Zero**, proporciona y ayuda al cálculo de profundidad más precisa ya que establece la parte superior del escaneo a una aproximación cercana de la superficie del terreno.
- **FIR**, tienen una respuesta de impulso de duración finita y cuando encuentran una característica en los datos, garantizan la salida filtrada finita de esa característica, generando resultados simétricos impidiendo que las reflexiones se desplacen en el tiempo o en la posición.



Figura 23. Barra de herramientas de filtro 2018

Fuente: Dynatest

- **Osciloscopio**

Utilizado para medir la fuerza y la forma de las ondas de energía visualizando los datos tomados por el radar de forma real ayudando a identificar los cambios de material cada vez que existe una alteración de la señal.

- **Ground Truth**

Esta herramienta nos ayuda a ajustar de forma manual e individual el espesor de las capas en función de una profundidad verdadera medida (apiques o sondeos). A medida que se ingresan los distintos espesores de cada capa, van apareciendo en la tabla de Ground Truth los distintos valores de constante dieléctrica, de acuerdo con su profundidad; adicional esto nos brinda información de las diferentes constantes dieléctricas de los materiales facilitando el procesamiento de la información, siendo esta herramienta la usada para la determinación de los espesores.

- **EZ Tracker**

Permite agregar distintas capas mediante la interpolación de datos.



Figura 24. Barra de herramientas, procesamiento 2018

Fuente: Dynatest

### 3.2.7.2. Medición de Espesores con Georradar y procesamiento

La interpretación de la información de campo se realiza con la herramienta RADAN y su módulo ROADSCAN de GSSI. El cual mediante la acción Ground Truth nos permite incorporar en el radagrama la información obtenida en campo (apiques o núcleos) o antecedentes suministrados por el cliente para determinar las diferentes capas, basándose en sus profundidades y dieléctricas obtenidas, con ello se genera el trazado de cada una de las capas para luego determinar sus respectivos espesores. En la que se presenta una pantalla de ejemplo de la información de campo y su análisis

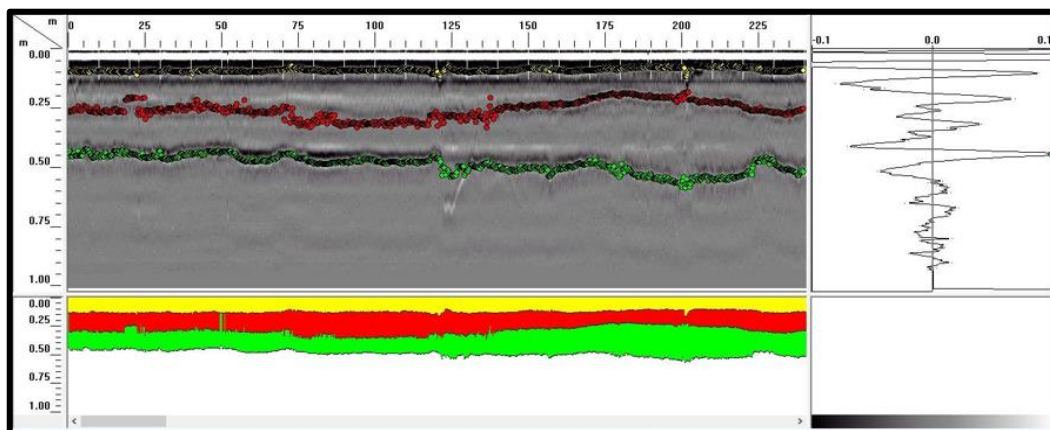


Figura 25. Procesamiento del georradar con software RADAN. (Radagrama) 2018

Fuente: Dynatest



### 3.2.7.3.Resultado del Procesamiento con Georradar

Para el análisis con georradar se usa información presentada por el cliente sobre los antecedentes de espesores con los que se ha diseñado el pavimento a lo largo de toda la muestra que consta de 2,3 km. La información suministrada del expediente técnico se adjunta en la **tabla 25**.

**Tabla 25.** *Espesores de diseño del pavimento Av. Venezuela*

Capa estructural	Espesores	
	Av. Venezuela Rampas	Av. Venezuela carril lateral
Capa asfáltica 1	7.50	7.50
Capa asfáltica 2	7.50	7.50
Base	25.00	25.00
Subbase	30.00	30.00

Fuente: Elaboración Propia

Para evaluar las dimensiones de la estructura, se calibra el equipo que recoja datos a cada 20 m con el fin de generar los espesores actuales de cada capa estructural.

Las ondas electromagnéticas detectan los espesores de forma precisa en cada punto de auscultación dando diagnóstico de mediadas variadas, pero en este caso los valores se representan en promedio, asfalto de 13 cm, una base de 18 cm, y una subbase de 21 cm este proceso se detalla en la **tabla 26**.

En la **figura 26**. Se logra ver el corte transversal de la estructura del pavimento muy preciso y detallado el espesor de cada capa auscultado representa las dimensiones en cada punto

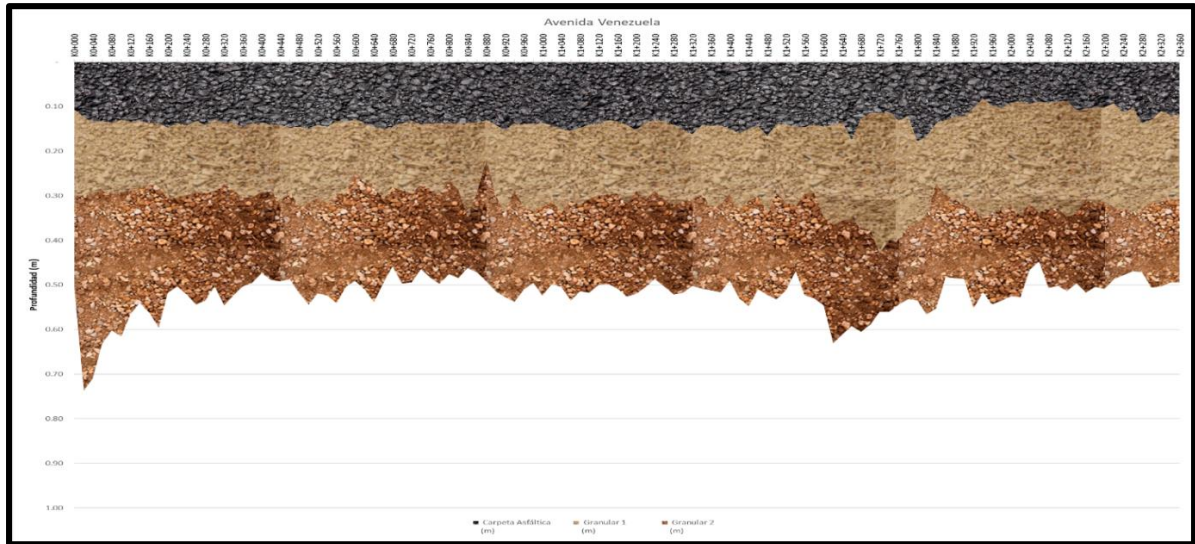


Figura 26. Espesores GPR. AV. Venezuela. 2018

Fuente: Dynatest

### 3.2.8. Índice de Serviciabilidad del pavimento

#### 3.2.8.1. Análisis del Ensayo No Destructivos del Deflectómetro (FWD)

- **Procesamiento**

Para determinar la Deflectometría se midieron dos carriles, cada 300 m. La escala gráfica mostrada en la **figura 26**. Representa de forma preliminar los diferenciales de comportamiento estructural del pavimento dentro del área en medición; Deflexiones menores a 200 micrones ( $\mu\text{m}$ ) serán representadas por un color verde claro, deflexiones mayores a 200  $\mu\text{m}$  pero menores que 700  $\mu\text{m}$  serán representadas por un color verde oscuro y finalmente, deflexiones mayores a 700  $\mu\text{m}$  serán representadas por un color rojo.

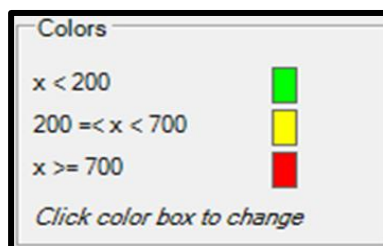


Figura 27. Escala de colores Elmod. 2018

Fuente: Dynatest

En la **figura 28**, Se detalla la deflexión central empleando la escala de colores anterior para representar su severidad del carril 1.

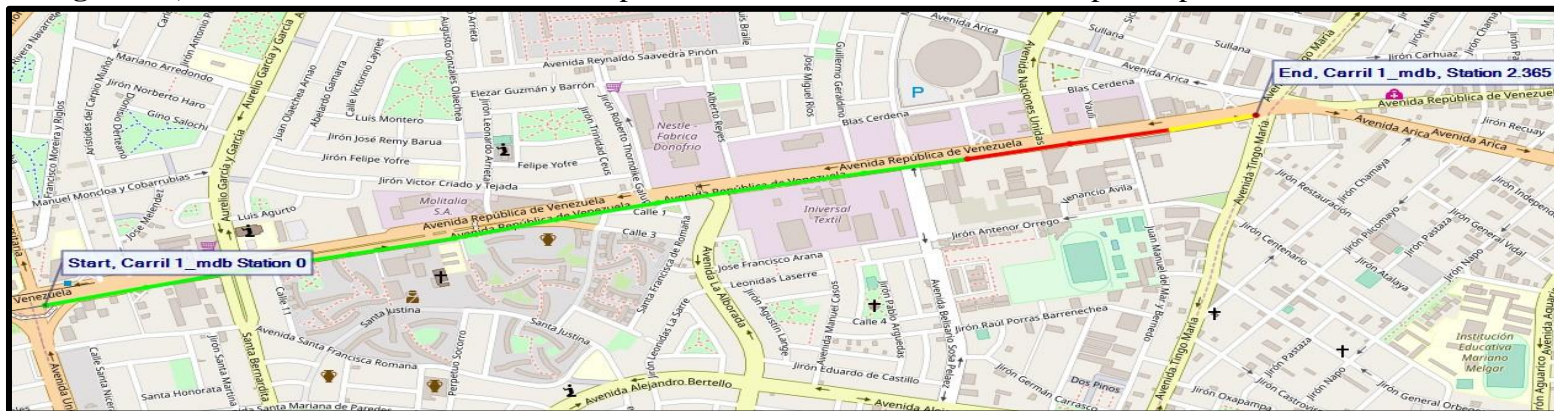


Figura 28. Deflexiones del Carril 01- 2018

Fuente: Dynatest

**Tabla 26**, presenta el resumen de deflexiones del carril 1. Se muestra los tramos en valores de variación del cuenco.

**Tabla 26.** Resumen de Deflexiones de carril 1

	Carril 1
<b>Deflexión Prom</b>	274 mm
<b>Deflexión Máx.</b>	857 mm
<b>Deflexión Mín.</b>	47 mm
<b>Desviación Estándar</b>	311 mm

Fuente: Dynatest 2018

En la **figura 29**, Se presenta la deflexión central empleando la escala de colores anterior para representar su severidad del carril 2.

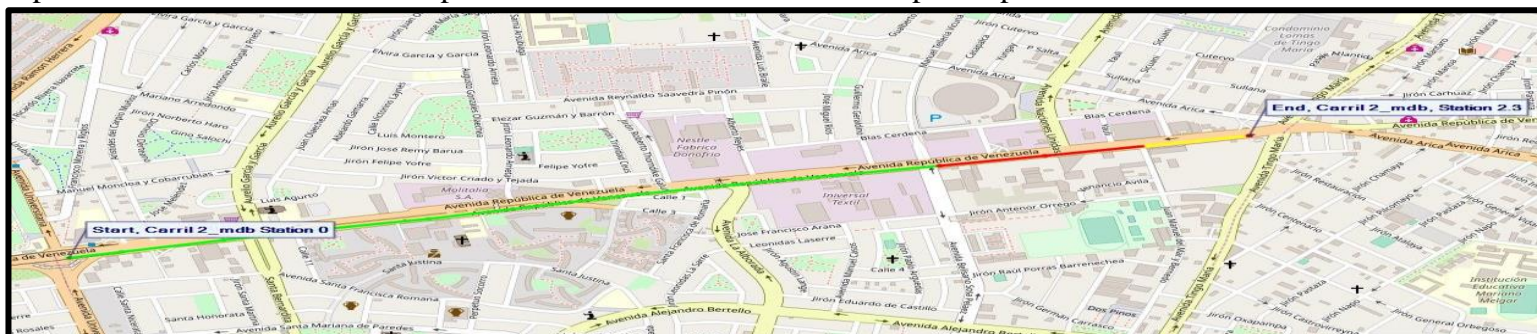


Figura 29. Deflexiones Carril 02-2018

Fuente: Dynatest

En la **Tabla 27**. Se presenta el resumen de deflexiones del carril. Por cada tramo la muestra del estudio en colores la variación del cuenco

**Tabla 27.** Resumen de deflexiones de carril 2

	Carril 2
<b>Deflexión Prom.</b>	273 mm
<b>Deflexión Máx.</b>	871 mm
<b>Deflexión Mín.</b>	43 mm
<b>Desviación Estándar</b>	310 mm

Fuente: Dynatest 2018

Las deflexiones corregidas por carga de 40 kn se encuentran en la **figura 30** del carril 1 y la **figura 31**, del carril 2.

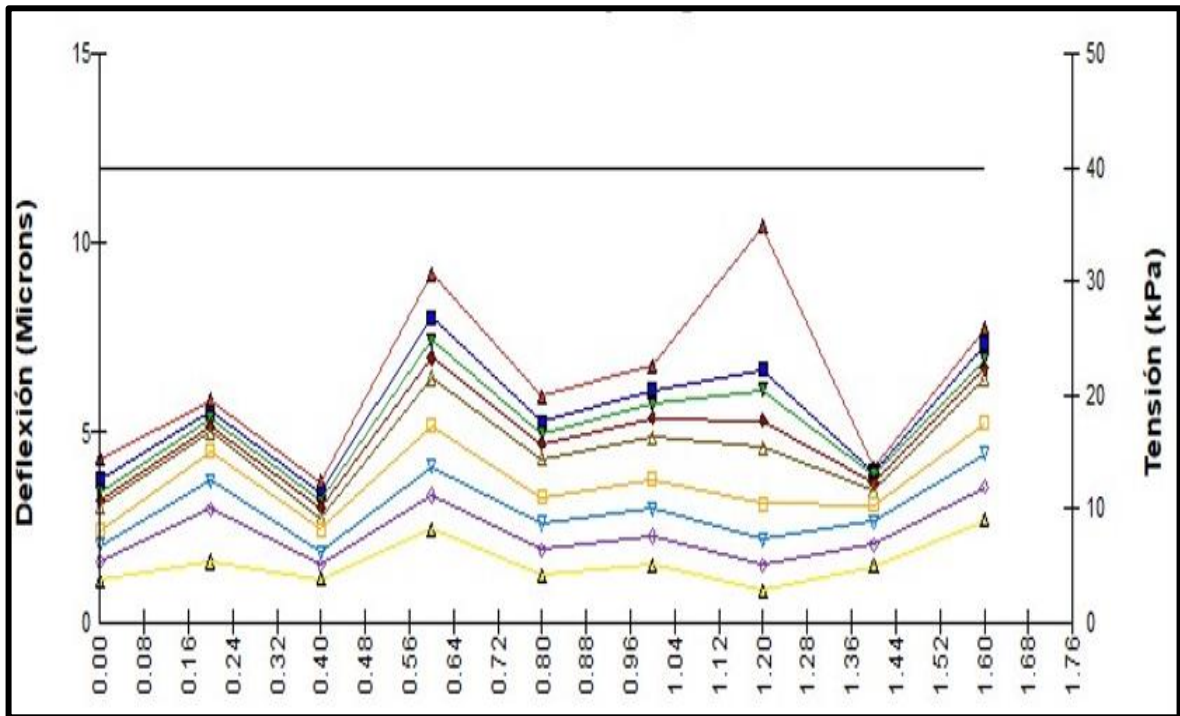


Figura 30. Deflexiones normalizadas de carril 01-2018

- En la figura 30 carril 1 se observa la deflexión de los golpes del FWD con una carga normalizada de 40 kn aplicada al pavimento se logra ver la deformación en el km 1.2 puesto que la estructura ya se encuentra en una deformación permanente se ve la deflexión máxima de 11 micrones localizado por el sensor Do, es debido que la subrasante está de baja compactación a continuación se detalla la deflexión mínima ocurre en el km 0+400 llegando a 3 micrones detectado por el sensor Do. Se estima en este punto hay mayor resistencia de la subrasante.
- De la misma forma en la figura 30 carril 2 se ve claramente la tensión producida por la aplicación de la carga simulada de 40 kn en el km 1.2 es elevado debido que en

este punto la deflexión es mayor, hay una mala compactación del suelo por eso la tensión también sufre el mayor esfuerzo. De 37 KPa

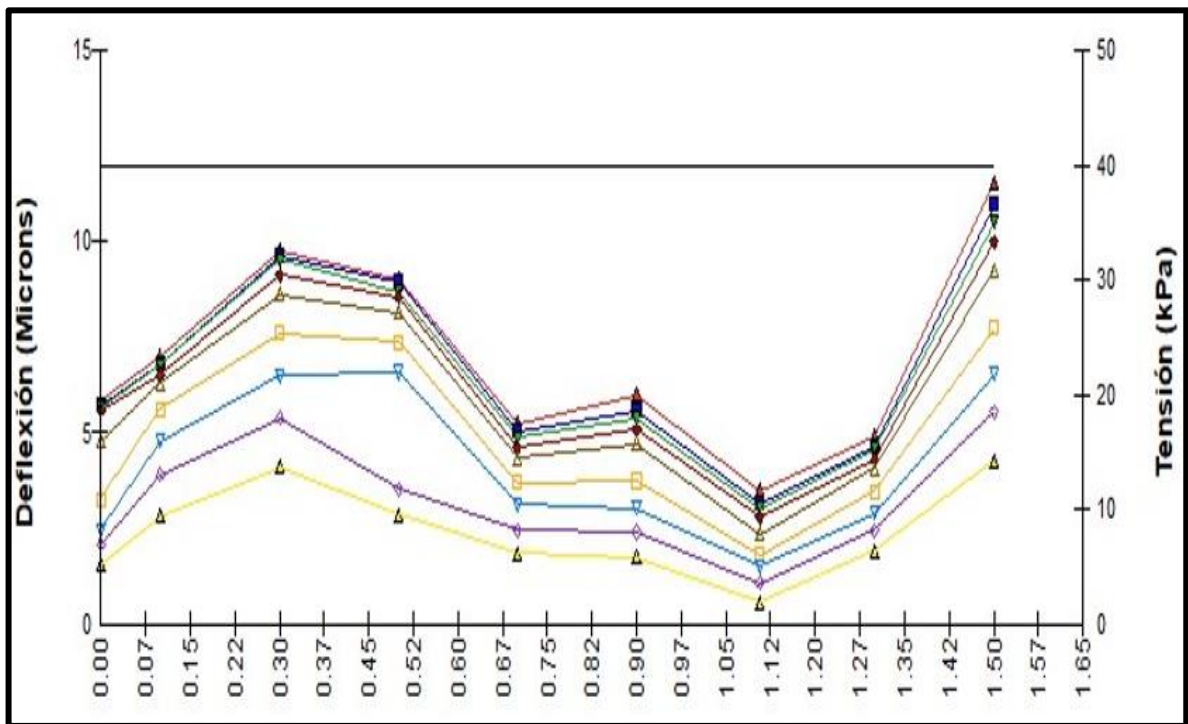


Figura 31. Deflexiones normalizadas de carril 02-2018

Fuente: Dynatest 2018

- En la figura 31 carril 2, la deflexión máxima se produce por el impacto con FWD con una carga simulada de 40 kn en el km 1.5 llegando a una deflexión de 12 micrones como máximo, así mismo en el km 1.12 registra una deflexión menor a 4 micrones y es detectado por el sensor Do. La estructura se encuentra en buenas condiciones.
- En la figura 31 carril 2, la tensión máxima llega en el km 1.5 ya que la flexión por la carga simulada de 40 kn aplicado sobre la superficie de rodadura, la deformación es mayor, se registra 39 KPa y la tensión hace su mayor esfuerzo para luego recuperar su estado normal, y la tensión mínima se da en el km 1.2 registrando un buen comportamiento, debido a la buena compactación de la subrasante 17 KPa

- **Módulo de la Subrasante (Mr)**

La valoración del módulo resiliente de la sub-rasante **tabla 28**, se efectúa mediante el retro cálculo empezando de la deflexión del último sensor (ubicado a 1,80 metros del plato de carga). Se emplea este concepto dado que la deflexión que se produce a más de 1,50 m del plato de carga es debida exclusivamente a la subrasante.

La Guía para diseños de estructuras de pavimentos de la AASHTO 1993 presenta la metodología para el cálculo del Módulo de Resiliencia a partir de medidas de deflexión tomadas con el “Falling Weight Deflectometer”. La Fórmula para determinar el módulo resiliente de la subrasante, se puede encontrar en el Apartado 4, Ecuación 1. Los promedios por carril se presentan a continuación. Ver **tabla 28**.

**Tabla 28.** Promedio de MR Diseño Carril 1

<b>Carril 1</b>			
<b>Progresiva</b>	<b>Mr AASHTO</b>	<b>Mr diseño Prom</b>	<b>Mr diseño Prom</b>
K 0+0	13611	8155.95	57.09
K 0+200	7399		
K 0+400	14558		
K 0+600	6630		
K 0+800	10619		
K 1+0	9238		
K 1+200	11774		
K 1+400	9244		
K 1+600	6098		
K 1+800	3534		
K 2+0	4186		
K 2+200	5824		
K 2+365	3313		

*Fuente:* Dynatest 2018

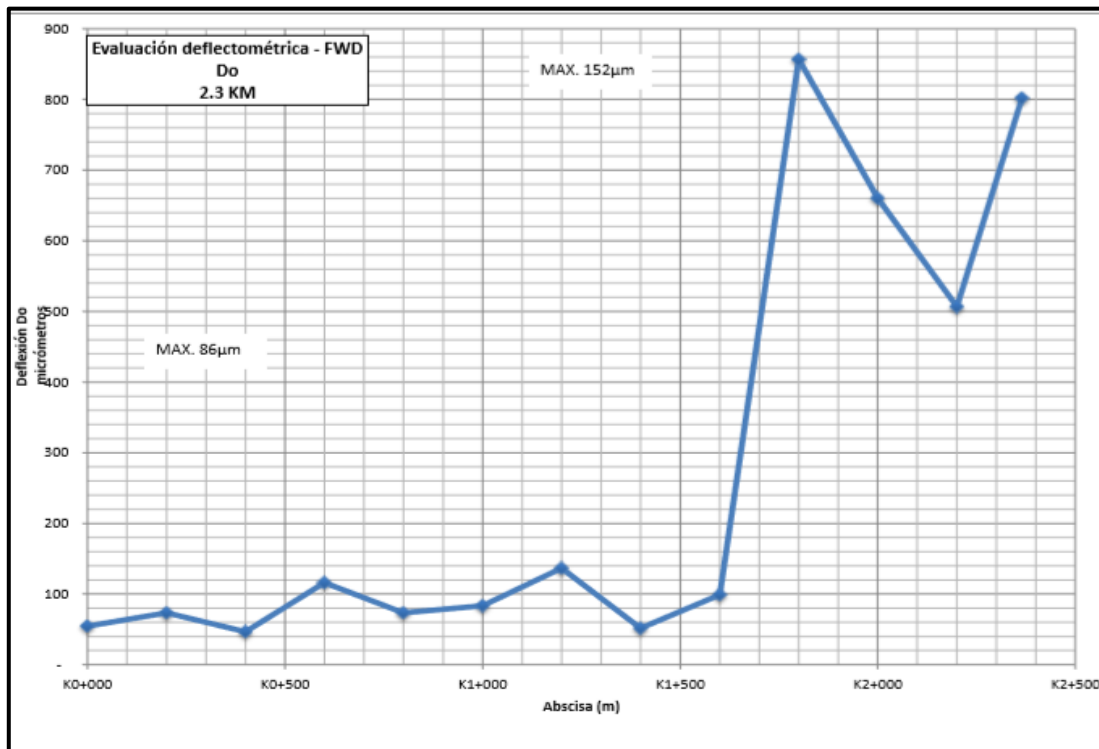


Figura 32. Evaluación deflectométrica carril 01-2018

En la figura 32 se interpreta la gráfica registrado por el sensor Do. A lo largo de toda la muestra las curvas de deflexión de la siguiente manera, en el km 0+400 la deflexión es mínima de 47 micrómetros ya que en este punto la compactación de la sub rasante está en buenas condiciones pero a lo largo del tramo hay un desequilibrio de deflexión, en el km 1+ 800 este fenómeno ocurre por la presión, ya que se aplica una fuerza con una carga de 40 kn por ende la estructura se flexiona más de lo debido y la estructura presente deformaciones permanentes la capacidad portante es mucho menor, debido que la subrasante se encuentra en menor grado de compactación



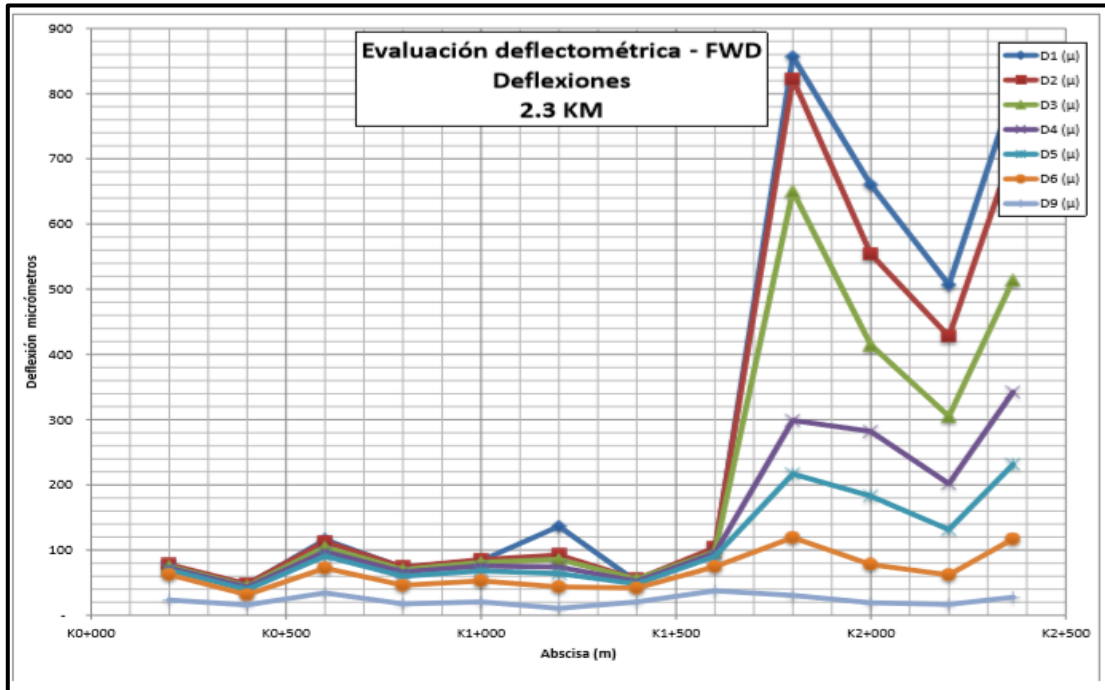


Figura 33. Evaluación deflectométrica carril 01-2018

Fuente: Dynatest

En la figura 33 en la gráfica se observa en líneas de color, este cuadro representa los puntos tomados a lo largo de la muestra de la vía de cada sensor en cada punto, el D0 es el color azul, D2 es el color marrón, D3 es el color verde, D4 es el color violeta, D5 es el color celeste, D6 color cuero y la D9 azul claro

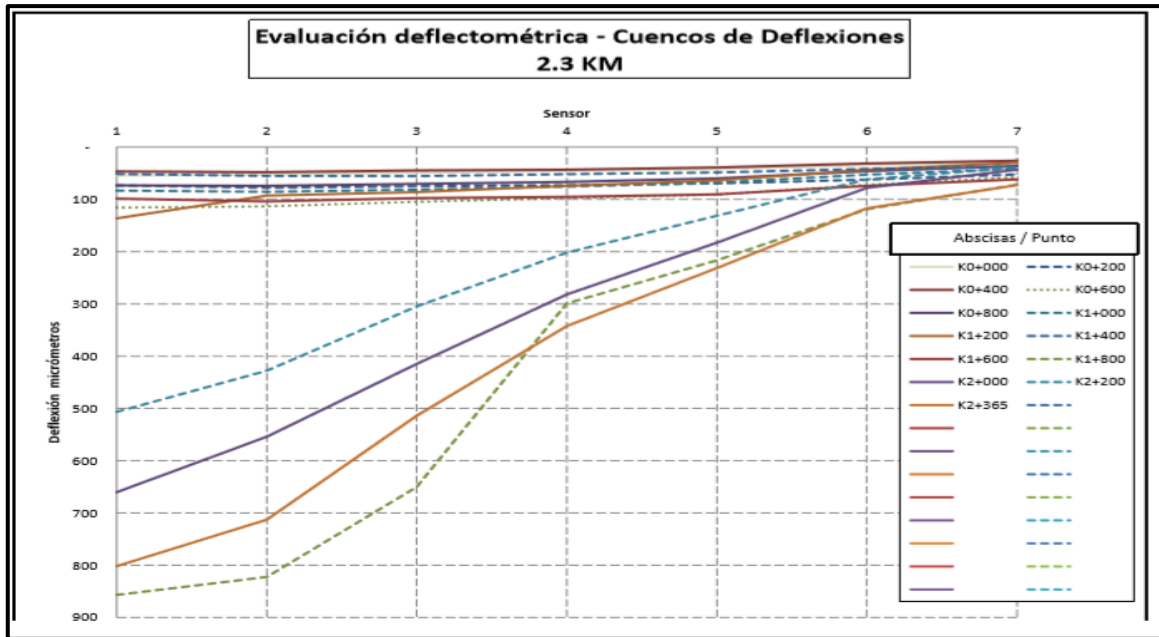


Figura 34. Evaluación deflectométrica- FWD deflexiones carril 02-2018

Fuente: Dynatest

En la **tabla 29**, se presentan las tablas de cálculo de las deflexiones normalizadas por carga y temperatura, además del cálculo del SN y el MR en psi y MPa en el carril 2.

**Tabla 29.** Promedio de MR Diseño Carril 2

Carril 2			
Progresiva	Mr AASHTO	Mr diseño Prom	Mr diseño Prom
K 0+0	11062	7209.67	50.47
K 0+100	5533		
K 0+300	4054		
K 0+500	6209		
K 0+700	8481		
K 0+900	9036		

K 1+107	18284		
K 1+300	8190		
K 1+500	3921		
K 1+700	3327		
K 1+900	2902		
K 2+100	8779		
K 2+300	3949		

Fuente: Dynatest 2018

En la **figura 31**. Se demuestra la variación de valores del sensor principal D0 en cada tramo del estudio km 0+000 hasta el km1+600 el cuenco deflectométrico está dentro de los valores establecidos por AASHTO como un pavimento con índice de serviciabilidad bueno pero del km 1 + 600 hasta el km 1+800 la deflexión del cuenco llega a 800 micrómetros lo cual se considera una estructura débil cuanto la resistencia, del km 1+800 hasta km 2+200 la gráfica indica una buena resistencia, pero, luego del km 2+362 por lo tanto pierde resistencia.

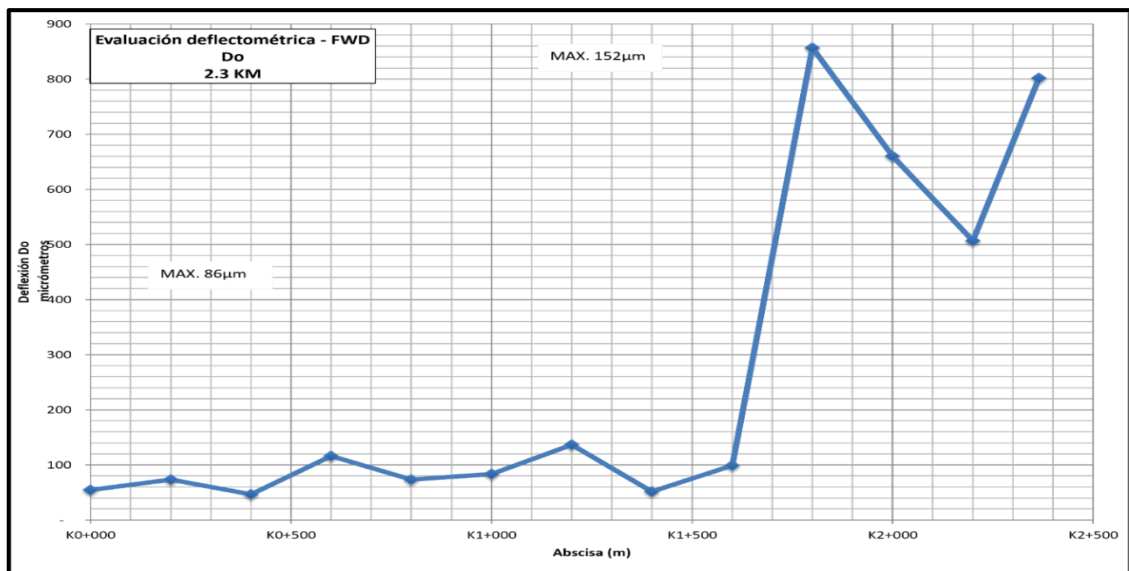


Figura 35. Evaluación deflectométrica carril0 2-2018

Fuente: Dynatest

La figura 32. Caracteriza el comportamiento de deflexión de la estructura del pavimento representado cada sensor en colores, siendo la principal D0 y siendo el más alejado la D9

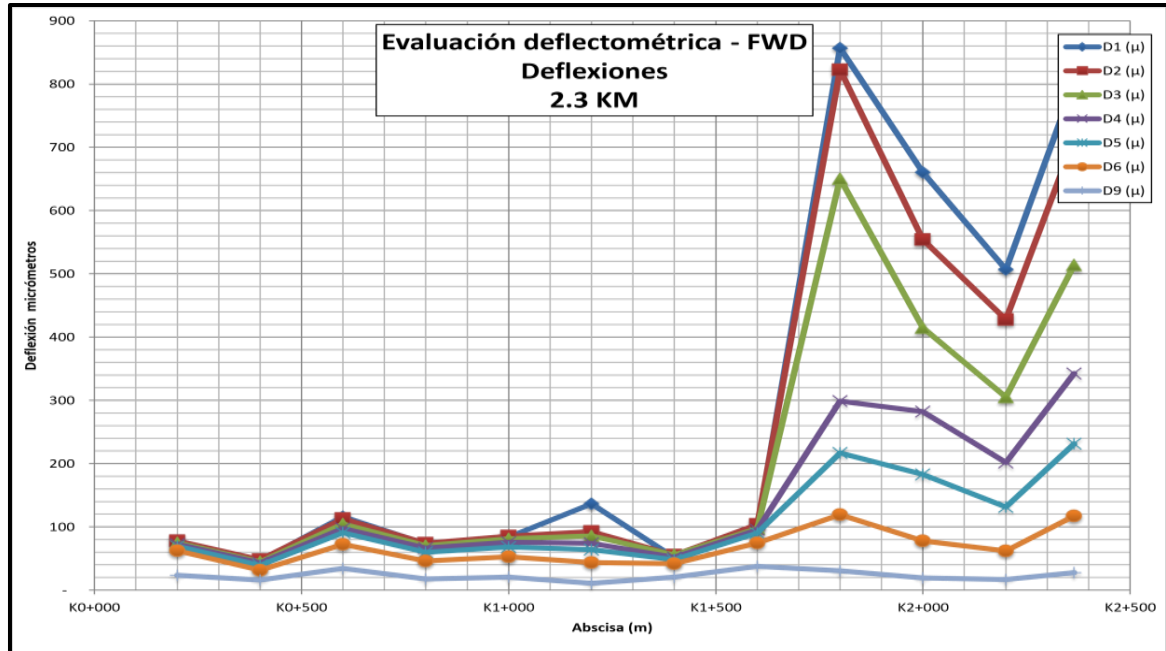


Figura 36. Evaluación deflectométrica carril 02-2018

Fuente: Dynatest

En la **figura 36**. Los colores representan los puntos de ensayo a lo largo de la muestra la auscultado demostrando los valores de deflexión siempre indica el sensor principal es el que marca la mayor deflexión

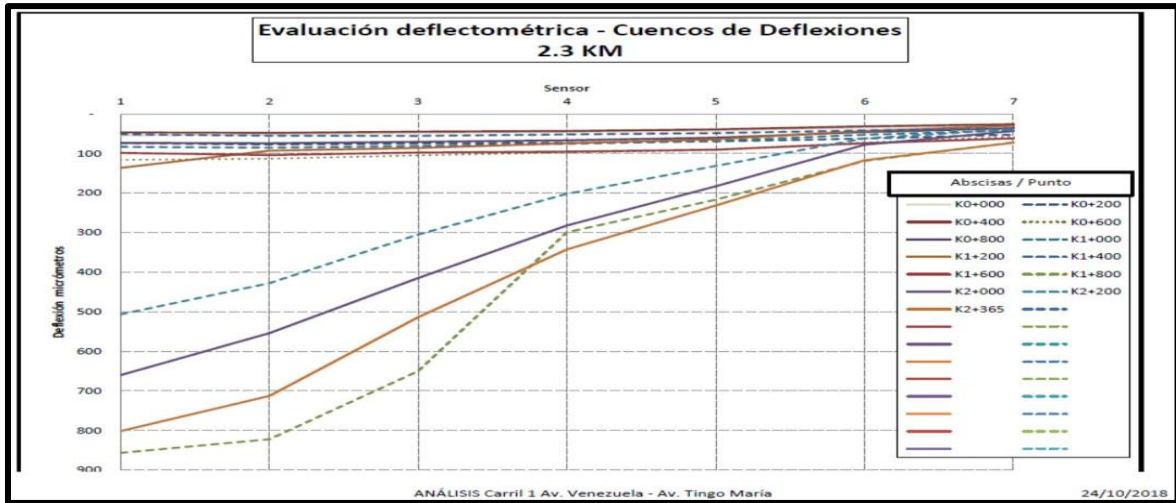


Figura 37. Evaluación deflectométrica- FWD deflexiones carril 02-2018

Fuente: Dynatest

### 3.2.9. Procesamiento y Análisis del Estudio de Flujo vehicular

#### 3.2.9.1. Clasificación vehicular

Para la clasificación del conteo vehicular el MTC, clasifica a los vehículos como se aprecia en la **figura 34** y en la **figura 35**, por lo tanto, para el conteo del flujo vehicular se utilizó la siguiente secuencia de clasificación









AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS	
		PICK UP	PANEL	RURAL Combi		B2E	B3E o B4E
AUTO	AUTO	CMTA	CMTA	CR	MICRO	B2E	B3E o B4E
							

Figura 38. Figura 34. Clasificación vehicular según MTC (a)

Fuente: MTC

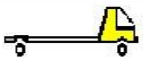


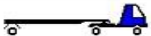

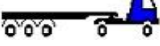

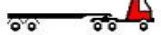
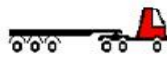
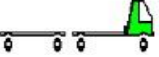


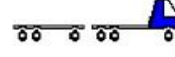
CAMION			
2 E	3 E	4 E	
			
SEMI TRAYLER			
2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3
 		 	
TRAYLER			
2T2	2T3	3T2	3T3
			

Figura 39. Clasificación vehicular según MTC (b)

Fuente: MC

### 3.2.9.2. Metodología de conteo y parámetros

El Índice Máximo horario (IMH), es el conteo realizado según el criterio del diseño que se efectuó en el expediente técnico, por ende, para el trabajo en estudio se tomó la misma secuencia el cual se expresa en vehículos por día.

Si bien es cierto el flujo vehicular puede presentarse en forma universal o agrupar según la categoría vehicular, para el caso en estudio se descompuso como se menciona en **Figura 38**.

EL conteo se efectuó en ambos sentidos en la mañana de 7:00 am hasta 8:00 am y en turno tarde se realizó de 6:00 a 7:00 pm

El conteo se realizó 10 veces de manera inter diaria, y el resultado que se aprecia en la **tabla 28**. Es el promedio del conteo de los 10 veces llevados a cabo.

- **Análisis**

El conteo del flujo vehicular se aprecia en la **tabla 30**

En el cual se aprecia los siguientes resultados:

El Índice Máximo horario (IMH) en promedio en la mañana: 2909 Vehículos

El Índice Máximo horario (IMH) en promedio en la tarde: 3320 vehículos.

Tabla 30. Estudio de tráfico promedio

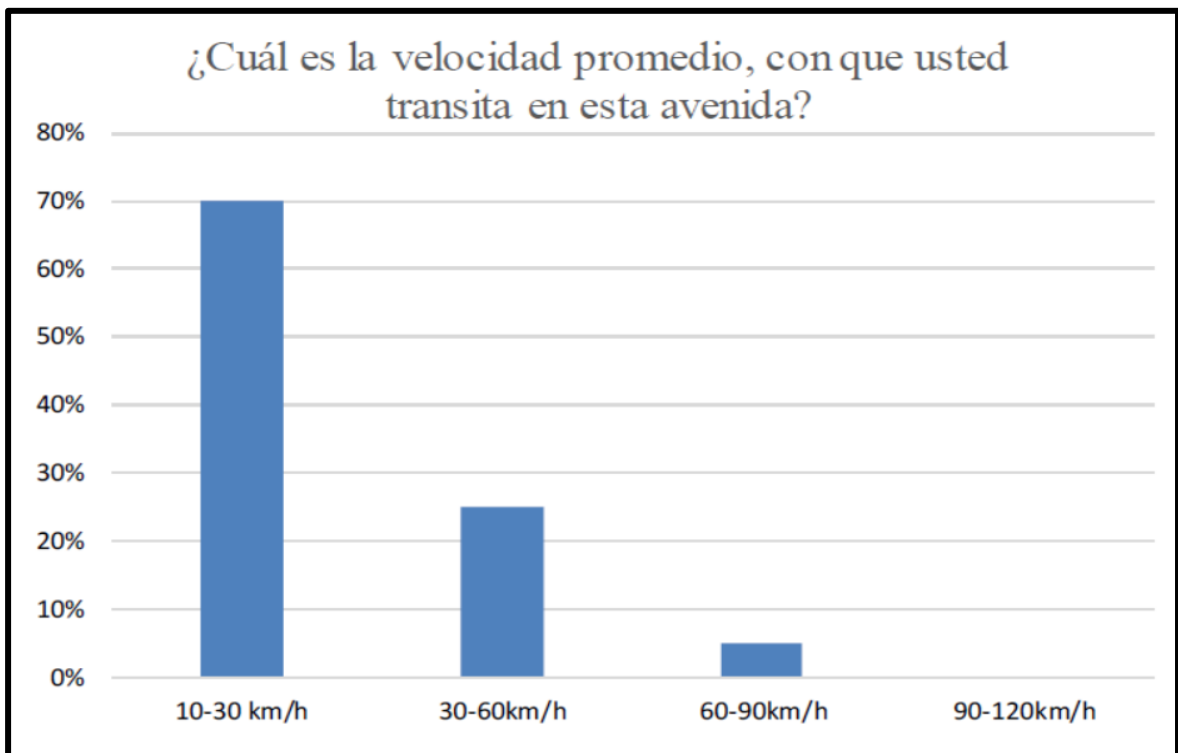
TRAMO DE LA CARRETERA										AV. UNIVERSITARIA, HASTA LA AV. TINGO MARIA										ESTUDIO DE TRAFICO			
SENTIDO					W ←					40226 TPD					E →					ESTACION			
UBICACION					CERCADO DE LIMA					CODIGO DE LA ESTACION			DIA Y FECHA										
PROMEDIO																							
TRANSPORTE DE USO PERSONAL					TRANSPORTE PUBLICO					TRANSPORTE DE CARGA													
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	MINIVAN	PICK UP	COMBI	CUSTER	BUS		CAMIONETA	CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER					
DIAGRA. VEL.								2 E	>=3 E		FURGON 2E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S1	>=3S3	2T2	2T3	3T2		
00-01	E	200	50	3	7																		
01-02	E	400	70	8	5																		
02-03	E	700	85	12	10					2	2												
03-04	E	800	90	7	9				1	3	3												
04-05	E	800	88	8	8	70	45	35		8	5	2											
05-06	E	900	150	10	7	70	45	35	10	8	2								1				
06-07	E	1200	200	20	20	89	55	40		15	8	5			1				1				
07-08	E	2000	489	100	50	103	62	45	1	35	12	3	6			1		1		1			2909
08-09	E	1061	600	400	100	73	42	42		26	19	16	8						12				
09-10	E	950	550	430	110	80	45	35	2	30	20	25	14		2				15		3		
10-11	E	800	400	300	95	79	45	35		50	35	20	15		5	3			12		2		
11-12	E	700	450	250	70	70	42	35		45	40	12	10		4	1			13		1		
12-13	E	1700	489	200	80	77	43	37		44	35	10	9		7	2			8				
13-14	E	1400	467	95	75	65	39	40	1	78	37	9	10		6	1			5		6		
14-15	E	1350	500	120	85	90	60	38	3	50	30	11	10		8	4			11		5		
15-16	E	1250	467	198	79	88	54	36	2	31	20	13	7		1	5			3		1		
16-17	E	1344	333	77	62	78	58	38	1	20	18	6	12		2	6			9		2		
17-18	E	1200	550	321	100	88	45	49	3	30	18	5	13		1	2			16		3		
18-19	E	2115	600	130	66	99	85	42	5	69	25	30	19		5	4			23		3		3320
19-20	E	2005	405	123	45	85	83	31	9	53	43	21	9		3	2			4		6		
20-21	E	1455	520	357	99	75	45	33	2	33	25	21	15		1	4			3		1		
21-22	E	900	467	299	48	63	48	37	4	15	12												
22-23	E	500	203	50	10	18	14	22	1	10	7												
23-24	E	420	120	78	10	14	23	21	1	2	3												
PARCIAL:		26180	8343		1250	1474	978	726	36	649		211	157	0	46	36	0	137	0	34	0	40226	

Fuente: MTC

### 3.2.10. Análisis de velocidad

Para determinar este proceso de verificación, se desarrolló la indagación del **Figura 40**, en el ítem 01, en el cual se desarrolló una encuesta aleatoria a 20 transeúntes (Conductores) que circulan por esta avenida.

El cual se desarrolló en la hora punta del tráfico.



*Figura 40.* Análisis de velocidad promedio de tránsito.

Fuente: elaboración propia

Con el resultado **Figura 40**. Se establece que la velocidad promedio con la que se transita por la avenida es a 10-30 km/h. así lo determinan los encuestados el 70% de ellos respondieron en las horas punta el tráfico lo hacía lento su avance vehicular, un grupo 25% de los encuestados respondieron que pasaban a una velocidad 30-60 km/h ya que ellos circulan fuera de las horas punta, un grupo del 5% de los encuestados respondieron que iban a una velocidad 60-90 km/h pero este grupo fueron los que se desplazaban en horas de la madrugada



### 3.2.11. Análisis de Serviciabilidad

Para determinar la serviciabilidad de la avenida se realizó encuesta correspondiente a 20 conductores de dicha avenida de manera aleatoria, con las respuestas de ellos se verificó la calidad que presta la avenida a los que circulan día a día por este lugar, como se aprecia en los gráficos siguientes.

- Las Preguntas formulados a los encuestados de la **Figura. 41.**

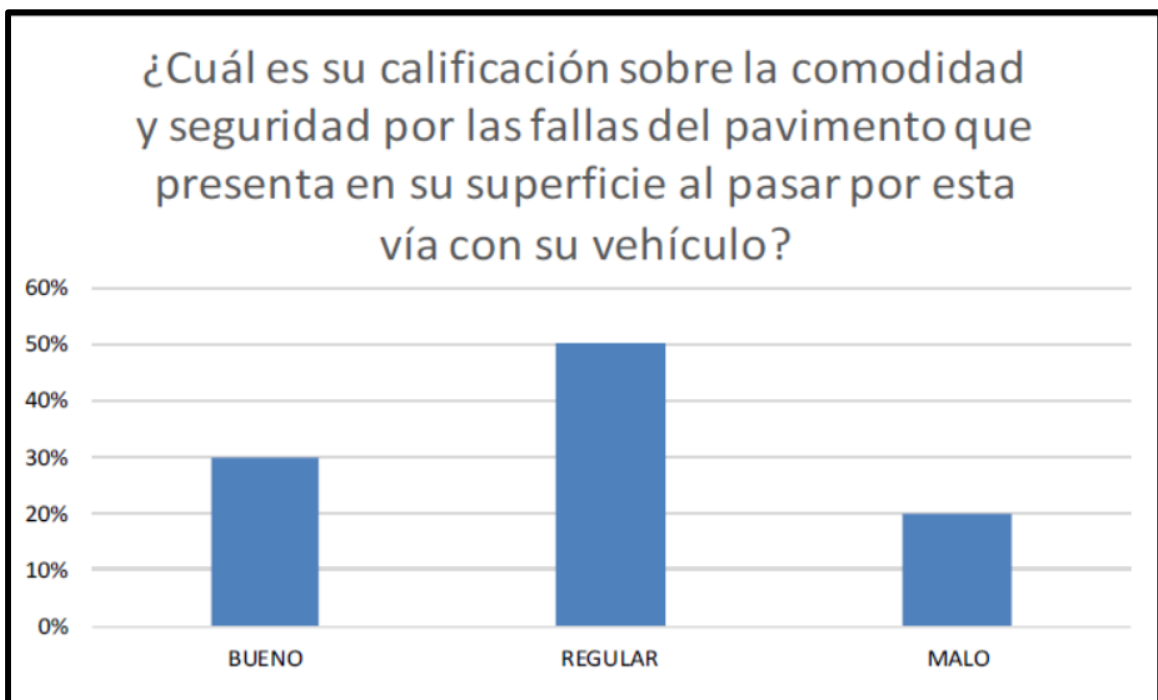


Figura 41. Análisis de la comodidad y seguridad en la avenida.

Fuente: elaboración propia

En la **Figura 41.** se obtiene los resultados de la encuesta el 50% de los conductores califican de transitar cómodo y seguro, mencionan que la vía está a condiciones regulares, así mismo el 30% califica como bueno y el 20% determina como vía en mal estado.

- La pregunta formulada en la encuesta al grupo de conductores **figura 42.**

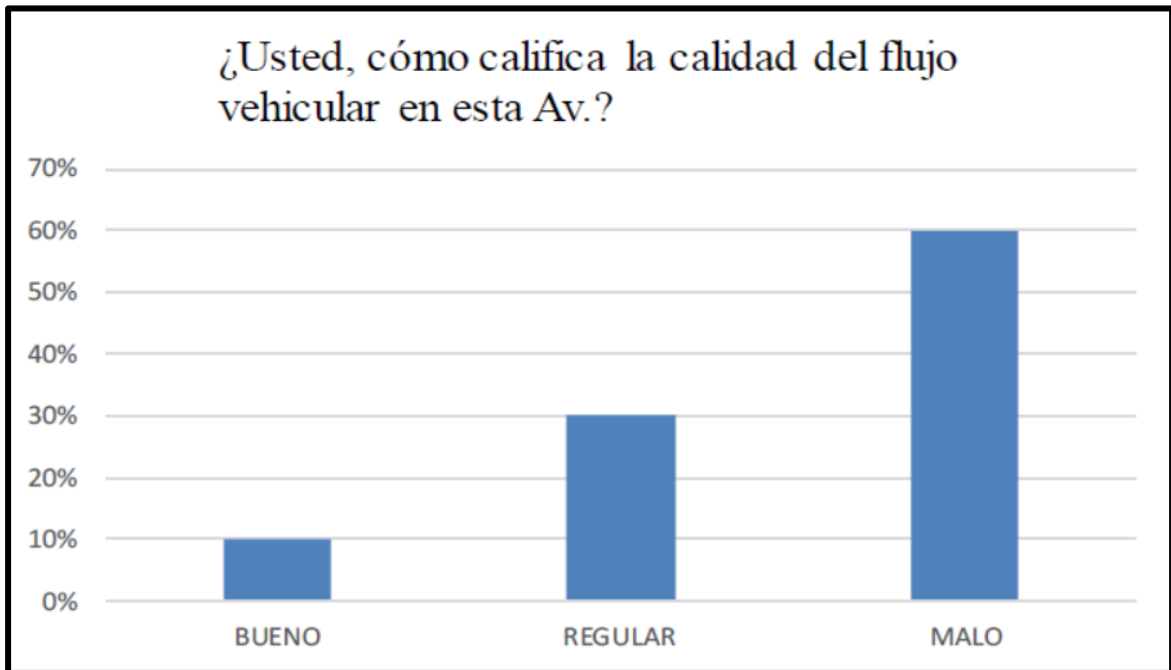


Figura 42. Análisis de calidad de flujo vehicular.

Fuente: Elaboracion propia

**Figura 42.** Del 100% de los encuestados el 60% responde que el flujo vehicular es lento quiere decir que el tráfico es estresante, y el 30% califica como regular y solo 10% califica como bueno

- Las preguntas formuladas en la encuesta a los conductores **figura 43.**



Figura 43. Análisis de nivel de servicio

Fuente: Elaboracion propia

En la **figura 43**. Se obtiene que el 50% de los conductores califica el flujo de servicio de la avenida en condones regulares, así mismo el 30% califica como bueno y el 20% determina como malo.

### 3.2.12. Análisis de transitabilidad

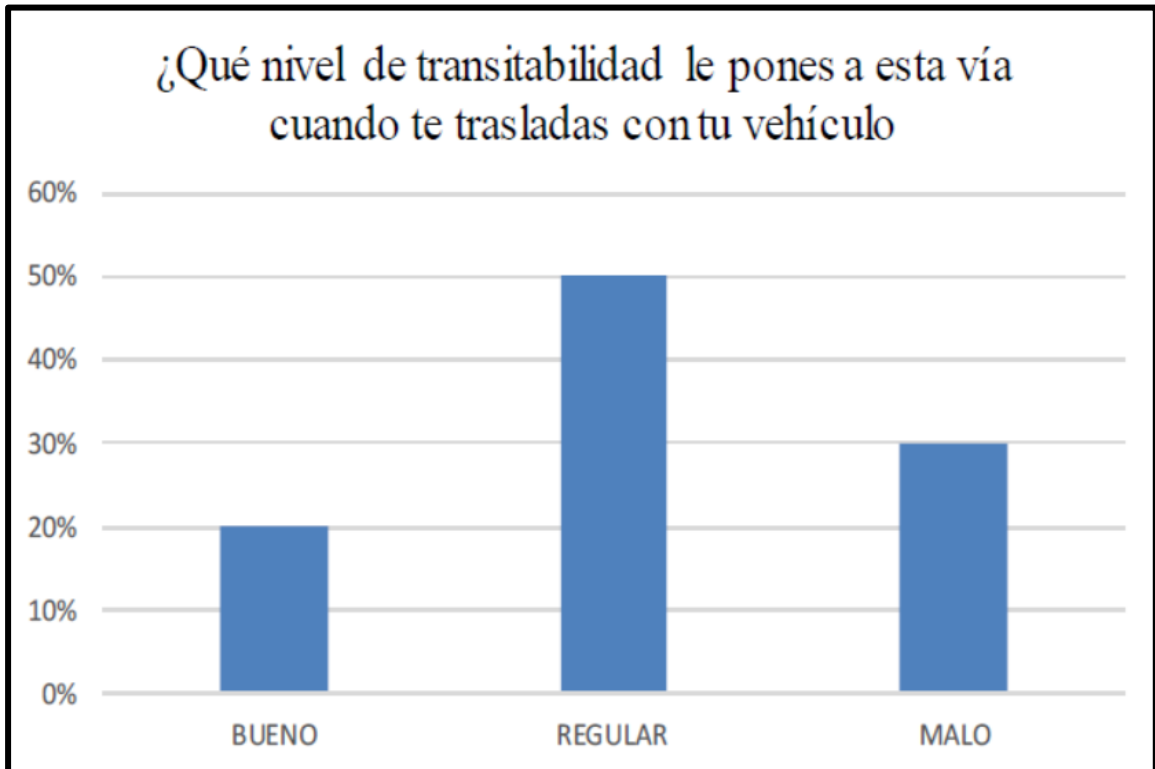


Figura 44. Análisis de nivel de transitabilidad

Fuente: Elaboracion propia

Con este resultado **Figura 44**. Se estable la calificación de la transitabilidad, el 50% lo califica como regular y el 30% lo califica como malo, y solo 20% lo califica como bueno.

### 3.2.13. Resumen según expediente técnico y los ensayos del campo

Mediante el análisis comparativo entre la información del expediente técnico, con los ensayos obtenidos en el campo; se encontraron grandes deficiencias en la carpeta asfáltica de la Av. Venezuela, los cuales se detallan de manera específica en la **tabla 29**.

**Tabla 31.** Cuadro comparativo de conclusión según expediente técnico y los ensayos de campo.

Datos del diseño	Información necesaria Expediente Técnico	Datos del resultado del estudio
Diseño de Vida útil del Proyecto	20 años	10 años
PCI	95% Excelente	44.64% Regular
Nivel de Confiabilidad ( $F_R$ )	95%	----
Standard Normal Deviate ( $Z_R$ )	-1.645	---
Standard Deviation ( $S_o$ )	0.45	0.31psi
Serviciabilidad inicial ( $p_i$ )	4.2 psi	3 psi
Serviciabilidad final ( $p_t$ )	2.5 psi	2 psi
Módulo resiliente ( $M_r$ )	19198psi	8155.95psi
Modulo SN requerido	6.01	1.41
Velocidad promedio de diseño	40km/h	30 km/h
Flujo vehicular mañana	2,834 vehículos, ( 7:15 a 8:15 horas)	2908 Vehículos
Flujo vehicular Tarde	3,398 vehículos, (18:15 a 19:15 horas)	3682 Vehículos
camionetas y Autos -mañana	65%	-----
Combis y ómnibus -mañana	27.4%	-----
Camiones-mañana	7.6%	-----
Autos y camionetas-tarde	71%	----
Combis y ómnibus-tarde	22.5%	----
Camiones-tarde	6.3%	----
capa asfáltica	15cm	13 cm
Base granular	25.0cm	18 cm
Subbase	30.0cm	21 cm
CBR colocación	Al 80% de MDS	57.9

Fuente: elaboración propia

### 3.3. Contrastación de hipótesis

#### 3.3.1. Evaluación deflectométrica, en pavimento para determinar, la condición, índice de serviciabilidad en vías de alto tránsito.

$H_0$ =Si se realiza la evaluación deflectométrica, en pavimentos flexibles no se determinará, la condición, índice de serviciabilidad en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela

$H_a$ =Si se realiza la evaluación deflectométrica, en pavimentos flexibles se determinará, la condición, índice de serviciabilidad en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela

Por lo tanto, se acepta la hipótesis  $H_a$ , ya que, según el estudio realizado en el campo, con las siguientes herramientas de medición se lograron los siguientes resultados:

- **Análisis por Método de PCI**, con este estudio se pudo verificar la condición del pavimento en estado regular con una caracterización representativa por el método del  $PCI=44.64\%$  el cual representa el estado regular del pavimento.
- **Ensayo con Georradar GPR**. con el ensayo de Georradar GPR se logró verificar la estructura del pavimento logrando el espesor en promedio para base=18cm, para sub base=21 y la carpeta asfáltica =13cm. el sumatorio total de espesor de la estructura 52cm.
- **Ensayo deflectométrico FWD**. Con el ensayo de FWD se pudo verificar la carga admisible que soportar la estructura del pavimento es de 57.09 MPa

#### 3.3.2. Diseño del pavimento flexible en vías de alto tránsito

$H_0$ : La evaluación deflectométrica no permitirá determinar las condiciones del diseño del pavimento flexible en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela

$H_a$ : La evaluación deflectométrica permitirá determinar las condiciones del diseño del pavimento flexible en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela

Se acepta la hipótesis  $H_a$ , según la revisión del expediente técnico se pudo verificar los datos del diseño como:

- ✓ En espesor de la estructura
- ✓ Capa asfáltica de 15 cm
- ✓ Capa de base 25 cm

- ✓ Capa de subbase 30 cm
- ✓ Tabla de factor de seguridad
- ✓ Tabla de conteo vehicular
- ✓ Tabla de módulo resiliente y CBR

### **3.3.3. Determinar la condición del pavimento flexible en vías de alto tránsito**

H0= Si se realiza la evaluación estructural no se determinará la condición del pavimento flexible en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela

Ha= Si se realiza la evaluación estructural se determinará la condición del pavimento flexible en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela

Se acepta la hipótesis Ha, porque al realizar la evaluación estructural del pavimento flexible se logra establecer las condiciones de la siguiente forma:

- ✓ Falla por deflexión de juntas, con una falla representativa de 8.70%
- ✓ Falla por parcheo, con una falla representativa de 17.37%
- ✓ Falla por grietas longitudinal y vertical, con una falla representativa de 19.57%
- ✓ Falla depresión con una falla representativa de 1.3%
- El estudio de las fallas superficiales del pavimento se obtuvo los valores de condición, Mediante el cálculo del método PCI valor promedio PCI =44 estado regular
- Evaluación estructural del pavimento con geo radar

Los datos de las dimensiones de la estructura se obtuvieron con el geo radar mediante la auscultación por pulsaciones electros magnéticos emitidos de cada punto realizado a cada 20 m la estructura tiene un espesor de estructura total de 57 cm

### **3.3.4. El índice de serviciabilidad del pavimento flexible en vías de alto tránsito**

Ho= Si se realiza la evaluación deflectométrica no permitirá calcular el índice de serviciabilidad del pavimento en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela

Ha= Si se realiza la evaluación deflectométrico permitirá calcular el índice de serviciabilidad del pavimento en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela

Se determinar el índice de serviciabilidad del pavimento mediante ensayos y encuestas, por lo tanto, se acepta la hipótesis  $H_a$  ya que al realizar la evaluación del pavimento flexible mediante los siguientes ensayos:

- Evaluación deflectométrica FWD

Mediante el impacto de una carga de caída libre de 40kN con EL FWD en cada punto del ensayo se determina que el cuento deflectométrico percibe una variación de deflexión en cada tramo estudiado en unos tramos más que en los restantes se logró una deflexión mínima de 47 mm en el km 0+400 y deflexión máxima en el km 1+800 mm en la tabla 27

- Calificación de serviciabilidad

Los datos de transitabilidad se obtuvo mediante encuestas realizados a los conductores que circulan la ruta de la av. Venezuela

- Calidad de transitabilidad

Los datos de transitabilidad se obtuvo mediante encuestas realizados a los conductores que circulan la ruta de la av. Venezuela

#### **IV. DISCUSIÓN**



- **Según** (Rodríguez, 2014), en su investigación fundamentado en cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis montero, distrito de castilla, en el cual estableció que las unidades de muestra donde se hallaron las fallas funcionales (exudación, peladura), por ello es necesario que las densidades sean elevadas y las fallas de alta intensidad, para que influyan en el deterioro del pavimento. Por el mismo hecho de ser fallas funcionales, es decir, afectan sólo la superficie de la vía, no producen daño importante en las capas del paquete estructural. Si una falla funcional de baja severidad afecta a toda una unidad de muestra, el usuario puede transitar sobre el pavimento, sin mucha incomodidad

Mientras que en el presente estudio se determinó que las fallas identificadas como piel de cocodrilo, depresión, reflexión de juntas, parches, baches, grietas longitudinales y transversales son los más particulares que se presentaron, en el análisis realizado se demostró claramente de que el PCI= 34 malo en el tramo km 2+111 hasta km 2+362 este resultado se contrasta con otro de los estudios realizados, el ensayo deflectométrico, en el cual el tramo en estudio resulto de las mismas condiciones

En este caso se evidencia claramente de que las fallas más comunes que se presenta en una avenida de pavimento flexible son los ya mencionados, por lo tanto, en esta investigación se coincide con (Rodríguez, 2015), por lo tanto, se consiguió verificar con mayor exactitud las fallas que se presentan en la avenida Venezuela utilizando las herramientas de última tecnología.

- Según el estudio realizado por (Aguilera Rio, 2013), en su trabajo, Aproximación del GPR (ground penetrating radar) como Ensayo para Estimar el Estado Estructural de un Pavimento Bituminoso, España establece que, una clara relación entre estas dos variables. A mayor espesor total del firme, menor deflexión. Esto es así ya que un mayor espesor aporta más capacidad portante al firme. Se observan dos tendencias: para puntos en los cuales la deflexión es elevada, hay mucha correlación entre los datos, sin embargo, para puntos con deflexión baja, existe más dispersión, a pesar de que la tendencia es la misma. Esta dispersión puede ser debida a diversos parámetros: precisión del Georradar, nivel de compactación de la mezcla, calidad de la mezcla, Se espera que añadiendo la variable velocidad a la relación, la relación sea más estrecha.

Para esta investigación el ensayo con Geo Radar GPR, trata de localizar los espesores de la estructura del pavimento mediante pulsaciones electromagnéticas en forma lineal, con

el cual se determinar de que, a mayor espesor total de las capas del pavimento, menor es la deflexión, y donde hay menor espesor de la capa estructural es mayor la deflexión se coincide con (Aguilera Rio, 2013), los ensayos determinan los espesores del pavimento en promedio lo siguiente:

Sub Base =18 cm, Base=21 cm, Asfalto=13cm

Así Formando un espesor total promedio de = 52 cm

- Según el estudio realizado por (Chávez, 2015) con su investigación; Evaluación estructural de pavimentos flexibles Usando el deflectómetro de impacto FWD en la carretera Tarma-La Merced, Cuyo objetivo de su investigación fue exponer la secuencia de evaluación estructural de pavimentos flexibles utilizando el deflectómetro de impacto (HWD), en dicha ciudad haciendo un retro calculo por el método del AASHTO con el cual logro alcanzar satisfactoriamente la evaluación planteado en su objetivo, toda la forma de recopilación de datos en campo y el proceso de cómputo demostraron que las deducciones son confiables, ya que tanto, los deducciones alcanzados con el deflectómetro en ambas metodologías y los valores teóricos son cercanos y notoriamente congruentes con la realidad.

Para el caso en estudio se tomó 2365 metros, desde k=0+00 hasta el k=2,365km, el cual se llevó a cabo mediante el deflectómetro de impactos FWD, con el cual se obtiene el cuenco de deflexión, mediante los sensores ubicados a lo largo de la viga de 1.80 m distribuidos en 9 puntos sensoriales, así obteniendo los siguientes resultados: **En el carril**

**1:**

Numero estructural=1.4 en promedio

Módulo resiliente de diseño en = 8155.95 psi

Módulo resiliente de diseño= 57,09 MPa

**Valores obtenidos en el carril 2**

Numero estructural SN =1.4 en promedio

Módulo resiliente de diseño = 8155.95 psi

Módulo resiliente de diseño= 57,09 MPa

## **V. CONCLUSIONES**

En este estudio realizado se caracterizó las fallas mediante los instrumentos de estudio Índice de condición del pavimento método PCI, se complementa la evaluación estructural con Georradar y el índice de serviciabilidad con Deflectométrico de impacto FWD, con el fin de determinar, el comportamiento estructural del pavimento en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela.

- se evaluó la Deflexión del pavimento flexible y se determinó la condición, índice de serviciabilidad en vías de alto tránsito, para lo cual se utilizó los diferentes equipos de ensayo tales como método PCI, GPR, FWD, con los cuales se llevaron a cabo para la obtención de datos mediante ensayos en el mismo lugar de la muestra Av. Venezuela logrando conseguir los valores reales actualmente del pavimento.
- Se examinó el diseño del pavimento flexible a través de la evaluación estructural de la muestra estudiada mediante la revisión del expediente técnico sustrayendo datos de la **tabla 18**, con el cual se pudo comprobar los valores de diseño y los valores de condición operacional del pavimento actual. Con los resultados obtenidos de los ensayos con instrumentos de método PCI, GPR Y FWD
- Se determinó la condición del pavimento flexible en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima, Avenida Venezuela a través de la evaluación estructural mediante la caracterización de fallas por el método del PCI, se evaluó tres tramos según las fallas que se encontraron visualmente se menciona lo siguiente: para el primer tramo se encontró en la **tabla 22** PCI=56.20 lo cual significa que el tramo se encuentra en buenas condiciones, para el tramo 2, **tabla 23** el ensayo de PCI=33.83, este valor significa que el pavimento se encuentra en mal estado y para el tramo 3, **tabla 24** PCI = 44.0 el cual representa en un estado regular del pavimento. Así mismo Obteniendo un valor promedio en los tres tramos a lo largo de la muestra de PCI= 44.68, por lo tanto, el estado del tramo estudiado total se encuentra en estado regular.

Así mismo con la evaluación de Georradar se confirma la condición estructural del pavimento, **figura 26**, se logró determinar los espesores de las capas del pavimento: para asfalto=13cm, base=18cm y Subbase=21cm, esto es un complemento de la evaluación

estructural del pavimento para confirmar los valores del PCI. El valor promedio a lo largo de la muestra el espesor de la estructura es de = 52 cm

- Se calculó el índice de serviciabilidad del pavimento flexible en vías de alto tránsito a través de la evaluación estructural mediante la evaluación deflectométrica con FWD, con el cual se determina el comportamiento que sufre por fatiga la estructura del pavimento mediante las mediciones de carga simulada de 40 kn se logra auscultar los valores realizadas con en campo,

**Para el carril 01** en la gráfica de la **figura 32** se explica los detalles en el km 0+400 contrastando en la **tabla 24** la deflexión mínimo es de 47 micrones y la deflexión máxima se detalla en la gráfica de la **figura 32** en el km 1+800 contrastando la **tabla 24** se obtiene 857 micrones y como promedio de deflexión en toda la muestra es de 274 micrones los cuales se detallan en la **tabla 26**. A continuación se detalla **en la tabla 28** el Mr promedio de diseño es 8155.95 (psi) y Mr diseño promedio 57.09 MPa

**Para el carril 2** la gráfica que se encuentra en la figura 35 e el km0+400 nos detalla la deflexión mínima encontrado en la **tabla 29** es de 43 micrones y la deflexión máxima se detalla en la gráfica de la **figura 32** en el km 1+800 contrastando con la **tabla 29** se determina de 871 micrones y como promedio de deflexión en toda la muestra se detalla en la **tabla 29** de 273 micrones, Y en la **tabla 29** de Mr promedio se obtuvo 7202.67 (psi) y Mr diseño promedio 50.47 MPa

## **VI. RECOMENDACIONES**

- se recomienda implemente la evaluación de método no destructivo en los artículos de la norma técnica NTP CE-010 de **pavimentos urbanos**, un control de supervisión de método no destructiva de forma obligatoria en el proceso de construcción de la estructura del pavimento para dar las conformidades del proyecto, y así se contraste los datos de construcción con el diseño, porque en el diseño del pavimento no está el error, la falla se genera en la construcción ya que en este estudio se logró las dimensiones de las capas de la estructura del pavimento en espesores menores al de diseño.
- Se recomienda la utilización del georradar para la evaluación de la estructura del pavimento (cualquier otra estructura), en la etapa de la supervisión ya que es un método no destructivo se evita de hacer calicatas ya que es un instrumento ligero y de fácil utilización, con alto rendimiento de productividad y versatilidad porque va montado sobre un vehículo ligero ausculta datos en movimiento, arroja los resultados procesados con exactitud las dimensiones del espesor de cada capa estructural.
- Se recomienda a las municipalidades responsables que deán prioridad a las avenidas para su mantenimiento periódico con el propósito de extender su vida útil, ya que cada mejora que se le va hacer será beneficioso para los que transitan a diario por esa vía, al prolongar su duración del pavimento se ahorra en tiempo y economía de unos años más de servicio porque la reconstrucción necesita de tiempo de bloquea el pase vehicular y peatonal.

## **VII. REFERENCIAS**



- AGUILERA, Ceci. Aproximación Del GPR (Ground Penetrating Radar) Como Ensayo Para Estimar El Estado Estructural De Un Pavimento Bituminoso. (En línea) España: Universidad Politécnica de Catalunya., 2013. [Fecha de consulta: abril 2018].  
Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/21774>
- Alberto, Tello y Cuya, Jorge. Brecha Del Servicio De Transitabilidad. San Bartolo-Lima: 2018. [Fecha de consulta: abril 2018].  
Disponible en: <http://www.munisanbartolo.gob.pe/images/PMI/PMI-2019-2021/transitabilidad/servicio-transitabilidad-urbana.pdf>
- Arias, Fidias. Introducción a la Metodología Científica. Caracas Venezuela: s.n., 2012.
- Asociación Española de Empresarios de Demolición. Guía informativa sobre demolición. España: AEDED, 2016.
- AVILA, Edison y ALBARRACIN, Flavio. Evaluación de pavimento en base a método no destructivo y análisis inverso caso de estudio: Via Chicti-Sevilla de Oro. (En línea) Ecuador: Universidad de Cuenca., 2014. [Fecha de consulta: abril 2018].  
Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22288/1/MASKANA%206111.pdf>
- BALERO, Javier. Evaluación estructural usando viga Benkelman aplicado a un pavimento. (En Línea) Peru: Universidad de Piura., 2017. [Fecha de consulta: mayo 2018].  
Disponible en: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3135/ICI\\_241.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3135/ICI_241.pdf?sequence=1)
- CHAVEZ, Javier. Evaluación estructural de pavimento flexible usando el deflectómetro de impacto en la carretera Tarma- La Merced. (En línea) Perú: Universidad Nacional de Centro del Perú., 2015. [Fecha de consulta: mayo 2018].  
Disponible en: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNCP\\_8b6c0a04b6c0e5b5ac24e4cd12b7269d](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNCP_8b6c0a04b6c0e5b5ac24e4cd12b7269d)
- Correo. 2018. Diario Correo. (En línea) Peru. [Fecha de consulta 27 de 01 de 2018].  
Disponible en: <https://diariocorreo.pe/ciudad/ayacucho-viviendas-son-un-peligro-en-la-reg-6450/>.
- De Matteis, Álvaro. Geología y geotecnia-estabilidad de taludes. (En línea) Argentina: Universidad Nacional de Rosario, 2013. [Fecha de consulta: mayo 2018]. Disponible en: <https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Estabilidad%20de%20Taludes.pdf>

- DIAZ, Juan. Evaluación De La metodología PCI Como Herramienta Para La Toma De Decisiones En Las Intervenciones A Realizar En Los Pavimentos Flexibles. (En línea) Ecuador: Universidad Militar Nueva Granada., 2014. [Fecha de consulta: abril 2018].  
Disponibile en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/12102/Evaluaci%F3n%20de%20la%20metodolog%EDa%20PCI%20como%20herramienta%20para%20la%20toma%20de%20decisiones%20en%20las%20intervenciones%20a%20realizar%20en%20los%20pavimentos%20flexibles.pdf;jsessionid=BA220407142EE82A005AD3C425F3607E?sequence=1>
- ESCOBAR, Kerin y GARCIA, Alberto. Análisis Comparativo De La Evaluación De Pavimentos Por Medio De La Viga Benkelman Y El Deflectómetro De Impacto (Falling Weight Deflectometer, Fwd). (En línea) El Salvador: Universidad de el Salvador., 2017. [Fecha de consulta: abril 2018].  
Disponibile en: [http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4512/1/An%C3%A1lisis%20comparativo%20de%20la%20evaluaci%C3%B3n%20de%20pavimentos%20por%20medio%20de%20la%20viga%20Benkelman%20y%20deflect%C3%B3metro%20de%20impacto%20\(Falling%20Weight%20Deflectometer,%20FWD\).pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4512/1/An%C3%A1lisis%20comparativo%20de%20la%20evaluaci%C3%B3n%20de%20pavimentos%20por%20medio%20de%20la%20viga%20Benkelman%20y%20deflect%C3%B3metro%20de%20impacto%20(Falling%20Weight%20Deflectometer,%20FWD).pdf)
- FLORES, Leonardo. Evaluación Estructural De Pavimentos Flexibles De Carreteras De Bajo Volumen De Tránsito. (En línea) Perú: Universidad Nacional de Ingeniería., 2012. [Fecha de consulta: mayo 2018].  
Disponibile en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1136>.
- Fundamentos de ingeniería geotécnica [En línea]. Mexico: Braja M. (27 de octubre 2014)., (fecha de consulta: mayo 2018). Recuperado: [https://www.u-cursos.cl/usuario/c19094b1ea89f1f08e243796b671e2e5/mi\\_blog/r/Manual\\_de\\_Geologia\\_Gonzalo\\_Duque.compressed.pdf](https://www.u-cursos.cl/usuario/c19094b1ea89f1f08e243796b671e2e5/mi_blog/r/Manual_de_Geologia_Gonzalo_Duque.compressed.pdf)
- Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial [Pagina web del MTC]. Lima: (junio del 2013). [Fecha de consulta: Junio del 2018]. Recuperado en: [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_4032.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4032.pdf)
- GUTIERREZ, Andrés. Evaluación De Estructuras De Pavimento Flexible Evaluación De Estructuras De Pavimento Flexible Usando Técnicas No Destructivas Utilizando El Usando Técnicas No Destructivas Utilizando El Deflectómetro De Impacto Ó Fwd (Falling Weight Deflectómetro De Impacto Ó Fwd (Falling Weight Deflectometer). (En

línea) Colombia: Universidad Nacional de Colombia., 2012. [Fecha de consulta: mayo 2018].

Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/11828/1/300163.2012.pdf>

- Informe de relevamiento de información SCAP [Pagina web del Provias Perú]. Lima: (marzo del 2017). [Fecha de consulta: Junio del 2018]. Recuperado en: <https://www.pvn.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/INFORME20DEL20DIAGN%C3%93STICO20DEL20SISTEMA20DE20CONTROL20INTERNO20ADAPTACI%C3%93N1.pdf>
- JAMES, Michel. Evaluación Del Comportamiento Estructural De Pavimento Flexible A Través Del Tiempo, Utilizando El Deflectómetro De Impacto (Hwd). Lima - Peru: (En línea) Perú: Universidad Nacional de Ingeniería., 2015. [Fecha de consulta: mayo 2018]. Disponible en: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/5619/1/marin\\_vm.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/5619/1/marin_vm.pdf)
- JIMÉNEZ, Milton. Diagnostico estructural de afirmado estabilizado con cloruro de magnesio mediante el modelo matemático de Hogg y Viga Benkelman. (En Línea) Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima., 2014. [Fecha de consulta: mayo 2018]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/325860/jim;jsessionid=D2B4186A0D5958A84833F93EA0EB24DE?sequence=2>
- 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 (Huacho-Huaura-Lima. (En línea) Perú: Universidad de San Martín de Porras., 2016. [Fecha de consulta: abril 2018]. Disponible en: [https://www.google.com/search?q=En+Las+V%C3%ADas+Arteriales%3A+Cincuentenario%2C+Col%C3%B3n+Y+Miguel+Grau+\(Huacho-Huaura-Lima&oq=En+Las+V%C3%ADas+Arteriales%3A+Cincuentenario%2C+Col%C3%B3n+Y+Miguel+Grau+\(Huacho-Huaura-Lima&aqs=chrome..69i57.896j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=En+Las+V%C3%ADas+Arteriales%3A+Cincuentenario%2C+Col%C3%B3n+Y+Miguel+Grau+(Huacho-Huaura-Lima&oq=En+Las+V%C3%ADas+Arteriales%3A+Cincuentenario%2C+Col%C3%B3n+Y+Miguel+Grau+(Huacho-Huaura-Lima&aqs=chrome..69i57.896j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8)
- LOZANO, Eduardo y TABARES, Ricardo. Diagnóstico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva mediante parámetros obtenidos del estudio en fase I de la vía acceso al barrio ciudadela del café - Vía la Badea. (En Línea) Colombia: Universidad Nacional de Colombia., 2015. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/743/1/ricardotabaresgonzales.2005.pdf>

- Manual de carreteras diseño geométrico [Pagina web del MTC]. Lima: (junio del 2018). [Fecha de consulta: Junio del 2018]. Recuperado en: [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_4032.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4032.pdf)
- Manual del usuario EVALPAV - software para evaluación de pavimentos en carreteras y aeropuertos de superficie asfáltica, y carreteras no pavimentadas [Pagina web del MTC]. Lima: (Julio del 2015). [Fecha de consulta: Junio del 2018]. Recuperado en: [http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/bitstream/usmp/3924/1/rodas\\_ybarra.pdf](http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/bitstream/usmp/3924/1/rodas_ybarra.pdf)
- Manual de ensayos de materiales para carreteras [Pagina web del MTC]. Lima: (Julio del 2016). [Fecha de consulta: Junio del 2018]. Recuperado en [http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/bitstream/usmp/3924/1/rodas\\_ybarra.pdf](http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/bitstream/usmp/3924/1/rodas_ybarra.pdf)
- MEDINA, Armando y CRUZ Marcos. Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI. (En línea) Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas., 2015. [Fecha de consulta: mayo 2018]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/54246911.pdf>
- MÉNDEZ, Jaime. Principios prácticos para la prefabricación y aplicación de pres fuerzo en concreto. (En Línea) México: Universidad Nacional Autónoma de México., 2015. Disponible en: <https://www.google.com/search?q=%E2%80%A2+M%C3%89NDEZ%2C+Jaime.+Principios+pr%C3%A1cticos+para+la+prefabricaci%C3%B3n+y+aplicaci%C3%B3n+de+pres+fuerzo+en+concreto&oq=%E2%80%A2+M%C3%89NDEZ%2C+Jaime.+Principios+pr%C3%A1cticos+para+la+prefabricaci%C3%B3n+y+aplicaci%C3%B3n+de+pres+fuerzo+en+concreto&aqs=chrome..69i57.1072j0j9&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- MEZA, Harold. Evaluación Deflectométrica Obtenida Con La Viga Benkelman Y Diseño De Estructuras De Pavimentos Por El Método AASHTO 2008 En La Avenida Hartley Del Distrito De José Luis Bustamante Y Rivero – Arequipa. (En línea) Perú: Universidad Católica de Santa María., 2017. [Fecha de consulta: mayo 2018]. Disponible en: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM\\_3d7a3bd48d807b7ac38544b8f5e49921](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM_3d7a3bd48d807b7ac38544b8f5e49921)
- MOSTAJO, Jorge. Estudio de probabilidad de falla e implementación de alternativas de solución a deslizamientos en taludes andinos. (En línea) Perú: Universidad Ricardo

- Palma., 2014. [Fecha de consulta: mayo 2018]. Disponible en: [http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/112/mostajo\\_ja.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/112/mostajo_ja.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- ORTIZ, Albino y PITHER, Ascensión. Evaluación del comportamiento vibratorio de puentes peatonales bajo carga peatonal. (En Línea) Perú: Universidad Nacional de Ingeniería., 2013. [Fecha de consulta: junio 2018]. Disponible en: [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1143/1/ortiz\\_ap.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1143/1/ortiz_ap.pdf)
  - Paz, Gonzáles y Samper, Calvete. Aplicabilidad del Radar de subsuelo para el estudio de la zona no saturada del suelo: Ejemplo en Ambientes arenosos costeros. (En Línea) España: Universidad de Vigo., 2005. [Fecha de consulta: mayo 2018]. Disponible en: [https://abe.ufl.edu/faculty/carpena/files/pdf/zona\\_no\\_saturada/estudios\\_de\\_la\\_zona\\_v7/c197-204.pdf](https://abe.ufl.edu/faculty/carpena/files/pdf/zona_no_saturada/estudios_de_la_zona_v7/c197-204.pdf)
  - POLANCO, Enrique. Elementos técnicos básicos de la construcción en ladera- Guatemala. (En Línea) Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala., 2015. [Fecha de consulta: mayo 2018]. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02\\_2563.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_2563.pdf)
  - ROJAS, Faustino. Mejoramiento De La Transitabilidad Vehicular Y Peatonal De La Av. César Vallejo, Tramo Cruce Con La Av. Separadora Industrial Hasta El Cruce Con El Cementerio, En El Distrito De Villa El Salvador, Provincia De Lima, Departamento De Lima. (En Línea) Perú: Municipalidad de Lima, 2017. [Fecha de consulta: abril 2018]. Disponible en: [http://ofi5.mef.gob.pe/proyectos\\_pte/forms/UnidadEjecutora.aspx?tipo=2&IdUE=301291&IdUEBase=301291&periodoBase=2016](http://ofi5.mef.gob.pe/proyectos_pte/forms/UnidadEjecutora.aspx?tipo=2&IdUE=301291&IdUEBase=301291&periodoBase=2016)
  - RODRÍGUEZ, Daniel. Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, Distrito de Castilla. (En Línea) Perú: Universidad de Piura, 2012. [Fecha de consulta: abril 2018]. Disponible en: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI\\_180.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1350/ICI_180.pdf?sequence=1)
  - VÁZQUEZ, María De Los Dolores y GEOVANNY, Sinche Christian. Evaluación Y Diagnostico De Pavimentos Flexibles: Caso Calles Urbanas De La Ciudad De Cuenca. (En Línea) Ecuador: Universidad Católica de Cuenca., 2017. [Fecha de consulta: mayo 2018]. Disponible en: <http://dspace.ucacue.edu.ec/handle/reducacue/78/browse?type=author&order=DESC&rpp=65&value=Sinchi+Sinche%2C+Christian+Geovanny>

- VILLEGAS, Carlos. Evaluación De Estructuras. (En Línea) Perú: Universidad Nacional De Ingeniería., 2016. [Fecha de consulta: mayo 2018]. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2941?mode=full>
- ZEVALLOS, Rafael. Identificación y Evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca – 2017. (En línea) Perú: Universidad Cesar Vallejo., 2017. [Fecha de consulta: mayo 2018]. Disponible en: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/16979/Zevallos\\_GRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/16979/Zevallos_GRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- ZEVALLOS, Othón. Ocupación de laderas e incremento del riesgo de desastres en el distrito metropolitano de Quito. (En Línea) Ecuador: Universidad Católica de Ecuador., 2014. (En línea) Perú: Universidad Cesar Vallejo., 2017. [Fecha de consulta: mayo 2018]. Disponible en: [http://www.desenredando.org/public/libros/1996/cer/CER\\_cap09-ODL\\_ene-7-2003.pdf](http://www.desenredando.org/public/libros/1996/cer/CER_cap09-ODL_ene-7-2003.pdf)

## **VIII. ANEXOS**

## **Anexo 1: Matriz de Operacionalización**



<b>MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</b>				
<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>
<b>Evaluación defletoométrica en pavimentos flexibles</b>	La metodología del estudio desde medidas de deflexión de la AASHTO/93 se conoce como Retro cálculo o calculo inverso.	Nos permite la evaluación del pavimento de tal forma que nos conlleva a resolver las causas que original el mal estado del pavimento.	Diseño Del Pavimento (existente)	Expediente técnico.
			Condición de pavimento	evaluación de falla superficial del pavimento Evaluación de geo radar
			Índice de Serviciabilidad del pavimento	Evaluación defletoométrica Calidad de transitabilidad calificación de la serviciabilidad
<b>Vías de alto transito</b>	Circunstancias causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista. Se presenta también con muchas similitudes en otros fenómenos como el flujo de partículas (líquidos, gases o sólidos) y el de peatones.	Vías con gran magnitud de sobrecarga vehicular.	flujo vehicular	La velocidad El volumen de tránsito. La densidad
			Tipo de vehículo	Vehículo ligero Vehículo pesado Vehículos especiales
			parámetros físicos de la vía	calzada bermas bombeo señalización

Fuente: Elaboración propia, 2018

**Anexo 02. Matriz de Consistencia**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA																		
<p>Problema General:</p> <p>¿La evaluación deflectométrica, en pavimento flexible permitirá determinar, la condición, índice de serviciabilidad en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela?</p> <p>Problema Específicos:</p> <p>¿Cómo la evaluación deflectométrica del pavimento permite examinar el diseño del pavimento flexible en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela?</p> <p>¿La evaluación deflectométrica permite determinar la condición del pavimento flexible en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela?</p> <p>¿La evaluación deflectométrico permite calcular el índice de serviciabilidad en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar la condición, índice de serviciabilidad en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela, a través de la evaluación deflectométrica.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <p>Examinar el diseño del pavimento flexible en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela a través de la evaluación deflectométrica.</p> <p>Determinar la condición del pavimento en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela a través de la evaluación deflectométrica.</p> <p>Calcular el índice de serviciabilidad del pavimento flexible en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela, a través de la evaluación deflectométrica.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>Si se realiza la evaluación deflectométrica, en pavimentos flexibles se determinará, la condición, índice de serviciabilidad en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela.</p> <p>Hipótesis Específicos:</p> <p>La evaluación deflectométrica permitirá examinar las condiciones del diseño del pavimento flexible en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela.</p> <p>Si se realiza la evaluación deflectométrico se determinará la condición del pavimento en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela.</p> <p>Si se realiza la evaluación deflectométrico permitirá calcular el índice de serviciabilidad del pavimento en vías de alto tránsito en el Distrito Cercado de Lima-Av. Venezuela,</p>	<p>Variable 1: Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Dimensiones</th> <th>Indicadores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diseño del pavimento (Existente)</td> <td>Expediente técnico</td> </tr> <tr> <td>Condición del pavimento flexible</td> <td>evaluación de fallas superficial del pavimento Evaluación estructural del pavimento con geo radar</td> </tr> <tr> <td>Índice de serviciabilidad del pavimento</td> <td>Evaluación deflectométrica con (FWD) calificación de la serviciabilidad Calidad de transitabilidad</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Variable 2: Vías de alto tránsito</b></td> </tr> <tr> <th>Dimensiones</th> <th>Indicadores</th> </tr> <tr> <td>flujo vehicular .</td> <td>La velocidad El volumen de tránsito. La densidad</td> </tr> <tr> <td>Tipo de vehículo.</td> <td>Vehículo ligero Vehículo pesado Vehículos especiales</td> </tr> <tr> <td>parámetros físicos de la vía.</td> <td>calzada bermas bombeo señalización</td> </tr> </tbody> </table>	Dimensiones	Indicadores	Diseño del pavimento (Existente)	Expediente técnico	Condición del pavimento flexible	evaluación de fallas superficial del pavimento Evaluación estructural del pavimento con geo radar	Índice de serviciabilidad del pavimento	Evaluación deflectométrica con (FWD) calificación de la serviciabilidad Calidad de transitabilidad	<b>Variable 2: Vías de alto tránsito</b>		Dimensiones	Indicadores	flujo vehicular .	La velocidad El volumen de tránsito. La densidad	Tipo de vehículo.	Vehículo ligero Vehículo pesado Vehículos especiales	parámetros físicos de la vía.	calzada bermas bombeo señalización	<p><b>Tipo de investigación</b></p> <p><b>Tipo Aplicada.</b></p> <p><b>Diseño de investigación</b></p> <p>La investigación se considera de Nivel Explicativo. Según (Hernandez Sampieri, y otros, 2010 pág. 83 y 85) , el diseño de investigación que se aplicó en el presente estudio es No – Experimental de corte transversal.</p> <p><b>Enfoque de investigación</b></p> <p><b>Cuantitativo.</b></p>
Dimensiones	Indicadores																					
Diseño del pavimento (Existente)	Expediente técnico																					
Condición del pavimento flexible	evaluación de fallas superficial del pavimento Evaluación estructural del pavimento con geo radar																					
Índice de serviciabilidad del pavimento	Evaluación deflectométrica con (FWD) calificación de la serviciabilidad Calidad de transitabilidad																					
<b>Variable 2: Vías de alto tránsito</b>																						
Dimensiones	Indicadores																					
flujo vehicular .	La velocidad El volumen de tránsito. La densidad																					
Tipo de vehículo.	Vehículo ligero Vehículo pesado Vehículos especiales																					
parámetros físicos de la vía.	calzada bermas bombeo señalización																					

Fuente: elaboración propia 2018.

**ANEXO N° 3.** Ficha de datos referenciales del  
expediente técnico

Los datos del diseño del pavimento de la Av. Venezuela fueron proporcionado y firmado por la consultoría VERA Y MORENO, conseguir autorización del expediente físico no fue posible por ninguna entidad, el jefe de proyectos de la consultoría vera y moreno menciona que ellos tienen un contrato de confidencialidad con EMAPE. por lo tanto, no podrían transferir los resultados de dicho documento sin la autorización de EMAPE.



**TABLA DE DATOS DE DISEÑO DEL PAVIMENTO DE LA AV. VENEZUELA ELABORADO POR LA CONSULTORIA VERA & MORENO**

**SOLICITANTE: WILFREDO ALAMO ACEVEDO**

Descripción	Información necesaria Expediente Técnico
Diseño de Vida útil del Proyecto	30 años
Nivel de Confiabilidad ( $F_R$ )	90%
Standard Normal Deviate ( $Z_R$ )	-1.282
Standard Deviation ( $S_o$ )	0.035
Serviciabilidad inicial ( $p_i$ )	4.5
Serviciabilidad final ( $p_t$ )	2.3
Cd	1.0
Ec (psi)	4021694.37
Sc (psi)	597
J	3.2
Velocidad promedio de diseño	40km/h
Flujo vehicular mañana	2,303 vehículos, ( 7:15 a 8:15 horas)
Flujo vehicular Tarde	2.136 vehículos, (18:15 a 19:15 horas)
Autos y camionetas –mañana	58.8%
Combis y ómnibus -mañana	28.3%
Camiones-mañana	12.9%
Autos y camionetas-tarde	63%
Combis y ómnibus-tarde	27.5%
Camiones-tarde	9.8%
Segunda capa asfáltica	
Primera capa asfáltica	
Base granular	15.0cm
Subbase	25.0cm
CBR en promedio	80 %
PCI	85%-95%, condición excelente
Mr	
SN	

  
 Carlos Manuel Segura Pérez  
 INGENIERO CIVIL  
 REGISTRO C.I.P. 32385

Se muestra la caratula autenticado por una profesional del expediente técnico de la av. Venezuela

**ANEXO N° 4. Ficha de recolección datos**

**Encuesta sobre la Vía de Alto Tránsito de la Av. Venezuela**

Encuestador: Wilfredo Álamo Acevedo

Fecha: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Encuestado:

Nombres y Apellidos.....firma \_\_\_\_\_

Responda con sinceridad las siguientes preguntas de acuerdo a su criterio:

La presente Encuesta tiene como objetivo de medir la velocidad, serviciabilidad y transitabilidad de la vía de alto tránsito en la Av. Venezuela (Marca con una x)

Ítem 1. VELOCIDAD

1: ¿Cuál es la velocidad promedio, con que usted transita en esta avenida?

(Combi) (Cuaster)

Velocidad 10- 30 km/h ( )

Velocidad 30 - 60 km/h ( )

Velocidad 60 - 90 km/h ( )

Velocidad 90 - 120 km/h ( )

Ítem 2. CALIDAD DE SERVICIABILIDAD

1: ¿Cuál es su calificación sobre la comodidad y seguridad por las fallas del pavimento que presenta en su superficie al pasar por esta vía con su vehículo?

Bueno ( ) Regular ( ) Malo ( )

2: ¿Usted, cómo califica la calidad del flujo vehicular en esta Av.?

Bueno ( ) Regular ( ) Malo ( )

3: ¿Usted, cómo califica el nivel de servicio de transito de la Av.?

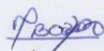
Bueno ( ) Regular ( ) Malo ( )

Ítem 3. CALIDAD DE TRANSITABILIDAD

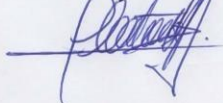
1: ¿Qué nivel de transitabilidad le pones a esta vía cuando te trasladas con tu vehículo rutinario?

Bueno ( ) Regular ( ) Malo ( )

MARGAREIDA BOZA O  
Ing.  
Cip 80500



VICTOR CASTAÑEDA  
Ing.  
Cip 10361T



Jose Benites  
Ing.  
Cip 126769







**EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA EN PAVIMENTO FLEXIBLE PARA DETERMINAR LA CONDICIÓN, ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD EN VIAS DE ALTO TRÁNSITO EN EL DISTRITO CERCADO DE LIMA- AVENIDA VENEZUELA**

FORMATO N° 1

TRAMO DE LA VÍA		AV. UNIVERSITARIA, HASTA LA AV. TINGO MARÍA										ESTUDIO DE TRÁFICO											
SENTIDO		W ←					E →					ESTACIÓN		CODIGO DE LA ESTACIÓN									
UBICACIÓN		CERCADO DE LIMA										DÍA Y FECHA											
DÍA		1																					
HORA	SENTIDO	TRANSPORTE DE USO PERSONAL				TRANSPORTE PUBLICO				TRANSPORTE DE CARGA												TOTAL VEHÍCULO	
		AUTO	STATION WAGON	MINIVAN	PICK UP	COMBI	CUSTER	BUS		CAMIONETA	CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER					
DIAGRA. VEH.								2 E	>=3 E		FURGON 2E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S1	>=3S3	2T2	2T3	3T2		
00-01	E																						
01-02	E																						
02-03	E																						
03-04	E																						
04-05	E																						
05-06	E																						
06-07	E																						
07-08	E																						
08-09	E																						
09-10	E																						
10-11	E																						
11-12	E																						
12-13	E																						
13-14	E																						
14-15	E																						
15-16	E																						
16-17	E																						
17-18	E																						
18-19	E																						
19-20	E																						
20-21	E																						
21-22	E																						
22-23	E																						
23-24	E																						
PARCIAL:																							

ING: MARGARITA BOZA D.  
CIP: 80560

ING: VICTOR CASTAÑEDA  
CUP: 1020TT

ING: José Benites  
CIP: 126769

HORA PUNTA DE LA MAÑANA  
HORA PUNTA DE LA TARDE  
TOTAL VEHÍCULO





# FWD Calibration

Date of Calibration: 29-Sep-2018

Calibration Center: Dynatest Field Set

Calibration Center Operator: Juan José García Espinosa

Signature

FWD Owner: Dynatest Peru

FWD Manufacturer: Dynatest

FWD Model: 8082

FWD Serial Number: 8082-152

FWD Operator: Yhan Quispe

Reference Load Cell: HS-010

Reference Accelerometer: SN 9392

WinFWD Cal Software: Version 2.2.12

## LOAD CELL CALIBRATION

Serial Number	Initial Gain	Reference Gains		Average Gain	Final Gain
		1	2		
984	1.000	0.994	0.993	0.993	0.993

## DEFLECTION SENSOR CALIBRATION

Serial Number	Initial Gain	Reference Gains		Relative Gains		Final Gain
		1	2	1	2	
8641	1.012	1.004	1.004	1.004	1.004	1.004
8642	1.011	1.005	1.006	1.006	1.005	1.005
8643	1.007	0.999	1.001	1.001	0.999	1.000
8644	1.008	0.999	1.001	1.001	0.999	1.000
8645	1.012	1.004	1.003	1.003	1.004	1.003
8646	1.011	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
8647	1.011	1.000	1.000	1.000	1.001	1.000
8648	1.016	1.012	1.010	1.009	1.011	1.010
8649	0.977	0.965	0.966	0.966	0.967	0.966

### Messages:

#### Load Cell:

All data checks passed

#### Sensor Reference Calibration:

Reference Calibrations Accepted.

Reference Trial Acceptance Criteria Met.

#### Sensor Relative Calibration:

Sensor Calibration Completed!

Final Acceptance Criteria are met for all sensors.



Dynatest North America,  
 Inc. 11415 Old Roswell  
 Rd.  
 STE 100 Alpharetta, GA 30009 USA  
 Telephone +1 904 964-3777  
 FAX +1 904 964-3749  
 Webpage: www.dynatest.com  
 E-mail: pcc@dynatest.com  
 Pavement Engineering  
 Specialists and Equipment

Acta de validaci3n de Calibraci3n

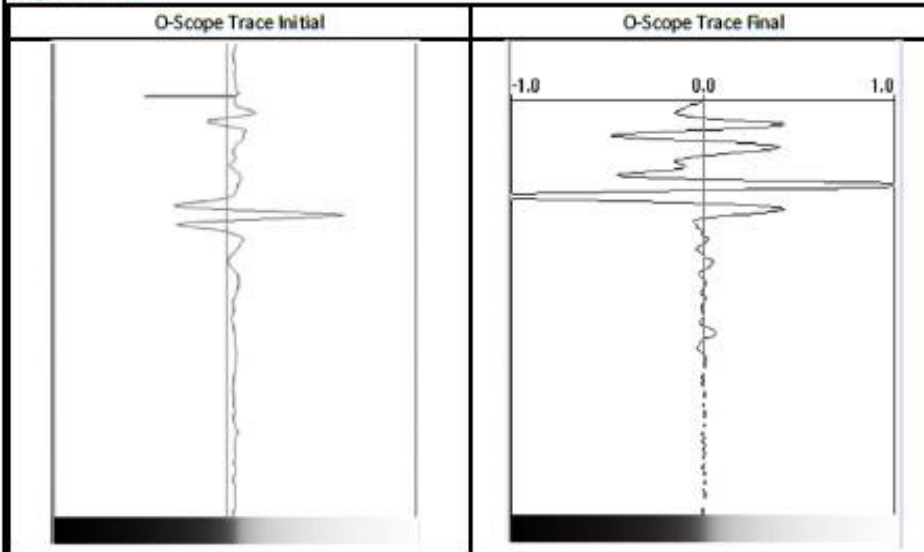
Issued to:	Document No.
Customer: Dynatest Per3 S.A.C	Date: October 2018
	Instrument
Adress: Calle los Libertadores 215 San Isidro Lima	Make: DYNATEST CONSULTING, INC. Type: GPR Model: 1 GHz 400 MHz
Contact: Alonso Arascue	Serial #:

DMI Calibration

Rotary Encoder Serial	Initial Calibration Value	Final Calibration Value
E50S8-1024-3-T-24	8348	8415

\*Pul/km Direct

Couplin Calibration



PERFORMED BY:

Juan Jos3 Garcia  
 Dynatest Certified Technician

September, 2018

Date

14

**ANEXO N° 5. Ubicación del Proyecto en estudio**

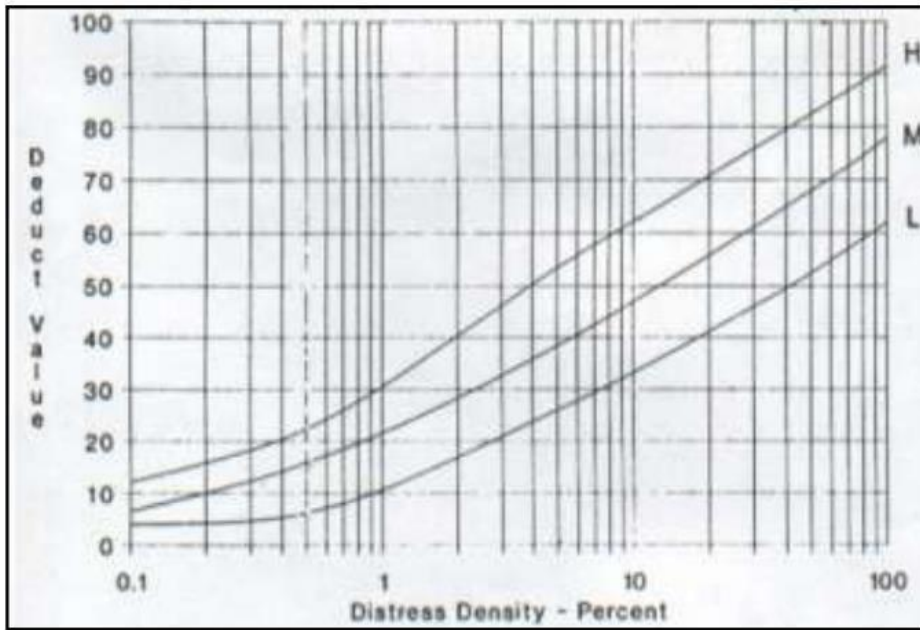


La muestra de investigación consta con una longitud de 2362m, es un tramo que se encuentra en la av. república de Venezuela, localizada de la intersección de la av. Universitaria hasta la intersección de la av. Tingo María, la población de estudio consta de 8458 m de longitud. En la dicha av.

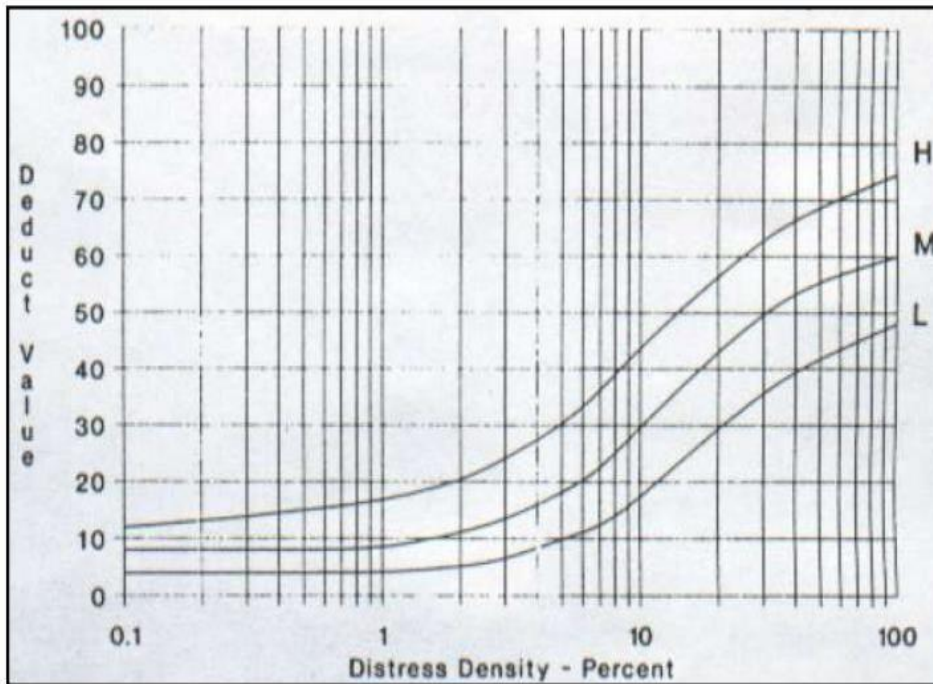
El tramo se toma como muestra de investigación, es porque la vía presentaba muchas fallas superficiales, y al pasar con automóvil, observé unos hoyos de hasta 0.50 m de diámetro, el vehículo tenía mucha dificultad para realizar su recorrido, el conductor realizaba mucha destreza de habilidad de maniobra para esquivar los baches, esta vía importante para ser de alto tránsito, no tenía buenas condiciones de servicio, por ese motivo lo tome como tesis de investigación utilizando el deflectómetro de impacto (FWD), Georadar (GPR), ya en el proceso de investigación también se analizó por el método de caracterización por falla. Se concluye el pavimento de la vía de alto tránsito de la av. Venezuela se encuentra en mal estado por muchos motivos y factores que lo influye, así como: el paso del tiempo, en ciertos tramos es reparado superficialmente sin mejorar la base, eso hace que los materiales de base sufran el esponjamiento ya que el agua ingresa por las grietas, a raíz de eso el material pierde su compactación, por ese motivo se forman baches. también se pudo corroborar con el Georadar ya que, se tomó medidas mediante ondas electromagnéticas el espesor del pavimento, tanto la base, la sub-base y el asfalto. No cumplen en sus estructuras lo que pide la normativa, tampoco cumple con el diseño del expediente técnico posiblemente la falla es en la construcción.

**ANEXO N° 6. Curvas de Valor deducido y Grafico para determinar CVD**

Piel de Cocodrilo

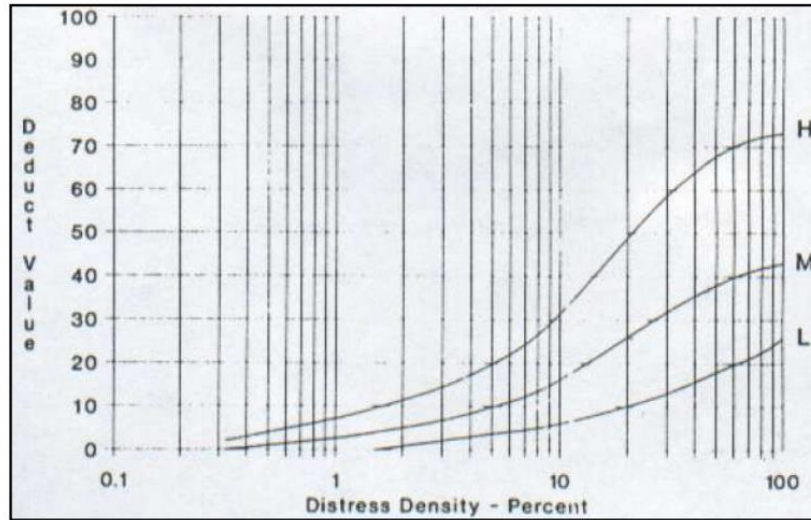


Depresión

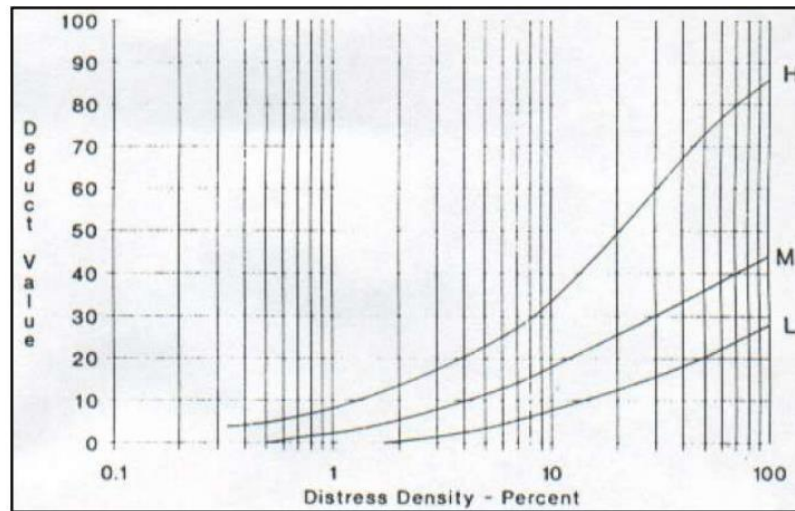




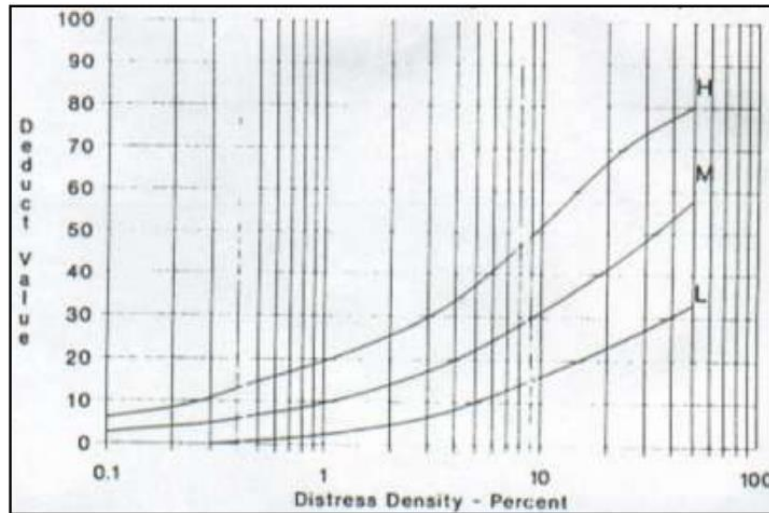
### Reflexión de juntas



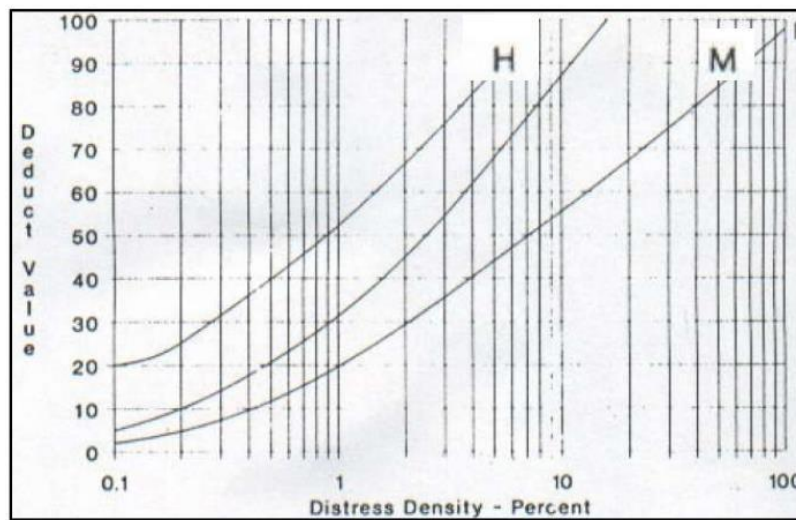
### Grietas longitudinales y transversal



### Parches



### Baches



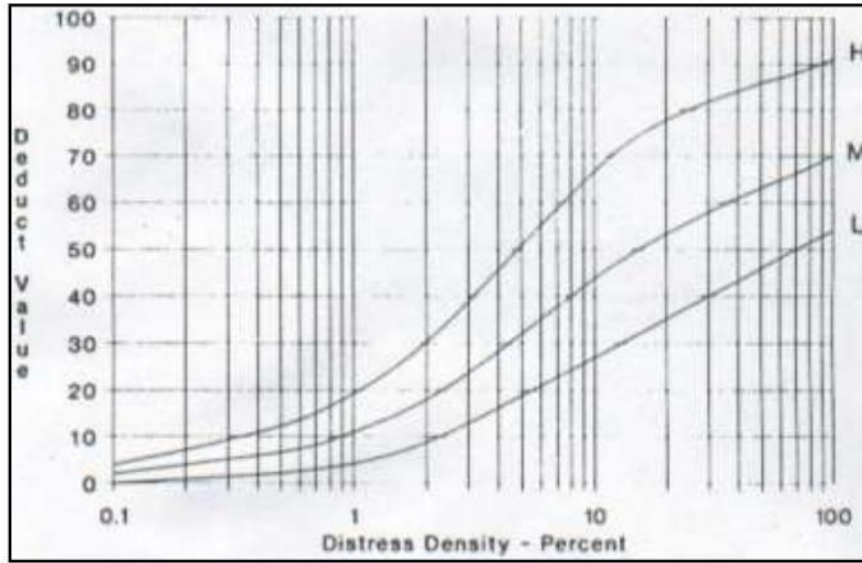
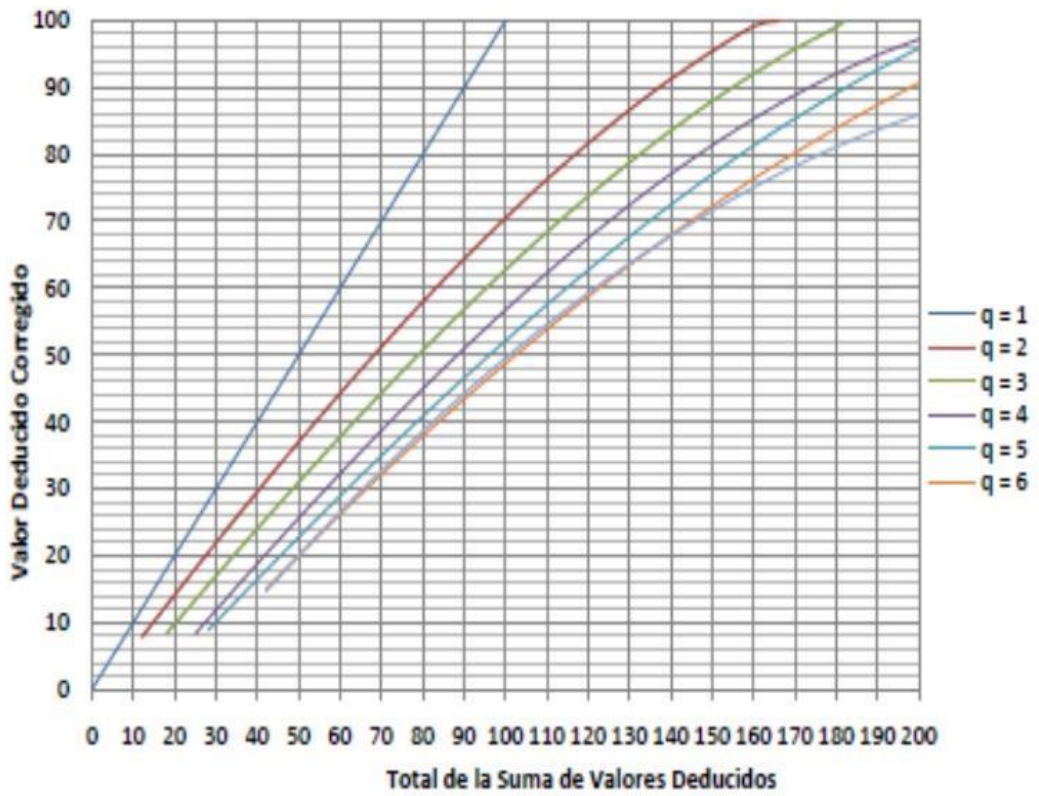
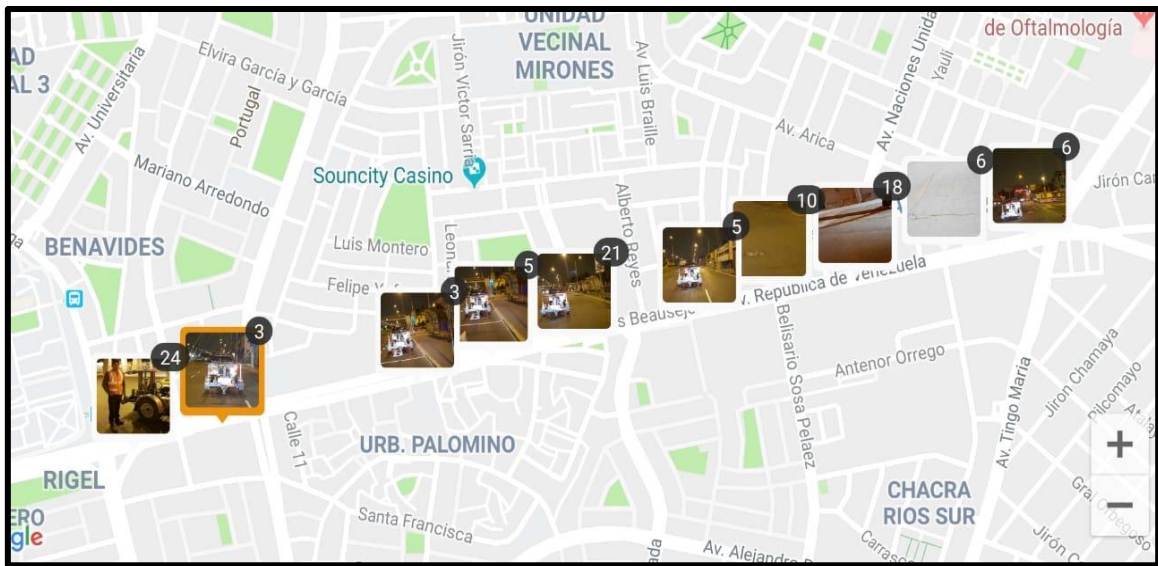


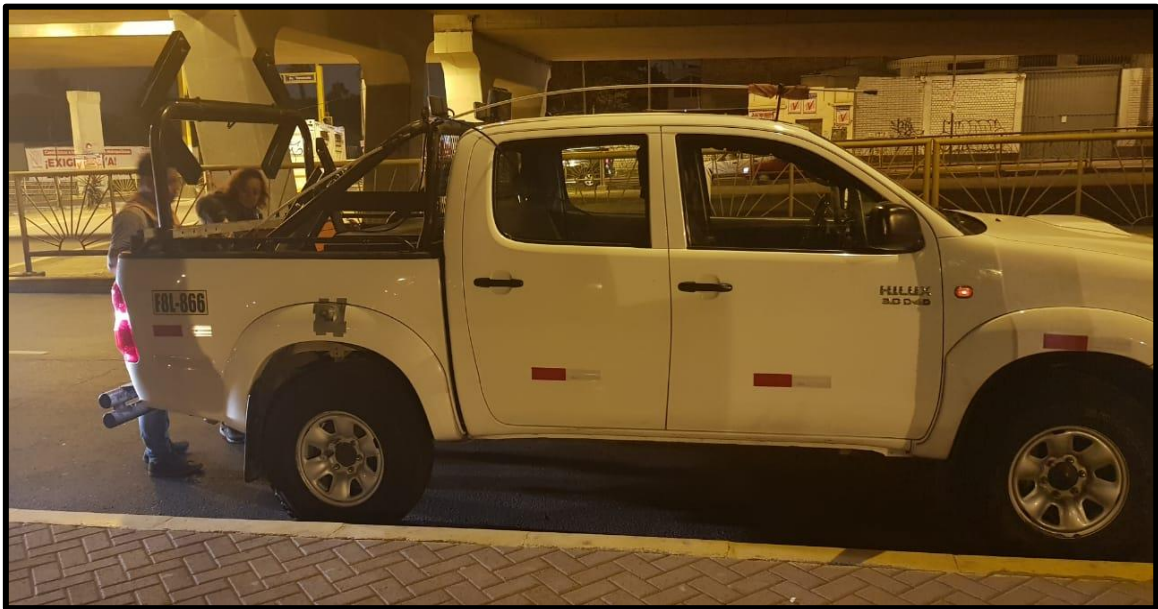
Grafico para determinar CVD



## **ANEXO 07. Paneles fotográficos**



Se detalla el recorrido de la muestra de investigación, los puntos de auscultación del (FWD), son fotografías capturas en el recorrido de la avenida Venezuela desde el punto inicial km 0.000+ hasta el punto final que se encuentra en el km. 2+362, en la avenida tingo María. Las imágenes fueron registradas a la madrugada del 17 de octubre del 2018 a horas entre 2 a 4 am



Es la fotografía de la camioneta que transporta el equipo de auscultación geo radar realizado por la empresa DYNATEST, fue registrado en el km 0+000




La foto se ubica en el primer punto del km 0+000 entre la avenida Venezuela y la avenida universitaria, se aprecia el deflectómetro de impacto (FWD) en la posición de auscultación del primer impacto en horas de la madrugada del 17 de octubre del 2018 a horas 2:58 am el motivo de realizar a esta hora la evaluación deflectométrica es por evitar la obstrucción vehicular



En esta fotografía se muestra el equipo en pleno auscultación a lo largo de la Av. Venezuela realizando la evaluación deflectométrica (FWD), el plato principal se encuentra en contacto con el pavimento, se realizó a cada 200 m por carril y aun intervalo de 100m de un carril al otro en posición de zigzag, tiempo estimado de cada auscultación de 5 sg por punto

**Anexo 08.** Diagnóstico de Georradar GPR

# Diagnostico de Georradar GPR

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL TRAMO DE LA AVENIDA VENEZUELA COMPRENDIDO ENTRE LA AVENIDA UNIVERSITARIA Y LA AVENIDA TINGO MARÍA								 THE ROAD FOR FUTURE TRAVEL		
Reporte #	1	Reporte GPR								
DIAGNÓSTICO DE GEORRADAR (GPR) Final										
Longitud ta Granular Granular										
1 2										
Archivo	Tramo	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Proyecto K0+000	Proyecto K0+020	(m) 20	Asfáltica (m) 0.11	(m) 0.19	(m) 0.20	Eventos
		K0+000	K0+020	K0+020	K0+040	20	0.12	0.17	0.44	
		K0+020	K0+040	K0+040	K0+060	20	0.14	0.16	0.42	
		K0+040	K0+060	K0+060	K0+080	20	0.13	0.16	0.34	
		K0+060	K0+080	K0+080	K0+100	20	0.14	0.16	0.31	
		K0+080	K0+100	K0+100	K0+120	20	0.13	0.16	0.32	
		K0+100	K0+120	K0+120	K0+140	20	0.13	0.15	0.28	
		K0+120	K0+140	K0+140	K0+160	20	0.13	0.15	0.26	
		K0+140	K0+160	K0+160	K0+180	20	0.14	0.14	0.29	
		K0+160	K0+180	K0+180	K0+200	20	0.14	0.14	0.32	
		K0+180	K0+200	K0+200	K0+220	20	0.15	0.16	0.21	
		K0+200	K0+220	K0+220	K0+240	20	0.14	0.17	0.20	
		K0+220	K0+240	K0+240	K0+260	20	0.14	0.16	0.22	
		K0+240	K0+260	K0+260	K0+280	20	0.13	0.16	0.25	
		K0+260	K0+280	K0+280	K0+300	20	0.14	0.15	0.24	
		K0+280	K0+300	K0+300	K0+320	20	0.13	0.16	0.21	
		K0+300	K0+320	K0+320	K0+340	20	0.14	0.14	0.27	
		K0+320	K0+340	K0+340	K0+360	20	0.14	0.15	0.23	Semáforo
		K0+340	K0+360	K0+360	K0+380	20	0.15	0.16	0.20	
		K0+360	K0+380	K0+380	K0+400	20	0.14	0.17	0.19	
		K0+380	K0+400	K0+400	K0+420	20	0.14	0.16	0.18	
		K0+400	K0+420	K0+420	K0+440	20	0.14	0.15	0.20	
		K0+420	K0+440	K0+440	K0+460	20	0.14	0.17	0.18	
		K0+440	K0+460	K0+460	K0+480	20	0.15	0.14	0.20	
		K0+460	K0+480	K0+480	K0+500	20	0.15	0.18	0.19	
		K0+480	K0+500	K0+500	K0+520	20	0.15	0.17	0.23	
		K0+500	K0+520	K0+520	K0+540	20	0.14	0.16	0.21	
		K0+520	K0+540	K0+540	K0+560	20	0.15	0.17	0.21	
		K0+540	K0+560	K0+560	K0+580	20	0.13	0.16	0.25	
		K0+560	K0+580	K0+580	K0+600	20	0.14	0.16	0.21	
		K0+580	K0+600	K0+600	K0+620	20	0.13	0.11	0.25	
		K0+600	K0+620	K0+620	K0+640	20	0.14	0.13	0.24	
		K0+620	K0+640	K0+640	K0+660	20	0.15	0.14	0.26	
		K0+640	K0+660	K0+660	K0+680	20	0.15	0.16	0.19	
		K0+660	K0+680	K0+680	K0+700	20	0.15	0.14	0.18	
		K0+680	K0+700	K0+700	K0+720	20	0.14	0.15	0.21	
		K0+700	K0+720	K0+720	K0+740	20	0.13	0.16	0.20	
		K0+720	K0+740	K0+740						



K0+740	K0+760	K0+740	K0+760	20	0.14	0.14	0.19	
K0+760	K0+780	K0+760	K0+780	20	0.14	0.15	0.20	
K0+780	K0+800	K0+780	K0+800	20	0.14	0.16	0.20	
K0+800	K0+820	K0+800	K0+820	20	0.14	0.13	0.21	
K0+820	K0+840	K0+820	K0+840	20	0.14	0.15	0.20	
K0+840	K0+860	K0+840	K0+860	20	0.14	0.21	0.12	
K0+860	K0+880	K0+860	K0+880	20	0.14	0.16	0.18	
K0+880	K0+900	K0+880	K0+900	20	0.13	0.09	0.28	
K0+900	K0+920	K0+900	K0+920	20	0.14	0.16	0.21	
K0+920	K0+940	K0+920	K0+940	20	0.15	0.19	0.19	
K0+940	K0+960	K0+940	K0+960	20	0.14	0.15	0.25	
K0+960	K0+980	K0+960	K0+980	20	0.14	0.19	0.18	
K0+980	K1+000	K0+980	K1+000	20	0.14	0.20	0.16	
K1+000	K1+020	K1+000	K1+020	20	0.14	0.19	0.20	
K1+020	K1+040	K1+020	K1+040	20	0.14	0.17	0.18	
K1+040	K1+060	K1+040	K1+060	20	0.15	0.19	0.17	
K1+060	K1+080	K1+060	K1+080	20	0.16	0.16	0.22	
K1+080	K1+100	K1+080	K1+100	20	0.15	0.17	0.19	
K1+100	K1+120	K1+100	K1+120	20	0.14	0.17	0.21	
K1+120	K1+140	K1+120	K1+140	20	0.14	0.16	0.20	
K1+140	K1+160	K1+140	K1+160	20	0.13	0.17	0.20	Semáforo
K1+160	K1+180	K1+160	K1+180	20	0.13	0.16	0.21	
K1+180	K1+200	K1+180	K1+200	20	0.14	0.18	0.21	
K1+200	K1+220	K1+200	K1+220	20	0.15	0.14	0.23	
K1+220	K1+240	K1+220	K1+240	20	0.14	0.17	0.20	
K1+240	K1+260	K1+240	K1+260	20	0.13	0.16	0.20	
K1+260	K1+280	K1+260	K1+280	20	0.13	0.18	0.19	
K1+280	K1+300	K1+280	K1+300	20	0.14	0.18	0.20	
K1+300	K1+320	K1+300	K1+320	20	0.15	0.16	0.21	
K1+320	K1+340	K1+320	K1+340	20	0.16	0.15	0.20	
K1+340	K1+360	K1+340	K1+360	20	0.14	0.15	0.21	
K1+360	K1+380	K1+360	K1+380	20	0.14	0.18	0.18	
K1+380	K1+400	K1+380	K1+400	20	0.14	0.18	0.20	
K1+400	K1+420	K1+400	K1+420	20	0.15	0.15	0.19	Resalto
K1+420	K1+440	K1+420	K1+440	20	0.16	0.17	0.20	
K1+440	K1+460	K1+440	K1+460	20	0.15	0.16	0.24	
K1+460	K1+480	K1+460	K1+480	20	0.14	0.16	0.21	
K1+480	K1+500	K1+480	K1+500	20	0.17	0.17	0.18	
K1+500	K1+520	K1+500	K1+520	20	0.14	0.15	0.24	
K1+520	K1+540	K1+520	K1+540	20	0.14	0.18	0.19	
K1+540	K1+560	K1+540	K1+560	20	0.15	0.18	0.15	
K1+560	K1+580	K1+560	K1+580	20	0.15	0.15	0.23	
K1+580	K1+600	K1+580	K1+600	20	0.14	0.15	0.24	
K1+600	K1+620	K1+600	K1+620	20	0.15	0.20	0.20	
K1+620	K1+640	K1+620	K1+640	20	0.14	0.23	0.26	
K1+640	K1+660	K1+640	K1+660	20	0.13	0.22	0.26	Semáforo

K1+660	K1+680	K1+660	K1+680	20	0.18	0.18	0.24	
K1+680	K1+700	K1+680	K1+700	20	0.13	0.25	0.23	
K1+700	K1+720	K1+700	K1+720	20	0.11	0.26	0.21	
K1+720	K1+740	K1+720	K1+740	20	0.12	0.31	0.13	
K1+740	K1+760	K1+740	K1+760	20	0.11	0.29	0.16	
K1+760	K1+780	K1+760	K1+780	20	0.13	0.27	0.15	
K1+780	K1+800	K1+780	K1+800	20	0.12	0.25	0.16	
K1+800	K1+820	K1+800	K1+820	20	0.18	0.18	0.17	Resalto
K1+820	K1+840	K1+820	K1+840	20	0.17	0.17	0.22	
K1+840	K1+860	K1+840	K1+860	20	0.14	0.13	0.28	
K1+860	K1+880	K1+860	K1+880	20	0.13	0.17	0.18	
K1+880	K1+900	K1+880	K1+900	20	0.12	0.18	0.18	
K1+900	K1+920	K1+900	K1+920	20	0.12	0.20	0.17	
K1+920	K1+940	K1+920	K1+940	20	0.10	0.23	0.22	
K1+940	K1+960	K1+940	K1+960	20	0.08	0.27	0.17	
K1+960	K1+980	K1+960	K1+980	20	0.10	0.24	0.21	
K1+980	K2+000	K1+980	K2+000	20	0.10	0.23	0.20	
K2+000	K2+020	K2+000	K2+020	20	0.09	0.23	0.20	
K2+020	K2+040	K2+020	K2+040	20	0.09	0.26	0.18	
K2+040	K2+060	K2+040	K2+060	20	0.10	0.22	0.15	
K2+060	K2+080	K2+060	K2+080	20	0.09	0.25	0.11	
K2+080	K2+100	K2+080	K2+100	20	0.09	0.24	0.18	
K2+100	K2+120	K2+100	K2+120	20	0.09	0.24	0.17	
K2+120	K2+140	K2+120	K2+140	20	0.09	0.26	0.17	
K2+140	K2+160	K2+140	K2+160	20	0.11	0.23	0.16	
K2+160	K2+180	K2+160	K2+180	20	0.11	0.20	0.21	
K2+180	K2+200	K2+180	K2+200	20	0.10	0.22	0.19	
K2+200	K2+220	K2+200	K2+220	20	0.10	0.21	0.20	
K2+220	K2+240	K2+220	K2+240	20	0.09	0.23	0.16	
K2+240	K2+260	K2+240	K2+260	20	0.11	0.22	0.15	
K2+260	K2+280	K2+260	K2+280	20	0.10	0.23	0.13	
K2+280	K2+300	K2+280	K2+300	20	0.14	0.19	0.14	
K2+300	K2+320	K2+300	K2+320	20	0.13	0.19	0.19	Semáforo
K2+320	K2+340	K2+320	K2+340	20	0.11	0.20	0.19	
K2+340	K2+360	K2+340	K2+360	20	0.12	0.19	0.19	

Fuente: Dynatest

**ANEXO N° 8. Informe técnico del Ensayo de FWD y GPR**

**DYNATEST PERÚ S.A.C.**

Ca. Los Libertadores 215  
San Isidro  
Lima, Perú.  
Tel: +51 421 2707  
E-mail: [DPE@dynatest.com](mailto:DPE@dynatest.com)  
Página Web: [www.dynatest.com](http://www.dynatest.com)  
Especialistas en Ingeniería de Pavimentos y  
Equipos

## **EVALUACIÓN ESTRUCTURAL**

**TRAMO: AV. VENEZUELA, ENTRE AV. UNIVERSITARIA –  
AV. TINGO MARÍA**



*PREPARADO POR:*

**DYNATEST PERÚ S.A.C.**

**Especialista: Ing. Javier Ortíz**

[jortiz@dynatest.com](mailto:jortiz@dynatest.com)

**David Miñano Torres**

[dminano@dynatest.com](mailto:dminano@dynatest.com)

**Teléfonos: +51 421 2707 / +51 945 544 421**

**Estado del Informe: Primera Versión – 23/10/2018**

**Octubre 2018**

