



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“CORRELACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. METROPOLITANA, TRAMO (IDA Y VUELTA): AV. UNIVERSITARIA - AV. GREGORIO APAZA, EN EL DISTRITO DE COMAS, CIUDAD DE LIMA, EN EL AÑO 2019.”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Carlos Lisandro, Fernandez Ruiz

Asesor:

Msc. Ing. Neicer Campos Vásquez

Lima - Perú

2021

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor digite el nombre del asesor, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de
Elija un elemento, Carrera profesional de Elija un elemento, ha realizado el seguimiento del
proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- *Apellidos y nombres de los estudiantes*
-

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: *Haga clic o pulse aquí para escribir texto* para
aspirar al título profesional de: digite el título profesional por la Universidad Privada del Norte,
reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su
presentación.

Ing. /Lic./Mg./Dr. Nombre y Apellidos

Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: *Haga clic o pulse aquí para escribir texto*, para aspirar al título profesional con la tesis denominada: *Haga clic o pulse aquí para escribir texto*.

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos

Jurado

Presidente

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos

Jurado

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos

Jurado

DEDICATORIA

A mis padres Walter Fernandez y Maritza Ruiz por su infinito apoyo brindado antes, durante y después de mi etapa como universitario, por haber confiado en mí, velar por mi bienestar y por sus sugerencias para poder sobresalir. A mis hermanos Jhasmin y Rodrigo por su incondicional cariño. A mis abuelos los cuales permanecieron conmigo durante toda mi infancia, por sus incontables historias, consejos y su infinita motivación.

AGRADECIMIENTO

Expresar mi más sincero agradecimiento a las empresas INTECONSULT SAC y MAELIH SRL por brindarme las facilidades para llevar a cabo este trabajo de investigación, también agradecer a los diferentes ingenieros que siempre contaron con la disponibilidad para poder asesorarme y apoyarme, en especial a mi padre Walter Fernandez por sus innumerables sugerencias.

Tabla de contenido

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS	2
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE ECUACIONES	16
RESUMEN.....	17
ABSTRACT	18
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	19
1.1. Realidad Problemática.....	19
1.2. Antecedentes.....	24
1.2.1. A nivel internacional.....	24
1.2.2. A nivel nacional.....	29
1.3. Bases Teóricas	38
1.3.1. Definición Pavimento.....	38
1.4. Evaluación de Pavimentos.....	42
1.4.1. Importancia de Evaluación de Pavimentos.....	43
1.4.2. Fallas en el Pavimento	43
1.4.3. Tipos de Fallas en los Pavimentos.....	44
1.5. Evaluación Funcional	45
1.5.1. Índice de Condición de Pavimento (PCI).....	45
1.5.2. Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)	52
1.5.3. Índice de Rugosidad Internacional (IRI).....	55
1.6. Evaluación Estructural.....	65
1.6.1. Métodos directos de auscultación	65
1.6.2. Métodos indirectos de auscultación estructural	66
1.6.3. Aplicación del método CONREVIAl para la determinación de deflexiones con las lecturas de campo obtenidas	73
1.7. Formulación del problema.....	82
1.7.1. Problemas Específicos	82

1.8.	Objetivos.....	82
1.8.1.	<i>Objetivo general</i>	82
1.8.2.	<i>Objetivos específicos</i>	83
1.9.	Hipótesis.....	83
1.9.1.	<i>Hipótesis general</i>	83
1.9.2.	<i>Hipótesis específicas</i>	83

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA..... 84

2.1.	Tipo de investigación.....	84
2.1.1.	<i>Enfoque</i>	84
2.1.2.	<i>Diseño de Investigación</i>	85
2.1.3.	<i>Tipo de Diseño de Investigación</i>	85
2.1.4.	<i>Alcance de la investigación</i>	85
2.2.	Operacionalización de Variables.....	86
2.3.	Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	87
2.3.1.	<i>Población</i>	87
2.3.2.	<i>Muestra</i>	87
2.4.	Materiales, instrumentos y métodos.....	89
2.4.1.	<i>Materiales a usar en campo</i>	89
2.4.2.	<i>Métodos</i>	89
2.5.	Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	91
2.5.1.	<i>Materiales e instrumentos para la evaluación del estado de conservación funcional mediante el método PCI</i>	91
2.5.2.	<i>Materiales e Instrumentos para la determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI)</i>	95
2.5.3.	<i>Materiales e Instrumentos para la realización de ensayos de deflexiones</i>	96
2.6.	Validez y Confiabilidad.....	98
2.6.1.	<i>Validez</i>	98
2.6.2.	<i>Confiabilidad</i>	100
2.7.	Desarrollo de los Objetivos.....	101
2.7.1.	<i>Procedimiento y recolección de datos</i>	101
2.7.2.	<i>Procesamiento y Análisis de Datos</i>	110
2.8.	Aspectos Éticos.....	121

CAPÍTULO III. RESULTADOS..... 122

3.1.	Datos Generales.....	122
3.1.1.	<i>Ubicación</i>	122
3.2.	Características del Área de Estudio.....	123

3.3.	Resultados del Índice de Condición del Pavimento	124
3.3.1.	<i>Fallas encontradas por Unidad de Muestreo.....</i>	<i>131</i>
3.3.2.	<i>Interpretación de Resultado PCI.....</i>	<i>139</i>
3.3.3.	<i>Prueba de Hipótesis Especifica 1.....</i>	<i>139</i>
3.4.	Resultados del IRI mediante el rugosímetro de MERLIN	140
3.4.1.	<i>Interpretación de Resultados para el IRI.....</i>	<i>146</i>
3.4.2.	<i>Prueba de Hipótesis Especifica 2.....</i>	<i>146</i>
3.5.	Resultados de deflexiones con el uso de la Viga Benkelman.....	146
3.5.1.	<i>Cálculo de la Deflexión Admisible.....</i>	<i>152</i>
3.5.2.	<i>Juicio Estructural del Área de Estudio</i>	<i>156</i>
3.5.3.	<i>Interpetacion de Resultados de las deflexiones:</i>	<i>156</i>
3.5.4.	<i>Prueba de Hipótesis Especifica 3.....</i>	<i>156</i>
3.6.	Determinación de la Correlación entre el Estado de Conservación Funcional vs Estructural	157
3.6.1.	<i>Resultados de Prueba de Normalidad y Varianza para el Parámetro PCI157</i>	
3.6.2.	<i>Resultados de Prueba de Normalidad y Varianza para el Parámetro IRI162</i>	
3.6.3.	<i>Resultados de Prueba de Normalidad y Varianza para el Parámetro Deflexiones</i>	<i>166</i>
3.7.	Resultados de Correlación Mediante la Aplicación de la Prueba Estadística Correlación De Pearson.....	169
3.7.1.	<i>Alternativa N° 01: Deflexiones vs Índice de la Condición del Pavimento (PCI)</i>	<i>169</i>
3.7.2.	<i>Alternativa 2: Deflexiones vs Índice de Rugosidad Internacional (IRI) ..</i>	<i>175</i>
3.8.	Prueba de Hipótesis General.....	181
3.9.	Respuestas a las Preguntas de Investigación	181
3.10.	Respuestas a los Objetivos de Investigación	183
	CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	185
4.1.	Discusión	185
4.1.1.	<i>Limitaciones:.....</i>	<i>185</i>
4.1.2.	<i>Interpretación Comparativa.....</i>	<i>186</i>
4.1.3.	<i>Implicancias</i>	<i>191</i>
	CONCLUSIONES.....	192
	RECOMENDACIONES Y POSIBLES INVESTIGACIONES.....	198
	REFERENCIAS	199
	ANEXOS	206

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Unidades de Muestreo PCI.....	47
Tabla 2. Fallas del PCI según el ASTM D 6433.....	51
Tabla 3 Escala de Calificación de la Serviciabilidad.	54
Tabla 4. Operacionalización de Variables.	86
Tabla 5 Unidades de Muestreo Tramo IDA.....	124
Tabla 6 Unidades de Muestreo Tramo Vuelta	126
Tabla 7 Estado y PCI del Tramo(ida) Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza	129
Tabla 8 Estado y PCI del Tramo(vuelta) Av. Gregorio Apaza - Av. Universitaria	130
Tabla 9 Fallas y Severidad de la U - 01 a la U – 04.....	131
Tabla 10 Fallas y Severidad de la U - 05 a la U – 08.....	131
Tabla 11 Fallas y Severidad de la U - 09 a la U – 12.....	132
Tabla 12 Fallas y Severidad de la U - 13 a la U – 16.....	132
Tabla 13 Fallas y Severidad de la U - 17 a la U – 20.....	133
Tabla 14. Fallas y Severidad de la U - 21 a la U – 24.....	134
Tabla 15 Fallas y Severidad de la U - 25 a la U – 28.....	134
Tabla 16 Fallas y Severidad de la U - 29 a la U – 32.....	135
Tabla 17 Fallas y Severidad de la U - 33 a la U – 36.....	135
Tabla 18 Fallas y Severidad de la U - 37 a la U – 40.....	136
Tabla 19 Fallas y Severidad de la U - 41 a la U – 44.....	136
Tabla 20 Fallas y Severidad de la U - 45 a la U – 48.....	137
Tabla 21 Fallas y Severidad de la U - 49 a la U – 52.....	137
Tabla 22 IRI Promedio por Carril	141
Tabla 23 IRI Promedio por Calzada.....	144
Tabla 24 Deflexiones Máximas Carril 1.....	147
Tabla 25 Resumen de Deflexiones y Radio de Curvatura Carril 1	147
Tabla 26 Deflexiones Máximas Carril 2.....	148
Tabla 27 Resumen de Deflexiones y Radio de Curvatura Carril 2	149
Tabla 28 Deflexiones Máximas Carril 3.....	149
Tabla 29 Resumen de Deflexiones y Radio de Curvatura Carril 3	150
Tabla 30 Deflexiones Máximas Carril 4.....	150
Tabla 31 Resumen de Deflexiones y Radio de Curvatura Carril 4	151
Tabla 32 Resultados de las Deflexiones Tramo Vuelta: Av. Gregorio Apaza - Av. Universitaria.....	151
Tabla 33 Resultados de las Deflexiones Tramo Ida: Av. Universitaria - Av. Gregorio Apaza.....	152
Tabla 34 PCI en Muestras cada 100 metros.....	158

Tabla 35 IRI en sectores cada 100 metros	163
Tabla 36 Deflexiones y PCI en sectores cada 100 metros	170
Tabla 37 Deflexiones e IRI en Muestras cada 100 metros	175

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Árbol Causa y Efectos</i>	23
Figura 2 <i>Estructura Tipica de Pavimentos Asfálticos.</i>	39
Figura 3 <i>Categorías de la Subrasante</i>	40
Figura 4 <i>Formato de Exploración de Condición para Carreteras con Superficie Asfáltica</i>	46
Figura 5. <i>Rango de Calificación según el PCI</i>	52
Figura 6 <i>Escala del PSI</i>	55
Figura 7 <i>Escala de Valores del IRI y Características de los Pavimentos</i>	57
Figura 8 <i>Desviación respecto a la cuerda promedio</i>	61
Figura 9 <i>Histograma de la Distribución de Frecuencias</i>	62
Figura 10 <i>Esquema del Rugosímetro de Merlin</i>	64
Figura 11 <i>Corte del Esquema del Rugosímetro de Merlin</i>	64
Figura 12 <i>Deformaciones de Pavimento</i>	68
Figura 13 <i>Deflexión en Pavimentos</i>	68
Figura 14 <i>Viga Benkelman</i>	70
Figura 15 <i>Distancia de Ensayo desde el borde del Pavimento</i>	71
Figura 16 <i>Configuración Geométrica del Sistema de Carga en Ensayos</i>	71
Figura 17 <i>Lecturas mediante la Viga enkelman en Campo</i>	72
Figura 18 <i>Deflexión Característica</i>	74
Figura 19 <i>Corrección por Estacionalidad</i>	76
Figura 20 <i>Grafica Deflexión Admisible</i>	77
Figura 21 <i>Esquema Radio de Curvatura</i>	79
Figura 22 <i>Interpretación de la Deflexión Característica vs Deflexión Admisible</i>	80
Figura 23 <i>Materiales a usar en Campo</i>	89
Figura 24 <i>Medición de Fallas</i>	90
Figura 25 <i>Formato para la Toma de Datos para Pavimentos con Superficie Asfáltica</i>	92
Figura 26 <i>Odometro</i>	92
Figura 27 <i>Flexometro</i>	93
Figura 28 <i>Chalecos de Seguridad</i>	93
Figura 29 <i>Conos de Seguridad</i>	94
Figura 30 <i>Regla de Madera o Aluminio para la Medición de Depresiones en el Pavimento</i>	94
Figura 31 <i>Hoja de Ensayos para la Medición con el Rugosímetro de Merlin</i>	95
Figura 32 <i>Rugosímetro de Merlin</i>	96
Figura 33 <i>Viga Benkelman</i>	96

Figura 34 <i>Formato Deflectometria</i>	97
Figura 35 <i>Formato Matriz de Validacion de Instrumentos ante Expertos – Instrumento Viga Benkelman</i>	98
Figura 36 <i>Formato Matriz de Validacion de Instrumentos ante Expertos – Instrumento Hoja de datos y Rugosimetro de Merlin</i>	99
Figura 37 <i>Promedio de Valoración Matri Juicio de Expertos</i>	100
Figura 38 <i>Demarcación del Pavimento cada 50 metros</i>	101
Figura 39 <i>Delimitacion de las Unidades de Muestreo</i>	102
Figura 40 <i>Medicion con Odometro Unidades de Muestreo</i>	103
Figura 41 <i>Medicion de Depresiones</i>	104
Figura 42 <i>Inicio de Ensayo para la Determinacion del IRI</i>	105
Figura 43 <i>Participantes de Ensayo</i>	106
Figura 44 <i>Lecturas con el Rugosimetro de merlin</i>	107
Figura 45 <i>Viga Benkelman Doble Brazo</i>	108
Figura 46 <i>Volquete Placa W2L - 297</i>	109
Figura 47 <i>Analisis de Datos PCI</i>	111
Figura 48 <i>Ejemplo para el Calculo del Valor Deducido Graficos</i>	112
Figura 49 <i>Calculo del Maximo Valor Deducido</i>	113
Figura 50 <i>Ejemplo para el Calculo del Maximo Valor Deducido mediante Grafica</i>	113
Figura 51 <i>Ejemplo Calculo del Indice de Condicion del pavimento PCI</i>	114
Figura 52 <i>Lecturas de Campo mediante el uso del Merlin</i>	114
Figura 53 <i>Histograma de Frecuencias</i>	115
Figura 54 <i>Factor de Correccion</i>	116
Figura 55 <i>Calculo del D</i>	116
Figura 56 <i>Lecturas de Campo mediante la Viga benkelman</i>	117
Figura 57 <i>Deflexiones sin Corregir</i>	118
Figura 58 <i>Deflexiones Corregidas y Radio de Curvatura</i>	119
Figura 59 <i>Deflexion Promedio, Desviacion Estandar y Deflexion Caracteristica</i>	120
Figura 60 <i>Deflexion Admisible</i>	120
Figura 61 <i>Area de Estudio</i>	122
Figura 62 <i>Caracteristicas de los Tramos de Estudio</i>	123
Figura 63 <i>Unidades de Muestreo en AutoCAD</i>	127
Figura 64 <i>Unidades de Muestreo en AutoCAD</i>	128
Figura 65 <i>Grados de Severidad or Falla encontrada</i>	138
Figura 66 <i>Fallas encontradas en el Area de Estudio</i>	138
Figura 67 <i>Delimitación para la Toma de Datos con el Rugosimetro de merlin</i>	140
Figura 68 <i>IRI por Carril cada 400</i>	141

Figura 69 IRI (m/km) Promedio Externo e Interno del Carril 1	142
Figura 70 IRI (m/km) Promedio Externo e Interno del Carril 2	142
Figura 71 IRI (m/km) Promedio Externo e Interno del Carril 3	143
Figura 72 IRI (m/km) Promedio Externo e Interno del Carril 4	143
Figura 73 IRI (m/km) Promedio por Carril	144
Figura 74 IRI (m/km) por cada Tramo de Estudio	145
Figura 75 Deflectograma del Carril 1	152
Figura 76 Deflectograma del Carril 2	153
Figura 77 Deflectograma del Carril 3	153
Figura 78 Deflectograma del Carril 4	154
Figura 79 Deflectograma del Tramo Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria	154
Figura 80 Deflectograma del Tramo Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza	155
Figura 81 Prueba de Normalidad en Datos de PCI – Tramo Ida (Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza)	159
Figura 82 Prueba de Normalidad en Datos PCI -Tramo Vuelta (Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria)	160
Figura 83 Prueba de Varianza en Datos de PCI – Tramo Ida y Vuelta (Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza)	162
Figura 84 Prueba de Normalidad en Datos del IRI – Tramo Ida (Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza)	163
Figura 85 Prueba de Normalidad en Datos del IRI – Tramo Vuelta (Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza) ...	164
Figura 86 Prueba de Varianza en Datos de IRI – Tramo Ida y Vuelta (Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza)	165
Figura 87 Prueba de Normalidad en Datos de Deflexiones– Tramo Ida (Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza)	166
Figura 88 Prueba de Normalidad en Datos de Deflexiones– Tramo Vuelta (Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria)	167
Figura 89 Prueba de Varianza en Datos de Deflexiones – Tramo Ida y Vuelta (Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza)	168
Figura 90 Determinación de la Correlación Deflexiones vs PCI. Tramo Ida	171
Figura 91 Datos obtenidos por medio del Programa “Minitab”	172
Figura 92 Determinación de la Correlación Deflexiones vs PCI. Tramo Vuelta	173
Figura 93 Datos obtenidos por medio del Programa “Minitab”	174
Figura 94 Determinación de la Correlación Deflexiones vs IRI. Tramo Ida	177
Figura 95 Datos obtenidos por medio del Programa “Minitab”	178
Figura 96 Determinación de la Correlación Deflexiones vs IRI. Tramo Vuelta	179
Figura 97 Datos obtenidos por medio del Programa “Minitab”	180
Figura 98 Resultados mediante la Aplicación del PCI	186
Figura 99 Resultados por medio de la Aplicación del PCI	187
Figura 100 Resultados Analisis de Correlación	188
Figura 101 Correlacion PCI vs PSI	189

Figura 102	<i>Correlación entre el PCI y el IRI</i>	190
Figura 103	<i>Progresiva 0+000 a 0+150, Tramo: Av. Uniersitaria – Av. Gregorio Apaza</i>	207
Figura 104	<i>Progresiva 0+200 a 0+350, Tramo: Av. Uniersitaria – Av. Gregorio Apaza</i>	207
Figura 105	<i>Progresiva 0+400 a 0+550, Tramo: Av. Uniersitaria – Av. Gregorio Apaza</i>	208
Figura 106	<i>Progresiva 0+600 a 0+750, Tramo: Av. Uniersitaria – Av. Gregorio Apaza</i>	208
Figura 107	<i>Progresiva 0+800 a 0+950, Tramo: Av. Uniersitaria – Av. Gregorio Apaza</i>	209
Figura 108	<i>Progresiva 0+800 a 0+950, Tramo: Av. Uniersitaria – Av. Gregorio Apaza</i>	209
Figura 109	<i>Progresiva 1+000, Tramo: Av. Uniersitaria – Av. Gregorio Apaza</i>	210
Figura 110	<i>Progresiva e 0+050 a 0+200, Tramo: Av. Gregorio Apaza – Av. Uniersitaria</i>	210
Figura 111	<i>Progresiva e 0+250 a 0+400, Tramo: Av. Gregorio Apaza – Av. Uniersitaria</i>	211
Figura 112	<i>Progresiva e 0+450 a 0+600, Tramo: Av. Gregorio Apaza – Av. Uniersitaria</i>	211
Figura 113	<i>Progresiva e 0+650 a 0+800, Tramo: Av. Gregorio Apaza – Av. Uniersitaria</i>	212
Figura 114	<i>Progresiva e 0+850 a 1+000, Tramo: Av. Gregorio Apaza – Av. Uniersitaria</i>	212
Figura 115	<i>Unidades de Muestreo del 01 al 04</i>	213
Figura 116	<i>Unidades de Muestreo del 05 al 08</i>	213
Figura 117	<i>Unidades de Muestreo del 09 al 12</i>	214
Figura 118	<i>Unidades de Muestreo del 13 al 16</i>	214
Figura 119	<i>Unidades de Muestreo del 17 al 20</i>	215
Figura 120	<i>Unidades de Muestreo del 21 al 24</i>	215
Figura 121	<i>Evaluacion del Pavimento mediante la Metodologia PCI</i>	216
Figura 122	<i>Evaluacion del Pavimento mediante la Metodologia PCI</i>	216
Figura 123	<i>Evaluacion del Pavimento mediante la Metodologia PCI</i>	217
Figura 124	<i>Evaluacion del Pavimento mediante la Metodologia PCI</i>	217
Figura 125	<i>Evaluacion del Pavimento mediante la Metodologia PCI</i>	218
Figura 126	<i>Evaluacion del Pavimento mediante la Metodologia PCI</i>	218
Figura 127	<i>Evaluacion del Pavimento mediante la Metodologia PCI</i>	219
Figura 128	<i>Ensayos con el Rugosimetro de Merlin</i>	219
Figura 129	<i>Ensayos con el Rugosimetro de Merlin</i>	220
Figura 130	<i>Ensayos con el Rugosimetro de Merlin</i>	220
Figura 131	<i>Ensayos con el Rugosimetro de Merlin</i>	221
Figura 132	<i>Ensayos con el Rugosimetro de Merlin</i>	221
Figura 133	<i>Ensayos con el Rugosimetro de Merlin</i>	222
Figura 134	<i>Participantes en el Ensayo</i>	222
Figura 135	<i>Evaluación Deflectometrica progresiva 0+000 – 0+400 km – Carril 1</i>	223
Figura 136	<i>Evaluación Deflectometrica progresiva 0+400 – 0+800 km – Carril 1</i>	223
Figura 137	<i>Evaluación Deflectometrica progresiva 0+800 – 1+000 km – Carril 1</i>	224

Figura 138	<i>Evaluación Deflectometrica progresiva 0+000 – 0+400 km – Carril 2</i>	224
Figura 139	<i>Evaluación Deflectometrica progresiva 0+400 – 0+800 km – Carril 2</i>	225
Figura 140	<i>Evaluación Deflectometrica progresiva 0+800 – 1+000 km – Carril 2</i>	225
Figura 141	<i>Evaluación Deflectometrica progresiva 0+000 – 0+400 km – Carril 3</i>	226
Figura 142	<i>Evaluación Deflectometrica progresiva 0+400 – 0+800 km – Carril 3</i>	226
Figura 143	<i>Evaluación Deflectometrica progresiva 0+800 – 1+000 km – Carril 3</i>	227
Figura 144	<i>Evaluación Deflectometrica progresiva 0+000 – 0+400 km – Carril 4</i>	227
Figura 145	<i>Evaluacion Deflectometrica progresiva 0+400 – 0+800 km – Carril 4</i>	228
Figura 146	<i>Evaluacion Deflectometrica progresiva 0+800 – 1+000 km – Carril 4</i>	228
Figura 147	<i>Evaluacion Deflectometrica mediante el Uso de la Viga Benkelman</i>	229
Figura 148	<i>Evaluación Deflectometrica mediante el Uso de la Viga benkelman</i>	229
Figura 149	<i>Evaluación Deflectometrica mediante el Uso de la Viga benkelman</i>	230
Figura 150	<i>Evaluación Deflectometrica mediante el Uso de la Viga benkelman</i>	230
Figura 151	<i>Dron para la Evaluacion de pavimentos</i>	231
Figura 152	<i>Dron</i>	231

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Determinación de muestras escala de Proyecto.	48
Ecuación 2. Determinación del PSI.....	53
Ecuación 3. Despejando ecuación 2	53
Ecuación 4. Calculo del IRI para $D > 40$	62
Ecuación 5. Calculo del IRI para $D < 40$	62
Ecuación 6. Determinación de la deflexión característica	74
Ecuación 7. Corrección por temperatura de las deflexiones.	75
Ecuación 8. Determinación de la Deflexión Admisible	76
Ecuación 9. Determinación del Radio de curvatura.	78

RESUMEN

La presente investigación pretende como punto inicial determinar el estado de conservación funcional y estructural del pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Tramo Ida: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza y Tramo Vuelta: Av. Gregorio Apaza - Av. Universitaria, en el distrito de Comas, Ciudad de Lima .donde posteriormente tras la obtención de los parámetros, y en cumplimiento del objetivo general, se determinara una posible correlación entre estado de conservación estructural (PCI e IRI) frente al estado de conservación estructural(deflexiones).

Para la evaluación del estado de conservación funcional del pavimento flexible se aplicara el Índice de Condición del Pavimento (PCI); según la norma ASTM D6433 este es un método de análisis y aplicación, ya que constituye uno de los modos más completos para la evaluación y calificación objetiva de los pavimentos; además se pretende determinar el Índice de Regularidad Internacional (IRI) empleando el Rugosímetro de Merlín, según la norma INVE 790 este artefacto nos permitirá medir la rugosidad del pavimento; mientras que para la evaluación del estado de conservación estructural se pretende usar el Deflectometro Viga Benkelman; según la norma MTC E1002 este equipo nos permitirá medir las deflexiones y determinar el radio de curvatura en los pavimentos. Los resultados de este trabajo nos permitirán conocer el estado de conservación funcional y estructural de los pavimentos. Finalmente, por medio de la prueba estadística Correlación de Pearson se realizará una serie de correlaciones entre los parámetros funcionales (PCI e IRI) y estructurales (deflexiones) obtenidos para determinar si existe alguna posible correlación.

Palabras clave: Pavimento Flexible, Índice de Condición del Pavimento, Índice de Regularidad Internacional, Viga Benkelman, estado de conservación Funcional, estado de conservación estructural.

ABSTRACT

The present research aims as a starting point to determine the functional and structural conservation status of the flexible pavement of Av. Metropolitana, Tramo Ida: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza and Tramo Vuelta: Av. Gregorio Apaza - Av. Universitaria, in the comas district, Lima City where after obtaining the parameters, and in compliance with the general objective a possible correlation between structural conservation status (PCI and IRI) will be determined against the state of conservation.

The Pavement Condition Index (PCI) shall be applied for the assessment of the functional conservation status of the flexible pavement; according to ASTM D6433 this is a method of analysis and application, as it is one of the most complete modes for the evaluation and objective qualification of pavements; it is also intended to determine the International Regularity Index (IRI) using the Merlin Rugosimeter, according to INVE 790 this device will allow us to measure the roughness of the pavement; while the Benkelman Beam Deflectometer is intended for the assessment of structural conservation status; according to the MTC E1002 standard this equipment will allow us to measure the deflections and determine the radius of curvature in the pavements. The results of this work will allow us to know the functional and structural conservation status of the pavements. Finally, a series of correlations between functional (PCI and IRI) and structural (deflection) parameters obtained will be performed through the Pearson Correlation statistical test to determine if there is any possible correlation.

Keywords: Flexible Pavement, Pavement Condition Index, International Regularity Index, Benkelman Beam, Functional Conservation Status, Structural Conservation Status.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

La construcción de nueva infraestructura vial trae como consecuencias factores muy positivos para el desarrollo de un país.

Lo cual precisan, (Corros et al., 2009), en su manual “Evaluación de Pavimentos”, Venezuela, aseverando que

La infraestructura vial es un componente de gran importancia dentro del patrimonio de una nación, considerando su vinculación directa con el desarrollo social y económico, pues permite la comunicación e interrelación entre centros poblados, así como el intercambio de bienes y servicios. En este orden de ideas, la estructura de pavimento como parte de la infraestructura vial juega un papel preponderante, ya que su objetivo es ofrecer a los usuarios un rodaje cómodo, seguro y económico durante su vida útil. (p. 1)

Por otro lado, los pavimentos son componentes finitos, puesto que se diseñan para un determinado periodo de vida útil, sin embargo, este podría extenderse si es que se realizasen los mantenimientos de acuerdo a la necesidad que este requiera.

De lo antedicho, (Hiliquín, 2016), en su tesis “Evaluación del estado de conservación del pavimento, utilizando el método PCI”, Universidad Privada de Tacna, Perú, indica que

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

poder decidir adecuadamente la aplicación de estos trabajos se debe conocer el estado del pavimento y las posibles causas que lo producen. (p. 1).

En relación con lo dicho, que un pavimento alcance su periodo de vida útil antes de lo planificado, infiere que no se llevó un control de mantenimiento, por lo que como consecuencia acarreará una serie de problemas, lo cual podría afectar la serviciabilidad, medioambiente, costos de operación y malestar en los usuarios.

En cuanto a lo descrito, (Montejo, 2002), en su libro “Ingeniería de Pavimentos”, Colombia afirma que

La incidencia de factores de diverso origen determinan alteraciones de la superficie de rodamiento de los pavimentos que afectan la seguridad, comodidad y velocidad con que debe circular el tránsito vehicular presente y futuro, la finalidad fundamental de todo proceso de mantenimiento o refuerzo de los pavimentos en servicio, es corregir los defectos mencionados para alcanzar un grado de transitabilidad adecuado durante un periodo de tiempo suficientemente prolongado que justifique la inversión necesaria. (p. 505).

Por ello, el mantenimiento de las vías es muy importante puesto que nos permitirá determinar en qué estado de conservación se encuentra el pavimento y de esta manera tomar decisiones para su debido control. Así mismo, para un adecuado y exitoso mantenimiento es necesario detectar y evaluar las diferentes anomalías del tramo en estudio, puesto que este nos permitirá conocer con exactitud las causas de estas, de tal modo que permitirá tomar una decisión más asertiva y consecuentemente la cual implica el ahorro de costos de operación.

En este sentido, para conocer el estado de conservación de los pavimentos se requieren de adecuados estudios, como son las evaluaciones de pavimentos, siendo una de estas la funcional, la

cual permitirá conocer el estado y condición en el que se encuentra nuestro pavimento superficialmente, es decir, se identificarán los tipos de fallas o patologías actuales existentes en la superficie de rodadura siendo algunas de estas piel de cocodrilo, ahuellamiento, entre otros; por otra parte complementando la evaluación funcional se tiene que realizar una evaluación estructural, este último nos permitirá determinar si nuestro pavimento en estudio se encuentra con problemas de origen estructural, es así como en definitiva hallando los parámetros funcionales y estructurales se podría establecer o proponer un adecuado tipo de solución o mantenimiento para conservar nuestro pavimento y este con el tiempo sea más durable.

De lo nombrado, (Cordero, 2019), en su tesis “Análisis del Índice de Serviciabilidad del Pavimento flexible en la Avenida Tupac Amaru km 11, en el distrito de Comas”, Perú, afirma que

El principal problema en las vías consiste en que no se lleva a cabo un mantenimiento adecuado ni se toma en cuenta el plan de vida de la vía, es decir, no se evalúa el comportamiento del pavimento con el paso del tiempo y solo se interviene cuando el deterioro del pavimento es grave. Lo ideal es detectar y evaluar los daños de los pavimentos con la suficiente anticipación, de manera que las reparaciones resultantes correspondan a trabajos de conservación o reparaciones menores y no de reconstrucción. De esta forma se ahorra dinero y recursos, ya que el costo por reparar un pavimento es mucho más elevado que el costo por un mantenimiento. (p.1).

En el Perú las entidades encargadas de la rehabilitación y mantenimiento de las vías son el ministerio de transportes y comunicaciones, municipalidades o en este último tiempo estas entidades buscan concesiones para otorgárselas a empresas privadas, donde estas realizan el mantenimiento de dichas vías mediante un estudio del estado de la vía a la cual se quiere intervenir.

De lo anunciado, (Vidaurre, 2018) en su tesis “Evaluación para la reconstrucción del Pavimento Flexible del Jr. José Santos Chocano del Distrito de los Olivos”, Perú, expone que

Los actuales gobiernos locales invierten poco en sistemas de evaluación por un ahorro de costos pero que a las finales se produce una mayor inversión ya que el tiempo de vida útil del pavimento dura mucho menos de lo esperado generalmente debido a que la superficie asfáltica recibe cargas que exceden a su capacidad portante, entre otros factores. (p. 13)

En este contexto, si bien hay empresas públicas y privadas encargadas de la operación y mantenimiento de las vías, esta etapa no entra en acción o las autoridades competentes no aplican un mantenimiento adecuado debido quizá a los deficientes estudios realizados, poco presupuesto o al mal manejo de este.

Tal es el caso de la Av. Metropolitana, Tramo ida y vuelta: Av. Universitaria – Av. Gregorio en el distrito de Comas, este lugar presenta diferentes fallas en la superficie del pavimento como bacheo, hundimientos, piel de cocodrilo, depresiones, irregularidad en la superficie; generando todo esto un defectuoso nivel de serviciabilidad percibido por parte de los usuarios.

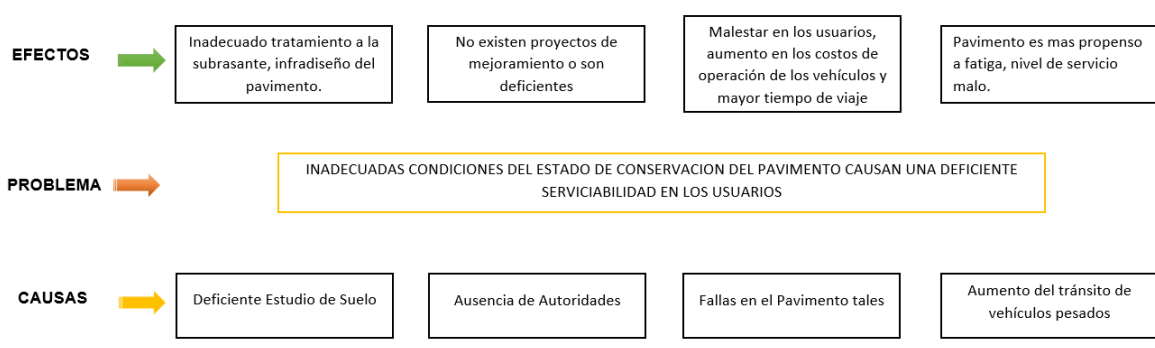
Es por este motivo que en el presente trabajo de investigación como punto inicial pretende determinar el estado de conservación funcional y estructural del pavimento. Lo primero será determinar el estado de conservación funcional mediante la aplicación de la metodología Índice Condición del Pavimento (PCI) Índice y cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI); el PCI normado por el ASTM D6433 es un método muy conocido y empleado para la determinación de las fallas y el nivel de severidad de los pavimentos, mientras que para la determinación del IRI normado por el INVE 790 se empleará el Rugosímetro de MERLIN donde este equipo nos permitirá conocer la rugosidad del pavimento midiendo la irregularidad longitudinalmente. Además, complementado a la evaluación funcional se pretende determinar el estado de

conservación estructural por un método no destructivo; se empleará el Deflectometro Viga Benkelman este equipo según el MTC E 1002 nos permitirá determinar las deflexiones máximas que presentan el pavimento.

Adicionalmente por medio de un árbol de causa y efectos, se sostiene que el problema son las inadecuadas o deficientes condiciones del estado de conservación del pavimento, por lo que se plasman detonantes que inciden en que esta problemática se origine.

Figura 1.

Árbol Causa y efectos



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Finalmente, como objetivo general de acuerdo a estudios recabados y como pretensión de cierre de brecha de conocimiento, se ambiciona por medio de la prueba estadística Correlación de Pearson, establecer si existe una posible correlación o grado de asociación entre los parámetros hallados, es decir, PCI vs Deflexiones e IRI vs Deflexiones; por lo que por medio del presente, se enfatiza que los resultados de este trabajo de investigación brindara un aporte académico y social, recalcando en lo académico que al determinar una posible correlación se podría concluir que un parámetro es incidente de otro, mientras que el aporte social es que los datos podrían ser utilizados

por las autoridades pertinentes para el desarrollo y decisión de algún trabajo de mantenimiento salvaguardando sus intereses económicos.

1.2. Antecedentes

1.2.1. A nivel internacional.

Título: “ANÁLISIS DE CORRELACION DEL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DE LA VIA CUENCA – MOLLETURO – NARANJAL, EN EL TRAMO PUENTE TAMARINDO – JESUS MARIA”

En Ecuador, (Abad & Sangurima, 2018) tuvieron como objetivo determinar si existe una relación entre las características funcional y estructural en dicha vía. Para la evaluación funcional se ha partido de la obtención del Índice de Condición del Pavimento (PCI), el cual se basa en la observación directa de patologías presentes en la superficie del pavimento; mientras que, la evaluación estructural parte de la determinación del módulo de reacción de la subrasante y el módulo de elasticidad de la losa de hormigón. El tramo de estudio o muestra está ubicado entre las abscisas 107+00 y 117+000 de la Vía Cuenca – Molleturo – Naranjal. Se obtuvieron como resultados de esta investigación una serie de graficas que representan nubes de puntos dispersas, lo cual implica que no existe una relación entre los parámetros estructurales y el PCI. Finalmente, la contribución de esta investigación fue de mucha importancia y sirve de guía para poder determinar una posible correlación que hay entre el desempeño estructural y funcional de los pavimentos flexibles en la zona de estudio, por otra parte, en otros tramos de estudio no se descarta la posibilidad de una posible correlación por la influencia de otros factores externos que no se dispone. En este sentido se discute que la prueba estadística afirme o niegue una posible correlación debido a que no se considera una prueba estadística correlacional detallada y solo se presenta una regresión lineal sin anexar los 3 criterios de aceptación, de tal manera que concluyo

que si su factor de correlación “R” es cercano a uno presenta o existe correlación y de no ser así no la hay.

Título: “APPLICABILITY OF THE INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX AS A PREDICTOR OF ASPHALT PAVEMENT CONDITION”

En Estados Unidos, (Park et al., 2007) afirman que pretenden establecer una relación entre el deterioro superficial de un pavimento asfáltico y su rugosidad, aplicando la metodología del PCI y el cálculo del IRI. El proceso de adquisición de datos lo obtuvieron a través del software DataPave, debido a que este gestiona los datos de rendimiento del pavimento en una amplia zona geográfica, en tal sentido DataPave proporciona IRI, deterioro de pavimento, geometría y fecha de construcción en tramos de pavimento de la región Atlántico Norte, como muestra se evaluó un total de 31 tramos de estudio de diferentes ciudades entre ellas, New York, New Jersey y Delaware, posteriormente para el procesamiento de datos para el PCI se realizó con apoyo del programa Micropaver, el presente estudio contemplo para fortalecer sus resultados determinar por medio de pruebas estadísticas la normalidad, varianzas homogéneas y considero aleatoriedad en sus datos, cabe acotar también que en un inicio se realizó la adecuada calibración de los datos, debido a que su investigación fue con datos recopilados de años anteriores. Finalmente, como resultado obtuvieron que el IRI es un buen predictor del PCI con un nivel de significancia del 99%. Adicionalmente los autores recomiendan que se tienen que realizar estudios futuros que aborden esta vez una gama más amplia de datos de inspección de deterioro de pavimentos y la rugosidad de pavimentos, además tendrán en cuenta variables predictoras adicionales que impactan la condición del pavimento (PCI).

Título: “COMPARATIVE STUDIES OF LIGHTWEIGHT DEFLECTOMETER AND
BENKELMAN BEAM DEFLECTOMETER IN LOW VOLUME ROADS”

En la India, (Deol et. al, 2016) este trabajo de investigación pretende realizar un estudio comparativo entre los módulos de subrasante mediante métodos de deflexión estática y dinámica, utilizando la Viga Benkelman y El deflectómetro de Impacto ligero (LWD), por lo que realizaron prueba de campo y de laboratorio en 40 puntos para suelos cohesivos (CH, CL y CI), así mismo estimaron las respuestas estáticas y dinámicas del pavimento para determinar los módulos de subrasante estáticos, retro calculados y compuestos., la muestra contempla un tramo de estudio de 2 km. Sus resultados reportaron que por medio de un modelo de análisis de regresión lineal los módulos estáticos y dinámicos de los valores de la subrasante demostrarían buenas correlaciones para cada tipo de suelo, sin embargo, sus resultados de validación reportarían una mala correlación. Finalmente comentan que su estudio es de gran ayuda a los ingenieros e investigadores al iniciar y extender técnicas empíricas mecanicistas utilizando dispositivos o equipo de prueba no destructivos para el diseño y conservación de carreteras de bajo volumen de tránsito. Por lo que concluyen que en base a su estudio el LWD se podría utilizar como herramienta de evaluación de la resistencia de la subrasante paralas fases de construcción y mantenimiento del pavimento.

Título: “ESTUDIO DE CORRELACIÓN ENTRE EL PCI Y EL IRI PARA LAS VÍAS ARTERIALES DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ”

En Colombia, (Camacho, 2017) indica que el objetivo de esta tesis es realizar un análisis de la información sobre la condición superficial y funcional de los pavimentos de la malla vial arterial Bogotá, a partir de la información que dispone el IDU como resultado del proyecto “Diagnostico de Pavimentos de la Malla Vial de Bogotá D.C.”. Considerando como muestra las vías arteriales de Bogotá, puesto que la información se obtendrá del Instituto de Desarrollo Urbano. Así mismo, como resultado se obtuvo que las correlaciones encontradas para las vías arteriales de la ciudad de Bogotá son muy débiles y se podría asegurar que el IRI no es un buen predictor de PCI. Finalmente, el presente trabajo pretendió aportar la consolidación y documentación del análisis de resultados de las mediciones realizadas en el año 2016. Este aporte se realiza mediante el análisis y la búsqueda de correlación entre dos parámetros que cuantifican el pavimento: PCI e IRI. Se discute que por la cantidad de datos no presenten las pruebas estadísticas de normalidad, aleatoriedad y variabilidad, de esta manera no se asevera que los datos presenten algún criterio de aceptación, por otro lado, el investigador concluye que no hubo relación y esto debido al reducido valor del coeficiente de correlación R, lo cual implicaría que no se realizaron las pruebas estadísticas de correlación necesarias para cumplir con los objetivos de este estudio. Por otra parte, la cantidad de datos también genera una brecha de conocimiento del poder realizar muchos más estudios y esto debido a que se podrían analizar otras características de los datos, tales como la capacidad estas vías, velocidad, flujo vehicular, nivel de servicio entre otros parámetros.

Título: “ANÁLISIS DEL PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) A PARTIR DEL INVENTARIO DE DAÑOS REALIZADO POR DIFERENTES METODOLOGIAS EN PAVIMENTOS ASFALTICOS”

En Colombia, (Venegas, 2012) indica que el objetivo de esta tesis es realizar un análisis de sensibilidad de la metodología Pavement Condition Index (PCI), en donde se tengan en cuenta los tres niveles de severidad y diferentes niveles de densidad, el tipo de daño en el pavimento que más afectan el índice de calificación PCI. Se determino el PCI bajos dos criterios, el primero correspondiente al inventario de daños realizado de manera manual y el segundo debido al inventario realizado con el capturador de imágenes. Como muestra se encuentran dos tramos de estudio, siendo el primero entre la calle 59 sur y la calle 3 sur de la carrera 89B y el segundo comprendido entre carrera 98B y la carrera 86 de la calle 43 sur en el sentido occidente – oriente. Así mismo, como resultados se obtuvieron que independientemente de la metodología para el inventario de daños, los resultados del índice PCI no varían considerablemente, por lo que independiente de la forma de levantar los daños, los valores PCI deben ser confiables, por lo tanto, la elección de una forma u otra depende de otros aspectos. Finalmente, como tema de discusión se puede comentar los costos elevados que implicaría evaluar con el capturador de imágenes, sin embargo, este a la vez puede ser muy eficiente y rentable cuando se tienen trabajos de tramos muy extensos sobre todo por el ahorro de tiempo. En tal sentido la investigación de esta tesis se presenta interesante para la aplicación en los trabajos de evaluación de pavimentos en la actualidad.

1.2.2. A nivel nacional.

Título: “EVALUACIÓN SUPERFICIAL Y DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO EN LA AV. CIRCUNVALACIÓN OESTE, TRAMO OVALO TRANSPORTES – OVALO CUZCO, DISTRITO DE TACNA, PROVINCIA DE TACNA, TACNA – 2017”

En Tacna, (Medina & Farro, 2018) indican que tienen como objetivo investigar la similitud de los resultados que existe, de la evaluación superficial del pavimento; calculando la rugosidad del pavimento mediante el método del Rugosímetro de MERLIN y la evaluación superficial mediante el método del PCI. El tramo de estudio es la Av. Circunvalación Oeste Carril I y Carril II, Tramo Ovalo Transportes – Ovalo Cuzco. Como resultados se obtuvieron que, en la Av. Circunvalación Oeste, Carril I presenta un PCI de 39.83 por lo que se considera que se encuentra en un estado malo, mientras que en el Carril II se determinó un PCI de 53.2 por que se infiere que se encuentra en estado regular, por otro lado, mediante la determinación del IRI los investigadores concluyeron que el tramo en estudio necesita mantenimiento. La citada tesis adolece de afirmaciones en sus resultados, por lo que sus conclusiones se presentan muy ambiguas, por otra parte, el estudio de investigación se asemeja a esta presente tesis debido a que se utilizan las metodologías para la determinación del IRI y PCI.

Título: “EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA SERVICIABILIDAD DE LAS VÍAS: SAPHI-SAQ SAYWAMAN, SAQSAYWAMAN-ABRA CCORAO, ABRA CCORAO-CCORAO Y CCORAO-RAYANIYOC; SEGÚN LA DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) Y EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)”

En Cusco, (Allende, 2017) indica que tiene como objetivo realizar una evaluación comparativa de la serviciabilidad de 4 tramos de vías de primer orden para nuestra región, ya que son vías principales y de prioridad para el turismo en la ciudad del cusco, Mediante dos métodos de análisis de pavimentos flexibles, relativamente nuevos para nuestro país, para tramos largos de carretera utilizados actualmente por muchos países, estos métodos nos facilitan el trabajo de análisis de pavimentos flexibles. Las vías en estudio son Saphi-Saqsaywaman, Saqsaywaman-Abra Ccorao, Abra Ccorao-Ccorao y Ccorao-Rayaniyoc, donde se utilizó el método denominado índice de Condición del Pavimento (PCI), posteriormente se procesó los datos recolectados en campo y se pasó al análisis en gabinete del estado de la vía en mención. Luego se realizó el análisis de las mismas vías en estudio utilizando el método denominado índice de Rugosidad Internacional (IRI) y se procesó los datos obtenidos en campo con este método, finalmente se realizó un análisis final y así se obtuvo la serviciabilidad de dichas vías. Los resultados determinaron que la serviciabilidad entre el PCI y el IRI varían significativamente tanto numéricamente como cualitativamente, por otro lado, concluyo que el tramo con el grado de serviciabilidad más crítico según el IRI es el de la vía Abra Ccorao, mientras que el tramo con el grado de serviciabilidad más crítico según el PCI es el que corresponde desde la calle Shapi hasta Saqsaywaman.

Título: “CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LUIS MONTERO, DISTRITO DE CASTILLA”

En Piura, (Rodríguez, 2009) indica que tiene como objetivo aplicar el método PCI para determinar el Índice de Condición de Pavimento en el tamo de estudio Av. Luis Montero, el punto de inicio es la intersección de la Av. Andrés Avelino Cáceres con la Av. Luis Montero donde se recorrerán 600 metros lineales en sentido ida y vuelta. Los resultados calculados mediante la

aplicación del PCI en un promedio de ambos sentidos del tramo de estudio son de 49 por lo que concluye que se encuentra el pavimento en condición de regular, por otro lado, afirma que las fallas más frecuentes son la peladura y la corrugación ambas de nivel de severidad bajo. Finalmente, la nombrada tesis se limita solo a determinar las fallas funcionales del tramo en estudio, sin embargo, el autor asevera que ciertas fallas tales como baches, depresiones y parches podrían ser consideradas de orígenes estructurales por lo que afectaron tanto a la estructura del pavimento como a la serviciabilidad del mismo.

Título: “EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. JORGE BASADRE GROHMANN DEL DISTRITO DE POCOLLAY TRAMO AV. JORGE BASADRE GROHMANN ESTE – AV. BASADRE Y FORERO, APLICANDO EL MÉTODO DEL PCI”

En Tacna, (Guzmán, 2017) indica que tiene como objetivo determinar la condición del pavimento del tramo de la Av. Jorge Basadre Grohmann del distrito de Pocollay, departamento de Tacna, comprendido entre las avenidas Jorge Basadre Grohmann Este y Basadre y Forero, tiene una longitud de evaluación aproximada de 1,540.10 metros y actualmente se encuentra en funcionamiento. El Método empieza con el levantamiento de información de forma visual de los tipos de fallas encontradas y su nivel de severidad, para luego procesar dicha información utilizando ecuaciones y ábacos para obtener un valor numérico entre el cero (0) y el cien (100) que determina la condición del pavimento como fallado, malo, muy malo, regular, bueno, muy bueno o excelente. Los resultados por medio de la aplicación de la metodología PCI determinaron que en el primer tramo la condición del pavimento se encuentra en Bueno, mientras que para el segundo tramo la condición del pavimento se encuentra en muy mala, así mismo asevera que las fallas más incidentes en ambos ramos son las fallas de desnivel de carril, parcheo y meteorización.

Título: “EVALUACIÓN DE LAS FALLAS DE LA CARPETA ASFÁLTICA MEDIANTE EL MÉTODO PCI EN LA AV. CIRCUNVALACIÓN OESTE DE JULIACA.”

En Juliaca, (Conza, 2016) indica que tiene como objetivo determinar las fallas de la carpeta asfáltica aplicando el método PCI en la AV. Circunvalación tramo Parque Cholo - Av. Ferrocarril de esta manera propondrá alternativas de mantenimiento de la vía a la Municipalidad Provincial, además de ser fuente de información a la comunidad estudiantil universitaria. El tramo de estudio cuenta con un total de 1006m de longitud, considerando los carriles izquierdo y derecho de la Av. Circunvalación Oeste, tramo Parque Cholo-Av. Ferrocarril, donde se evaluó la condición operacional de la superficie para determinar la falla recurrente, su nivel de severidad y el valor PCI determinando su estado para su intervención. La información de campo se obtiene aplicando el Método PCI, procedimiento desarrollado por la ASTM como un método de análisis y aplicación (Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición de pavimentos en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03). Además, se incluyen resultados de conteo vehicular, lavado de asfalto, ensayo Marshall y deflectometría. El estudio adopta un enfoque no experimental, transeccional y descriptivo. Como resultado de la aplicación del PCI se concluyó que solo se presentaron 8 en el tramo de estudio tales como: piel de cocodrilo agrietamiento en bloque, abultamiento, grietas longitudinales y transversales, parcheo, agrego pulido, baches y peladura, así mismo se determinó que presenta un estado de condición de pavimento de regular. por otro lado, mediante la prueba de lavado de asfalto todas las muestras presentan que los agregados finos no están dentro del rango, finalmente mediante los ensayos de deflectometría se obtuvo que la deflexión característica es superior a la admisible por lo que concluye que el tramo en estudio presenta problemas estructurales.

Título: “APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS PARA MEJORAR LA CONSERVACIÓN Y SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO - JULIACA - 2016”

En Puno, (Fernandez, 2018) indica que tiene como objetivo Aplicar el Sistema de Gestión de Pavimentos para la planificación de la conservación y la buena serviciabilidad. El tramo o tramos en estudio son la Avenida Núñez, Autopista Mártires, Avenida Huancané, Avenida Circunvalación Ignacio Miranda Norte y la Avenida Circunvalación Ignacio Miranda. En este sentido con la gestión de pavimento que propone, se mejorará la serviciabilidad que brinda el pavimento al usuario, también se disminuirá el deterioro de los vehículos, y se alargará la vida útil del pavimento. La evaluación de los pavimentos se hizo por el método del índice de condición del pavimento (PCI). El resultado de la aplicación de gestión de pavimentos mejorara la serviciabilidad de los tamos en estudio cuando se realicé un adecuado mantenimiento de las fallas detectadas durante su evaluación, por otro lado, propone un organigrama para la conservación del pavimento.

Título: “EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO POR DEFLECTOMETRÍA E ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DE LA CARRETERA: PUNO – VILQUE – MAÑAZO - 4KM CRÍTICOS - 2015”

En Puno, (Ramos, 2017) indica que tiene como objetivo evaluar el estado del pavimento. Para ello fue necesario conocer la medida en que se encuentran el índice de condición de pavimento (PCI), las deflexiones características, así mismo se evaluó en qué medida varía el índice de regularidad internacional en los 4 kilómetros más críticos del pavimento. Metodológicamente la población estuvo formada por los tramos del km 06+500 al km 08+000 y km 15+400 al km 17+400, los cuales conforman los 4 kilómetros más críticos de la vía en estudio Puno – Vilque – Mañazo, en la cual se realizó los ensayos con: la Viga Benkelman, para determinar la deflexión

característica, y el Rugosímetro Merlín para determinar el índice de regularidad internacional. El resultado de la aplicación del PCI permitió identificar los dos tramos que comprenden los 4 kilómetros más críticos es decir los tramo km 06+500 al km 08+500 y km 16+400 al km 18+400 así mismo mediante el ensayo de deflectometría se concluyó que la deflexión característica se encontró muy por debajo de la admisible, por lo que se considera que el pavimento se encuentra en buenas condiciones estructurales, finalmente se obtuvo parámetros de IRI de 4.79 m/km en el carril derecho y 4.63 m/km en el carril izquierdo, con los cuales se puede concluir que el pavimento evaluado no cumple las especificaciones técnicas y los requerimientos que estipula las normas nacionales.

Título: “ANÁLISIS DEL IRI PARA UN PROYECTO DE CARRETERA SINUOSA CONCESIONADA EN EL PERÚ”

En Lima, (Montoya, 2013) indica que tiene como objetivo relacionar el IRI de diseño de la vía con los datos geométricos de la misma vía en una determinada longitud del tramo vial, y así poder exportarlos a toda la red vial nacional asfaltada mediante la utilización de los datos de geometría y pendiente levantados en el inventario vial del año 2004. Dicha relación generaría una tolerancia que podría ser incluida al control de recepción o nivel de servicio de rugosidad media deslizante establecida en los contratos de concesión. Como parte de la investigación, se analizan los efectos que la implementación de dicha propuesta pueda generar en el equilibrio económico dentro del marco de los contratos de concesión, analizando también los probables costos y beneficios que puedan generarse, tanto para los usuarios como para los concesionarios. Como tramo de estudio se tiene al tramo Puquio – desviación Pampachiri km 206+000 al km 245+000. Como resultados se obtuvo que el parámetro que influye más e el valor del IRI es la curvatura horizontal; debido a

que en esta hay cuatro cambios de pendiente, así mismo luego del análisis del grado de relación entre el valor de IRI de diseño y el grado de curvatura se puede concluir que existe una tendencia entre ambas variables.

Título: ““APLICACIÓN DEL METODO PCI PARA EVALUAR LAS CONDICIONES DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO RIGIDO EN LA AVENIDA CHICLAYO, JOSE LEONARDO ORTIZ”

En Chiclayo, (Carbajal, 2018) indica que tiene como objetivo evaluar las condiciones del pavimento rígido del tramo en estudio mediante la aplicación del Método (PCI), con la finalidad de determinar el deterioro de la estructura del pavimento en función de los daños existentes de acuerdo a lo establecido en la Norma ASTM D6433 – 03, llamado Pavement Condition Index (PCI). Primero se llevó a cabo una inspección visual detallada a lo largo de toda la superficie del pavimento rígido de la Avenida Chiclayo donde se identificó las fallas teniendo en cuenta el tipo, severidad y cantidad de las mismas y asimismo se recopiló la información pertinente en los formatos modelos que nos brinda el Método del PCI. Como muestra se tienen a 6 kilómetros de la avenida Chiclayo. Los resultados obtenidos mediante la aplicación del PCI son para el kilómetro 1 un estado de pavimento de regular, para el kilómetro 2 un estado también de regular y para los kilómetros 3, 4, 5 y 6 un estado de condición del pavimento de regular, regular-malo, regular y regular. Por otro lado, las principales fallas encontradas fueron grieta de esquina, losa dividida, grieta lineal, parche grande. Finalmente concluye que en el tramo de estudio se tendrían que realizar acciones de mantenimiento.

Título: “EVALUACIÓN DEL ESTADO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO PCI DE LA AVENIDA INCA PACHACÚTEC – JICAMARCA, 2018 “

En Lima, (Valdez, 2018) indica el objetivo de esta tesis es evaluar el estado funcional del pavimento flexible con el propósito de conocer la condición de la vía evaluada; esto se realiza mediante un método internacional llamado Índice de Condición del Pavimento (PCI), considerado el mejor método de evaluación, ya que evalúa y califica objetivamente los pavimentos y ha sido publicada como un método de análisis y aplicación estandarizado por Asociación Americana de Ensayos y Materiales en la norma ASTM D6433. El tramo en estudio es la Avenida Inca Pachacutec – Jicamarca. La metodología usada es la no experimental ya que solo se estudió y evaluó el problema tal cual se presentó sin necesidad de alterarla. Los resultados permitieron aseverar que el tramo en estudio presenta una condición mala con un valor PCI de 33, además se identificaron 15 tipos de fallas de diferentes severidades. Finalmente asevera que su estudio se limita a solo presentar una evaluación funcional, por lo que indica que para obtener datos más precisos se tendría que realizar una evaluación estructural.

Título: ““DETERMINACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA CUSCO-URCOS, USANDO TELÉFONOS INTELIGENTES Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN - 2016”

En Lima, (Hirpahuanca, 2016) su investigación tiene como objetivo determinar el porcentaje de similitud que existe, entre los resultados de la medición de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco – Urcos; usando la aplicación Roadroid con respecto al Rugosímetro MERLIN, la diferencia de los resultados obtenidos, las ventajas de usar la aplicación Roadroid con respecto al Rugosímetro MERLIN, la serviciabilidad del pavimento, y la

comparación de la regularidad superficial de ambos carriles. Ambos equipos miden la regularidad superficial de pavimentos, pero la aplicación Roadroid se presenta como una herramienta nueva e innovadora en el mercado y el Rugosímetro de MERLIN es un equipo ampliamente conocido y usado. Para llevar a cabo esta investigación, se midió la regularidad superficial en el tramo de estudio carretera Cusco – Urcos que recorre los lugares de Saylla, Oropesa, Huacarpay, Piñipampa, Andahuaylillas y Huarico con un total de 31.20 km de longitud. La metodología es la no experimental. Los resultados de comparación se realizaron mediante las pruebas estadística correlación de Pearson y correlación de Spearman donde el autor concluye que existe una correlación positiva y fuerte entre el IRI hallado con el rugosímetro de Merlín frente al IRI hallado por el Roadroid.

Título: ““EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. MARIO URTEAGA MEDIANTE EL RUGOSÍMETRO DE MERLÍN Y EL MÉTODO PCI PARA DETERMINAR EL ESTADO DE CONDICION DEL PAVIMENTO, 2017”

En Cajamarca, (Huaccha, 2017) indica que el objetivo de esta tesis analizar el estado de conservación del pavimento flexible en estudio; mediante el rugosímetro de merlín y el método PCI. El desarrollo de esta investigación tuvo inicio con una inspección de campo, para identificar: las unidades de muestro (método PCI) y la cantidad de carriles (método rugosímetro de merlín), seguidamente se identificó el tipo de fallas y se llenó los formatos de campo para el método PCI y rugosímetro de merlín. El tramo de estudio es la Av. Mario Urteaga comprendida desde el Ovalo Inca hasta la Plazuela Víctor Raúl (Ida y Vuelta o A y B) con 1018.74m por cada calzada. As mismo, el tipo de investigación es no experimental de tipo descriptiva. Los resultados obtenidos mediante la aplicación del PCI son para el tramo A (Ovalo Inca – Plazuela Víctor Raúl) un PCI de

71.63 considerándose un pavimento en condición de Muy Bueno, mientras que para el tramo B un PCI de 28.48 calificándose el pavimento en condición de Pobre. Finalmente, por medio de la determinación del IRI se halló para el tramo A un IRI de 4.15 m/km y para el tramo B un IRI de 3.35 m/km, concluyendo el autor que la superficie es defectuosa.

1.3. Bases Teóricas

1.3.1. Definición Pavimento

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. (Montejo, 2002, p. 1)

1.3.1.1. El pavimento flexible

Son aquellos que tienen un revestimiento asfáltico sobre una capa base granular. La distribución de tensiones y deformaciones generadas en la estructura por las cargas de las ruedas del tráfico, se da de tal forma que las capas de revestimiento y base absorben las tensiones verticales de compresión del suelo de fundación por medio de la absorción de tensiones cizallante. En este proceso ocurren tensiones de deformación y tracción en la fibra inferior del revestimiento asfáltico, que provocara su fisuración por fatiga por la repetición de las cargas de tráfico. Al mismo tiempo la repetición de la tensiones y deformaciones verticales de compresión que actúan en todas las capas de pavimento producirán la formación de hundimientos en la trilla de rueda, cuando el tráfico

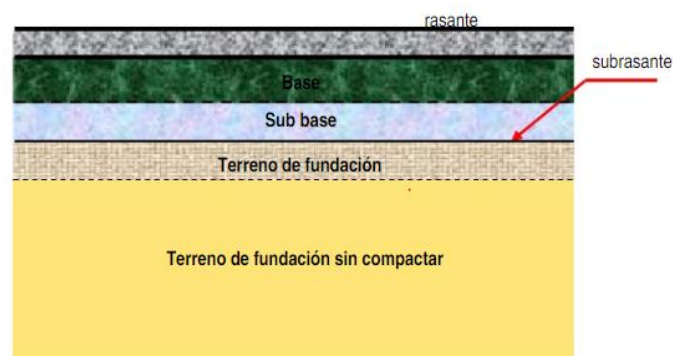
tiende a ser canalizado, y la ondulación longitudinal de la superficie cuando la heterogeneidad del pavimento fuera significativa. (Facultad de ciencia y tecnología, 2004, p. 11).

1.3.1.2. Estructura del pavimento asfáltico

La estructura que se apoya sobre el terreno de fundación o subrasante, y que está conformado por capas de materiales de diferentes calidades y espesores, que obedecen a un diseño estructural, se denomina pavimento. La estructura del pavimento está destinada a soportar las cargas provenientes del tráfico. Tradicionalmente, los métodos de diseño de pavimentos, han sido empíricos; es decir, que la experiencia representaba un papel importante. Se requería que el ingeniero tuviese muchos años en el área para, de alguna manera, poder interpretar los resultados de las investigaciones decampo y realizar el diseño. Los pavimentos asfálticos están conformados por una carpeta asfáltica apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y sub base. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares del proyecto. La distribución típica de las capas que conforman la estructura del pavimento se grafica en la figura 2. (Minaya y Ordoñez, 2006, p. 1)

Figura 2.

Estructura Típica de Pavimentos Asfálticos.



Nota. La imagen representa la estructura de un pavimento flexible. Tomada de “Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos”, por Minaya y Ordoñez, 2006.

- **Subrasante**

La subrasante es la capa de terreno que soporta el paquete estructural y que se extiende hasta una profundidad en la cual no influyen las cargas de tránsito. Esta capa puede estar formada por el suelo natural debidamente preparado o por material de préstamo, dependiendo de las características del suelo encontrado. Las características de la Subrasante sobre la que se asienta el pavimento, están definidas en seis (06) categorías de Subrasante, en base a su capacidad de soporte CBR (Timana 2009).

Figura 3.

Categorías de la Subrasante

CATEGORÍAS DE SUBRASANTE	CBR
S ₀ : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Subrasante Extraordinaria	CBR ≥ 30%

Nota. Categoría de Subrasante de acuerdo al porcentaje de CBR. Tomado de “Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimento, Sección Suelos y Pavimentos”, por Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), 2014.

Según (Montejo, 2002, p. 4) en su manual “Ingeniería de Pavimentos” afirma que las funciones de las capas de un pavimento flexible son:

- **Sub Base**

Función económica: Una de las principales funciones de esta capa es netamente económica; en efecto, el espesor total que se requiere para que el nivel de esfuerzos en la subrasante sea igual o menor a su propia resistencia, puede ser constituido con materiales de alta calidad; sin embargo, es preferible distribuir las capas más calificadas en la parte superior y colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad la cual es frecuentemente la más barata. Esta solución puede traer consigo un aumento en el espesor total del pavimento, no obstante, resulta más económica.

Capa de transición: La subbase bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y, por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad.

Disminución de las deformaciones: algunos cambios volumétricos de la capa de la subrasante, generalmente asociados a cambios en sus contenidos de agua (expansiones), o a cambios extremos de temperatura (Heladas), pueden absorberse con la capa subbase, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.

Resistencia. -La subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidas a un nivel adecuado de la subrasante.

Drenaje. -En muchos casos la subbase debe drenar el agua, que se introduzca a través de la carpeta o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar.

- **Base del Pavimento**

Resistencia: La función fundamental de la base granular de un pavimento consisten en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada.

Función económica: Respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la que tiene la subbase respecto a la base.

- **Carpeta Superficie de rodamiento**

La carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito.

1.4. Evaluación de Pavimentos

La evaluación de pavimentos consiste en un informe, en el cual se presenta el estado en el que se halla la superficie y estructura del mismo, para de esta manera poder adoptar las medidas necesarias de reparación y mantenimiento. Con la evaluación se pretende determinar cómo intervenir un pavimento para prolongar su vida útil. La importancia de la evaluación radica en que permitirá conocer a tiempo los deterioros presentes en la superficie, y de esta manera realizar las correcciones, consiguiendo con ello brindar al usuario una serviciabilidad óptima. Asimismo, con la realización de una evaluación periódica del pavimento se podrá predecir el nivel de vida de una red o un proyecto. Por último, la evaluación de pavimentos, también permitirá optimizar los costos de rehabilitación, pues si se trata un deterioro de forma temprana se prolonga su vida de servicio ahorrando de esta manera gastos mayores. En este contexto la evaluación de pavimentos permite conocer el estado situacional de la estructura y establecer medidas correctivas, ahorrando costos, para cumplir objetivos de serviciabilidad. (Medina y De la Cruz, 2015)

1.4.1. Importancia de Evaluación de Pavimentos

La evaluación de pavimentos es importante, pues permitirá conocer a tiempo los deterioros presentes en la superficie, y de esta manera realizar las correcciones, consiguiendo con ello brindar al usuario una serviciabilidad óptima. Con la realización de una evaluación periódica del pavimento se podrá predecir el nivel de vida de una red o un proyecto. La evaluación de pavimentos, también permitirá optimizar los costos de rehabilitación, pues si se trata un deterioro de forma temprana se prolonga su vida de servicio ahorrando de esta manera gastos mayores. (Aguirre, 1999)

1.4.2. Fallas en el Pavimento

Según el (MTC, 2014, p. 168) en su manual de “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” afirma que:

Las causas de defectos o fallas en el pavimento son de distinto origen y naturaleza, de los cuales mencionamos los siguientes:

- Exagerado incremento de las cargas circulantes: ya sea en peso o en frecuencia, con respecto a las previstas en el diseño original, y que se traducen en un infradiseño.
- Deficiencias en el proceso constructivo: espesores menores que los previstos, elaboración inadecuada de las mezclas y estabilizaciones, deficiencias en el proceso de distribución, compactación o terminación, factores todos que traen como consecuencia una disminución de la calidad de los materiales y un debilitamiento estructural del pavimento.
- Proyecto deficiente: que da lugar a espesores menores de lo que realmente requiere la carretera.
- Factores climáticos regionales: excesivamente desfavorables o que no pudieron preverse en el proyecto y/o construcción, tales como la elevación de la napa freática, inundaciones, lluvias

prolongadas, insuficiencias del drenaje superficial o subterráneo proyectado, variaciones térmicas externas, fenómenos de congelamiento, presencia de sales nocivas, etc.

- Deficiente conservación vial: por escasez de equipos, de fondos o de personal capacitado; por empleo de materiales y/o técnicas inadecuadas; o bien, por falta total de conservación.

1.4.3. Tipos de Fallas en los Pavimentos

Fallas de Superficie: Son las fallas en la superficie de rodamiento, debidos a las fallas en la capa de rodadura y que no guardan relación con la estructura de la calzada. La corrección de estas fallas se efectúa con solo regularizar su superficie y conferirle la necesaria impermeabilidad y rugosidad. (Corros et al., 2009)

Fallas Estructurales: Comprende los defectos de la superficie de rodamiento, cuyo origen es una falla en la estructura del pavimento, es decir, de una o más capas constitutivas que deben resistir el complejo juego de solicitaciones que imponen el tránsito y el conjunto de factores climáticos. Para corregir este tipo de fallas es necesario un refuerzo sobre el pavimento existente para que el paquete estructural responda a las exigencias del tránsito presente y futuro estimado. (Corros et al., 2009)

En tal sentido el MTC, (2014) en su manual de “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” asevera que:

Las fallas de tipo superficial se corrigen regularizando la superficie y confiriéndole la necesaria impermeabilidad y rugosidad. Ello se logra con capas asfálticas delgadas que poco aportan estructuralmente, fresados y capas nivelantes. En cambio, cuando se trata de fallas estructurales, es necesario un refuerzo sobre el pavimento existente (previa reparación de las fallas detectadas y

de ser necesario de fresados y capas nivelantes) o una reconstrucción para que el conjunto responda a las exigencias del tráfico presente y futuro. (p. 168)

1.5. Evaluación Funcional

Los usuarios perciben la funcionalidad de una vía, es decir la seguridad y confort que sienten al transitar por una vía, por lo que, es de gran importancia garantizar adecuados estados durante la vida útil de una vía. Por tal motivo, para conocer las condiciones superficiales del pavimento se utilizan indicadores o parámetros del estado del pavimento como el índice de rugosidad internacional, índice de serviciabilidad y el índice de condición del pavimento. La evaluación funcional describe las características que tiene una vía y califica el uso que esta brinda al tráfico. (Abad & Sangurima, 2018)

Para evaluar la funcionalidad de una vía existen varios índices los cuales se presentan a continuación:

1.5.1. Índice de Condición de Pavimento (PCI)

Según (Corros et al., 2009) el Índice de Condición del Pavimento (Pavement Condition Index o PCI por sus siglas en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas: el procedimiento es enteramente manual y suministra información confiable sobre las fallas que presenta el pavimento, su severidad y el área afectada. El procedimiento ofrece buena repetibilidad y confiabilidad estadística de los resultados y el mismo fue originalmente desarrollada por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos y

presentado en el año 1978 por los Ingenieros M.Y. Shahin y S.D Khon en el Reporte N° M-268.
(p. 90)

Figura 4

Formato de Exploración de Condición para Carreteras con Superficie Asfáltica.

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO				ESQUEMA		
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m ²)				
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>				
INSPECCIONADA POR		FECHA				
<input type="text"/>		<input type="text"/>				
No.	Daño	No.	Daño			
1	Piel de cocodrilo.	11	Parcheo.			
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.			
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.			
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.			
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.			
6	Depresión.	16	Desplazamiento.			
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)			
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.			
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.			
10	Grietas long y transversal.					
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido

Nota. El presente formato indica el tipo y cantidad de fallas según metodología Índice de Condición del Pavimento, así mismo se visualiza el formato para la toma u obtención de datos en campo. Tomado de “Pavement Condition Index (PCI) para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras”, por Vásquez, 2002.

Unidades de Muestreo

Según (Vásquez, 2002) en su manual “Pavement Condition Index (PCI)” para determinar las Unidades de Muestreo se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura:

- Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$. En la Tabla 1 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Tabla 1.

Unidades de Muestreo PCI

Ancho de Calzada (m)	Longitud de la Unidad de Muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.0
7.3 (máximo)	31.5

Nota. Longitudes de unidad de muestreo según ancho de calzada.

Fuente: Pavement Condition Index (PCI), por Vásquez, 2002.

- Carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Pórtland y losas con longitud inferior a 7.60 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 20 ± 8 losas.

Se recomienda tomar el valor medio de los rangos y en ningún caso definir unidades por fuera de aquellos. Para cada pavimento inspeccionado se sugiere la elaboración de esquemas que muestren el tamaño y la localización de las unidades ya que servirá para referencia futura.

En la “Evaluación de un Proyecto” se debe inspeccionar todo el tramo en estudio; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de secciones de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la siguiente ecuación, derivada para una confiabilidad del 95%: (p. 4)

$$n = (N * \sigma^2) / ((e^2/4) * (N-1) + \sigma^2)$$

Ecuación 1. Determinación de muestras escala de Proyecto.

Donde:

n = número mínimo de secciones a muestrear

N = número total de secciones en el tramo en estudio (área total/área de sección)

e = error admisible en la estimación del PCI, normalmente 5%

s = desviación estándar del PCI entre las secciones medidas, normalmente se asume un valor de 10%, cuando no se conoce.

- **Procedimiento para la Medición del PCI**

Para la determinación del PCI (Corros et al., 2009) afirma que hay que realizar los siguientes pasos siendo:

Paso 1: Inspección del pavimento.

Determinación del número y áreas de cada sección de medición de PCI, la práctica común es hacer una medición de PCI por km. La primera Sección se ubica aleatoriamente, y las demás a un km. de la anterior. Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por

ejemplo, “cruce de línea férrea”) queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio. Para evitar lo anterior, durante la inspección del tramo deberá establecerse cualquier unidad de muestreo inusual y evaluarla como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria.

Paso 2: Identificación del tipo de falla y medición de su severidad y magnitud La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

Equipo:

- Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.
- Seguridad durante el trabajo: El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía.
- Procedimiento. Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños. Se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

Paso 3: Determinación del “Valor de deducción” para cada falla medida, a partir de su severidad, densidad y del gráfico correspondiente.

- Cálculo de los Valores de deducción (VD)
- Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna y o celda del formato en uso. El daño puede medirse en área, longitud o por número según la falla considerada.
- Divida la CANTIDAD de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la DENSIDAD del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la sección en estudio.
- Determine el VALOR DE DEDUCCIÓN para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor de Deducción”, estas curvas se encuentran en el Anexo

Paso 4: Cálculo del valor de deducción total (VDT), que es igual a la sumatoria de todos los valores de deducción de cada tipo de falla individual.

- Se realiza una sumatoria del valor de deducción

Paso 5: Cálculo del valor de deducción corregido (VDC), en función del VDT y del número de valores de VDT que sean mayores que cinco (5) (valor “q”).

Paso 6: Cálculo del Índice de Condición del Pavimento (PCI). Para ello se utiliza la gráfica de “Valor de Deducción Corregida” que se encuentra en el Anexo a la cual se accede con el VDT y se intercepta la Curva con el “q” correspondiente, leyendo a la izquierda el “Valor de Deducción Corregido (VDC)”, el cual será finalmente restado a 100. (p. 60 y 61)

1.5.1.1. Fallas consideradas por la metodología PCI

Tabla 2.

Fallas del PCI según el ASTM D 6433

Falla	Nombre	Unidad
1	Piel de cocodrilo	(m ²)
2	Exudación	(m ²)
3	Grietas de Bloque o Contracción	(m ²)
4	Elevaciones y Hundimientos	(m)
5	Corrugaciones	(m ²)
6	Depresiones	(m ²)
7	Grietas o fisuras de borde	(m)
8	Grieta de reflexión de junta	(m)
9	Desnivel carril / berma.	(m)
10	Grietas Longitudinales y Transversales	(m)
11	Parqueo	(m ²)
12	Agregados pulidos	(m ²)
13	Baches o Huecos	(uni.)
14	Cruce de vía férrea	(m ²)
15	Ahuellamiento	(m ²)
16	Desplazamientos	(m ²)
17	Fisura parabólica o por deslizamiento	(m ²)
18	Hinchamiento	(m ²)
19	Desprendimiento de agregados	(m ²)

Nota. Tipo de fallas para la aplicación e la metodologial PCI. Tomado de “Estándard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys”, por ASTM D6433.

1.5.1.2. Rango de Calificación

Figura 5.

Rango de Calificación según el PCI.

Rango PCI %	Color	Estado
0-10		Falla
11-25		Muy Malo
26-40		Malo
41-55		Regular
56-70		Bueno
71-85		Muy Bueno
86-100		Excelente

Nota. Delimitación de rangos de calificación según resultados obtenidos mediante el uso de la metodología PCI. Tomado de “Análisis de las Fallas del Pavimento Flexible de la Avenida Arizaga entre Nueve de Mayo y Ayacucho”, por Niola, 2015.

1.5.2. Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

El índice de serviciabilidad presente (Present Serviceability Index o PSI – por sus siglas en inglés) indica la condición de un pavimento en función de la seguridad y confortabilidad que brinda a los usuarios en un determinado momento. El PSI es un indicador que califica el estado superficial de un pavimento en una escala de valoración que va desde 0 (para un pavimento con condición superficial muy pobre) hasta 5 (para un pavimento con condición superficial perfecta). Este parámetro permite definir las prioridades para desarrollar programas de mantenimiento. Por esta razón fue incluido por la American Asociación of State Highway and Transporting Officials

(AASHTO) en los procedimientos de diseños nuevos y rehabilitación de pavimentos. (Corros et al., 2009, p. 190)

La ecuación específica para calcular el PSI de la guía AASHTO se calcula por medio de la siguiente ecuación:

Acotar que la presente formula fue establecida por Sayers, que relación la rugosidad con el PSI

$$IRI = 5.5 \times \ln\left(\frac{5}{PSI}\right) \quad \text{Para } IRI < 12$$

Ecuación 2. Determinación del PSI

Ordenando términos tenemos:

$$PSI = \left(\frac{5}{e^{\frac{IRI}{5.5}}}\right)$$

Ecuación 3. Despejando ecuación 2

Dónde:

I.R.I. = Rugosidad en escala I.R.I.

P.S.I. = Índice de Serviciabilidad Presente

La Tabla 3 presenta la escala de valoración del PSI, en la cual también califica y describe el estado superficial del pavimento según su calificación.

Tabla 3

Escala de Calificación de la Serviciabilidad.

Calificación		Descripción
Numérica	Cualitativa	
5.0 - 4.0	Muy Buena	Solo los pavimentos nuevos o casi nuevas son lo suficientemente suaves y sin deterioro para calificar en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasifican como muy buenos.
4.0 - 3.0	Buena	Los pavimentos de esta categoría proporcionan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y fisuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un nivel de deterioro superficial, como desprendimiento leve de material en los bordes de la losa y fisura menores.
3.0 - 2.0	Regular	La calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamientos, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamientos, escalonamiento y bombeo.
2.0 - 1.0	Mala	Los pavimentos se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad del tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden presentar grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamiento; y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye pérdida de material en las juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
1.0 - 0.0	Muy Mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los cambios se pueden pasar a velocidades reducidas y considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75% o más de la superficie.

Nota. Escala de la serviciabilidad y descripción. Tomada de “Guide for Design of Pavement Structures 1933, por AASHTO.

Figura 6
Escala del PSI

Indice de Serviciabilidad	Calidad
5	Muy Buena
4	
3	Buena
2	Regular
1	Mala
0	Pésima

Nota. Escala parametrizada según resultados del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI). Tomada de “Guide for Design of Pavement Structures 1933”, por AASHTO.

1.5.3. Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

- **Definición**

El IRI se define como la acumulación del movimiento vertical que sufre la suspensión de una rueda (un cuarto de carro) cuando este recorre la superficie a una velocidad de referencia de 80 km/h. En este sentido, es un índice de comodidad de rodadura, y constituye el parámetro de la vía que percibe el usuario. (Caro y Peña., 2012, p. 72).

Así mismo los autores (Arriaga et al., 1998) indican que

El Índice Internacional de Rugosidad, mejor conocido como IRI (International Roughness Index), fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 como un estándar estadístico de la rugosidad y sirve como parámetro de referencia en la medición de la calidad de rodadura de un camino. El cálculo matemático del Índice Internacional de Rugosidad está basado en la acumulación de desplazamientos en valor absoluto, de la masa superior con respecto a la masa inferior (en

milímetros, metros o pulgadas) de un modelo de vehículo (cuarto de carro, Figura 10), dividido entre la distancia recorrida sobre un camino (en m, km. o millas) que se produce por los movimientos al vehículo, cuando éste viaja a una velocidad de 80 km/h. (p. 9)

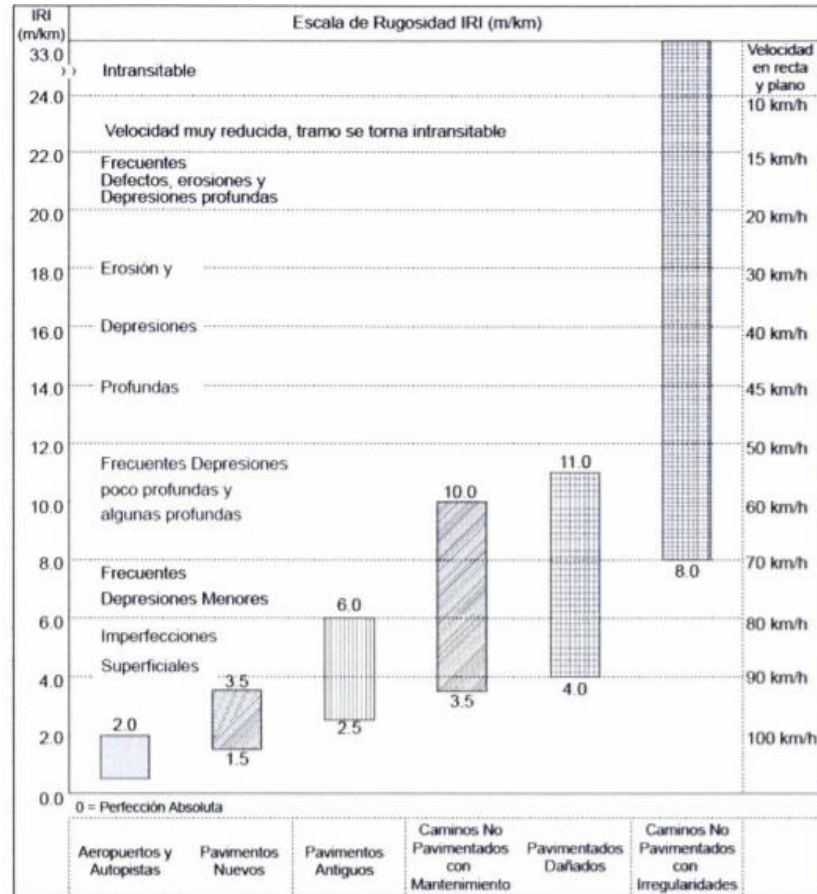
- **Escala y características del IRI**

(Arriaga et al., 1998) aseveran que la escala y características involucradas en el IRI son las siguientes:

- Las unidades están en mm/m, m/km o in/mi
- El rango de la escala del IRI para un camino pavimentado es de 0 a 12 m/km. (0 a 760 in/mi), donde 0 es una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable.
- Para una superficie con pendiente constante sin deformaciones (plano inclinado perfecto), el IRI es igual a cero. Por lo que la pendiente, como tal, no influye en el valor del IRI, no así los cambios de pendiente. La capa de rodadura de una carretera posee una serie de características técnicas y funcionales, obtenidas a partir de criterios y especificaciones de construcción. Su estado depende de la calidad inicial y del desgaste o deterioro producido por el tránsito y los factores climáticos, entre otros. A nivel de red, partiendo de las mediciones de rugosidad de un camino, se puede definir el estado de los pavimentos mediante el índice de rugosidad; si se realiza un programa de evaluación anual en esos mismos caminos se puede llegar a conocer el comportamiento del deterioro a través del tiempo. (p.12)

Figura 7

Escala de Valores del IRI y Características de los Pavimentos



Nota. Escala de valores según resultados determinados de rugosidad. Tomado de “Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y pavimento, por MTC., 2014.

- **Precisión**

(Apolinario, 2019) acota que:

La precisión necesaria es función de la rugosidad. Aunque la rugosidad no se conoce hasta haber medido el perfil y calculado el IRI, con la experiencia del profesional se podrá juzgar cuando la rugosidad es suficientemente elevada como para poder reducir las exigencias de precisión. Los

requisitos de exactitud de las cotas de altura para las mediciones perfilométricas de clase 1 y 2, se han calculado utilizando estas relaciones obtenidas experimentalmente en el ASTM 1995. (p.31)

- Precisión de Clase I (en mm) menor o igual a $0.25 \cdot \text{IRI}$ (m/km)
- Precisión de Clase II (en mm) menor o igual a $0.50 \cdot \text{IRI}$ (m/km)
- **Escala y características del IRI**

Según (Apolinario, 2019) afirma que de acuerdo a la clasificación dada por el Banco Mundial, se clasifican en cuatro clases genéricas, con relación a cuán directa sea la correlación que emplean para relación sus medidas con el IRI

- **Método Clase 1**

Basados en la medición de perfiles topográficos de gran precisión estos métodos se constituyen como los más exactos que existen para la determinación del IRI. Los métodos de la clase 1 establecen la rugosidad a través de la determinación muy exacta del perfil longitudinal de un pavimento, con medidas espaciadas cada 0.25 m y cotas con una precisión de 0.5mm. A esta clase pertenecen los métodos basados en la medición del perfil del pavimento con el perfilómetro TRRL Beam, y, con mira y nivel de precisión.

- **Método Clase 2**

La rugosidad se determina sobre la base de la medición del perfil longitudinal, pero con una exactitud menor que los de la clase 1. Estos métodos recurren al uso de perfilómetros de alta velocidad o mediciones estáticas con equipos similares a los de clase 1. APL Trailer y GMRtyp Inertial Profilometer.

- Método Clase 3

Métodos que recurren al uso de una ecuación de correlación para la estimación del IRI. Las mediciones directas deben ser correlacionadas con el IRI mediante una ecuación de calibración, que debe ser obtenida experimentalmente y específicamente para el vehículo empleado. Mays Meter (norteamericano), Bum Integrator, Rugosímetro tipo III, Rugosímetro de Merlín

- Método Clase 4

Hay situaciones en las que se requieren datos de rugosidad sin necesidad de una gran precisión o simplemente no es posible obtener datos precisos; sin embargo, se hace deseable relacionar las medidas a la escala el IRI. En tales casos se puede recurrir a una evaluación subjetiva, ya sea mediante experiencia previa recorriendo caminos o basándose en una inspección visual. Un equipo tipo respuesta que no está calibrado cae dentro la categoría de Clase 4.

En tal sentido la mayor experiencia en el Perú está relacionada con el método basado en el uso del rugosímetro denominado MERLIN, este califica por la forma como clase 3, sin embargo, por haber sido diseñado como una variación de un perfilómetro estático, y debido a la gran exactitud de sus resultados, es considerado como un método de Clase 1. (p. 61 y 62)

1.5.3.1. Evaluación del índice de rugosidad internacional con el rugosímetro de merlina

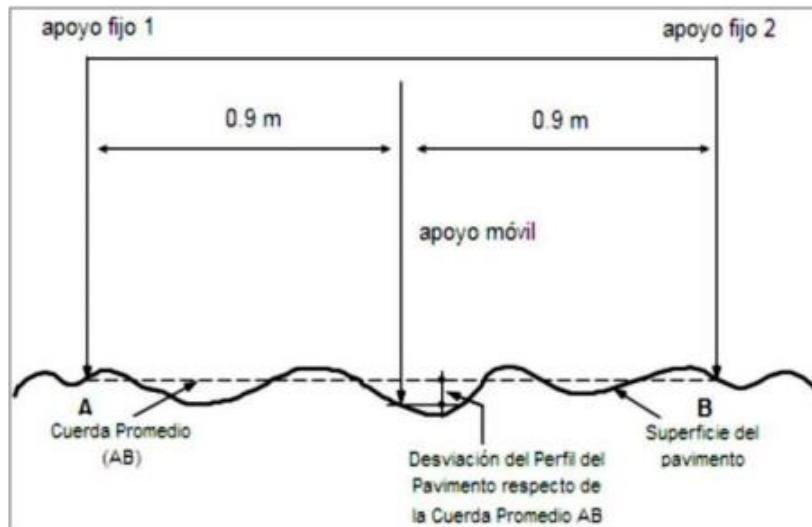
La rugosidad se presenta como una alteración del perfil longitudinal del camino que provocan vibraciones en los vehículos que lo recorren. La evaluación de la rugosidad a través de la determinación del Índice de Rugosidad internacional (IRI) constituye en la actualidad uno de los controles respectivos más importantes con la calidad de terminación de los pavimentos, que se refleja en el nivel de comodidad, seguridad y costos de operación para los usuarios de estos. Los

problemas más frecuentes a la hora de valorar la calidad y comodidad. (Montoya, 2016) La rugosidad se define como las irregularidades en la superficie del pavimento que afectan adversamente a la calidad de rodado, seguridad y costos de mantenimiento y operación del vehículo. La rugosidad tiene el mayor efecto en la evaluación de los usuarios que califican la calidad de rodado. (Pradena, 2006)

La determinación de la rugosidad de un pavimento se basa en el concepto de usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio. La Figura 8.; ilustra cómo el MERLIN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. El desplazamiento es conocido como “la desviación respecto a la cuerda promedio”. La longitud de la cuerda promedio es 1.80m, por ser la distancia que proporciona los mejores resultados en las correlaciones. Asimismo, se ha definido que es necesario medir 200 desviaciones respecto de la cuerda promedio, en forma consecutiva a lo largo de la vía y considerar un intervalo 39 constante entre cada medición. Para dichas condiciones se tiene que, a mayor rugosidad de la superficie mayor es la variabilidad de los desplazamientos. Si se define el histograma de la distribución de frecuencias de las 200 mediciones, es posible medir la dispersión de las desviaciones y correlacionarla con la escala estándar de la rugosidad. (Del Águila, 1999)

Figura 8

Desviación respecto a la cuerda promedio.

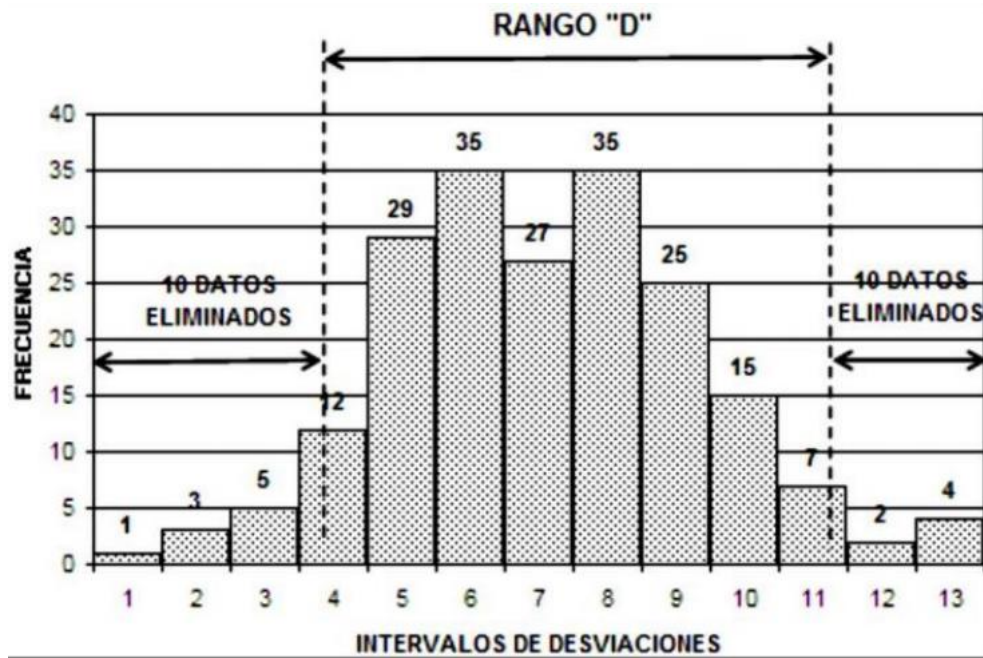


Nota. Representación gráfica IRI con respecto a la superficie del pavimento. Tomado de “Índice Internacional de Rugosidad Aplicación a la Red Carretera de México, por Arriaga et al., 1998.

El parámetro estadístico que establece la magnitud de la dispersión es el Rango de la muestra (D), determinado luego de efectuar una depuración del 10% de observaciones (10 datos en cada 59 cola del histograma). El valor D es la rugosidad del pavimento en “unidades MERLIN”. (Del Águila, 1999)

Figura 9

Histograma de la Distribución de Frecuencias



Nota. Representación gráfica mediante un histograma de frecuencias de los datos obtenidos en campo para posteriormente calcular “D”. Tomado de “Metodología para la Determinación de la Rugosidad de los Pavimentos”, por Del Águila, 1999.

Correlaciones D versus IRI

Para relacionar la rugosidad determinada con el MERLIN con el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), que es el parámetro utilizado para uniformizar los resultados provenientes de la gran diversidad de equipos que existen en la actualidad, se utilizan las siguientes expresiones:

Cuando $D > 40$, entonces $IRI = 0.593 + 0.0471D$

Ecuación 4. Calculo del IRI para $D > 40$

Cuando $D < 40$, entonces $IRI = 0.0485D$

Ecuación 5. Calculo del IRI para $D < 40$

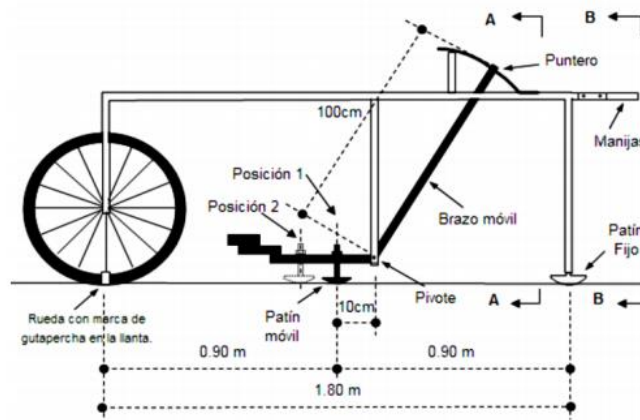
La ecuación 4 es la original establecida por el TRRL mediante simulaciones computarizadas, utilizando una base de datos proveniente del Ensayo Internacional sobre Rugosidad realizado en Brasil en 1982. La ecuación de correlación establecida es empleada para la evaluación de pavimentos en servicio, con superficie de rodadura asfáltica, granular o de tierra, siempre y cuando su rugosidad se encuentre comprendida en el intervalo indicado. La ecuación 5 es la de correlación establecida de acuerdo a la experiencia peruana y luego de comprobarse, después de ser evaluados más de 3,000 km de pavimentos, que la ecuación original del TRRL no era aplicable para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o poco deformados. Se desarrolló entonces, siguiendo la misma metodología que la utilizada por el laboratorio británico, una ecuación que se emplea para el control de calidad de pavimentos recién construidos. (Del Águila, 1999). El Rugosímetro MERLIN, es un instrumento versátil, sencillo y económico, pensado especialmente para uso en países en vías de desarrollo. Fue introducido en el Perú por el Ing. Pablo del Águila en 1993, existiendo en la fecha (junio 1999) más de 15 unidades pertenecientes a otras tantas empresas constructoras y consultoras. (Del Águila, 1999).

Así mismo el autor (Del Águila, 1999) afirma que:

El Merlín es un equipo de diseño simple. Las figuras 10 y 11; presentan un esquema ilustrativo del instrumento. Consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal. Para facilidad de desplazamiento y operación el elemento vertical delantero es una rueda, mientras que el trasero tiene adosados lateralmente dos soportes inclinados, uno en el lado derecho para fijar el equipo sobre el suelo durante los ensayos y otro en el lado izquierdo para descansar el equipo. El elemento horizontal se proyecta, hacia la parte trasera, con 2 manijas que permiten levantar y movilizar el equipo, haciéndolo rodar sobre la rueda en forma similar a una carretilla.

Figura 10

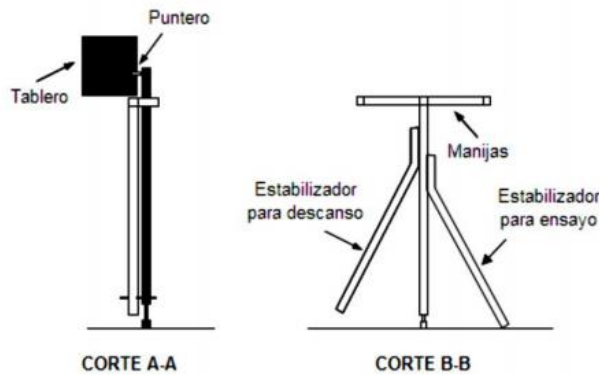
Esquema del Rugosímetro de Merlín.



Nota. Representación Gráfica del instrumento “MERLIN” equipo para determinar la rugosidad. Tomado de “Metodología para la Determinación de la Rugosidad de los Pavimentos”, por Del Águila, 1999.

Figura 11

Corte del Esquema del Rugosímetro de MERLIN



Nota. Representación Gráfica de equipo MERLIN mediante cortes. Tomado de “Metodología para la Determinación de la Rugosidad de los Pavimentos”, por Del Águila, 1999.

1.6. Evaluación Estructural

Existen métodos para determinar la condición estructural de un pavimento, tradicionalmente se han empleado métodos destructivos para determinar esta condición, tales como perforaciones, las cuales alteran el comportamiento del pavimento (Jiménez, 1998). Esta metodología es cara, lenta, altera el equilibrio del sistema al perforar y es destructiva, lo que produce alteraciones físicas en los materiales. En la actualidad se presenta una alternativa no destructiva, la cual determina la capacidad estructural de un pavimento sin alterar su estructura y se puede realizar en cualquier momento de su vida de servicio (Rondón y Reyes, 2015). Los métodos no destructivos se basan en la interpretación de las deflexiones medidas en la superficie del pavimento y proporcionan información que se usa para la evaluación estructural de pavimentos nuevos o en servicio. Estas mediciones se realizan utilizando equipos portátiles como la Viga Benkelman, el Deflectómetro Lacroix y el Deflectómetro de Impacto (FWD) (Montejo, 2006).

1.6.1. Métodos directos de auscultación

Los métodos directos de auscultación son métodos destructivos, que deterioran la estructura del pavimento. El uso de los métodos directos, presentan las siguientes desventajas como la obtención de datos requiere mayor cantidad de tiempo, Costos más elevados, mayores molestias en el tráfico, etc. Entre los métodos directos de auscultación estructural utilizados en el Perú se pueden mencionar (Velásquez, 2009).

- Calicatas o pozos a cielo abierto.
- Extracción de núcleos (Diamantina).

1.6.2. Métodos indirectos de auscultación estructural

(Cubas, 2017) asevera que:

Se le puede llamar métodos indirectos de evaluación estructural, a aquellos métodos con los cuales se logra determinar la capacidad estructural del pavimento, sin tener que dañar la estructura, dichos métodos se basan en hipótesis y modelos matemáticos. Estos métodos se realizan por medio de metodologías conocidas tales como no destructiva “NDT” (non destructive test), que se basa en la interpretación de las deflexiones medidas en la superficie de los pavimentos. Dicha metodología se fundamenta en que la forma y dimensión de la curva de deflexiones encierra una valiosa información acerca de las características estructurales del pavimento y su Subrasante, por lo que se puede mencionar que la metodología de evaluación estructural por medio de NDT, es un proceso de diseño inverso (retro cálculo) ya que se utiliza la respuesta del sistema (Pavimento-Subrasante) para establecer sus características estructurales. (p. 26)

1.6.2.1. Evaluación estructural por deflectometría

El (MTC, 2014) en su manual de “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” asevera que:

La evaluación superficial se complementa con la evaluación estructural mediante la medición de deflexiones con equipos. Asimismo, en muchos casos es necesario recurrir también a la realización de calicatas, sondeos, toma de muestras y ensayos de laboratorio para verificar las hipótesis deducidas de la evaluación superficial. La deflectometría es el estudio de las deformaciones verticales de la superficie de una calzada, a consecuencia de la acción de una determinada carga o sollicitación. La deflexión es una medida de la respuesta del conjunto “pavimento – subrasante” frente a una determinada sollicitación, indicando la adecuabilidad del pavimento desde el punto de vista estructural. (p. 171).

1.6.2.2. Medición de deflexiones mediante la Viga Benkelman según el MTC (Sección pavimentos).

La medición deflexiones se efectuará según lo especificado en el Manual de Ensayos de Materiales del MTC. Una vez efectuadas las mediciones se elaborará un deflectograma, que permite analizar la variabilidad de la capacidad estructural del pavimento existente, para finalmente determinar los sectores de características o comportamiento homogéneo, definiendo para cada sector homogéneo la correspondiente deflexión característica, que es el valor que mejor representa un determinado sector. (MTC, 2014, p. 171)

- **Deflexiones**

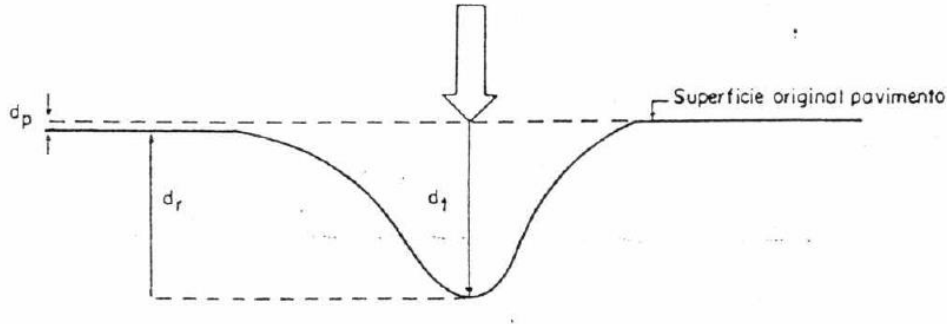
El consorcio de rehabilitación vial (Conrevial, s.f.) afirma que:

La deflexión es parte del carácter elástico, pero también intervienen esfuerzos plásticos. los primeros desaparecen en cuanto se renueve la carga mientras que los segundos son permanentes, y su acumulación a través de las reiteraciones de las cargas produce las distorsiones o ahuellamientos en la superficie del pavimento. Por este motivo, deben distinguirse.

- La deflexión total (dt): Flecha hacia debajo de la deformación producida por la carga.
- La deflexión recuperable o elástica (dr): flecha hacia arriba de la recuperación de la superficie que se produce al retirar la carga.
- La deflexión permanente o residual (dp): diferencia entre la posición original de la superficie antes de aplicar la carga y después de retirarla. (p. 94)

Figura 12

Deformaciones de Pavimento.



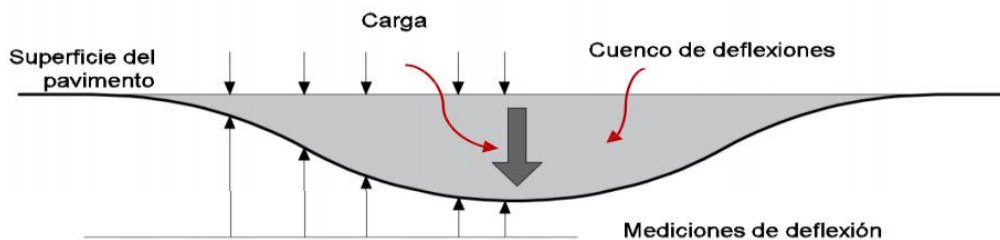
Nota. Representación gráfica de la acción de deflexiones generado por carga en el pavimento “Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País”, por CONREVIAl.

- **Deflexiones en Pavimentos**

La deflexión de un pavimento no es más que la respuesta del mismo ante un estímulo, en general cargas impuestas por el tráfico. La deflexión en los pavimentos es la deformación vertical bajo el punto de aplicación de la carga. En definitiva, la deflexión es la integración matemática de las deformaciones verticales con la profundidad (Olivera, 1996).

Figura 13.

Deflexión en Pavimentos



Tomado de “Estructuración de Vías Terrestres”, por Olivera, 1996.

El Consorcio de rehabilitación vial (Conrevial, s.f.) afirma que:

El campo de aplicación de estas mediciones es muy amplio empleándose principalmente para

- Determinar la vida útil remanente del pavimento
- Evaluar estructuralmente pavimentos (tiene la ventaja de evaluar todas las condiciones localizadas, como drenaje, calidad pobre de la base, etc.) con miras a su rehabilitación.
- Evaluar los métodos de diseño de pavimentos y control de ejecución de obras
- Determinar la condición de un pavimento con miras a su conservación (p. 88)

Así mismo el (Conrevial, s.f.) asevera que:

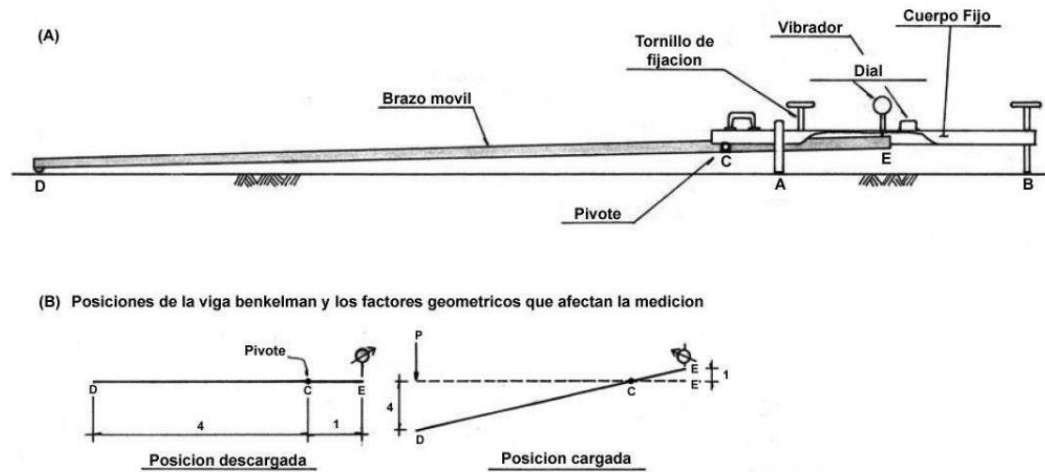
Existe una gran variedad de equipos destinados a medir las deflexiones de un pavimento, encontrándose desde los más simples y versátiles (Viga Benkelman) hasta los más sofisticados y costos, pero de gran rendimiento operacional (Deflectografo La-croix, FWD, LWD). (p. 88)

- **Medición mediante la Viga Benkelman**

El defleómetro Benkelman funciona mediante el principio de palanca. Es un instrumento completamente mecánico y de diseño simple, según se esquematiza en la figura 14. A su vez la viga consta principalmente de dos partes. Un brazo móvil y un brazo fijo que giran sobre un pivote. Para la toma de medidas de las deflexiones se debe tener presente que el extremo del brazo móvil (D), es el que varía debido de la carga del vehículo, esta variación es registrada en el extensómetro. (MTC, 2017, p. 962)

Figura 14

Viga Benkelman



Tomado de “Manual de Ensayos de Materiales”, por Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2017.

La carga aplicada al pavimento para la realización de ensayos de deflexiones ha sido estandarizada 8200 kg. Previamente a la realización de los ensayos deberá verificarse que se cumpla esta condición, así como que la presión de las llantas sea la requerida. Una vez localizado el lugar donde se realizará el ensayo (los puntos de medición se realizan según el ancho del carril de la vía a estudiar en la figura 14 se puede observar), se coloca la llanta a usarse sobre el punto, de manera tal que éste coincida aproximadamente con el eje vertical del centro de gravedad del conjunto [ver FIGURA 14 punto "D"]. Estacionados los neumáticos se inserta entre ellos el extremo del brazo móvil de la viga colocándolo nuevamente sobre el punto de ensayo seleccionado. Tomando como punto de referencia una varilla vertical adosada a la parte trasera del camión [ver FIGURA 14 (b)], se hace coincidir las marcas de la viga con la varilla. (MTC, 2017, p. 963)

Figura 15

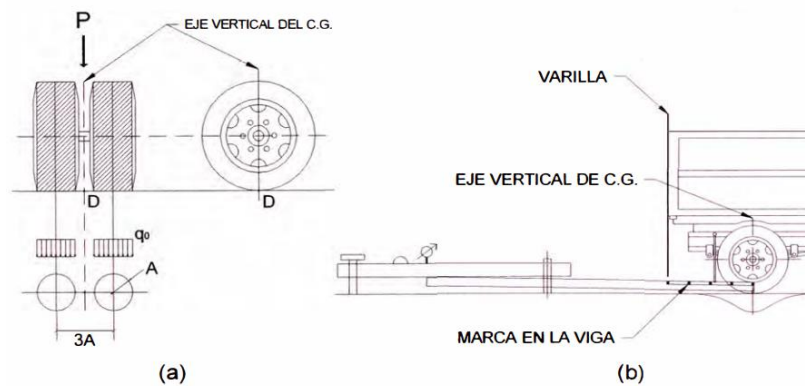
Distancia de Ensayo desde el borde del Pavimento

Ancho del carril	Distancia del punto de ensayo desde el borde del pavimento
2,70 m	0,45 m
3,00 m	0,60 m
3,30 m	0,75 m
3,60 m o más	0.90 m

Tomado de “Manual de Ensayos de Materiales”, por Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2017.

Figura 16

Configuración Geométrica del Sistema de Carga en Ensayos.



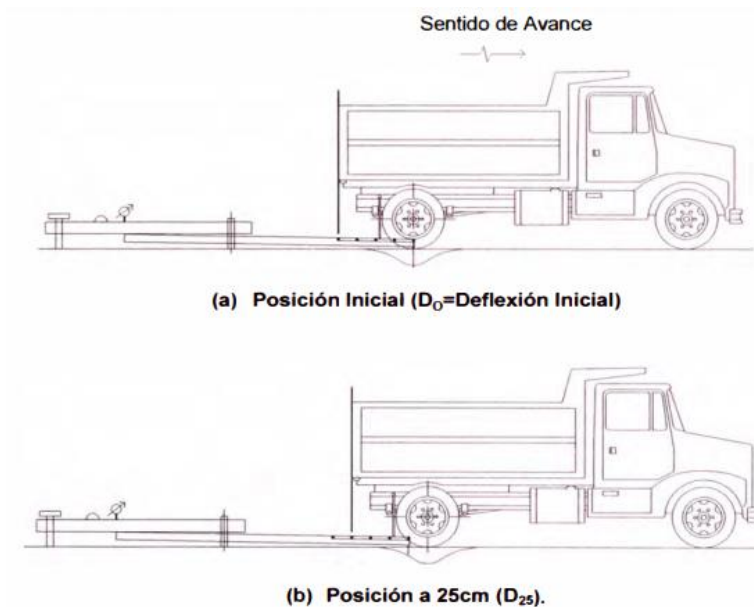
Nota. Uso de la Viga Benkelman, por Gargate, 2009.

Una vez instalada la viga en el punto de medición, haciendo coincidir con la varilla vertical y la marca inicial [ver FIGURA 16 (a)], se verifica que ésta se encuentre alineada longitudinalmente con la dirección del movimiento del camión. Se pondrá el dial del extensómetro en cero, se activará el vibrador y mientras el camión se desplaza muy lentamente se procederá a tomar lecturas

conforme la varilla vertical vaya coincidiendo con las marcas [ver FIGURA 16 (b)] (Gargate, 2009, p. 75).

Figura 17

Lecturas mediante la Viga Benkelman en Campo.



Nota. Toma de Lecturas mediante el uso de la Viga Benkelman, por Gargate, 2009.

✓ **VIGA DOBLE BRAZO**

Para la determinación de las deflexiones se empleará la Viga doble brazo en este contexto el (MTC, 2017) en su “Manual de Ensayo de Materiales” afirma que:

Cuando las medidas se toman con viga doble el cálculo es directo, es decir se multiplican las lecturas por la relación de brazos de la viga Benkelman doble. Asimismo, la diferencia entre la

viga simple y la doble, radica en que con la viga doble solamente se toman las lecturas en el eje de carga y a 25 cm del mismo.

$$D = LD \times RB$$

D: Deflexión, expresada en 0.01 mm

LD: Lectura del dial.

RB: Relación de brazos de la viga Benkelman (normalmente es 1:2 o 1:4)

Nota: El valor 4 usado para el cálculo de las deflexiones obedece a que la relación de longitudes de brazo indicadas es 4. En caso de que la viga utilizada tenga una relación diferente, se aplicará la relación de brazos que corresponda. (p. 966)

1.6.3. Aplicación del método CONREVIAL para la determinación de deflexiones con las lecturas de campo obtenidas

1.6.3.1. Análisis Estadístico de Deflexiones

El Consorcio de Rehabilitación Vial (Conrevial, s.f.) aporta entre diferentes definiciones y formulas en tal motivo este asevera que:

- **Deflexión Característica**

Los estudios de deflexiones recuperables han demostrado que las deflexiones, presentan una distribución de frecuencias que se asemeja a la distribución normal. La deflexión característica es un parámetro estadístico empleado para la caracterización representativa de la magnitud de deformación de los pavimentos. Para su determinación es necesario contar con una base de datos de deflexiones máximas, del tramo que se requiere evaluar, y establecer los parámetros estadísticos de dichos datos. (p. 122)

Se define mediante la siguiente expresión:

$$D_c = D_{prom} + xds$$

Ecuación 6. Determinación de la deflexión característica (Fuente: Estudio CONREVIAl)

Donde:

D_c : Deflexión característica

D_{prom} : Deflexión promedio de los valores individuales de D_o corregidos por temperatura y estacionalidad

ds : Desviación standard.

x : Coeficiente de variación, que representa al porcentaje del área total con probabilidad de presentar deflexiones superiores a la deflexión característica D_c .

Figura 18.

Deflexión Característica

Tipo de Carretera	Deflexión Característica D_c	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	$D_c = D_m + 1.645xds$	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	$D_c = D_m + 1.645xds$	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	$D_c = D_m + 1.645xds$	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	$D_c = D_m + 1.282xds$	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	$D_c = D_m + 1.282xds$	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	$D_c = D_m + 1.036xds$	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 85%

Nota. Cálculo de la deflexión característica de acuerdo a la confiabilidad. Tomado de “Manual de Ensayos de Materiales”, por Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2017.

En el estudio del CONREVIAl se utiliza un valor $x = 1.645$ que corresponde al 95%, lo que equivale a considerar que, sólo un 5% del área total del pavimento, tendrá deflexiones mayores a Dc.

- **Corrección por temperatura**

La temperatura de la superficie de rodadura influencia en el valor de la deflexión, las deflexiones medidas sobre la superficie de la capa de rodadura deben ser corregidas en función a la temperatura media que la capa experimenta durante la ejecución del ensayo, la cual varía durante el transcurso del día. El rango de temperatura de la superficie de rodadura debe estar comprendido entre 15°C y 35°C. A fin de referir todas las deflexiones a una temperatura estándar de 20°C, se emplea la siguiente expresión. (p. 114).

$$D_{20} = \frac{D_t}{(K * (T - 20^{\circ}\text{C}) * e + 1)}$$

Ecuación 7. Corrección por temperatura de las deflexiones. (Fuente: Estudio CONREVIAl)

Donde:

D₂₀: Deflexión a la temperatura standard 20°C

D_t: Deflexión a la temperatura t (0.01 mm)

K: Coeficiente igual a 1×10^3 (1/cm x °C)

T: temperatura de la superficie de rodadura medida para cada ensayo (15°C < t < 20°C)

e: Espesor de la capa de rodadura en cm.

- **Corrección por estacionalidad**

La capacidad de deformación de los suelos está influenciada por el grado de saturación que experimentan, por lo tanto, es deseable que la medición de deflexiones se realice durante la

estación de lluvias, durante la cual los suelos se encuentran en la situación más crítica. De no ser así, se debe efectuar la corrección de las medidas a fin de tomar en cuenta dicho aspecto. Para fines prácticos se propone el uso de los siguientes factores de corrección, considerando el tipo de suelo de subrasante y la época en que se realizaron los ensayos. (p. 116)

Figura 19

Corrección por Estacionalidad.

TIPO DE SUELO DE SUBRASANTE	ESTACIÓN LLUVIOSA	ESTACIÓN SECA
Arenosa-permeable	1.0	1.1 a 1.3
Arcillosa-sensible al agua	1.0	1.2 a 1.4

Nota. Tomado de “Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País”, por CONREVIAL.

Para el presente trabajo de investigación se consideró “1” para la determinación de las deflexiones de corrección por estacionalidad

- **Deflexión Admisible**

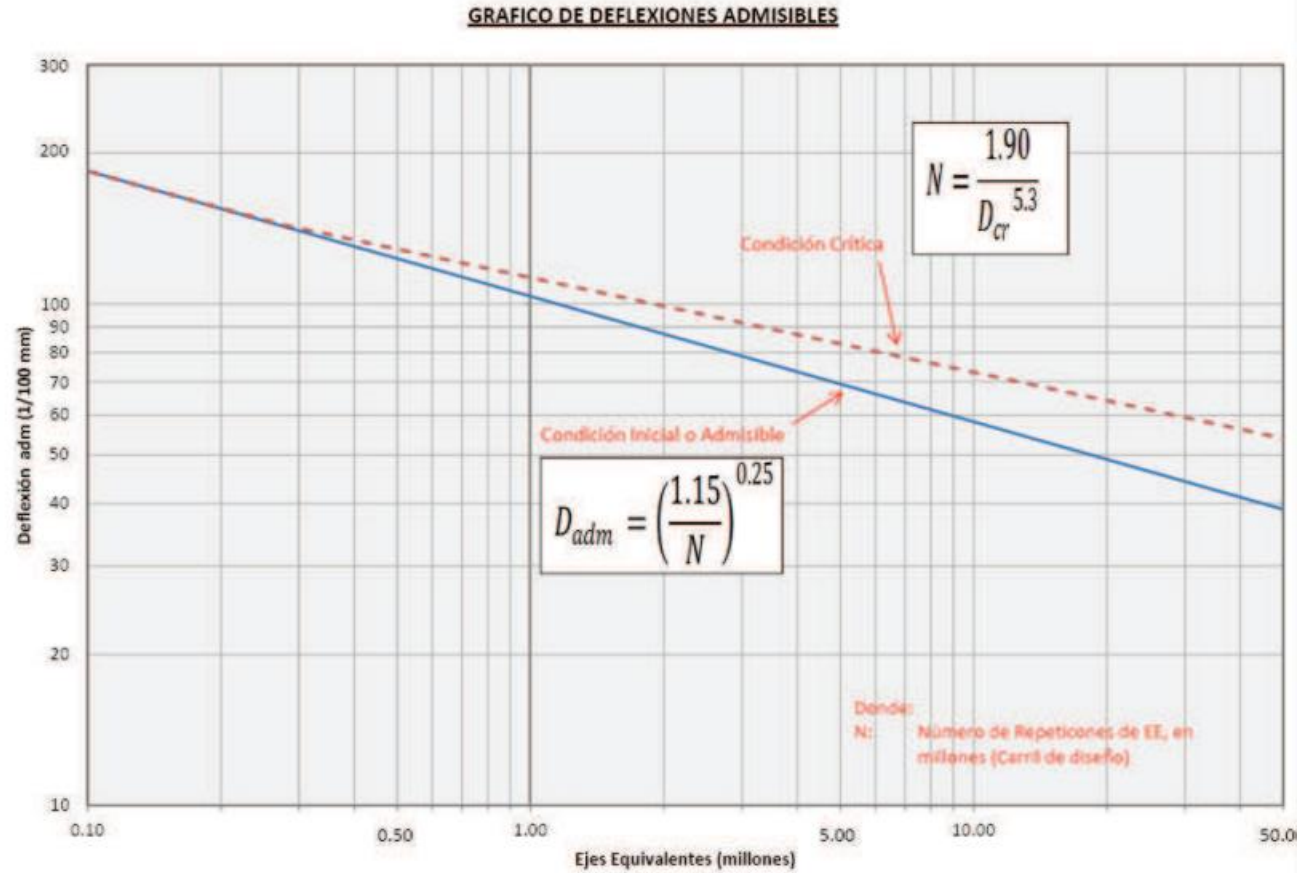
La deflexión admisible es un parámetro definido en función al tránsito de diseño, que establece un límite para la deflexión característica por encima del cuál no se garantiza un comportamiento satisfactorio de la estructura durante el periodo considerado. La expresión analítica que define este parámetro es:

$$D_{adm} = \left[\frac{1.15}{N} \right]^{\frac{1}{4}}$$

Ecuación 8. Determinación de la Deflexión Admisible (Fuente: Estudio CONREVIAL).

Figura 20

Grafica Deflexión Admisibile



Tomado de “Manual de Ensayos de Materiales”, por Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2017.)

Donde:

Dadm = Deflexión admisible (mm)

N = Número total de eje equivalentes en millones (ESAL)

- **Radio de Curvatura**

Según el Consorcio de Rehabilitación Vial (Conrevial, s.f.) asevera que:

El Radio de curvatura permite determinar la magnitud de la deformación lineal por tracción que sufren las capas asfálticas al flexionar bajo la acción de las cargas de tránsito. Existen diferentes métodos para obtener los valores de esas deformadas, uno de los métodos más simples es el basado en la comprobación experimental de la figura N ° 21, el cual se basa en la hipótesis que la línea de deflexión se aproxima a una parábola hasta una distancia algo mayor a 25cm, sufriendo luego una inflexión para tender asintóticamente hacia la horizontal. La curvatura de la parábola queda entonces definida en la zona de máxima curvatura, la cual se confunde con el radio del arco oscilador en dicho punto, o sea bajo el centro del eje de la rueda cargada. Para la determinación del radio de dicha curvatura, se ha establecido la siguiente expresión empírica. (p. 101).

$$R_c = \frac{6250}{2 * (D_0 - D_{25})}$$

Ecuación 9. Determinación del Radio de curvatura. (Fuente: Estudio CONREVIAL).

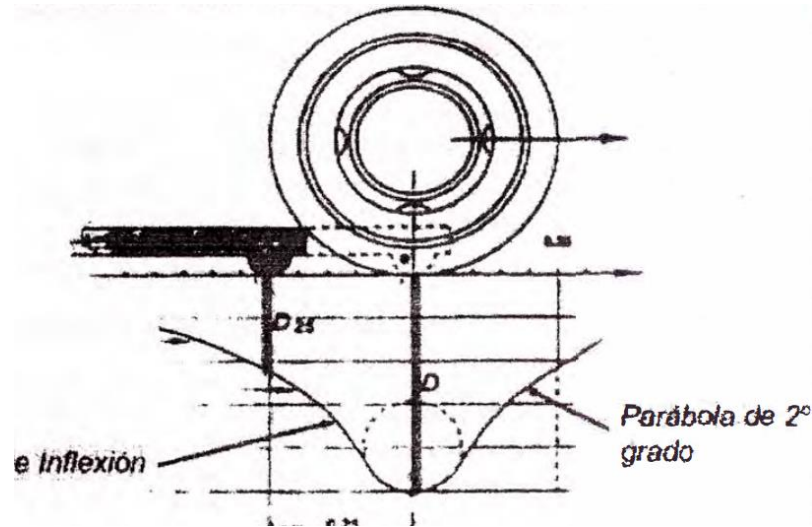
Donde:

D0: Deflexión máxima corregida por temperatura (0.01 mm)

D25: Deflexión a 25 cm corregida por temperatura (0.01 mm)

Figura 21

Esquema Radio de Curvatura.



Nota. Tomado de “Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País”, por CONREVIAl.

- **Juicio de la Capacidad Estructural del Pavimento**

Las deflexiones características y admisible, se comparan mediante un análisis combinado de los resultados de la evaluación, presentándose una serie posibilidades que merecen ser analizadas para finalmente establecer la capacidad estructural del pavimento existente en relación al tráfico y cargas circulantes, definiendo sí la estructura del pavimento es adecuada y sólo requiere de una renovación superficial; o, se encuentra fatigada y requiere un refuerzo estructural; o, es una estructura deficiente y requiere una reconstrucción parcial o total. Para la diferenciación de casos que podrían presentarse en el análisis de la evaluación se presenta el siguiente cuadro, el mismo que compara la deflexión característica con la admisible, en función del tráfico futuro. (MTC, 2017, p. 174)

Figura 22

Interpretación de la Deflexión Característica vs Deflexión Admisible

PRIMER PASO	SEGUNDO PASO	TERCER PASO	CUARTO PASO	CASOS
1° La deflexión característica resulta:	SUPERIOR	NO: Estructura infradiseñada para el tráfico previsto		PRIMER CASO Pavimento necesita con urgencia un refuerzo estructural para resistir el tráfico previsto
	2° Hay fallas de origen estructural?	SI:	NO: Las fallas se deben a otra causas	SEGUNDO CASO Este es el paso avanzado del primer caso, cuando no se han tomado a tiempo las medidas necesarias
		3° Existe una capa débil inmediata debajo de las capas asfálticas?	SI: Radio de curvatura pequeño (menor ó igual a 80m)	TERCER CASO Está caracterizado por la presencia de una capa débil subyacente a la asfáltica, que determina que la deformación de esta última bajo cargas no encuentra apoyo suficiente y sea mayor a la que le correspondería en ausencia del espesor débil.
	IGUAL O INFERIOR	NO: Corregir fallas de origen superficial		
2° Hay fallas de origen estructural?		SI:	Fallas por fatiga (piel de cocodrilo)	TERCER CASO En este caso los radios de curvatura de la línea de deflexión son reducidos y el desarrollo del fisuramiento en forma de piel de cocodrilo es posible aún con deflexiones admisibles
		3° De que tipo?	Radio de curvatura pequeño (menor o igual a 80 m) Capa débil inmediatamente debajo de las asfálticas	

PRIMER PASO	SEGUNDO PASO	TERCER PASO	CUARTO PASO	CASOS
			<p>Fallas por deformación permanente de la fundación que se traducen en depresiones, ahuellamiento marcado (mayor a 12 mm), ondulaciones, etc</p>	<p>CUARTO CASO</p> <p>Se caracteriza por el desarrollo de deformaciones permanentes, en particular ahuellamiento en la zona de canalización del tráfico, no atribuibles a desplazamientos plásticos de las capas asfálticas por deficiente estabilidad o compactación, es decir que afectan a toda la estructura. Se trata por lo general de pavimentos antiguos que han sido reforzados con capas asfálticas de espesor suficiente para evitar las fallas por fatiga pero insuficientes para compensar la debilidad de la fundación original.</p> <p>En estos casos las medidas de deflexión pueden no ser significativas, aquí lo más importantes es apreciar el valor portante de la fundación y el aporte estructural que aún puede prestar el pavimento original y las capas asfálticas de refuerzo existentes.</p>

Nota. Tomado de “Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, por MTC, 2017.

1.7. Formulación del problema

¿Cuál es la correlación entre el estado de conservación funcional mediante la aplicación del PCI y el cálculo del IRI frente al estado de conservación estructural mediante el cálculo de deflexiones en el pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Tramo Ida y Vuelta: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza en el año 2019?

1.7.1. Problemas Específicos

- ¿Cuál es el estado de conservación funcional mediante la aplicación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) en el pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Tramo ida y vuelta: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza?
- ¿Cuál es el estado de conservación funcional mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en el pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Tramo ida y vuelta: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza?
- ¿Cuál es el estado de conservación estructural mediante el cálculo de deflexiones en el pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Tramo ida y vuelta: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza?

1.8. Objetivos

1.8.1. Objetivo general

Determinar una correlación entre el estado de conservación funcional mediante la aplicación del PCI y cálculo del IRI frente al estado de conservación estructural mediante el cálculo de deflexiones en el pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Tramo ida y vuelta: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza en el distrito de Comas, Ciudad de Lima en el año 2019.

1.8.2. Objetivos específicos

- Determinar el estado de conservación funcional mediante la aplicación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) en el pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Tramo ida y vuelta: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza.
- Determinar el estado de conservación funcional mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI) con el uso del rugosímetro MERLIN en el pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Tramo ida y vuelta: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza.
- Determinar el estado de conservación estructural mediante el cálculo de deflexiones con las mediciones del uso del Deflectómetro Viga Benkelman y cálculo de deflexión admisible con el uso del ESAL en el pavimento flexible de la Av. Metropolitana Tramo ida y vuelta: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza.

1.9. Hipótesis

1.9.1. Hipótesis general

Existe una correlación entre el estado de conservación funcional (PCI) frente al estado de conservación estructural (deflexiones), mientras que, no existe una correlación entre el estado de conservación funcional (IRI) frente al estado de conservación estructural (deflexiones) en el pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Tramo ida y vuelta: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza en el distrito de Comas, Ciudad de Lima en el año 2019.

1.9.2. Hipótesis específicas

- El estado de conservación funcional del pavimento flexible en la Av. Metropolitana, Tramo ida y vuelta: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza, mediante la aplicación del Índice de

Condición del Pavimento (PCI), reportarían un estado actual o condición del pavimento de Regular y Malo respectivamente.

- El estado de conservación funcional del pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Tramo ida y vuelta: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI) con el uso del rugosímetro de MERLIN, reportarían un pavimento en estado envejecido.

- El estado de conservación estructural del pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Tramo ida y vuelta: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza, mediante el cálculo de deflexiones con las mediciones del uso del Deflectómetro Viga Benkelman, reportarían deflexiones características elevadas y radios de curvatura menores, por otro lado el cálculo de la deflexión admisible fue bajo, por lo que al ser la deflexión característica superior a la deflexión admisible y además presentar un radio de curvatura pequeño, se puede inferir que existen problemas de origen estructural en el pavimento.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Enfoque

El tipo de investigación es de enfoque Cuantitativo, debido a que se usara la recolección de datos en base a la medición del tramo en análisis, además de ensayos cuyos valores son numéricos, son determinados los parámetros funcional y estructural del pavimento flexible. (Hernández et al., 2006, p. 130).

2.1.2. Diseño de Investigación

El diseño es no experimental, debido a que no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza, de esta manera aplicando la metodología PCI se observaran las fallas, calculando el IRI se medirá la rugosidad del pavimento y finalmente utilizando el deflectometro viga benkelman se medirá las deflexiones, en todos los escenarios no se tiene control de las variables, por lo que ya sucedieron al igual que sus efectos. (Hernández et al., 2006, p. 130).

2.1.3. Tipo de Diseño de Investigación

El tipo de Diseño de Investigación es Transeccional Correlacional, debido a que describen relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables, así mismo indica que se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único, su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. (Hernández et al., 2006, p. 141).

2.1.4. Alcance de la investigación

Se selecciona el estudio como correlacional debido a que; este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. (Hernández et al., 2006, p. 93). Se pretende determinar a través de una prueba estadística en este caso “Coeficiente de Correlación de Pearson” una posible correlación entre el Estado de Conservación Estructural mediante la medición de deflexiones con el uso del deflectometro viga benkelman y el Estado de Conservación Funcional mediante la aplicación del PCI y cálculo del IRI.

2.2. Operacionalización de Variables

Tabla 4.

Operacionalización de Variables.

<i>Variables</i>		<i>Definición Conceptual</i>	<i>Dimensiones</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Instrumentos</i>
<i>Variable Independiente X</i>	<i>Estado de Conservación Estructural</i>	Consiste básicamente, en la interacción del del sistema pavimento – subrasante en una estructura vial existente, en cualquier momento de su vida de servicio, para establecer y cuantificar las necesidades de rehabilitación o refuerzo, cuando el pavimento se acerca al fin de su vida útil o cuando el pavimento va a cambiar su función.	<i>Deflexiones</i>	<i>Deflexión Característica y Radio de Curvatura</i>	<i>Viga Benkelman, Volquete, Termómetro, Estudio Conrevial</i>
				<i>Deflexión Admisible</i>	<i>Estudio Conrevial</i>
			<i>Estudio de Trafico</i>	<i>ESAL</i>	<i>Hoja de registro de datos</i>
<i>Variable Dependiente Y</i>	<i>Estado de Conservación Funcional</i>	<i>Condición en la que se encuentra la superficie del pavimento, para su determinación se realizara una evaluación funcional del pavimento con el objetivo de conocer el tipo de fallas, grado de severidad que pudiesen afectar a este. Así mismo para una evaluación funcional completa se requiere la determinación de la rugosidad.</i>	<i>Índice de la Condición del Pavimento (PCI)</i>	<i>19 fallas</i>	<i>Hoja de registro de datos, Wincha, regla de aluminio</i>
			<i>Índice de Rugosidad Internacional (IRI)</i>	<i>Rugosidad</i>	<i>Rugosímetro de Merlín</i>

Nota. Variables independiente y dependiente, por Autoria Propia.

2.3. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.3.1. Población

La población para el presente trabajo de investigación son todas las vías de pavimento flexible del distrito de Comas en la Ciudad de Lima, que estén cercanas a la Av. Metropolitana. Según (Hernández et al., 2006, p. 174). Afirman que, una población es el conjunto de todos los casos que concuerden con una serie de especificaciones, así mismo indica que un estudio no será mejor por tener una población más grande; la calidad de un trabajo de investigativo estriba en delimitar claramente la población.

2.3.2. Muestra

El muestreo será no probabilístico y por conveniencia.

En tal sentido, (Hernández et al., 2006, p. 176) afirman que, en las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador. Así mismo los autores (Otzen & Manterola, 2017) en su artículo denominado “Técnicas de Muestro sobre una Población a Estudio” aseveran que, en las técnicas de muestreo no probabilísticas, la selección de los sujetos a estudio dependerá de ciertas características, criterios, etc.; que el o los investigadores consideren en ese momento. (p. 2).

Por otro parte, las muestras por conveniencia están formadas por los casos disponibles a los cuales tenemos acceso (Hernández et al., 2006, p. 176)

Adicionalmente, (Otzen & Manterola, 2017) afirman que, un muestreo no probabilístico por conveniencia, permite seleccionar aquellos casos accesibles que acepten ser incluidos. Esto,

fundamentado en la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos para el investigador. (p. 4).

De lo antedicho, como antecedente, los autores (Alarcón & Alarcón, 2019, p. 48) en su tesis “Evaluación del estado de conservación del pavimento flexible por el método del PCI en Avenida Prolongación Unión, distrito de Trujillo” aseveran que:

La selección de la muestra es no probabilística debido a que todos los tramos de muestreo de la población no tienen la misma probabilidad de ser escogidos para ser estudiadas, porque estas se escogerán de acuerdo al juicio o criterio del investigador.

Así mismo será por conveniencia debido a que los tramos en estudio son en las zonas donde se observa pavimentos flexibles deteriorados, porque así estos tramos nos brindaran mayor información de acuerdo a la investigación planteada.

En este contexto, se considerará como muestra la Av. Metropolitana, Tramo vuelta: Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria (Carril 1 y 2) y tramo ida Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza (Carril 3 y 4), estos tramos tienen una longitud aproximada de 1km, por lo que la muestra será de casi 2km. En estos tramos de estudio se pretende determinar el estado de conservación funcional como estructural y con la obtención de los parámetros, finalmente establecer si existe o no una posible correlación.

2.4. Materiales, instrumentos y métodos

2.4.1. Materiales a usar en campo

Bolígrafo, tablero, wincha de 5m y 50 m, Odómetro, Regla de aluminio, cámara fotográfica, conos, pizarra, plumones.

Figura 23

Materiales a usar en Campo.



Nota. Fuente: Autoría Propia

2.4.2. Métodos

Observación y medición de las fallas del pavimento en campo, determinación de la rugosidad a través del rugosímetro de Merlín y determinación de las deflexiones a través del Deflectómetro Viga Benkelman.

Figura 24

Medición de Fallas.



Nota. Fuente: Autoría Propia

- **Instrumentos por utilizar:**

Para la toma de datos se elaboró hojas de campo para los métodos de (Índice Condición del Pavimento, Rugosímetro de Merlín y Deflectómetro Viga Benkelman), además del uso de software como Microsoft Word, Excel y software de diseño como AutoCAD.

- Índice Condición del Pavimento: Formato de recolección de datos para pavimentos con carpeta asfáltica.

- Rugosímetro de Merlín: El formato consta para el llenado de 200 lecturas en tramos cada 400 metros.

- Viga Benkelman: El equipo es considerado como viga de doble brazo donde se obtendrán 2 lecturas mediante los diales de 0.01mm uno a 25 cm y el otro considerado como deflexión máxima o Do.

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

✓ Técnica



Observación directa de los hechos: Consiste en una inspección visual para el llenado de los instrumentos de recolección de datos. Se empezó por demarcar el pavimento con pintura de tráfico cada 50 metros posteriormente esta línea guía nos servirá para realizar los diferentes ensayos planteados en la presente tesis y así obtener los parámetros requeridos.

2.5.1. Materiales e instrumentos para la evaluación del estado de conservación funcional mediante el método PCI

Hoja de Registro de Datos: Documento en el que se registrara toda la información obtenida durante la inspección visual. Este documento presentara: fecha ubicación, tramo, sección, tamaño de la unidad de muestra, tipos de fallas, niveles de severidad, cantidades y nombre del personal encargado de la inspección. Para poder realizar este documento me guiare del formato dado para pavimentos flexibles por la Norma ASTM D6433.

Figura 25

Formato para la Toma de Datos para Pavimentos con Superficie Asfáltica.

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica								
 Hoja de Registro por Unidad de Muestra						Esquema		
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta	Unidad de Muestra	48			
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8			
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)			
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)			
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)			
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)					
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)					
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)					
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)					
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)					
Falla	Severidad	Cantidad				Total	Densidad %	Valor Deducido
1	H	6.82				6.82	2.97	46
10	M	13.93	10.36	2.17		26.46	11.51	19

Nota. Fuente: Autoría Propia

Odómetro Manual: Este instrumento utilizado para medir distancias en calles, carreteras, caminos; nos permitirá determinar las áreas de las unidades de muestreo.

Figura 26

Odómetro.



Nota. Odómetro para la medición de longitudes en vías, por Google Imágenes

Flexómetro de 5 m: Instrumento manual de fácil uso que nos permite medir distancias.

Figura 27

Flexómetro.



Nota. Fuente: Google Imágenes

Chalecos de Seguridad reflectantes: Considerado un Equipo de Protección Personal (EPP), sirve para mejorar la seguridad personal que trabaja en cualquier tipo de obras.

Figura 28

Chalecos de Seguridad



Nota. Fuente: Google Imágenes

Conos de Seguridad Vial: Permitirán avisar a los conductores de zonas en obras o accidentes.

Este elemento de seguridad es de fácil colocación y de quitar.

Figura 29

Conos de Seguridad.



Nota. Fuente: Google Imágenes

Regla o Cordel: Nos permitirá medir las deformaciones longitudinales y transversales de la vía a estudiar.

Figura 30

Regla de Madera o Aluminio para la Medición de Depresiones en el Pavimento.



Nota. Fuente: Google Imágenes

Figura 32

Rugosímetro de MERLIN.



Nota. Fuente: Autoría Propia

2.5.3. Materiales e Instrumentos para la realización de ensayos de deflexiones

En la presente investigación para poder medir las deflexiones del pavimento se pretenderá usar el Deflectómetro Viga Benkelman; según el MTC E 1002: este equipo nos permitirá determinar la deflexión o deformación recuperable, radio de curvatura de un pavimento flexible.

Figura 33

Viga Benkelman.



Nota. Fuente: Autoría Propia

Además, se necesitarán:

- Extensómetro.
- Camión volquete cargado, con eje trasero de 18000 libras igualmente distribuidas con presión de inflado de 75 a 82 psi
- Vehículo Auxiliar para transportar al personal y equipo.
- Balanza para pesaje del camión, con capacidad de 8.2 toneladas.
- Accesorios de medición (Flexómetro, Odómetro manual, termómetro).
- Formato de campo necesario para recolección de datos.

Figura 34

Formato Deflectometria.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		EVALUACION DEFLECTOMETRICA (VIGA BENKELMAN)							
SECTOR 00+000 - 1+000 km				OPERADOR:					
CARRIL 4				PROCESADO POR: Fernandez Ruiz Carlos Lisandro					
CAPA Carpeta Asfáltica				FACTOR DE ESTACIONALIDAD					
FECHA Junio				DIAL 0.01 mm					
				RELACION DE BRAZOS 1 y 4					
Progresiva (km)	Lecturas de Campo (10 ⁻² mm)		Deflexiones sin Corregir(10 ⁻² mm)		Espesor (cm)	Temp (°C)	RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS		Radio Curvatura (m)
	L ₂₅	L _{max}	D ₂₅	D _{max}			Deflexiones Corregidas		
							D ₂₅ × 10 ⁻² mm	D _{MAX} × 10 ⁻² mm	
00+000									
00+100									
00+200									
00+300									
00+400									
00+500									
00+600									
00+700									
00+800									
00+900									
01+000									

Nota. Fuente: Autoría Propia

Carlos Lisandro Fernandez Ruiz

Figura 36

Formato Matriz de Validación de Instrumentos ante Expertos – Instrumento Hoja de Datos y Rugosímetro de Merlín

MATRIZ DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS ANTE EXPERTOS																									
															Tesis: "CORRELACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. METROPOLITANA, TRAMO AV. UNIVERSITARIA - AV. GREGORIO APAZA, EN EL DISTRITO DE COMAS, CIUDAD DE LIMA, EN EL AÑO 2019"										
															DATOS GENERALES										
1. Apellidos y Nombres del Experto																									
2. Especialidad de Validador																									
3. Cargo Actual																									
4. Registro CIP N°																									
5. Nombre del Instrumento															Hoja de Registro de Datos (PCI) / Rugosímetro de Merlín (IRI)										
FORMATO DEL INVESTIGADOR															JUICIO DEL EXPERTO										
VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	ITEM	CRITERIOS DE VALIDACION																					
				Relación entre Variable y Dimensión					Relación entre Dimensión e Indicador					Relación entre Indicador e Ítem					Relación entre Variable e Instrumento						
				0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3
Estado de Conservación Funcional	Índice de la Condición del Pavimento (PCI)	19 fallas	Se identifica la situación actual superficial del pavimento flexible, por lo que se obtendrán resultados desde Excelente hasta Fallado																						
		Grado de Severidad																							
	Índice de Rugosidad Internacional (IRI)	Rugosidad	Se determina la rugosidad del pavimento de esta manera se busca conocer el nivel la confortabilidad, serviciabilidad y seguridad.																						

Nota. Fuente: Autoría Propia

Figura 37

Promedio de Valoración Matriz Juicio de Expertos

I. Promedio de Valoración:

Instrumento(s) para determinar el estado de conservación Estructural _____

Instrumento(s) para determinar el estado de conservación Funcional _____

II. Opinión:

() El Instrumento presenta todas las características necesarias, para que mediante su utilización permita desarrollar este trabajo de investigación.

() El Instrumento NO presenta todas las características necesarias, para que mediante su utilización permita desarrollar este trabajo de investigación, por lo que tendrá que plantearse otro.

III. Comentarios del Experto

Firma y Sello del Experto

Nota. Fuente: Autoría Propia

2.6.2. Confiabilidad

Según (Hernández et al., 2016) indica que la confiabilidad es el grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes.

En el presente trabajo de investigación la confiabilidad abarca la correcta calibración de los instrumentos usados, lo cual será verificado mediante los certificados de calibración brindado por

el laboratorio METROTEST y MAELIH SRL, lo nombrado anteriormente se cuenta en “Anexos 3”

2.7. Desarrollo de los Objetivos

2.7.1. Procedimiento y recolección de datos

Para el inicio de desarrollo de este trabajo de investigación se realizó un recorrido de reconocimiento de todo el tramo en estudio. Posteriormente como guía de trabajo para la aplicación del PCI, IRI y Deflectometría; se demarco con pintura de tráfico el tramo ida y vuelta Av. Universitaria – Av. Gregorio y Av. Gregorio – Av. Universitaria.

Figura 38

Demarcación del Pavimento cada 50 metros.



Nota. Fuente: Autoría Propia

2.7.1.1. Procedimiento y recolección de datos de campo para el Índice de Condición del pavimento (PCI)

- Se selecciona las Unidades de Muestreo:

Según (Vásquez, 2002), para carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m, el área de la unidad de muestreo debe de estar en el rango de 230 ± 93 metros cuadrados. En la tabla 1 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada. (p. 3)

- Cálculo de Unidades de Muestreo: La progresiva 0+000 inicia desde el cruce Av. Metropolitana con Av. Universitaria y culmina en la progresiva 1+000 km Av. Metropolitana con Av. Gregorio, identificando un ancho de calzada de 6 m.

- Para un ancho de calzada de 6 m, la longitud de unidad de muestreo es 38.3 m (ver tabla 1), por lo que cada unidad de muestreo tendrá 38.3 m. de longitud por 6 m. de ancho de la calzada. Lo cual está cumpliendo con el área de Unidad de Muestreo $38.3 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 229.8$ metros cuadrados.

Figura 39

Delimitación de las Unidades de Muestreo.



Nota. Fuente: Autoría Propia

- Se continúa midiendo con el Odómetro manual cada 38.3 metros lineales para la delimitación de cada unidad de muestreo

Figura 40

Medición con Odómetro Unidades de Muestreo.



Nota. Fuente: Autoría Propia

- Se realiza la evaluación de la unidad de muestreo en 229.8 metros cuadrados, midiendo con el uso del flexómetro 5 m, wincha de 50 m y regla de aluminio las diferentes fallas que se puedan encontrar para posteriormente obtener parámetros y llenarlas en la hoja de datos.

Figura 41

Medición de Depresiones.



Nota. Fuente: Autoría Propia

- Se realizará el mismo procedimiento para las Unidades de Muestreo restantes en los tramos de estudio.
- Por último, en gabinete para el procesamiento de los datos se realizó a través de hojas de cálculos, gráficos de barras, tablas de registro, gráficos de sectorización (Microsoft Excel) elaborada por los lineamientos de la norma según el ASTM D6433.

2.7.1.2. Procedimiento y recolección de datos de campo para el Índice de Regularidad Internacional (IRI)

- Se programo para la disposición del equipo (rugosímetro de Merlín), y se planificaron las medidas de seguridad necesarias (chalecos, casco, conos y botas de seguridad), movilización a laboratorio para su rápida calibración.
- Con el equipo presente, previamente alineado y con su factor de corrección determinado por parte del laboratorio de suelos, se movilizó a la progresiva inicial 0+000 para el comienzo del ensayo.

Figura 42

Inicio de Ensayo para la Determinación del IRI.



Nota. Fuente: Autoría Propia

- Para el ensayo se necesitó de 4 personas, un operario encargado de manejar el equipo, un libretista encargado de anotar las lecturas de campo y finalmente 2 personas encargadas de la seguridad debido al alto flujo vehicular.

Figura 43

Participantes de Ensayo.



Nota. Fuente: Autoría Propia

- Se inicio el ensayo con el operador rodando el equipo (1 vuelta entera), y dictando las lecturas de campo.
- La posición que adopta el puntero del equipo estará entre lecturas de 1 a 50, y estas se anotaran en el formato de campo establecido (ver Figura 31)
- La debida colocación de las lecturas en el formato es de izquierda a derecha partiendo de arriba hacia abajo
- Se continua el ensayo rodando el equipo hasta obtener las 200 lecturas

- Se continua con el ensayo hasta obtener todas las lecturas de los tramos elegidos

Figura 44

Lecturas con el Rugosímetro de MERLIN.



Nota. Fuente: Autoría Propia

2.7.1.3. Procedimiento y recolección de datos de campo para obtención de deflexiones mediante el uso de la Viga Benkelman

- Se programo para la disposición del equipo y se planificaron las medidas de seguridad necesarias, así mismo previamente se envió a calibrar los diales.

Figura 45

Viga Benkelman Doble brazo.



Nota. Fuente: Autoría Propia

- Se programo la disposición del camión volquete y persona quien lo conducirá, además se realizó el debido pesaje y presión de inflado de llantas.

Figura 46

Volquete Placa W2L - 297



Nota. Fuente: Autoría Propia

- Para el inicio de ensayo se demarco con una línea transversal al pavimento con una distancia al borde de este de 0.60m (Ver figura 15)-

Seguidamente se realizan los pasos de acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales (MTC, 2017) indicando que:

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

- Se liberan los seguros de los brazos y se ajusta la base de la vía por medio del tornillo trasero de manera que los dos brazos de medición queden en contacto con los diales.

- Se ajustan a los diales de modo que sus vástagos tengan un recorrido libre comprendido entre 4 y 6 mm. Se giran las circunferencias de los diales hasta que las agujas queden en cero y se verifica la lectura golpeándolos suavemente con un lápiz. Girar la circunferencia si es necesario y repetir la operación hasta obtener la posición cero.

- Se pone en marcha el cronómetro y vibrador, se hace avanzar suave y lentamente el camión; se leen los diales cada 60 segundos. Cuando dos lecturas sucesivas de cada uno de ellos no difieran en más de 0,01 mm, se da por finalizada la recuperación, registrándose las últimas lecturas observadas (L0 y L25).

- Con el fin de medir la temperatura del pavimento se practica un orificio (antes de comenzar el ensayo y simultáneamente con el trazado de la línea), cuyas dimensiones serán: 4 cm de profundidad y 10 mm de diámetro, aproximadamente, emplazado sobre la línea paralela al eje del camino, que pasa por el punto de determinación de la deflexión y a 50 cm del mismo, en el sentido de avance del camión. Se llena con aceite no menos de 10 minutos antes de iniciar el ensayo, se inserta el termómetro y se lee la temperatura, retirando el mismo antes del desplazamiento del camión. (p. 165)

2.7.2. Procesamiento y Análisis de Datos

2.7.2.1. Cálculo del PCI por Unidad de Muestra



- Para el inicio de procesamiento y análisis de datos se rellenó en la hoja de formato de Excel los datos obtenidos en campo, ya que esto facilitara la obtención de resultados.

- Luego, sumar por cada columna la cantidad de cada tipo de falla para cada grado de severidad, el resultado de esta información se colocará en la fila “Total”

- Para determinar la densidad porcentual se tiene que dividir el total de cada tipo de falla para cada grado de severidad entre el área de prueba de la unidad de muestra y multiplicarlo por 100 para obtenerlo en porcentaje.

Figura 47

Análisis de Datos PCI.

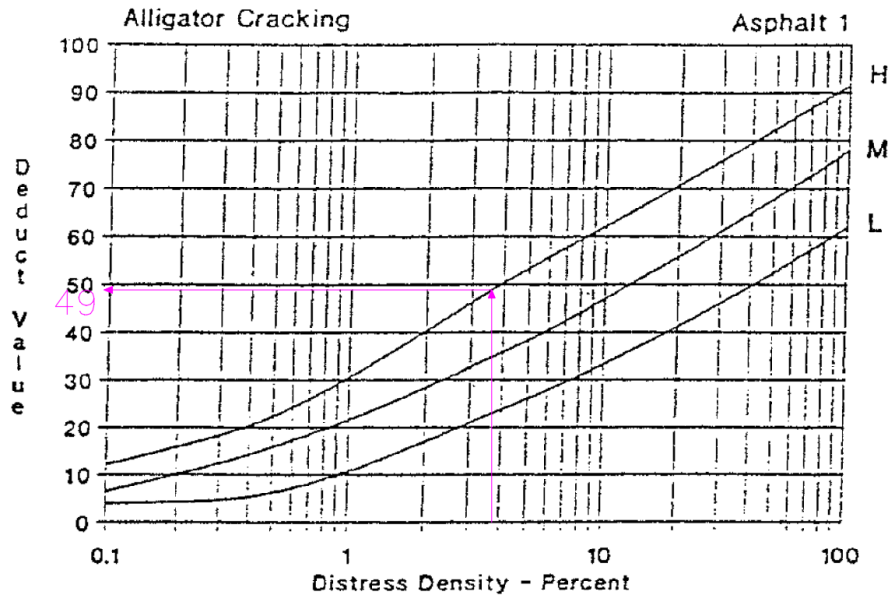
Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica																							
		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema																	
		<table border="1"> <tr> <td>Tramo</td> <td>Av Universitaria - Av Gregorio Apaza</td> <td>Seccion</td> <td>Vuelta</td> <td>Unidad de Muestra</td> <td>52</td> </tr> <tr> <td>Inspector</td> <td>Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro</td> <td>Fecha</td> <td>17/06/2019</td> <td>Area de muestra</td> <td>229.8</td> </tr> </table>					Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta	Unidad de Muestra	52	Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8					
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta	Unidad de Muestra	52																		
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8																		
1. Piel de cocodrilo		(m2)	9. Desnivel carril / berma.		(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento		(m2)															
2. Exudacion		(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales		(m)	18. Hinchamiento		(m2)															
3. Grietas de Bloque o Contraccion		(m2)	11. Parcheo		(m2)	19. Desprendimiento de agregados		(m2)															
4. Elevaciones y Hundimientos		(m)	12. Agregados pulidos		(m2)																		
5. Corrugaciones		(m2)	13. Baches o Huecos		(un.)																		
6. Depresiones		(m2)	14. Cruce de via ferrea		(m2)																		
7. Grietas o fisuras de borde		(m)	15. Ahuellamiento		(m2)																		
8. Grieta de reflexion de junta		(m)	16. Desplazamientos		(m2)																		
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido												
1	M	4.18						4.18	1.82	29													
1	H	0.67						0.67	0.29	19													
11	M	3.62						3.62	1.58	37													

Nota. Fuente: Autoría Propia

- Después, determinar el valor deducido (VD) este dato se obtendrá con la ayuda de las curvas de valor deducido para cada tipo de falla.

Figura 48

Ejemplo para el Cálculo del Valor Deducido Gráficos.



Nota. Gráfico para el cálculo del valor deducido para el tipo de falla “piel de cocodrilo”, por ASTM D-6433

✓ **Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.**

Según Vásquez Varela (2002): El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

- Determine el número de valores deducidos, q, mayores que 2.
- Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.
- Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

- Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las 2 primeras indicaciones anteriores, hasta que q sea igual a 1.
- El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso. (p. 7).

Figura 49

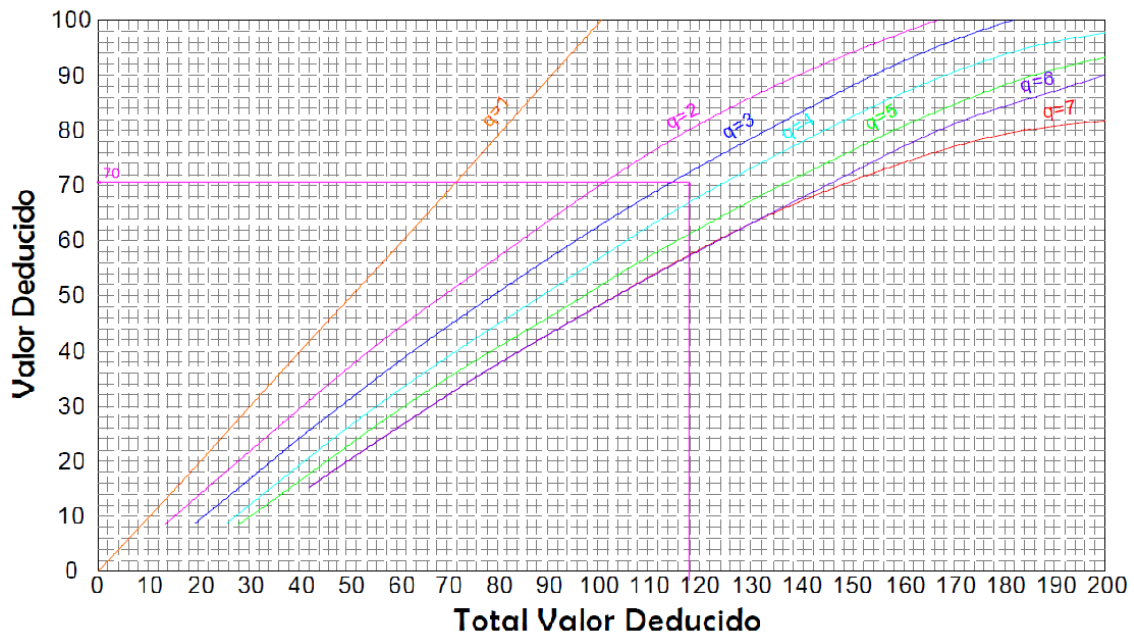
Cálculo del Máximo Valor Deducido.

Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	37	29	19	85	3	53
2	37	29	2	68	2	49
3	37	2	2	41	1	41
					VDC (max.)	53

Nota. Fuente: Autoría Propia

Figura 50

Ejemplo para el Cálculo del Máximo Valor Deducido mediante Grafica



Nota. Fuente: Autoría Propia

- Finalmente, para la calcular del PCI se le resta a 100 el VDC (máx.)

Figura 51

Ejemplo Cálculo del Índice de Condición del Pavimento PCI

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	47
Calificacion del PCI =	Regular

Nota. Fuente: Autoría Propia

2.7.2.2. Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

✓ Rugosímetro de Merlín

- Las 24 hojas rellenas en campo fueron transcritas a una hoja de cálculo de Excel para su respectivo análisis.

Figura 52

Lecturas de Campo mediante el uso del MERLIN.

Lecturas de Campo									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	21	21	20	21	22	20	21	20	21
20	19	19	22	32	22	17	23	20	20
28	25	20	2	28	19	20	28	24	15
20	23	23	24	18	20	25	26	32	16
21	28	18	26	21	23	28	24	18	19
26	31	17	12	22	19	20	23	21	25
18	34	16	20	28	24	23	19	25	24
20	23	21	22	15	26	12	20	15	50
1	22	20	24	19	22	19	17	15	20
14	14	29	22	23	20	20	18	17	20
18	19	22	20	22	22	20	19	21	19
16	21	21	20	21	25	1	23	13	20
25	22	21	19	18	14	18	23	27	11
18	19	24	18	20	21	17	22	20	19
21	19	20	18	19	25	29	47	23	22
21	18	20	22	25	22	34	22	15	3
13	15	18	20	10	14	18	19	22	24
19	22	25	22	23	17	21	26	25	22
32	13	24	17	20	20	21	18	25	14
16	21	13	25	30	10	23	7	10	50

Nota. Fuente: Autoría Propia

- El factor de corrección con el que se trabaja se obtuvo del certificado entregado por el técnico de laboratorio

Figura 54

Factor de Corrección.

Factor de Corrección	F.C=	0.93
-----------------------------	-------------	-------------

Nota. Fuente: Autoría Propia

- Se calcula “D”
- Finalmente se determina el IRI con la condición de $D < 40$ o $D > 40$ (ver la **Ecuación 4 y 5**)

Figura 55

Cálculo del D.

Calculo de D			
$D = (CI + CE + CD) \times 5 \text{ mm}$			
Para el calculo de D se descartaran 10 valores en cada cola del histograma; CI =Cola Izquierda CE=Centro CD=Cola Derecha			
	D>40	D<40	
	$R=0.593 + 0.0471 \times D$	$R=0.0485 \times D$	
Descripciones	Cola Izquierda (CI)	Centro (CE)	Cola Derecha (CD)
Totales Lecturas extremas	0	----	2
Numero de lecturas restantes	0	----	1
Fraciones resultantes	0.000	17	0.500
Σ Fracciones (CI + CE + CD)	17.5		
D (mm) =	81.38		
IRI (mkm) =	4.43		

Nota. Fuente: Autoría Propia

2.7.2.3. Cálculo de las deflexiones.

✓ Viga Benkelman

- Las 4 hojas rellenas en campo fueron transcritas a una hoja de cálculo de Excel para su respectivo análisis.

Figura 56

Lecturas de Campo mediante la Viga Benkelman.

Progresiva (km)	Lecturas de Campo (10 ⁻² mm)	
	L ₂₅	L _{max}
00+000	17	25
00+100	22	31
00+200	20	30
00+300	21	29
00+400	21	30
00+500	21	29
00+600	21	30
00+700	20	31
00+800	18	26
00+900	17	24
01+000	20	28

Nota. Fuente: Autoría Propia

- Para obtener las deflexiones sin corregir, se multiplicaron las lecturas de campo por el factor de corrección por estacionalidad y la relación de brazos, en este caso al ser una viga doble el MTC

indica que el factor es 4, entonces la primera deflexión sin corregir se determinó de la siguiente manera:

$$- \quad 17 \times 1 \times 4 = 68 \times 10^{-2}mm$$

De esta manera se determinaron todas las deflexiones sin corregir.

Figura 57

Deflexiones sin Corregir.

Deflexiones sin Corregir($10^{-2}mm$)	
D ₂₅	D _{max}
68	100
88	124
80	120
84	116
84	120
84	116
84	120
80	124
72	104
68	96
80	112

Nota. Fuente: Autoría Propia

- El siguiente paso es determinar las deflexiones corregidas, y el radio de curvatura donde se utilizaron las ecuaciones 7 y 9 respectivamente.

Figura 58

Deflexiones Corregidas y Radio de Curvatura.

RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS		Radio Curvatura (m)
Deflexiones Corregidas		
$D_{25} \times 10^{-2} \text{mm}$	$D_{\text{MAX}} \times 10^{-2} \text{mm}$	
67	98	100
85	120	89
78	118	80
82	114	100
82	118	89
82	114	100
82	117	89
78	121	73
70	101	101
66	94	114
78	109	101

Nota. Fuente: Autoría Propia

- Posteriormente se colocaron las debidas formulas en Excel para obtener la deflexión promedio, desviación estándar, y luego a través de la ecuación 6 se obtuvo la deflexión característica.

Figura 59

Deflexión Promedio, Desviación Estándar y Deflexión Característica.

DEFLEXIONES		RADIO DE CURVATURA	
Deflexion Promedio	Desv. Estandar	Radio de Curvatura promedio	Desv. Estandar
111.144	9.50	93.98	11.52

Deflexion Caracteristica
126.77

Nota. Fuente: Autoría Propia

- Se continuo con la determinación de la Deflexión Admisible mediante la ecuación 8

Figura 60

Deflexión Admisible

Deflexion Admisible mm
98.11

Nota. Fuente: Autoría Propia

- Finalmente se obtuvo el deflectograma que se podrá visualizar en resultados

2.8. Aspectos Éticos

Los ingenieros están al servicio de la sociedad. por consiguiente, tienen la obligación de contribuir al bienestar humano, dando importancia primordial a la seguridad y adecuada utilización de los recursos en el desempeño de sus tareas profesionales. (Código deontológico de Colegio de Ingenieros del Perú, 2012, p. 1)

De esta manera el presente trabajo de investigación se rigió tomando en cuenta las líneas de investigación establecidas por la universidad y también del Código Deontológico de Ingenieros del Perú. Esta tesis para optar por el título de Ingeniero Civil, respetara los requisitos de ser original, objetivo y tener ética. Esta investigación juntó conceptos de diferentes investigadores a los cuales se les reconoció la autoridad de sus ideas y el respeto por la propiedad e integridad intelectual, por ello se citará de manera correcta las investigaciones que han publicado con anterioridad. La investigación tiene una responsabilidad a nivel de la sociedad, debido que brindara alternativas para futuros trabajos de conservación vial.

Responsabilidades éticas tomadas en cuenta:

Respeto: El respeto es el valor más importante e influye en cómo se comporta el ser humano, por ello, si se trata de demostrar en el aspecto académico de la investigación, se definirá con el debido respeto a las fuentes de información utilizadas haciendo citas para las referencias.

Honestidad: Este valor proviene de la verdad, la información que brindemos deberá ser cierta.

Finalmente, como se acotó en el anterior valor de este proyecto, se obtendrá informaciones reales de las fuentes en las que se puede confiar y fuente propia.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Datos Generales

3.1.1. Ubicación

Se considero la Av. Metropolitana como Área de estudio, el tramo ida Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza y el tramo vuelta Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria, por cada tramo hay aproximadamente 1000 m de longitud teniendo un total de aproximadamente 2000 m a evaluar.

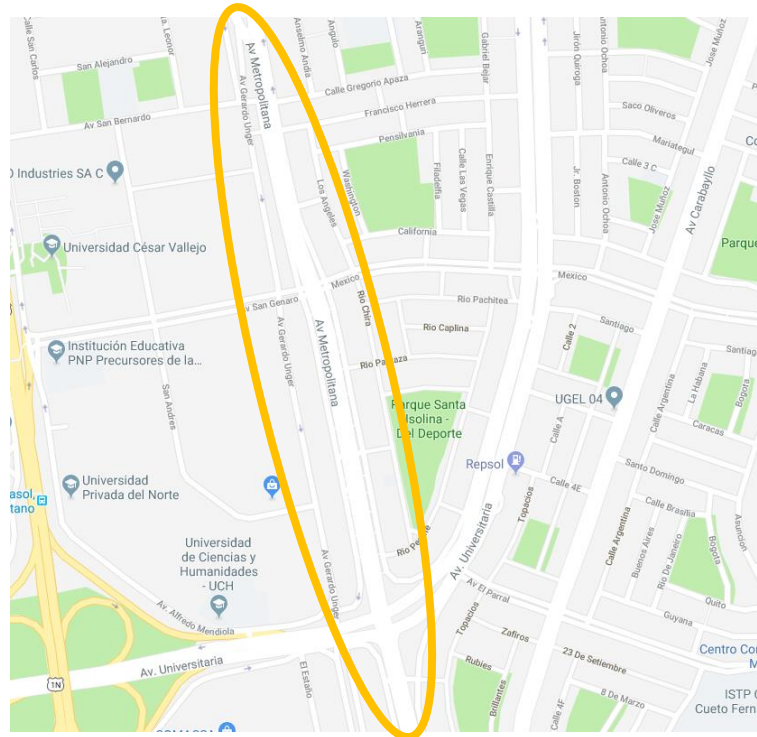
Departamento: Lima

Provincia: Lima

Distrito: Comas

Figura 61

Área de Estudio.



Nota. Fuente: Autoría Propia

Carlos Lisandro Fernandez Ruiz

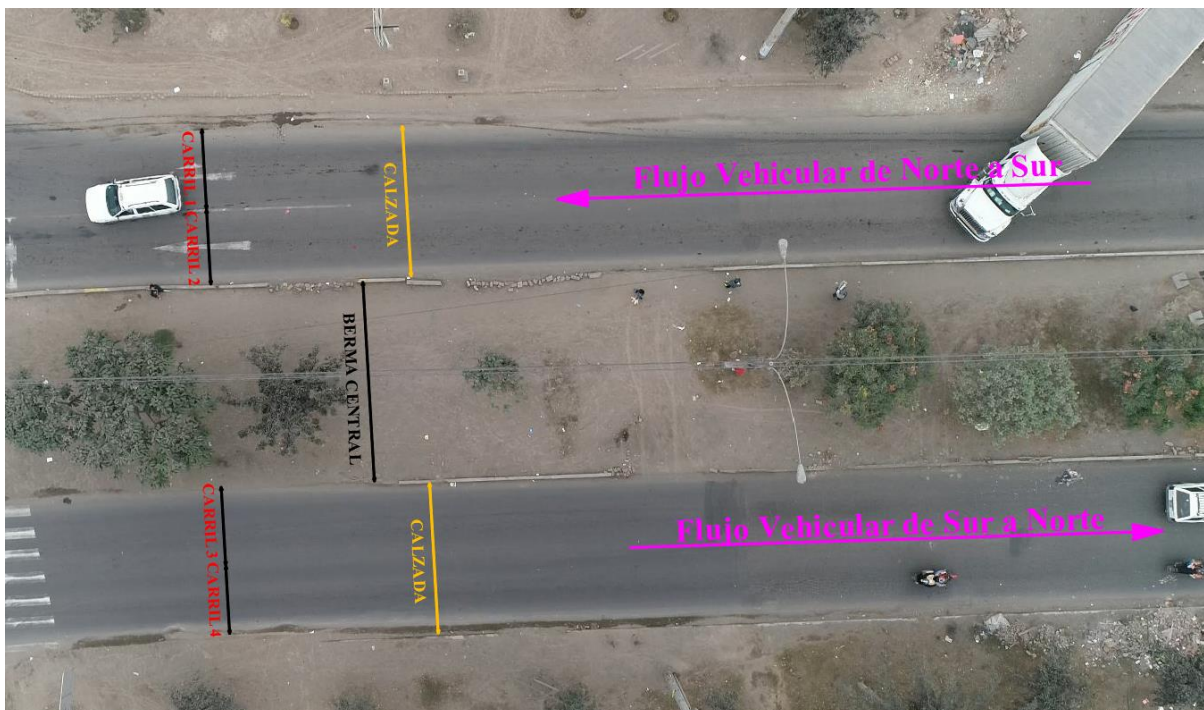
3.2. Características del Área de Estudio

El tramo de Ida Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza presenta un flujo vehicular de Sur a Norte, así como también dos carriles en su calzada, mientras que el tramo de Vuelta Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria presenta un flujo vehicular de Norte a Sur y también 2 carriles en su calzada.

En la figura 62 se observa a los tramos de estudio captados desde lo alto mediante un dron e indicando las características de los tramos en evaluación de la presente investigación.

Figura 62

Características de los Tramos de Estudio.



Nota. Fuente: Autoría Propia

3.3. Resultados del Índice de Condición del Pavimento

A continuación, se detallan los resultados obtenidos de la auscultación de las fallas y grado de severidad del Tramo Ida Av. Metropolitana (Sur a Norte) Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza y Tramo Vuelta Av. Metropolitana (Norte - Sur) Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria.

- ✓ Ancho de Calzada = 6m
- ✓ Tramo Ida Av. Metropolitana (Sur a Norte) / Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza
- ✓ Longitud 1000 metros
- ✓ Cantidad de Unidades de Muestreo = $1000/38.3 = 26.10$
- ✓ Se tiene un total de 26 unidades de muestra.
- ✓ Tramo Vuelta Av. Metropolitana (Norte a Sur) / Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria
- ✓ Longitud= 1000 metros
- ✓ Cantidad de Unidades de Muestreo = $1000/38.3 = 26.10$
- ✓ Se tiene un total de 26 unidades de muestra.

Las 26 unidades de muestra de ambos tramos abarcan una longitud de 995.8 metros, donde sobra 4.2 metros, pero este no es considerado como muestra al ser demasiado pequeño.

Por lo tanto, se tienen 52 Unidades de Muestreo, 26 para el primer tramo y otros 26 para el segundo Tramo.

Para la obtención del parámetro PCI se realizan los pasos de “Procesamiento y Análisis de Datos” y se obtiene los siguientes resultados.

Tabla 5

Unidades de Muestreo Tramo IDA

Tramo	Unidad de Muestreo	Progresiva	
	UM - 01	0+038.30	
	UM - 02	0+076.60	
	UM - 03	0+114.90	
	UM- 04	0+153.20	
	UM - 05	0+191.50	
	UM - 06	0+229.80	
	UM - 07	0+268.10	
	UM - 08	0+306.40	
	UM - 09	0+344.70	
	UM - 10	0+383.00	
	UM - 11	0+421.30	
Tramo (Ida) Av. Universitaria - Av. Gregorio Apaza	UM - 12	0+459.60	
	UM - 13	0+497.90	
	UM - 14	0+536.20	
	UM - 15	0+574.50	
	UM - 16	0+612.80	
	UM - 17	0+651.10	
	UM - 18	0+689.40	
	UM - 19	0+727.70	
	UM - 20	0+766.00	
	UM - 21	0+804.30	
	UM - 22	0+842.60	
	UM - 23	0+880.90	
	UM - 24	0+919.20	<i>Nota.</i>
	UM - 25	0+957.50	Delimitación
	UM - 26	0+995.80	

de

Unidades de

Muestreo, por Autoría Propia

Tabla 6

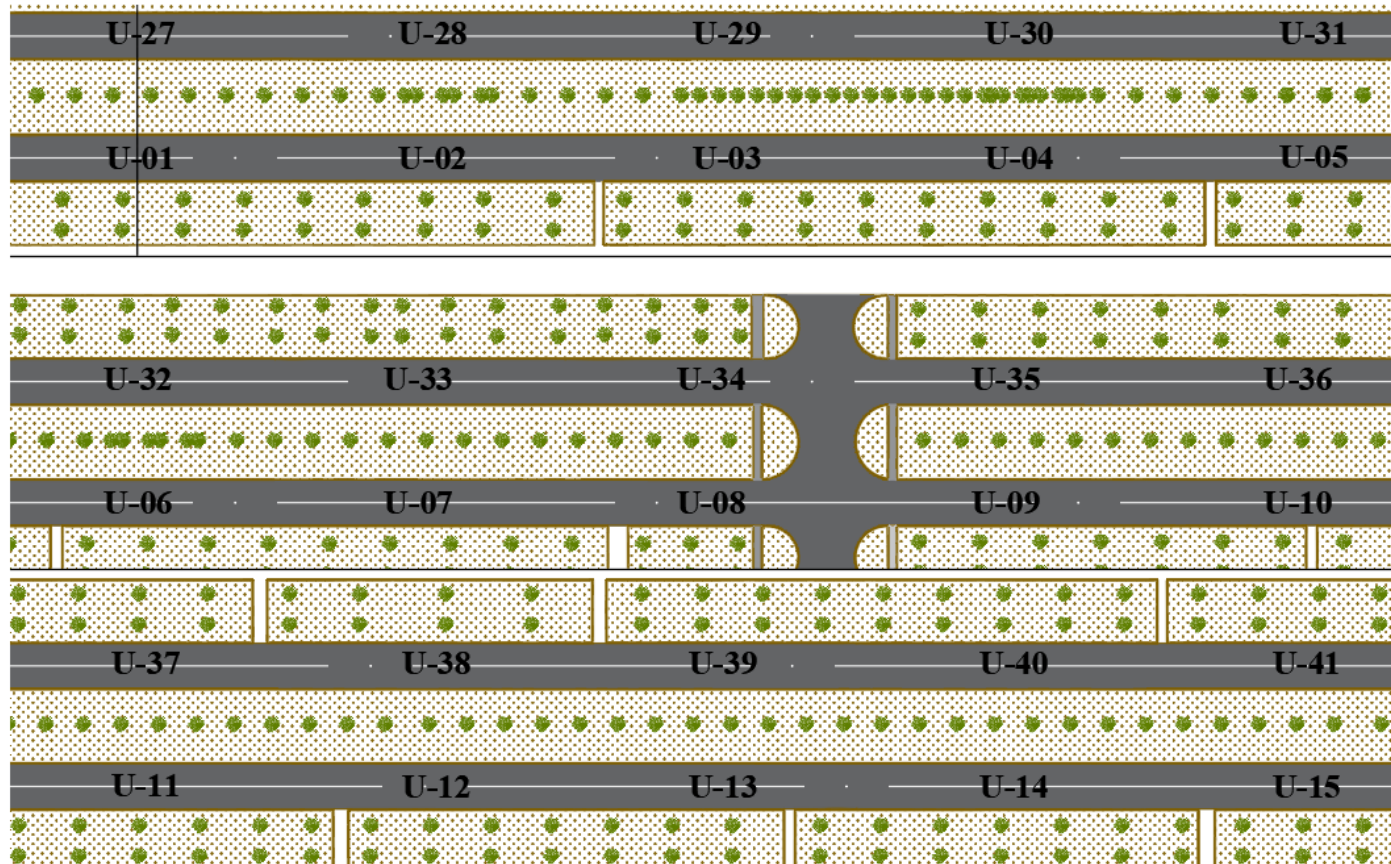
Unidades de Muestreo Tramo Vuelta

Tramo	Unidad de Muestreo	Progresiva
	UM - 27	0+038.30
	UM - 28	0+076.60
	UM - 29	0+114.90
	UM - 30	0+153.20
	UM - 31	0+191.50
	UM - 32	0+229.80
	UM - 33	0+268.10
	UM - 34	0+306.40
Tramo (Vuelta)	UM - 35	0+344.70
Av. Gregorio	UM - 36	0+383.00
-	UM - 37	0+421.30
Av. Universitaria	UM - 38	0+459.60
	UM - 39	0+497.90
	UM - 40	0+536.20
	UM - 41	0+574.50
	UM - 42	0+612.80
	UM - 43	0+651.10
	UM - 44	0+689.40
	UM - 45	0+727.70
	UM - 46	0+766.00
	UM - 47	0+804.30
	UM - 48	0+842.60
	UM - 49	0+880.90
	UM - 50	0+919.20
	UM - 51	0+957.50
	UM - 52	0+995.80

Nota. Delimitación de Unidades de Muestreo, por Autoría Propia

Figura 63

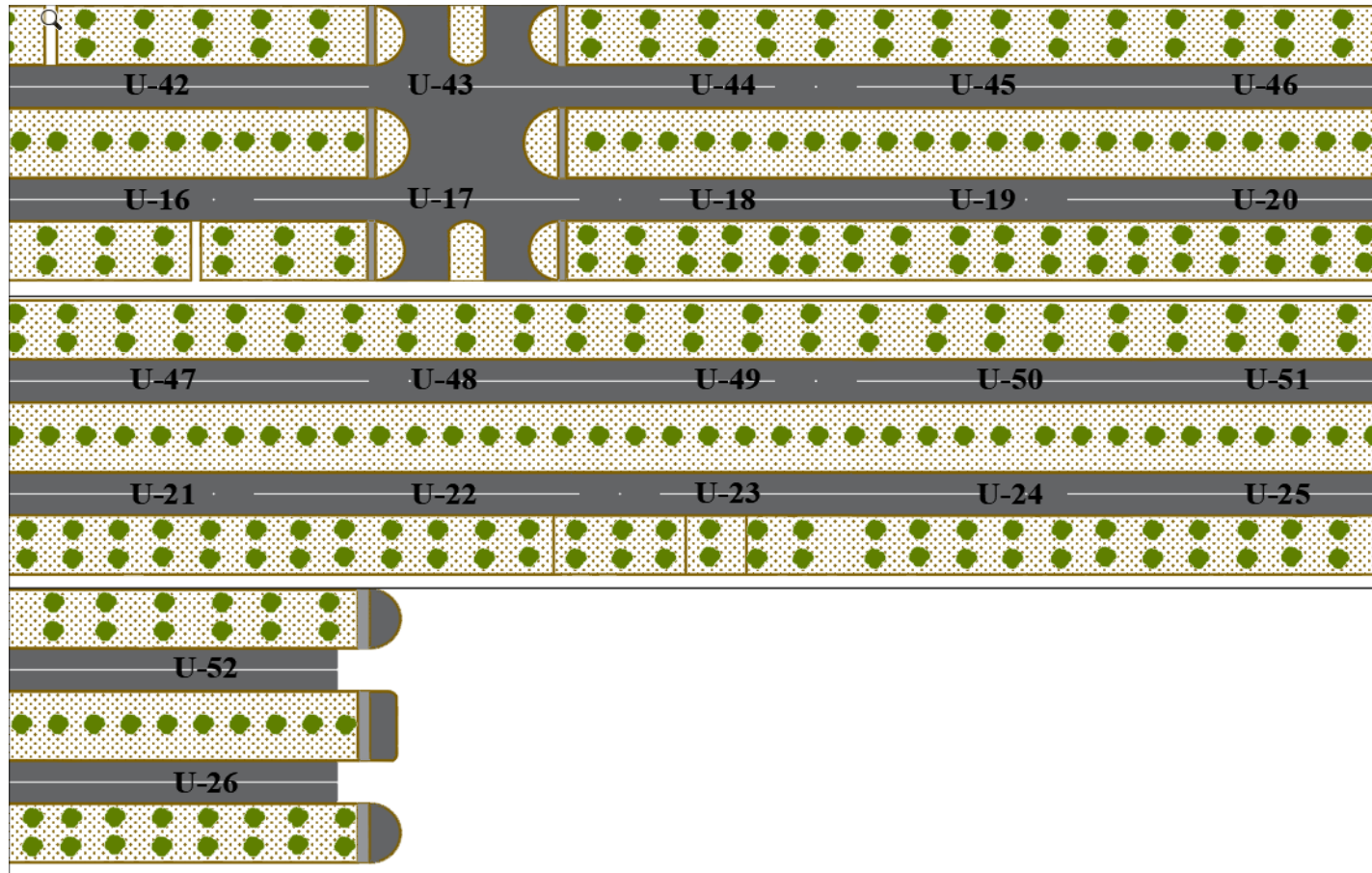
Unidades de Muestreo en AutoCAD.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 64.

Unidades de Muestreo en AutoCAD.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

A continuación, se muestran tablas donde se detalla los resultados mediante el uso del PCI.

Tabla 7

Estado y PCI del Tramo(ida) Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza

Tramo	Unidad de Muestra	Progresiva	Area de Muestra	PCI de la Muestra	Estado de la Muestra	PCI del Tramo	Estado del Tramo
Tramo (Ida) Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza	UM - 01	0+038.30	229.8	46	Regular	31.73	Malo
	UM - 02	0+076.60	229.8	24	Muy Malo		
	UM - 03	0+114.90	229.8	30	Malo		
	UM - 04	0+153.20	229.8	22	Muy Malo		
	UM - 05	0+191.50	229.8	2	Fallado		
	UM - 06	0+229.80	229.8	14	Muy Malo		
	UM - 07	0+268.10	229.8	24.5	Muy Malo		
	UM - 08	0+306.40	229.8	24	Muy Malo		
	UM - 09	0+344.70	229.8	4	Fallado		
	UM - 10	0+383.00	229.8	17	Muy Malo		
	UM - 11	0+421.30	229.8	19	Muy Malo		
	UM - 12	0+459.60	229.8	15	Muy Malo		
	UM - 13	0+497.90	229.8	33	Malo		
	UM - 14	0+536.20	229.8	11	Muy Malo		
	UM - 15	0+574.50	229.8	20	Muy Malo		
	UM - 16	0+612.80	229.8	39	Malo		
	UM - 17	0+651.10	229.8	1.5	Fallado		
	UM - 18	0+689.40	229.8	50	Regular		
	UM - 19	0+727.70	229.8	60	Bueno		
	UM - 20	0+766.00	229.8	38	Malo		
	UM - 21	0+804.30	229.8	74	Muy Bueno		
	UM - 22	0+842.60	229.8	63	Bueno		
	UM - 23	0+880.90	229.8	60	Bueno		
	UM - 24	0+919.20	229.8	41	Regular		
	UM - 25	0+957.50	229.8	35	Malo		
	UM - 26	0+995.8	229.8	58	Bueno		

Nota. Resultados del PCI Tramo: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza, por Autoría Propia.

Tabla 8

Estado y PCI del Tramo(vuelta) Av. Gregorio Apaza - Av. Universitaria

Tramo	Unidad de Muestra	Progresiva	Area de Muestra	PCI de la Muestra	Estado de la Muestra	PCI del Tramo	Estado del Tramo
Tramo (Vuelta): Av. Gregorio Apaza - Av. Universitaria	UM - 27	0+038.30	229.8	57	Bueno	37.40	Malo
	UM - 28	0+076.60	229.8	47	Regular		
	UM - 29	0+114.90	229.8	40	Malo		
	UM - 30	0+153.20	229.8	42.5	Regular		
	UM - 31	0+191.50	229.8	44	Regular		
	UM - 32	0+229.80	229.8	35	Malo		
	UM - 33	0+268.10	229.8	27	Malo		
	UM - 34	0+306.40	229.8	27	Malo		
	UM - 35	0+344.70	229.8	26	Malo		
	UM - 36	0+383.00	229.8	18	Muy Malo		
	UM - 37	0+421.30	229.8	30	Malo		
	UM - 38	0+459.60	229.8	11	Muy Malo		
	UM - 39	0+497.90	229.8	28	Malo		
	UM - 40	0+536.20	229.8	11	Muy Malo		
	UM - 41	0+574.50	229.8	23	Muy Malo		
	UM - 42	0+612.80	229.8	21	Muy Malo		
	UM - 43	0+651.10	229.8	3	Fallado		
	UM - 44	0+689.40	229.8	39	Malo		
	UM - 45	0+727.70	229.8	50	Regular		
	UM - 46	0+766.00	229.8	44	Regular		
	UM - 47	0+804.30	229.8	66	Bueno		
	UM - 48	0+842.60	229.8	53	Regular		
	UM - 49	0+880.90	229.8	66	Bueno		
	UM - 50	0+919.20	229.8	63	Bueno		
	UM - 51	0+957.50	229.8	54	Regular		
	UM - 52	0+995.8	229.8	47	Regular		

Nota. Resultados del PCI Tramo: Av. Gregorio Apaza - Av. Universitaria, por Autoría Propia.

3.3.1. Fallas encontradas por Unidad de Muestreo

Se detallarán en tablas las diferentes fallas y su grado de Severidad encontradas en los tramos Ida y Vuelta de la Av. Metropolitana.

Tabla 9

Fallas y Severidad de la U - 01 a la U – 04

Unidad de Muestreo 01		Unidad de Muestreo 02		Unidad de Muestreo 03		Unidad de Muestro 04	
Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad
Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M	Piel de Cocodrilo	M
Piel de cocodrilo	H	Grietas en bloque	M	Grietas en bloque	M	Parche	M
		Grietas o fisuras de borde	M	Grietas long y transv.	M	Hueco	L
		Parche	M	Hueco	L	Hueco	M
		Hueco	L	Hueco	M		
		Hueco	M				

Nota. Fallas y Severidad encontradas en cada Unidades de muestreo, por Autoría Propia.

Tabla 10

Fallas y Severidad de la U - 05 a la U – 08

Unidad de Muestreo 05		Unidad de Muestreo 06		Unidad de Muestreo 07		Unidad de Muestrro 08	
Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad
Piel de cocodrilo	L	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	L
Piel de cocodrilo	M	Grietas en bloque	M	Grietas en bloque	M	Piel de cocodrilo	M

Nota. Fallas y Severidad encontradas en cada Unidades de muestreo, por Autoría Propia.

Piel de cocodrilo	H	Grietas o fisuras de borde	M	Parche	M	Grietas en bloque	M
Grietas en bloque	M	Parche	L	Hueco	L	Parche	L
Hueco	M	Parche	M	Hueco	M		
Hueco	H	Hueco	L				
Ahuellamiento	M	Hueco	M				
		Hueco	H				

Tabla 11

Fallas y Severidad de la U - 09 a la U – 12

Unidad de Muestreo 09		Unidad de Muestreo 10		Unidad de Muestreo 11		Unidad de Muestreo 12	
Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad
Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	L	Piel de cocodrilo	L
Piel de cocodrilo	H	Piel de cocodrilo	H	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M
Grietas en bloque	H	Grietas en bloque	L	Parche	L	Grietas en bloque	M
Grietas long. y transv.	H	Grietas en bloque	M	Parche	M	Parche	H
Parche	H	Parche	M	Parche	H	Hueco	L
Hueco	L	Hueco	L				
Hueco	M						

Nota. Fallas y Severidad encontradas en cada Unidades de muestreo, por Autoría Propia.

Tabla 12

Fallas y Severidad de la U - 13 a la U – 16

Nota. Fallas y Severidad encontradas en cada Unidades de muestreo, por Autoría Propia.

Unidad de Muestreo 13		Unidad de Muestreo 14		Unidad de Muestreo 15		Unidad de Muestro 16	
Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad
Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	L	Piel de cocodrilo	L
Grietas en bloque	M	Piel de cocodrilo	H	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M
Depresion	M	Grietas en bloque	M	Grietas en bloque	L	Grietas en bloque	L
Parche	M	Parche	M	Grietas en bloque	M		
		Parche	H	Parche Hueco	M		

Tabla 13

Fallas y Severidad de la U - 17 a la U – 20

Unidad de Muestreo 17		Unidad de Muestreo 18		Unidad de Muestreo 19		Unidad de Muestro 20	
Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad
Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	L	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	L
Grietas en bloque	M	Piel de cocodrilo	M	Grietas en bloque	L	Piel de cocodrilo	M
Depresion	M	Grietas long. y transv.	L	Grietas long. y transv.	L	Grietas en bloque	M
Parche	M						
Parche	H						
Hueco	L						
Hueco	M						
Hueco	H						

Nota. Fallas y Severidad encontradas en cada Unidades de muestreo, por Autoría Propia

Tabla 14.

Fallas y Severidad de la U - 21 a la U – 24

Unidad de Muestreo 21		Unidad de Muestreo 22		Unidad de Muestreo 23		Unidad de Muestro 24	
Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad
Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M
Grietas en bloque	L	Grietas en bloque	L	Grietas long. y transv.	M	Piel de cocodrilo	H
Grietas long. y transv.	L	Grietas long. y transv.	L			Depresion	M
Grietas long. y transv.	M					Grietas long. y transv.	M
						Parche	M
						Hueco	L

Nota. Fallas y Severidad encontradas en cada Unidades de muestreo, por Autoria Propia.

Tabla 15

Fallas y Severidad de la U - 25 a la U – 28

Unidad de Muestreo 25		Unidad de Muestreo 26		Unidad de Muestreo 27		Unidad de Muestro 28	
Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad
Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M
Piel de cocodrilo	H	Grietas long. y transv,	M	Grietas en bloque	M	Parche	M
Grietas en bloque	M						

Nota. Fallas y Severidad encontradas en cada Unidades de muestreo, por Autoría Propia.

Tabla 16

Fallas y Severidad de la U - 29 a la U – 32

Unidad de Muestreo 29		Unidad de Muestreo 30		Unidad de Muestreo 31		Unidad de Muestro 32	
Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad
Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M
Grietas en bloque	M	Grietas en bloque	M	Grietas long. y transv.	M	Grietas en bloque	M
Parche	M	Grietas long. y transv.	M			Grietas long. y transv.	M
						Hueco	M

Nota. Fallas y Severidad encontradas en cada Unidades de muestreo, por Autoría Propia.

Tabla 17

Fallas y Severidad de la U - 33 a la U – 36

Unidad de Muestreo 33		Unidad de Muestreo 34		Unidad de Muestreo 35		Unidad de Muestrro 36	
Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad
Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M
Grietas en bloque	M	Grietas en bloque	M	Piel de cocodrilo	H	Piel de cocodrilo	H
Parche	M	Grietas long. y transv.	M	Grietas en bloque	M	Grietas en bloque	M
Hueco	M	Hueco	H			Grietas long. y transv.	M
Hueco	H						

Nota. Fallas y Severidad encontradas en cada Unidades de muestreo, por Autoría Propia.

Tabla 18

Fallas y Severidad de la U - 37 a la U – 40

Unidad de Muestreo 37		Unidad de Muestreo 38		Unidad de Muestreo 39		Unidad de Muestro 40	
Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad
Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M
Piel de cocodrilo	H	Piel de cocodrilo	H	Grietas en bloque	M	Piel de cocodrilo	H
Grietas en bloque	M	Grietas long. y transv.	M	Hueco	M	Grietas en bloque	M
		Hueco	L			Grietas long. y transv.	M
		Hueco	M			Hueco	M

Nota. Fallas y Severidad encontradas en cada Unidades de muestreo, por autoría Propia.

Tabla 19

Fallas y Severidad de la U - 41 a la U – 44

Unidad de Muestreo 41		Unidad de Muestreo 42		Unidad de Muestreo 43		Unidad de Muestreo 44	
Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad
Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	L

Piel de cocodrilo	H	Piel de cocodrilo	H	Depresion	M	Piel de cocodrilo	M
Grietas en bloque	M	Grietas en bloque	M	Hueco	M	Grietas en bloque	M
		Grietas long. y transv.	M	Hueco	H		

Nota. Fallas y Severidad encontradas en cada Unidades de muestreo, por Autoría Propia.

Tabla 20

Fallas y Severidad de la U - 45 a la U – 48

Unidad de Muestreo 45		Unidad de Muestreo 46		Unidad de Muestreo 47		Unidad de Muestro 48	
Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad
Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	L	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	H
Piel de cocodrilo	H	Piel de cocodrilo	M	Grietas long. y transv.	M	Grietas long. y transv.	M
Grietas en bloque	M	Grietas en bloque	M				

Nota. Fallas y Severidad encontradas en cada Unidades de muestreo, por Autoría Propia.

Tabla 21

Fallas y Severidad de la U - 49 a la U – 52

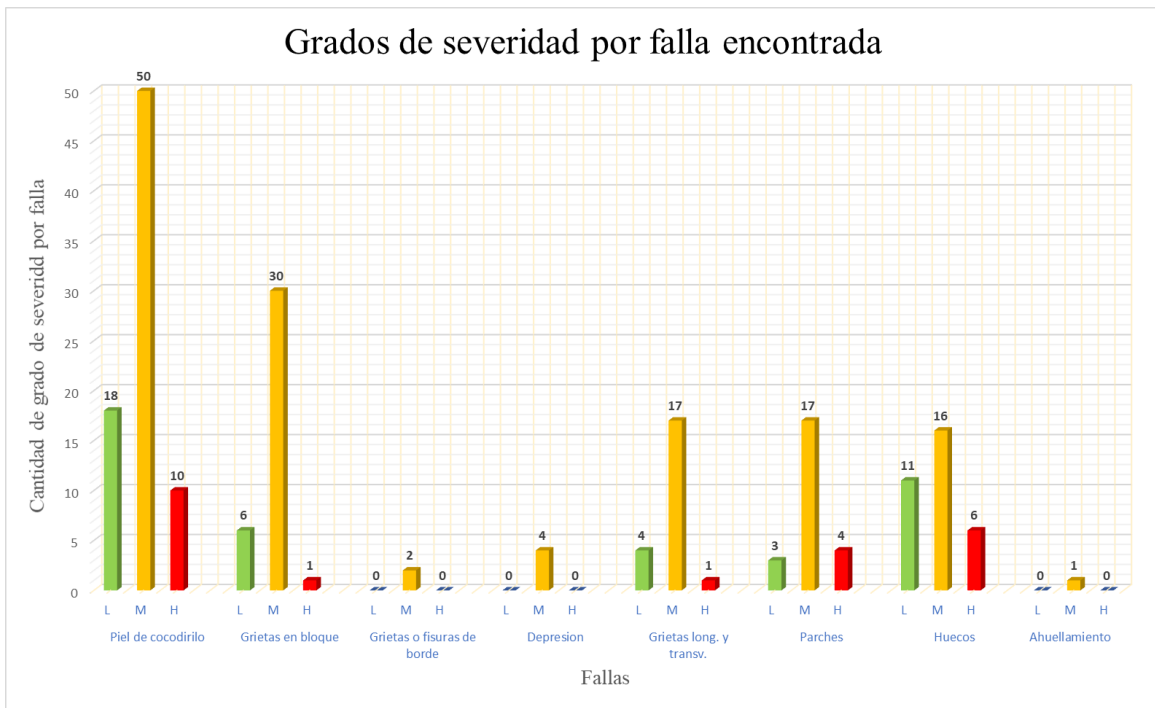
Unidad de Muestreo 49		Unidad de Muestreo 50		Unidad de Muestreo 51		Unidad de Muestro 52	
Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad	Falla	Severidad
Piel de cocodrilo	H	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M	Piel de cocodrilo	M

Grietas long. y transv.	M	Grietas long. y transv.	M	Parche	M	Piel de cocodrilo	H
Hueco	M	Parche	M			Parche	M

Nota. Fallas y Severidad encontradas en cada Unidades de muestreo, por Autoría Propia.

Figura 65

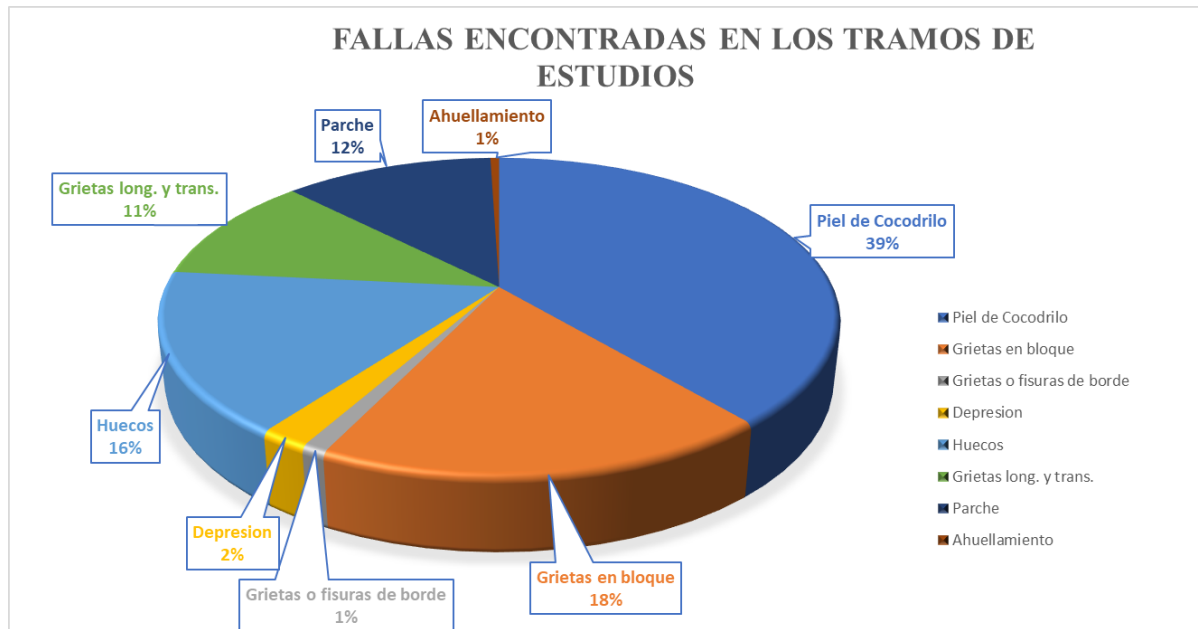
Grados de Severidad por Falla encontrada.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 66

Fallas encontradas en el Área de Estudio.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

3.3.2. Interpretación de Resultado PCI

Los tramos presentaron un total de 8 fallas siendo la que predominó la falla 1 (piel de cocodrilo) con un porcentaje de 39%, así mismo se afirma que el grado de severidad que predominó en las fallas encontradas fue el de severidad “Media”, también se detalla que el tramo 1 presenta un PCI de 31.73 considerándose en condición “Malo”, mientras que el segundo tramo presenta un PCI de 37.40 también en condición “Malo”. Finalmente, con los resultados obtenidos mediante la aplicación del PCI, se sugiere que los tramos en estudio necesitan pasar lo más pronto a etapa de mantenimiento, refuerzo o rehabilitación según corresponda.

3.3.3. Prueba de Hipótesis Específica 1

Las fallas superficiales presentes en los tramos de estudio de mayor incidencia son la falla piel de cocodrilo, además mediante la aplicación del PCI en ambos tramos se obtuvieron el estado de condición del pavimento en “Malo”, así mismo se puede afirmar que el estado de conservación

funcional del pavimento en la Av. Metropolitana tramo ida y vuelta presenta un pavimento muy deteriorado, en tal sentido se rechaza la hipótesis específica 1, puesto que en la hipótesis planteada se supuso que el tramo ida se encontraba en condición de regular y el tramo de vuelta en condición de malo.

3.4. Resultados del IRI mediante el rugosímetro de MERLIN

La Av. Metropolitana está compuesta por 4 carriles. Para la evaluación con el rugosímetro de merlín, por cada carril se consideró 2 ensayos el primero Externo y el segundo Interno esto se realiza con el fin de obtener a más detalle la rugosidad de los tramos de estudio.

Figura 67

Delimitación para la Toma de Datos con el Rugosímetro de Merlín.



Nota. Fuente: Autoría Propia

Se realizaron los pasos del “Procesamiento y Análisis de Datos” del capítulo anterior y se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 22

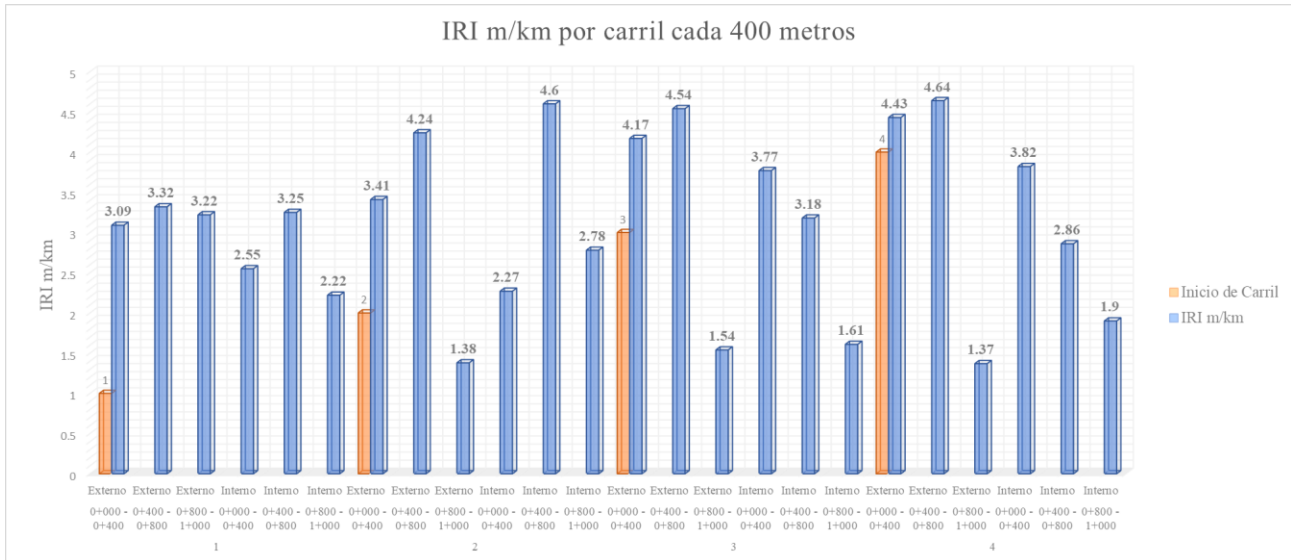
IRI Promedio por Carril

CARRIL	PROGRESIVA	TRAMO	IRI m/km)	IRI Tramo Promedio (m/km)	IRI Promedio por Carril
1	0+000 - 0+400	Externo	3.09	3.21	2.94
	0+400 - 0+800	Externo	3.32		
	0+800 - 1+000	Externo	3.22		
	0+000 - 0+400	Interno	2.55		
	0+400 - 0+800	Interno	3.25		
	0+800 - 1+000	Interno	2.22		
2	0+000 - 0+400	Externo	3.41	3.01	3.11
	0+400 - 0+800	Externo	4.24		
	0+800 - 1+000	Externo	1.38		
	0+000 - 0+400	Interno	2.27		
	0+400 - 0+800	Interno	4.60		
	0+800 - 1+000	Interno	2.78		
3	0+000 - 0+400	Externo	4.17	3.42	3.14
	0+400 - 0+800	Externo	4.54		
	0+800 - 1+000	Externo	1.54		
	0+000 - 0+400	Interno	3.77		
	0+400 - 0+800	Interno	3.18		
	0+800 - 1+000	Interno	1.61		
4	0+000 - 0+400	Externo	4.43	3.48	3.17
	0+400 - 0+800	Externo	4.64		
	0+800 - 1+200	Externo	1.37		
	0+000 - 0+400	Interno	3.82		
	0+400 - 0+800	Interno	2.86		
	0+800 - 1+200	Interno	1.9		

Nota. Resultados obtenidos mediante el uso del Rugosímetro de Merlín, por Autoría Propia.

Figura 68

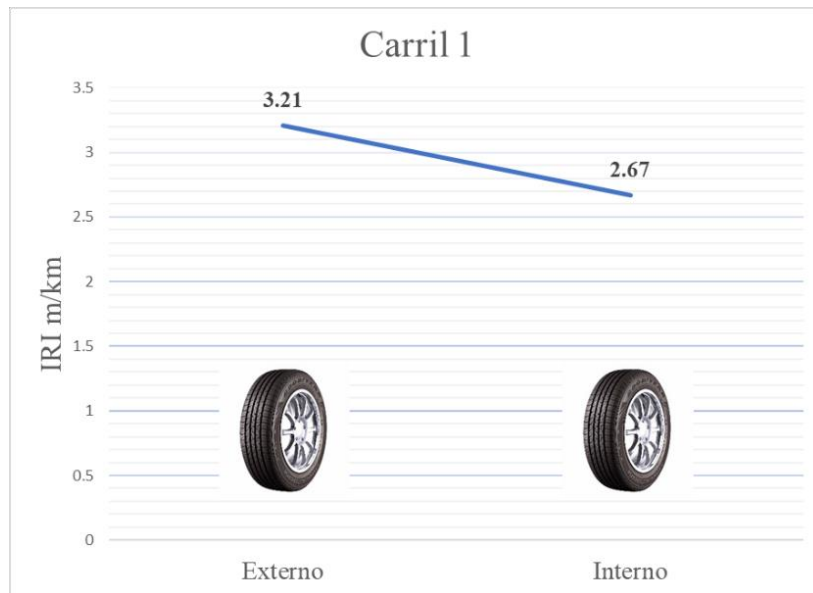
IRI por Carril cada 400m.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 69

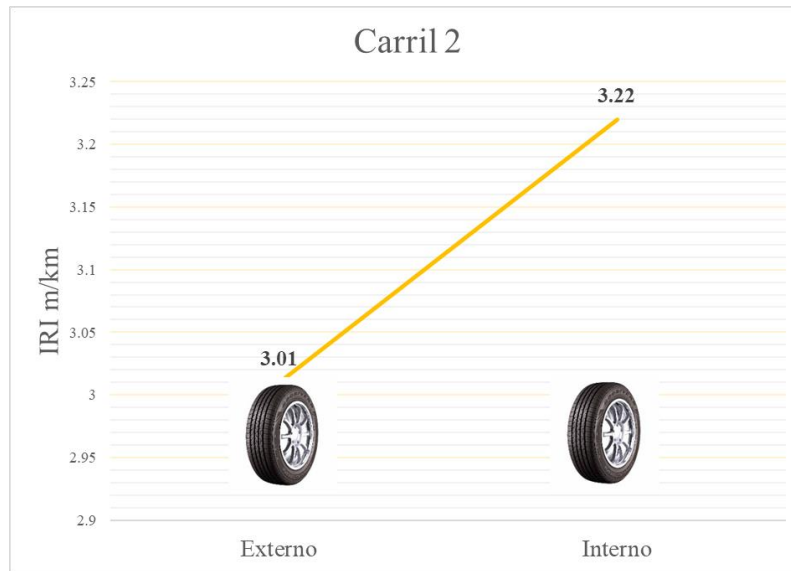
IRI (m/km) Promedio Externo e Interno del Carril 1.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 70

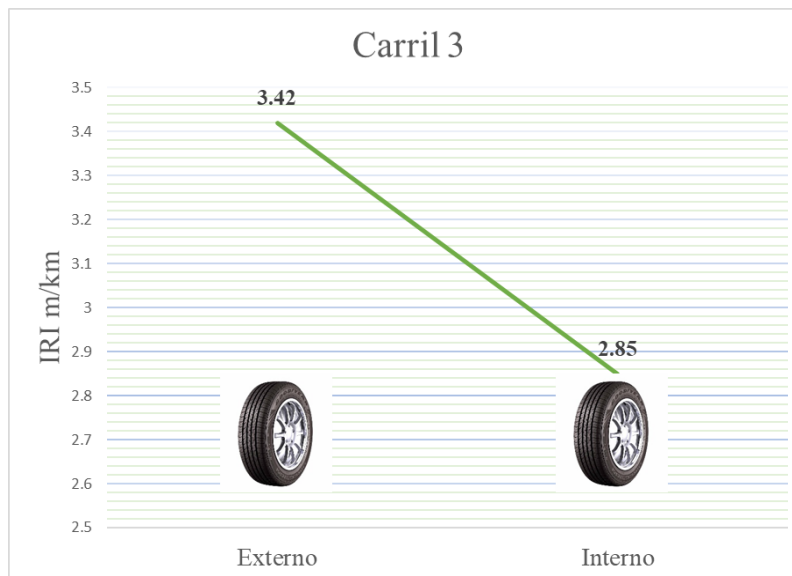
IRI (m/km) Promedio Externo e Interno del Carril 2.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 71

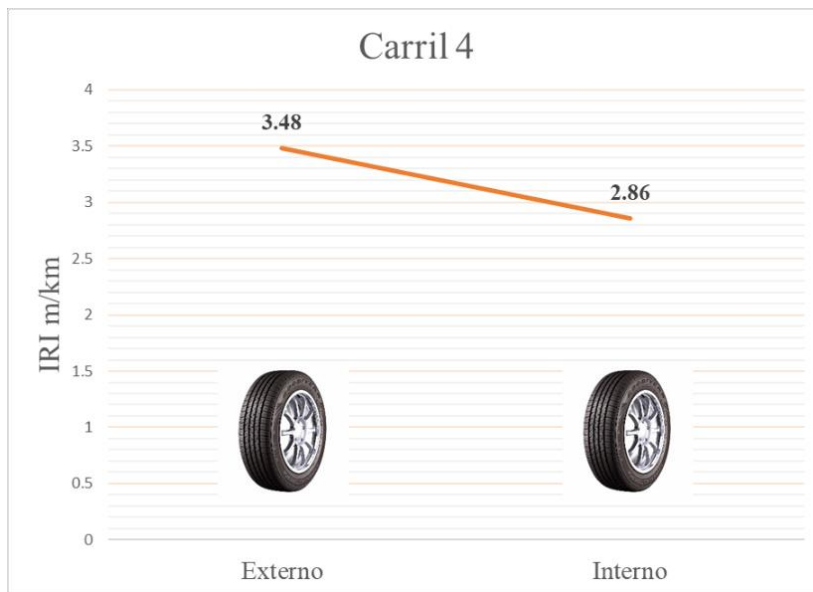
IRI (m/km) Promedio Externo e Interno del Carril 3.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 72

IRI (m/km) Promedio Externo e Interno del Carril 4.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Tabla 23

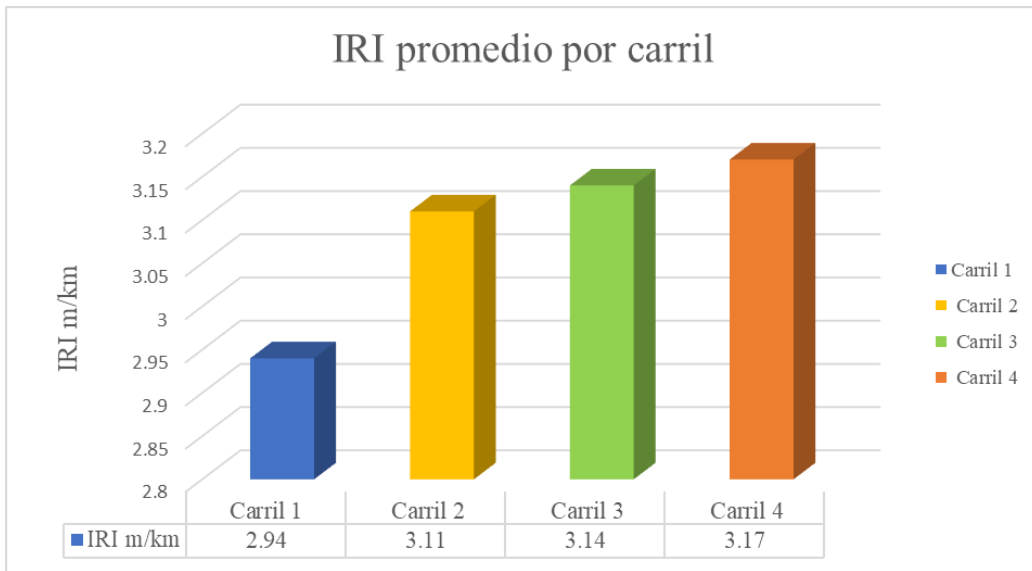
IRI Promedio por Calzada

Calzada	Carril	IRI Promedio por Carril (m/km)	IRI Promedio por Calzada
Tramo Vuelta: Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria	1	2.94	3.03
Tramo Ida: Av. Universitaria – Av.	3	3.14	3.16
	4	3.17	

Nota. Resultados obtenidos mediante el uso del Rugosímetro de Merlín, por Autoría Propia

Figura 73

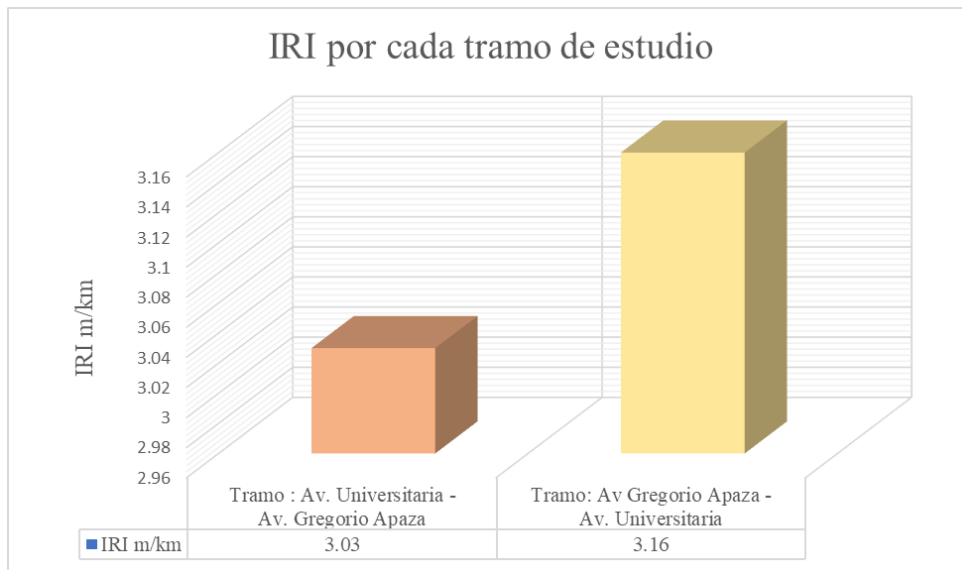
IRI (m/km) Promedio por Carril.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 74

IRI (m/km) por cada Tramo de Estudio.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

3.4.1. Interpretación de Resultados para el IRI

En las tablas 22 y 23 se observan los resultados obtenidos mediante el uso del rugosímetro de Merlín por cada carril de prueba externo e interno, se afirma que el carril 4 es el que mayor IRI posee con 3.17 m/km, mientras que el carril con el menor IRI es el carril 1 con 2.94 m/km, por otro lado con respecto a los tramos de muestra, el Tramo Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza posee un IRI de 3.16 m/km mientras que el Tramo Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria presenta un IRI de 3.03 m/km, en ambos tramos se afirma que es un pavimento envejecido.

3.4.2. Prueba de Hipótesis Especifica 2

El tramo (ida) Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza presenta un IRI de 3.16 m/km, mientras que el tramo (vuelta) (Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria presenta un IRI de 3.03 m/km, por lo que el estado de conservación funcional del pavimento se encuentra en estado envejecido lo que indicaría una mala serviciabilidad percibida por los usuarios, en tal sentido debido a la condición del pavimento y de acuerdo a la hipótesis planteada, se aprueba la hipótesis especifica 2.

3.5. Resultados de deflexiones con el uso de la Viga Benkelman

Se realizó ensayos de deflectometría por cada carril, a continuación, se presentan los resultados

Tabla 24

Deflexiones Máximas Carril 1.

Progresiva (km)	Lecturas de Campo (10 ⁻² mm)		Deflexiones sin Corregir(10 ⁻² mm)		Espesor (m)	Temp (°C)	RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS		Radio Curvatura (m)
							Deflexiones Corregidas		
	L ₂₅	L _{max}	D ₂₅	D _{max}			D _{25 x} 10 ⁻² mm	D _{MAX x} 10 ⁻² mm	
00+000	14	24	56	96	5.00	24.0	55	94	80
00+100	19	28	76	112	5.00	26.0	74	109	89
00+200	22	26	88	104	5.00	24.0	86	102	199
00+300	21	28	84	112	5.00	24.0	82	110	114
00+400	22	28	88	112	5.00	24.0	86	110	133
00+500	19	29	76	116	5.00	24.0	75	114	80
00+600	22	31	88	124	5.00	25.0	86	121	89
00+700	24	30	96	120	5.00	25.0	94	117	133
00+800	19	27	76	108	5.00	26.0	74	105	101
00+900	18	25	72	100	5.00	25.0	70	98	114
01+000	20	26	80	104	5.00	26.0	78	101	134

Nota. Lecturas y deflexiones mediante la Viga Benkelman, por Autoría Propia.

Tabla 25

Resumen de Deflexiones y Radio de Curvatura Carril 1

DEFLEXIONES		RADIO DE CURVATURA	
Deflexión Promedio	Desv. Estándar	Radio de Curvatura Promedio	Desv. Estándar
107.23	8.26	115.11	34.86

Deflexión Característica	Radio de Curvatura
120.82	160.43

Nota. Características de las deflexiones carril 1, por Autoría Propia.

Tabla 26

Deflexiones Máximas Carril 2.

<i>Progresiva (km)</i>	<i>Lecturas de Campo (10⁻²mm)</i>		<i>Deflexiones sin Corregir(10⁻²mm)</i>		<i>Espesor (m)</i>	<i>Temp (°C)</i>	<i>RESULTADOS DEFLECTOMÉTRI COS</i>		<i>Radio de Curvatura (m)</i>
							<i>Deflexiones Corregidas</i>		
	<i>L₂₅</i>	<i>L_{max}</i>	<i>D₂₅</i>	<i>D_{max}</i>			<i>D₂₅ x 10⁻²mm</i>	<i>D_{MAX} x 10⁻²mm</i>	
<i>00+000</i>	14	23	56	92	5.00	24.0	55	90	89
<i>00+100</i>	18	26	72	104	5.00	26.0	70	101	101
<i>00+200</i>	21	27	84	108	5.00	24.0	82	106	133
<i>00+300</i>	20	27	80	108	5.00	24.0	78	106	114
<i>00+400</i>	21	30	84	120	5.00	24.0	82	118	89
<i>00+500</i>	20	28	80	112	5.00	24.0	78	110	100
<i>00+600</i>	21	29	84	116	5.00	25.0	82	113	100
<i>00+700</i>	21	30	84	120	5.00	25.0	82	117	89
<i>00+800</i>	18	25	72	100	5.00	26.0	70	97	115
<i>00+900</i>	15	24	60	96	5.00	25.0	59	94	89
<i>01+000</i>	20	27	80	108	5.00	26.0	78	105	115

Nota. Lecturas y deflexiones mediante la Viga Benkelman, por Autoría Propia.

Tabla 27
Resumen de Deflexiones y Radio de Curvatura Carril 2

DEFLEXIONES		RADIO DE CURVATURA	
Deflexión Promedio	Desv. Estándar	Radio de Curvatura promedio	Desv. Estándar
105.11	9.08	102.90	14.59
Deflexión Característica		Radio de Curvatura	
120.04		121.87	

Nota. Características de las deflexiones carril 2, por Autoría Propia.

Tabla 28
Deflexiones Máximas Carril 3.

Progresiva (km)	Lecturas de Campo (10 ⁻² mm)		Deflexiones sin Corregir(10 ⁻² mm)		Espesor (m)	Temp (°C)	RESULTADOS DEFLECTOMÉTRI COS		Radio Curvatura (m)
							Deflexiones Corregidas		
	L ₂₅	L _{max}	D ₂₅	D _{max}	D ₂₅ x 10 ⁻² mm	D _{MAX} x 10 ⁻² mm			
00+000	16	24	64	96	5.00	24.0	63	94	100
00+100	21	32	84	128	5.00	26.0	82	124	73
00+200	18	29	72	116	5.00	24.0	71	114	72
00+300	20	27	80	108	5.00	24.0	78	106	114
00+400	22	31	88	124	5.00	24.0	86	122	89
00+500	24	30	96	120	5.00	24.0	94	118	133
00+600	23	32	92	128	5.00	25.0	90	125	89
00+700	20	29	80	116	5.00	25.0	78	113	89
00+800	18	26	72	104	5.00	26.0	70	101	101
00+900	16	23	64	92	5.00	25.0	62	90	114
01+000	21	26	84	104	5.00	26.0	82	101	161

Nota. Lecturas y deflexiones mediante la Viga Benkelman, por Autoría Propia.

Tabla 29
Resumen de Deflexiones y Radio de Curvatura Carril 3

DEFLEXIONES		RADIO DE CURVATURA	
Deflexión Promedio	Desv. Estándar	Radio de Curvatura promedio	Desv. Estándar
109.72	12.81	103.12	26.34
Deflexión Característica		Radio de Curvatura	
129.75		137.36	

Nota. Características de las deflexiones carril 3, por Autoría Propia

Tabla 30
Deflexiones Máximas Carril 4.

Progresiva (km)	Lecturas de Campo (10 ⁻² mm)		Deflexiones sin Corregir(10 ⁻² mm)		Espesor (m)	Temp (°C)	RESULTADOS DEFLECTOMÉTRIC OS		Radio de Curvatura (m)
							Deflexiones Corregidas		
	L ₂₅	L _{max}	D ₂₅	D _{max}	D ₂₅ x 10 ⁻² mm	D _{MAX} x 10 ⁻² mm			
00+000	17	25	68	100	5.00	24.0	67	98	100
00+100	22	31	88	124	5.00	26.0	85	120	89
00+200	20	30	80	120	5.00	24.0	78	118	80
00+300	21	29	84	116	5.00	24.0	82	114	100
00+400	21	30	84	120	5.00	24.0	82	118	89
00+500	21	29	84	116	5.00	24.0	82	114	100
00+600	21	30	84	120	5.00	25.0	82	117	89
00+700	20	31	80	124	5.00	25.0	78	121	73
00+800	18	26	72	104	5.00	26.0	70	101	101
00+900	17	24	68	96	5.00	25.0	66	94	114
01+000	20	28	80	112	5.00	26.0	78	109	101

Nota. Lecturas y deflexiones mediante la Viga Benkelman, por Autoría Propia.

Tabla 31

Resumen de Deflexiones y Radio de Curvatura Carril 4

DEFLEXIONES		RADIO DE CURVATURA	
Deflexión Promedio	Desv. Estándar	Radio de Curvatura promedio	Desv. Estándar
111.14	9.50	93.98	11.52
Deflexión Característica		Radio de Curvatura	
126.77		108.96	

Nota. Características de las deflexiones carril 4, por Autoría Propia.

Tabla 32

Resultados de las Deflexiones Tramo Vuelta: Av. Gregorio Apaza - Av. Universitaria

<i>Deflexión Promedio Tramo: Av. Gregorio Apaza - Av. Universitaria</i>	<i>Deflexión Característica Tramo: Av. Gregorio Apaza - Av. Universitaria</i>
<i>106.17</i>	<i>120.43</i>
<i>Radio de Curvatura Promedio</i>	
<i>109.05</i>	

Nota. Resumen de la Deflexión promedio, deflexión característica y radio de curvatura, por Autoría Propia.

Tabla 33

Resultados de las Deflexiones Tramo Ida: Av. Universitaria - Av. Gregorio Apaza

<i>Deflexión Promedio Tramo: Av. Universitaria - Av. Gregorio Apaza</i>	<i>Deflexión Característica Tramo: Av. Universitaria - Av. Gregorio Apaza</i>
<i>110.43</i>	<i>128.26</i>
<i>Radio de Curvatura Promedio</i>	
<i>98.55</i>	

Nota. Resumen de la Deflexión promedio, deflexión característica y radio de curvatura, por Autoría Propia.

3.5.1. Cálculo de la Deflexión Admisible

Para determinar la Deflexión admisible se empleó la ecuación 8, por lo que para hallar dicho parámetro se tuvo que contar con el N (ESAL), este dato se obtiene a través de un estudio de tráfico, para el presente trabajo de investigación se obtuvo el ESAL mediante un informe proporcionado por un consultor que tuvo a cargo realizar trabajos de inventario vial en el área de estudio, para más detalle (ver Anexo 9)

$$N \text{ (ESAL 2019)} = 1.241 \times 10^6 \text{ (Fuente: Estudio de Pre Inversión EMAPE, 2018)}$$

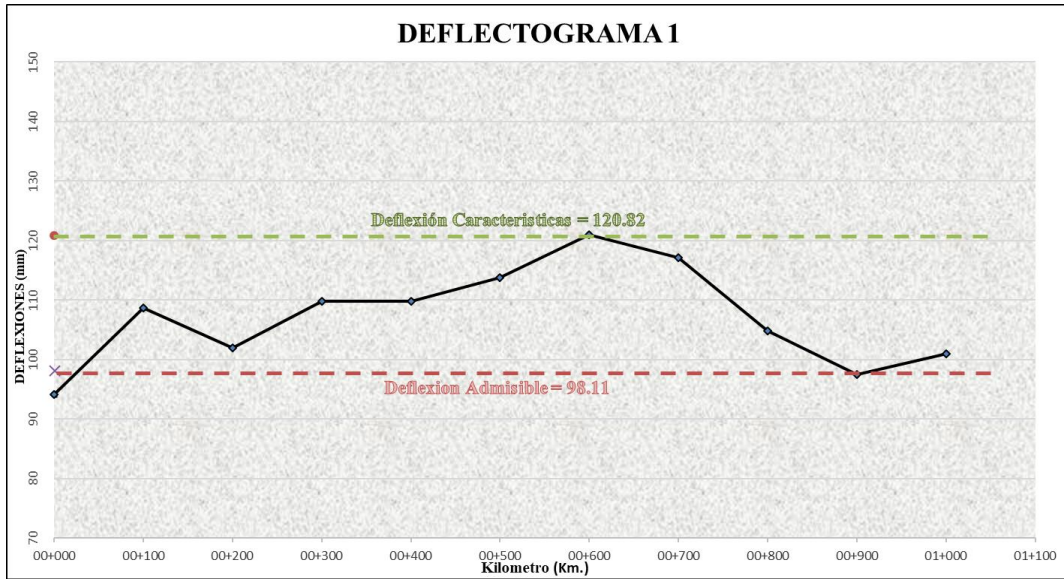
$$D_{adm} = \left[\frac{1.15}{1.241} \right]^{\frac{1}{4}} = 0.9811$$

$$D_{adm} = 98.11 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

Obtenidas las deflexiones máximas corregidas se realizaron los deflectogramas por cada carril las cuales se pueden apreciar a continuación.

Figura 75

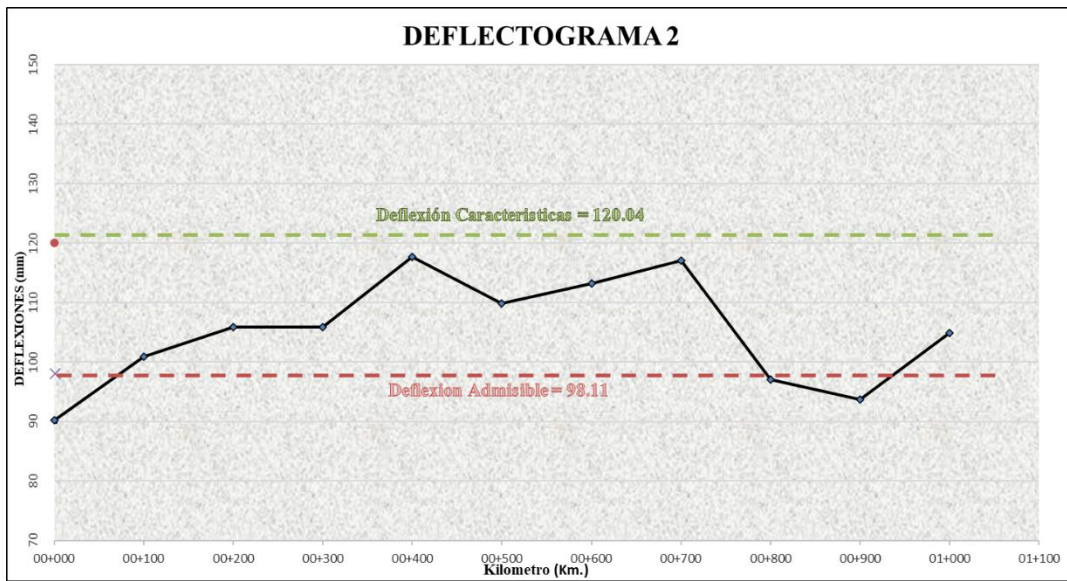
Deflectograma del Carril 1



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 76

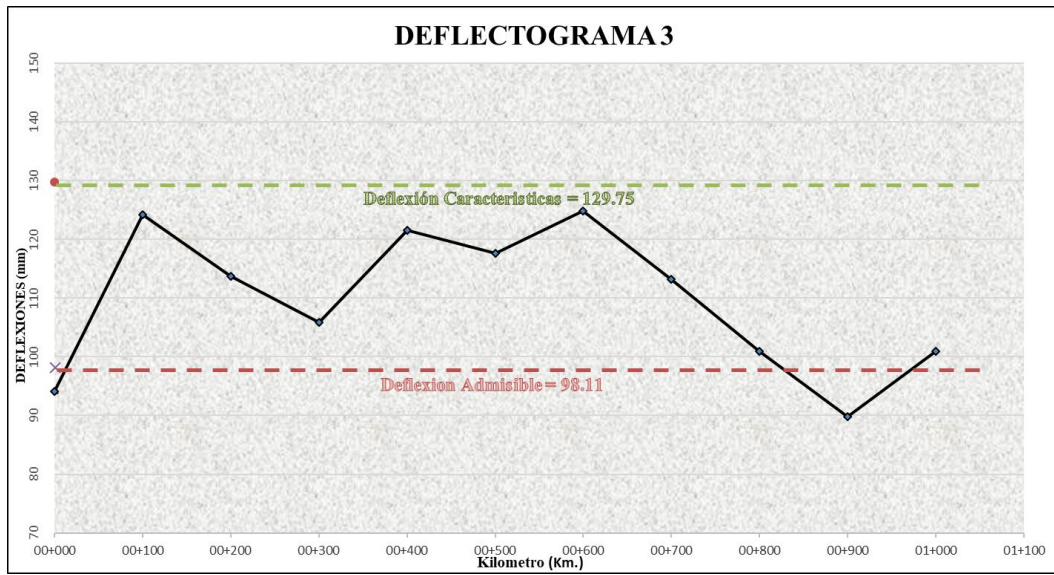
Deflectograma del Carril 2



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 77

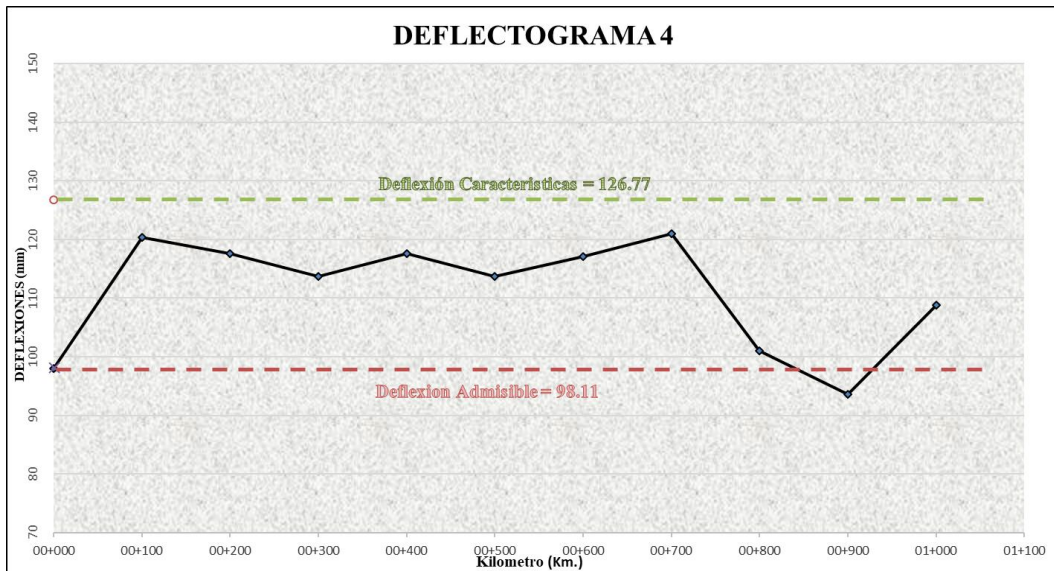
Deflectograma del Carril 3



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 78

Deflectograma del Carril 4

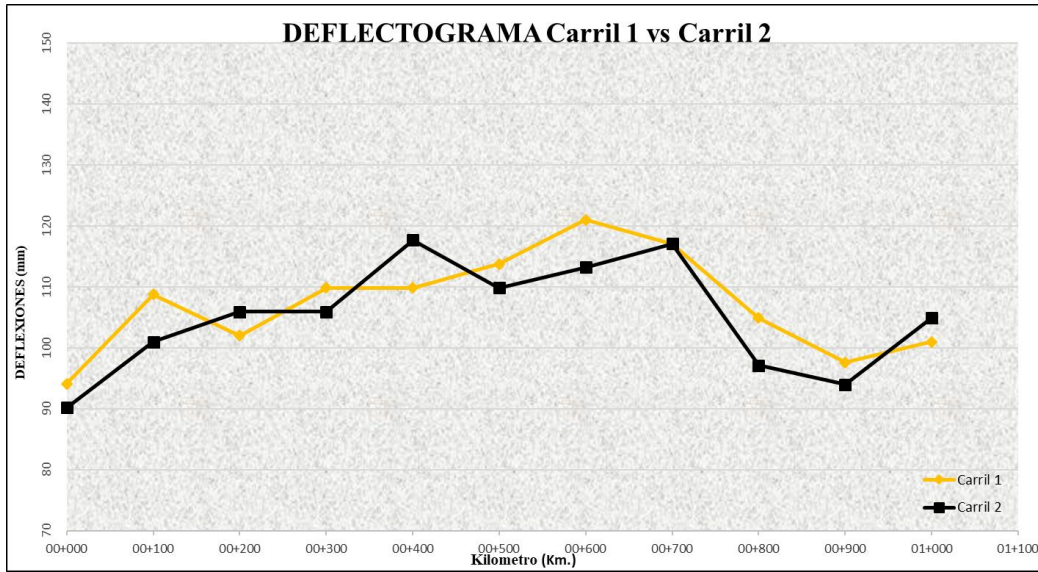


Nota. Fuente: Autoría Propia.

Así mismo se realizaron Deflectogramas por cada tramo de estudio.

Figura 79

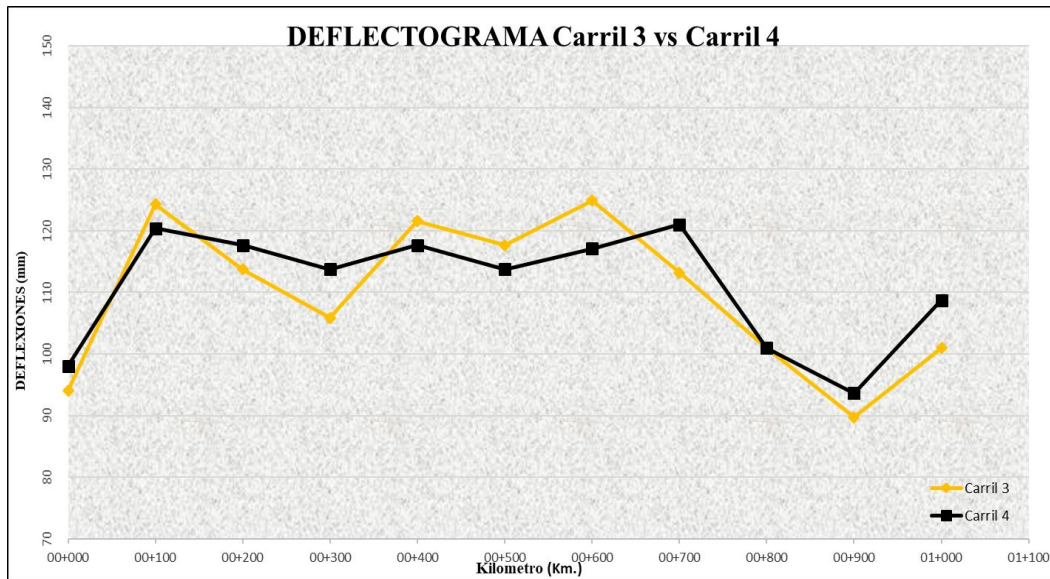
Deflectograma del Tramo(Vuelta) Av. Gregorio Apaza - Av. Universitaria.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 80

Deflectograma del Tramo Av. Universitaria - Av. Gregorio Apaza.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

3.5.2. Juicio Estructural del Área de Estudio

Se percibe que las deflexiones características en todos los carriles superan a la deflexión admisible obtenida a través del dato ESAL, lo cual se podría deducir que en el área de estudio existen fallas de origen estructural (ver figura 22).

3.5.3. Interpretación de Resultados de las deflexiones:

Las deflexiones máximas corregidas llegaron hasta un valor de 125×10^{-2} mm, siendo esta la más elevada presentándose en el carril 3, además se puede apreciar en los deflectogramas que la deflexión admisible es mucho menor a la deflexión característica, lo cual nos indica que hay fallas de origen estructural, por otro lado se puede observar que los radios de curvaturas son elevados, por lo que se podría afirmar que existen problemas estructurales en las capas subyacentes al de la superficie de rodadura.

3.5.4. Prueba de Hipótesis Específica 3

La deflexión promedio y característica en el tramo Vuelta Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria son de $106.17 \times 10^{-2}mm$ y $120.43 \times 10^{-2}mm$, mientras que en el tramo Ida Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza la deflexión promedio y característica son $110.43 \times 10^{-2}mm$ y $128.26 \times 10^{-2}mm$ respectivamente, adicionalmente, se obtuvieron radios de curvatura muy elevados para ambos tramos en estudio de 109.05 y 98.55, por otro parte se obtuvo una deflexión admisible de $98.11 \times 10^{-2}mm$, por lo que al ser la deflexión admisible menor a la deflexión característica se podría afirmar que el estado de conservación estructural del pavimento se encuentra con problema de origen estructural, sin embargo al presentar radio de curvaturas elevados confirman que los problemas estructurales se presentan en las capas subyacentes de la

superficie de rodadura, en tal sentido se rechaza la hipótesis específica 3 planteada puesto que los radios de curvaturas fueron elevados y no menores como se planteó.

3.6. Determinación de la Correlación entre el Estado de Conservación Funcional vs Estructural

A continuación, como primer paso se determinarán los criterios de aceptación (Normalidad, Homocedasticidad o varianza y Aleatoriedad) siendo este último aleatorio al considerar que la prueba estadística es paramétrica, por otra parte debido a la rigurosidad de la presente investigación se espera que los criterios de aceptación sean aceptados y posteriormente de comprobarse una posible correlación este sea de lo más verídico, puesto que son respaldados por los criterios.

En este contexto, como primer paso se determinará la normalidad de los parámetros (PCI, IRI y Deflexiones) por lo que se usará la prueba estadística de Ryan-Joiner, así mismo para determinar la Varianza u Homocedasticidad se aplicará la prueba de Levene. Además, se plantearán alternativas para poder correlacionar los parámetros estado de conservación funcional (PCI e IRI) vs estado de conservación estructural (Deflexiones), en este sentido siendo las dos alternativas N° 01 (Deflexiones vs PCI) y la N° 02 (Deflexiones vs IRI), finalmente mediante estadística inferencial se conocerá si los parámetros estudiados presentan correlación o no.

3.6.1. Resultados de Prueba de Normalidad y Varianza para el Parámetro PCI

3.6.1.1. Prueba de Normalidad mediante la prueba estadística de Ryan-Joiner

Las pruebas de normalidad para cada parámetro se realizaron por medio de uso del programa Minitab, de esta manera mediante la implantación de los datos al programa, este nos indicara si los datos presentan una distribución normal o no.

Por lo que para aseverar su normalidad se plantearon dos Hipótesis

H0 o hipótesis nula: Los datos presentan una distribución Normal. – El nivel de significancia es mayor a 0.05.

Ha o Hipótesis Alternativa: Los datos **NO** presentan una distribución Normal – El nivel de significancia es menor a 0.05.

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos mediante la información recopilada de campo y posteriormente plasmadas al programa Minitab.

PARAMETRO PCI

Para la determinación de la normalidad y posterior correlación, se sectorizaron los datos en un promedio de cada 100 m, en este sentido se obtuvo la siguiente data.

Tabla 34

PCI en Muestras cada 100 metros.

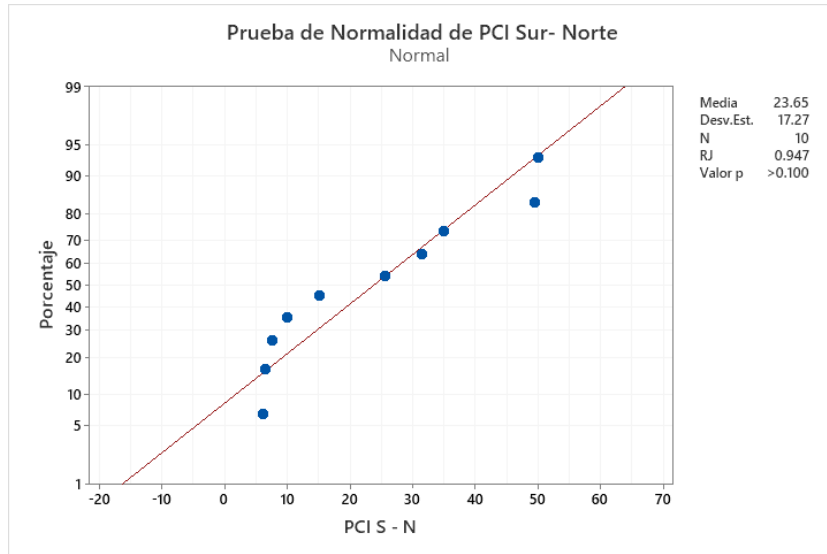
	Tramo (Vuelta): Av. Gregorio Apaza - Av. Universitaria	Tramo (Ida): Av. Universitaria - Av. Gregorio Apaza
Kilometro	PCI	PCI

00+100	48	31.5
00+200	44	10
00+300	35	25.5
00+400	14	6.5
00+500	19	15
00+600	18	7.5
00+700	8	6
00+800	43	49.5
00+900	59.5	50
01+000	58	35

Nota. Parámetros en sectorización cada 100 metros. Por Autoría Propia

Figura 81

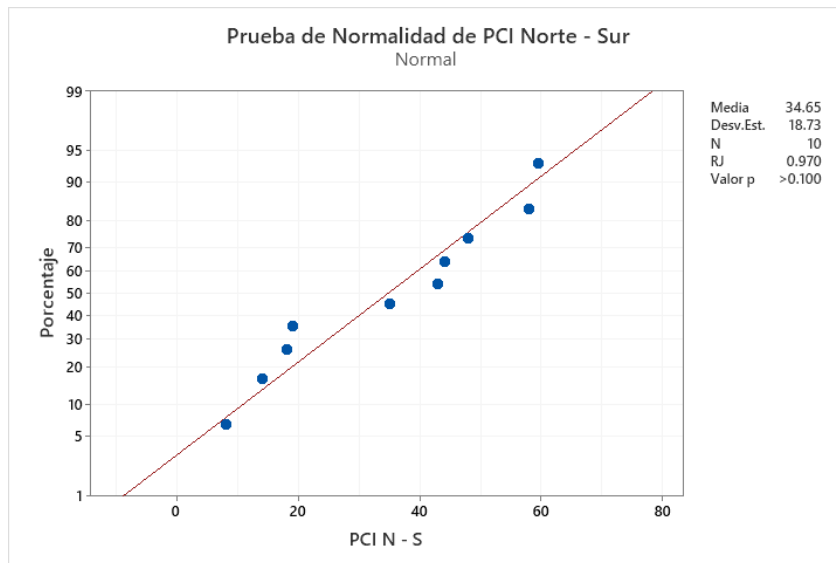
Prueba de Normalidad en Datos de PCI – Tramo Ida (Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza)



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 82

Prueba de Normalidad en Datos de PCI – Tramo Vuelta (Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria)



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Se recalca que: para aseverar que los datos presenten normalidad, el nivel de significancia (valor p) tiene que ser mayor a 0.05, de esta manera según figura 81 y 82 se aprueba la hipótesis nula o H_0 y se afirma que los datos del parámetro PCI presentan una distribución normal.

3.6.1.2. Prueba de Varianza u Homocedasticidad mediante la prueba de Levene

Las pruebas de Homocedasticidad para cada tramo de estudio (Ida y Vuelta) se realizaron por medio de uso del programa Minitab, de esta manera mediante la implantación de los datos al programa, este nos indicara si los datos presentan varianzas homogéneas o no.

Por lo que para su determinación se plantearon dos Hipótesis

H_0 o hipótesis nula: Los datos presentan Varianzas Homogéneas. – El nivel de significancia es mayor a 0.05.

H_a o Hipótesis Alternativa: Los datos **NO** presentan Varianzas Homogéneas – El nivel de significancia es menor a 0.05.

PARAMETRO PCI

Figura 83

Prueba de Varianza en Datos de PCI – Tramo Ida y Vuelta (Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza)

Pruebas

Método	Estadística	
	de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	0.10	0.748
Levene	0.09	0.771

Nota. Fuente: Autoría Propia.

Por medio de la figura 83, se puede aseverar a que debido que el valor p resultado mayor que 0.05 se acepta la hipótesis nula o **H0** y se rechaza la alternativa, de esta manera se puede afirmar que los datos de PCI para el tramo Ida y Vuelta en estudio presentan varianzas homogéneas.

3.6.2. Resultados de Prueba de Normalidad y Varianza para el Parámetro IRI

3.6.2.1. Prueba de Normalidad mediante la prueba estadística de Ryan-Joiner

Por medio de la estadística inferencial se plantearon las siguientes hipótesis

H0 o hipótesis nula: Los datos presentan Varianzas Homogéneas. – El nivel de significancia es mayor a 0.05.

Ha o Hipótesis Alternativa: Los datos **NO** presentan Varianzas Homogéneas – El nivel de significancia es menor a 0.05.

PARAMETRO IRI

Para la determinación de la normalidad y posterior correlación, se sectorizaron los datos del parámetro IRI en un promedio de cada 100 m, en este sentido se obtuvo la siguiente data.

Tabla 35

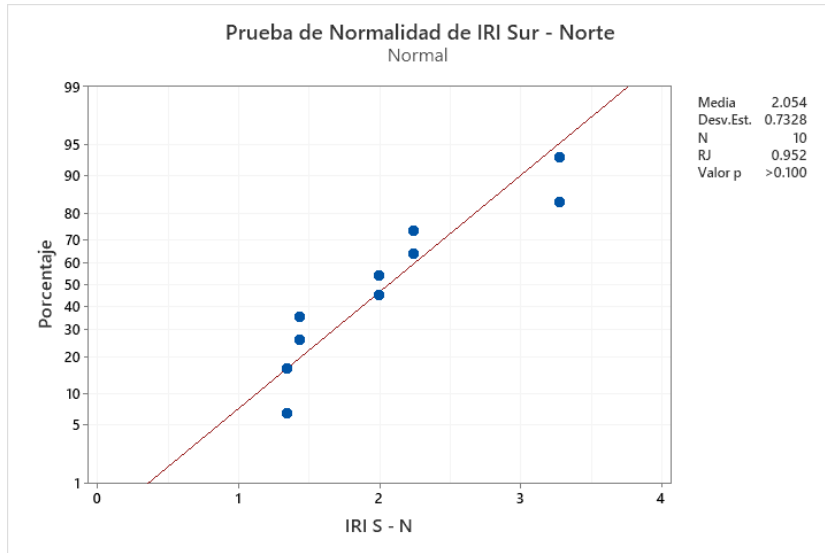
IRI en sectores cada 100 metros.

Kilometro	Tramo (Vuelta): Av. Gregorio Apaza - Av. Universitaria	Tramo (Ida): Av. Universitaria - Av. Gregorio Apaza
	Promedio IRI Carril 1 y 2	Promedio IRI Carril 3 y 4
00+100	2.04	1.99
00+200	2.04	1.99
00+300	1.64	3.27
00+400	1.64	3.27
00+500	2.67	2.24
00+600	2.67	2.24
00+700	2.26	1.43
00+800	2.26	1.43
00+900	1.81	1.34
01+000	1.81	1.34

Nota. Parámetros en sectorización cada 100 metros. Por Autoría Propia

Figura 84

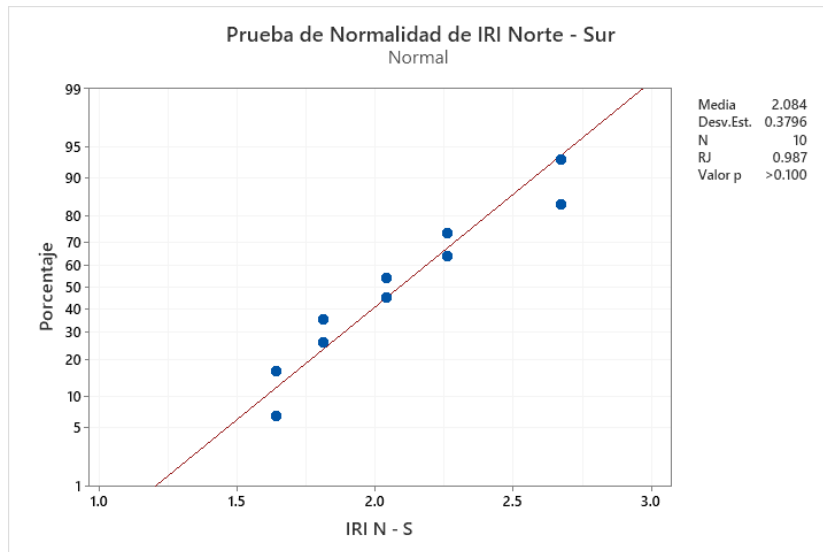
Prueba de Normalidad en Datos del IRI – Tramo Ida (Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza)



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 85

Prueba de Normalidad en Datos del IRI – Tramo Vuelta (Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza)



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Según figura 84 y 85 se aprueba la hipótesis nula o **H₀** y se afirma que los datos del parámetro IRI presentan una distribución normal.

3.6.2.2. Prueba de Variabilidad u Homocedasticidad mediante la prueba de Levene

Por medio de la estadística inferencial se plantearon las siguientes Hipótesis

H₀ o hipótesis nula: Los datos presentan Varianzas Homogéneas. – El nivel de significancia es mayor a 0.05.

H_a o Hipótesis Alternativa: Los datos **NO** presentan Varianzas Homogéneas – El nivel de significancia es menor a 0.05.

Figura 86

Prueba de Varianza en Datos de IRI – Tramo Ida y Vuelta (Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza)

Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	2.19	0.139
Levene	2.47	0.133

Nota. Fuente: Autoría Propia.

Por medio de la figura 86, se puede aseverar a que debido que el valor p resultado mayor que 0.05 se acepta la hipótesis nula o **H₀** y se rechaza la alternativa, de esta manera se puede afirmar que los datos del IRI para el tramo Ida y Vuelta en estudio presentan varianzas homogéneas.

3.6.3. Resultados de Prueba de Normalidad y Varianza para el Parámetro Deflexiones

3.6.3.1. Prueba de Normalidad mediante la prueba estadística de Ryan-Joiner

Por medio de la estadística inferencial se plantearon las siguientes hipótesis

H0 o hipótesis nula: Los datos presentan una Varianzas Homogéneas. – El nivel de significancia es mayor a 0.05.

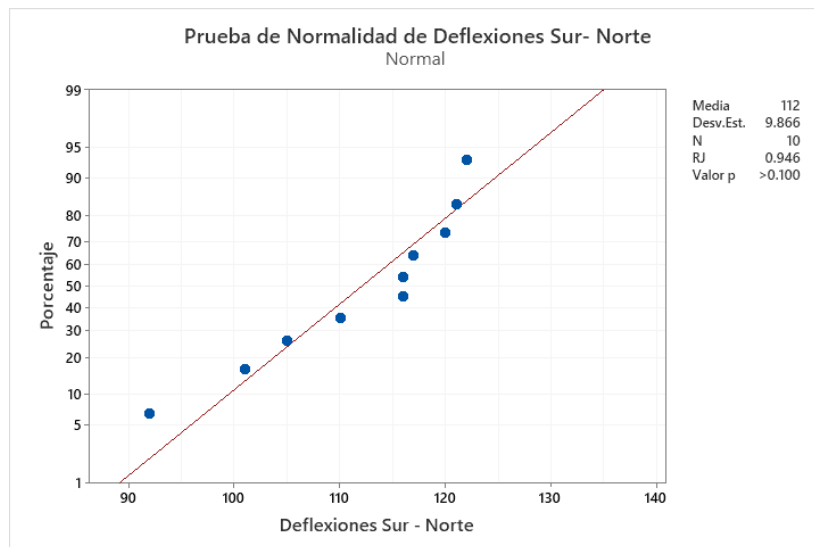
Ha o Hipótesis Alternativa: Los datos **NO** presentan Varianzas Homogéneas – El nivel de significancia es menor a 0.05.

PARAMETRO DEFLEXIONES

Para la determinación de la normalidad y posterior correlación, se utilizaron los datos obtenidos de las deflexiones en este caso realizado cada 100m.

Figura 87

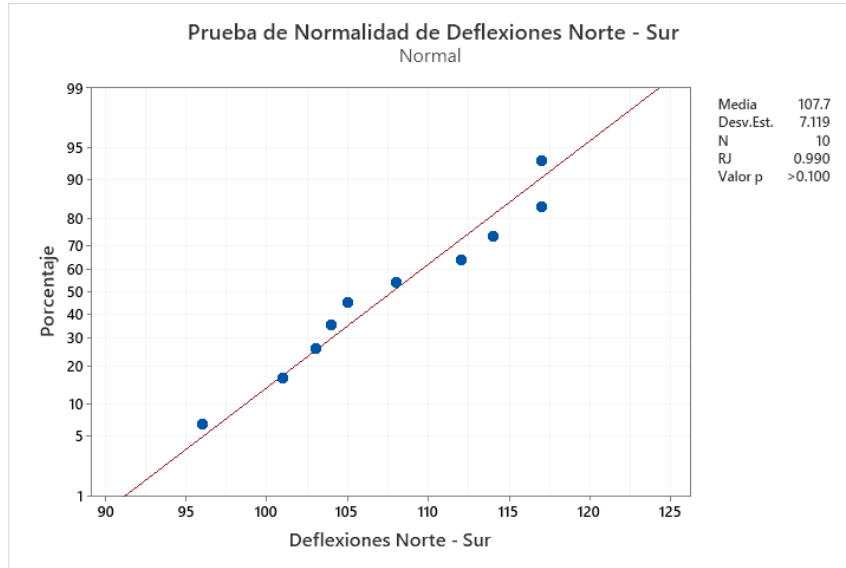
Prueba de Normalidad en Datos de Deflexiones– Tramo Ida (Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza)



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 88

Prueba de Normalidad en Datos de Deflexiones– Tramo Vuelta (Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria)



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Por medio de la figura 87 y 88 se aprueba la hipótesis nula o **H0**, de esta manera se asevera que los datos de del parámetro deflexiones presentan una distribución normal.

3.6.3.2. Prueba de Variabilidad u Homocedasticidad mediante la prueba de Levene

Por medio de la estadística inferencial se plantearon las siguientes Hipótesis

H0 o hipótesis nula: Los datos presentan una Varianzas Homogéneas. – El nivel de significancia es mayor a 0.05.

Ha o Hipótesis Alternativa: Los datos **NO** presentan Varianzas Homogéneas – El nivel de significancia es menor a 0.05.

Figura 89

Prueba de Varianza en Datos de Deflexiones – Tramo Ida y Vuelta (Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza)

Pruebas

Método	Estadística	
	de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	0.67	0.414
Levene	0.24	0.632

Nota. Fuente: Autoría Propia.

Finalmente, se corroboró la normalidad de los datos y varianza homogénea en todos los parámetros, afirmando que su nivel de significancia es mayor a 0.05, por lo que se puede aseverar que los datos empleados en este trabajo de investigación presentan una distribución normal y varianza homogénea. En este sentido al presentar normalidad, se podría aplicar una prueba estadística paramétrica, por lo que para determinar la correlación se usará la prueba estadística CORRELACION DE PEARSON. Cabe acotar que por el hecho de aprobar los “criterios de aceptación” no implica que las variables a evaluar presenten o no, correlación o grado de asociación.

3.7. Resultados de Correlación Mediante la Aplicación de la Prueba Estadística

Correlación De Pearson

Como se mencionó anteriormente, se plantearán dos alternativas (Deflexiones vs PCI) y (Deflexiones vs IRI), posteriormente mediante estadística inferencial y los resultados obtenidos de relacionar los parámetros funcional y estructural, se podrá determinar una posible correlación o no.

HIPOTESIS GENERAL DEL INVESTIGADOR

Existe una correlación entre el estado de conservación funcional (PCI) frente al estado de conservación estructural (deflexiones), mientras que, no existe una correlación entre el estado de conservación funcional (IRI) frente al estado de conservación estructural (deflexiones) en el pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Tramo ida y vuelta: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza en el distrito de Comas, Ciudad de Lima en el año 2019.

3.7.1. Alternativa N° 01: Deflexiones vs Índice de la Condición del Pavimento (PCI)

Para determinar esta posible correlación, se tomó en consideración unidades de muestreo cada 100 metros para la obtención del PCI, así mismo se usaron 10 datos de los resultados obtenidos mediante la viga benkelman desde la progresiva 0+100 km, de esta manera se tendrán 10 datos para el PCI y 10 en deflexiones.

Tabla 36

Deflexiones y PCI en sectores cada 100 metros.

Kilometro	Tramo (Vuelta): Av. Gregorio Apaza - Av. Universitaria		Tramo (Ida): Av. Universitaria - Av. Gregorio Apaza	
	Promedio Deflexiones Carril 1 y 2	PCI	Promedio Deflexiones Carril 3 y 4	PCI
00+100	105	48	122	31.5
00+200	104	44	116	10
00+300	108	35	110	25.5
00+400	114	14	120	6.5
00+500	112	19	116	15
00+600	117	18	121	7.5
00+700	117	8	117	6
00+800	101	43	101	49.5
00+900	96	59.5	92	50
01+000	103	58	105	35

Nota. Parámetros en sectores cada 100 metros para determinar una posible correlación, por

Autoría Propia.

3.7.1.1. Resultados por medio de la estadística inferencial Correlación Deflexiones vs

PCI

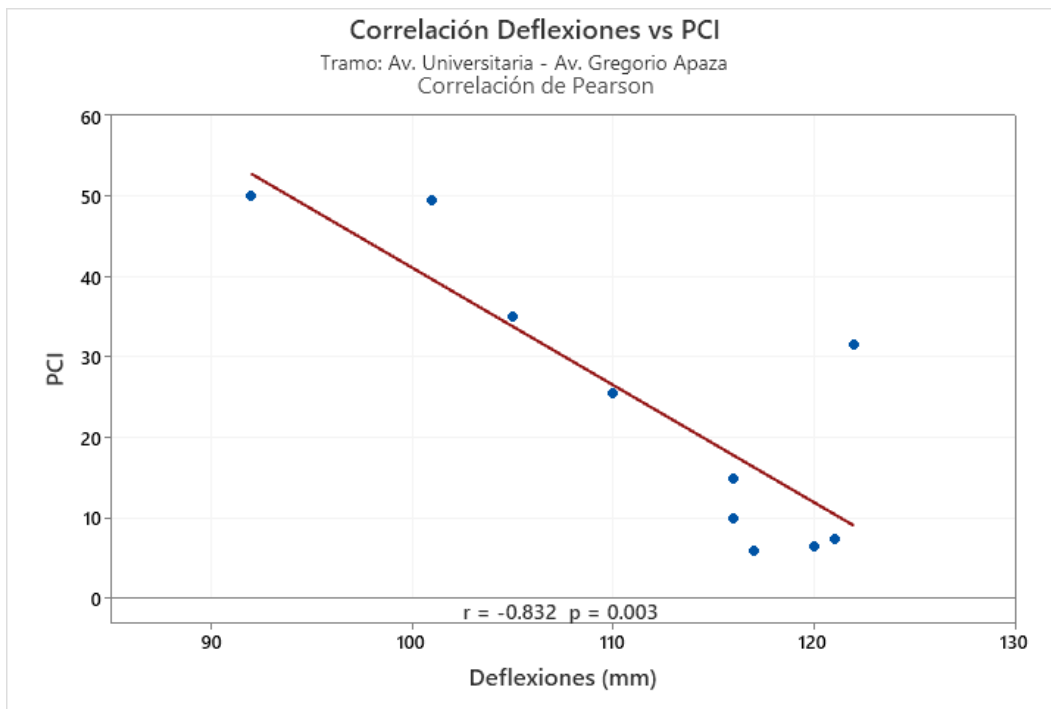
En este sentido, por medio de la estadística inferencial se plantearon las siguientes Hipótesis

H0 o hipótesis nula: Existe correlación entre el estado de conservación funcional (PCI) con el estado de conservación estructural (deflexiones) – El nivel de significancia es menor a 0.05.

Ha o Hipótesis Alternativa: **NO** Existe correlación entre el estado de conservación funcional (PCI) con el estado de conservación estructural (deflexiones). – El nivel de significancia es mayor a 0.05.

Figura 90

Determinación de la Correlación Deflexiones vs PCI. Tramo Ida



Nota. Parámetros en muestras cada 100 metros para determinar una posible correlación, por

Autoría Propia.

Interpretación de la figura 90: Se obtuvo un coeficiente “R” de Pearson de -0.832 lo que infiere que; si existiese alguna correlaciona esta sería una correlaciona negativa considerable además debido a la dirección de la recta y puntos dispersos sería una correlación inversamente proporcional. En este sentido para poder determinar y corroborar una posible correlación, el “p valor” o nivel de significancia permitirá identificar si se aprueba o rechaza la hipótesis nula o **H₀**, que es la propuesta por este investigador.

Figura 91

Datos obtenidos por medio del Programa “Minitab”

Método

Tipo de correlación Pearson
Número de filas utilizadas: 10

ρ: correlación en parejas de Pearson

Correlaciones

	Deflexiones Sur - Norte
PCI S - N	-0.832

Correlaciones en parejas de Pearson

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para ρ	Valor p
PCI S - N	Deflexiones Sur - Norte	10	-0.832	(-0.959; -0.425)	0.003

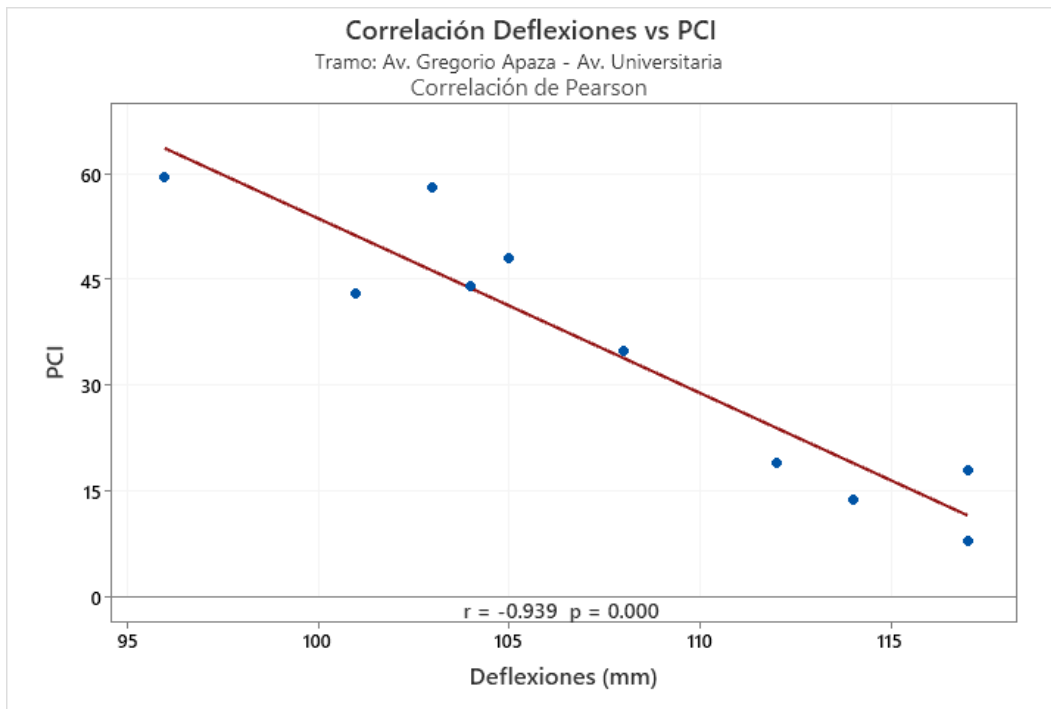
Nota. Existe un coeficiente de relación $r = -0.832$ y un valor p de 0.003.

Mediante la figura 91 se afirma que nivel de significancia o “valor p” es menor al 0.05 por lo que se afirma que existe “correlación”, así mismo al indicar que el coeficiente de relación se encuentra con signo negativo y muy cerca al uno, se deduce que presenta una “correlación negativa considerable” e inversamente proporcional, es decir, mientras la variable X (Deflexiones) aumenta la variable Y (PCI) disminuirá.

Finalmente, se puede afirmar que entre los parámetros Deflexiones vs PCI si existe una “correlación” y es inversamente proporcional”.

Figura 92

Determinación de la Correlación Deflexiones vs PCI. Tramo Vuelta



Nota. Parámetros en muestras cada 100 metros para determinar una posible correlación, por

Autoría Propia

Interpretación de la figura 92: Se obtuvo un coeficiente “R” de Pearson de -0.939 lo que infiere que; si existiese alguna correlación esta sería una correlación negativa muy fuerte además debido a la dirección de la recta y puntos dispersos sería una correlación inversamente proporcional. En este sentido para poder determinar la posible correlación el “p valor” o nivel de significancia nos permitirá identificar si se aprueba o rechaza la hipótesis nula o **H₀**, que es la propuesta por este investigador.

Figura 93

Datos obtenidos por medio del Programa “Minitab”

Método

Tipo de correlación Pearson

Número de filas utilizadas: 10

ρ: correlación en parejas de Pearson

Correlaciones

	Deflexiones Norte - Sur
PCI N - S	-0.939

Correlaciones en parejas de Pearson

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
PCI N - S	Deflexiones Norte - Sur	10	-0.939	(-0.986; -0.758)	0.000

Nota. Existe un coeficiente de relación $r = -0.939$ y un valor p de 0.000.

Por medio la figura 93 se afirma que el nivel de significancia o “valor p” es menor al 0.05 por lo que se afirma que existe “correlación”, así mismo al indicar que el coeficiente de relación se encuentra con signo negativo y muy cerca al uno, se asevera que presenta una “correlación negativa muy fuerte”, es decir, mientras la variable X (Deflexiones) aumente la variable Y (PCI) disminuirá y viceversa, por lo que también se afirma que es inversamente proporcional.

Finalmente se puede aseverar que entre el estado de conservación funcional (PCI) vs el estado de conservaciones estructural (deflexiones), si existe una correlación y es inversamente proporcional.

3.7.2. Alternativa 2: Deflexiones vs Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

Para determinar esta posible correlación el IRI se determinó cada 200 metros y el resultado obtenido es lo que abarcaría tanto en la progresiva 0+100 como en la progresiva 0+200, de esta manera se obtuvieron 10 datos para el IRI, posteriormente se utilizaron las deflexiones promedias empleadas en la tabla 37.

A continuación, se presenta la tabla de datos cada 100 m, para determinar una posible correlación entre ambos parámetros.

Tabla 37

Deflexiones e IRI en Muestras cada 100 metros

Kilometro	Tramo: Av. Gregorio Apaza - Av. Universitaria		Tramo: Av. Universitaria - Av. Gregorio Apaza	
	Promedio Deflexiones Carril 1 y 2	Promedio IRI Carril 1 y 2	Promedio Deflexiones Carril 3 y 4	Promedio IRI Carril 3 y 4

00+100	105	2.04	122	1.99
00+200	104	2.04	116	1.99
00+300	108	1.64	110	3.27
00+400	114	1.64	120	3.27
00+500	112	2.67	116	2.24
00+600	117	2.67	121	2.24
00+700	117	2.26	117	1.43
00+800	101	2.26	101	1.43
00+900	96	1.81	92	1.34
01+000	103	1.81	105	1.34

Nota. Parámetros en muestras cada 100 metros para determinar una posible correlación. Por Autoría Propia.

3.7.2.1. Resultados por medio de la estadística inferencial Correlación Deflexiones vs PCI

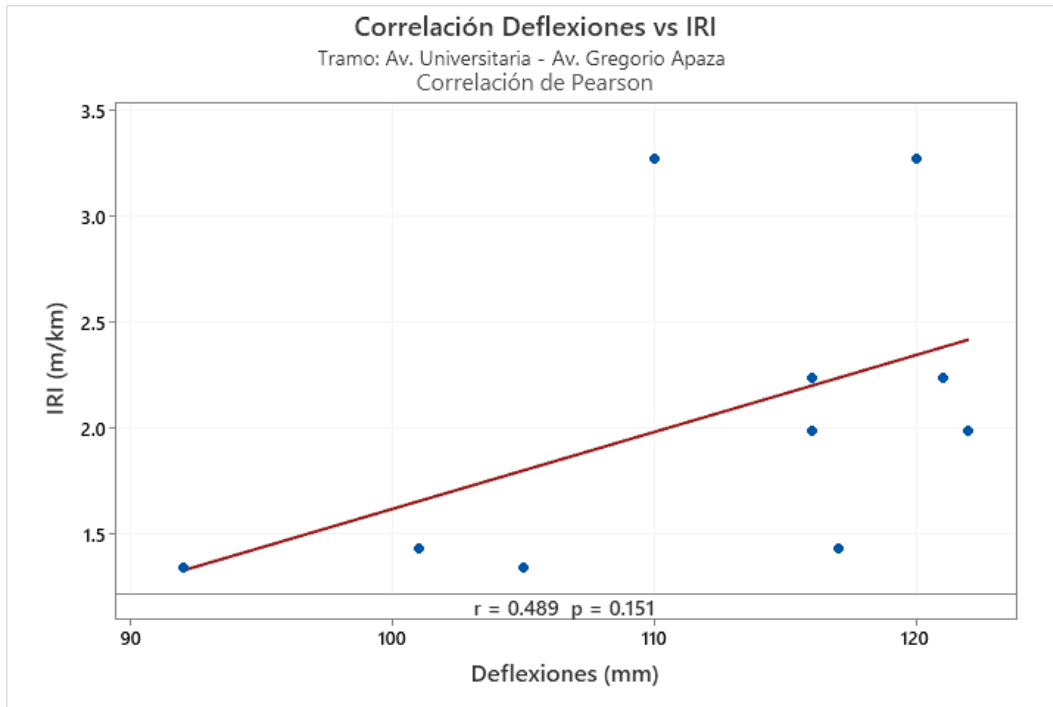
En este sentido, por medio de la estadística inferencial se plantearon las siguientes Hipótesis

H0 o hipótesis nula: Existe correlación entre el estado de conservación funcional (IRI) con el estado de conservación estructural (deflexiones) – El nivel de significancia es menor a 0.05.

Ha o Hipótesis Alternativa: **NO** Existe correlación entre el estado de conservación funcional (IRI) con el estado de conservación estructural (deflexiones). – El nivel de significancia es mayor a 0.05.

Figura 94

Determinación de la Correlación Deflexiones vs IRI. Tramo Ida



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Interpretación de la figura 94: Se puede observar que los datos se encuentran muy dispersos, lo cual permitiría predecir que no existe correlación, así mismo se observa un coeficiente R de Pearson relativamente menor, por lo que, para poder llegar a una conclusión, se interpretara mediante el “p valor” o nivel de significancia, de esta manera se aseverara si se aprueba o rechaza la hipótesis nula o **H₀**, que es el propuesto por este investigador.

Figura 95

Datos obtenidos por medio del Programa “Minitab”

Método

Tipo de correlación Pearson
Número de filas utilizadas: 10

ρ: correlación en parejas de Pearson

Correlaciones

	Deflexiones Sur - Norte
IRI S - N	0.489

Correlaciones en parejas de Pearson

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para ρ	Valor p
IRI S - N	Deflexiones Sur - Norte	10	0.489	(-0.203; 0.855)	0.151

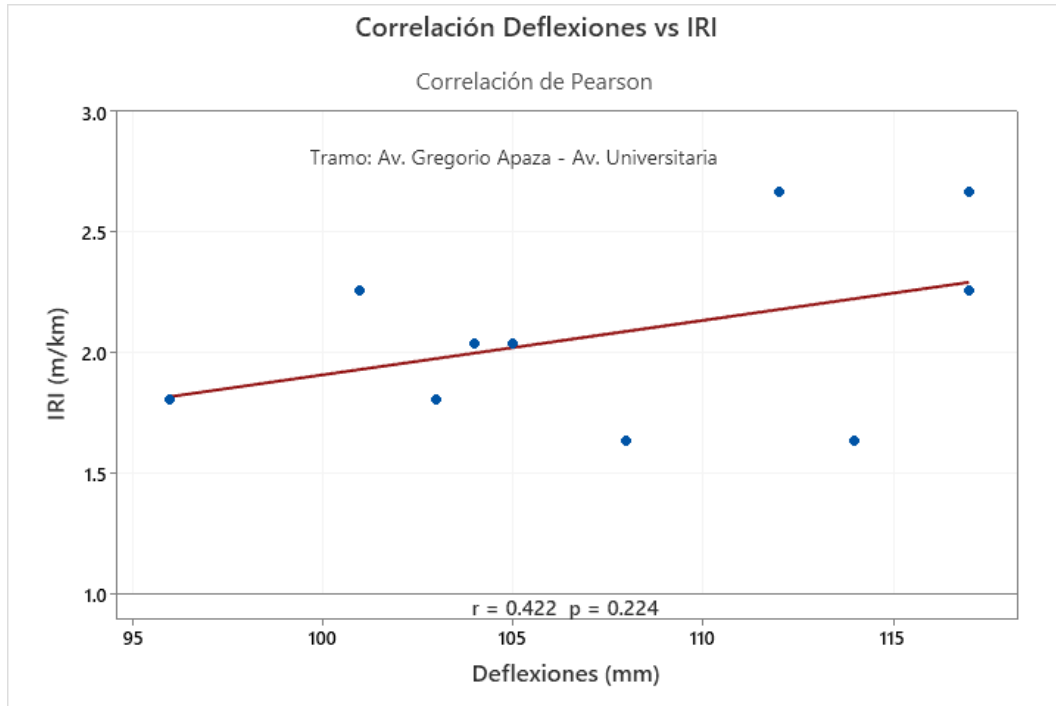
Nota. Existe un coeficiente de relación $r = 0.489$ y un valor p de 0.151.

Mediante la figura 95 se afirma que el nivel de significancia o “valor p” es mayor al 0.05 por lo que se afirma que NO existe “correlación”, así mismo se obtuvo un coeficiente de relación $r = 0.489$.

Finalmente, se puede aseverar que entre los parámetros Deflexiones vs IRI, no existe una correlación, por lo que se rechaza la hipótesis nula o **H₀**.

Figura 96

Determinación de la Correlación Deflexiones vs IRI. Tramo Vuelta



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Interpretación de la figura 96: Se obtuvo un coeficiente R de Pearson de 0.422, así mismo se denota que los puntos se encuentran muy dispersos, por lo que se podría deducir que no existe alguna correlación. En este sentido para poder aseverar si existe o no una correlación el p valor o nivel de significancia nos permitirá aceptar o rechazar nuestra hipótesis nula o **H₀**.

Figura 97

Datos obtenidos por medio del Programa “Minitab”

Método

Tipo de correlación Pearson
Número de filas utilizadas: 10

ρ : correlación en parejas de Pearson

Correlaciones

	Deflexiones Norte - Sur
IRI N - S	0.422

Correlaciones en parejas de Pearson

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para ρ	Valor p
IRI N - S	Deflexiones Norte - Sur	10	0.422	(-0.282; 0.831)	0.224

Nota. Existe un coeficiente de relación $r=0.422$ y un valor p de 0.224.

Mediante la figura 97 se afirma que nivel de significancia o “valor p” es mayor al 0.05 por lo que se afirma que NO existe “correlación”, así mismo se obtuvo un coeficiente de relación $r=0.422$.

Finalmente se puede afirmar que entre los parámetros Deflexiones vs IRI, no existe correlación, por lo que se rechaza la hipótesis nula o **H₀**.

3.8. Prueba de Hipótesis General

Se determino que existe correlación entre el estado de conservación funcional (PCI) con el estado de conservación estructural (deflexiones), por otro lado, se determinó que no existe correlación entre el estado de conservación funcional (IRI) con el estado de conservación estructural (deflexiones).

De esta manera se puede aseverar que existe una correlación entre los parámetros PCI vs Deflexiones, mientras que con los parámetros IRI vs Deflexiones no existe correlación.

Finalmente, se afirma que respecto a la Hipótesis General formulada por este investigador “se aprueba”.

Continuamente, en conocimiento de los resultados de los parámetros señalados en el presente trabajo de investigación se procede a responder las preguntas de investigación y de esta manera cumplir con los objetivos establecidos.

3.9. Respuestas a las Preguntas de Investigación

✓ Problema General

¿Cuál es la correlación entre el estado de conservación funcional utilizando el PCI e IRI con el estado de conservación estructural utilizando el Deflectometro Viga Benkelman del pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Tramo: Av. Universitaria – Av. Gregorio de Comas, Ciudad de Lima en el año 2019?

Se determino la correlación Estado de conservación funcional PCI e IRI vs Estado de conservación Estructural (Deflexiones) aplicando la prueba estadística de “Coeficiente de Correlación Pearson”, esta prueba estadística proporciono gráficos de dispersión, el coeficiente de

correlación “r” y el nivel de significancia o “valor p” considerando que si este es menor al 0.05 se aprueba y se asevera que existe correlación, caso contrario se deniega.

En primera instancia, se determinó una posible correlación entre los parámetros Deflexiones vs PCI, donde se determinó que existe una “correlación inversa”, es decir si la variable “X” aumenta la variable “Y” disminuirá, mientras que con los parámetros Deflexiones vs IRI “NO existe una correlación”

Finalmente se afirma que entre el estado de conservación estructural vs el estado de conservación funcional si existe correlación entre los parámetros Deflexiones vs PCI, caso contrario con los parámetros Deflexiones vs IRI.

✓ **Problemas Específicos**

¿Cuál es el estado de conservación funcional mediante la aplicación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) en el pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Tramo ida y vuelta: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza?

Se determino el estado de conservación funcional mediante la aplicación del PCI donde el Tramo Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria posee un estado “Malo” y un PCI de 31.73, mientras que el Tramo Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza posee un estado “Malo” y un PCI de 37.45.

¿Cuál es el estado de conservación funcional mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en el pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Tramo ida y vuelta: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza?

Se determino el estado de conservación funcional mediante el cálculo del IRI con el rugosímetro de Merlín, el Tramo Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria posee un IRI de 2.86 m/km, mientras que el Tramo Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza posee un IRI de 3.15 m/km, por lo que se asevera que el estado actual del pavimento se encuentra en envejecido.

¿Cuál es el estado de conservación estructural mediante el cálculo de deflexiones en el pavimento flexible de la Av. Metropolitana, Tramo ida y vuelta: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza?

Se determino el estado de conservación estructural mediante el cálculo de deflexiones con las mediciones del uso del deflectometro Viga Benkelman, radio de curvatura y cálculo de deflexión admisible con el uso del ESAL, por lo que se obtuvo una deflexión característica de 128.26×10^{-2} mm y 120.43×10^{-2} mm, radio de curvatura de 98.55 y 109.05, y una deflexión admisible de 98.11×10^{-2} mm, por lo que al ser la deflexión característica superior a la deflexión admisible se infiere que existen problemas de origen estructural, por otro lado al presentar radios de curvatura no tan pequeños lo problemas estructurales solo serían de las capas estructurales subyacentes del pavimento.

3.10. Respuestas a los Objetivos de Investigación

✓ **Objetivo General**

- El presente trabajo de investigación cumplió con el objetivo general, donde se asevera que existe una correlación entre el estado de conservación funcional (PCI) con el estado de conservación estructural (deflexiones), por otro lado, se determinó que no existe correlación entre el estado de conservación funcional (IRI) con el estado de conservación estructural (deflexiones)

✓ **Objetivos Específicos**

- Se cumplió con el primer objetivo específico donde mediante la aplicación de la metodología PCI se determinó el estado de conservación funcional del pavimento flexible en estado Malo.
- Se cumplió con el segundo objetivo específico donde mediante el uso del Rugosímetro de Merlín se determinó el estado de conservación funcional del pavimento flexible en estado envejecido.
- Se cumplió con el tercer objetivo específico mediante el cálculo de deflexiones con las mediciones del uso del Deflectómetro Viga Benkelman y cálculo de deflexión admisible con el uso del esal, donde se determinó el estado de conservación Estructural del pavimento flexible y se puede aseverar que existen problemas de origen estructural.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

4.1.1. Limitaciones:

- Debido a que el flujo vehicular era constante en los tramos de estudio, demando mucho más tiempo y una mayor seguridad en la toma de datos del presente trabajo de investigación.

- La investigación se limita a definir el estado, y rango nominal del pavimento flexible a través del PCI siendo calificado como: fallado, muy malo, malo, regular, bueno, muy bueno, excelente.

- Debido a temas económicos se usó el Rugosímetro de Merlín siendo este un equipo que de igual manera nos brindara resultados satisfactorios, pero el uso de este equipo demando mucho más tiempo, así como también más esfuerzo físico al operarlo.

- Para la determinación del IRI también existe el perfilómetro laser catalogado como un equipo de clase 1, este es manejado desde una camioneta y otorga lecturas de la rugosidad del pavimento en un corto tiempo, sin embargo, este equipo es costoso por lo que solo es recomendable para proyectos de tramos con un gran kilometraje.

- La investigación se limita a determinar el estado de conservación estructural con el deflectometro viga Benkelman, existiendo en la actualidad equipos medianamente modernos tales como el FWD (Falling weight deflectometer), sin embargo, debido a temas económicos se optó por usar la Viga Benkelman, siendo este un equipo el cual demando mucho más tiempo al operarlo para obtener los datos en los tramos de estudio.

- Se presentaron dificultades de referencias bibliográficas debido a la escasa información de literatura en estudios similares en la localidad de Comas.

4.1.2. Interpretación Comparativa

En la tesis presentada por (Valdez, 2018) se obtuvieron los siguientes resultados mediante la aplicación del PCI, el estudio se llevó acabo en la avenida Inca Pachacútec, Jicamarca - Lima.

Figura 98

Resultados mediante la Aplicacion del PCI.

N °	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	PCI (PROMEDIO)	CONDICIÓN N
1	0+000.00	0+490.00	34	MALO
2	0+490.00	0+980.00	33	MALO
3	0+980.00	1+470.00	31	MALO

Nota. Resultados PCI, por Valdez, 2018.

En su primera sección de muestra se puede observar que la condición del pavimento se encuentra en estado “Malo” teniendo un PCI de 34, en su segunda sección de muestra se observa que nuevamente la condición del pavimento se encuentra en estado “Malo” con un PCI de 33. Y por último en su sección tres de muestra la condición del pavimento es semejante a las dos anteriores.

Los resultados obtenidos en esta investigación se asemejan con la del autor citado anteriormente puesto que la condición del estado del pavimento en el Tramo: Av., Universitaria – Av. Gregorio Apaza también se encuentra en estado de “Malo” coincidiendo que en ambos tramos de estudio se deberían de intervenir para su mantenimiento o rehabilitación.

Así mismo (Guzmán, 2017) en su tesis se obtuvieron los siguientes resultados de la Evaluación superficial del Pavimento mediante la aplicación del PCI y el IRI en la Av. Jorge Basadre Grohmann del distrito de Pocollay

Figura 99

Resultados por medio de la Aplicación del PCI.

VÍA: AV. JORGE BASADRE GROHMAN (TRAMO AV. JORGE BASADRE GROHMAN ESTE - AV. BASADRE Y FORERO)					
TRAMO	SECCIÓN	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	PCI	CONDICIÓN
1	1	0+000.00	0+399.00	56	Bueno
	2	0+399.00	0+453.00	86	Excelente
	3	0+453.00	0+590.50	63	Bueno
	4	0+590.50	0+613.05	75	Muy Bueno
	5	0+613.05	0+770.05	54	Regular
2	1	0+770.05	0+814.15	77	Muy Bueno
	2	0+814.15	0+922.05	66	Bueno
	3	0+922.05	0+950.25	33	Malo
	4	0+950.25	1+105.75	46	Regular
	5	1+105.75	1+139.90	44	Regular
	6	1+139.90	1+540.10	60	Bueno

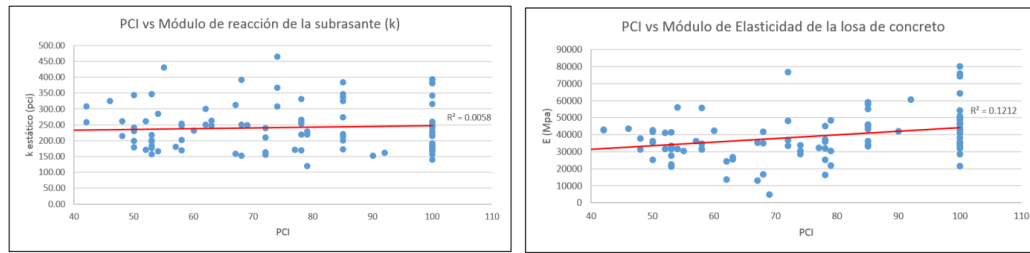
Nota. Resultados por medio de empleo de la metodología PCI, por Guzman, 2017.

Este autor presenta 2 tramos con Unidades de Muestreo cada 38.3 metros de longitud lo cual se asemeja a esta investigación, además se puede observar que en la condición de sus tramos de estudio predomina un pavimento en estado “Bueno” teniendo una calificación de PCI de hasta 77, mientras que los resultados del IRI son 4.1028 m/km y 2.193 m/km considerándolo el autor según el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos el primer tramo en estado “Malo” y el segundo tramo en estado “Regular”, por lo que concluye que no existe alguna relación directa entre IRI y PCI en su tesis. En esta investigación se obtuvo la condición del pavimento en estado “Malo” y un IRI de hasta 3.16 m/km calificándolo en estado de “Regular” por lo que se podría deducir que existe una relación directa entre ambos parámetros.

Los autores (Abad & Sangurima, 2018) en su tesis de Análisis de Correlación del Desempeño Estructural y Funcional llevado a cabo en el Tramo Puente Tamarindo – Jesús María - Cuenca en Ecuador, detallan los siguientes resultados

Figura 100

Resultados Analisis de Correlacion.



(a) PCI vs Módulo de reacción de la subrasante

(b) PCI vs E; Método AASHTO

Nota. Resultados Analisis de Correlacion desempeño estructural vs funcional, por Abad y Sangurima, 2018.

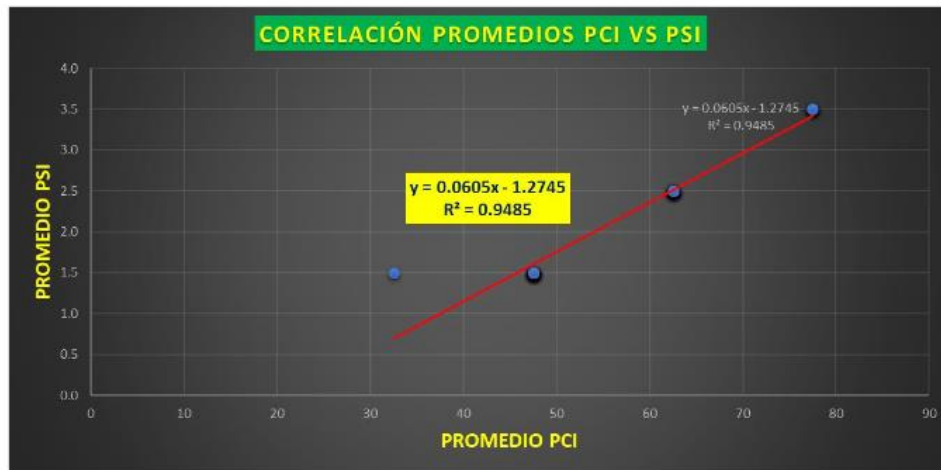
Esta tesis se asemeja al presente trabajo de investigación puesto que el autor a través del PCI y uso del moderno equipo deflectómetro FWD pretender buscar una correlación entre ambos parámetros, de acuerdo a la figura 54 se puede observar los datos mediante la evaluación Funcional (PCI) vs Evaluación estructural (deflectómetro FWD) donde se obtuvieron puntos dispersos, por lo que el autor concluye que no existe alguna correlación entre ambos parámetros.

Así mismo, en este trabajo de investigación también se pretende encontrar una correlación entre estado de conservación Funcional y estado de conservación Estructural usando parámetros tales como PCI, IRI y deflexiones, a diferencia de la tesis citada anteriormente en la presente investigación si se determinó que existe una correlación entre ambos parámetros (PCI vs Deflexiones), así mismo este fue fortalecido por la aprobación de los criterios de aceptación, por lo que se abre una brecha de conocimiento de poder realizar estudios más detallados incluidos ensayos destructivos y otros tipos de estudios complementarios.

(Quispe, 2018) en su tesis *Correlación de las metodologías PSI y PCI* llevado a cabo en la avenida Bolognesi, tramo Av. Huancavelica – Av. Ferrocarril – El Tambo en Huancayo, sus resultados afirman que:

Figura 101

Correlación PCI vs PSI.



Nota. Resultados Analisis de Correlacion entre metodologias PCI vs PSI, por Quispe, 2018.

El autor pretende determinar una posible correlación entre las metodologías Índice de Condición del Pavimento (PCI) e Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) ambas consideradas como parte de una Evaluación Funcional de pavimentos. El autor concluye que existe una correlación entre ambas metodologías, además afirma que son directamente proporcionales y están en función a las patologías presentes en su tramo de estudio. De acuerdo a lo expuesto al autor el pretende determina una posible correlación entre parámetros funcionales, la cual concluye que si la hay. Por otro lado, en la presente tesis de investigación los parámetros a relacionar son funcionales vs estructurales, de esta manera de acuerdo a los resultados se asevera que existe correlación entre PCI y deflexiones, mientras que con IRI y deflexiones no existe correlación.

Finalmente, (Allende, 2017) en su tesis de Evaluación comparativa de la serviciabilidad de las vías: saphi-saqsaywaman, saqsaywaman-abra ccorao, abra ccorao-ccorao y ccorao-rayaniyoc en Cusco, donde a través de sus resultados afirma que:

Figura 102

Correlación entre el PCI y el IRI (Fuente: Allende, 2017)

Tramo	Kilometro	Índice de condición del pavimento PCI			Índice internacional de rugosidad IRI		
		PCI	Serviciabilidad	PCI Promedio	IRI	Serviciabilidad	IRI Promedio
Shapi-Saqsaywaman	Km-01	23.50	Muy malo	34.22 Malo	2.76	Muy Bueno	3.78 Bueno
	Km-02						
	Km-03						
Saqsaywaman-Abra Ccorao.	Km-04	38.07	Malo				
	Km-05						
	Km-06						
Abra Ccorao-Ccorao.	Km-07	44.00	Regular				
	Km-08						
	Km-09						
Ccorao-Rayaniyoc.	Km-10	31.29	Malo				
	Km-11						
	Km-12						

Nota. Resultados PCI vs IRI, por Allende, 2017.

El autor pretende determinar la serviciabilidad a través de los métodos PCI e IRI obteniendo que el estado de condición de sus vías, aplicando el PCI es de 34.22 considerándolo en estado “Malo” y aplicando el IRI posee 3.78 m/km considerándolo en estado “Bueno”, por lo que concluye que no existe una relación entre ambos parámetros puesto que el IRI le brinda valores mucho más conservadores. En la presente investigación también se planteó determinar una posible correlación, pero entre parámetros funcionales vs estructurales siendo así una investigación más completa, en tal sentido se determinó que existe correlación entre los parámetros PCI vs deflexiones, mientras que con los parámetros IRI vs deflexiones no existe correlación, así mismo se puede afirmar de acuerdo que existen problemas estructurales y funcionales en los tramos de estudio.

4.1.3. Implicancias

El presente estudio de investigación permitirá conocer el estado de conservación en el que se encuentra la Av. Metropolitana, Tramo: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza (Ida y Vuelta), esta vía abarca un gran porcentaje de flujo vehicular diario puesto que existen universidades, escuelas, fabricas, centros laborales que rodean a dichos tramos de estudio, considerándose también como una vía de intercambio vial para los diferentes distritos de la ciudad de Lima, de esta manera se pretende dar a conocer el estado actual y así posiblemente las entidades puedan tomar las medidas correctivas para su mantenimiento o rehabilitación, , además este estudio brindara un aporte de carácter académico donde se pretende determinar una posible correlación entre el estado de conservación Funcional vs estado de conservación estructural del pavimento puesto que conseguir información bibliográfica en este tipo de estudios fue escasa, así mismo este trabajo de investigación quedara como un precedente para futuros trabajos de conservación vial del distrito de Comas en la ciudad de Lima, de esta manera el aporte de esta investigación pretende abarcar tanto de carácter social, como de carácter académico.

CONCLUSIONES

Mediante la aplicación del PCI y el uso rugosímetro de Merlín se ha determinado el estado de conservación funcional (PCI e IRI), complementando con este, se determinó el estado de conservación estructural (deflexiones) con el uso del deflectómetro viga benkelman, adicionalmente, de acuerdo al objetivo general se determinó si existe una correlación entre estado de conservación funcional frente al estado de conservación estructural en el pavimento flexible de la Avenida metropolitana: Tramo ida y vuelta Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza (Ida y Vuelta), donde según sus características se afirma que este posee dos carriles por cada tramo y un total de aproximadamente 2000 metros, en tal sentido con los resultados obtenidos se concluye que:

- De las 19 fallas especificadas en el ASTM D6433, solo se identificaron 8 fallas en el pavimento flexible de la Av. Metropolitana: Tramo ida y vuelta Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza siendo estas: Piel de cocodrilo, grietas en bloque, grietas o fisuras de borde, depresiones, grietas longitudinales y transversales, parches, huecos o bacheo y ahuellamiento; por lo que 11 tipos de fallas no tuvieron presencia en ambos tramos de estudio, finalmente las fallas identificadas se pueden observar en Anexo 03 las cuales fueron distribuidas por unidades de muestreo.

- Las fallas más recurrentes encontradas en toda el área de estudio fueron: piel de cocodrilo con 39%, así mismo se presentaron grietas en bloques y huecos con 18% y 16% respectivamente, mientras que en el resto se identificaron con menor presencia siendo la falla de menor presencia la de ahuellamiento y grietas o fisuras de borde con 1%, por otro lado de acuerdo al nivel de severidad

de fallas la de mayor preponderancia es de Media, siendo este muy incidente para el cálculo del PCI puesto que lo condiciona al estado actual del pavimento.

- Según la metodología del PCI en el pavimento flexible de la Av. Metropolitana: Tramo ida y vuelta Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza, se encuentran en condición de “Fallado” las unidades de muestreo (05 – 09 – 17 – 43) donde se requeriría de rehabilitación, así mismo se encuentran en condición de “Muy malo” 15 unidades de muestreo por lo que dichas unidades de muestreo necesitan un pronto proceso de mantenimiento, también se encontró en condición de “Malo” 13 unidades de muestreo, además se encuentran en condición de “Regular” 11 unidades de muestreo, adicionalmente se encuentran en condición de “Bueno” 8 unidades de muestreo y finalmente en condición de “Muy bueno” solo la unidad de muestreo (21).

- El PCI promedio obtenido en las primeras 26 unidades de muestreo para el tramo ida Av. Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza es de 31.73 calificándolo según el ASTM D6433 en condición de “Malo”, así mismo en las siguientes 26 unidades de muestreo del tramo vuelta Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria el PCI promedio es de 37.4 calificándolo nuevamente en condición de “Malo”.

- Con respecto al estado de conservación funcional mediante la aplicación del PCI, se puede aseverar que este se encuentra en condición de “Malo” el pavimento flexible para ambos tramos de estudio, por lo que se podría inferir que necesitaría de una rehabilitación.

- La rugosidad en los primeros 800 metros por cada carril de prueba fueron los más elevados con un IRI predominante de hasta 4.64 m/km calculado en el carril 4 externo, mientras que en los últimos 200 metros el IRI decayó hasta un mínimo de 1.37 /km nuevamente en el carril 4 externo siendo este el menor de todos.

- Se obtuvo un mayor índice de rugosidad internacional (IRI) promedio en el carril 4 con 3.17 m/km, mientras que en el carril 1 se calculó el IRI más bajo con 2.94 m/km. Finalmente se obtuvo que en el tramo ida Av. Universitaria - Av. Gregorio Apaza presenta un IRI de 3.16 m/km mayor que el del tramo Av. Gregorio Apaza - Av. Universitaria con m/km.
- Según el Manual de Carreteras – Suelos – Geología – Geotecnia y Pavimentos se considera al pavimento flexible en los tramos de estudio como un pavimento envejecido en estado “Regular”.
- Con respecto al estado de conservación funcional mediante el cálculo del IRI con el uso del rugosímetro de MERLIN, se puede aseverar que este se encuentra un pavimento flexible en estado envejecido, por lo que se podría inferir que existe una inadecuada serviciabilidad percibida por los usuarios.
- Se percibe que los datos obtenidos por el PCI son mucho más conservadores que el IRI debido a que el primero califica al pavimento en condición Malo mientras que el IRI lo califica en condición Regular, esto se puede deber a que la aplicación del PCI en campo es mucho más detallosa evaluando toda el área de estudio unidad por unidad, mientras que el IRI lo hace cada 400 metros.
- Las máximas deflexiones se presentaron en el carril 3 y 4, siendo de 125×10^{-2} mm y 121×10^{-2} mm respectivamente.
- En el tramo ida Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza se obtuvo una deflexión característica de 128.26×10^{-2} mm, mientras que el tramo vuelta Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria la deflexión característica es de 120.43×10^{-2} mm.
- Se obtuvo una deflexión admisible de 98.11×10^{-2} mm y este de acuerdo a ESAL proporcionado por un estudio de tráfico.

- Se puede afirmar que debido a que la deflexión característica en ambos tramos es superior a la deflexión admisible, si existen problemas de origen estructural.
- Los radios de curvaturas no fueron pequeños considerándose este pequeño menor o igual a 80 según el Manual de Carreteras – Suelos – Geología – Geotecnia y Pavimentos por lo que se podría aseverar que al determinarse radios de curvatura mayores a 80, los problemas estructurales podrían deberse a las capas subyacentes (sub base y base) del pavimento flexible en estudio.
- Con respecto al estado de conservación estructural mediante el cálculo de deflexiones, se puede aseverar que este se encuentra con problemas de origen estructural en las capas subyacentes de la superficie de rodadura, de acuerdo a lo descrito puntos atrás.
- Se ha demostrado la hipótesis general, por lo que, se puede afirmar que existe una Correlación entre el estado de conservación funcional (PCI) con el estado de conservación estructural (deflexiones), mientras que entre el estado de conservación función (IRI) con el estado de conservación estructural (deflexiones) no existe correlación, en tal sentido se aprueba la hipótesis planteada.
- Se concluye que, en el presente trabajo de investigación, se logró cumplir con el objetivo general que era determinar una posible correlación entre el estado de conservación estructural y funcional, donde, los datos obtenidos permitieron corroborar que se aprueba la hipótesis general planteada y así mismo responde a la pregunta general.
- Se ha demostrado la hipótesis específica N°01, donde, mediante la aplicación del PCI, se determinó el estado actual o condición de los tramos en estudio, en tal sentido se obtuvieron como resultados un pavimento flexible en estado “Malo”, por lo que se rechaza la hipótesis, debido a que, no fue la planteada.

- Se concluye que en el presente trabajo de investigación se logró cumplir con el objetivo específico N° 01, que era determinar el estado de conservación funcional mediante la aplicación de la metodología PCI, donde de acuerdo a los resultados obtenidos, se rechazó la hipótesis planteada y así mismo responde a la pregunta específica N° 01.

- Se ha demostrado la hipótesis específica N° 02, donde, se determinó el estado de conservación funcional mediante el cálculo del IRI con el uso del rugosímetro de merlín, donde el tramo Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza posee un IRI de 3.17 m/km, mientras que el tramo Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria posee un IRI de 3.16 m/km, en este sentido se confirmó que el pavimento flexible en los tramos en estudio se encuentran en estado envejecido, por lo que se aprueba la hipótesis planteada.

- Se concluye que en el presente trabajo de investigación se logró cumplir con el objetivo específico N° 02 que era determinar el estado de conservación funcional mediante el cálculo del IRI con el uso del rugosímetro de Merlín, donde, los resultados obtenidos permitieron corroborar que se aprueba la hipótesis planteada y así mismo responde a nuestra pregunta específica N° 02.

- Se ha demostrado la hipótesis específica N°03, donde, se determinó el estado de conservación estructural, con deflexiones características para los tramos en ida y vuelta de $120.43 \times 10^{-2}mm$ y $128.26 \times 10^{-2}mm$ y radios de curvatura de 109.05 y 98.55 respectivamente, así mismo se determinó una deflexión admisible de $98.11 \times 10^{-2}mm$, por lo que se puede aseverar que debido a que la deflexión característica es superior a la admisible presentan problemas de origen estructural, sin embargo, al ser los radios de curvatura elevados, los problemas de origen estructural son solo en las capas subyacentes, por lo que se rechaza la hipótesis planteada.

- Se concluye que en el presente trabajo de investigación se logró cumplir con el objetivo específico N° 03, que era determinar el estado de conservación estructural mediante el cálculo de

deflexiones con las mediciones del uso del Deflectometro Viga Benkelman, donde de acuerdo a los resultados obtenidos, se rechazó la hipótesis planteada y así mismo responde a la pregunta específica N° 03.

- Para determinar una posible correlación entre variables, en primera instancia hay que tener en cuenta la aprobación de los 3 criterios de aceptación como lo son (normalidad, aleatoriedad y homocedasticidad) puesto que la determinación de estos brindara una mayor confiabilidad en los resultados obtenidos de correlación y a la vez el trabajo de investigación aportara una mayor incidencia y rigurosidad investigativa.

- Los trabajos que se realizaron en la presente investigación abren brechas de conocimiento, por lo que para complementar el presente estudio se sugiere determinar los parámetros con equipos más modernos y así mismo complementarlos con otros tipos de estudios.

RECOMENDACIONES Y POSIBLES INVESTIGACIONES

RECOMENDACIONES.

- Se recomienda que para la aplicación de la metodología PCI esta sea bien estudiada puesto que la norma es amplia y sugiere considerar y no considerar ciertas fallas a medir en caso se presenten sobre una misma sección diferente tipo de fallas.
- Con respecto a la determinación del IRI y deflexiones es recomendable para fortalecer estudios que los datos sean calibrados con resultados de anteriores investigaciones.
- Cuando se realiza el ensayo por medio de la Viga Benkelman es recomendable que exista poco tráfico, por motivos de que los resultados obtenidos no sean alterados con mayores deflexiones impuestas no solo por el volquete sino por los diferentes vehículos próximos.
- La relación del pivote para el empleo del rugosímetro de Merlín es en la primera posición de 1/10 y la posición siguiente es de 1/5 por lo que esta última será necesario emplearlo en pavimentos extremadamente deteriorados, donde no exista una superficie de concreto asfáltico, o trocha carrozable, y este por motivo de no obtener resultados muy distorsionados.
- Se recomienda para futuras investigaciones establecer ecuaciones de correlación para fortalecer el trabajo de investigación.
- Se recomienda siempre emplear los criterios de aceptación como lo son (normalidad varianza y aleatoriedad).

POSIBLES INVESTIGACIONES

- Estudios futuros abordaran una gama más amplia de datos de inspección en pavimentos, por ejemplo, a través de datos de factores climáticos, información o emplear técnicas informáticas.
- Ampliar el presente estudio, pero esta vez estableciendo una ecuación correlacional el cual permita afirmar que un parámetro estructural es predictor de uno funcional.

REFERENCIAS

AASHTO. (1993). *GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES 1993*.

Abad Regalado, L. M., & Sangurima Armijos, A. M. (2018). *ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DEL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DE LA VÍA CUENCA - MOLLETURO - NARANJAL, EN EL TRAMO PUENTE TAMARINDO - JESÚS MARÍA*. Universidad de Cuenca.

Alarcón, J. F & Alarcón, L. E. (2019). *EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO DEL PCI EN AVENIDA PROLONGACIÓN UNIÓN, DISTRITO DE TRUJILLO*. Universidad Privada de Trujillo.

Allende García, F. (2017). *EVAUACION COMPARATIVA DE LA SERVICIABILIDAD DE LAS VÍAS: SAPHI-SAQSAYWAMAN, SAQSAYWAMAN-ABRA CCORAO, ABRA CCORAO-CCORAO Y CCORAO-RAYANIYOC; SEGUN LA DETERMINACION DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO (PCI) Y EL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)*. Universidad Andina del Cusco.

ASTM D6433. (2020). *STANDARD PRACTICE FOR ROADAS AND PARKING LOTS PAVEMENT CONDITION INDEX SURVEYS*.

Camacho Cuellar, D. J. (2017). *ESTUDIO DE CORRELACION ENTRE EL PCI Y EL IRI PARA LAS VIAS ARTERIALES DE LA CIUDAD DE BOGOTA*. Universidad de Los Andes.

Carbajal Terrones, M. (2018). *APLICACION DEL METODO PCI PARA EVALUAR LAS CONDICIONES DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO RIGIDO EN LA AVENIDA CHICLAYO, JOSE LEONARDO ORTIZ*. Universidad Cesar Vallejo.

Caro, F., & Peña, G. (2012). ANALISIS Y CRITERIOS PARA EL CALCULO DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) EN VIAS URBANAS COLOMBIANAS QUE ORIENTEN LA ELABORACION DE UNA ESPECIFICACION TECNICA. *INTEKHNIA*.
<https://docplayer.es/34453567-Analisis-y-criterios-para-el-calculo-del-indice-de-rugosidad-internacional-iri-f-caro-g-pena.html>

CONREVIAl. (s.f). *ESTUDIO DE REHABILITACION DE CARRETERAS EN EL PAIS*.

Conza Ccopa, D. G. (2019). *EVALUACION DE LAS FALLAS DE LA CARPETA ASFALTICA MEDIANTE EL METODO PCI EN LA AV. CIRCUNVALACION OESTE JULIACA*.
Universidad Peruana Unión.

Cordero Huanca, L. A. (2019). *ANALISIS DE INDICE DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AVENIDA TUPAC AMARU KM 11, COMAS-LIMA*.
Universidad Cesar Vallejo.

Corros B., M., Urbáez P., E., & Corredor M., G. (2009). *EVALUACION DE PAVIMENTOS (III)*.

Cubas Becerra, A. (2017). *COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA VIA EVITAMIENTO SUR – CAJAMARCA UTILIZANDO LAS DEFLEXIONES MEDIDAS CON LA VIGA BENKELMAN*. Universidad Privada del Norte.

Del Águila Rodríguez, P. (1999). *METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE RUGOSIDAD DE LOS PAVIMENTOS.*

Deol S., Kumar V. & Kumar R. (2016). *COMPARATIVE STUDIES OF LIGHTWEIGHT DEFLECTOMETER AND BENKELMAN BEAM DEFLECTOMETER IN LOW VOLUME ROADS. Journal of Traffic and Transportation Engineering.*
<https://doi.org/10.1016/j.jtte.2016.09.005>

Facultad de Ciencia y Tecnología. (2014). *MANUAL COMPLETO DISEÑO DE PAVIMENTOS.*

Fernandez Valero, Y. (2018). *APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTOS PARA MEJORAR LA CONSERVACION Y SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO - JULIACA - 2016.* Universidad Nacional del Altiplano.

Gabela Berrones, D. H. (2013). *PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA CARPETA ASFALTICA DE LA SECCION DEL PASO LATERAL DE AMBATO COMPRENDIDA ENTRE HUACHI GRANDE Y EL REDONDEL DEL TERREMOTO.* Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Gargate Llano, E. J. (2009). *EVALUACION ESTRUCTURAL DE LA CARRETERA CAÑETE - YAUYOS - CHUPACA CON VIGA BENKELMAN METODO MATEMATICO TRAMO km 6+000 - km 69+000.* Universidad Nacional de Ingeniería.

Gonzales Chávez, C. (2015). *FALLAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR, CAJAMARCA, 2015.* Universidad Privada del Norte – Sede Cajamarca.

Guzmán Navarro, M. A. C. (2017). *EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. JORGE BASADRE GROHMANN DEL DISTRITO DE POCOLLAY TRAMO AV. JORGE BAADRE GROHMANN ESTE - AV. BASADRE Y FORERO, APLICANDO EL METODO PCI*. Universidad Privada de Tacna.

Hernández Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION* (Mc Graw Hill Education (ed.); 6ta edición).

Hiliquín Brañez, M. L. (2016). *EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL PAVIMENTO, UTILIZANDO EL MÉTODO PCI, EN LA AV. JORGE CHÁVEZ DEL DISTRITO DE POCOLLAY EN EL AÑO 2016*. Universidad Privada de Tacna.

Hirpahuanca, D. L. (2016). *DETERMINACION Y COMPARACION DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO DE LA CARREERA CUSCO-URCOS, USANDO TELEFONOS INTELIGENTES Y EL RUGOSIMETRO DE MERLIN - 2016*. Universidad Andina del Cusco.

Huaccha Montenegro, C. J. (2019). *EVALUACION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. MARIO URTEAGA MEDIANTE EL RUGOSIMETRO DE MERLIN Y EL METODO PCI PARA DETERMINAR EL ESTADO DE CONDICION DEL PAVIMENTO, 2017*. Universidad Privada del Norte.

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE. (1998). *INDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD EN LA RED CARRETERA DE MEXICO*.

Jiménez Sánchez, E. (1998). *EVALUACION ESTRUCTURAL NO DESTRUCTIVA DE PAVIMENTOS*. Universidad Autónoma de Chihuahua.

Medina Chahuares, R. A., & Farro Velarde, D. A. (2018). *EVALUACION SUPERFICIAL Y DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO EN LA AV. CIRCUNVALACIÓN OESTE, TRAMO OVALO TRANSPORTES - OVALO CUZCO, DISTRITO DE TACNA, PROVINCIA DE TACNA, TACNA - 2017*. Universidad Privada de Tacna.

Medina Palacios, A., & De la Cruz Puma, M. (2015). *EVALUACION SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. JOSE GALVEZ DEL DISTRITO DE LINCE APLICANDO EL METODO PCI*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Minaya González, S., & Ordóñez Huamán, A. (2006). *DISEÑO MODERNO DE PAVIMENTOS ASFALTICO* (2da Edición).

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES. (2014). *MANUA DE CARRETERAS: SULOS GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTO, SECCION SUELOS Y PAVIMENTOS* (MTC/14).

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES. (2013). *MANUAL DE CARRETERAS: ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCION EG-2013* (TOMO 1).

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES. (2017). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES* (MTC/14).

Montejo Fonseca, A. (2002). *INGENIERIA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS* (A. Editores (ed.); 2da edición).

Montoya Goicochea, J. (2013). *ANALISIS DEL IRI PARA UN PROYECTO DE CARRETERA SINUOSA CONCESIONADA EN EL PERU*. Universidad de Piura.

Niola Valencia, M. M. (2015). *ANALISIS DE AS FALLAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA ARIZAGA ENTRE NUEVE DE MAYO Y AYACUCHO*. Universidad Técnica de Machala.

Olivera Bustamante, F. (1996). *ESTRUCTURACION DE VIAS TERRESTRES* (E. Patria (ed.); 2da Edición).

Otzen T. & Manterola C. (2017). *TÉCNICAS DE MUESTREO SOBRE UNA POBLACIÓN A ESTUDIO* (SciELO).

Park K., Thomas Natacha & Wayne K. (2007). *APPLICABILITY OF THE INTERNATIONAL ROUGHNESS INDEX AS A PREDICTOR OF ASPHALT PAVEMENT CONDITION*. Journal of Transportation Engineering. DOI : 10.1061/(ASCE)0733-947X(2007)133:12(706)

Puga Álvarez, C. N. (2018). *EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO RIGIDO TRAMO AVENIDA LOJA (CUENCA)*. Universidad de Cuenca.

Ramos Vilca, W. (2017). *EVALUACION DEL ESTADO DEL PAVIMENTO POR DEFLECTOMETRIA E INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL DE LA CARRETERA: PUNO - VILQUE - MAÑAZO - 4KM CRITICOS - 2015*. Universidad Nacional del Altiplano.

Rodríguez Velásquez, E. D. (2009). *CALCULO DEL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA AV. LUIS MONTERO, DISTRITO DE CASTILLA.*

Universidad de Piura.

Rondón, H., & Reyes, F. (2015). *PAVIMENTOS. MATERIALES, CONSTRUCCION Y DISEÑO* (M.-E. Ediciones (ed.); Primera edición).

Valdez Manay, D. (2018). *EVALUACION DEL ESTADO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL METODO PCI DE LA AVENIDA INCA PACHACUTEC - JICAMARCA, 2018.* Universidad Cesar Vallejo.

Vanegas Miranda, J. D. (2012). *ANALISIS DEL PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) A PARTIR DEL INVENTARIO DE DAÑOS REALIZO POR DIFERENTES METODOLOGIAS EN PAVIMENTOS ASFALTICOS.* Universidad de Los Andes.

Vásquez Varela, L. R. (2002). *PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) PARA PAVIMENTOS ASFALTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS.*

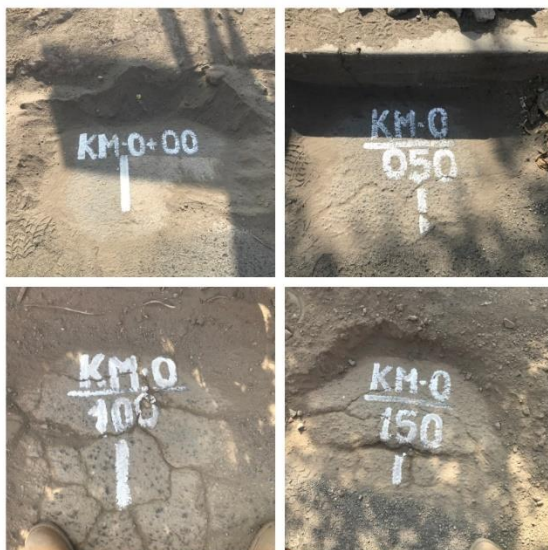
Vidaurre Carrión, B. T. (2018). *EVALUACION PARA LA RECONSTRUCCION DEL PAVIMENTO FLEXIVLE DEL JR. JOSE SANTOS CHOCANO DEL DISTRITO DE LOS OLIVOS - LIMA.* Universidad Cesar Vallejo.

ANEXOS

ANEXO 1: PANEL FOTOGRAFICO

Figura 103.

Progresiva de 0+000 a 0+150, Tramo: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 104

Progresiva de 0+200 a 0+350, Tramo: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 105

Progresiva de 0+400 a 0+550, Tramo: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 106

Progresiva de 0+600 a 0+750, Tramo: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 107

Progresiva de 0+800 a 0+950, Tramo: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 108

Progresiva 1+000, Tramo: Av. Universitaria – Av. Gregorio Apaza.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 109

Progresiva de 0+050 a 0+200, Tramo: Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 110

Progresiva de 0+250 a 0+400, Tramo: Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 111

Progresiva de 0+450 a 0+600, Tramo: Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 112

Progresiva de 0+650 a 0+800, Tramo: Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 113

Progresiva de 0+850 a 1+000, Tramo: Av. Gregorio Apaza – Av. Universitaria



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 114

Unidades de Muestreo del 01 al 04



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 115

Unidades de Muestreo del 05 al 08



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 116

Unidades de Muestreo del 09 al 12



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 117

Unidades de Muestreo del 13 al 16



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 118

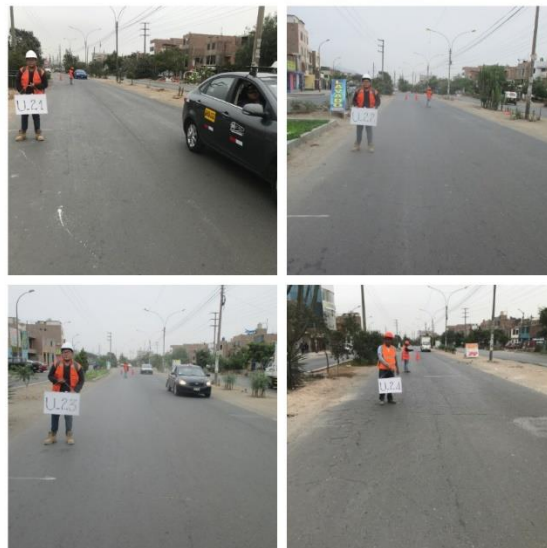
Unidades de Muestreo del 17 al 20



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 119

Unidades de Muestreo del 21 al 24



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 120

Evaluacion del Pavimento mediante la Metodologia PCI.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 121

Evaluación del Pavimento mediante la Metodología PCI.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 122

Evaluación del Pavimento mediante la Metodología PCI.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 123

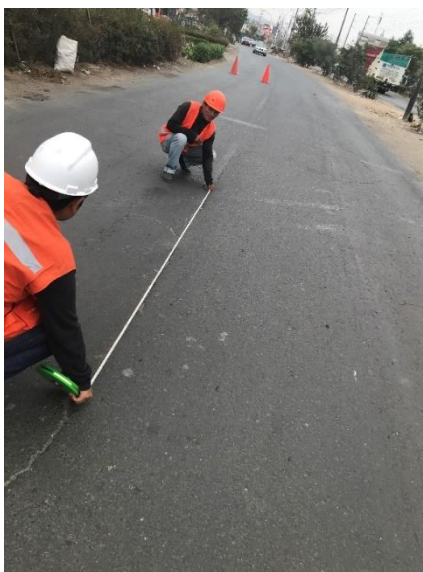
Evaluación del Pavimento mediante la Metodología PCI.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 124

Evaluación del Pavimento mediante la Metodología PCI.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 125

Evaluación del Pavimento mediante la Metodología PCI.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 126

Evaluación del Pavimento mediante la Metodología PCI.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 127

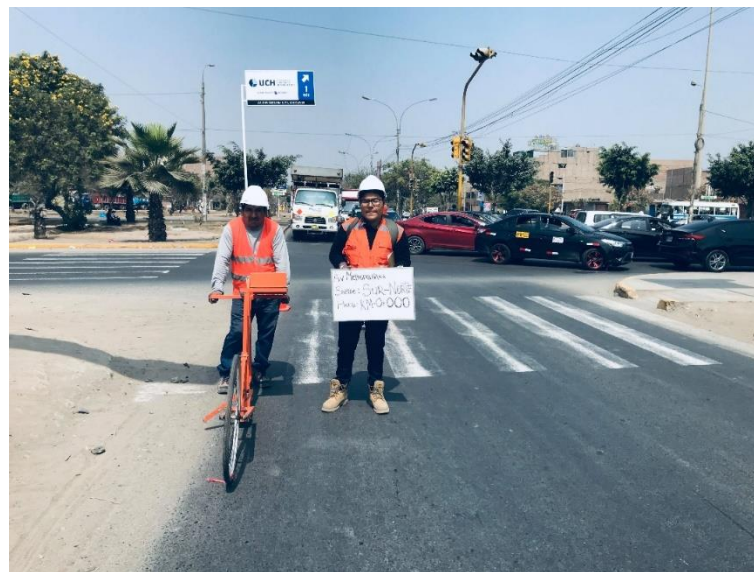
Ensayo con el Rugosímetro de MERLIN



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 128

Ensayo con el Rugosímetro de MERLIN



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 129

Ensayo con el Rugosímetro de MERLIN



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 130

Ensayo con el Rugosímetro de MERLIN



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 131

Ensayo con el Rugosímetro de MERLIN



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 132

Ensayo con el rugosímetro de MERLIN



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 133

Participantes en el Ensayo



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 134

Ensayo con el Rugosímetro de MERLIN



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 135

Evaluación Deflectometrica progresiva 0+000 – 0+400 km – Carril 1



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 136

Evaluación Deflectometrica progresiva 0+400 - 0+800 km – Carril 1



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 137

Evaluación Deflectometrica progresiva 0+800 - 1+000 km – Carril 1



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 138

Evaluación Deflectometrica progresiva 0+000 - 0+400 km – Carril 2



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 139

Evaluación Deflectometrica progresiva 0+400 – 0+800 km - Carril 2



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 140

Evaluación Deflectometrica progresiva 0+800 - 1+000 km - Carril 2



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 141

Evaluación Deflectometrica progresiva 0+000 – 0+400 km - Carril 3



Nota. Fuente: Autoria Propia

Figura 142

Evaluación Deflectometrica progresiva 0+400 – 0+800 km - Carril 3



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 143

Evaluación Deflectometrica progresiva 0+800 - 1+000 km - Carril 3



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 144

Evaluación Deflectometrica progresiva 0+000 – 0+400 km - Carril 4



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 145

Evaluación Deflectometrica progresiva 0+400 – 0+800 km - Carril 4



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 146

Evaluación Deflectometrica progresiva 0+800 - 1+000 km - Carril 4



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 147

Evaluación Deflectometrica mediante el Uso de la Viga Benkelman.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 148

Evaluación Deflectometrica mediante el Uso de la Viga Benkelman.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 149

Evaluación Deflectometrica mediante el Uso de la Viga Benkelman.



Nota. Fuente: Autoría Propia

Figura 150

Evaluación Deflectometrica mediante el Uso de la Viga Benkelman.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 151

Dron para la Evaluación de Pavimentos.



Nota. Fuente: Autoría Propia.

Figura 152

Dron



Nota. Fuente: Autoría Propia.

ANEXO 2: Validación de Instrumentos “Validez de Expertos”

CARTA DE PRESENTACION

Dirigido a:

ING. JOSE LUIS ATENCIO DEUDOR

Presente. -

**Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS MEDIANTE EL JUICIO DE
EXPERTOS**

**Referencia: a) TESIS “CORRELACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN
FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV.
METROPOLITANA, TRAMO IDA Y VUELTA: AV. UNIVERSITARIA – AV.
GREGORIO APAZA, EN EL DISTRITO DE COMAS, CIUDAD DE LIMA, EN
EL AÑO 2019”**

De mi consideración;

Por medio del presente es grato dirigirme a usted y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo egresado de la **UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**, requiero validar los instrumentos con los cuales me permitirá obtener información necesaria para poder desarrollar mi trabajo de investigación en referencia **a)**, siendo este último imprescindible para poder optar por el Título de Ingeniero Civil.

En tal sentido, debido a su amplia experiencia en la rama de infraestructura vial, considere de mi parte recurrir a su persona.

Debido a la importancia para el desarrollo de este trabajo y para su conocimiento se le presenta el siguiente contenido:

- Carta de Presentación.
- Matriz de Operacionalización de Variables
- Matriz de Validación de Instrumentos ante Expertos
- Formato de Promedio de Valoración Matriz Juicio de Expertos (opinión y comentario)

Me despido, no sin antes agradecerle la atención del presente.



INGENIERO CIVIL
1984 - CIP Nº 152361

Firma por parte del Experto

Matriz de Operacionalización de Variables

<i>Variables</i>		<i>Definición Conceptual</i>	<i>Dimensiones</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Instrumentos</i>
<i>Variable Independiente X</i>	<i>Estado de Conservación Estructural</i>	Consiste básicamente, en la interacción del del sistema pavimento – subrasante en una estructura vial existente, en cualquier momento de su vida de servicio, para establecer y cuantificar las necesidades de rehabilitación o refuerzo, cuando el pavimento se acerca al fin de su vida útil o cuando el pavimento va a cambiar su función.	<i>Deflexiones</i>	<i>Deflexión</i>	<i>Viga</i>
				<i>Radio de Curvatura</i>	<i>Benkelman, Volquete, Termómetro, Estudio Conveial</i>
<i>Variable Dependiente Y</i>	<i>Estado de Conservación Funcional</i>	Condición en la que se encuentra la superficie del pavimento, para su determinación se realizara una evaluación funcional del pavimento con el objetivo de conocer el tipo de fallas, grado de severidad que pudiesen afectar a este. Así mismo para una evaluación funcional completa se requiere la determinación de la rugosidad.	<i>Estudio de Trafico</i> <i>Índice de la Condición del Pavimento (PCI)</i> <i>Índice de Rugosidad Internacional (IRI)</i>	<i>Deflexión Admisible</i>	<i>Estudio Conveial</i>
				<i>ESAL</i> <i>19 fallas</i> <i>Grado de Severidad</i> <i>Rugosidad</i>	<i>Hoja de registro de datos</i> <i>Hoja de registro de datos, Wincha, regla de aluminio</i> <i>Rugosimetro de Merlin</i>




Validez de Experto N° 01

MATRIZ DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS ANTE EXPERTOS																										
										Tesis: "CORRELACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. METROPOLITANA, TRAMO AV. UNIVERSITARIA - AV. GREGORIO APAZA, EN EL DISTRITO DE COMAS, CIUDAD DE LIMA, EN EL AÑO 2019"																
DATOS GENERALES																										
1. Apellidos y Nombres del Experto										JOSE LUIS ATENCIO DEUDOR																
2. Especialidad de Validador										INGENIERO CIVIL																
3. Cargo Actual										COORDINADOR DE OBRA – MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA																
4. Registro CIP N°										152361																
5. Nombre del Instrumento										Viga Benkelman																
FORMATO DEL INVESTIGADOR										JUICIO DEL EXPERTO																
VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	ITEMS	CRITERIOS DE VALIDACION																						
				Relación entre Variable y Dimensión					Relación entre Dimensión e Indicador					Relación entre Indicador e Ítem					Relación entre Variable e Instrumento							
				0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4
Estado de Conservación Estructural	Deflexiones	Característica	Mediante los parámetros de deflexiones se permitirá determinar la variable propuesta																							
		Admisible																								
		Máxima																								
	Radio de Curvatura																									
Estudio de Trafico	ESAL	La determinación del ESAL permitirá posteriormente calcular la deflexión admisible, dato importante para establecer un Juicio Estructural																								



INGENIERO CIVIL
REG. CIP Nº 152361

MATRIZ DE VALIDACION DE INSTRUMENTOS ANTE EXPERTOS																									
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE										Tesis: "CORRELACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. METROPOLITANA, TRAMO AV. UNIVERSITARIA - AV. GREGORIO APAZA, EN EL DISTRITO DE COMAS, CIUDAD DE LIMA, EN EL AÑO 2019"															
DATOS GENERALES																									
1. Apellidos y Nombres del Experto										JOSE LUIS ATENCIO DEUDOR															
2. Especialidad de Validador										INGENIERO CIVIL															
3. Cargo Actual										COORDINADOR DE OBRA – MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA															
4. Registro CIP N°										152361															
5. Nombre del Instrumento										Hoja de Registro de Datos (PCI) / Rugosímetro de Merlin (IRI)															
FORMATO DEL INVESTIGADOR										JUICIO DEL EXPERTO															
VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	ITEM	CRITERIOS DE VALIDACION																					
				Relación entre Variable y Dimensión					Relación entre Dimensión e Indicador					Relación entre Indicador e Ítem					Relación entre Variable e Instrumento						
				0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3
Estado de Conservación Funcional	Índice de la Condición del Pavimento (PCI)	19 fallas	Se identifica la situación actual superficial del pavimento flexible, por lo que se obtendrán resultados desde Excelente hasta Fallado																						
		Grado de Severidad																							
	Índice de Rugosidad Internacional (IRI)	Rugosidad	Se determina la rugosidad del pavimento de esta manera se busca conocer el nivel la confortabilidad, serviciabilidad y seguridad.																						



INGENIERO CIVIL
REG. CIP Nº 152361

I. Promedio de Valoración:

Instrumento(s) para determinar el estado de conservación Estructural _____ 4.75 (Muy Bueno) _____

Instrumento(s) para determinar el estado de conservación Funcional _____ 5.00 (Muy Bueno) _____

II. Opinión:

(X) El Instrumento presenta todas las características necesarias, para que mediante su utilización permita desarrollar este trabajo de investigación.

() El Instrumento NO presenta todas las características necesarias, para que mediante su utilización permita desarrollar este trabajo de investigación, por lo que tendrá que plantearse otro.

III. Comentarios del Experto

Para trabajos de evaluación de tramos no extensos se recomienda los instrumentos convencionales como, rugosímetro de Merlin y viga benkelman, sin embargo, hay que tener en cuenta que existen equipos modernos que brindan mayor confiabilidad en resultados.

De acuerdo a los propuesto por el investigador Carlos Fernandez, se aprueba la validación de los instrumentos. Por lo que se recomienda la continuación del trabajo de investigación.



Firma y Sello del Experto

CARTA DE PRESENTACION

Dirigido a:

ING. VICTOR RAUL ALEJOS SIGUAS

Presente. -

**Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS MEDIANTE EL JUICIO DE
EXPERTOS**

**Referencia: a) TESIS “CORRELACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN
FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV.
METROPOLITANA, TRAMO IDA Y VUELTA: AV. UNIVERSITARIA – AV.
GREGORIO APAZA, EN EL DISTRITO DE COMAS, CIUDAD DE LIMA, EN
EL AÑO 2019”**

De mi consideración;

Por medio del presente es grato dirigirme a usted y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo egresado de la **UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**, requiero validar los instrumentos con los cuales me permitirá obtener información necesaria para poder desarrollar mi trabajo de investigación en referencia **a)**, siendo este último imprescindible para poder optar por el Título de Ingeniero Civil.

En tal sentido, debido a su amplia experiencia en la rama de infraestructura vial, considere de mi parte recurrir a su persona.

Debido a la importancia para el desarrollo de este trabajo y para su conocimiento se le presenta el siguiente contenido:

- Carta de Presentación.
- Matriz de Operacionalización de Variables
- Matriz de Validación de Instrumentos ante Expertos
- Formato de Promedio de Valoración Matriz Juicio de Expertos (opinión y comentario)

Me despido, no sin antes agradecerle la atención del presente.


Victor Raúl Alejos Siguas
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 47877

Firma por parte del Experto

Matriz de Operacionalización de Variables

<i>Variables</i>		<i>Definición Conceptual</i>	<i>Dimensiones</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Instrumentos</i>
<i>Variable Independiente X</i>	<i>Estado de Conservación Estructural</i>	Consiste básicamente, en la interacción del del sistema pavimento – subrasante en una estructura vial existente, en cualquier momento de su vida de servicio, para establecer y cuantificar las necesidades de rehabilitación o refuerzo, cuando el pavimento se acerca al fin de su vida útil o cuando el pavimento va a cambiar su función.	<i>Deflexiones</i>	<i>Deflexión Característica y Radio de Curvatura</i>	<i>Viga Benkelman, Volquete, Termómetro, Estudio Conrevial</i>
				<i>Deflexión Admisible</i>	<i>Estudio Conrevial</i>
<i>Variable Dependiente Y</i>	<i>Estado de Conservación Funcional</i>	<i>Condición en la que se encuentra la superficie del pavimento, para su determinación se realizara una evaluación funcional del pavimento con el objetivo de conocer el tipo de fallas, grado de severidad que pudiesen afectar a este. Así mismo para una evaluación funcional completa se requiere la determinación de la rugosidad.</i>	<i>Estudio de Trafico Índice de la Condición del Pavimento (PCI) Índice de Rugosidad Internacional (IRI)</i>	<i>ESAL</i>	<i>Hoja de registro de datos</i>
				<i>Grado de Severidad</i>	<i>Hoja de registro de datos, Wincha, regla de aluminio</i>
				<i>Rugosidad</i>	<i>Rugosímetro de Merlin</i>



Victor Raúl Alejos Siguals
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 47577

I. Promedio de Valoración:

Instrumento(s) para determinar el estado de conservación Estructural _____ 4.38 (Muy Bueno) _____

Instrumento(s) para determinar el estado de conservación Funcional _____ 5.00 (Muy Bueno) _____

II. Opinión:

(X) El Instrumento presenta todas las características necesarias, para que mediante su utilización permita desarrollar este trabajo de investigación.

() El Instrumento NO presenta todas las características necesarias, para que mediante su utilización permita desarrollar este trabajo de investigación, por lo que tendrá que plantearse otro.

III. Comentarios del Experto

Se validan los instrumentos por parte del Investigador Carlos Fernandez, por lo que se recomienda la continuación del trabajo de investigación.


Victor Raúl Alejos Siguan
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 47877

Firma y Sello del Experto

CARTA DE PRESENTACION

Dirigido a:

ING. DANIEL ALBERTO OCHANTE PAUCCAR

Presente. -

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS MEDIANTE EL JUICIO DE EXPERTOS

Referencia: a) TESIS “CORRELACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. METROPOLITANA, TRAMO IDA Y VUELTA: AV. UNIVERSITARIA – AV. GREGORIO APAZA, EN EL DISTRITO DE COMAS, CIUDAD DE LIMA, EN EL AÑO 2019”

De mi consideración;

Por medio del presente es grato dirigirme a usted y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo egresado de la **UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**, requiero validar los instrumentos con los cuales me permitirá obtener información necesaria para poder desarrollar mi trabajo de investigación en referencia **a)**, siendo este último imprescindible para poder optar por el Título de Ingeniero Civil.

En tal sentido, debido a su amplia experiencia en la rama de infraestructura vial, considere de mi parte recurrir a su persona.

Debido a la importancia para el desarrollo de este trabajo y para su conocimiento se le presenta el siguiente contenido:

- Carta de Presentación.
- Matriz de Operacionalización de Variables
- Matriz de Validación de Instrumentos ante Expertos
- Formato de Promedio de Valoración Matriz Juicio de Expertos (opinión y comentario)

Me despido, no sin antes agradecerle la atención del presente.


DANIEL ALBERTO
OCHANTE PAUCCAR
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176458

Firma por parte del Experto

Matriz de Operacionalización de Variables

<i>Variables</i>	<i>Definición Conceptual</i>	<i>Dimensiones</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Instrumentos</i>	
<i>Variable Independiente X</i>	<i>Estado de Conservación Estructural</i>	Consiste básicamente, en la interacción del del sistema pavimento – subrasante en una estructura vial existente, en cualquier momento de su vida de servicio, para establecer y cuantificar las necesidades de rehabilitación o refuerzo, cuando el pavimento se acerca al fin de su vida útil o cuando el pavimento va a cambiar su función.	<i>Deflexiones</i>	<i>Deflexión</i> <i>Característica y</i> <i>Radio de</i> <i>Curvatura</i> <i>Deflexión</i> <i>Admisible</i>	<i>Viga</i> <i>Benkelman,</i> <i>Volquete,</i> <i>Termómetro,</i> <i>Estudio</i> <i>Conrevial</i> <i>Estudio</i> <i>Conrevial</i>
<i>Variable Dependiente Y</i>	<i>Estado de Conservación Funcional</i>	<i>Condición en la que se encuentra la superficie del pavimento, para su determinación se realizara una evaluación funcional del pavimento con el objetivo de conocer el tipo de fallas, grado de severidad que pudiesen afectar a este. Así mismo para una evaluación funcional completa se requiere la determinación de la rugosidad.</i>	<i>Estudio de Trafico</i> <i>Índice de la Condición del Pavimento (PCI)</i> <i>Índice de Rugosidad Internacional (IRI)</i>	<i>ESAL</i> <i>19 fallas</i> <i>Grado de Severidad</i> <i>Rugosidad</i>	<i>Hoja de registro de datos</i> <i>Hoja de registro de datos,</i> <i>Wincha, regla de aluminio</i> <i>Rugosimetro de Merlin</i>


DANIEL ALBERTO
OCHANTE PALICCAR
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 178468

I. Promedio de Valoración:

Instrumento(s) para determinar el estado de conservación Estructural _____ 4.63 (Muy Bueno) _____

Instrumento(s) para determinar el estado de conservación Funcional _____ 5.00 (Muy Bueno) _____

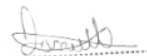
II. Opinión:

(X) El Instrumento presenta todas las características necesarias, para que mediante su utilización permita desarrollar este trabajo de investigación.

() El Instrumento NO presenta todas las características necesarias, para que mediante su utilización permita desarrollar este trabajo de investigación, por lo que tendrá que plantearse otro.

III. Comentarios del Experto

Los instrumentos son los indicados para poder desarrollar este trabajo de investigación propuesto por Carlos Fernandez.


DANIEL ALBERTO
OCHANTE PAUCAR
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176468

Firma y Sello del Experto

ANEXO 3: Certificados Laboratorio



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

Página 1 de 2

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CLM-496-2019

Solicitante	: MAELIH SERVICIOS DE INGENIERÍA S.R.L.	<p>Misión: Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.</p> <p>Visión: Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios. Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.</p>
Dirección	: JR. LAS TUNAS NRO. 391 URB. NARANJAL - LIMA - INDEPENDENCIA	
Instrumento de Medición	: RUGOSIMETRO MERLIN	
Marca:	: METROTEST	
Modelo:	: MS-RM1	
Serie:	: 449	
Identificación:	: NO INDICA	
Procedencia:	: PERÚ	
Capacidad Máxima	: 50 mm	
División mínima:	: 5 mm = 1 División	
Tipo de Indicación:	: Analógica	
Lugar de Calibración	: Lab. Longitud de Metrotest E.I.R.L.	
Fecha de Calibración	: 2019-05-06	
Fecha de Emisión	: 2019-05-07	

Método de Calibración Empleado
Tomando como referencia el método de Comparación Directa entre Bloques Planoparalelos y Rugosímetro

Observaciones

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".

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




WALTER MARCO
INGENIERO PERUANO
INGENIERO CIVIL
E.I.R.L. METROTEST



Luis Estrella G.
Jefe de Metrología

Jr. Alvarado Solocuren 484 Dpto. 102 Urb. Villa Sol - Los Olivos www.metrotest.com



Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración: CLM-496-2019
Página 2 de 2

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

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de METROTEST E.I.R.L.	Pie de rey Patrón con incertidumbre de 15 µm	CLM-001-2019
Patrones de referencia de METROTEST E.I.R.L.	Cinta Métrica Patrón con incertidumbre de 0,3 mm	CLM-003-2019
Patrones de referencia del DM-INACAL	Bloques Planoparalelos Grado 0	LLA-C-020-2018


RESULTADOS DE MEDICIÓN


Valor Nominal	Lectura del Instrumento			Promedio L
	L ₁	L ₂	L ₃	
mm	mm	mm	mm	mm
5,0	5,0	5,0	5,0	5,00
10,0	10,0	10,0	9,8	9,93
15,0	15,0	15,0	14,8	14,93
20,0	20,0	20,0	20,0	20,00
25,0	25,0	25,0	24,8	24,93

Relación 1:5
Relacion Promedio: 5,10

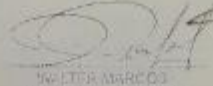
Valor Nominal	Lectura del Instrumento			Promedio L
	L ₁	L ₂	L ₃	
mm	mm	mm	mm	mm
25,0	25,0	25,0	24,8	24,9
30,0	30,0	29,8	30,0	29,9
40,0	40,0	39,8	40,0	39,9
45,0	45,0	45,0	45,0	45,0
50,0	49,8	50,0	50,0	49,9

Relación 1:20
Relacion Promedio: 20,05





Emilio Alarín G.
Jefe de Metrología



WALTER MARCOS
METROTEST PERU S.A.
INGENIERO CIVIL
EVAL. PAVIMENTOS

Jr. Amaltes Solaguren 484 Dpto. 102 Urb. Villa Sol - Los Olivos
 www.metrotesteiri.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotesteiri.com
 Tel.: 528-7898 Teletax: 528-3324 Email: 997 045 343 / #982 889 991
 PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST E.I.R.L.

ANEXO 4: Tablas para la determinación del Valor deducido Corregido (ASTMD 6433)

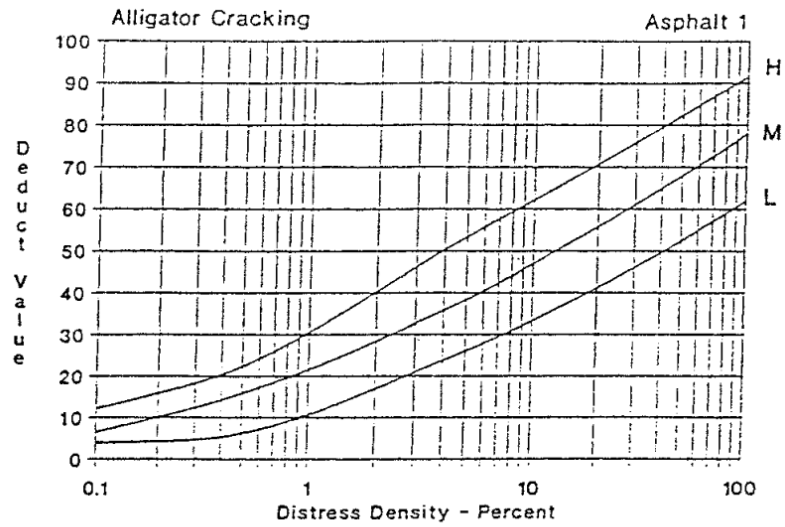


FIG. X3.1 Alligator Cracking

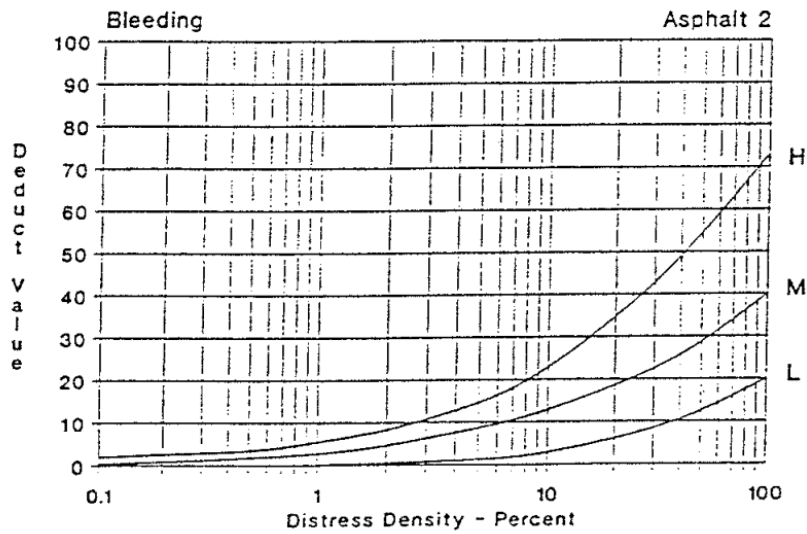


FIG. X3.2 Bleeding

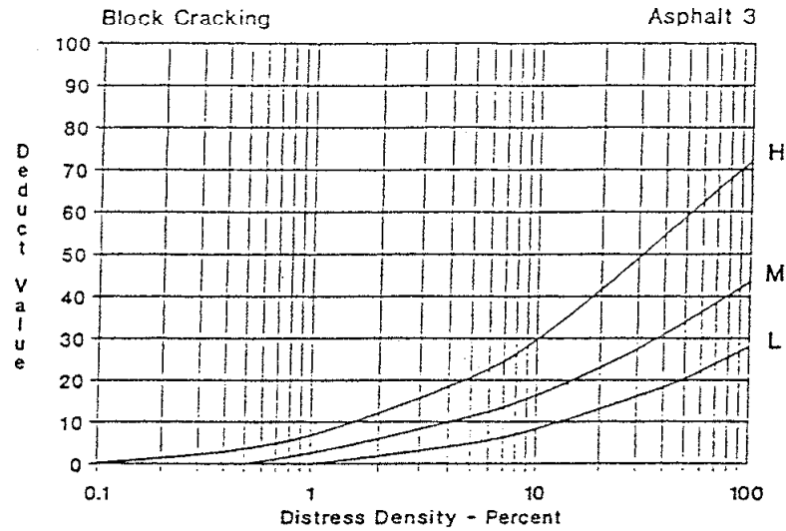


FIG. X3.3 Block Cracking

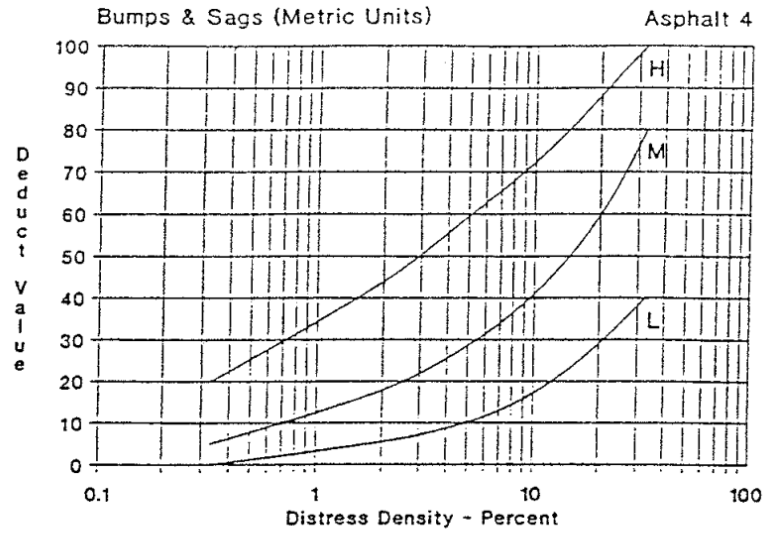


FIG. X3.5 Bumps and Sags (Metric units)

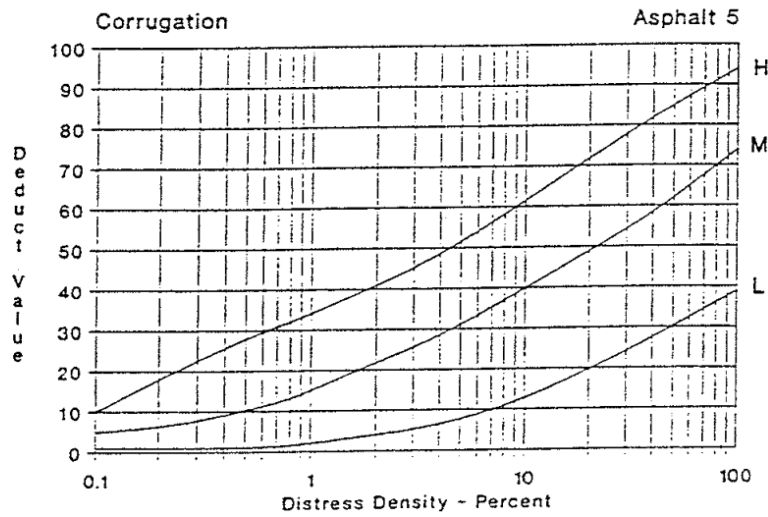


FIG. X3.6 Corrugation

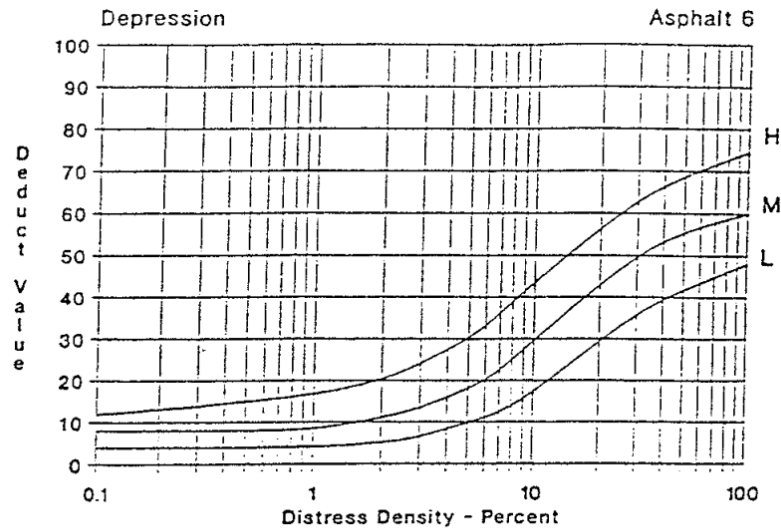


FIG. X3.7 Depression

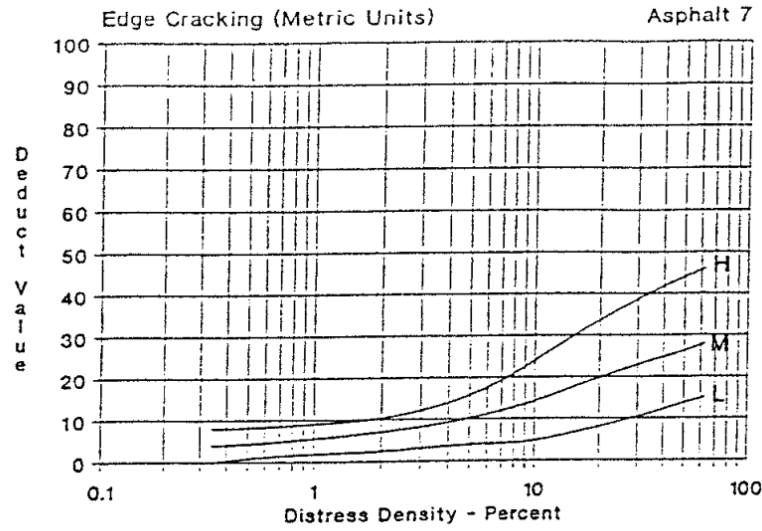


FIG. X3.9 Edge Cracking (metric units)

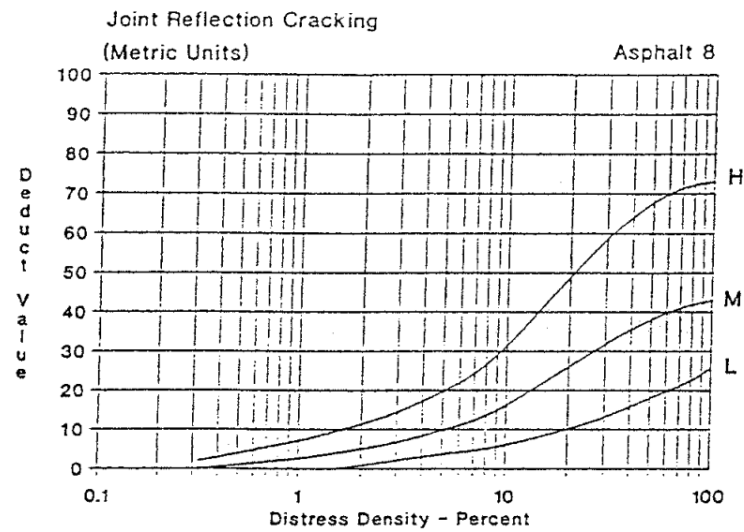


FIG. X3.11 Joint Reflection Cracking (metric units)

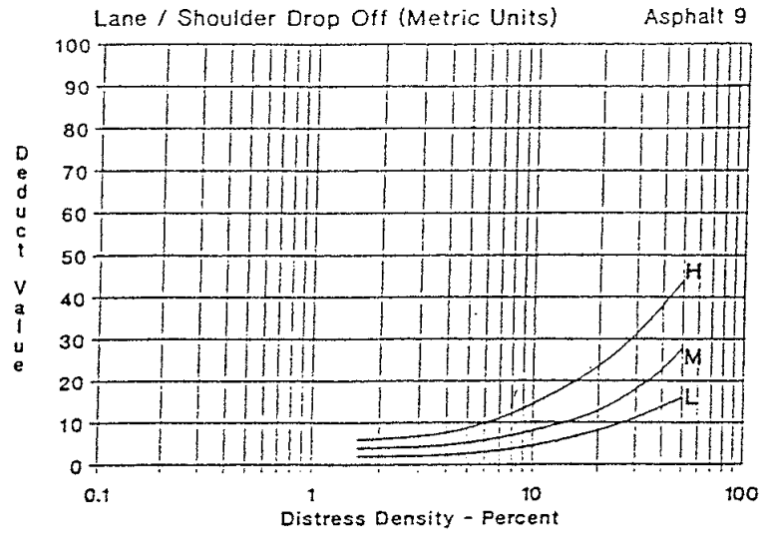


FIG. X3.13 Lane/Shoulder Drop-Off (metric units)

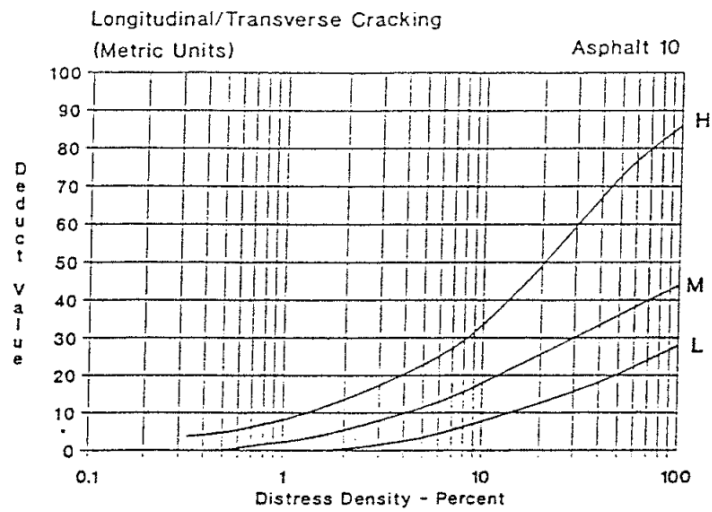


FIG. X3.15 Longitudinal/Transverse Cracking (metric units)

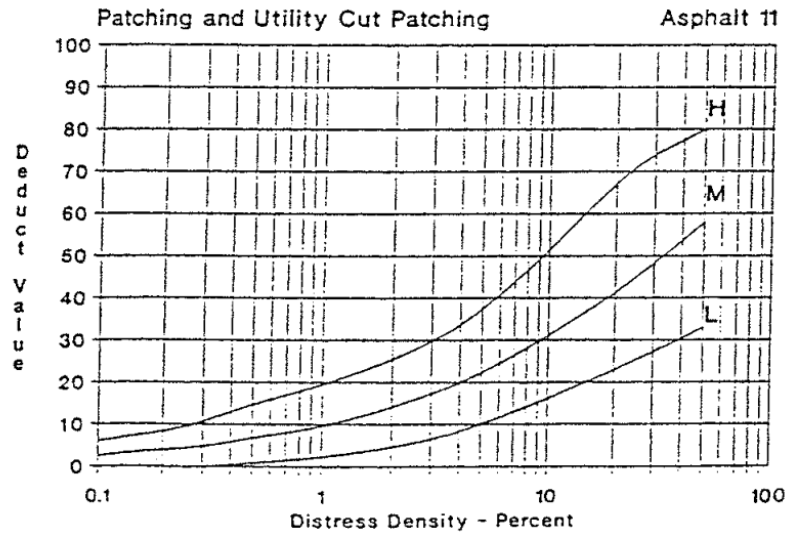


FIG. X3.16 Patching and Utility Cut Patching

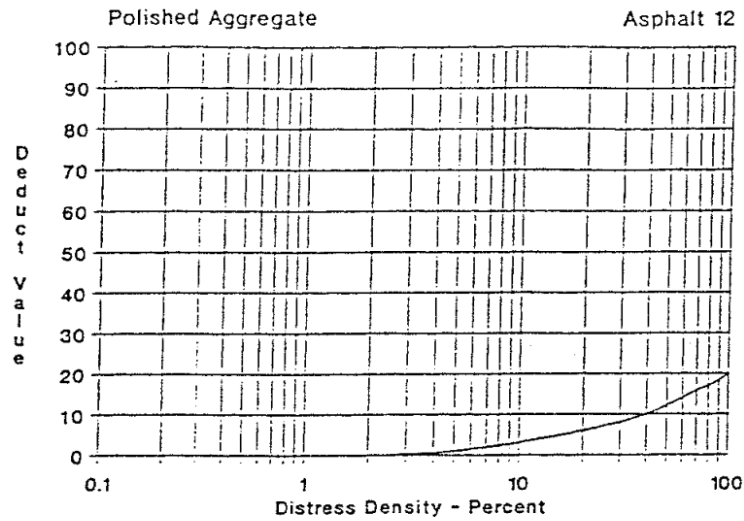


FIG. X3.17 Polished Aggregate

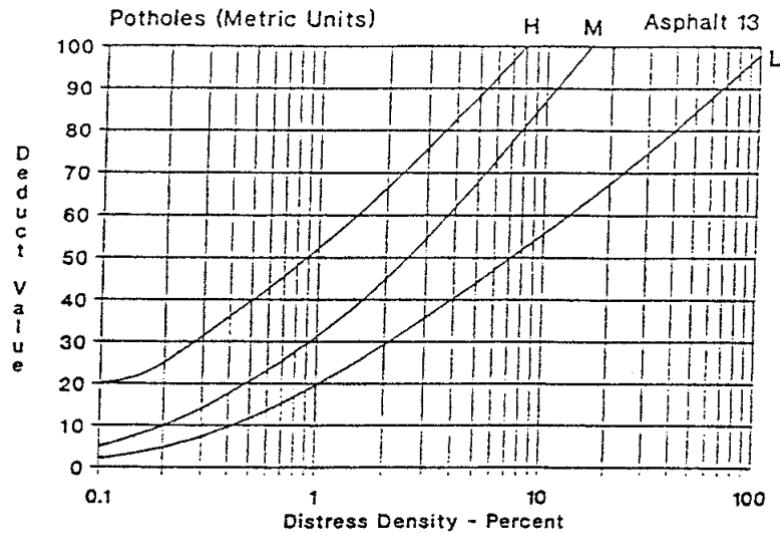


FIG. X3.19 Potholes (metric units)

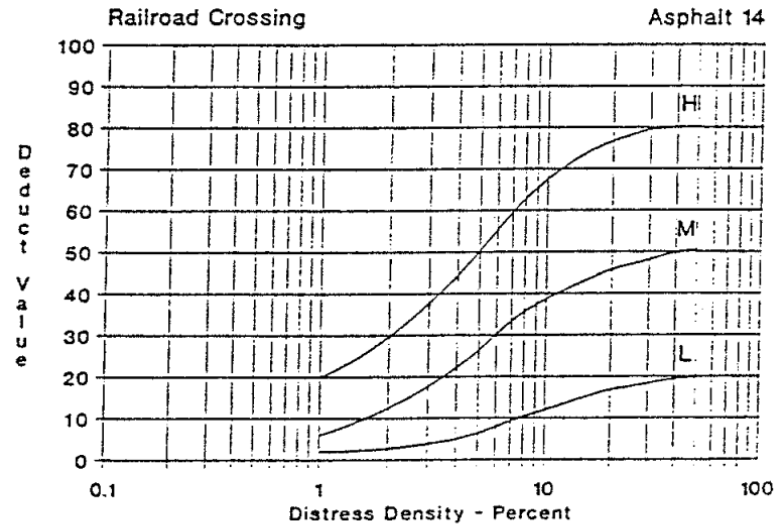


FIG. X3.20 Railroad Crossing

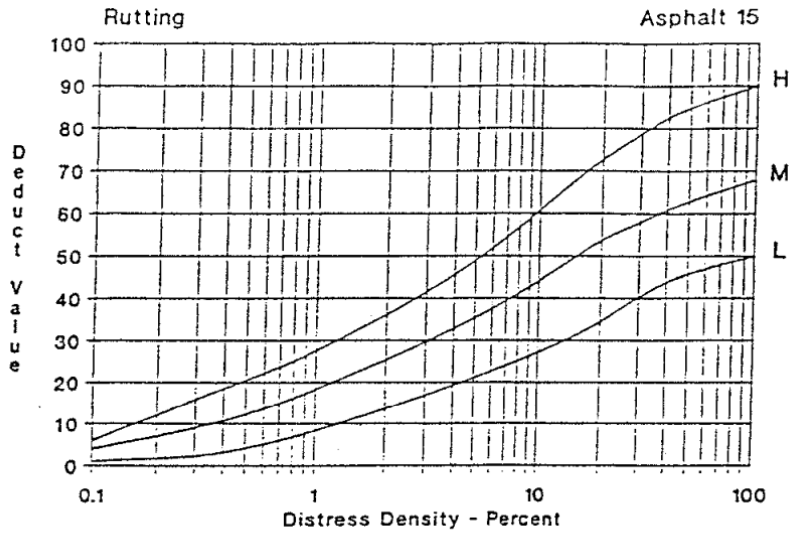


FIG. X3.21 Rutting

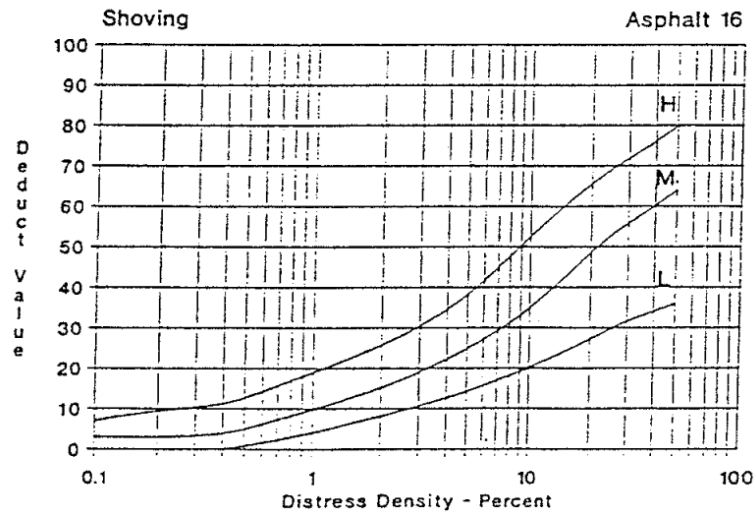


FIG. X3.22 Shoving

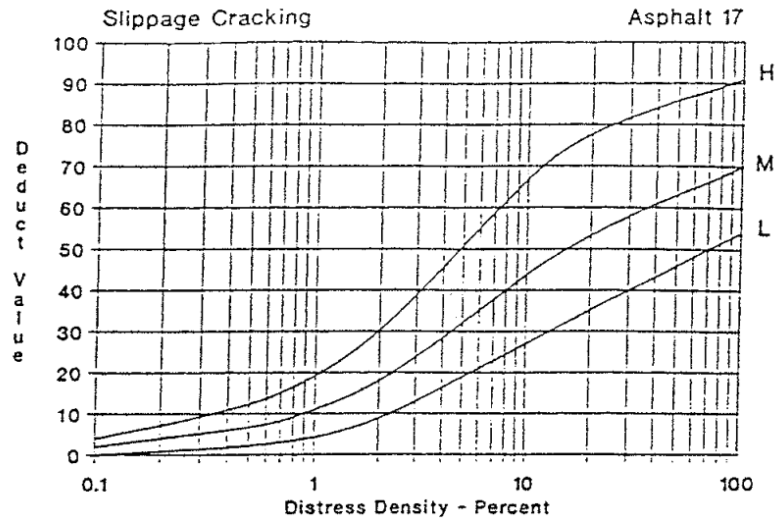


FIG. X3.23 Slippage Cracking

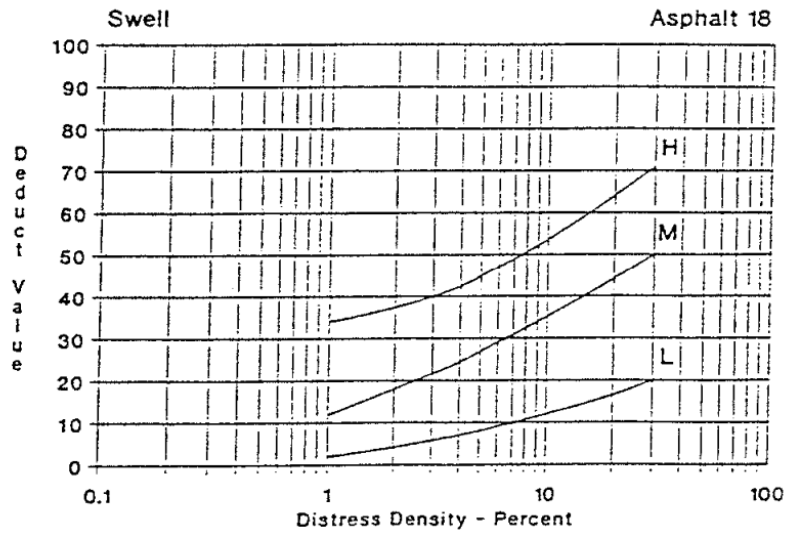


FIG. X3.24 Swell

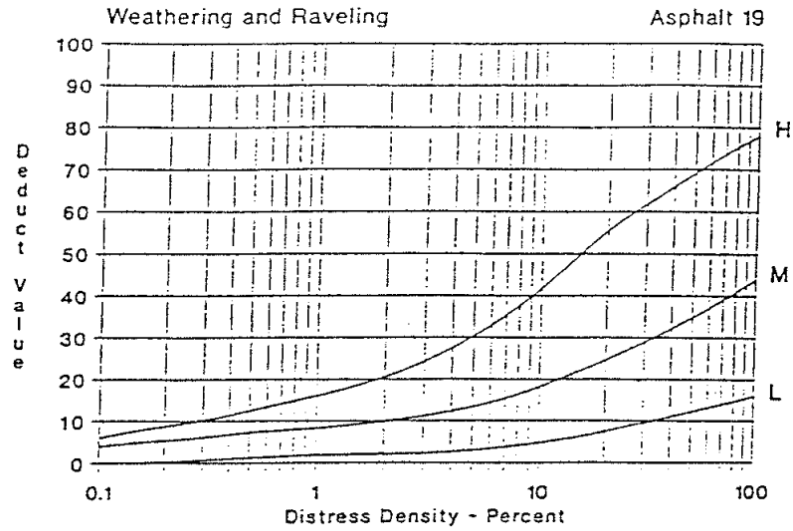


FIG. X3.25 Weathering and Raveling

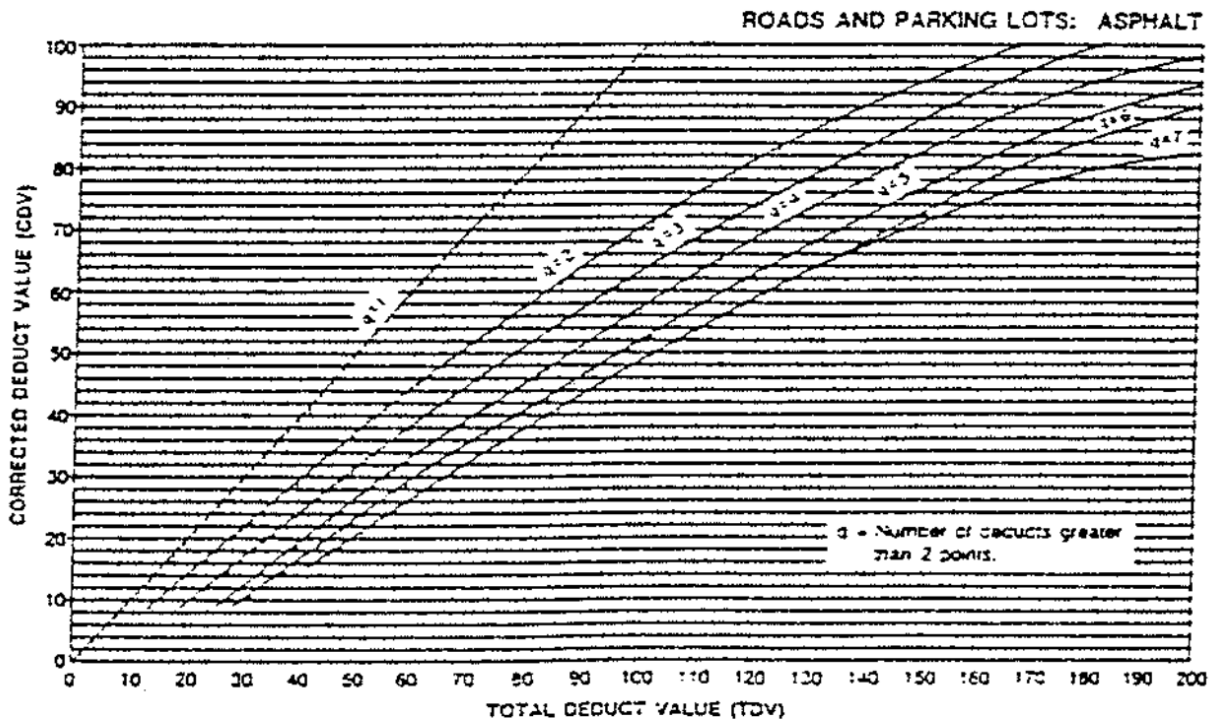






FIG. X3.26 Total Deduct Value

ANEXO 5: Calculo del PCI por cada Unidad de Muestreo

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica																							
		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema																	
		<table border="1"> <tr> <td>Tramo</td> <td>Av Universitaria - Av Gregorio Apaza</td> <td>Seccion</td> <td>Ida</td> <td>Unidad de Muestra</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Inspector</td> <td>Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro</td> <td>Fecha</td> <td>17/06/2019</td> <td>Area de muestra</td> <td>229.8</td> </tr> </table>						Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	1	Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8				
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	1																		
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8																		
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)																		
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)																		
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)																		
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)																				
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)																				
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)																				
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)																				
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)																				
Falla	Severidad	Cantidad						Total	Densidad %	Valor Deducido													
1	M	3	5.08					8.08	3.52	34													
1	H	5.96						5.96	2.59	41.5													
3	M	2.8	3.32					6.12	2.66	8													



Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	CDV
1	41.5	34	8	83.5	3	52
2	41.5	34	2	77.5	2	54
3	41.5	2	2	45.5	1	44
					VDC (max.)	54

CALCULO DE PCI	
PCI(100 - VDC(max.) =	46
Calificacion del PCI =	Regular

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema					
											
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza		Seccion		Unidad de Muestra	2					
Inspector			Fecha		Area de muestra	229.8					
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)						
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)						
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)						
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)								
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)								
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)								
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)								
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)								
Falla	Severidad	Cantidad						Total	Densidad %	Valor Deducido	
1	M	78.25	12.69					90.94	39.57	62	
3	M	44.74						44.74	19.47	21	
7	M	19.45						19.45	8.46	14	
11	M	0.72	7.04	2.60				10.36	4.51	21	
13	L	2						2.00	0.87	20	
13	M	1						1.00	0.44	19	

Numero	VALOR DEDUCIDO						Total	q	VDC
1	62	21	21	20	19	14	157	6	76
2	62	21	21	20	19	2	145	5	74
3	62	21	21	20	2	2	128	4	75
4	62	21	21	2	2	2	110	3	68
5	62	21	2	2	2	2	91	2	64
6	62	2	2	2	2	2	72	1	71
								VDC (max.)	76

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.))	24
Calificacion del PCI	MUY MALO

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica																								
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema																		
		<table border="1"> <tr> <td>Tramo</td> <td>Av Universitaria - Av Gregorio Apaza</td> <td>Seccion</td> <td>Ida</td> <td>Unidad de Muestra</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Inspector</td> <td>Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro</td> <td>Fecha</td> <td>17/06/2019</td> <td>Area de muestra</td> <td>229.8</td> </tr> </table>						Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	3	Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8					
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	3																			
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8																			
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)																			
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)																			
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)																			
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)																					
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)																					
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)																					
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)																					
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)																					
Falla	Severidad	Cantidad						Total	Densidad %	Valor Deducido														
1	M	41.24	17.75	32.46				91.45	39.80	63														
3	M	23.73						23.73	10.33	18														
10	M	11.9						11.9	5.18	12														
13	L	1						1	0.44	10														
13	M	1						1	0.44	19														



Numero	VALOR DEDUCIDO						Total	q	VDC
1	63	19	18	12	10	122	5	63	
2	63	19	18	12	2	114	4	65	
3	63	19	18	2	2	104	3	65	
4	63	19	2	2	2	88	2	62	
5	63	2	2	2	2	71	1	70	
								VDC (max.)	70

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	30
Calificacion del PCI =	MALO

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica													
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema							
		Tramo		Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	4					
Inspector		Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro		Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229,8						
1. Piel de cocodrilo		(m2)		9. Desnivel carril / berma.				(m)		17. Fisura parabolica o por deslizamiento			(m2)
2. Exudacion		(m2)		10. Grietas Longitudinales y Transversales				(m)		18. Hinchamiento			(m2)
3. Grietas de Bloque o Contraccion		(m2)		11. Parcheo				(m2)		19. Desprendimiento de agregados			(m2)
4. Elevaciones y Hundimientos		(m)		12. Agregados pulidos				(m2)					
5. Corrugaciones		(m2)		13. Baches o Huecos				(un.)					
6. Depresiones		(m2)		14. Cruce de via ferrea				(m2)					
7. Grietas o fisuras de borde		(m)		15. Ahuellamiento				(m2)					
8. Grieta de reflexion de junta		(m)		16. Desplazamientos				(m2)					
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido		
1	M	30.14	69.91	30.47	32.12	13.06			175.70	76.46	73		
11	M	6.9							6.90	3.00	18		
13	L	2							2.00	0.87	19		
13	M	1							1.00	0.44	19		



Numero	VALOR DEDUCIDO				Total	q	VDC
1	73	19	19	18	129	4	73
2	73	19	19	2	113	3	69
3	73	19	2	2	96	2	67
4	73	2	2	2	79	1	78
						VDC (max.)	78

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	22
Calificacion del PCI =	MUY MALO

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica																							
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema																	
		<table border="1"> <tr> <td>Tramo</td> <td>Av Universitaria - Av Gregorio Apaza</td> <td>Seccion</td> <td>Ida</td> <td>Unidad de Muestra</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Inspector</td> <td>Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro</td> <td>Fecha</td> <td>17/06/2019</td> <td>Area de muestra</td> <td>229,8</td> </tr> </table>					Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	5	Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229,8					
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	5																		
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229,8																		
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)																		
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)																		
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)																		
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)																				
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)																				
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)																				
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)																				
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)																				
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido												
1	L	2.65						2.65	1.15	11													
1	M	39.93	5.59	2.4	16.25			64.17	27.92	59													
1	H	16.72						16.72	7.28	58													
3	M	9.07						9.07	3.95	10													
13	M	6						6	2.61	48													
13	H	1						1	0.44	36													
15	M	9.13						9.13	3.97	32													



Numero	VALOR DEDUCIDO							Total	q	VDC
1	59	58	48	36	32	11	10	254	7	
2	59	58	48	36	32	11	2	246	6	
3	59	58	48	36	32	2	2	237	5	
4	59	58	48	36	2	2	2	207	4	
5	59	58	48	2	2	2	2	173	3	98
6	59	58	2	2	2	2	2	127	2	84
7	59	2	2	2	2	2	2	71	1	70
									VDC (max.)	98

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	2
Calificacion del PCI =	FALLADO

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica																					
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema															
		<table border="1"> <tr> <td>Tramo</td> <td>Av Universitaria - Av Gregorio Apaza</td> <td>Seccion</td> <td>Ida</td> <td>Unidad de Muestra</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Inspector</td> <td>Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro</td> <td>Fecha</td> <td>17/06/2019</td> <td>Area de muestra</td> <td>229.8</td> </tr> </table>					Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	6	Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8			
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	6																
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8																
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)																
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)																
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)																
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)																		
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)																		
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)																		
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)																		
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)																		
Falla	Severidad	Cantidad						Total	Densidad %	Valor Deducido											
1	M	7.89	4.44	24.4				36.73	15.98	50											
3	M	26.41	39.12					65.53	28.52	28											
7	M	4.8						4.8	2.09	8											
11	L	1.28						1.28	0.56	1.5											
11	M	2.16	3.86	5.06				11.08	4.82	21											
13	L	2						2	0.87	18											
13	M	2						2	0.87	29											
13	H	1						1	0.44	37											


Numero	VALOR DEDUCIDO								Total	q	CDV
1	50	37	29	28	21	18	8	191	7	81	
2	50	37	29	28	21	18	2	185	6	86	
3	50	37	29	28	21	2	2	169	5	85	
4	50	37	29	28	2	2	2	150	4	83	
5	50	37	29	2	2	2	2	124	3	75	
6	50	37	2	2	2	2	2	97	2	68	
7	50	2	2	2	2	2	2	62	1	61	
									VDC (max.)	86	

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	14
Calificacion del PCI =	Muy Malo

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica												
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra					Esquema					
												
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza		Seccion	Ida	Unidad de Muestra	7						
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro		Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8						
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)							
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)							
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)							
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)									
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)									
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)									
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)									
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)									
Falla	Severidad	Cantidad								Total	Densidad %	Valor Deducido
1	M	21.8	14.04	4.37	3.95	8.26	4.19	1.92	11.82	48.55	21.13	55
3	M	27.09	10.49	2.30						39.88	17.35	20.5
11	M	5.20								5.20	2.26	12.5
13	L	5.00								5.00	2.18	29.5
13	M	2								2.00	0.87	27.5



Numero	VALOR DEDUCIDO					Total	q	VDC
1	55	29.5	27.5	20.5	12.5	145	5	74
2	55	29.5	27.5	20.5	2	134.5	4	75.5
3	55	29.5	27.5	2	2	116	3	69
4	55	29.5	2	2	2	90.5	2	64
5	55	2	2	2	2	63	1	59
							VDC (max.)	75.5

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	24.5
Calificacion del PCI =	MUY MALO

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica								
					Esquema			
Hoja de Registro por Unidad de Muestra								
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	8			
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8			
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)			
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)			
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)			
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)					
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)					
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)					
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)					
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)					
Falla	Severidad	Cantidad				Total	Densidad %	Valor Deducido
1	L	12.99				12.99	5.65	28
1	M	7.08	8.16	21.95	6.09	43.28	18.83	53
3	M	18.07	5.17	14.79		38.03	16.55	20
13	L	3				3	1.31	34



Numero	VALOR DEDUCIDO				Total	q	VDC
1	53	34	28	20	135	4	76
2	53	34	28	2	117	3	72
3	53	34	2	2	91	2	64
4	53	2	2	2	59	1	58
						VDC (max.)	76

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	24
Calificacion del PCI =	MUY MALO

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica																							
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema																	
		<table border="1"> <tr> <td>Tramo</td> <td>Av Universitaria - Av Gregorio Apaza</td> <td>Seccion</td> <td>Ida</td> <td>Unidad de Muestra</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Inspector</td> <td>Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro</td> <td>Fecha</td> <td>17/06/2019</td> <td>Area de muestra</td> <td>229,8</td> </tr> </table>						Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	9	Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229,8				
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	9																		
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229,8																		
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)																		
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)																		
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)																		
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)																				
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)																				
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)																				
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)																				
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)																				
Falla	Severidad	Cantidad						Total	Densidad %	Valor Deducido													
1	M	8.43	12.8	5.83	22.1	13.62		62.78	27.32	59													
1	H	12.14						12.14	5.28	54													
3	H	12.47						12.47	5.43	21													
10	H	1.89	1.28					1.28	0.56	5													
11	H	8.71	7.3					16.01	6.97	42													
13	L	2						2.00	0.87	18													
13	M	2						2.00	0.87	29													


Numero	VALOR DEDUCIDO							Total	q	VDC
1	59	54	42	29	21	18	5	228	7	
2	59	54	42	29	21	18	2	223	6	
3	59	54	42	29	21	2	2	207	5	
4	59	54	42	29	2	2	2	188	4	96
5	59	54	42	2	2	2	2	161	3	93
6	59	54	2	2	2	2	2	121	2	82
7	59	2	2	2	2	2	2	69	1	68
									VDC (max.)	96

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	4
Calificacion del PCI =	FALLADO

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica																						
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra					Esquema															
		<table border="1"> <tr> <td>Tramo</td> <td>Av Universitaria - Av Gregorio Apaza</td> <td>Seccion</td> <td>Ida</td> <td>Unidad de Muestra</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Inspector</td> <td>Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro</td> <td>Fecha</td> <td>17/06/2019</td> <td>Area de muestra</td> <td>229.8</td> </tr> </table>					Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	10	Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8				
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	10																	
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8																	
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)																	
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)																	
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)																	
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)																			
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)																			
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)																			
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)																			
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)																			
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido											
1	M	17.2	14.94	14.88	1.96	3.34	11.95		64.27	27.97	58											
1	H	9.59	4.98						14.57	6.34	56											
3	L	18.33							18.33	7.98	8											
3	M	18.54	18.99						37.53	16.33	20											
11	M	2.2	2.49						4.69	2.04	14											
13	L	1							1	0.44	10											



Numero	VALOR DEDUCIDO							Total	q	VDC
1	58	56	20	14	10	8	166	6	80	
2	58	56	20	14	10	2	160	5	81	
3	58	56	20	14	2	2	152	4	83	
4	58	56	20	2	2	2	140	3	83	
5	58	56	2	2	2	2	122	2	82	
6	58	2	2	2	2	2	68	1	67	
									VDC (max.)	83

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	17
Calificacion del PCI =	Muy Malo

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica											
		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema					
											
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza		Seccion	Ida	Unidad de Muestra	11					
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro		Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229,8					
1. Piel de cocodrilo			(m2)	9. Desnivel carril / berma.			(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento			(m2)
2. Exudacion			(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales			(m)	18. Hinchamiento			(m2)
3. Grietas de Bloque o Contraccion			(m2)	11. Parcheo			(m2)	19. Desprendimiento de agregados			(m2)
4. Elevaciones y Hundimientos			(m)	12. Agregados pulidos			(m2)				
5. Corrugaciones			(m2)	13. Baches o Huecos			(un.)				
6. Depresiones			(m2)	14. Cruce de via ferrea			(m2)				
7. Grietas o fisuras de borde			(m)	15. Ahuellamiento			(m2)				
8. Grieta de reflexion de junta			(m)	16. Desplazamientos			(m2)				
Falla	Severidad	Cantidad						Total	Densidad %	Valor Deducido	
1	L	1.57					1.57	0.68	8		
1	M	18.49	10.39				28.88	12.57	49		
13	L	2.00					2.00	0.87	18		
13	M	1.00					1.00	0.44	19		
13	H	4					4.00	1.74	60		

Numero	VALOR DEDUCIDO					Total	q	VDC
1	60	49	19	18	8	154	5	78
2	60	49	19	18	2	148	4	81
3	60	49	19	2	2	132	3	80
4	60	49	2	2	2	115	2	79
5	60	2	2	2	2	68	1	67
							VDC (max.)	81

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.)) =	19
Calificacion del PCI =	MUY MALO

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica											
		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema					
											
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza		Seccion	Ida	Unidad de Muestra	12					
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro		Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8					
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)						
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)						
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)						
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)								
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)								
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)								
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)								
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)								
Falla	Severidad	Cantidad						Total	Densidad %	Valor Deducido	
1	L	4.93	23	22.23	13.53			63.69	27.72	41	
1	M	20.25						20.25	8.81	42	
3	M	40.1						40.1	17.45	21	
11	H	26.54						26.54	11.55	51	
13	L	1						1	0.44	10	



Numero	VALOR DEDUCIDO					Total	q	VDC
1	51	42	41	21	10	165	5	83
2	51	42	41	21	2	157	4	85
3	51	42	41	2	2	138	3	82
4	51	42	2	2	2	99	2	69
5	51	2	2	2	2	59	1	58
							VDC (max.)	85

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	15
Calificacion del PCI =	MUY MALO

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE						Hoja de Registro por Unidad de Muestra						Esquema		
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza		Seccion		Ida		Unidad de Muestra	13						
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro		Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8								
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)									
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)									
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)									
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)											
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)											
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)											
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)											
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)											
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido			
1	M	21.34	10.27	5.59	25.12	11.72	11.78	2.22	88.04	38.31	62			
3	M	7.12	4.32	2.73	4.37				18.54	8.07	14			
6	M	6.37							6.37	2.77	12			
11	M	4.04	1.19						1.19	0.52	7			



Numero	VALOR DEDUCIDO				Total	q	VDC
1	62	14	12	7	95	4	53
2	62	14	12	2	90	3	56
3	62	14	2	2	80	2	57
4	62	2	2	2	68	1	67
						VDC (max.)	67

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	33
Calificacion del PCI =	MALO

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica										
		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema 				
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida		Unidad de Muestra	1		
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8					
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)					
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)					
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)					
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)							
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)							
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)							
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)							
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)							
Falla	Severidad	Cantidad						Total	Densidad %	Valor Deducido
1	M	4.4	9.58	3.79	25.41	10.59		53.77	23.40	58
1	H	17.26	10.02					27.28	11.87	61
3	M	5.78	21.95					27.73	12.07	18
11	M	4.11						4.11	1.79	12
11	H	10.88						10.88	4.73	36



Numero	VALOR DEDUCIDO						Total	q	VDC
1	61	58	18	12	36	185	5	59	
2	61	58	18	12	2	151	4	82.5	
3	61	58	18	2	2	141	3	84	
4	61	58	2	2	2	125	2	83	
5	61	12	2	2	2	79	1	78	
								VDC (max.)	89

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	11
Calificacion del PCI =	Muy Malo

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica												
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra					Esquema					
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	15					
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8							
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)							
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)							
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)							
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)									
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)									
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)									
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)									
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)									
Falla	Severidad	Cantidad						Total	Densidad %	Valor Deducido		
1	L	16.32	12.67					28.99	12.62	32		
1	M	11	8.5	26.2	21.92			67.62	29.43	60		
3	L	60.35						60.35	26.26	16		
3	M	3.6						3.6	1.57	4		
11	M	5						5	2.18	12.5		
13	M	3						3	1.31	32		



Numero	VALOR DEDUCIDO						Total	q	VDC
1	60	32	32	16	12.5	4	156.5	6	75
2	60	32	32	16	12.5	2	154.5	5	78
3	60	32	32	16	2	2	144	4	80
4	60	32	32	2	2	2	130	3	78
5	60	32	2	2	2	2	100	2	70
6	60	2	2	2	2	2	70	1	68
								VDC (max.)	80

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.)) =	20
Calificacion del PCI =	MUY MALO

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica																							
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema																	
		<table border="1"> <tr> <td>Tramo</td> <td>Av Universitaria - Av Gregorio Apaza</td> <td>Seccion</td> <td>Ida</td> <td>Unidad de Muestra</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>Inspector</td> <td>Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro</td> <td>Fecha</td> <td>17/06/2019</td> <td>Area de muestra</td> <td>229.8</td> </tr> </table>						Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	16	Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8				
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	16																		
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8																		
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)																		
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)																		
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)																		
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)																				
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)																				
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)																				
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)																				
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)																				
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido												
1	L	3.23						3.23	1.41	19													
1	M	22.32	7.05	6.55	11.34	6.59		53.85	23.43	58													
3	L	62.01	18.18					80.19	34.90	19													



Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	58	19	19	96	3	60
2	58	19	2	79	2	56
3	58	2	2	62	1	61
					VDC (max.)	61

CALCULO DE PCI	
CI (100 - VDC(max.))	39
Calificacion del PCI	MALO

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica												
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra					Esquema					
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion		Unidad de Muestra	17					
Inspector		Fecha		Area de muestra	229.8							
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)							
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)							
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)							
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)									
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)									
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)									
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)									
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)									
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido	
1	M	4.52	4.84	5.97	21.27	5.33			41.93	18.25	69	
3	M	3.5	3.25	8.77					15.52	6.75	12	
6	M	23.96	37.48						61.44	26.74	49	
11	M	3.76							3.76	1.64	11	
11	H	10.61	3.29	4					17.90	7.79	43	
13	L	4							4.00	1.74	28	
13	M	6							6.00	2.61	50	
13	H	2							2	0.87	49	


Numero	VALOR DEDUCIDO									Total	q	VDC
1	69	50	49	49	43	28	12	11	311	8		
2	69	50	49	49	43	28	12	2	302	7		
3	69	50	49	49	43	28	2	2	292	6		
4	69	50	49	49	43	2	2	2	266	5		
5	69	50	49	49	2	2	2	2	225	4		
6	69	50	49	2	2	2	2	2	178	3	98.5	
7	69	50	2	2	2	2	2	2	131	2	86	
8	69	2	2	2	2	2	2	2	83	1	82	
									VDC (max.)	98.5		

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	1.5
Calificacion del PCI =	FALLADO

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema					
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	18				
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8						
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)						
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)						
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)						
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)								
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)								
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)								
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)								
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)								
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido
1	L	4.42	1.76	4.9					11.08	4.82	28
1	M	11.99							11.99	5.22	39
10	L	7.91	17.09	1.79					26.79	11.66	9



Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	39	28	9	76	3	48
2	39	28	2	69	2	50
3	39	2	2	43	1	42
					VDC (max.)	50

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	50
Calificacion del PCI =	Regular

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica													
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema							
		Tramo		Seccion		Ida		Unidad de Muestra		19			
Inspector		Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro		Fecha		17/06/2019		Area de muestra		229.8			
1. Piel de cocodrilo		(m2)		9. Desnivel carril / berma.		(m)		17. Fisura parabolica o por deslizamiento		(m2)			
2. Exudacion		(m2)		10. Grietas Longitudinales y Transversales		(m)		18. Hinchamiento		(m2)			
3. Grietas de Bloque o Contraccion		(m2)		11. Parcheo		(m2)		19. Desprendimiento de agregados		(m2)			
4. Elevaciones y Hundimientos		(m)		12. Agregados pulidos		(m2)							
5. Corrugaciones		(m2)		13. Baches o Huecos		(un.)							
6. Depresiones		(m2)		14. Cruce de via ferrea		(m2)							
7. Grietas o fisuras de borde		(m)		15. Ahuellamiento		(m2)							
8. Grieta de reflexion de junta		(m)		16. Desplazamientos		(m2)							
Falla	Severidad	Cantidad						Total	Densidad %	Valor Deducido			
1	M	7.44	1.73				9.17	3.99	36				
3	L	4.76					4.76	2.07	3				
10	L	18.10	15.51				33.61	14.63	10				



Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	36	10	3	49	3	30
2	36	10	2	48	2	35.5
3	36	2	2	40	1	40
					VDC (max.)	40

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	60
Calificacion del PCI =	Bueno

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica																							
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema																	
		<table border="1"> <tr> <td>Tramo</td> <td>Av Universitaria - Av Gregorio Apaza</td> <td>Seccion</td> <td>Ida</td> <td>Unidad de Muestra</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Inspector</td> <td>Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro</td> <td>Fecha</td> <td>17/06/2019</td> <td>Area de muestra</td> <td>229,8</td> </tr> </table>						Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	20	Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229,8				
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	20																		
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229,8																		
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)																		
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)																		
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)																		
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)																				
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)																				
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)																				
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)																				
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)																				
Falla	Severidad	Cantidad						Total	Densidad %	Valor Deducido													
1	L	5.25					5.25	2.28	19														
1	M	30.3	17.16				47.46	20.65	59														
3	M	2.95					2.95	1.28	4														



Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	59	19	4	82	3	52
2	59	19	2	80	2	56.5
3	59	2	2	63	1	62
					VDC (max.)	62

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	38
Calificacion del PCI =	Malo

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema					
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	21				
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8						
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)						
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)						
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)						
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)								
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)								
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)								
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)								
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)								
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido
1	M	2.00						2.00	0.87	20	
3	L	8.29						8.29	3.61	4	
10	L	1.61						1.61	0.70	2	
10	M	14.81						14.81	6.44	14	



Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	20	14	4	38	3	23
2	20	14	2	36	2	26
3	20	2	2	24	1	24
					VDC (max.)	26

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	74
Calificacion del PCI =	Muy Bueno

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica																					
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema															
		<table border="1"> <tr> <td>Tramo</td> <td>Av Universitaria - Av Gregorio Apaza</td> <td>Seccion</td> <td>Ida</td> <td>Unidad de Muestra</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>Inspector</td> <td>Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro</td> <td>Fecha</td> <td>17/06/2019</td> <td>Area de muestra</td> <td>229.8</td> </tr> </table>					Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	22	Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8			
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	22																
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8																
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)																
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)																
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)																
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)																		
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)																		
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)																		
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)																		
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)																		
Falla	Severidad	Cantidad				Total	Densidad %	Valor Deducido													
1	M	4.58	2.37			6.95	3.02	33													
3	L	6.89				6.89	3.00	3													
10	L	14.08	1	2.26		17.34	7.55	8													



Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	33	8	3	44	3	27
2	33	8	2	43	2	32
3	33	2	2	37	1	37
					VDC (max.)	37

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	63
Calificacion del PCI =	Bueno

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica												
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema						
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	23					
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8							
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)							
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)							
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)							
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)									
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)									
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)									
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)									
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)									
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido	
1	M	5.07	4.34	1.26					10.67	4.64	38	
10	M	2.65							2.65	1.15	9	


Numero	VALOR DEDUCIDO						Total	q	VDC
1	38	9					47	2	34
2	38	2					40	1	40
3									
								VDC (max.)	40

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	60
Calificacion del PCI =	Bueno

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica												
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra					Esquema					
												
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	24							
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8							
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)							
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)							
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)							
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)									
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)									
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)									
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)									
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)									
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido	
1	M	2.13	1.17	1.77	3.62				8.69	3.78	34	
1	H	3.74							3.74	1.63	36	
6	M	2.41							2.41	1.05	9	
10	M	19.95	1.27						21.22	9.23	18	
11	M	2.49							2.49	1.08	10	
13	L	1							1	0.44	10	



Numero	VALOR DEDUCIDO							Total	q	VDC
1	36	34	18	10	10	9	117	6	58	
2	36	34	18	10	10	2	110	5	57	
3	36	34	18	10	2	2	102	4	58	
4	36	34	18	2	2	2	94	3	59	
5	36	34	2	2	2	2	78	2	56	
6	36	2	2	2	2	2	46	1	46	
								VDC (max.)	59	

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	41
Calificacion del PCI =	Regular

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica																							
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema																	
		<table border="1"> <tr> <td>Tramo</td> <td>Av Universitaria - Av Gregorio Apaza</td> <td>Seccion</td> <td>Ida</td> <td>Unidad de Muestra</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Inspector</td> <td>Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro</td> <td>Fecha</td> <td>17/06/2019</td> <td>Area de muestra</td> <td>229.8</td> </tr> </table>						Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	25	Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8				
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	25																		
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8																		
1. Piel de cocodrilo		(m2)	9. Desnivel carril / berma.			(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento		(m2)														
2. Exudacion		(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales			(m)	18. Hinchamiento		(m2)														
3. Grietas de Bloque o Contraccion		(m2)	11. Parcheo			(m2)	19. Desprendimiento de agregados		(m2)														
4. Elevaciones y Hundimientos		(m)	12. Agregados pulidos			(m2)																	
5. Corrugaciones		(m2)	13. Baches o Huecos			(un.)																	
6. Depresiones		(m2)	14. Cruce de via ferrea			(m2)																	
7. Grietas o fisuras de borde		(m)	15. Ahuellamiento			(m2)																	
8. Grieta de reflexion de junta		(m)	16. Desplazamientos			(m2)																	
Falla	Severidad	Cantidad						Total	Densidad %	Valor Deducido													
1	M	18.99	12.47	13.58				45.04	19.60	53													
1	H	2.62	1.44					4.06	1.77	38													
3	M	4.78	3.15					7.93	3.45	10													



Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	53	38	10	101	3	63
2	53	38	2	93	2	65
3	53	2	2	57	1	58
					VDC (max.)	65

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	35
Calificacion del PCI =	Malo

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica																							
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema																	
		<table border="1"> <tr> <td>Tramo</td> <td>Av Universitaria - Av Gregorio Apaza</td> <td>Seccion</td> <td>Ida</td> <td>Unidad de Muestra</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>Inspector</td> <td>Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro</td> <td>Fecha</td> <td>17/06/2019</td> <td>Area de muestra</td> <td>229,8</td> </tr> </table>						Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	26	Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229,8				
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Ida	Unidad de Muestra	26																		
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229,8																		
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)																		
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)																		
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)																		
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)																				
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)																				
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)																				
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)																				
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)																				
Falla	Severidad	Cantidad						Total	Densidad %	Valor Deducido													
1	M	12.49					12.49	5.44	40														
10	M	10.13	1.84	1.69			13.66	5.94	13														



Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	40	13		53	2	39
2	40	2		42	1	42
					VDC (max.)	42

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	58
Calificacion del PCI =	Bueno

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema 					
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta						
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8						
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)						
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)						
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)						
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)								
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)								
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)								
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)								
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)								
Falla	Severidad	Cantidad						Total	Densidad %	Valor Deducido	
1	M	15.76					15.76	6.86	41		
3	M	14.88					14.88	6.48	13		



Numero	VALOR DEDUCIDO						Total	q	VDC
1	41	13					54	2	40
2	41	2					43	1	43
3									
								VDC (max.)	43

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	57
Calificacion del PCI =	Bueno

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica																											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema																					
		<table border="1"> <tr> <td>Tramo</td> <td>Av Universitaria - Av Gregorio Apaza</td> <td>Seccion</td> <td>Vuelta</td> <td>Unidad de Muestra</td> <td colspan="2">28</td> </tr> <tr> <td>Inspector</td> <td>Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro</td> <td>Fecha</td> <td>17/06/2019</td> <td>Area de muestra</td> <td colspan="2">229.8</td> </tr> </table>							Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta	Unidad de Muestra	28		Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8						
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta	Unidad de Muestra	28																						
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8																						
1. Piel de cocodrilo		(m2)	9. Desnivel carril / berma.				(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento		(m2)																	
2. Exudacion		(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales				(m)	18. Hinchamiento		(m2)																	
3. Grietas de Bloque o Contraccion		(m2)	11. Parcheo				(m2)	19. Desprendimiento de agregados		(m2)																	
4. Elevaciones y Hundimientos		(m)	12. Agregados pulidos				(m2)																				
5. Corrugaciones		(m2)	13. Baches o Huecos				(un.)																				
6. Depresiones		(m2)	14. Cruce de via ferrea				(m2)																				
7. Grietas o fisuras de borde		(m)	15. Ahuellamiento				(m2)																				
8. Grieta de reflexion de junta		(m)	16. Desplazamientos				(m2)																				
Falla	Severidad	Cantidad						Total	Densidad %	Valor Deducido																	
1	M	10.19	5.75	12.54	7	5.62		41.1	17.89	52																	
11	M	5.08						5.08	2.21	16																	



Numero	VALOR DEDUCIDO					Total	q	VDC
1	52	16				68	2	49
2	52	2				54	1	53
3								
							VDC (max.)	53

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	47
Calificacion del PCI =	Regular

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica								
		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema		
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta		Unidad de Muestra	29
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8			
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)			
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)			
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)			
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)					
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)					
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)					
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)					
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)					
Falla	Severidad	Cantidad				Total	Densidad %	Valor Deducido
1	M	10.41				10.41	4.53	38
3	M	33.76				33.76	14.69	20
11	M	6.34				6.34	2.76	18


Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	38	20	18	76	3	48
2	38	20	2	60	2	44
3	38	2	2	42	1	60
					VDC (max.)	60

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	40
Calificacion del PCI =	Malo

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica																					
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema															
		<table border="1"> <tr> <td>Tramo</td> <td>Av Universitaria - Av Gregorio Apaza</td> <td>Seccion</td> <td>Vuelta</td> <td>Unidad de Muestra</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Inspector</td> <td>Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro</td> <td>Fecha</td> <td>17/06/2019</td> <td>Area de muestra</td> <td>229.8</td> </tr> </table>					Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta	Unidad de Muestra	30	Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8			
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta	Unidad de Muestra	30																
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8																
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)																
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)																
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)																
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)																		
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)																		
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)																		
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)																		
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)																		
Falla	Severidad	Cantidad				Total	Densidad %	Valor Deducido													
1	M	16.83	15.24			32.07	13.96	49													
3	M	28.6	25.57	16.89		71.06	30.92	29													
10	M	14.57				14.57	6.34	13													


Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	49	29	13	91	3	57.5
2	49	29	2	80	2	57
3	49	2	2	53	1	52
					VDC (max.)	57.5

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	42.5
Calificacion del PCI =	Regular

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica																							
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema																	
		<table border="1"> <tr> <td>Tramo</td> <td>Av Universitaria - Av Gregorio Apaza</td> <td>Seccion</td> <td>Vuelta</td> <td>Unidad de Muestra</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>Inspector</td> <td>Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro</td> <td>Fecha</td> <td>17/06/2019</td> <td>Area de muestra</td> <td>229.8</td> </tr> </table>						Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta	Unidad de Muestra	31	Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8				
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta	Unidad de Muestra	31																		
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8																		
1. Piel de cocodrilo		(m2)	9. Desnivel carril / berma.			(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento		(m2)														
2. Exudacion		(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales			(m)	18. Hinchamiento		(m2)														
3. Grietas de Bloque o Contraccion		(m2)	11. Parcheo			(m2)	19. Desprendimiento de agregados		(m2)														
4. Elevaciones y Hundimientos		(m)	12. Agregados pulidos			(m2)																	
5. Corrugaciones		(m2)	13. Baches o Huecos			(un.)																	
6. Depresiones		(m2)	14. Cruce de via ferrea			(m2)																	
7. Grietas o fisuras de borde		(m)	15. Ahuellamiento			(m2)																	
8. Grieta de reflexion de junta		(m)	16. Desplazamientos			(m2)																	
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido												
1	M	9.02	37.21					46.23	20.12	56													
10	M	3.08	1.45	2.36				6.89	3.00	19													



Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	56	19		75	2	54
2	56	2		58	1	56
3						
				VDC (max.)		56

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	44
Calificacion del PCI =	Regular

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica												
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema						
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta	Unidad de Muestra	32					
Inspector		Fecha		Area de muestra	229.8							
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)							
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)							
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)							
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)									
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)									
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)									
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)									
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)									
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido	
1	M	58.52	7.75					66.27	28.84	59		
3	M	27.23						27.23	11.85	18		
10	M	19.65						19.65	8.55	18		
13	M	1						1.00	0.44	19		



Numero	VALOR DEDUCIDO				Total	q	VDC
1	59	19	18	18	114	4	65
2	59	19	18	2	98	3	61
3	59	19	2	2	82	2	58
4	59	2	2	2	65	1	62
						VDC (max.)	65

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	35
Calificacion del PCI =	Malo

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica											
		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema					
											
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza		Seccion	Vuelta	Unidad de Muestra	33					
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro		Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8					
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)						
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)						
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)						
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)								
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)								
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)								
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)								
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)								
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido
1	M	12.69	27.83	11.39					51.91	22.59	58
3	M	10.72							10.72	4.66	10
11	M	5.2							5.2	2.26	14
13	M	1							1	0.44	19
13	H	1							1	0.44	37



Numero	VALOR DEDUCIDO					Total	q	VDC
1	58	37	19	14	10	138	5	71
2	58	37	19	14	2	130	4	73
3	58	37	19	2	2	118	3	72
4	58	37	2	2	2	101	2	70
5	58	2	2	2	2	66	1	65
							VDC (max.)	73

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	27
Calificacion del PCI =	Malo

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica																							
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema																	
		<table border="1"> <tr> <td>Tramo</td> <td>Av Universitaria - Av Gregorio Apaza</td> <td>Seccion</td> <td>Vuelta</td> <td>Unidad de Muestra</td> <td>34</td> </tr> <tr> <td>Inspector</td> <td>Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro</td> <td>Fecha</td> <td>17/06/2019</td> <td>Area de muestra</td> <td>229.8</td> </tr> </table>					Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta	Unidad de Muestra	34	Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8					
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta	Unidad de Muestra	34																		
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8																		
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril/ berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)																		
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)																		
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)																		
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)																				
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)																				
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)																				
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)																				
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)																				
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido												
1	M	22.65	2.4	1.05	8.04	5.13			39.27	17.09	53												
3	M	21.97	41.96						63.93	27.82	26												
10	M	4.24							4.24	1.85	4												
13	H	1							1	0.44	38												



Numero	VALOR DEDUCIDO				Total	q	VDC
1	53	38	26	4	121	4	68
2	53	38	26	2	119	3	73
3	53	38	2	2	95	2	66
4	53	2	2	2	59	1	58
						VDC (max.)	73

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	27
Calificacion del PCI =	Malo

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica										
		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema 				
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta		Unidad de Muestra	35		
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8					
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)					
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)					
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)					
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)							
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)							
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)							
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)							
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)							
Falla	Severidad	Cantidad						Total	Densidad %	Valor Deducido
1	M	16.14	2.15	16.42				34.71	15.10	50
1	H	7.28						7.28	3.17	48
3	M	43.36	11.67					55.03	23.95	24



Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	50	48	24	122	3	74
2	50	48	2	100	2	71
3	50	2	2	54	1	55
					VDC (max.)	74

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	26
Calificacion del PCI =	Malo

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica									
		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema 			
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta		Unidad de Muestra	36	
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8				
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)				
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)				
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)				
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)						
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)						
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)						
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)						
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)						
Falla	Severidad	Cantidad					Total	Densidad %	Valor Deducido
1	M	15.28	17.95	16.96			50.19	21.84	56
1	H	3.97	12.3	4.58	2.59		23.44	10.20	61
3	M	16.41					16.41	7.14	13
10	M	2.55	13.15				15.7	6.83	14



Numero	VALOR DEDUCIDO				Total	q	VDC
1	61	56	14	13	144	4	80
2	61	56	14	2	133	3	81
3	61	56	2	2	121	2	82
4	61	2	2	2	67	1	66
						VDC (max.)	82

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	18
Calificacion del PCI =	Muy Malo

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica								
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema 		
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta		Unidad de Muestra	37
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8			
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)			
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)			
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)			
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)					
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)					
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)					
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)					
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)					
Falla	Severidad	Cantidad				Total	Densidad %	Valor Deducido
1	M	30.14	15.42	22.43		67.99	29.59	60
1	H	3.75	4.04			7.79	3.39	33
3	M	43.49				43.49	18.93	21



Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	60	33	21	114	3	70
2	60	33	2	95	2	67
3	60	2	2	64	1	62
					VDC (max.)	70

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	30
Calificacion del PCI =	Malo

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema					
											
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza		Seccion	Vuelta	Unidad de Muestra	38					
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro		Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8					
1. Piel de cocodrilo	(m2)		9. Desnivel carril / berma.	(m)		17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)				
2. Exudacion	(m2)		10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)		18. Hinchamiento	(m2)				
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)		11. Parcheo	(m2)		19. Desprendimiento de agregados	(m2)				
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)		12. Agregados pulidos	(m2)							
5. Corrugaciones	(m2)		13. Baches o Huecos	(un.)							
6. Depresiones	(m2)		14. Cruce de via ferrea	(m2)							
7. Grietas o fisuras de borde	(m)		15. Ahuellamiento	(m2)							
8. Grieta de reflexion de junta	(m)		16. Desplazamientos	(m2)							
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido
1	M	15.41	4.27	1.71	1.68	9.09	5.71	4.58	42.45	18.47	53
1	H	18.57	12.29						30.86	13.43	63
3	M	16.04	19.66						35.70	15.54	20
13	L	1							1.00	0.44	10
13	M	2.00							2.00	0.87	29



Numero	VALOR DEDUCIDO					Total	q	VDC
1	63	53	29	20	10	175	5	85.5
2	63	53	29	20	2	167	4	89
3	63	53	29	2	2	149	3	86
4	63	53	2	2	2	122	2	82
5	63	2	2	2	2	71	1	70
							VDC (max.)	89

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	11
Calificacion del PCI =	Muy Malo

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica												
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema						
												
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza		Seccion	Vuelta	Unidad de Muestra	39						
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro		Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8						
1. Piel de cocodrilo	(m2)		9. Desnivel carril / berma.	(m)		17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)					
2. Exudacion	(m2)		10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)		18. Hinchamiento	(m2)					
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)		11. Parcheo	(m2)		19. Desprendimiento de agregados	(m2)					
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)		12. Agregados pulidos	(m2)								
5. Corrugaciones	(m2)		13. Baches o Huecos	(un.)								
6. Depresiones	(m2)		14. Cruce de via ferrea	(m2)								
7. Grietas o fisuras de borde	(m)		15. Ahuellamiento	(m2)								
8. Grieta de reflexion de junta	(m)		16. Desplazamientos	(m2)								
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido	
1	M	23.58	27.36	6.46	8.13	14.12	4.73		84.38	36.72	62	
3	M	3.45	5.05						8.5	3.70	10	
13	M	4							4	1.74	40	



Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	62	40	10	112	3	69
2	62	40	2	104	2	72
3	62	2	2	66	1	65
					VDC (max.)	72

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	28
Calificacion del PCI =	Malo

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema					
											
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza		Seccion	Vuelta	Unidad de Muestra	40					
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro		Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8					
1. Piel de cocodrilo			(m2)	9. Desnivel carril / berma.			(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento			(m2)
2. Exudacion			(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales			(m)	18. Hinchamiento			(m2)
3. Grietas de Bloque o Contraccion			(m2)	11. Parcheo			(m2)	19. Desprendimiento de agregados			(m2)
4. Elevaciones y Hundimientos			(m)	12. Agregados pulidos			(m2)				
5. Corrugaciones			(m2)	13. Baches o Huecos			(un.)				
6. Depresiones			(m2)	14. Cruce de via ferrea			(m2)				
7. Grietas o fisuras de borde			(m)	15. Ahuellamiento			(m2)				
8. Grieta de reflexion de junta			(m)	16. Desplazamientos			(m2)				
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido
1	M	10.74	5.8	10.79	15.38	29.91	13.08		85.7	37.29	62
1	H	5.01	2.64						7.65	3.33	48
3	M	11.44							11.44	4.98	11
10	M	1.97							1.97	0.86	8
13	M	3.00							3.00	1.31	34



Numero	VALOR DEDUCIDO						Total	q	VDC
1	62	53	34	10	8	167	5	83.5	
2	62	53	34	10	2	161	4	87	
3	62	53	34	2	2	153	3	89	
4	62	53	2	2	2	121	2	82	
5	62	2	2	2	2	70	1	68	
							VDC (max.)	89	

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	11
Calificacion del PCI =	Muy Malo

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica												
		Hoja de Registro por Unidad de Muestra					Esquema					
												
Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza		Seccion	Vuelta	Unidad de Muestra	41						
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro		Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8						
1. Piel de cocodrilo			(m2)	9. Desnivel carril / berma.			(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento			(m2)	
2. Exudacion			(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales			(m)	18. Hinchamiento			(m2)	
3. Grietas o Bloque o Contraccion			(m2)	11. Parcheo			(m2)	19. Desprendimiento de agregados			(m2)	
4. Elevaciones y Hundimientos			(m)	12. Agregados pulidos			(m2)					
5. Corrugaciones			(m2)	13. Baches o Huecos			(un.)					
6. Depresiones			(m2)	14. Cruce de via ferrea			(m2)					
7. Grietas o fisuras de borde			(m)	15. Ahuellamiento			(m2)					
8. Grieta de reflexion de junta			(m)	16. Desplazamientos			(m2)					
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido	
1	M	10.74	5.8	10.79	15.38	29.91	13.08		85.7	37.29	62	
1	H	5.01	2.64						7.65	3.33	48	
3	M	11.44							11.44	4.98	11	



Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	62	48	11	121	3	74
2	62	48	2	112	2	77
3	62	2	2	66	1	65
					VDC (max.)	77

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	23
Calificacion del PCI =	Muy Malo

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica											
		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema 					
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta						
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8						
1. Piel de cocodrilo		(m2)	9. Desnivel carril / berma.		(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento		(m2)			
2. Exudacion		(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales		(m)	18. Hinchamiento		(m2)			
3. Grietas de Bloque o Contraccion		(m2)	11. Parcheo		(m2)	19. Desprendimiento de agregados		(m2)			
4. Elevaciones y Hundimientos		(m)	12. Agregados pulidos		(m2)						
5. Corrugaciones		(m2)	13. Baches o Huecos		(un.)						
6. Depresiones		(m2)	14. Cruce de via ferrea		(m2)						
7. Grietas o fisuras de borde		(m)	15. Ahuellamiento		(m2)						
8. Grieta de reflexion de junta		(m)	16. Desplazamientos		(m2)						
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido
1	M	6.35	38.29					44.64	19.43	54	
1	H	15.17						15.17	6.60	57	
3	M	18.48						18.48	8.04	14	
10	M	18.2						18.2	7.92	16	



Numero	VALOR DEDUCIDO				Total	q	VDC
1	57	54	16	14	141	4	79
2	57	54	16	2	129	3	78
3	57	54	2	2	115	2	78
4	57	2	2	2	63	1	61
						VDC (max.)	79

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	21
Calificacion del PCI =	Muy Malo

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica								
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema 		
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta		Unidad de Muestra	43
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8			
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)			
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)			
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)			
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)					
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)					
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)					
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)					
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)					
Falla	Severidad	Cantidad				Total	Densidad %	Valor Deducido
1	M	14.85				14.85	6.46	39
6	M	27.93	45.2			73.13	31.82	50
13	M	7				7.00	3.05	53
13	H	3				3.00	1.31	58



Numero	VALOR DEDUCIDO				Total	q	VDC
1	58	53	50	39	200	4	97
2	58	53	50	2	161	3	93
3	58	53	2	2	113	2	77
4	58	2	2	2	62	1	61
						VDC (max.)	97

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	3
Calificacion del PCI =	FALLADO

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica										
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema				
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta	Unidad de Muestra	44			
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229,8					
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)					
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)					
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parqueo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)					
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)							
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)							
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)							
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)							
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)							
Falla	Severidad	Cantidad						Total	Densidad %	Valor Deducido
1	L	18.75						18.75	8.16	30
1	M	33.04	2.64	6.59				42.27	18.39	54
3	M	1.51						1.51	0.66	4



Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	54	30	4	88	3	55
2	54	30	2	86	2	61
3	54	2	2	58	1	57
					VDC (max.)	61

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	39
Calificacion del PCI =	Malo

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica											
		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema 					
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta						
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8						
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)						
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)						
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)						
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)								
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)								
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)								
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)								
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)								
Falla	Severidad	Cantidad						Total	Densidad %	Valor Deducido	
1	M	5.26	3.71	4.8	4.45			18.22	7.93	43	
1	H	1.41						1.41	0.61	24	
3	M	11.48	3.01					14.49	6.31	12	



Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	43	24	12	79	3	50
2	43	24	2	69	2	50
3	43	2	2	47	1	46
					VDC (max.)	50

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	50
Calificacion del PCI =	Regular

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica								
		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema 		
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta		Unidad de Muestra	46
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8			
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)			
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)			
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)			
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)					
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)					
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)					
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)					
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)					
Falla	Severidad	Cantidad				Total	Densidad %	Valor Deducido
1	L	27.73	4.99			32.72	14.24	37
1	M	2.41	12.22			14.63	6.37	40
3	M	12.14				12.14	5.28	11



Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	40	37	11	88	3	55
2	40	37	2	79	2	56
3	40	2	2	44	1	44
				VDC (max.)		56

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	44
Calificacion del PCI =	Regular

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica											
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema 					
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta						
Inspector		Fecha		Area de muestra	229.8						
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)						
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)						
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)						
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)								
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)								
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)								
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)								
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)								
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido
1	M	3.73						3.73	1.62	26	
10	M	24.67	2.17	2.41				29.25	12.73	20	



Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	26	20		46	2	34
2	26	2		28	1	28
					VDC (max.)	34

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	66
Calificacion del PCI =	Bueno

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica								
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema 		
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta		Unidad de Muestra	48
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8			
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabólica o por deslizamiento	(m2)			
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)			
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)			
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)					
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)					
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)					
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)					
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)					
Falla	Severidad	Cantidad				Total	Densidad %	Valor Deducido
1	H	6.82				6.82	2.97	46
10	M	13.93	10.36	2.17		26.46	11.51	19



Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	46	19		65	2	47
2	46	2		48	1	46
3						
					VDC (max.)	47

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.)) =	53
Calificacion del PCI =	Regular

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica								
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema 		
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta		Unidad de Muestra	49
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8			
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)			
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)			
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)			
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)					
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)					
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)					
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)					
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)					
Falla	Severidad	Cantidad				Total	Densidad %	Valor Deducido
1	H					0.44	0.19	17
10	M	18.22	1.36			19.58	8.52	19
13	M	1				1.00	0.44	18



Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	19	18	17	54	3	34
2	19	18	2	39	2	28
3	19	2	2	23	1	21
					VDC (max.)	34

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	66
Calificacion del PCI =	Bueno

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica										
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema				
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta	Unidad de Muestra	0			
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8					
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)					
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)					
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)					
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)							
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)							
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)							
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)							
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)							
Falla	Severidad	Cantidad						Total	Densidad %	Valor Deducido
1	M	4.26	2.33				6.59	2.87	31	
10	M	9.6					9.6	4.18	10	
11	M	6.81					6.81	2.96	18	



Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	31	18	10	59	3	36.5
2	31	18	2	51	2	37
3	31	2	2	35	1	35
					VDC (max.)	37

CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	63
Calificacion del PCI =	Bueno

Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica									
		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema 			
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta				
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8				
1. Piel de cocodrilo	(m2)	9. Desnivel carril / berma.	(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento	(m2)				
2. Exudacion	(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales	(m)	18. Hinchamiento	(m2)				
3. Grietas de Bloque o Contraccion	(m2)	11. Parcheo	(m2)	19. Desprendimiento de agregados	(m2)				
4. Elevaciones y Hundimientos	(m)	12. Agregados pulidos	(m2)						
5. Corrugaciones	(m2)	13. Baches o Huecos	(un.)						
6. Depresiones	(m2)	14. Cruce de via ferrea	(m2)						
7. Grietas o fisuras de borde	(m)	15. Ahuellamiento	(m2)						
8. Grieta de reflexion de junta	(m)	16. Desplazamientos	(m2)						
Falla	Severidad	Cantidad				Total	Densidad %	Valor Deducido	
1	M	6.21	10.66	2.31		19.18	8.35	43	
11	M	3.16	8.22			11.38	4.95	21	

Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	43	21		64	2	46
2	43	2		45	1	45
3						
					VDC (max.)	46

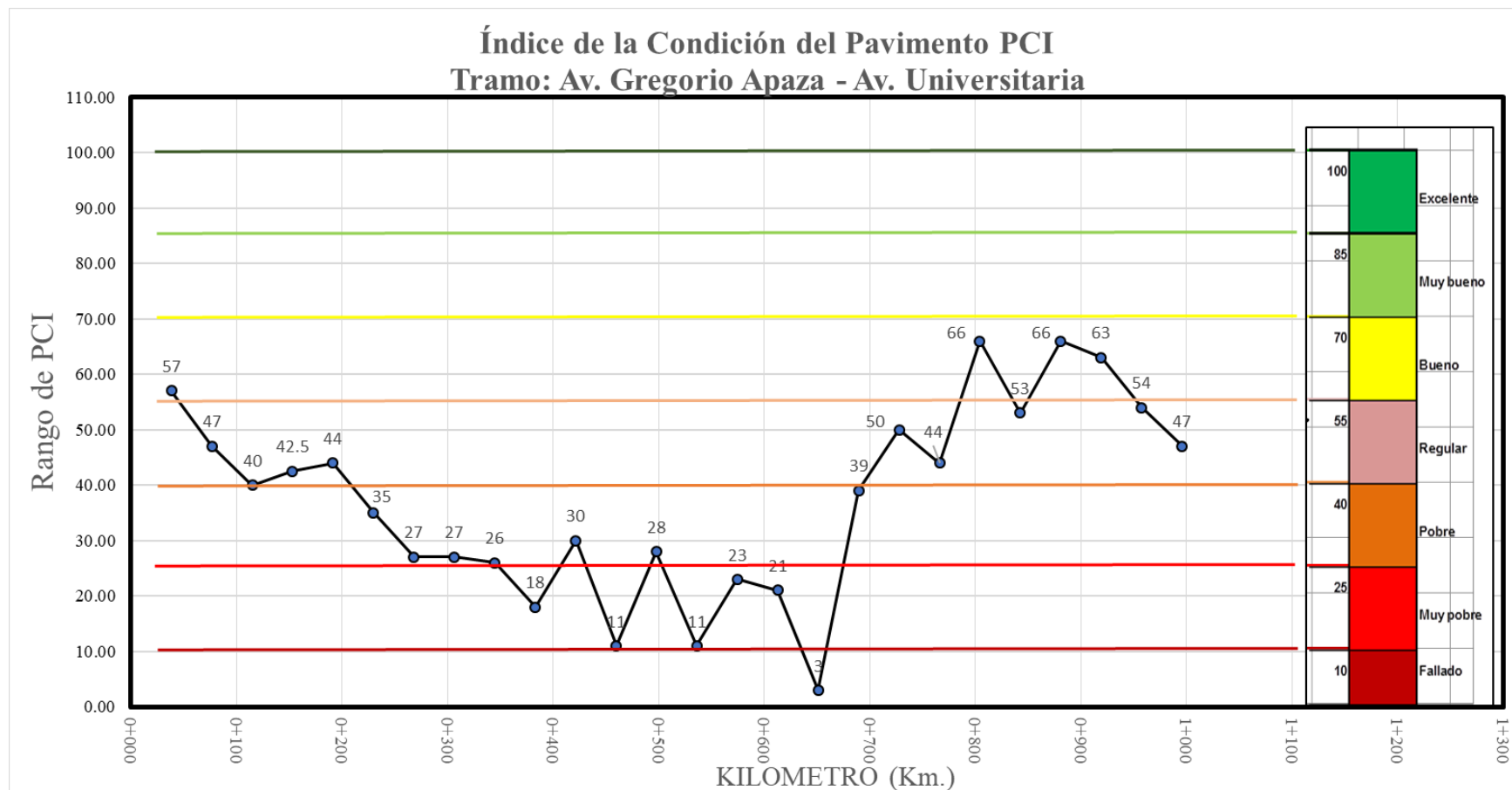
CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	54
Calificacion del PCI =	Regular

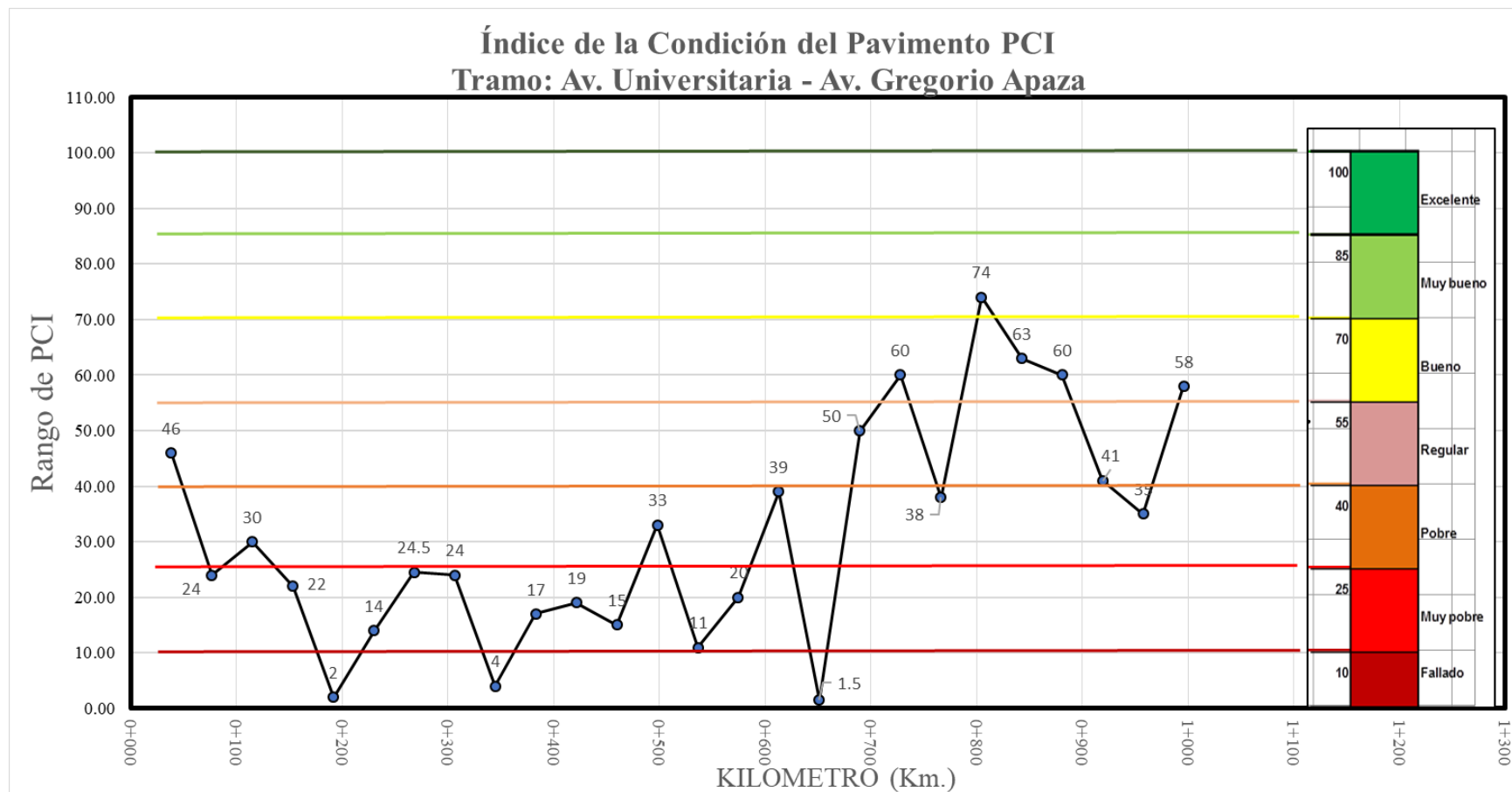
Indice de Condicion de Pavimento para Carreteras con Superficie Asfaltica											
		Hoja de Registro por Unidad de Muestra				Esquema 					
		Tramo	Av Universitaria - Av Gregorio Apaza	Seccion	Vuelta						
Inspector	Fernandez Ruiz, Carlos Lisandro	Fecha	17/06/2019	Area de muestra	229.8						
1. Piel de cocodrilo		(m2)	9. Desnivel carril / berma.			(m)	17. Fisura parabolica o por deslizamiento		(m2)		
2. Exudacion		(m2)	10. Grietas Longitudinales y Transversales			(m)	18. Hinchamiento		(m2)		
3. Grietas de Bloque o Contraccion		(m2)	11. Parcheo			(m2)	19. Desprendimiento de agregados		(m2)		
4. Elevaciones y Hundimientos		(m)	12. Agregados pulidos			(m2)					
5. Corrugaciones		(m2)	13. Baches o Huecos			(un.)					
6. Depresiones		(m2)	14. Cruce de via ferrea			(m2)					
7. Grietas o fisuras de borde		(m)	15. Ahuellamiento			(m2)					
8. Grieta de reflexion de junta		(m)	16. Desplazamientos			(m2)					
Falla	Severidad	Cantidad							Total	Densidad %	Valor Deducido
1	M	4.18						4.18	1.82	29	
1	H	0.67						0.67	0.29	19	
11	M	3.62						3.62	1.58	37	

Numero	VALOR DEDUCIDO			Total	q	VDC
1	37	29	19	85	3	53
2	37	29	2	68	2	49
3	37	2	2	41	1	41
					VDC (max.)	53

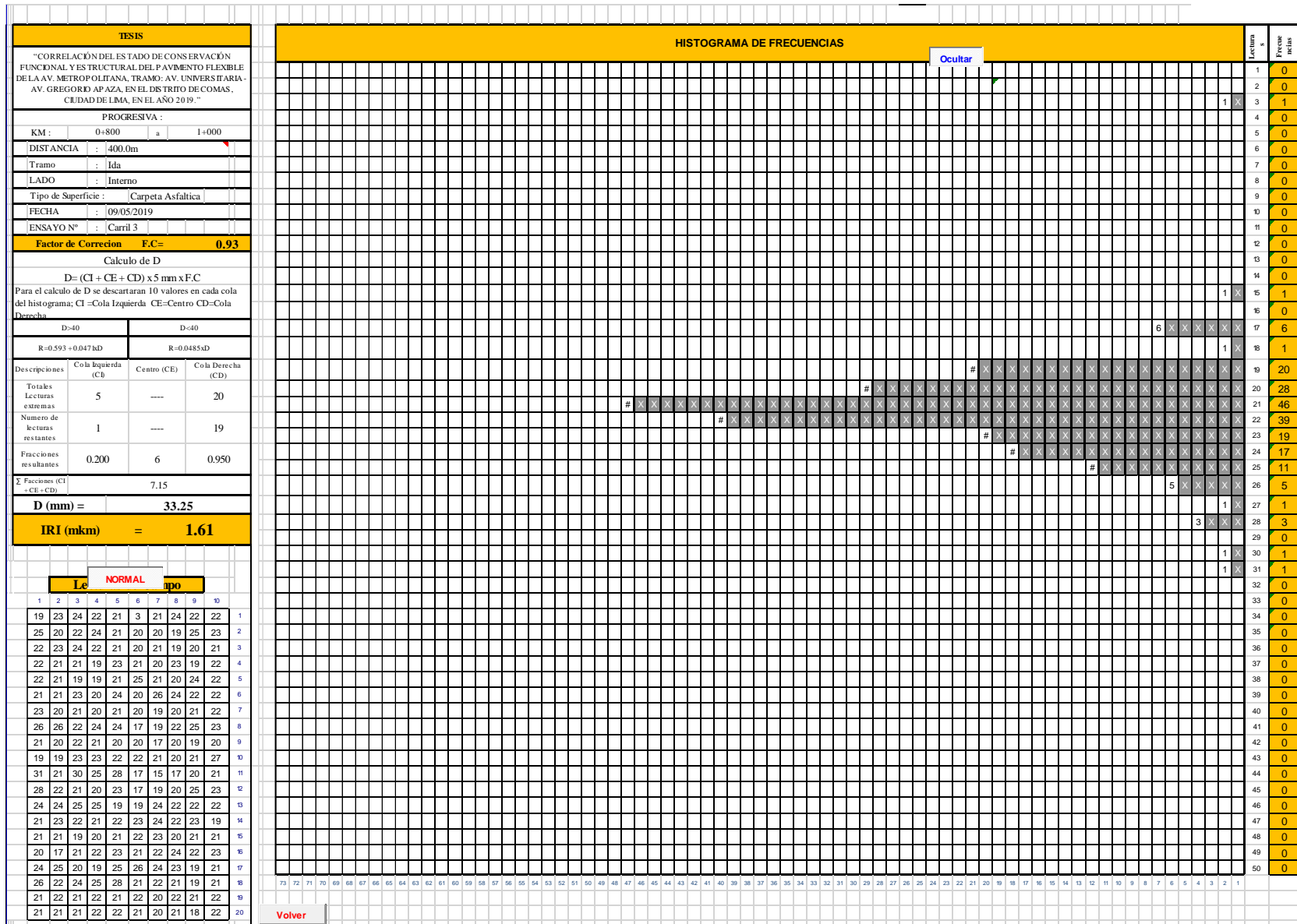
CALCULO DE PCI	
PCI (100 - VDC(max.) =	47
Calificacion del PCI =	Regular

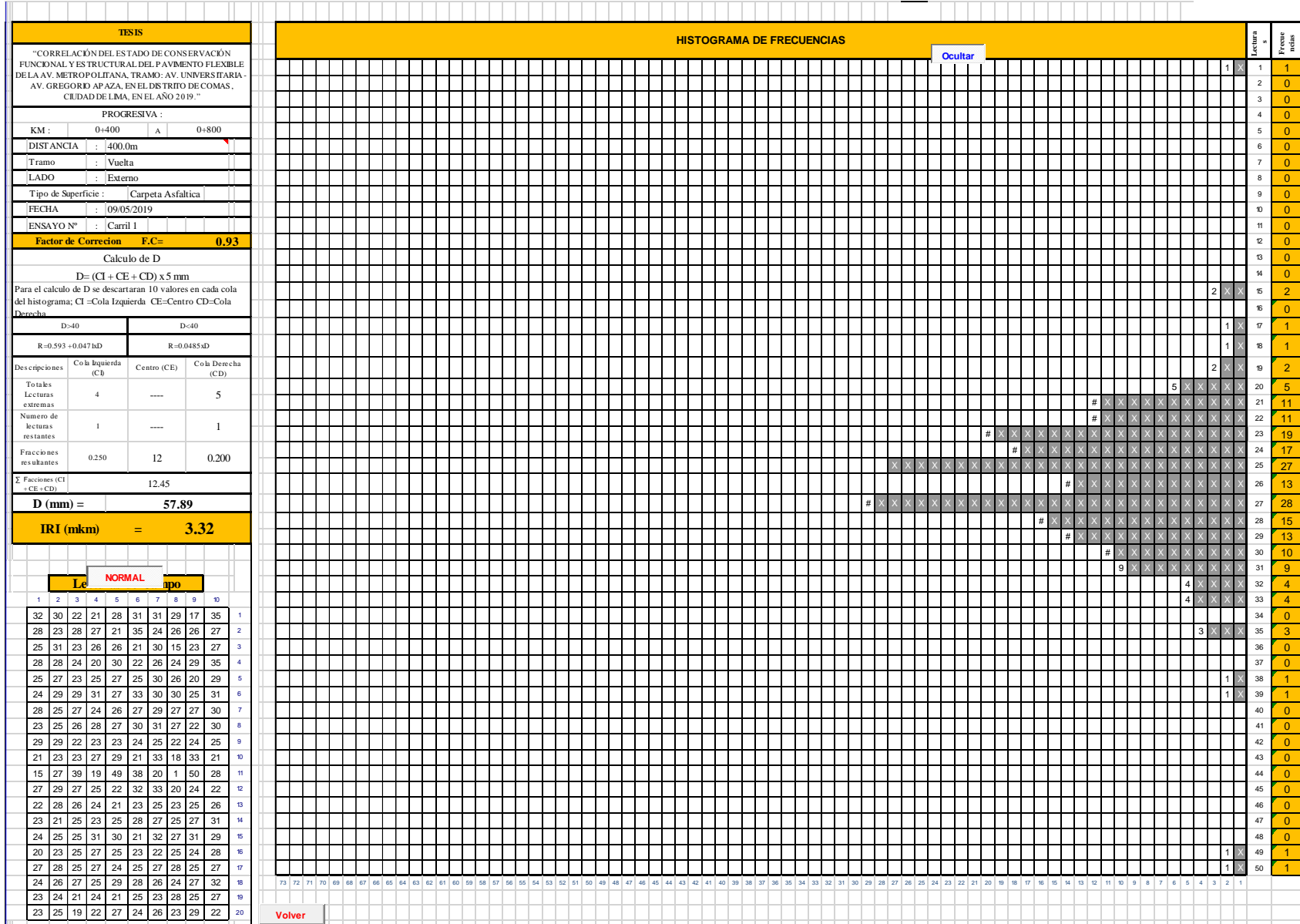
ANEXO 6: Grafica de PCI

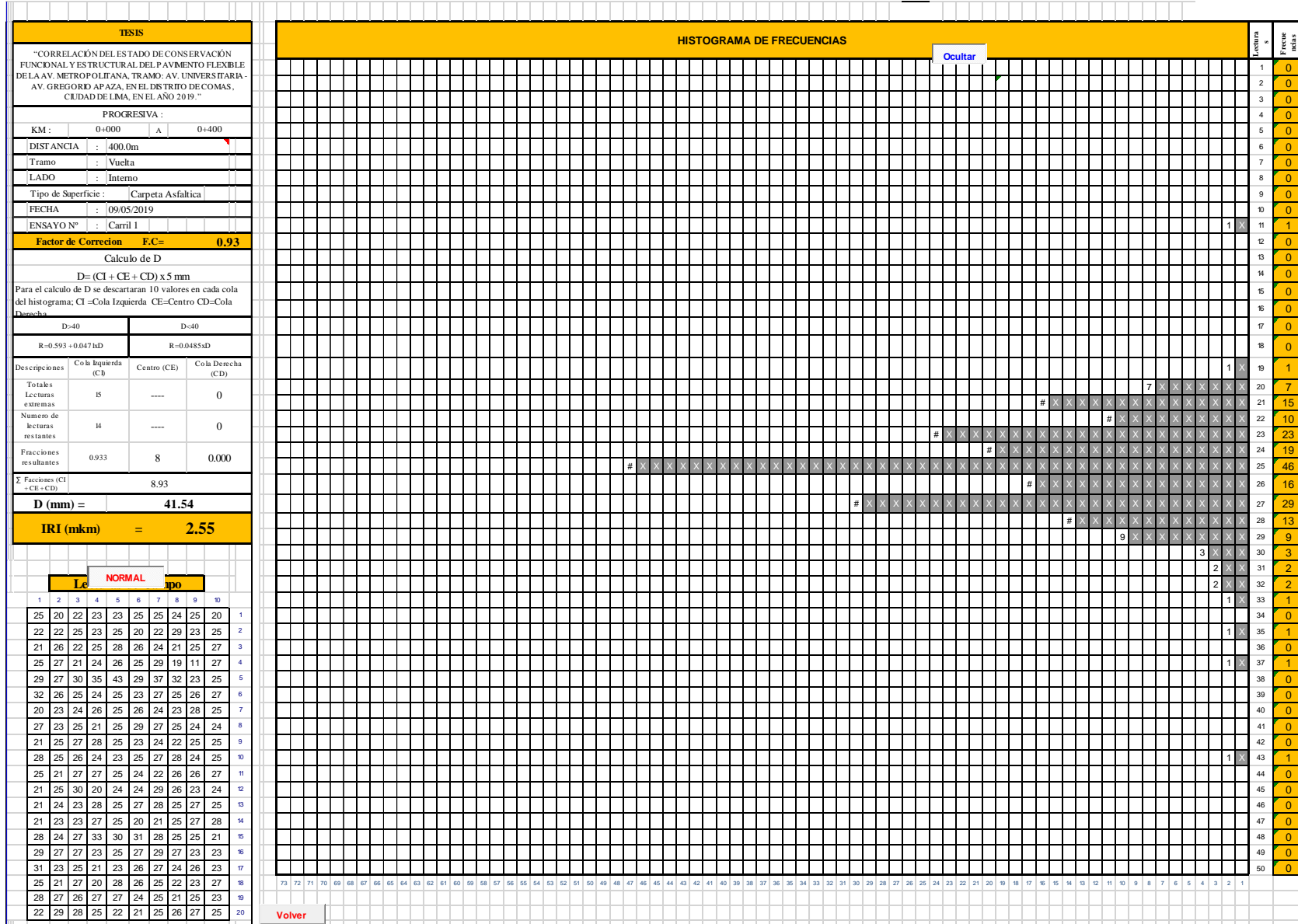


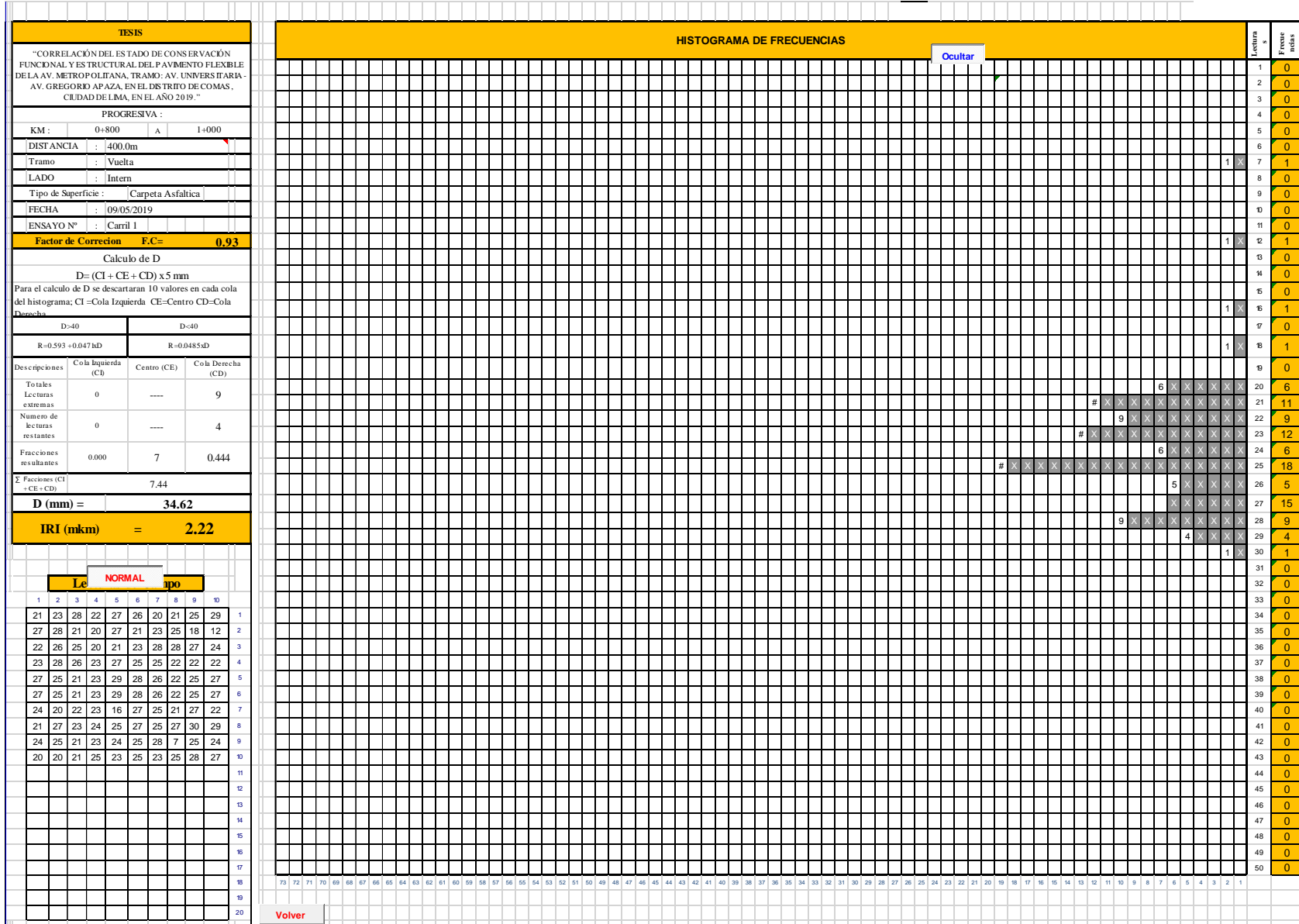


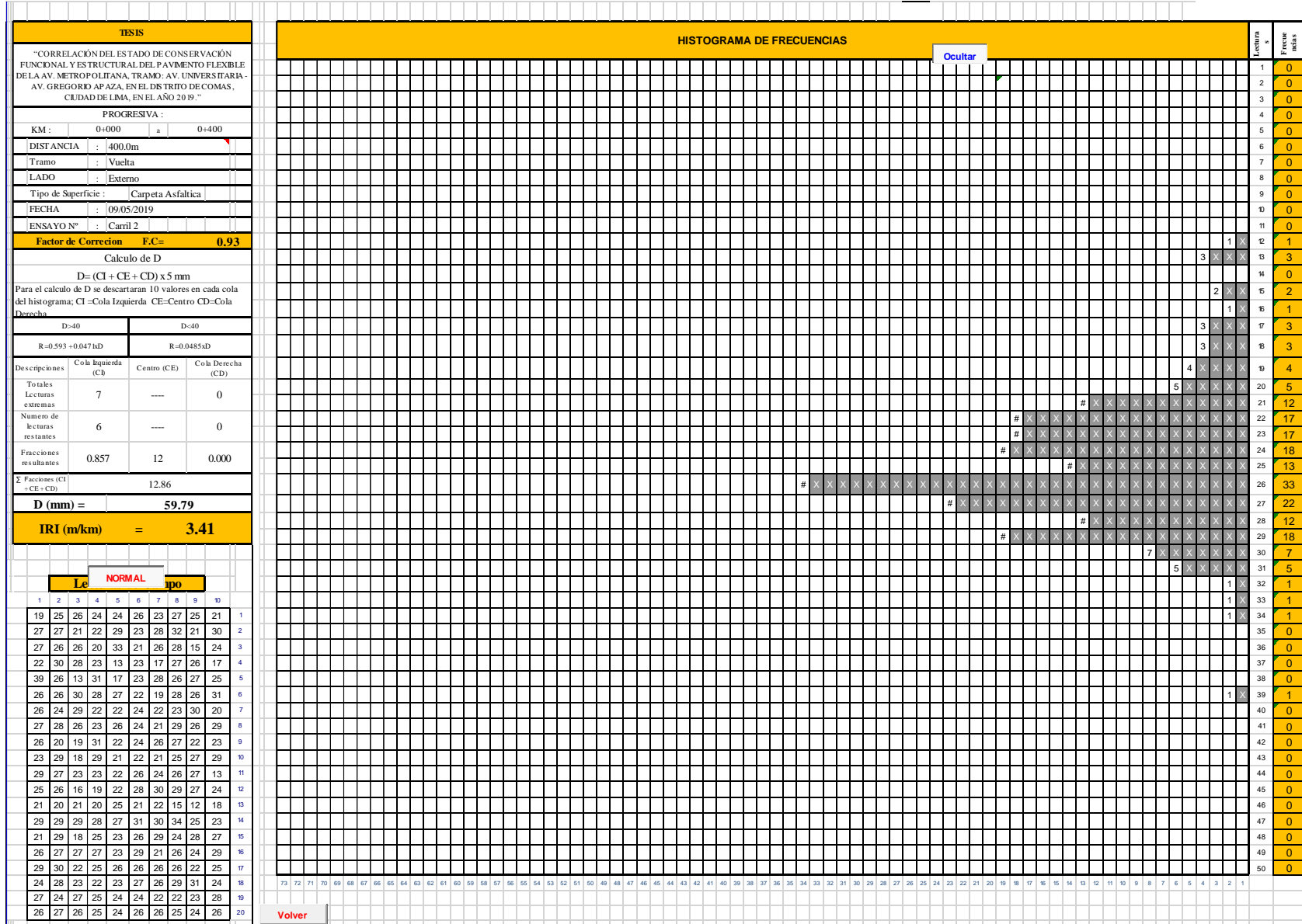
ANEXO 7: Calculo del IRI

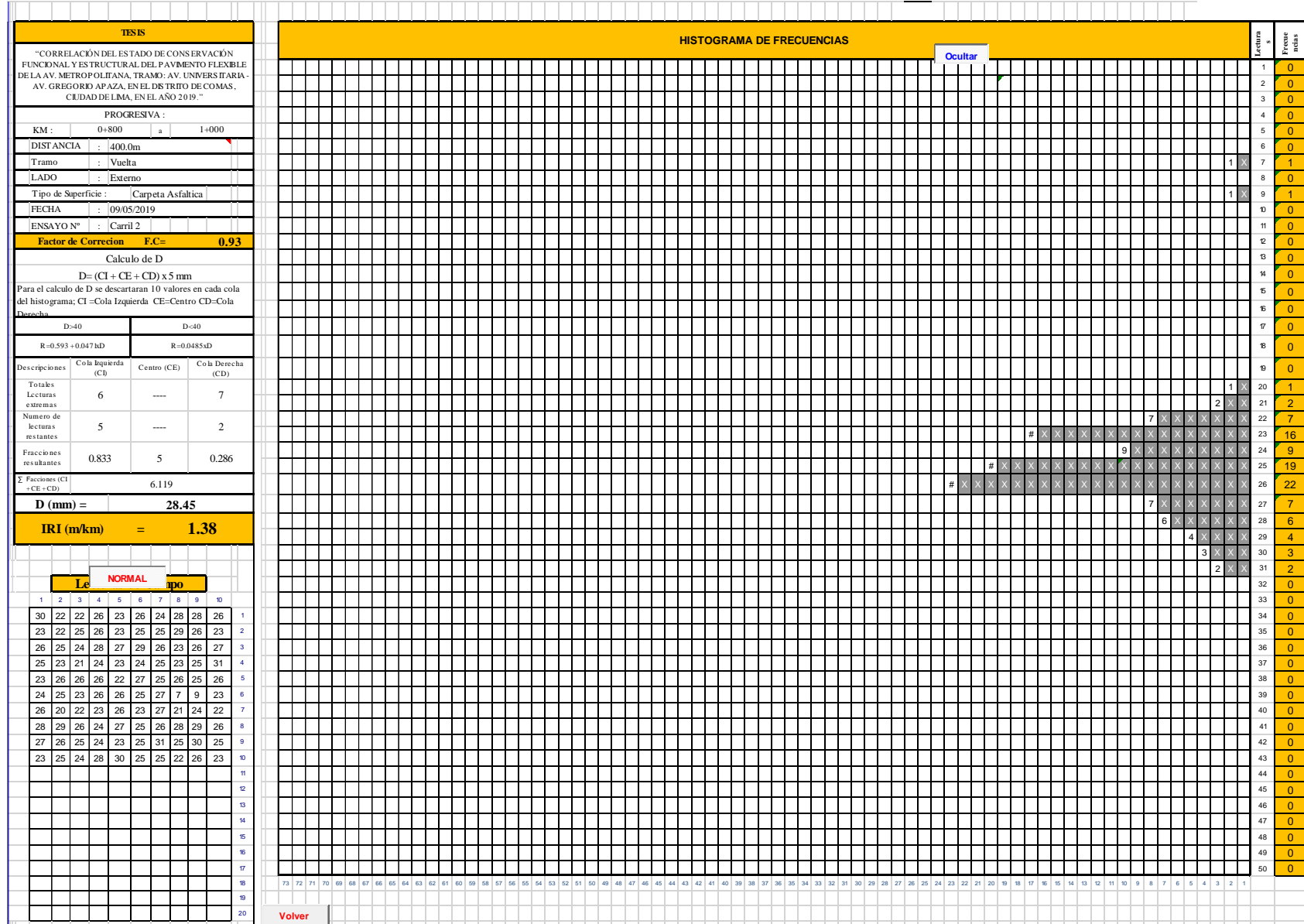


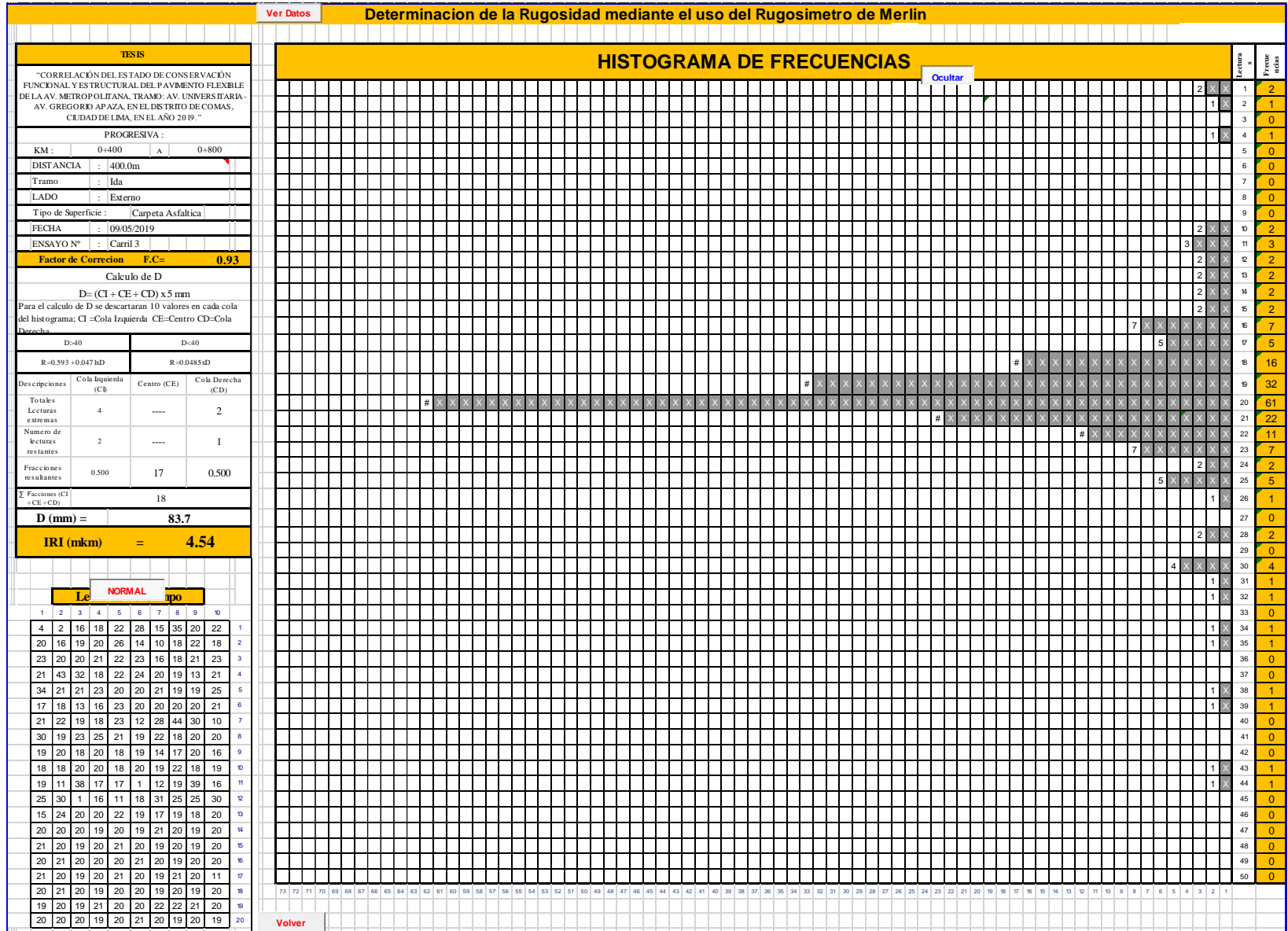




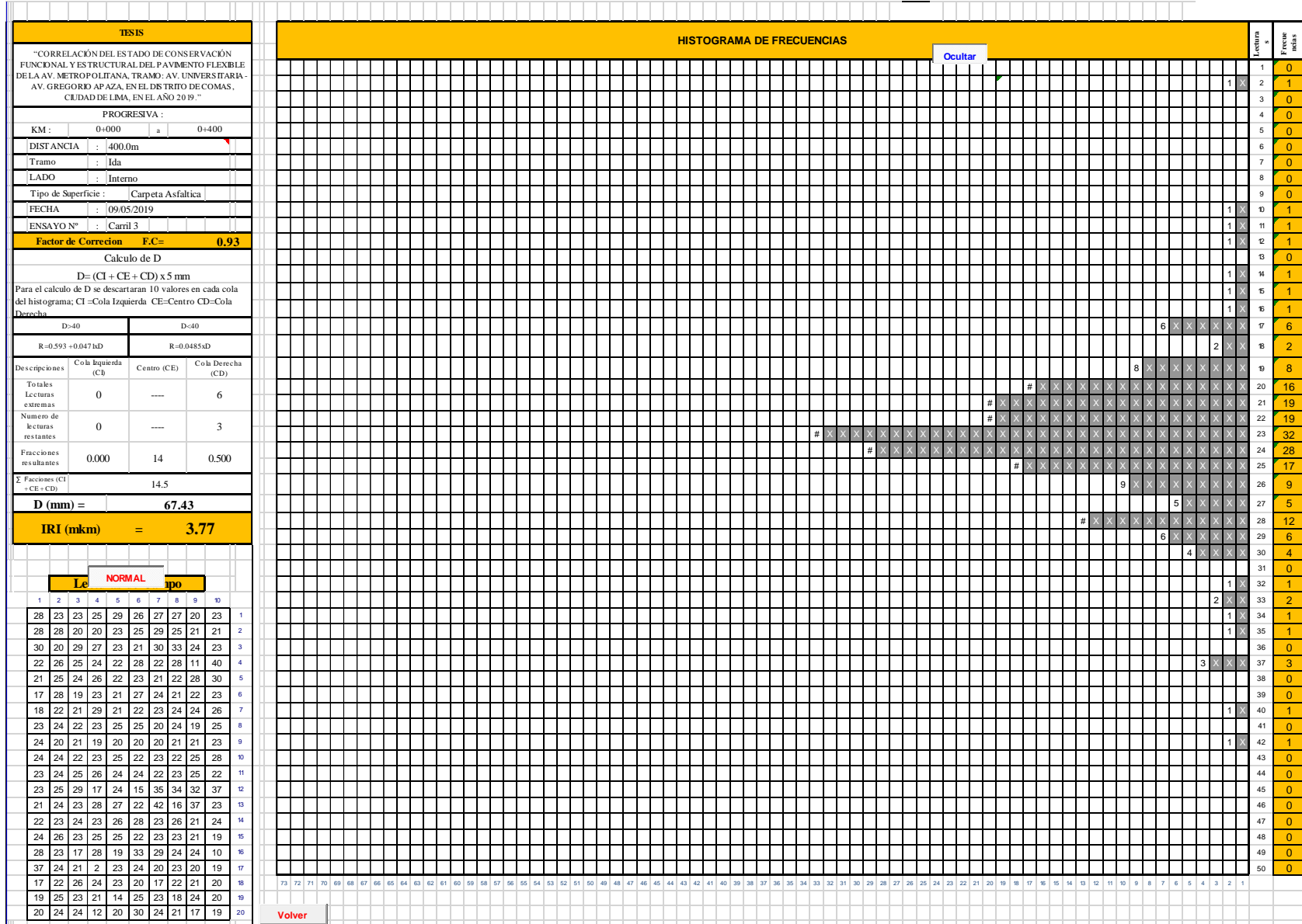


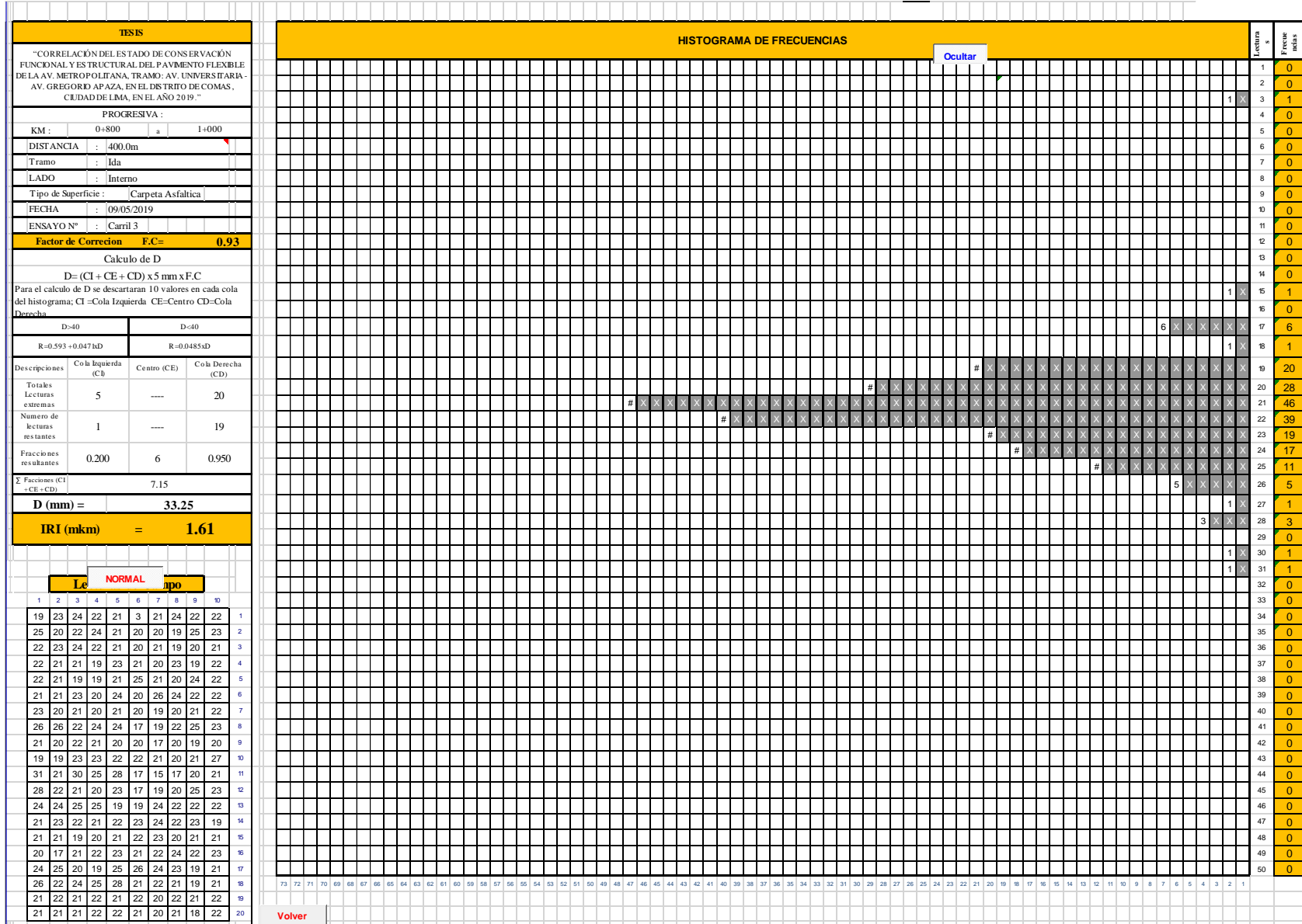


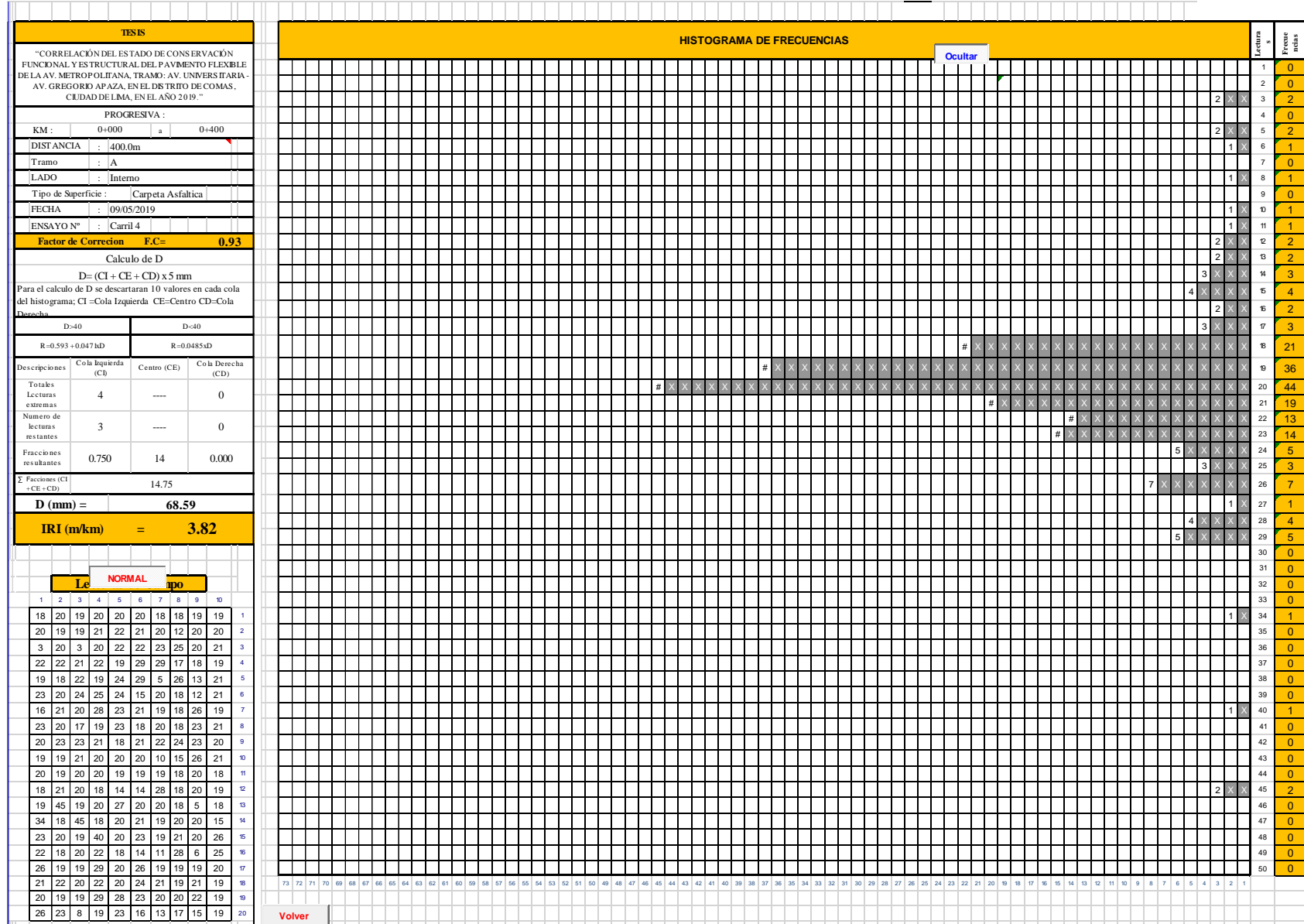


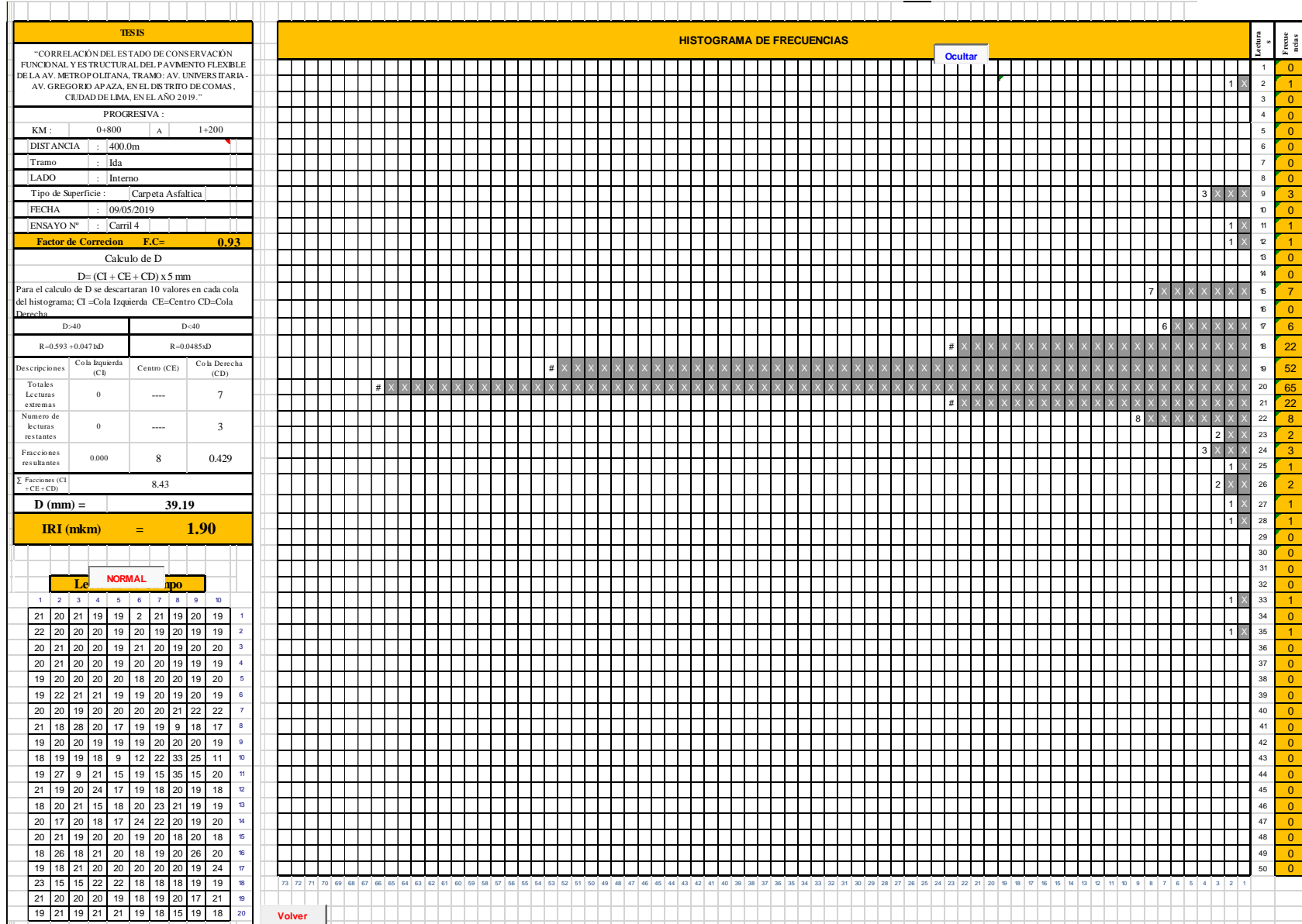


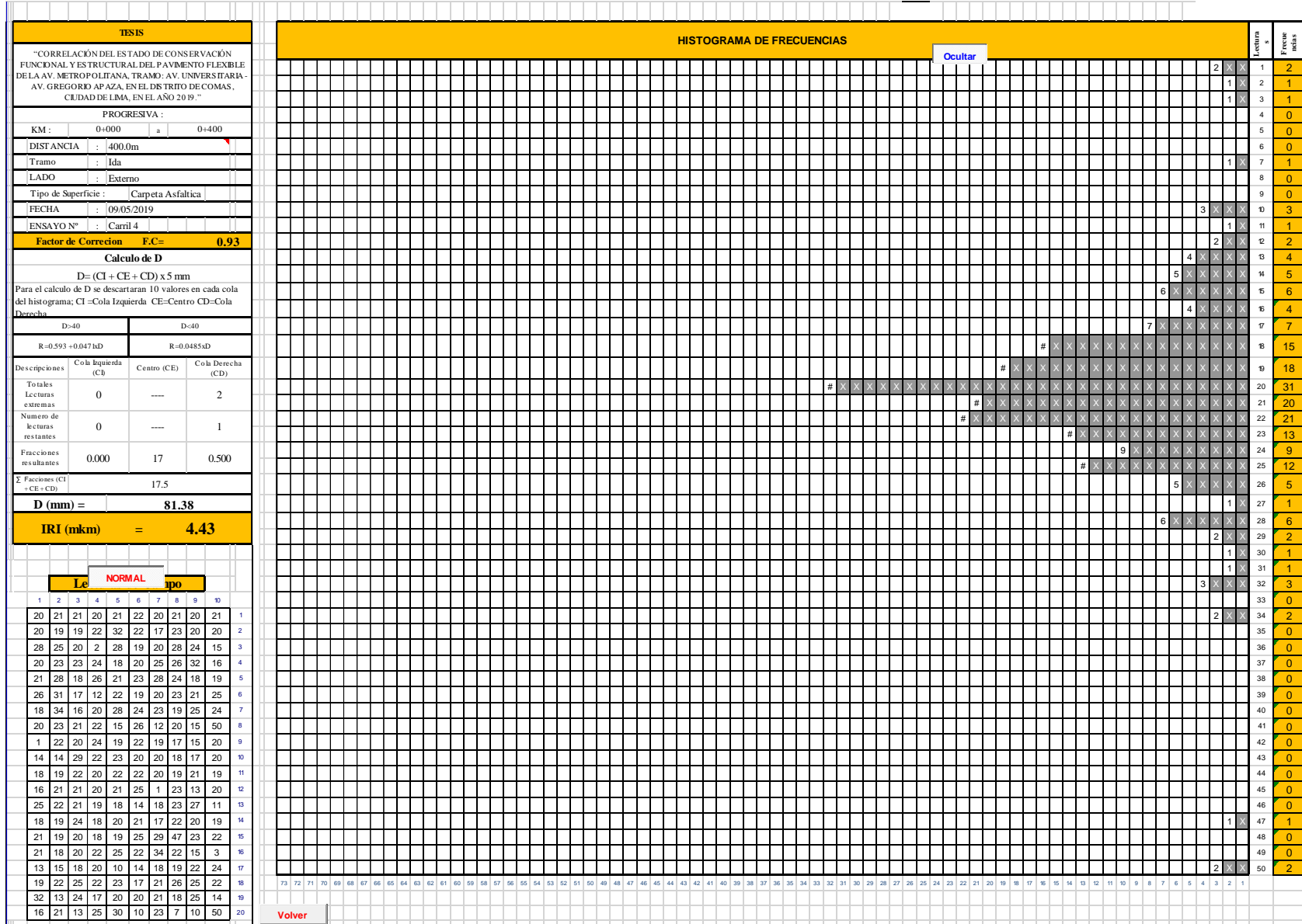
TESIS				HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS																																																		Ítem	Frecuencia
"CORRELACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN FUNCIONAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. METROPOLITANA, TRAMO: AV. UNIVERSITARIA - AV. GREGORIO APAZA, EN EL DISTRITO DE COMAS, CIUDAD DE LIMA, EN EL AÑO 2019."				Ocultar																																																		1	0
PROGRESIVA :																																																						2	1
KM :	0+800	a	1+200																																																			3	0
DISTANCIA :	400.0m																																																					4	0
Tramo :	Ida																																																					5	0
LADO :	Externo																																																					6	0
Tipo de Superficie :	Carpeta Asfáltica																																																					7	0
FECHA :	09/05/2019																																																					8	0
ENSAYO Nº :	Carril 3																																																					9	0
Factor de Corrección F.C.= 0.93																																																						10	0
Calculo de D																																																						11	0
D= (CI + CE + CD) x 5 mm x F.C																																																						12	0
Para el calculo de D se descartaran 10 valores en cada cola del histograma; CI =Cola Izquierda CE=Centro CD=Cola Derecha																																																						13	1
D>40																																												4	1										
D<40																																												14	0										
R=0.593 + 0.0471d																																												15	0										
R=0.0485d																																												16	4										
Descripciones	Cola Izquierda (Cb)	Centro (CE)	Cola Derecha (CD)																																																			17	6
Totales Lecturas extremas	4	----	6																																																			18	7
Número de lecturas restantes	2	----	2																																																			19	42
Fraciones resultantes	0.500	6	0.333																																																			20	71
Σ Fracciones (CI +CE+CD)	6.83																																																					21	35
D (mm) = 31.78																																																						22	17
IRI (m/km) = 1.54																																																						23	4
																																																						24	4
																																																						25	3
																																																						26	1
																																																						27	2
																																																						28	1
																																																						29	0
																																																						30	0
																																																						31	0
																																																						32	0
																																																						33	0
																																																						34	0
																																																						35	0
																																																						36	0
																																																						37	0
																																																						38	0
																																																						39	0
																																																						40	0
																																																						41	0
																																																						42	0
																																																						43	0
																																																						44	0
																																																						45	0
																																																						46	0
																																																						47	0
																																																						48	0
																																																						49	0
																																																						50	1

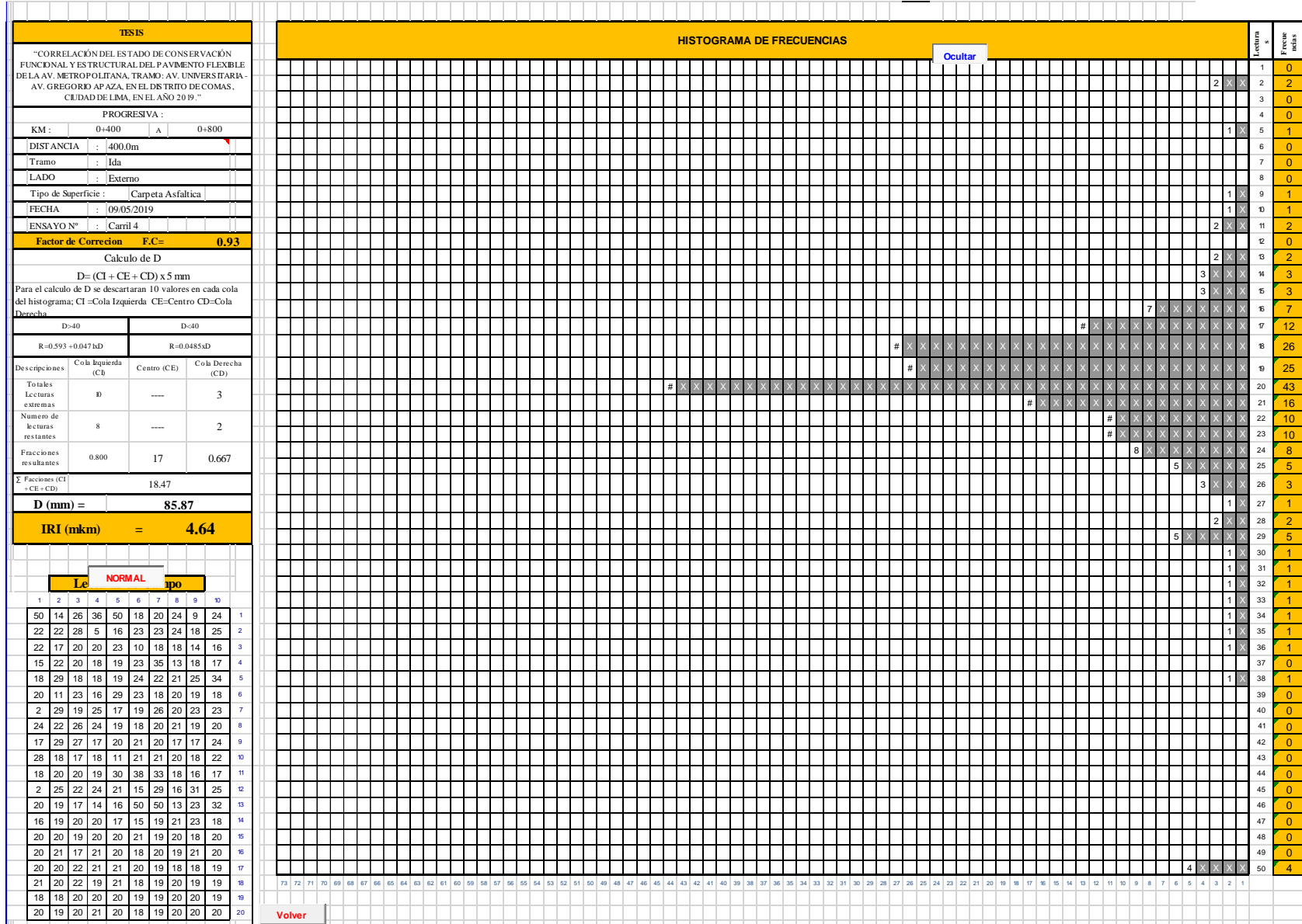


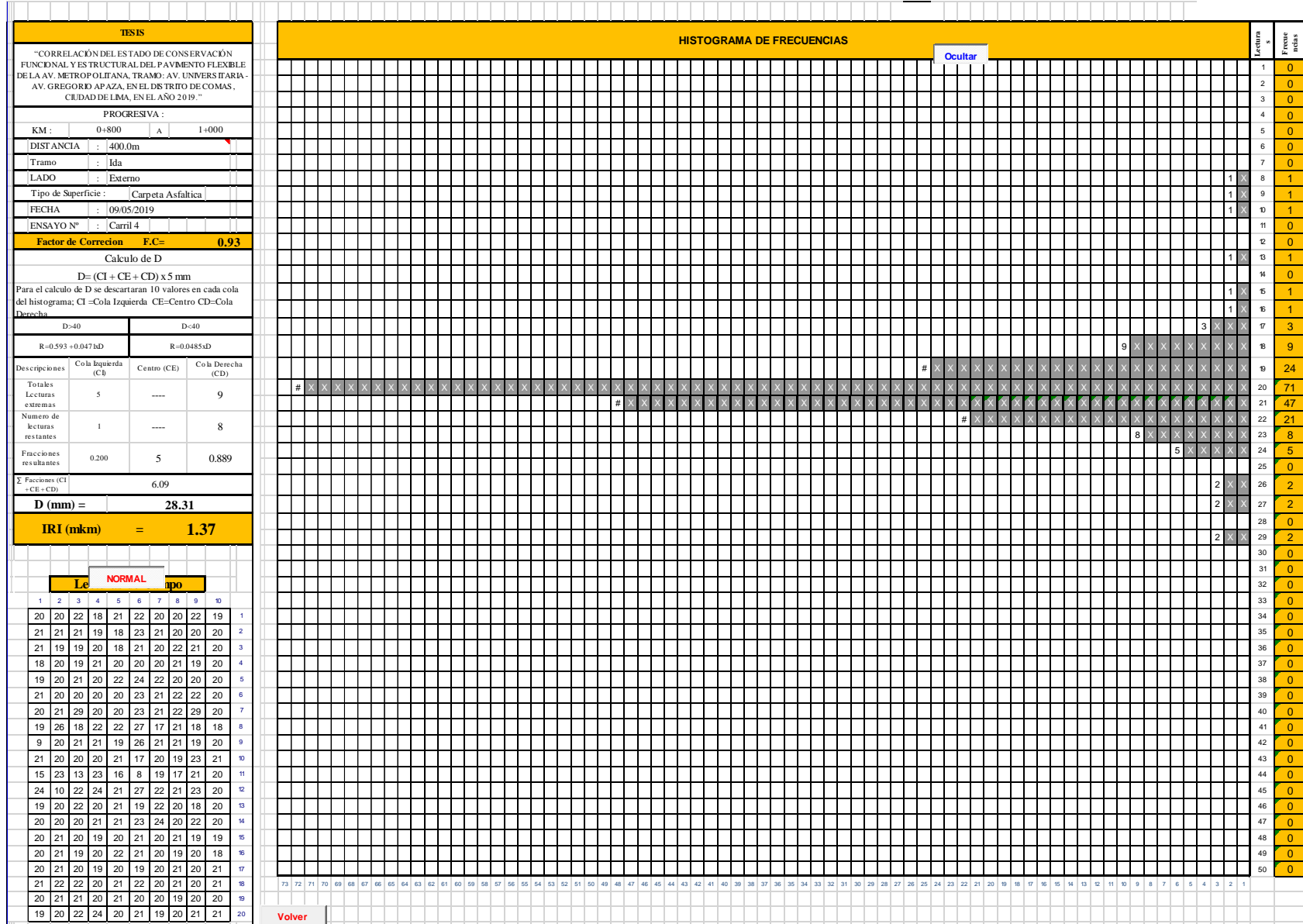












ANEXOS 8: Calculo de Deflexiones

EVALUACION DEFLECTOMETRICA (VIGA BENKELMAN)

SECTOR 00+000 - 1+000 km

OPERADOR:

CARRIL 1

PROCESADO POR: Fernandez Ruiz Carlos Lisandro

CAPA Carpeta Asfáltica


FACTOR DE ESTACIONALIDAD

FECHA Junio

DIAL 0.01 mm

RELACION DE BRAZOS

Progresiva (km)	Lecturas de Campo (10 ⁻² mm)		Deflexiones sin Corregir(10 ⁻² mm)		Espesor (cm)	Temp (°C)	RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS		Radio Curvatura (m)
	L ₂₅	L _{max}	D ₂₅	D _{max}			Deflexiones Corregidas		
							D ₂₅ x 10 ⁻² mm	D _{MAX} x 10 ⁻² mm	
00+000	14	24	56	96	5.00	24.0	55	94	80
00+100	19	28	76	112	5.00	26.0	74	109	89
00+200	22	26	88	104	5.00	24.0	86	102	199
00+300	21	28	84	112	5.00	24.0	82	110	114
00+400	22	28	88	112	5.00	24.0	86	110	133
00+500	19	29	76	116	5.00	24.0	75	114	80
00+600	22	31	88	124	5.00	25.0	86	121	89
00+700	24	30	96	120	5.00	25.0	94	117	133
00+800	19	27	76	108	5.00	26.0	74	105	101
00+900	18	25	72	100	5.00	25.0	70	98	114
01+000	20	26	80	104	5.00	26.0	78	101	134

 EVALUACION DEFLECTOMETRICA (VIGA BENKELMAN)									
SECTOR 00+000 - 1+000 km					OPERADOR:				
CARRIL 2					PROCESADO POR: Fernandez Ruiz Carlos Lisandro				
CAPA Carpeta Asfaltica					FACTOR DE ESTACIONALIDAD				
FECHA Junio					DIAL 0.01 mm				
RELACION DE BRAZOS									
Progresiva (km)	Lecturas de Campo (10 ⁻² mm)		Deflexiones sin Corregir(10 ⁻² mm)		Espesor (cm)	Temp (°C)	RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS		Radio Curvatura (m)
	L ₂₅	L _{max}	D ₂₅	D _{max}			Deflexiones Corregidas		
							D ₂₅ x 10 ⁻² mm	D _{MAX} x 10 ⁻² mm	
00+000	14	23	56	92	5.00	24.0	55	90	89
00+100	18	26	72	104	5.00	26.0	70	101	101
00+200	21	27	84	108	5.00	24.0	82	106	133
00+300	20	27	80	108	5.00	24.0	78	106	114
00+400	21	30	84	120	5.00	24.0	82	118	89
00+500	20	28	80	112	5.00	24.0	78	110	100
00+600	21	29	84	116	5.00	25.0	82	113	100
00+700	21	30	84	120	5.00	25.0	82	117	89
00+800	18	25	72	100	5.00	26.0	70	97	115
00+900	15	24	60	96	5.00	25.0	59	94	89
01+000	20	27	80	108	5.00	26.0	78	105	115

EVALUACION DEFLECTOMETRICA (VIGA BENKELMAN)

SECTOR 00+000 - 1+000 km

OPERADOR:

CARRIL 3

PROCESADO POR: Fernandez Ruiz Carlos Lisandro

CAPA Carpeta Asfaltica


FACTOR DE ESTACIONALIDAD

FECHA Junio

DIAL 0.01 mm

RELACION DE BRAZOS

Progresiva (km)	Lecturas de Campo (10 ⁻² mm)		Deflexiones sin Corregir(10 ⁻² mm)		Espesor (cm)	Temp (°C)	RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS		Radio Curvatura (m)
	L ₂₅	L _{max}	D ₂₅	D _{max}			Deflexiones Corregidas		
							D ₂₅ x 10 ⁻² mm	D _{MAX} x 10 ⁻² mm	
00+000	16	24	64	96	5.00	24.0	63	94	100
00+100	21	32	84	128	5.00	26.0	82	124	73
00+200	18	29	72	116	5.00	24.0	71	114	72
00+300	20	27	80	108	5.00	24.0	78	106	114
00+400	22	31	88	124	5.00	24.0	86	122	89
00+500	24	30	96	120	5.00	24.0	94	118	133
00+600	23	32	92	128	5.00	25.0	90	125	89
00+700	20	29	80	116	5.00	25.0	78	113	89
00+800	18	26	72	104	5.00	26.0	70	101	101
00+900	16	23	64	92	5.00	25.0	62	90	114
01+000	21	26	84	104	5.00	26.0	82	101	161

 EVALUACION DEFLECTOMETRICA (VIGA BENKELMAN)									
SECTOR 00+000 - 1+000 km					OPERADOR:				
CARRIL 4					PROCESADO POR: Fernandez Ruiz Carlos Lisandro				
CAPA Carpeta Asfaltica					FACTOR DE ESTACIONALIDAD				
FECHA Junio					DIAL 0.01 mm				
					RELACION DE BRAZOS 1 y 4				
Progresiva (km)	Lecturas de Campo (10 ⁻² mm)		Deflexiones sin Corregir(10 ⁻² mm)		Espesor (cm)	Temp (°C)	RESULTADOS DEFLECTOMÉTRICOS		Radio Curvatura (m)
	L ₂₅	L _{max}	D ₂₅	D _{max}			Deflexiones Corregidas		
							D ₂₅ x 10 ⁻² mm	D _{MAX} x 10 ⁻² mm	
00+000	17	25	68	100	5.00	24.0	67	98	100
00+100	22	31	88	124	5.00	26.0	85	120	89
00+200	20	30	80	120	5.00	24.0	78	118	80
00+300	21	29	84	116	5.00	24.0	82	114	100
00+400	21	30	84	120	5.00	24.0	82	118	89
00+500	21	29	84	116	5.00	24.0	82	114	100
00+600	21	30	84	120	5.00	25.0	82	117	89
00+700	20	31	80	124	5.00	25.0	78	121	73
00+800	18	26	72	104	5.00	26.0	70	101	101
00+900	17	24	68	96	5.00	25.0	66	94	114
01+000	20	28	80	112	5.00	26.0	78	109	101

ANEXOS 9: ESAL

**Calculo de los Ejes Standard de Carga Equivalente (ESALs)
ESAL FACTOR DE CARGA X PRESION DE LLANTAS**

Sub Tramo De A: **Universitaria** 22 de Agosto

ESTACION N°: **E1** **Metropolitana - 22 de Agosto**

Tipo de vehículo	Buses		Camiones			Semitraylers			Traylers				TOTAL	
	2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1 / 2S2	2S3	3S1 / 3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2		3T3
Carga D.S. 058-2003	6.0230	3.5786	4.5937	4.4670	3.7720	10.9290	8.8643	8.8711	7.5064	14.9531	13.2752	13.2752	11.6172	1403
Factor Direccional	0.5													
Factor Carril	1.0													
IMD (Vehículos Pesados) 2018	121	44	1101	83	9	5	3	3	32	2	0	0	0	

Tasas de Crecimiento (%)

Transporte de Pasajeros: 3.00%

Transporte de Carga: 2.50%

Trafo Generado (%)

Nivel de Intervencion: Inversion 5%

Años	Buses		Camiones			Semitraylers			Traylers				EAL Anual	EAL Acumulado		
	2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1 / 2S2	2S3	3S1 / 3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2			3T3	
2018	0	121	44	1101	83	9	5	3	3	32	2	0	0	0	1,210,273	1,210E+06
2019	1	125	45	1129	85	9	5	3	3	33	2	0	0	0	1,241,375	1,241E+06
2020	2	134	49	1215	91	9	5	3	3	36	2	0	0	0	1,333,624	2,575E+06
2021	3	139	50	1245	93	11	5	3	3	36	2	0	0	0	1,367,531	3,943E+06
2022	4	143	53	1276	97	11	6	3	3	37	2	0	0	0	1,405,957	5,348E+06
2023	5	147	54	1308	99	11	6	3	3	38	2	0	0	0	1,440,347	6,789E+06
2024	6	151	56	1341	101	11	6	3	3	39	2	0	0	0	1,476,211	8,265E+06
2025	7	156	57	1374	104	12	6	4	4	40	2	0	0	0	1,517,299	9,782E+06
2026	8	161	59	1408	106	12	6	4	4	41	2	0	0	0	1,555,103	1,134E+07
2027	9	166	60	1444	109	12	6	4	4	42	2	0	0	0	1,594,714	1,293E+07
2028	10	171	62	1479	111	13	6	4	4	43	3	0	0	0	1,636,754	1,457E+07
2029	11	175	64	1517	114	13	7	4	4	44	3	0	0	0	1,679,464	1,625E+07
2030	12	182	66	1555	118	13	7	4	4	45	3	0	0	0	1,724,422	1,797E+07
2031	13	187	68	1594	120	13	7	4	4	46	3	0	0	0	1,766,336	1,974E+07
2032	14	192	70	1634	123	14	7	4	4	47	3	0	0	0	1,810,576	2,155E+07
2033	15	198	72	1675	126	14	7	4	4	48	3	0	0	0	1,856,066	2,341E+07
2034	16	204	75	1716	129	14	7	4	4	50	3	0	0	0	1,903,544	2,531E+07
2035	17	210	77	1759	132	15	8	5	5	51	3	0	0	0	1,956,543	2,727E+07
2036	18	216	79	1803	135	15	8	5	5	53	3	0	0	0	2,005,833	2,927E+07
2037	19	223	81	1848	140	15	8	5	5	54	3	0	0	0	2,057,360	3,133E+07
2038	20	230	83	1894	143	16	8	5	5	55	3	0	0	0	2,108,766	3,344E+07

**Calculo de los Ejes Standard de Carga Equivalente (ESALs)
ESAL FACTOR DE CARGA**

Sub Tramo De A: **Universitaria** 22 de Agosto

ESTACION N°: **E1** **Metropolitana - 22 de Agosto**

Tipo de vehículo	Buses		Camiones			Semitraylers			Traylers				TOTAL	
	2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1 / 2S2	2S3	3S1 / 3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2		3T3
Carga D.S. 058-2003	4.50565	2.63131	6.30512	3.28436	2.77335	7.74194	6.59142	6.52267	5.37235	10.98023	9.76115	9.76115	8.54206	1403
Factor Direccional	0.5													
Factor Carril	1.0													
IMD (Vehículos Pesados) 2018	121	44	1101	83	9	5	3	3	32	2	0	0	0	

Tasas de Crecimiento (%)

Transporte de Pasajeros: 3.00%

Transporte de Carga: 2.50%

Trafo Generado (%)

Nivel de Intervencion: Inversion 5%

Años	Buses		Camiones			Semitraylers			Traylers				EAL Anual	EAL Acumulado		
	2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1 / 2S2	2S3	3S1 / 3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2			3T3	
2018	0	121	44	1101	83	9	5	3	3	32	2	0	0	0	1,491,420	1,491E+06
2019	1	125	45	1129	85	9	5	3	3	33	2	0	0	0	1,529,586	1,530E+06
2020	2	134	49	1215	91	9	5	3	3	36	2	0	0	0	1,644,401	3,174E+06
2021	3	139	50	1245	93	11	5	3	3	36	2	0	0	0	1,685,722	4,860E+06
2022	4	143	53	1276	97	11	6	3	3	37	2	0	0	0	1,730,913	6,591E+06
2023	5	147	54	1308	99	11	6	3	3	38	2	0	0	0	1,773,682	8,364E+06
2024	6	151	56	1341	101	11	6	3	3	39	2	0	0	0	1,818,082	1,018E+07
2025	7	156	57	1374	104	12	6	4	4	40	2	0	0	0	1,866,323	1,205E+07
2026	8	161	59	1408	106	12	6	4	4	41	2	0	0	0	1,912,695	1,396E+07
2027	9	166	60	1444	109	12	6	4	4	42	2	0	0	0	1,961,488	1,592E+07
2028	10	171	62	1479	111	13	6	4	4	43	3	0	0	0	2,011,522	1,793E+07
2029	11	175	64	1517	114	13	7	4	4	44	3	0	0	0	2,063,687	2,000E+07
2030	12	182	66	1555	118	13	7	4	4	45	3	0	0	0	2,117,505	2,212E+07
2031	13	187	68	1594	120	13	7	4	4	46	3	0	0	0	2,169,631	2,429E+07
2032	14	192	70	1634	123	14	7	4	4	47	3	0	0	0	2,224,014	2,651E+07
2033	15	198	72	1675	126	14	7	4	4	48	3	0	0	0	2,279,862	2,879E+07
2034	16	204	75	1716	129	14	7	4	4	50	3	0	0	0	2,337,172	3,113E+07
2035	17	210	77	1759	132	15	8	5	5	51	3	0	0	0	2,399,634	3,353E+07
2036	18	216	79	1803	135	15	8	5	5	53	3	0	0	0	2,459,916	3,599E+07
2037	19	223	81	1848	140	15	8	5	5	54	3	0	0	0	2,522,388	3,851E+07
2038	20	230	83	1894	143	16	8	5	5	55	3	0	0	0	2,585,318	4,109E+07

ANEXOS 10: Planos PCI en AutoCAD

