

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO CON  
MORTERO ASFÁLTICO SLURRY SEAL PARA ANALIZAR EL NIVEL DE  
SERVICIABILIDAD DESDE LA PROGRESIVA KM. 1+300 HASTA  
LA KM. 3+700 DEL TRAMO III DE LA CARRETERA COOP. 60  
ASENT. 02 – ASOC. VIV. 4 SUYOS EN EL DISTRITO  
DE LA YARADA LOS PALOS- TACNA”

**TESIS**

Presentado por:

**Bach. Kenyi Kennedy MARMANILLO HUAMÁN**  
**Bach. Aldo Ivan CONDORI COAQUIRA**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

TACNA – PERÚ  
2023

# **UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO  
CON MORTERO ASFÁLTICO SLURRY SEAL PARA ANALIZAR EL  
NIVEL DE SERVICIABILIDAD DESDE LA PROGRESIVA KM. 1+300  
HASTA LA KM. 3+700 DEL TRAMO III DE LA CARRETERA COOP. 60  
ASENT. 02 – ASOC. VIV. 4 SUYOS EN EL DISTRITO DE LA YARADA  
LOS PALOS- TACNA”

**PRESIDENTE:**



**MSc. Ing. Edgar Chura Arocutipa**

**SECRETARIO:**



**Mtro. Ing. César José Avendaño Jihuallanga**

**VOCAL:**



**Dr. Ing. Martin Paucara Rojas**

**ASESOR DE TESIS:**

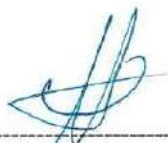


**Dr. Ing. Victor Yapuchura Platero**

## CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **Dr. Ing. Victor Yapuchura Platero**, en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N° 124-2023-FIG/UNJBG de la tesis denominada: **“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO CON MORTERO ASFÁLTICO SLURRY SEAL PARA ANALIZAR EL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DESDE LA PROGRESIVA KM 1+300 HASTA LA KM 3+700 DEL TRAMO III DE LA CARRETERA COOP. 60 ASENT. 02 – ASOC. VIV. 4 SUYOS EN EL DISTRITO DE LA YARADA LOS PALOS- TACNA”**, presentado por los Bachilleres, Bach. Kenyi Kennedy Marmanillo Huamán y Bach. Aldo Ivan Condori Coaquira, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software Antiplagio **TURNITIN** cuenta con el nivel de similitud cuyo porcentaje es 12%, por lo que **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis, la cual está de acuerdo al nivel **PERMITIDO**, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio Institucional.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención del título profesional.



Firma de Asesor

DNI N°: 00444587

Nombre y apellidos del asesor: **Dr. Ing. Victor Yapuchura Platero**

**DEDICATORIA DE ALDO IVAN  
CONDORI COAQUIRA:**

*A Dios, que inmerecidamente nos brinda su gracia y la dadiva de vida. A mi irremplazable esposa, Luz Marina, y a mi tesoro de vida, mi hijito Mateo, quienes aguardaron mi presencia para culminar el presente trabajo.*

*A mis amados padres y en especial al amor incomprensible y único de mi madre Teodora, y el hermoso regalo que tengo de compartir con ellos esta etapa profesional, así mismo a mis hermanos quienes son mis compañeros de vida, Norma, Maria Elena y David, y mis cuñados, quienes han aportado y acompañado en mi formación personal y profesional.*

**DEDICATORIA DE KENYI K.  
MARMANILLO HUAMÁN**

*Dedico este trabajo a Dios, por darme salud, conocimiento y fortaleza que me ayudan a tomar buenas decisiones en la vida. A mi madre, que es la mujer más valiosa que tengo y por haberme apoyado siempre durante mi etapa universitaria estando conmigo en buenos y malos momentos. A mis hermanos Daniel y Maricela que siempre me dieron los mejores consejos para superarme. A mis preciosas sobrinas Marcelita y Danielita que son mi inspiración cada día. A mi padre Daniel, que no estando conmigo, sigo sus buenos ejemplos. Y a mi cuñado Fredy por brindarme su apoyo y consejos para seguir adelante.*

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESÚMEN .....	xxii
ABSTRAC .....	xxv
INTRODUCCIÓN .....	28
CAPÍTULO I .....	30
ASPECTOS GENERALES .....	30
1.1 ANTECEDENTES .....	30
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	34
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	42
1.3.1 Interrogante general .....	42
1.3.2 Interrogantes específicas.....	42
1.4 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	43
1.4.1 Hipótesis general .....	43
1.4.2 Hipótesis específicas .....	43
1.5 JUSTIFICACIÓN .....	44
1.6 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS .....	47
1.6.1 Objetivo general.....	47
1.6.2 Objetivos específicos .....	47

1.7	DEFINICIÓN DE VARIABLES .....	48
1.7.1	Identificación de variables .....	48
1.7.2	Caracterización de las variables.....	48
1.8	ALCANCES Y LIMITACIONES.....	49
1.8.1	Alcances.....	49
1.8.2	Limitaciones .....	50
	CAPÍTULO II .....	52
	MARCO TEÓRICO .....	52
2.1	CONCEPTOS GENERALES.....	52
2.1.1	Mantenimiento y conservación vial.....	52
2.1.2	Rugosidad superficial.....	54
2.1.3	Índice de Rugosidad Internacional (IRI) .....	55
2.1.4	Mortero asfáltico Slurry Seal.....	59
2.2	SINGULARIDADES EN LA MEDICIÓN Y CÁLCULO DEL IRI .....	61
2.3	INFLUENCIA DEL DISEÑO GEOMETRICO EN LA MEDICIÓN DEL IRI .....	62
2.3.1	Experiencia Internacional de la singularidad por diseño geométrico ...	63
2.4	INFLUENCIA DE LAS CURVAS HORIZONTALES Y CURVAS VERTICALES. ....	68
2.4.1	Diseño Geométrico en curvas horizontales y verticales.....	68
2.5	MÉTODOS DE CALCULO DEL IRI .....	69

2.5.1	Antecedentes al cálculo de IRI .....	69
2.5.2	Modelo de Cuarto de Carro (Quarter – Car) .....	70
2.5.3	Métodos de Medición del IRI.....	72
2.5.4	Descripción de metodologías para el cálculo del IRI .....	76
2.5.5	Histograma de distribución de frecuencias .....	76
2.5.6	Factor de corrección.....	79
2.5.7	Rango D corregido.....	80
2.5.8	Formulas aplicadas para cálculo del IRI .....	80
2.6	NORMATIVA DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) .....	82
2.6.1	Especificaciones y normativas Internacionales .....	82
2.6.2	Especificaciones y normativas Nacionales .....	84
2.6.3	Comportamiento del IRI en una geometría con curvatura.....	86
2.7	APARATOS Y/O EQUIPOS USADOS EN LA METODOLOGÍA DEL CALCULO DEL IRI.....	87
2.7.1	Rugosímetro de MERLIN.....	87
2.7.2	Aplicativo ABAKAL IRI.....	88
2.7.2.1	Antecedentes similares .....	89
2.7.2.2	Presente y futuro del Abakal IRI.....	91
2.8	SISTEMA DE EQUIPO TIPO RESPUESTA .....	92
2.9	SISTEMAS DE SOLUCIÓN PARA VIAS PAVIMENTADAS .....	94
2.9.1	En pavimentos nuevos.....	94

2.9.2	En pavimentos existentes.....	96
CAPÍTULO III .....		97
MARCO METODOLÓGICO .....		97
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	97
3.2	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	97
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN.....	98
3.4	RECONOCIMIENTO DEL ÁMBITO DE ESTUDIO .....	99
3.4.1	Ubicación .....	99
3.4.2	Acceso al tramo de carretera en estudio .....	103
3.4.3	Descripción del tramo a evaluarse.....	105
3.4.4	Topografía del área del tramo a evaluarse .....	106
3.4.5	Estudio de Mecánica de Suelos .....	107
3.4.6	Estudio de Tráfico .....	108
3.5	APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA CON RUGOSÍMETRO DE MERLIN .....	110
3.5.1	Elección del método.....	110
3.5.2	Materiales y/o instrumentos .....	110
3.5.3	Eventos previos a la ejecución con el rugosímetro de MERLIN.....	116
3.5.4	Descripción de la ejecución .....	120
3.5.5	Factor de corrección.....	123
3.5.6	Recopilación de datos para determinar la rugosidad .....	124

3.5.7	Generación del histograma de distribución de frecuencias .....	126
3.5.8	Rango D corregido.....	130
3.5.9	Formulas aplicadas para calcular el IRI .....	131
3.5.10	Procesamiento de datos de lectura.....	131
3.6	METODOLOGÍA CON EL APLICATIVO MOVIL ABAKAL IRI.....	134
3.6.1	Elección del método.....	134
3.6.2	Materiales y/o instrumentos .....	134
3.6.3	Eventos previos a la ejecución del ensayo.....	142
3.6.4	Descripción de la metodología .....	145
3.6.5	Procedimiento de la metodología.....	149
3.6.6	Datos registrados por el Abakal IRI .....	159
3.7	CÁLCULO DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD .....	161
3.8	APLICACIÓN DE LA NORMATIVA PERUANA .....	163
CAPÍTULO IV .....		164
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....		164
4.1	PROCESAMIENTO Y DETERMINACIÓN DE RESULTADOS .....	164
4.1.1	Procesamiento y determinación del IRI con el rugosímetro de MERLIN .....	164
4.1.1.1	Carril derecho (KM. 1+300 – KM. 3+700).....	165
4.1.1.2	Carril izquierdo (KM. 3+700 – KM. 1+300) .....	183
4.1.2	Obtención del IRI con el aplicativo Android “Abakal IRI” .....	201
4.2	ANALISIS DE LOS RESULTADOS DEL CALCULO DEL IRI .....	207

4.2.1	Análisis comparativo del IRI entre Merlín y Abakal IRI .....	207
4.2.2	Análisis y discusión de las curvaturas horizontales .....	213
4.2.3	Comparación del IRI periodo 2022 vs. 2023 .....	218
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		226
5.1	CONCLUSIONES .....	226
5.2	RECOMENDACIONES.....	228
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		229
ANEXOS .....		240

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01 <i>Infraestructura Vial Existente del SINAC, según departamento</i> .....	53
Tabla 02 <i>Normativas internacionales de control de IRI</i> .....	65
Tabla 03 <i>Especificaciones Uruguayas para la Condición del Pavimento, Basados en el IRI</i> .....	82
Tabla 04 <i>Especificaciones Colombianas a la Condición del Pavimento</i> .....	83
Tabla 05 <i>Especificaciones Canadienses para el Máximo Valor del IRI</i> .....	83
Tabla 06 <i>Niveles de servicio para calzada asfáltica nueva</i> .....	85
Tabla 07 <i>Niveles de servicio para calzada asfáltica en servicio</i> .....	86
Tabla 08 <i>Cuadro del conteo vehicular en la vía vecinal en estudio</i> .....	109
Tabla 09 <i>Resultados del factor de corrección (FC) por carril</i> .....	124
Tabla 10 <i>Resultados del conteo de los valores obtenido por el puntero del equipo MERLIN</i> .....	129
Tabla 11 <i>Ejemplo de resultados del aplicativo Abakal IRI en un tramo de la vía-carril izquierdo</i> .....	160
Tabla 12 <i>Escala de Índice de Serviabilidad</i> .....	162
Tabla 13 <i>Cuadro de Cálculo del IRI característico</i> .....	163
Tabla 14 <i>Características de datos en la medición</i> .....	201
Tabla 15 <i>Viaje 01 en el carril de derecho</i> .....	202
Tabla 16 <i>Viaje 02 en el carril izquierdo</i> .....	204

Tabla 17 <i>Cuadro comparativo de los resultados del IRI</i> .....	210
Tabla 18 <i>Resultados del Nivel de Servicio</i> .....	211
Tabla 19 <i>Tala de resumen de los Niveles de Servicio</i> .....	212
Tabla 20 <i>Resultados del IRI con Merlin incidencia en curvas horizontales mayo - 2023</i> .....	215
Tabla 21 <i>Resultados del IRI con Merlin incidencia en curvas horizontales agosto - 2022</i> .....	216
Tabla 22 <i>Resultados del IRI: periodo 2022</i> .....	218
Tabla 23 <i>Discrepancia de IRIs para la expresión 02, periodo 2022</i> .....	219
Tabla 24 <i>Resultados del IRI: periodo 2023</i> .....	221
Tabla 25 <i>Discrepancia de IRI para la expresión 02, periodo 2023</i> .....	222
Tabla 26 <i>Valores de Rugosidad característica del IRI (m/km.)</i> .....	223

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 <i>Componentes del pavimento con Slurry Seal en el tramo en estudio...</i>	35
Figura 02 <i>Estado actual del pavimento de mortero asfáltico en la carretera Coop. 60.....</i>	36
Figura 03 <i>Estado de la superficie asfáltica de la carretera Coop. 60.....</i>	37
Figura 04 <i>Señalizaciones horizontales y verticales en el pavimento de Slurry Seal de la carretera Coop. 60 tramo de evaluación.....</i>	39
Figura 05 <i>Curvatura en análisis del tramo de evaluación.....</i>	41
Figura 06 <i>Perfiles transversales y longitudinales del camino.....</i>	56
Figura 07 <i>Gráfico de comparación, Costo de rehabilitación vs. edad del pavimento.....</i>	58
Figura 08 <i>Aplicación del mortero asfáltico Slurry Seal.....</i>	60
Figura 09 <i>Manual de Carretera de Chile.....</i>	66
Figura 10 <i>Manual de Carretera de Colombia.....</i>	67
Figura 11 <i>Transición de bombeo a peralte.....</i>	69
Figura 12 <i>Representación del modelo de cuarto de carro.....</i>	71
Figura 13 <i>Método de mira y nivel midiendo las elevaciones.....</i>	73
Figura 14 <i>Niveles de servicio según el tipo de vía.....</i>	75
Figura 15 <i>Grafico comparativo entre el IRI para las dos huellas.....</i>	78
Figura 16 <i>Histograma de distribución de frecuencias.....</i>	79

Figura 17 <i>Escala de rugosidad del IRI (m/km)</i> .....	84
Figura 18 <i>Esquema longitudinal del rugosímetro de MERLIN</i> .....	87
Figura 19 <i>Esquema transversal del rugosímetro de MERLÍN</i> .....	88
Figura 20 <i>Interfaz del aplicativo móvil “Abakal IRI”</i> .....	89
Figura 21 <i>Comparación de neumáticos según la presión de aire</i> .....	91
Figura 22 <i>Automóvil con un medidor Mays equipo tipo respuesta</i> .....	92
Figura 23 <i>Comparación entre dos secciones con base tratadas y no tratadas</i> .....	95
Figura 24 <i>Reconocimiento del tramo de evaluación en la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos</i> .....	98
Figura 25 <i>Ubicación geográfica de la zona en estudio</i> .....	99
Figura 26 <i>Tramo de la carretera evaluada en el distrito La Yarada Los Palos - Tacna</i> .....	100
Figura 27 <i>Progresiva KM. 1 +300 del tramo de la vía vecinal en estudio</i> .....	101
Figura 28 <i>Progresiva KM. 3 + 700 del tramo de la vía vecinal en estudio</i> .....	102
Figura 29 <i>Plano de Acceso al tramo de la carretera evaluada</i> .....	104
Figura 30 <i>Perfil transversal de la carretera evaluada</i> .....	105
Figura 31 <i>Sección del perfil transversal del tramo de la carretera evaluada en el KM. 1+890</i> .....	106
Figura 32 <i>Sección del perfil longitudinal inicial del tramo KM. 1 +840 al KM. 2+000 antes de la ejecución de la vía con mortero Slurry Seal</i> .....	107
Figura 33 <i>Equipo de rugosímetro de MERLIN</i> .....	111

Figura 34 <i>Formato de campo para ensayo con MERLIN</i> .....	112
Figura 35 <i>Pastilla de bronce utilizada en la calibración del MERLIN</i> .....	113
Figura 36 <i>Calibración del equipo rugosímetro MERLIN</i> .....	114
Figura 37 <i>Elemento de protección: Cono de seguridad</i> .....	115
Figura 38 <i>Traslado del equipo MERLIN a la zona de estudio</i> .....	116
Figura 39 <i>Ubicación de la huella de medición</i> .....	117
Figura 40 <i>Uso de la pastilla de bronce</i> .....	118
Figura 41 <i>Medición de las lecturas <math>L_i</math> y <math>L_f</math></i> .....	119
Figura 42 <i>Calibración del rugosímetro de MERLIN</i> .....	120
Figura 43 <i>Inicio del tramo en Km. 1+300</i> .....	121
Figura 44 <i>Fin del tramo en Km. 3+700</i> .....	122
Figura 45 <i>Sentido y dirección de los carriles en la calzada evaluada</i> .....	123
Figura 46 <i>Toma de lecturas en formato de campo</i> .....	125
Figura 47 <i>Tabulación para la creación del histograma de frecuencias</i> .....	126
Figura 48 <i>Creación del histograma de frecuencias</i> .....	127
Figura 49 <i>Rango de dispersión <math>D</math> creado a partir del histograma</i> .....	129
Figura 50 <i>Formato de registro del IRI</i> .....	132
Figura 51 <i>Dispositivo portátil Smartphone marca Xiaomi</i> .....	135
Figura 52 <i>Camioneta marca JAC modelo T8 Pro 4x4</i> .....	136
Figura 53 <i>Soprote para celular en retrovisor</i> .....	137
Figura 54 <i>Pulsímetro digital de neumático</i> .....	138

Figura 55 <i>Camión con carga pesada</i> .....	139
Figura 56 <i>Cilindros utilizados para el llenado de agua</i> .....	140
Figura 57 <i>Inflador de neumático</i> .....	141
Figura 58 <i>Medición de la presión en los neumáticos</i> .....	142
Figura 59 <i>Llenado de agua en los cilindros</i> .....	143
Figura 60 <i>Finalización del llenado de agua a los cilindros</i> .....	144
Figura 61 <i>Portacelular montado en el retrovisor de la camioneta</i> .....	145
Figura 62 <i>Progresiva de inicio para la evaluación en el carril derecha</i> .....	146
Figura 63 <i>Inicio de la evaluación utilizando el aplicativo Abakal IRI en el carril derecho</i> .....	147
Figura 64 <i>Progresiva de inicio para la evaluación en el carril izquierdo</i> .....	148
Figura 65 <i>Inicio de la evaluación utilizando el aplicativo Abakal IRI en el carril izquierdo</i> .....	149
Figura 66 <i>Reconocimiento de los carriles evaluados</i> .....	150
Figura 67 <i>Ilustración del Smartphone montado en el retrovisor</i> .....	151
Figura 68 <i>Verificación del Interfaz del aplicativo Abakal IRI</i> .....	152
Figura 69 <i>Coeficiente de ajuste del aplicativo Abakal IRI</i> .....	153
Figura 70 <i>Principio del interfaz del aplicativo Abakal IRI</i> .....	154
Figura 71 <i>Interfaz del aplicativo Abakal IRI en el momento exacto para registrar datos</i> .....	155

Figura 72 <i>Interfaz del aplicativo Abakal IRI en el momento exacto de finalizar el tramo de evaluación</i> .....	156
Figura 73 <i>Interfaz del aplicativo Abakal IRI en la finalización del trabajo.</i> .....	157
Figura 74 <i>Interfaz del aplicativo Abakal IRI guardando las lecturas registradas automáticamente</i> .....	158
Figura 75 <i>Datos guardados por el aplicativo Abakal en el Smartphone</i> .....	159
Figura 76 <i>Datos registrados por el Abakal en distintos formatos</i> .....	160
Figura 77 <i>Recopilación de datos de campo en carril derecho: KM. 1+300 - KM. 1+700</i> .....	165
Figura 78 <i>Creación del histograma mediante tabulación en KM. 1+300 – KM. 1+700</i> .....	166
Figura 79 <i>Calculo del IRI carril derecho, KM. 1+300 – KM. 1+700</i> .....	167
Figura 80 <i>Recopilación de datos de campo en carril derecho: KM. 1+700 - KM. 2+100</i> .....	168
Figura 81 <i>Creación del histograma mediante tabulación en KM. 1+700 – KM. 2+100</i> .....	169
Figura 82 <i>Calculo del IRI carril derecho, KM. 1+700 – KM. 2+100</i> .....	170
Figura 83 <i>Recopilación de datos de campo en carril derecho: KM. 2+100 - KM. 2+500</i> .....	171
Figura 84 <i>Creación del histograma mediante tabulación en KM. 2+100 – KM. 2+500</i> .....	172

Figura 85 <i>Calculo del IRI carril derecho, KM. 2+100 – KM. 2+500</i> .....	173
Figura 86 <i>Recopilación de datos de campo en carril derecho: KM. 2+500 - KM. 2+900</i> .....	174
Figura 87 <i>Creación del histograma mediante tabulación en KM. 2+500 – KM. 2+900</i> .....	175
Figura 88 <i>Calculo del IRI carril derecho, KM. 2+500 – KM. 2+900</i> .....	176
Figura 89 <i>Recopilación de datos de campo en carril derecho: KM. 2+900 - KM. 3+300</i> .....	177
Figura 90 <i>Creación del histograma mediante tabulación en KM. 2+900 – KM. 3+300</i> .....	178
Figura 91 <i>Calculo del IRI carril derecho, KM. 2+900 – KM. 3+300</i> .....	179
Figura 92 <i>Recopilación de datos de campo en carril derecho: KM. 3+300 - KM. 3+700</i> .....	180
Figura 93 <i>Creación del histograma mediante tabulación en KM. 3+300 – KM. 3+700</i> .....	181
Figura 94 <i>Calculo del IRI carril derecho, KM. 3+300 – KM. 3+700</i> .....	182
Figura 95 <i>Recopilación de datos de campo en carril izquierdo: KM. 3+700 - KM. 3+300</i> .....	183
Figura 96 <i>Creación del histograma mediante tabulación en KM. 3+700 – KM. 3+300</i> .....	184
Figura 97 <i>Calculo del IRI carril izquierdo, KM. 3+700 – KM. 3+300</i> .....	185

Figura 98 <i>Recopilación de datos de campo en carril izquierdo: KM. 3+300 - KM. 2+900</i> .....	186
Figura 99 <i>Creación del histograma mediante tabulación en KM. 3+300 – KM. 2+900</i> .....	187
Figura 100 <i>Calculo del IRI carril izquierdo, KM. 3+300 – KM. 2+900</i> .....	188
Figura 101 <i>Recopilación de datos de campo en carril izquierdo: KM. 2+900 - KM. 2+500</i> .....	189
Figura 102 <i>Creación del histograma mediante tabulación en KM. 2+900 – KM. 2+500</i> .....	190
Figura 103 <i>Calculo del IRI carril izquierdo, KM. 2+900 – KM. 2+500</i> .....	191
Figura 104 <i>Recopilación de datos de campo en carril izquierdo: KM. 2+500 - KM. 2+100</i> .....	192
Figura 105 <i>Creación del histograma mediante tabulación en KM. 2+500 – KM. 2+100</i> .....	193
Figura 106 <i>Calculo del IRI carril izquierdo, KM. 2+500 – KM. 2+100</i> .....	194
Figura 107 <i>Recopilación de datos de campo en carril izquierdo: KM. 2+100 - KM. 1+700</i> .....	195
Figura 108 <i>Creación del histograma mediante tabulación en KM. 2+100 – KM. 1+700</i> .....	196
Figura 109 <i>Calculo del IRI carril izquierdo, KM. 2+100 – KM. 1+700</i> .....	197

Figura 110 <i>Recopilación de datos de campo en carril izquierdo: KM. 1+700 - KM. 1+300</i> .....	198
Figura 111 <i>Creación del histograma mediante tabulación en KM. 1+700 – KM. 1+300</i> .....	199
Figura 112 <i>Calculo del IRI carril izquierdo, KM. 1+700 – KM. 1+300</i> .....	200
Figura 113 <i>Recorrido del tramo evaluado por la aplicación Abakal IRI cada 100 metros</i> .....	206
Figura 114 <i>Gráfico comparativo de resultados del IRI obtenidos en ambos carriles mediante el rugosímetro de MERLIN - 2023</i> .....	207
Figura 115 <i>Grafico comparativo de resultados del IRI obtenidos en ambos carriles mediante la aplicación Abakal IRI</i> .....	208
Figura 116 <i>Curvas horizontales entre las progresivas 1+340 al 1+440</i> .....	213
Figura 117 <i>Curvas horizontales entre las progresivas 3+480 al 3570</i> .....	214
Figura 118 <i>Gráfico comparativo de la rugosidad entre el periodo 2022 vs. 2023</i> .....	224

## RESÚMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar el IRI (Índice de regularidad internacional) en el pavimento de mortero asfáltico Slurry Seal mediante dos metodologías para su cálculo, desde la progresiva km 1+300 hasta km 3+700 del Tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito de la Yarada, Los palos – Tacna.

El tramo evaluado tiene una longitud de 2.40 km. y la pavimentación está conformado con mortero asfáltico Slurry Seal, siendo considerada como carretera de tercera clase según la clasificación del manual de carretera DG – 2018, además de ser clasificada como vía o camino vecinal, dicha carretera fue culminada en el periodo de agosto del 2022.

El objetivo de la investigación es determinar el valor del IRI, haciendo uso del equipo del rugosímetro de MERLIN y el equipo de tipo respuesta aplicativo móvil ABAKAL IRI, también como objetivos específicos es a) determinar la comparación de resultados entre ambas metodologías, b) analizar los valores de IRI en las curvas horizontales y c) comparar los valores del IRI actual con los valores iniciales. Una vez obtenido los cálculos de manera independiente por cada metodología, se calculará el nivel de servicio que presenta el tramo de la vía evaluada.

El tipo de investigación es aplicada, pues teniendo los conocimientos teóricos podemos seleccionar la forma de ejecutar el estudio. El diseño de la investigación es exploratorio debido a que el problema nos solicita una recopilación de datos de campo para poder analizar su serviciabilidad.

En la obtención de resultados se usó dos metodologías comparativas, con el equipo rugosímetro de Merlín y Aplicativo móvil “Abakal IRI”, este último de acuerdo con la combinación de características usadas en la tesis de Osco y Atencio (2022) en un pavimento flexible con un vehículo moderno pick up 4x4, presiones neumáticas de 35 psi, Smartphone de gama alta y contar con una carga viva de 300 kg. Se concluyó que la evaluación del IRI con el rugosímetro de Merlín tuvo un resultado con un promedio total de 1.40 m/km, mientras que el resultado con el “Abakal IRI” fue de 0.57 m/km, llegando a cumplir con un nivel de servicio de “buena” y “muy buena” respectivamente según la AASTHO

Al mismo tiempo, de los resultados con respecto a los objetivos específicos, se concluyeron que: a) Se determinó la comparación de ambas metodologías para pavimento de mortero asfáltico Slurry Seal del tramo evaluado, se determina que los resultados alcanzaron una similitud de 40.71%, en el siguiente objetivo b) Se analizó según los resultados obtenidos que las curvas horizontales en el diseño geométrico son influyentes en el cálculo del IRI y que este comportamiento elevado se mantuvo desde el 2022 hasta 2023, luego en el siguiente objetivo c) Se comparó

los resultados en el periodo agosto 2022, valores IRI con los que nace el pavimento, y mayo 2023, en donde se concluyó que según los valores de IRI promedio existe un incremento de 0.13 m/km representando un 10.23% después de 09 meses de puesta en servicio y manteniendo un nivel de servicio adecuado.

*Palabras clave:* Índice de regularidad internacional, Slurry Seal, serviciabilidad, diseño geométrico, rugosímetro, Abakal IRI.

## **ABSTRAC**

The objective of this research work is to determine the IRI (International Regularity Index) in the Slurry Seal asphalt mortar pavement using two methodologies for its calculation, from the progressive km 1+300 to km 3+700 of Section III of the highway. Cooperative. 60 Nod. 02 – Assoc. Viv. 4 of his in the Yarada district, Los Palos – Tacna.

The evaluated section has a length of 2.40 km and the paving is made up of Slurry Seal asphalt mortar, being considered as a third class road according to the classification of the DG - 2018 road manual, in addition to being classified as a road or local road, said highway was completed in the period of August 2022.

The objective of the research is to determine the value of the IRI, making use of the MERLIN roughness meter equipment and the ABAKAL IRI mobile application response type equipment, also as specific objectives is to a) determine the comparison of results between both methodologies, b) analyze the IRI values on the horizontal curves and c) compare the current IRI values with the initial values.

Once the calculations have been obtained independently by each methodology, the level of service presented by the section of the evaluated road will be calculated.

The type of research is applied, since having the theoretical knowledge we can select the way to carry out the study. The research design is exploratory because the problem requires us to collect field data in order to analyze its usefulness.

In obtaining results, two comparative methodologies were used, with the Merlin roughness meter and the "Abakal IRI" mobile application, the latter according to the combination of characteristics used in the thesis of Osco and Atencio (2022) in a flexible pavement with a modern 4x4 pick-up vehicle, pneumatic pressures of 35 psi, high-end smartphone and having a live load of 300 kg. It is concluded that the evaluation of the IRI with the Merlin roughness meter had a result with a total average of 1.40 m/km, while the result with the "Abakal IRI" was 0.57 m/km, reaching compliance with a service level of "good" and "very good" respectively according to AASTHO.

At the same time, from the results regarding the specific objectives, it was concluded that: a) The comparison of both methodologies for asphalt mortar pavement of the evaluated section was determined, it was determined that the results reached a similarity of 40.71%, in the next objective b) It was analyzed according to the results obtained that the horizontal curves in the geometric design are superior in the calculation of the IRI and that this high behavior was maintained from 2022 to 2023, then in the next objective c) The results are compared in the period August 2022, IRI values with which the pavement is born, and May 2023,

where it was concluded that according to the average IRI values there is an increase of 0.13 m/km representing 10.23% after 09 months of commissioning and maintenance of an adequate service level.

*Keywords:* International regularity index, Slurry Seal, serviceability, geometric design, roughness meter, Abakal IRI.

## INTRODUCCIÓN

La rugosidad en la vía afecta la dinámica del vehículo, causando incomodidad en los usuarios y posibles accidentes. La forma de evaluar el confort y rugosidad de una vía es mediante el Índice de regularidad Internacional (IRI) que es un indicador que mide el nivel de servicio de una superficie. Actualmente, en el Perú y el mundo, se vienen desarrollando nuevas investigaciones en carreteras, autopistas, avenidas, implementándose una gran variedad de metodologías según la necesidad requerida que permiten obtener el IRI. Entre estas podemos mencionar al rugosímetro de MERLIN, método topográfico con mira y nivel, dipstick, equipos tipo respuesta, entre otros según su precisión, complejidad y costo.

El presente trabajo aborda el tema de rugosidad en el pavimento con mortero asfáltico Slurry Seal y su cálculo en unidades IRI (m/km) para analizar la serviciabilidad en el tramo estudiado. Existen estudios que evalúan las carreteras durante y después de su mantenimiento, aplicando métodos estadístico, generando resultados óptimos en los valores del IRI (Chen et al., 2022).

La presente tesis se realiza con el objetivo de determinar el nivel de rugosidad en el sistema de pavimentación con mortero asfáltico en tramo en estudio, lo cual implica calcular el IRI en un tramo de 2.4 km. mediante el rugosímetro de MERLIN y el aplicativo móvil ABAKAL IRI. Con los valores del IRI, se pretende

analizar la serviciabilidad y analizar de qué forma las curvaturas horizontales alteran el IRI, y variación que ha sufrido del periodo agosto 2022 con respecto a la condición actual de la superficie.

Al mismo tiempo la investigación tendrá un aporte incidente en mostrar la condición del pavimento, y con esta información la municipalidad distrital de la Yarada Los Palos, que ha ejecutado hasta la fecha seis (06) obras de infraestructura vial con acabado superficial de Slurry Seal, y encargada de realizar los mantenimientos rutinarias y preventivos de estas vías vecinales, según el manual de carreteras – mantenimiento o conservación vial, será de utilidad en realizar un procedimiento de gestión de infraestructura vial, con valores de serviciabilidad de cada pavimento y con ello realizar de manera efectiva y criterio técnico las intervenciones que se requiera.

La estructura de la investigación está compuesta por cinco (05) capítulos. En el capítulo uno (01) establecemos el planteamiento del problemas, los objetivos, hipótesis; capítulo dos (02) detallamos el marco teórico a usar en el desarrollo de la investigación; en el capítulo tres (03) mostramos el marco metodológico que nos permitirá tomar las herramientas en la ejecución de la investigación; en el capítulo cuatro (04) presentamos el procesamiento de resultados y desarrollamos la discusión de los resultado obtenidos; en el capítulo cinco (05) describimos las conclusiones logradas y recomendaciones del proyecto.

# **CAPÍTULO I**

## **ASPECTOS GENERALES**

### 1.1 ANTECEDENTES

Desde la incorporación del pavimento flexible al mundo de la infraestructura vial, se están analizando el comportamiento superficial en la capa de rodadura utilizando diversos métodos a lo largo del tiempo. En la actualidad, con el avance tecnológico, se están utilizando métodos adaptados a equipos electrónicos aplicándose en redes viales, tal es el caso en Hajjah (Yemen), donde se utilizó la aplicación Road Lab Pro integrada en el teléfono inteligente y montado en un vehículo, lográndose determinar la rugosidad de la superficie del pavimento, llegando a la concluir que es una aplicación muy económica para ciudades en vías de desarrollo (Al-mansour y Al-qaili, 2022). De igual modo, el empleo de acelerómetros y sensores GPS montado en un vehículos de dos ruedas, también ha permitido satisfactoriamente medir la rugosidad de una carretera (Zang et al., 2018).

Por otro lado, al determinar el IRI mediante el rugosímetro de MERLIN con un instrumento electrónico y el SICaIRI, el cual es un programa de computadora, dieron excelentes resultados debido a que los valores de la rugosidad emitidos por dichos instrumentos se aproximaron (Álvarez y Rivero, 2012).

Badilla Vargas (2010) comprueba que el Índice de Regularidad Internacional (IRI) es independiente de la técnica o equipo que se utiliza para obtener el perfil del pavimento en evaluación, por lo cual es necesario especificar cuál será la longitud en estudio, ya que el IRI es el valor medio de los IRI unitarios que se calculan. Está bien precisar que la geometría del camino asociado a curvas horizontales y verticales, pendientes, gradientes, peraltes y otros, llegan a afectar la obtención de valores de IRI aceptables debido a la topografía del camino, por lo que la calidad de maquinaria, los equipos topográficos calibrados y el adiestramiento de los operadores aseguran una baja regularidad del pavimento.

Todo ello conlleva a aumentar la vida útil de las carreteras y optimizar el dinero en mantenimiento que conllevan un mejor beneficio para los usuarios y contribuyentes. Por otro lado, Oblitas-Gastelo et al. (2021) indica que es fundamental realizar la evaluación de estado superficial de pavimento para conocer el estado actual y tener un criterio técnico para la realización de actividades de rehabilitación y mantenimiento en pavimento, asimismo crear una política de proceso de gestión de infraestructura de pavimento en donde se pueda encontrar la información de manera inmediata de los índices y recomendaciones de intervención por tramos, y así invertir de forma efectiva los recursos públicos y prolongar la vida útil de la infraestructura vial. Además, indica que el IRI es un indicador muy importante para determinar si una carretera está cumpliendo con el nivel de servicio de manera sencilla y rápida, considerando valores de IRI entre 0-12 m/km en

pavimentos flexibles conforme a los establecido en el Banco Mundial y que recomienda un valor mínimo inicial de 1.5m/km para evitar accidentes por derrape (patinado), por lo que valores muy elevados de IRI significa un estado de intransitable del pavimento.

Almenara Cueto (2015) menciona que el uso de aplicación en teléfonos inteligentes como el “Roadroid” representa una alternativa económica muy favorable para la gestión vial en el control de la rugosidad cumpliendo con la norma peruana de pavimentos urbanos CE.010, además que puede llegar a representar un ahorro de 82.3% en comparación con el perfilómetro laser, sin contar la utilidad y contingencia de la actividad. El tesista llego a la conclusión que la variación del resultado del IRI calculado y estimado no excede a un 2% de variación.

En la investigación de Arce Salazar (2021) para una vía pavimentada, se implementó el aplicativo “Abakal IRI” para un Smartphone montado en un vehículo, generando datos para luego crear una gráfica que muestran los valores de elevación en milímetros (mm) considerando 13 mediciones por cada 100 metros, el cual al promediarse los valores del IRI dieron como resultado 15.72 m/km, dando a conocer que la Avenida presentaba una mala transitabilidad. Igualmente, Gonzalo y Beingolea (2021) realizaron la determinación de la serviciabilidad con el método de IRI en el pavimento de la avenida internacional, lo cual, determinaron que para la muestra del tramo en estudio, obtuvieron resultados similares, entre el método de

rugosímetro de MERLÍN y el aplicativo Smartphone ABAKAL IRI, y concluyendo en los resultados del pavimento en ambos carriles como “No Aceptable” utilizando valores IRI en el Perú del MTC.

Asimismo, en la ciudad de Tacna, se vienen evaluando las vías pavimentadas para cuantificar la rugosidad de la superficie asfáltica, del mismo modo, Flores Calderón (2022) realizó un análisis comparativo en la Av. Los Ángeles entre el rugosímetro de MERLIN y la aplicación ABAKAL IRI obteniéndose los valores del IRI de 5.52 m/km y 5.89 m/km respectivamente, concluyendo que las dos metodologías empleadas son confiables debido a su aproximación, dando como resultado una superficie en mal estado.

Al mismo tiempo, según Osco y Atencio (2022), realizaron el ensayo de determinación del índice de rugosidad internacional (IRI) haciendo uso del aplicativo móvil “Abakal IRI” y el rugosímetro de Merlín en la carretera costanera Tacna – Ilo a una longitud de 2 km constituida de pavimento flexible, considerando varios factores que podrían influir en el cálculo final, así que, de los resultados obtenidos con las 16 combinaciones, se concluyó que la combinación 01 que consistió de una camioneta de 4x4 modelo de fabricación 2021 con una presión en las llantas de 35 PSI y usando un dispositivo móvil de gama alta, además de contar con una carga de 300 kg, se obtuvo resultados más confiables en la comparación de ambos metodologías, llegando a un porcentaje de similitud del 99.39%.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad existen infraestructuras en carreteras que, en su mayoría son ejecutadas de pavimento flexible, en énfasis de vías o caminos vecinales, sin embargo, existen otros tipos de pavimentaciones que, a pesar de ser más económico, llegan a ser satisfactorios cumpliendo con la comodidad del usuario, como una pavimentación en donde el material bituminoso es el Slurry Seal. Sin embargo, debido a la delgada capa superficial del Slurry Seal, estas podrían llegar a disminuir el nivel de servicio, presentando anomalías en la superficie por una inadecuada gestión de la conservación vial, incluso antes de llegar a su periodo final de vida útil, generando una insatisfacción a los usuarios por falta de evaluación superficial y actividades con sustento técnico que conserven los niveles de servicio adecuados.

El tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito de la Yarada Los Palos de la provincia y región de Tacna no es la excepción a este problema, siendo una de las vías principales del mencionado distrito, que conecta a los diferentes asentamiento y viviendas tales como la Asoc. Virgen de la Candelaria, Asoc. Frontera Sur, Los 4 Suyos, entre otros.

El tramo de la vía evaluada en la presente tesis mide 2.4 km. y está compuesto por una calzada de 6.00 m. de ancho, con dos carriles en sentidos opuestos. Está constituido de un sistema de pavimentación Slurry Seal tal como se aprecia en la imagen siguiente, notándose con claridad una superficie de subrasante,

la aplicación de MC-30, con una primera capa delgada de Slurry Seal, y una segunda capa de este mismo material bituminosos el cual forma la superficie de rodadura.

### Figura 01

*Componentes del pavimento con Slurry Seal en el tramo en estudio*



*Nota.* La figura se muestra las diferentes capas del pavimento con Slurry Seal en la vía evaluada. Fuente: Elaboración propia.

A pesar de que el sistema Slurry Seal fue colocado en el mes de agosto del año 2022, se puede notar una variedad de fallas no muy severas pero que con el tiempo podrían generar una mala serviciabilidad. Entre las principales fallas

podemos notar la presencia de ahuellamiento de gravedad 2, desprendimiento de agregados y un conjunto de pequeñas depresiones (baches) que si bien, podría considerarse insignificante, sin un buen mantenimiento periódico o rutinario podría convertirse en un bache de gravedad mayor, evidenciando un bajo nivel de servicio, tal como se presenta en la siguiente figura.

### **Figura 02**

*Estado actual del pavimento de mortero asfáltico en la carretera Coop. 60*



*Nota.* En la figura se muestra pequeños baches no mayor a 2cm. muy cercanos entre sí en la carretera en evaluación. Fuente: Elaboración propia.

Existen otros factores como el alto contenido de finos que incrementan la humedad de los componentes, ocasionando deformación y pérdida de capacidad de carga de la estructura (Muttavelu & Kjems, 2021). En la siguiente imagen se aprecia

una depresión o ahuellamiento de aproximadamente 0.5 cm. lo cual podría haberse generado por una capacidad de carga excesiva a los cuales están sometidos los neumáticos de los vehículos.

### **Figura 03**

*Estado de la superficie asfáltica de la carretera Coop. 60*



*Nota.* En la imagen se muestra el estado actual del pavimento de mortero asfáltico Slurry Seal el cual se aprecia principalmente el desprendimiento de los agregados y ahuellamiento. Fuente: Elaboración propia.

Las fallas de un pavimento no solo son causadas por agentes geológicos externos como el agua, sino, un diseño inadecuado de los espesores del pavimento, pues en un estudio para verificar cuál de las capas del pavimento era el culpable de

generar estas fallas, se ha realizado métodos de excavación para analizar las distintas capas, dando a conocer que el asfalto es el principal responsable de estas anomalías, presentadas por lo general en las intersecciones (Chilukwa y Lungu, 2019).

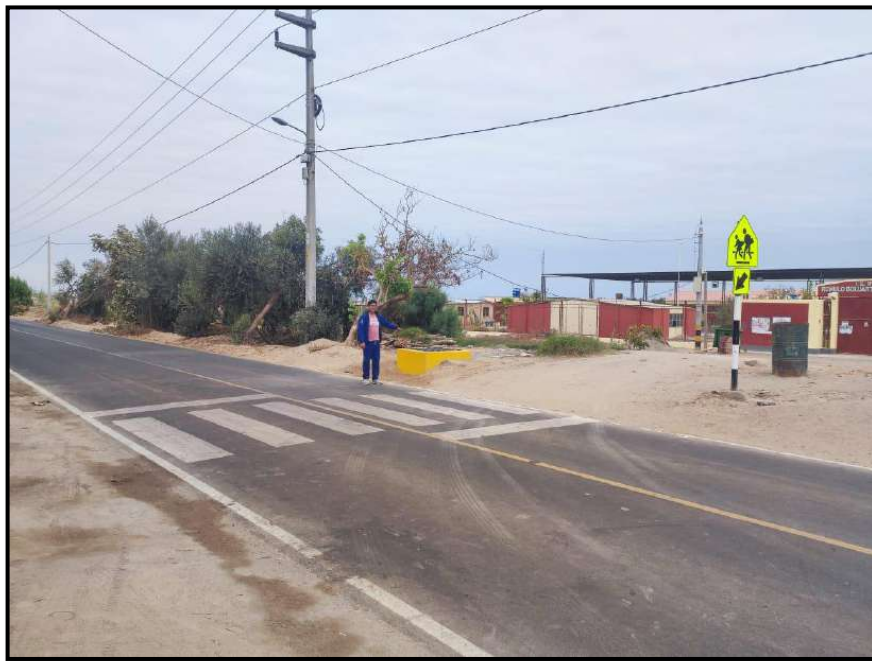
No obstante, el tramo a evaluarse presenta señalizaciones horizontales marcadas sobre la calzada de Slurry Seal y a pesar de que aún se sigue manteniendo su pintado, en algunas partes estas van perdiendo su iluminación con el tiempo, Entre estas marcas viales podemos mencionar los siguientes:

- a) Línea discontinua central de color amarillo.
- b) Línea continua de borde de la calzada de color blanco.
- c) Pasos de cebra y señalización horizontal en general.

Asimismo, existen señales informativas que tienen por finalidad guiar a los usuarios informándoles la ubicación, el lugar, recomendaciones, etc.

**Figura 04**

*Señalizaciones horizontales y verticales en el pavimento de Slurry Seal de la carretera Coop. 60 tramo de evaluación*



*Nota.* La figura muestra algunas marcas horizontales y verticales el tramo de la carretera Coop. 60 que será evaluada. Fuente: Elaboración propia.

Pues si bien, el conjunto de marcas horizontales y verticales en el pavimento no afecta de una manera determinante los valores del IRI en la superficie del pavimento en sí, estas son sumamente importantes, ya que no solo se debe mantener la comodidad en el momento del tránsito del vehículo, sino también, mantener la seguridad integral del usuario para evitar posibles accidentes que puedan ocurrir por falta de estos implementos, y de esta forma, generando un mejor nivel de

servicio mucho más completo en el pavimento. Asimismo, la falta de bermas en el ancho de vía también genera una inseguridad para los peatones.

El bajo nivel de serviciabilidad en vías pavimentadas es un problema a nivel mundial, pues las investigaciones mencionan que las cargas de tránsito, los cambios de temperatura, defectos en la construcción, mala calidad de los materiales, inadecuado sistema de drenaje, acción de la vegetación, entre otros, generan diversas fallas en las vías (Oblitas-Gastelo et al, 2021).

Tener en cuenta que el tramo en estudio presenta un diseño geométrico restringida, considerándose en el análisis en las curvas horizontales que si bien, supuestamente no debería afectar la rugosidad en la superficie por ser una vía uniforme, en realidad, si lo hace. Pues en un estudio similar con geometría restringida, el IRI tiene relación directamente proporcional con la curvatura de una vía en evaluación puesto que la curvatura horizontal influye en el valor de la rugosidad haciendo que sus valores sean más notorios y elevados en aquellos tramos que contengan mucha más cantidad de curvas respecto a otros (Díaz Saavedra, 2022). La vía en estudio presenta curvas horizontales, que han sido ejecutado según el diseño geométrico, excepto una curva horizontal imposibilitada de ejecutar por la libre disponibilidad del terreno, lo que permite desafiarnos a comprobar y analizar en estas situaciones los valores de serviciabilidad del pavimento, y al mismo tiempo resolver la problemática de estas singularidades y

cuál es su incidencia en cálculo del IRI. Una de las curvas se muestra en la siguiente figura:

**Figura 05**

*Curvatura en análisis del tramo de evaluación*



*Nota.* La figura muestra una de las curvaturas ubicada en el KM. 1 + 340 del tramo de la carretera Coop. 60 que será analizada. Fuente: Elaboración propia.

### 1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.3.1 Interrogante general

¿Cuál es el nivel de rugosidad del pavimento con mortero asfáltico Slurry Seal para analizar el nivel de serviciabilidad desde la progresiva KM. 1+300 hasta el KM. 3+700 del tramo III de la carretera Coop 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna?

#### 1.3.2 Interrogantes específicas

- ¿Cuál es el valor comparativo del IRI en el pavimento con mortero asfáltico Slurry Seal entre el Rugosímetro de MERLIN y el aplicativo ABAKAL IRI desde la progresiva KM 1+300 hasta el KM. 3+700 del tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna?
- ¿Cuál es el análisis del valor del IRI en las curvas horizontales ubicadas en el progresiva km 1+300 hasta km 3+700 tramo III de la carretera Coop? 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna?
- ¿Existe comparación significativa entre los resultados del IRI en el periodo- agosto 2022 hasta el periodo- mayo 2023 desde la progresiva km. 1 + 300 hasta KM. 3 + 700 tramo III de la carretera Coop? 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna?

## 1.4 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

### 1.4.1 Hipótesis general

El nivel de rugosidad del pavimento con mortero asfáltico Slurry Seal desde la progresiva KM. 1 + 300 hasta KM. 3 + 700 tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna darán como resultado valores significativos.

### 1.4.2 Hipótesis específicas

- Los valores del IRI entre el Rugosímetro de MERLIN y el aplicativo móvil ABAKAL IRI son similares en el pavimento con mortero asfáltico Slurry Seal desde la progresiva KM. 1 + 300 hasta KM. 3 + 700 tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna.
- El análisis del IRI en las curvas horizontales desde la progresiva KM. 1 + 300 hasta KM. 3 + 700 tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna será influyente en el cálculo del IRI debido al diseño geométrico de la carretera.
- Los valores del IRI tiene un incremento significativo en el periodo mayo 2023 con respecto al periodo agosto 2022 desde la progresiva KM. 1 + 300 hasta

KM. 3 + 700 tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna.

### 1.5 JUSTIFICACIÓN

La investigación está fundamentada en la determinación del nivel de rugosidad que brinda el pavimento de mortero asfáltico con Slurry Seal en una longitud de 2.4 km. del tramo III de la progresiva KM 1 + 300 hasta KM 3 + 700, en donde se evidencia deterioros pocos significativos en la superficie pero que podrían ser más notorios con el tiempo. Por eso, es importante conocer la condición de las vías por donde el usuario transita, y cuál es su nivel de servicio que brinda. Si el vehículo aumenta la velocidad en el pavimento, se incrementa el impacto que recibe el pavimento, y con el incremento de las cargas de los ejes, acelera el proceso de deterioro, grietas por fatiga y formación de surcos (Misaghi et al., 2021).

La presente investigación se generó por el enorme interés de conocer el comportamiento que ha tenido el pavimento de Slurry Seal desde su culminación de obra y en cuanto ha variado su serviciabilidad después de un periodo de 09 meses, dando a conocer si la aplicación de este tratamiento superficial conserva o no resultados satisfactorios durante el tiempo estudiado. Asimismo, en el distrito de La Yarada, Los Palos, desde el 2018 hasta la fecha, se han estado ejecutando obras de caminos vecinales con acabado superficial de mortero asfáltico Slurry Seal, estos

datos fueron extraídos por el Sistema Electrónico de Contrataciones del Estado (SEACE):

- Obra (2022): "Mejoramiento del camino vecinal trayectoria emp. PE 1SD cruce 5 y 6 hasta el emp. TA 642 del distrito de la Yarada los palos provincia de Tacna departamento de Tacna"
- Obra (2021): "Mejoramiento la vía vecinal en la asoc. avic. virgen de la candelaria, asoc. frontera sur, asc. viv. 4 suyos, coop. 28 agosto asent.03, coop.60 asent 02 distrito de la Yarada los palos provincia de Tacna departamento de Tacna."
- Obra (2021): "Mejoramiento del camino vecinal del sector Yarada baja, tramo camino vecinal las palmeras hasta la vía costanera sur en el distrito de la Yarada los palos provincia de Tacna departamento de tacna."
- Obra (2020): "Mejoramiento del servicio de transitabilidad vehicular en la vía TA 640 a TA 642 en la coop, 28 de agosto al asent. 5 y 6, del distrito de la Yarada los palos. Tacna, Tacna."
- Obra (2019): "Mejoramiento de la vía vecinal tramo ruta TA-644 prog. km. 9+363 a la prog. km. 2+285 en la asoc. virgen de Copacabana a la prog. km. 8+823 de la asoc. agroindustrial los cenizales del distrito de la Yarada los palos - provincia de Tacna - departamento de Tacna (primera etapa)"
- Obra (2018): "Mejoramiento del camino vecinal tramo 10 de mayo - los olivos - las palmeras distrito la Yarada los palos- Tacna"

Pues como cualquier acabado superficial, el pavimento se desgasta en su vida útil, generando envejecimiento y reduciendo su serviciabilidad, sumándose los factores como condiciones ambientales, las cargas de tránsito y la influencia de las curvas horizontales presentes.

Mientras exista mayor deterioro, la transitabilidad se ve afectada, pues, en la información del reportaje periodístico realizado en la ciudad de Lima, los vehículos menores como taxis, camionetas, ocasionaban severos daños a los neumáticos del vehículo al estar en contacto con superficies con gran cantidad de fallas y anomalías, y para evitarlos, tienden a realizar maniobras peligrosas arriesgándose a provocar accidentes (RPP Noticias, 2022).

Para este estudio se usará el rugosímetro de MERLIN y el ABAKAL IRI, el cual proporcionará el nivel de rugosidad en la que se encuentra y discutir la variación o similitud de los resultados, asimismo analizar la serviciabilidad para proponer la posible solución técnica y económicamente de esta evaluación.

## 1.6 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS

### 1.6.1 Objetivo general

Determinar el nivel de rugosidad del pavimento con mortero asfáltico Slurry Seal para analizar el nivel de serviciabilidad desde la progresiva KM. 1+300 hasta el KM. 3+700 del tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna

### 1.6.2 Objetivos específicos

- Determinar el valor comparativo del IRI en el pavimento con Mortero Asfáltico Slurry Seal entre el Rugosímetro de MERLIN y el aplicativo móvil ABAKAL IRI desde la progresiva KM. 1 + 300 hasta KM. 3 + 700 tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna.
- Analizar el valor del IRI en las curvas horizontales ubicadas desde la progresiva KM. 1 + 300 hasta KM. 3 + 700 tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 Suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna
- Comparar los resultados del IRI del periodo agosto 2022 hasta el periodo mayo 2023 desde la progresiva KM. 1 + 300 hasta KM. 3 + 700 tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 Suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna.

## 1.7 DEFINICIÓN DE VARIABLES

### 1.7.1 Identificación de variables

- Nivel de rugosidad
- Evaluar el nivel de servicio

### 1.7.2 Caracterización de las variables

#### a) Variables independientes X

- Nivel de rugosidad: Se determinará la rugosidad mediante las metodologías del rugosímetro de MERLIN y el aplicativo ABAKAL IRI en el Smartphone.

Esta Variable Independiente cuenta con los siguientes indicadores:

- ✓ Rugosímetro De MERLIN.
- ✓ Aplicativo móvil ABAKAL IRI.
- ✓ Suspensión de Camioneta 4x4 de año de fabricación 2022
- ✓ Longitud de estudio
- ✓ Slurry Seal
- ✓ Diseño geométrico
- ✓ Periodo de tiempo

b) Variable dependiente Y

- Analizar el nivel de servicio: Analizar la serviciabilidad mediante el indicador PSI, post cálculo del IRI en el pavimento con mortero asfáltico Slurry Seal.

Esta variable dependiente cuenta con los siguientes indicadores:

- ✓ Tipo de pavimentación
- ✓ Serviciabilidad
- ✓ Valor del IRI
- ✓ Confort

## 1.8 ALCANCES Y LIMITACIONES

### 1.8.1 Alcances

- Mediante la presente tesis, se obtendrá el valor del IRI en el tramo de evaluación de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 Suyos del distrito de La Yarada, Los Palos, empleando las metodologías del rugosímetro de MERLIN y el aplicativo Abakal IRI.
- Los métodos establecidos consisten en el equipo basado de un perfilometro estático (rugosímetro de MERLIN) y en un equipo tipo respuesta (Abakal IRI), con lo cual, se pretende analizar el nivel de servicio por medio del índice de Serviciabilidad (PSI).

- La presente tesis contribuye un valor técnico, social y económico para las Unidades involucradas, encargadas de la conservación y mantenimiento vial de carreteras constituidas con superficie asfáltica Slurry Seal.

#### 1.8.2 Limitaciones

- Debido al tránsito vehicular pesado y la no existencia de bermas peatonales y vehiculares, se deberá incorporar elementos de protección individual y colectiva, tales como: Conos de seguridad, cascos y chalecos, entre otros, con la finalidad de prever accidentes y salvaguardar la integridad física de los encargados de ejecutar el trabajo y equipos.
- El rugosímetro de MERLIN deberá manipularse con cuidado al seguir un alineamiento longitudinal del perfil recorrido en la vía, de lo contrario, podría generar variación en los resultados y una incorrecta representación del cálculo del IRI.
- Es importante mantener la velocidad constante del vehículo en el cual estará montado el Smartphone con el aplicativo ABAKAL IRI, pues con una aceleración o desaceleración significativa debido a la dinámica del vehículo, podría sufrir alguna inclinación o sufrir un algún desperfecto lo que ocasionará resultados desatinados, o en el peor de los casos, que la labor se repita, generando pérdida de tiempo y recursos.

- Para el ensayo del cálculo del IRI con el aplicativo ABAKAL IRI, se encuentra limitación con el estado y calidad de la suspensión del vehículo a usar, ya que este tipo de evaluación corresponde con un equipo tipo respuesta (RTRRMS).
- Estos métodos de cálculo de IRI de las metodologías empleadas, no miden ni se representa en un gráfico el perfil longitudinal de la vía evaluada.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### 2.1 CONCEPTOS GENERALES

##### 2.1.1 Mantenimiento y conservación vial

Según el manual de carretera de Mantenimiento y conservación vial (2018), en la conservación vial comprende las actividades necesarias para preservar tanto las carreteras y caminos rurales en general, y que el estado a través de sus pliegos responsables requiere mantener en buenas condiciones operativas, es por ello que las responsabilidades son repartidas según el tipo de vía: a) La Red Vial Nacional, a cargo del MTC, b) La Red Vial Regional o Departamental, está a cargo de los Gobiernos Regionales y c) La Red Vial Vecinal o Rural, a cargo de los gobiernos locales, provinciales y distritales. De acuerdo con el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC, 2022) el porcentaje de mayor red vial existente, son las vías vecinales no pavimentadas, es por ello importante darle prioridad en la gestión de infraestructura vial, y esta responsabilidad recae en los gobiernos locales, como las municipalidades distritales que en muchos casos no tiene un procedimiento de gestión de infraestructura vial y por ende no tienen un plan de intervención. En la siguiente tabla se aprecia el inventario vial existentes de las vías en el Perú.

**Tabla 01**

*Infraestructura Vial Existente del SINAC, según departamento*

DEPARTAMENTO	LONG. TOTAL	NACIONAL (km)			DEPARTAMENTAL (km)			VECINAL (km)		
		SUB TOTAL	Pavimentada	No Pavimentada	SUB-TOTAL	Pavimento	No Pavimentada	SUB-TOTAL	Pavimento	No Pavimentada
<b>TOTAL</b>	173,611.3	27,108.7	22,671.5	4,437.2	27,962.8	4,742.7	23,220.0	118,539.8	2,794.6	115,745.2
<b>Amazonas</b>	3,520.6	863.0	848.7	14.2	880.1	30.6	849.5	1,777.6	0.0	1,777.6
<b>Áncash</b>	10,758.4	1,880.1	1,433.9	446.2	1,223.0	526.7	696.4	7,655.3	116.1	7,539.2
<b>Apurímac</b>	8,135.1	1,283.6	1,048.8	234.8	1,291.0	9.1	1,281.9	5,560.6	11.3	5,549.3
<b>Arequipa</b>	10,231.1	1,494.4	1,219.5	274.9	1,736.1	974.5	761.7	7,000.5	587.8	6,412.7
<b>Ayacucho</b>	12,578.4	1,801.8	1,727.9	73.9	1,861.9	314.4	1,547.5	8,914.8	104.8	8,810.1
<b>Cajamarca</b>	15,632.3	1,745.3	1,528.5	216.7	919.6	31.8	887.8	12,967.4	69.7	12,897.8
<b>Callao</b>	51.5	44.6	44.6	0.0	6.9	5.2	1.7	0.0	0.0	0.0
<b>Cusco</b>	17,430.6	2,019.9	1,658.1	361.7	2,739.2	565.2	2,174.0	12,671.6	304.1	12,367.5
<b>Huancavelica</b>	8,249.9	1,443.7	1,190.3	253.5	1,996.7	19.5	1,977.2	4,809.5	0.7	4,808.8
<b>Huánuco</b>	7,884.7	1,325.0	929.6	395.4	772.4	9.1	763.4	5,787.2	81.2	5,706.1
<b>Ica</b>	3,658.8	697.7	683.7	14.1	703.2	48.9	654.2	2,257.9	178.4	2,079.5
<b>Junín</b>	12,067.2	1,788.4	1,073.1	715.2	1,125.2	76.6	1,048.6	9,153.7	239.6	8,914.1
<b>La Libertad</b>	8,871.7	1,333.9	949.8	384.0	1,932.6	105.3	1,827.3	5,605.2	161.9	5,443.3
<b>Lambayeque</b>	3,196.7	468.8	450.6	18.2	672.2	206.4	465.8	2,055.7	27.6	2,028.2
<b>Lima</b>	7,612.0	1,685.0	1,372.6	312.5	1,609.7	160.4	1,449.3	4,317.3	154.3	4,163.0
<b>Loreto</b>	901.1	128.9	88.6	40.3	320.7	97.2	223.6	451.5	19.1	432.4
<b>Madre de Dios</b>	2,015.2	399.4	399.4	0.0	340.0	2.3	337.6	1,275.8	6.4	1,269.4
<b>Moquegua</b>	2,930.1	470.3	470.3	0.0	904.4	128.1	776.3	1,555.4	109.6	1,445.8
<b>Pasco</b>	3,594.3	579.2	374.8	204.5	912.6	34.7	877.9	2,102.5	13.3	2,089.2
<b>Piura</b>	8,930.8	1,729.5	1,667.7	61.8	634.3	170.0	464.3	6,567.0	333.3	6,233.8
<b>Puno</b>	13,637.2	2,018.5	1,803.9	214.6	2,349.9	873.0	1,476.9	9,268.8	86.3	9,182.5
<b>San Martín</b>	5,566.6	815.5	769.5	46.0	967.3	191.6	775.7	3,783.8	2.5	3,781.3
<b>Tacna</b>	2,650.0	631.1	580.1	51.0	489.7	85.0	404.7	1,529.2	175.1	1,354.1
<b>Tumbes</b>	1,002.1	138.5	138.5	0.0	287.5	71.7	215.8	576.1	9.3	566.8
<b>Ucayali</b>	2,504.7	322.9	219.0	103.8	1,286.6	5.5	1,281.1	895.2	2.3	892.9

NOTA. Datos tomados del SINAC (2022).

Salazar Cayotopa & Sánchez Muñoz, (2020) señala con respecto a las vías vecinales, que en muchos casos realizar el mantenimiento debido no le es muy rentable a las municipalidades distritales, sin embargo, por medio de PROVIAS descentralizado existe una inyección de dinero financiado con recursos del tesoro público, para dar mantenimiento periódico a las vías vecinales y con ello recuperar los elementos de la calzada.

Los caminos vecinales son de gran importancia, debido a que conecta con las zonas rurales e impulsa la economía de los agricultores, esto se evidencia en el distrito de La Yarada Los Palos, que muchos de sus productos agrícolas son comercializados en el mercado local, nacional y gran cantidad es exportada a nivel internacional. Sin embargo, estas vías que se están ejecutando escasean en un plan de intervención de determinar su nivel de servicio, es por eso la importancia de conocer claramente las principales fallas y servicio que presta al usuario mediante una evaluación superficial, y con ello evitar intervenciones sin criterio técnico y realizar de manera efectiva la inversión de recursos de la administración pública.

#### 2.1.2 Rugosidad superficial

La rugosidad es una irregularidad generada por la variedad de fallas existentes en los caminos pavimentados, siendo los más perjudiciales la falla por agrietamiento de cocodrilo, la depresión y el parchado, pues estos incrementan significativamente los valores del IRI (Kırbaç, 2018). Por otra parte, la rugosidad

es un parámetro que, mediante técnicas con filtros y aproximaciones sinusoidales, permiten evaluar el contacto entre el neumático del vehículo y la superficie del pavimento, generando un rango en el IRI que varían de acuerdo a la normativa de cada país (Hosseini et al., 2020).

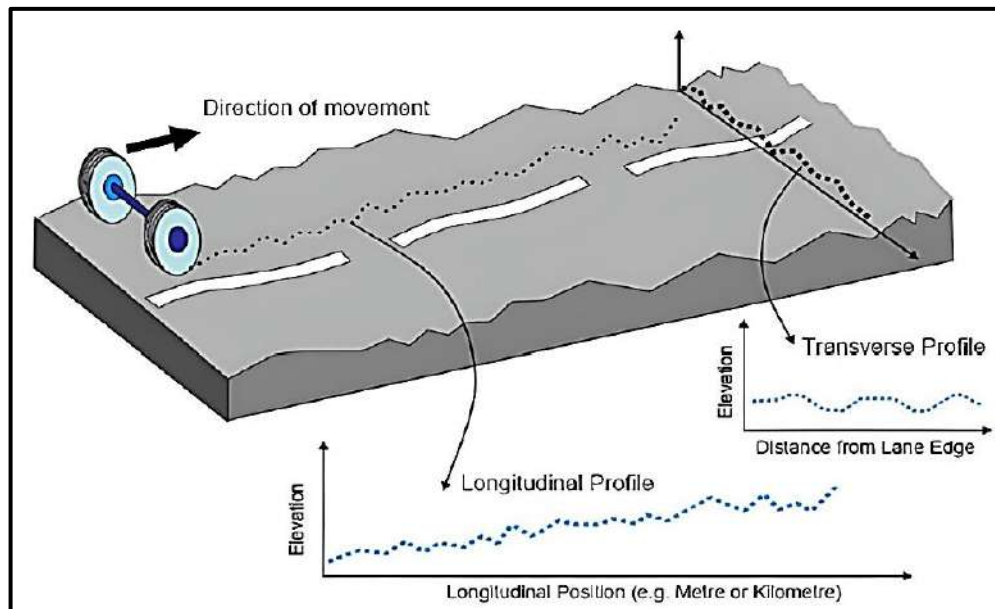
El deterioro y las fallas previstas en los pavimentos son parámetros que diagnostican el estado y la condición de la carpeta asfáltica, pudiendo clasificarse como: fisuras longitudinales, ahuellamiento, desprendimiento, baches, etc. afectando en el costo del mantenimiento. (Ministerio de transportes y comunicaciones [MTC], 2018a).

### 2.1.3 Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

En concordancia con la norma de ensayo de ASTM 867-06 (2012): *Stándar Terminology relating to vehicle – Pavement systems* y acuerdo con Barriga Zhindón & Chaca Guamán, (2019), acerca de la rugosidad son “las desviaciones de una superficie de pavimento respecto una superficie plana teórica con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de conducción, cargas dinámicas y el drenaje, por ejemplo, el perfil longitudinal, perfil transversal y bombeo...” tal como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 06**

*Perfiles transversales y longitudinales del camino*



*Nota:* La figura representa la rugosidad y textura de un pavimento. Fuente: Kumar y Gundaliya (Como se citó de Díaz, 2022).

Así que, se puede indicar que el índice de rugosidad internacional (IRI), consiste en un indicador estadístico de la irregularidad superficial del pavimento y representa la diferencia entre el perfil longitudinal teórico (IRI=0) y el perfil longitudinal real del pavimento.

Los antecedentes de esta definición nos llevan a la década de los 60's, cuando la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 2012) introdujo el concepto de serviciabilidad con el propósito de

brindar a los usuarios que transitan por la carretera un viaje confortable. Los parámetros empleados inicialmente fueron el Present Serviciability Rate (PSR) y el Present Serviciability Index (PSI). Un grupo de expertos desarrollaron una escala de evaluación de 0 (intransitable) a 5 (excelente) que representa el nivel de comodidad percibido por un usuario al transitar por la carretera.

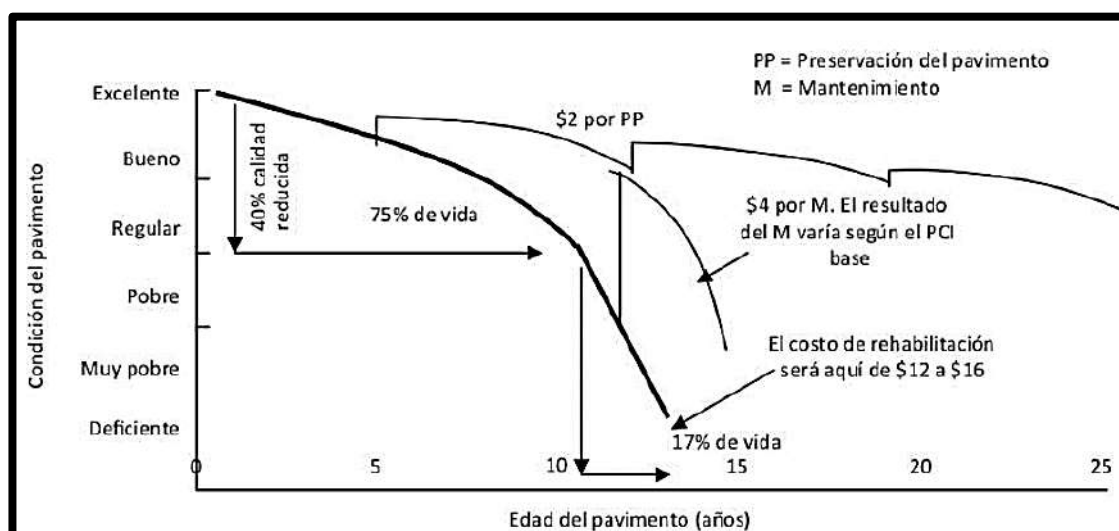
De acuerdo con las diversas investigaciones realizadas, encabezado por el Banco Mundial, se concluye que el parámetro IRI se constituye en uno de los controles del nivel de servicio en cuando a la funcionalidad de un pavimento. Por lo que es aceptado y utilizado mundialmente con el que los usuarios determinan la comodidad y confort.

Según Lavoud (como se citó en Díaz Saavedra, 2022) tras un estudio del control de la rugosidad y la importancia del mantenimiento de la regularidad superficial, y como tiene relación en el incremento de la vida útil del pavimento, en la reducción de los costos de mantenimiento los cuales se reducen considerablemente en pavimentos con un IRI inicial de 1.5 m/km genera un mejor confort y la disminución del consumo de combustible. Por lo que concluyo que reduciendo el IRI real en un 50% es posible incrementar la vida útil del pavimento en un 27% esto nos lleva a inferir que un correcto mantenimiento rutinario y periódico puede generar un costo de preservación de 6 a 8 veces en relación a la rehabilitación del pavimento estudiado, lo que es recomendable realizar una

preservación de la vía para un mejor desempeño de la condición. En la siguiente figura se muestra una comparación en el tiempo del costo por rehabilitación versus un pavimento preservado.

### Figura 07

*Gráfico de comparación, Costo de rehabilitación vs. edad del pavimento*



*Nota.* Figura extraída de Diaz Saavedra (2022).

Según el Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC, 2014) en su manual de carreteras indica que el índice de rugosidad Internacional (IRI) fue inicialmente estudiado para evaluar los rasgos físicos del deterioro del pavimento y posteriormente fue nombrado como un indicador que representa la regularidad superficial del pavimento, siendo determinante en la seguridad, confort del usuario, aumento o reducción de la velocidad y daño de los neumáticos en los vehículos.

No obstante, La norma CE. 010 menciona que al finalizar la construcción de una carpeta asfáltica nueva, se deberá realizar el control de calidad final mediante la determinación de la rugosidad, con el fin de garantizar y asegurar la comodidad del usuario, debiendo ser la irregularidad menor o igual a 2.5 m/km. (Reglamento Nacional de Edificaciones [RNE], 2004).

#### 2.1.4 Mortero asfáltico Slurry Seal

El Slurry Seal es un método de pavimentación mezcla en frío, que consiste en una lechada asfáltica conformado por un material bituminoso, agua, áridos, emulsiones y opcionalmente aditivos dándole a la superficie del pavimento un mejor acabado y textura.

Este mortero trabaja con una granulometría definida por la normativa ISSA y puede trabajar con 3 tipos, dependiendo de nivel de tránsito. Unas de sus características del Slurry Seal, es que trabaja con emulsiones convencionales, y material 100% chancada (o incluso 75% piedra chancada y 25% de arena fina) logrando una capa estructuralmente bueno y aperturando el tráfico en menos de 4 horas (Sáez Alván, 2019).

En la figura 08, se puede observar la aplicación de la capa de Slurry, adoptando inicialmente un color marrón, esto debido a que aún contiene agua y

cuando se genera la rotura en la mezcla, adopta un color negro, quedando solamente el residuo asfáltico.

### **Figura 08**

*Aplicación del mortero asfáltico Slurry Seal*



*Nota.* En la figura se muestra la colocación del Slurry Seal como tratamiento superficial para una vía y mejorar su servicio. Fuente: SeleAd (2023). Encontrado en <https://www.seleadroad.com/slurry-sealer-u/selead-all-slurry-seal-introduction/>

Existen diversas aplicaciones con este tipo de mortero asfáltico, lo cual, podemos mencionar que es comúnmente usado en mantenimiento vial para sellar pozos o vacíos encontrados en la superficie, en algunos casos, se adicionan micro esferas de aluminosilicatos con abundante agua, ayudando a evitar la segregación y manteniendo los parámetros reológicos (Kremieniewski, 2020). Por otra parte, la aplicación del Slurry Seal para vías no pavimentadas, optimiza los costos de mantenimiento, alargando la vida útil.(Chumbe & Ortiz, 2021).

## 2.2 SINGULARIDADES EN LA MEDICIÓN Y CÁLCULO DEL IRI

Según el LNV 107-2000, una singularidad se entiende a cualquier alteración presente en el pavimento, que es representado en el perfil longitudinal y que no proviene de fallas constructivas y por ende aumente el valor del IRI. Entre los cuales se puede nombrar como: badenes, buzones encimados, baches, puentes y entre otras que perjudique el camino.

Según el Ministerio de transportes y comunicaciones [EG-2013], (2013) acerca de la singularidad, indica lo siguiente:

Singularidades, entendiéndose por tales, todas aquellas alteraciones del perfil longitudinal de la carretera que incrementen el IRI y no provengan de deficiencias constructivas, como pueden ser intersecciones con otras vías, puentes, pozos de inspección, etc., los cuales serán definidos por el Supervisor, con su ubicación respectiva

(carril y abscisa), antes de proceder con la determinación del IRI. (p. 723)

Para efectos de recopilación de datos para el cálculo de IRI, las singularidades afectan el intervalo completo de la medición de la pista en que están ubicadas y los tramos que las contengan.

### 2.3 INFLUENCIA DEL DISEÑO GEOMETRICO EN LA MEDICIÓN DEL IRI

Los caminos son definidos según la normativa vigente siguiendo los criterios, factores y elementos que deben cumplir para un correcto desempeño y que reúna todas las características apropiadas y que satisfaga la demanda para el bien común.

De acuerdo con el Ministerio de transportes y comunicaciones [DG-2018, (2018b)] define al diseño geométrico como:

La descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural. Los elementos que conforman la sección transversal de la carretera son: carriles, calzada o superficie de rodadura, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios (barreras

de seguridad, ductos y cámaras para fibra óptica, guardavías y otros), que se encuentran dentro del derecho de vía del proyecto. (p. 183)

Según Montoya-Goicochea, (2013) al realizar el cálculo del IRI, esta es definida por el procesamiento de datos de la cota de elevación de la huella del pavimento, por lo que la medición del IRI no debería estar influenciada por la curvatura horizontal y curvatura vertical. Pero basta comprobar que esta hipótesis no se cumple, debido a que en las curvas ocurre una modificación al plano horizontal de la superficial, algo que en la hipótesis del algoritmo del cálculo del IRI no sucede.

Es así que, con los sistemas de pavimentación utilizados en el país, según la normativa vigente de carreteras, se considera que existen proyectos de trazos de alineamientos sinuosos con valores de IRI muy diferentes a los que obtienen en proyectos de alineamiento llano o no sinuoso, esto conlleva a que muchas carreteras de vías nacionales concesionadas no cumplan con las exigencias contractuales de serviciabilidad (Díaz Saavedra, 2022).

### 2.3.1 Experiencia Internacional de la singularidad por diseño geométrico

Existe evidencia internacional sobre esta problemática que en nuestras condiciones locales usualmente no se está considerando, como las normativas respecto a carreteras, y se debe hacer hincapié a este problema, para que, de esta manera, manejar las buenas prácticas para el buen procedimiento de la rugosidad

en el pavimento y con ello evitar controversias en la recepción de obra nuevas, obras de mantenimiento o gestión en infraestructura vial. En la siguiente tabla se visualiza el control y aceptación de la rugosidad en comparación con otros países.

**Tabla 02**

*Normativas internacionales de control de IRI*

Organización	Metodología	Requerimiento de IRI según tipo de superficie		
		Carpeta Asfáltica	Concreto Hidráulico	Tratamiento Superficial
Ministerio de Obras Publicas de Chile	IRI obtenido en 5 tramos consecutivos de 200 m. de sección homogénea (media móvil)	Promedio de 5 secciones < 2 m/km		Promedio de 5 secciones < 3 m/km
		Promedio Individual < 2.8 m/km		Promedio individual < 4 m/km
Ministerio de Fomento de España	IRI obtenido en tramos de 100 m.	IRI < 1.5 m/km en 50% de las secciones del proyecto		
		IRI < 2 m/km, en 80% de las secciones del proyecto		
		IRI < 2.5 m/km en 100% de las secciones del proyecto		
Estados Unidos, WisDOT	IRI obtenido en tramos de 1.609 km. (1 milla)	<1.1 m/km / Pavimento nuevo		
		<1.17 m/km / 1 año		
		<1.29 m/km / 2 años		
		<1.33 m/km / 3 años		
		<1.37 m/km / 4 años		
Canadá	IRI obtenido en tramos de 100m.	IRI < 1.2 m/km en 70% de datos		
		IRI < 1.4 m/km en 100% de datos		
Suecia	IRI en tramos de 200m.	IRI < 1.4 m/km		
	IRI en tramos de 20m	IRI < 2.4 m/km		
Ministerio de Obras Públicas de El Salvador	Para caminos rurales: IRI obtenido en tramos de 100m.	IRI no mayor a 3.00 m/km		
Ministerio de Obras Publicas de El Salvador	Para interestatales: IRI obtenido en tramos de 100m.	IRI no mayor a 2.00 m/km	IRI no mayor a 2.50 m/km	
Perú (EG-2013)	IRI obtenido en tramos de 100m.	2 m/km	3 m/km	≤ 2.5 m/km

Nota: Datos de las especificaciones y control de IRI, tomadas de Montoya (2013)

Es así que existe carreteras sinuosas, aquellas emplazadas en lugares que por debido a su geografía y topografía no son consideradas el control correcto de la rugosidad según la normativa peruana vigente, ya que no se puede pretender obtener valores de 2 m/km en carreteras de primera y segunda clase, en carreteras sinuosas donde existe curvas horizontales y vertical pronunciadas, como lo menciona el manual de carretera EG-2013 y en contratos de concesiones viales. Teniendo presente las experiencias internacionales acerca de esta problemática se menciona la normativa de Chile y Colombia en relación con la singularidad por diseño geométrico, como se visualiza en la siguiente figura a continuación:

## Figura 09

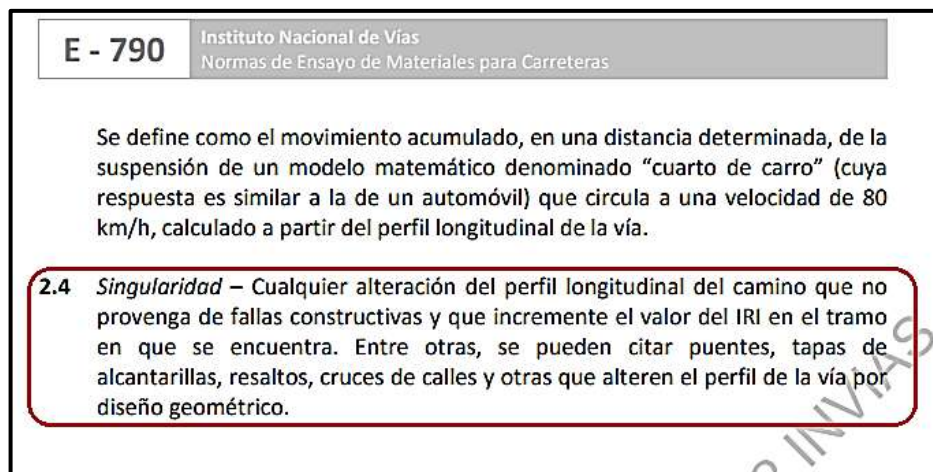
### *Manual de Carretera de Chile*

VOLUMEN N° 8 Especificaciones y Métodos de Muestreo, Ensayo y Control	MANUAL DE CARRETERAS	8 502.8 Diciembre 2003
<b>8.502.8 AUSCULTACIONES Y PROSPECCIONES: METODO PARA DETERMINAR LA RUGOSIDAD DE LOS PAVIMENTOS MEDIANTE PERFILOMETRIA LONGITUDINAL (LNV 107)</b>		
1.- Alcances y Campo de Aplicación. El Método describe el procedimiento para determinar la rugosidad superficial (irregularidades de la superficie) de pavimentos asfálticos, de hormigón, tratamientos superficiales y eventualmente, de otros tipos de capas de rodadura, expresada mediante el indicador IRI (International Roughness Index).		
2.- Referencias. El procedimiento se basa en el documento Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements, Publicación Técnica N° 46 del Banco Mundial, 1986.		
3.- Terminología.		
3.1 Rugosidad. Alteraciones del perfil longitudinal del camino que provocan vibraciones en los vehículos que lo recorren. Se mide con el indicador denominado Índice de Rugosidad Internacional, IRI (Ver Referencias), el que se expresa en m/km.		
3.2 Singularidad. Cualquier alteración del perfil longitudinal del camino que no provenga de fallas constructivas y que incremente el valor del IRI en el tramo en que se encuentra. Entre ellas se pueden citar puentes, badenes, tapas de alcantarillas, cuñas, cruces de calles y otras, que por diseño geométrico alteren el perfil del camino.		

*Nota.* Extracto de normativa chilena para la medición del IRI. Fuente: Volumen N° 08 del Manual de carreteras (2008)

**Figura 10**

*Manual de Carretera de Colombia*



*Nota.* Extracto de normativa colombiana para la medición del IRI. Fuente: Invias Colombia (2013).

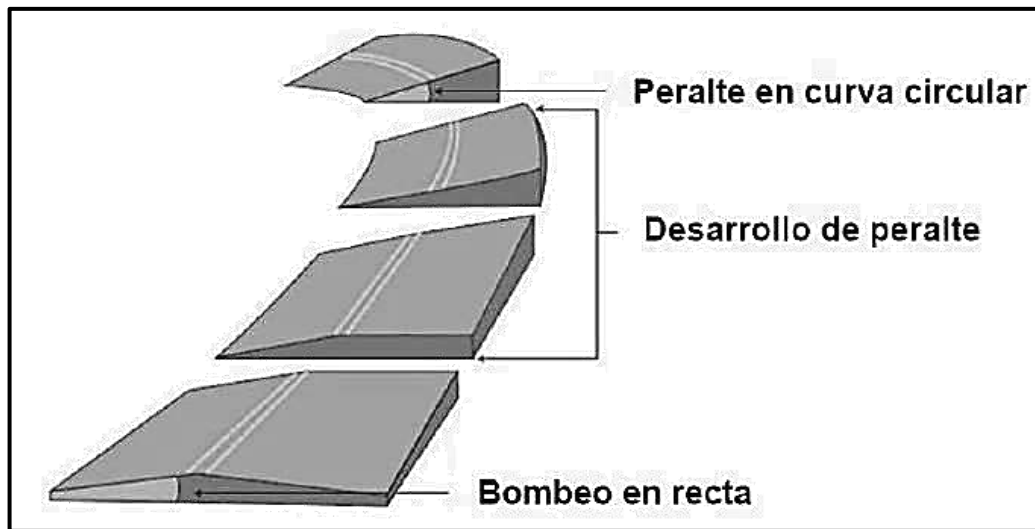
De las normativas analizadas, existe coincidencia en la definición de singularidad que comúnmente se ve en carreteras, y que no deben de considerarse en la determinación del IRI. Aunque es evidente que existe una gran diferencia con el tratamiento del diseño geométrico con respecto a la norma peruana que no se especifica claramente. Sin embargo, las normas de Chile y Colombia complementan su definición en sectores que generan incremento del IRI debido al diseño geométrico. Además, que la norma chilena es más exigente en aquellos tramos donde el IRI-teórico se incrementa en 0.5 m/km o más.

## 2.4 INFLUENCIA DE LAS CURVAS HORIZONTALES Y CURVAS VERTICALES.

### 2.4.1 Diseño Geométrico en curvas horizontales y verticales

De acuerdo con el DG-2018 (2018) está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente.

Para resumir, es necesario dimensionar los elementos geométricos de un alineamiento vial, en planta, perfil y sección transversal, todo esto de acuerdo a la velocidad de diseño asignada a cada uno de los elementos geométricos. En relación al IRI, la obtención de los resultados de rugosidad está determinada por el procesamiento de los datos de las cotas del terreno. En la siguiente figura se aprecia de mejor manera la influencia de niveles en presencia de curvas en la vía.

**Figura 11***Transición de bombeo a peralte*

*Nota.* En la figura se nota la afectación de altimetría en los peraltes de curvas horizontales. Fuente: Marcobla et al. (como cito Diaz Saavedra, 2022).

Se aprecia en la realidad, que debido a que el algoritmo del cálculo de rugosidad está en base al perfil longitudinal de superficie del pavimento, este se ve afectada al no estar considerado desde el punto de vista del diseño geométrico las curvas horizontales y curvas verticales.

## 2.5 MÉTODOS DE CALCULO DEL IRI

### 2.5.1 Antecedentes al cálculo de IRI

Como se logró mencionar, el Banco Mundial fue uno de los grandes impulsores para estandarizar a nivel mundial el Índice de Rugosidad Internacional,

esto debido a que no existía un alineamiento en la técnica de medición en cada país y los resultados no eran confiables, dando sus primeros comienzos de investigación en Brasil 1982.

El Índice Internacional de Rugosidad, fue el primer índice de perfil ampliamente utilizado, en donde su método de análisis está adaptado a ser usado en varios equipos de medición de rugosidad, concluyendo que es una propiedad del perfil longitudinal del alineamiento de un camino.

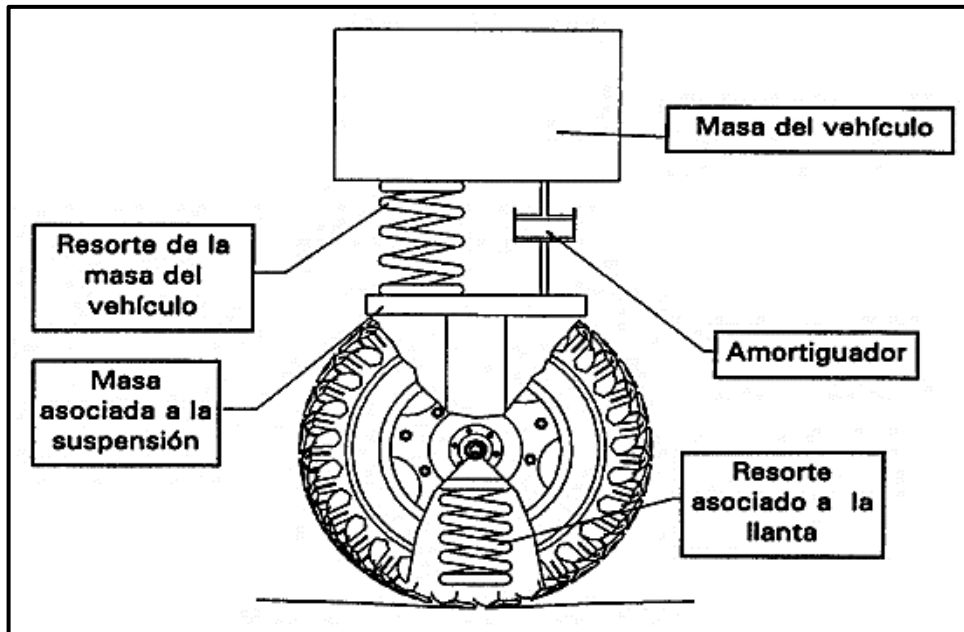
El cálculo del Índice de Rugosidad Internacional se basa en el modelo matemático de Cuarto de Carro (Quarter Car). Este sistema determina la deflexión de la suspensión de un sistema mecánico o vehículo, estos desplazamientos son acumulados y divididos entre la distancia recorrida para dar el valor de IRI en unidad de m/km o in/mi.

#### 2.5.2 Modelo de Cuarto de Carro (Quarter – Car)

El cálculo del índice de rugosidad internacional se basa en el modelo matemático de Cuarto de Carro (Quarter Car), que en palabras sencillas implica la cuarta parte de un vehículo. Para el algoritmo de cálculo del IRI en el vehículo incluye una rueda como resorte asociado a la llanta, un resorte de suspensión, un amortiguador y la masa del vehículo, tal como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 12**

*Representación del modelo de cuarto de carro*



*Nota:* En la figura se representa el modelo de cuarto de carro, usado en el algoritmo del cálculo del IRI. Fuente: Arriaga Patiño et al. (1998).

EL modelo Cuarto de Carro fue ajustado para poder establecer una correlación con los sistemas de medición de rugosidad con equipos tipo respuesta, donde el Banco Mundial propuso en el cálculo del Índice Internacional de Rugosidad a partir del levantamiento topográfico con nivel y mira de un tramo de carretera, generando el perfil longitudinal y por ende que representa la simulación del paso del Cuarto de Carro sobre el perfil del camino.

### 2.5.3 Métodos de Medición del IRI

La medición del IRI fue propuesta por el Banco Mundial para la estandarización de las medidas de rugosidad y con ello conocer la calidad y confort de los pavimentos a nivel mundial. Es por ello que la seguridad y funcionalidad de la vía es un factor importante según la rugosidad que llega a tener.

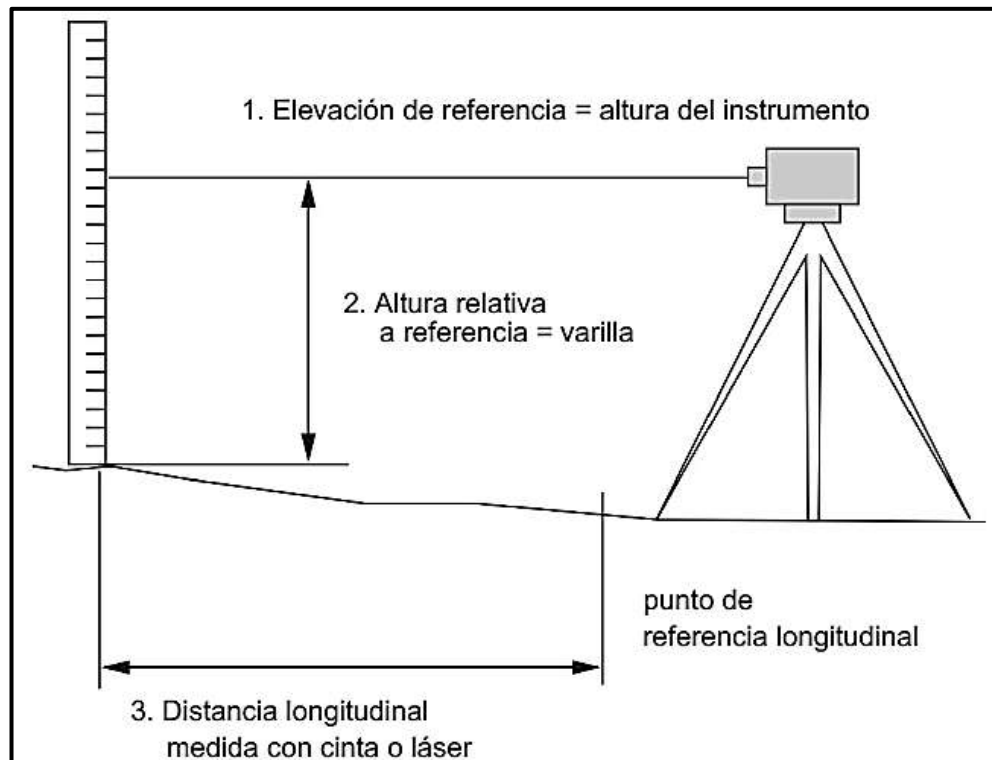
La precisión para medir la rugosidad se estima según la clasificación por los métodos en que se realiza y que según el Banco Mundial se logró estipular con el tiempo y según Sayers & Karamihas (1998) los métodos usados para la determinación del IRI pueden clasificarse en cuatro (4) clases de precisión:

- Clase 1: Perfiles de alta precisión

Esta clase presenta mayor precisión para la medición del IRI, pero consideradas de bajo rendimiento, en donde la medición del perfil longitudinal se debe realizar en la huella de circulación del pavimento y se basa en perfiles topográficos levantados cada 0.25 m con precisión 0.5 mm para valores de IRI de 1 – 3 m/km; y de 1 mm para pavimentos con valores de IRI entre 3 – 5 m/km, hablamos para este caso de la mira y el nivel topográfico, tal como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 13**

*Método de mira y nivel midiendo las elevaciones*



*Nota.* Sistema de recopilación de datos con nivel topográfico. Fuente: Sayer y Karamihas (1998).

- Clase 2: Otros métodos perfilómetros

En esta clase incluye todos los demás métodos en los que se mide el perfil longitudinal directamente para el cálculo del IRI; a menudo su uso está presente en vías extensas.

- Clase 3: Estimación de IRI con equipo tipo respuesta

En esta clase incluye equipos de medición capaces de generar un valor numérico de regularidad razonable correlacionado con el IRI. Las mediciones obtenidas pueden utilizarse para estimar el IRI mediante ecuaciones de regresión. Los métodos más conocidos de esta clasificación son Mays Meter, Bump Integrador y NAASRA meter (Del Águila, 1999 (b)).

- Clase 4: Métodos subjetivos y no calibrados

En esta clasificación se podría utilizar una evaluación subjetiva que implique la experiencia del usuario o una auscultación visual. Otra alternativa es el uso de equipos para medición que no estén calibrados, por lo que su aplicación es únicamente para estimaciones gruesas de la rugosidad.

Según la EG-2013 (2013), los niveles de servicio son propios de cada vía, que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía; en la siguiente figura se muestra los niveles de servicio de pavimento flexible en la calzada.

**Figura 14**

*Niveles de servicio según el tipo de vía*

Parámetro		Nivel de Servicio				
		Tipo de Vía				
		Autopista 1ª clase	Autopista 2ª clase	Carretera 1ª clase	Segunda Clase	Tercera Clase
Medida	IMD > 6000	4401 ≤ IMD ≤ 6000	2001 ≤ IMD ≤ 4000	400 ≤ IMD ≤ 2000	IMD < 400	
Piel de Cocodrilo	Porcentaje máximo de área con piel de cocodrilo	0%	0%	0%	0%	0%
Fisuras Longitudinales	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	0%	0%	0%	0%	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor	3%	3%	3%	5%	5%
Deformación por deficiencia estructural	Porcentaje máximo de área con hundimientos mayores que 25 mm.	0%	0%	0%	0%	0%
Ahuellamiento	Porcentaje máximo de área con ahuellamiento mayor que 12 mm.	0%	0%	0%	0%	5%
Reparaciones o parchados	Porcentaje máximo de parches en mal estado	0%	0%	0%	0%	0%
Peladuras y Desprendimientos	Porcentaje máximo de áreas con peladuras	0%	0%	5%	5%	5%
	Porcentaje máximo de áreas con desprendimiento	0%	0%	0%	0%	0%
Baches (Huecos )	Porcentaje máximo de área con Baches (huecos)	0%	0%	0%	0%	0%
Fisuras Transversales	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	0%	0%	0%	0%	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor	2%	2%	2%	5%	5%
Desprendimiento de bordes	Porcentaje máximo de longitud con desprendimiento de bordes	0%	0%	0%	0%	5%
Rugosidad Obra Nueva	Rugosidad característica del tramo (nuevo)	2.0 IRI <sub>c</sub> (1)	2.0 IRI <sub>c</sub> (1)	2.2 IRI <sub>c</sub> (2)	2.4 IRI <sub>c</sub> (3)	2.8 IRI <sub>c</sub> (5)
Rugosidad Obra con Recapa Asfáltica	Rugosidad característica del tramo (con Recapa Asfáltica)	2.5 IRI <sub>c</sub> (1)	2.5 IRI <sub>c</sub> (1)	2.7 IRI <sub>c</sub> (2)	2.9 IRI <sub>c</sub> (3)	3.3 IRI <sub>c</sub> (5)
Rugosidad Periodo de Servicio	Rugosidad característica del tramo (Periodo de Servicio)	3.3 IRI <sub>c</sub> (1)	3.3 IRI <sub>c</sub> (1)	3.5 IRI <sub>c</sub> (2)	3.7 IRI <sub>c</sub> (3)	4.1 IRI <sub>c</sub> (5)
Fricción Superficial	Coefficiente de Fricción medido en pavimento mejorado	No menor de 0.55	No menor de 0.55	No menor de 0.55	No menor de 0.50	No menor de 0.50

(1) IRI característico (IRI<sub>c</sub>) a la confiabilidad de 95%. IRI<sub>c</sub> = IRI<sub>p</sub> + 1,645 x ds  
 (2) IRI característico (IRI<sub>c</sub>) a la confiabilidad de 90%. IRI<sub>c</sub> = IRI<sub>p</sub> + 1,282 x ds  
 (3) IRI característico (IRI<sub>c</sub>) a la confiabilidad de 85%. IRI<sub>c</sub> = IRI<sub>p</sub> + 1,036 x ds  
 (4) IRI característico (IRI<sub>c</sub>) a la confiabilidad de 80%. IRI<sub>c</sub> = IRI<sub>p</sub> + 0,842 x ds  
 (5) IRI característico (IRI<sub>c</sub>) a la confiabilidad de 75%. IRI<sub>c</sub> = IRI<sub>p</sub> + 0,674 x ds  
 IRI<sub>p</sub> = IRI promedio  
 ds = desviación estándar

*Nota.* Extracto del manual de carreteras mantenimiento o conservación vial. Fuente: M.T.C.

#### 2.5.4 Descripción de metodologías para el cálculo del IRI

El IRI como indicador del estado superficial en los pavimentos se puede determinar empleando equipos económicos y que genere resultados lo más exactos posibles mediante métodos, unos más efectivos que otros. Hasta la fecha, el rugosímetro de MERLIN ha demostrado ser un instrumentos digno en la medición y evaluación del índice de regularidad superficial (IRI) de la carpeta de rodadura, generando lecturas del IRI conformes y precisas con otras técnicas (Rodríguez et al., 2019).

Asimismo, teniendo el conocimiento de fotogrametría, mediante vehículos aéreos no tripulados (VANT) y GPS, permiten obtener el perfil longitudinal para después calcular el IRI, a pesar que una limitante es que se aplica en vías con tráfico reducido y por las condiciones de altura, estos ayudan a reducir el tiempo y costo en vías de tramos con gran envergadura, aunque existen otros modelos que permiten hallar la rugosidad de manera más directa y de mayor precisión (Prosser-Contreras et al., 2020).

#### 2.5.5 Histograma de distribución de frecuencias

El histograma de distribución de frecuencias es de gran utilidad en las investigaciones y tiene muchas aplicaciones. Entre ellas, permite medir la frecuencia del grado de compactación de distintos ensayos y poder analizarlas, siendo, además representadas por medio de una serie de curvas de ajuste (Li et al.,

2022). Este modelo también puede ser obtenido por medio de lecturas usando el rugosímetro de MERLIN y con la ayuda de hojas de campo.

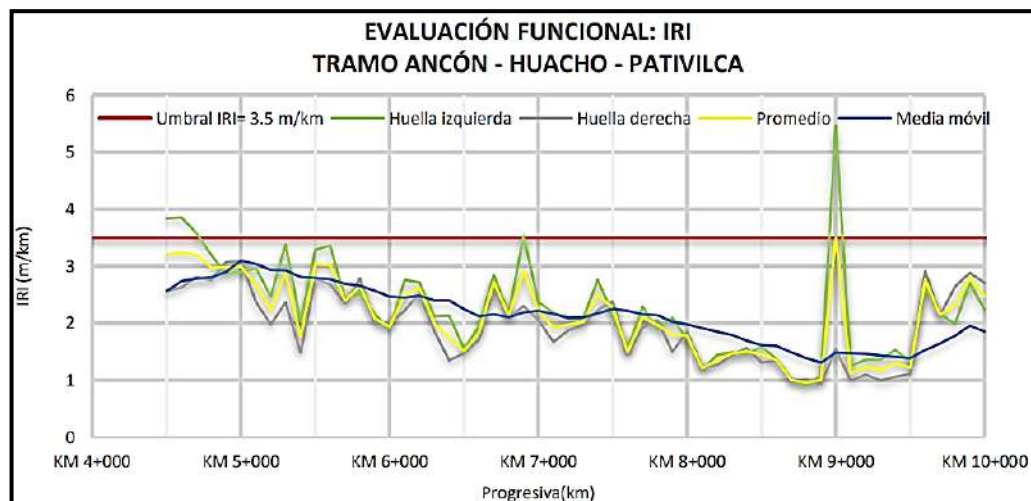
Para generar el histograma de frecuencias es necesario realizar mínimo 200 lecturas, es decir, que calcularemos el IRI por cada 400 metros de longitud, puesto que el rugosímetro de MERLIN genera un dato del histograma cada 2 metros. Una vez tabulado y generado el histograma de frecuencias, se procede a eliminar el 5% de los datos de cada extremo del histograma para determinar el rango D, es decir, se eliminan 10 datos de la derecha y 10 datos de la izquierda.

$$D = (\text{Dato}_{\text{izq.}} + \text{Centro} + \text{Dato}_{\text{der.}}) \cdot 5\text{mm.} \quad \dots \text{ecuación (1)}$$

Cabe recalcar que se está multiplicando por 5mm con la finalidad de convertirlo en escala IRI. En la imagen siguiente se muestra la variación del IRI en las distintas progresivas de una carretera del Perú, podemos recalcar que de manera similar se obtienen los gráficos del perfil longitudinal de una superficie.

**Figura 15**

*Grafico comparativo entre el IRI para las dos huellas*

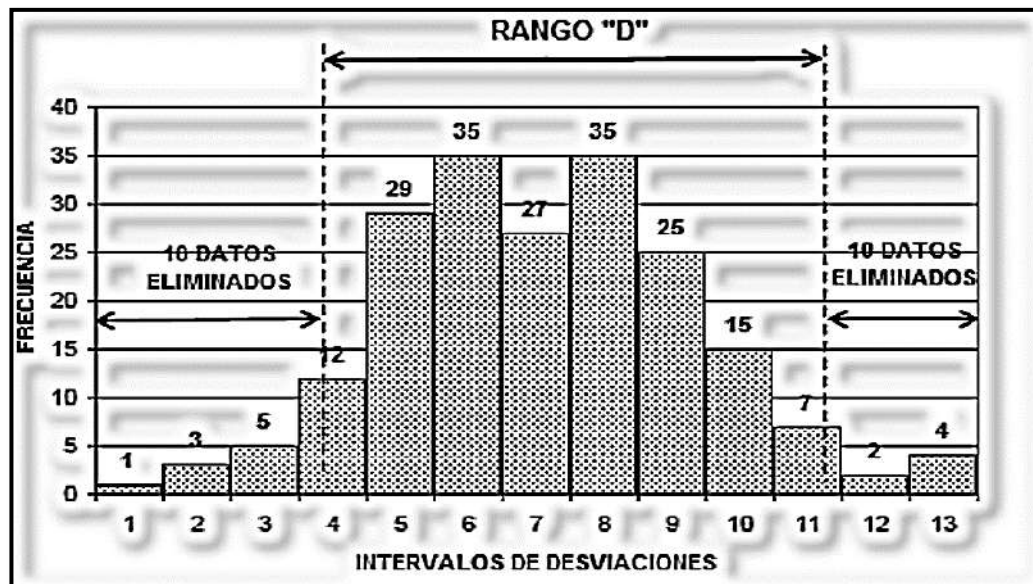


*Nota.* La figura muestra una comparación en el IRI. Fuente: Ramos Pérez (2018).

En la imagen siguiente se muestra un ejemplo del histograma de distribución de frecuencias, que contiene una serie de secciones rectangulares verticales de nos indican la frecuencia y el rango D, el cual es el parámetro del IRI medido en unidades de MERLIN. Sin embargo, el IRI calculado se deberá correlacionar con el Índice de rugosidad Internacional (IRI) mediante una gama de fórmulas.

**Figura 16**

*Histograma de distribución de frecuencias*



*Nota.* La figura muestra el intervalo de desviaciones vs. la frecuencia de una serie de datos obtenidos en campo. Fuente: Del Águila (1999).

#### 2.5.6 Factor de corrección

El factor de corrección o correlación es importante debido a la conexión que existe entre diferentes variables, haciendo que unas dependan de otras (Sayers & Karamihas, 1998). En este caso se usa un disco circular o pastilla de bronce de 6mm. de espesor y conociendo la posición inicial y final del puntero, se aplicará la siguiente fórmula:

$$FC = \frac{EP \cdot 10}{(L_i - L_f) \cdot 5} \quad \dots \text{ecuación (2)}$$

Siendo:

EP : Espesor de la pastilla

LI : Posición inicial del puntero

LF : Posición final del puntero

#### 2.5.7 Rango D corregido

Se calculará el rango D corregido multiplicándose con el factor de corrección (FC) de la ecuación (2), tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$D_{\text{corregido}} = D \cdot FC \quad \dots \text{ecuación (03)}$$

#### 2.5.8 Formulas aplicadas para cálculo del IRI

La ASTM E867-06 (2020) menciona que el índice de regularidad internacional (IRI) es calculado a partir de una medición longitudinal simulando un cuarto de automóvil a una velocidad de 80 km/h, expresada en m/km. Asimismo, Del Águila Rodríguez (1999) introdujo en el Perú la aplicación del rugosímetro de MERLÍN basada en la metodología del Laboratorio Británico de Investigación de

Transporte y Caminos (TRRL), usando algunas ecuaciones que permiten calcular el IRI a partir del parámetro D, tal como se indican en las siguientes ecuaciones:

$$2.4 < \text{IRI} < 15.9 \quad ; \quad \text{IRI} = 0.593 + 0.0471 D \quad \dots \text{ecuación (04)}$$

$$0.0 < \text{IRI} < 2.4 \quad ; \quad \text{IRI} = 0.0485 D \quad \dots \text{ecuación (05)}$$

Además, el autor explica que debido a que las ecuaciones 01 y 02 más se aplicaban en pavimentos nuevos para verificar si la superficie cumple con las condiciones de rugosidad, nace una tercera ecuación del IRI para medir la rugosidad en superficies asfálticas con ciertas deformaciones. No obstante, para el cálculo del valor del IR en la carretera en estudio, también se puede aplicar la ecuación (6).

$$\text{IRI} = 1.913 + 0.0490 D \quad \dots \text{ecuación (06)}$$

Siendo:

D : Rango en el intervalo de desviaciones

## 2.6 NORMATIVA DEL INDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI)

### 2.6.1 Especificaciones y normativas Internacionales

Según Goenaga et al. (2017) el nivel de rugosidad se puede medir mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) midiendo el estado del pavimento y es propio de cada país, y de acuerdo al valor calculado, se tomará la mejor decisión para optimizar la superficie del camino. En las siguientes tablas se muestran la variabilidad de los niveles del IRI y su medición en los países del continente americano.

**Tabla 03**

*Especificaciones Uruguayas para la Condición del Pavimento, Basados en el IRI*

Nivel de Comodidad	IRI en Pavimentos Hidráulicos/Rígidos	IRI en Pavimentos Flexibles/Asfálticos
	(m/km)	(m/km)
Muy bueno	<3,2	<2,8
Bueno	3,2-3,9	2,8-3,5
Regular	4,0-4,6	3,5-4,3
Malo	>4,6	>4,3

*Nota.* Datos tomados de Goenaga et al. (2017).

**Tabla 04***Especificaciones Colombianas a la Condición del Pavimento*

Nivel de Comodidad	IRI (m/km)
Muy bueno	2,0-3,5
Bueno	3,5-4,5
Regular	4,5-6,5
Malo	>6,5

*Nota.* Datos tomados de Goenaga et al. (2017).

**Tabla 05***Especificaciones Canadienses para el Máximo Valor del IRI*

Porcentaje con IRI Máximo para Secciones de 100 m.	IRI (m/km)
70%	1,2
90%	1,4
100%	1,8

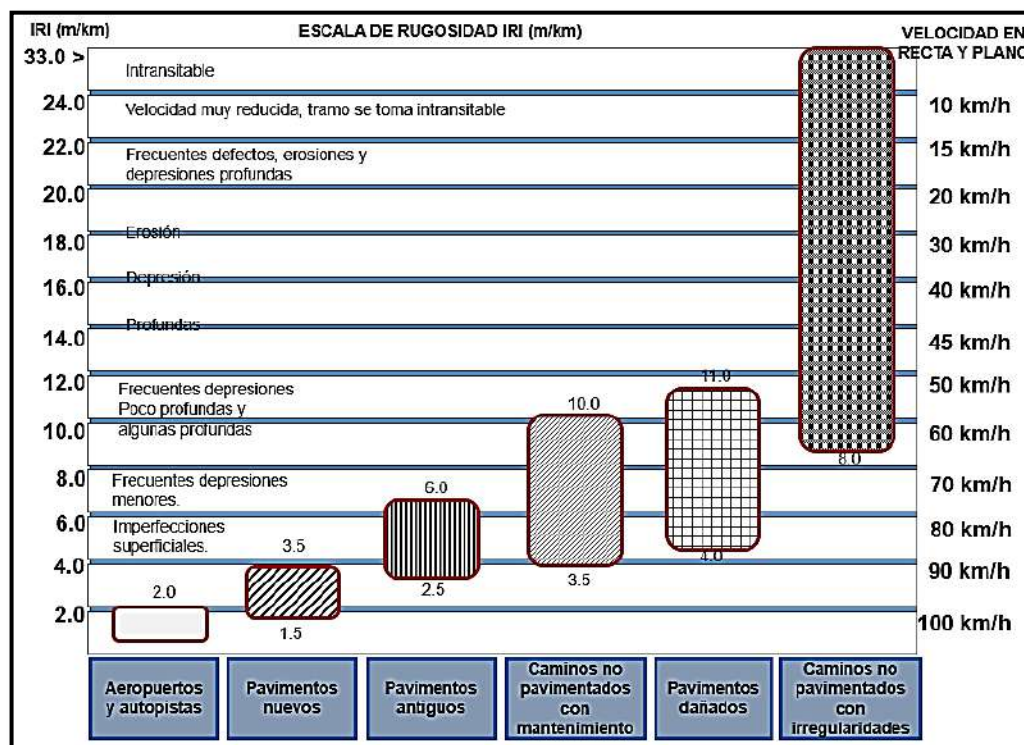
*Nota.* Datos extraídos de Goenaga et al., (2017).

## 2.6.2 Especificaciones y normativas Nacionales

La normativa peruana menciona los valores del IRI en donde hace referencia para los distintos tipos de pavimentos tal como se ilustra en la siguiente figura.

**Figura 17**

*Escala de rugosidad del IRI (m/km)*



*Nota.* La figura muestra los valores del IRI según la condición y tipo de la vía. IRI igual a 0, indica perfección absoluta. Fuente: MTC (2014).

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su manual de carreteras, mantenimiento o conservación vial, menciona que para la conservación de calzada de concreto asfáltico, tanto en obras nuevas como por periodo de servicio, la rugosidad se verá afectada por el IRI característico, y este valor dependerá del IRI promedio y de la desviación estándar. A continuación, se muestra las tablas de resumen brindada por el MTC (Ministerio de transportes y comunicaciones [MTC], 2018a).

**Tabla 06**

*Niveles de servicio para calzada asfáltica nueva*

NIVELES DE SERVICIO		
TIPO DE VIA	Índice Medio Diario (IMD)	Cálculo de la rugosidad
Autopista (1° clase)	IMD > 6000	2.0 $IRI_C$
Autopista (2° clase)	6000 > IMD > 4001	2.0 $IRI_C$
Carretera (1° clase)	4000 > IMD > 2001	2.2 $IRI_C$
Carretera (2° clase)	2000 > IMD ≥ 400	2.4 $IRI_C$
Carretera (3° clase)	400 > IMD	2.8 $IRI_C$

*Nota.* El cuadro muestra los valores del IRI que debe cumplir una carpeta asfáltica recién colocada, donde  $IRI_C$  representa al IRI característico y varía según el tipo de vía. Datos extraídos del MTC (2018).

**Tabla 07***Niveles de servicio para calzada asfáltica en servicio*

NIVELES DE SERVICIO		
Tipo de vía	Índice Medio Diario (IMD)	Cálculo de la rugosidad
Autopista (1° clase)	IMD>6000	2.5 $IRI_C$
Autopista (2° clase)	6000>IMD>4001	2.5 $IRI_C$
Carretera (1° clase)	4000>IMD>2001	2.7 $IRI_C$
Carretera (2° clase)	2000>IMD $\geq$ 400	2.9 $IRI_C$
Carretera (3° clase)	400>IMD	3.3 $IRI_C$

*Nota.* El cuadro muestra los valores del IRI que debe cumplir una carpeta asfáltica en su periodo de servicio, donde  $IRI_C$  representa al IRI característico y varía según el tipo de vía. Datos extraídos del MTC (2018).

### 2.6.3 Comportamiento del IRI en una geometría con curvatura

En una investigación aplicando el perfilómetro laser montado en un vehículo, los resultados obtenidos son casi próximos mutuamente tanto en la huella izquierda como derecha, sin embargo, esto no se manifiesta en las huellas en tramos curvos, obteniéndose resultados diferentes entre sí, siendo una de las posibles causas el cambio frecuente del tránsito vehicular en la mencionada sección (Ramos Pérez, 2018).

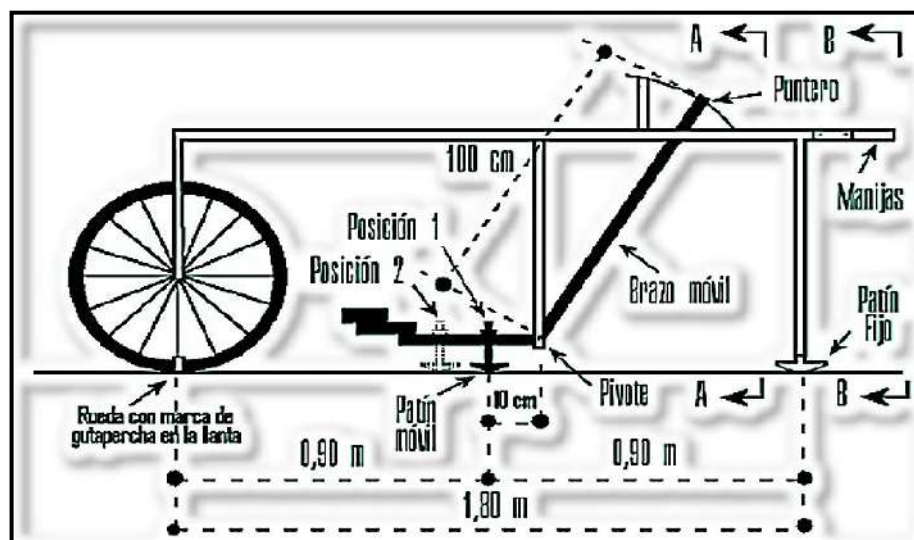
## 2.7 APARATOS Y/O EQUIPOS USADOS EN LA METODOLOGÍA DEL CALCULO DEL IRI

### 2.7.1 Rugosímetro de MERLIN

Muchos autores han señalado que este instrumento tiene una buena precisión, además, de la comparación con otras metodologías, también resulta satisfactorio para determinar la rugosidad en cualquier tipo de pavimento. En la figura N° 18 y N° 19, se observan el esquema detallado del rugosímetro estático MERLIN, las partes que lo conforman y las medidas establecidas.

#### Figura 18

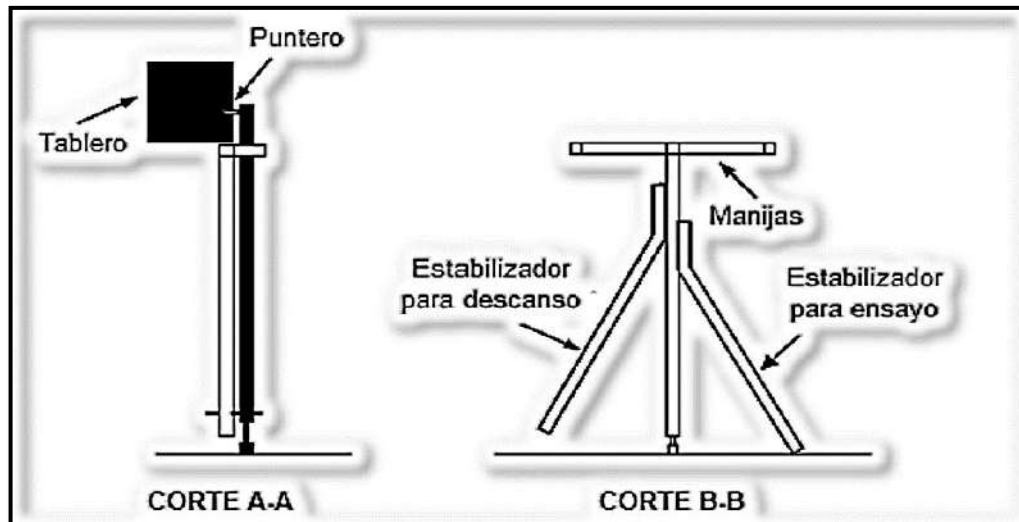
*Esquema longitudinal del rugosímetro de MERLIN*



*Nota.* La figura muestra los elementos y características del rugosímetro. Fuente: Del Águila (1999).

**Figura 19**

*Esquema transversal del rugosímetro de MERLÍN*



*Nota.* La figura muestra los elementos y características del rugosímetro en los cortes A-A y B-B. Fuente: Del Águila (1999).

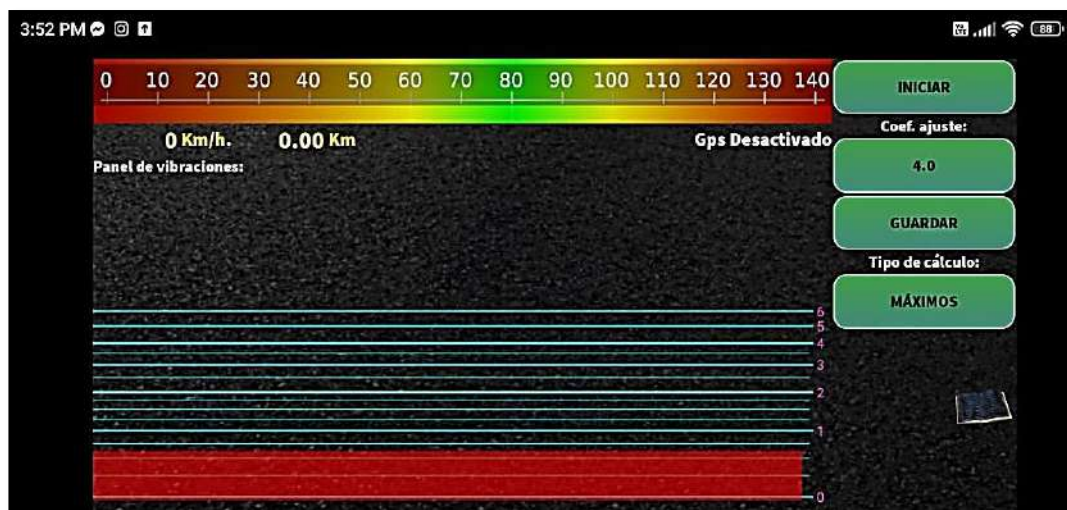
### 2.7.2 Aplicativo ABAKAL IRI

El “ABAKAL IRI” es una aplicación del sistema operativo Android, que se puede descargar de manera gratuita en dispositivos móviles, tales como teléfonos inteligentes (Smartphone) o Tablet, capaz de medir la rugosidad de manera aproximada a través de los sensores vibratorios y GPS de Android. Además, permite realizar la calibración y permite analizarlos mediante gráficos. Con lo consiguiente las anomalías que presentan el pavimento pueden ser detectado

mediante sensores en vehículos con ayuda de algoritmos o redes de For Computing (Bustamante-Bello et al., 2022).

## Figura 20

*Interfaz del aplicativo móvil “Abakal IRI”*



*Nota.* En la figura se observa el interfaz del “ABAKAL IRI”, los componentes de trabajo, panel de vibraciones. Fuente: Nieto (2019).

### 2.7.2.1 Antecedentes similares

Se recogió resultados de investigaciones realizadas en la misma línea de metodología que se trabaja en la presente investigación. En Brasil, Cavalcante de Almeida (2018), en su investigación “Aplicativo para Smartphone destinado à medição da irregularidade longitudinal em rodovias. 2018”, su metodología consistió en un estudio correlacional, en donde el dispositivo móvil se carga en un

vehículo mediante una base unida al parabrisas y se basa en el uso de sensores en los teléfonos inteligentes, como el acelerómetro y el sensor del Sistema de Posicionamiento Global (GPS-Global Positioning System) para obtener datos sobre la aceleración vertical, la velocidad y la ubicación, luego de los datos procesados, se llegó a los resultados tras recorrer 165 km, demostrando que los valores de IRI tiene una correlación satisfactoria y encontrándose que el uso de la aplicación desarrollada logra hacer una alternativa viable, en especial en lugares donde existen pocos recursos económicos, escaso acceso de materiales o profesionales a fin.

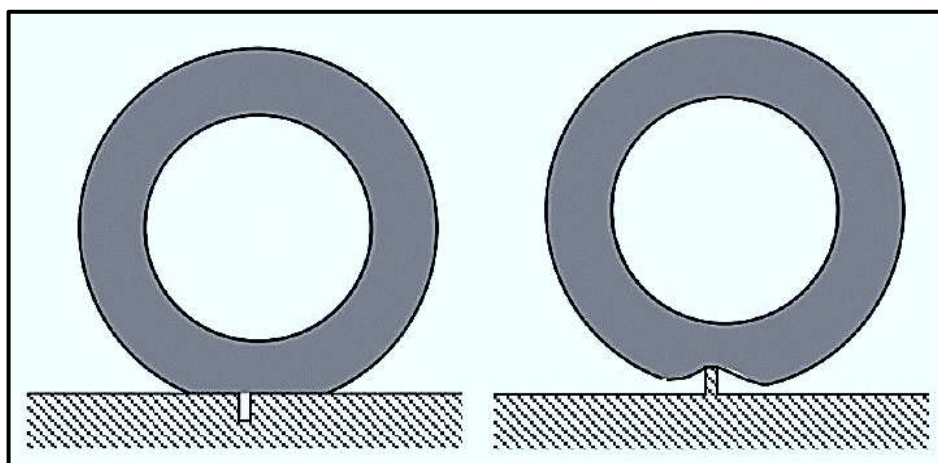
Así mismo, en Lima Ramírez Castro (2017) en su investigación de tesis de maestría "Cálculo de IRI por acelerómetro de Smartphone en el tramo Huarney - Casma de la carretera Panamericana Norte" de la Pontificia Universidad Católica del Perú, realizó el ensayo de comparar los resultados del IRI de un perfilómetro laser y el aplicativo Android Roadroid en el tramo Huarney – Casma de la carretera nacional, que comprende una autopista de dos carriles por sentido. Los resultados que obtuvo con el software fueron 1.2 m/km y 1.3 m/km en cada sentido de la autopista y con el perfilómetro laser se obtuvo respectivamente 1.11km/km y 1.16 m/km, lo que concluyo que a un rango de velocidad de 70-90 km/h, ambas metodologías se correlacionan los valores de IRI estimado y el IRI calculado.

### 2.7.2.2 Presente y futuro del Abakal IRI

En el año 2010 se clasificó esta herramienta de equipo respuesta de como relativamente económica y fácil de operar a mano, sin embargo existe aún la interrogante de su uso en diferentes condiciones, ya sea por el tipo de vehículo, ya que cada uno cuenta con diferentes propiedades y condiciones de amortiguamiento y rigidez, además del año de fabricación del vehículo y las condiciones de estado del chasis, así mismo de la presión del aire en que se encuentra las llantas que podrían alterar directamente los neumáticos, tal como se muestra en la siguiente figura.

#### **Figura 21**

*Comparación de neumáticos según la presión de aire*



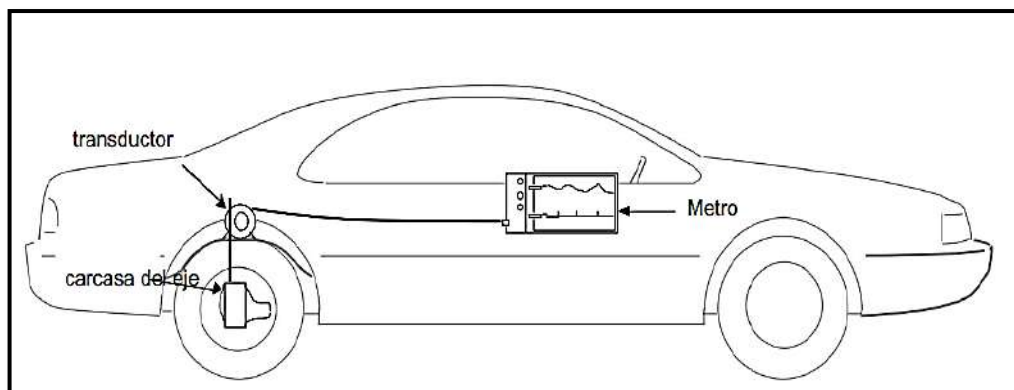
*Nota.* En la figura se muestra como es la reacción de los neumáticos a grietas y golpes. Fuente: Sayers y Karamihas (1998).

## 2.8 SISTEMA DE EQUIPO TIPO RESPUESTA

Desde 1920 los ingenieros viales, ya han utilizado otros tipos de sistemas para definir la rugosidad de la carretera para registrar el recorrido de la suspensión como medida de la aspereza. Según Sayers & Karamihas (1998) estos se denominaron medidores de caminos y tenían varios nombres genéricos, entre ellos: sistema de medición de rugosidad de camino de tipo respuesta (RTRRMS), sistema tipo respuesta y sistema de medidores de caminos.

### Figura 22

*Automóvil con un medidor Mays equipo tipo respuesta*



*Nota.* En la figura se refleja el funcionamiento de equipo tipo respuesta montado en vehículo. Fuente: Sayers y Karamihas (1998).

Los medidores de caminos, por lo general son usadas en automóviles de pasajeros comunes. La unidad de medida que comúnmente se usa es unidades ingeniería como in/mi o m/km. Esta medida de la respuesta del vehículo es muy similar en su contenido de frecuencia a las aceleraciones en la carrocería del vehículo, esto debido a que el andar está altamente correlacionado con la vibración.

Según Sayers & Karamihas (1998), las medidas en los equipos tipo respuesta, están sujetos a las características de respuesta del vehículo y cada uno de sus variables, incluso en los vehículo estandarizados existe diferencias entre los vehículos que se podrían pensar que son idénticos. El vehículo anfitrión según la dinámica que presenta tiene dos efectos no deseados:

1. En el tiempo los métodos de medición de rugosidad no han sido estables. Las medidas realizadas hoy no son comparables con aquellas tomadas hace varios años por lo que no se puede realizar una comparación de confianza.
2. Las medidas de los medidores de carretera son difícilmente reproducibles, así como no han sido transportables.

Aunque existe los problemas mencionados, como la reproducibilidad y la portabilidad de los datos recogidos por los instrumentos tipo respuesta, sucede que una de las razones de su popularidad es que ha tenido un buen funcionamiento durante los últimos 50 años. Los profesionales en la especialidad de vías han considerado que los cálculos de rugosidad coinciden con su experiencia para

determinar la calidad del pavimento de manera significativa y si es posible dar resultados que fueran reproducibles entre vehículos y con el tiempo, tal vez hoy no haya tanto interés en los métodos de perfilado (Sayers & Karamihas, 1998, p.40).

## 2.9 SISTEMAS DE SOLUCIÓN PARA VIAS PAVIMENTADAS

Actualmente hay muchas maneras de poder mejorar un sistema de pavimentación, ya sea antes de la construcción de un pavimento nuevo, o un pavimento existente con el fin de mejorar su servicio al usuario.

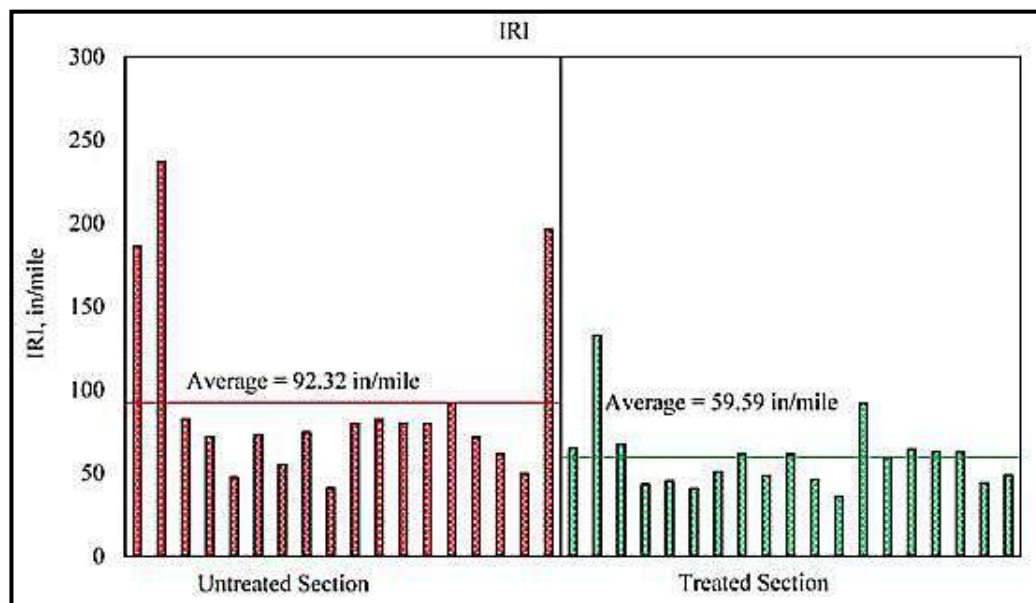
### 2.9.1 En pavimentos nuevos

A pesar de que el material principal es el asfalto crudo de petróleo, hoy en día se vienen empleando asfaltos modificados, entre ellos, la gilsonita, el cual, según los estudios de investigación, mejora las propiedades del ligante asfáltico y mezclas asfálticas, teniendo mayor relevancia en su rendimiento cuando se combinan con otros aditivos (Al Hawesah et al., 2021). Igualmente, una base estabilizada da mejores resultados que una base sin ningún tipo de tratamiento, pues en fallas tales como agrietamiento por fatigas, rugosidad y formación de surcos, los valores del IRI en caminos con bases estabilizadas resultan ser menos significativas (Souliman et al., 2021).

En la figura 14, se muestra una comparación del IRI entre una base tratada y sin tratar en el caso de un pavimento flexible. Los resultados se muestran a continuación.

**Figura 23**

*Comparación entre dos secciones con base tratadas y no tratadas*



*Nota.* La gráfica de color verde representa al IRI con sección tratada, mientras que la gráfica de color rojo hace referencia al IRI con sección no tratada. Fuente: Souliman et al. (2021).

### 2.9.2 En pavimentos existentes

No solo existen una gran variedad de métodos que favorecen a mejorar las propiedades previo a la colocación de los pavimentos asfálticos, sino también en los existentes. Entre ellos tenemos la lechada asfáltica o Slurry Seal, que es un tratamiento preventivo compuesto por agregados finos, emulsión asfáltica, filler y agua aplicada sobre una superficie pavimentada por medio del “spreader box”, con la finalidad de acrecentar su vida útil permitiendo incluso disminuir los costos de reparación (Jiménez et al., 2016).

En el caso de pavimentos flexibles en servicio, y con presencia de fallas y rugosidad considerable, se vienen investigando y desarrollando nuevas metodologías para su diseño, como por ejemplo, aplicando herramientas PLCCA y PLCA, que ayudan a mejorar la eficiencia de los recursos, minimizar los costos y que sea compatible con el ambiente, garantizando una mejor transitabilidad (Asres et al., 2021). Por lo general no existen fondos para una gestión adecuada del mantenimiento vial, pero si maneras de evaluar la condición de la superficie, por lo que varios investigadores generan el uso de modelos como FAHD y FWA que dependen de parámetros como IRI, módulo de superficie, profundidad de surco y coeficiente de fricción (Singh et al., 2018).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El método de investigación empleado es de tipo aplicada con enfoque cuantitativo, puesto que se obtendrá datos numéricos en campo y aplicando las metodologías propuestas, se calcularán los valores del IRI, y con los resultados conseguidos, determinar y analizar la serviciabilidad presentada en el tramo de la vía en estudio.

#### **3.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Dado que el objetivo de la presente tesis es determinar la rugosidad del pavimento con mortero asfáltico Slurry Seal, se recurre al diseño no experimental transeccional, debido a que se recolectan datos en corto tiempo. Asimismo, el diseño mencionado es de carácter exploratorio, ya que se evaluará la serviciabilidad en una capa superficial de mortero asfáltico Slurry Seal; y también de carácter descriptivo, pues nos permitirá conocer la condición y estado en la que se encuentra el tramo de la carretera evaluada.

### 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

El ámbito de estudio de esta investigación es la carretera, tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos, el cual esta pavimentada con mortero asfáltico Slurry Seal, siendo el tramo de estudio delimitado desde la progresiva KM. 1 + 300 hasta el KM. 3 + 700, con una longitud total de 2.4 km. Dicho tramo conecta a la asociación Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 de agosto Asent. 03, coop. 6 Asent. 02. ubicado en el distrito de la Yarada Los Palos-Provincia de Tacna-Departamento de Tacna.

#### **Figura 24**

*Reconocimiento del tramo de evaluación en la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos.*



*Nota.* La imagen muestra la progresiva KM. 3+140 y sus alrededores.

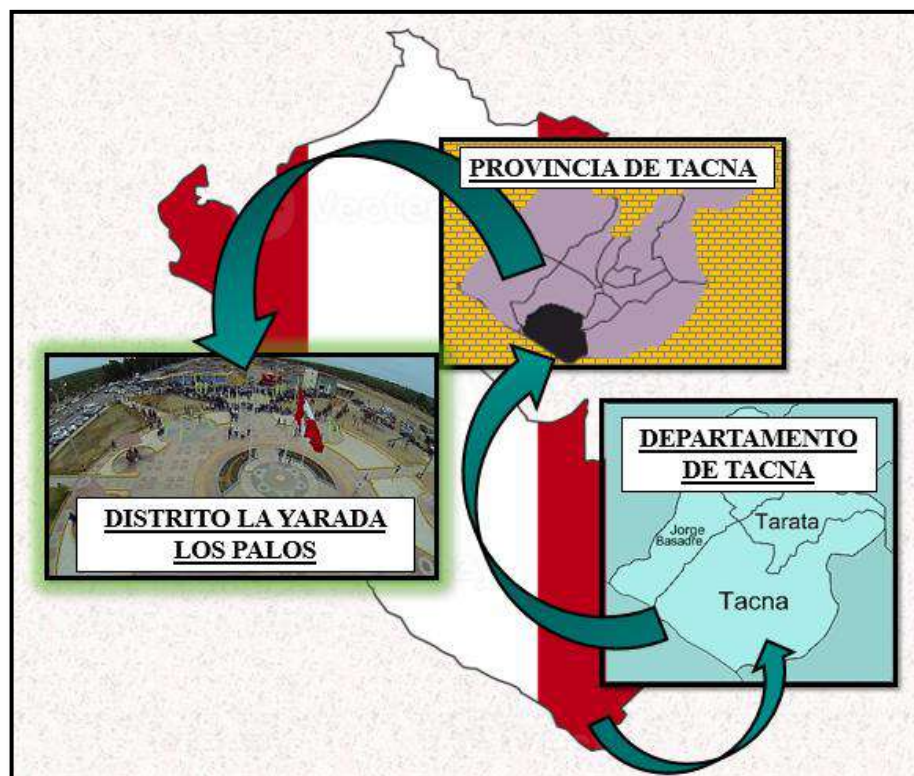
### 3.4 RECONOCIMIENTO DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

#### 3.4.1 Ubicación

La carretera Tramo III Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos desde la progresiva KM. 1+300 hasta KM. 3+700 está ubicada en el distrito de la Yarada Los Palos-Tacna, aproximadamente a 28.5 km. del centro de la ciudad de Tacna.

#### Figura 25

*Ubicación geográfica de la zona en estudio*



*Nota.* En la imagen muestra la ubicación a nivel macro y micro de la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia.

La figura N° 26, muestra una imagen satelital mucho más visible del tramo que se está evaluando trazada con una polilínea color rojo e indicando las progresivas de inicio y fin del tramo de la vía evaluada.

### Figura 26

*Tramo de la carretera evaluada en el distrito La Yarada Los Palos - Tacna*



*Nota.* La siguiente imagen muestra la ruta (color rojo) de la carretera a ser evaluada de longitud 2.4 km. Fuente: Google Earth.

En la figura N° 27, se observa el inicio del tramo de la carretera a ser evaluado, en donde se inició con el proyecto mediante el rugosímetro de Merlín y la aplicación Android en el teléfono Inteligente para el carril izquierdo. Como referencia se encuentra a pocos metros de la I.E. Rómulo Boluarte.

**Figura 27**

*Progresiva KM. 1 +300 del tramo de la vía vecinal en estudio*



*Nota.* La imagen representa el lugar de referencia del inicio del tramo a evaluarse.

En la figura N° 28, se observa el tramo final de la carretera evaluada y que se aplicará igualmente el rugosímetro de MERLIN y ABAKAL IRI para el carril derecho.

**Figura 28**

*Progresiva KM. 3 + 700 del tramo de la vía vecinal en estudio*



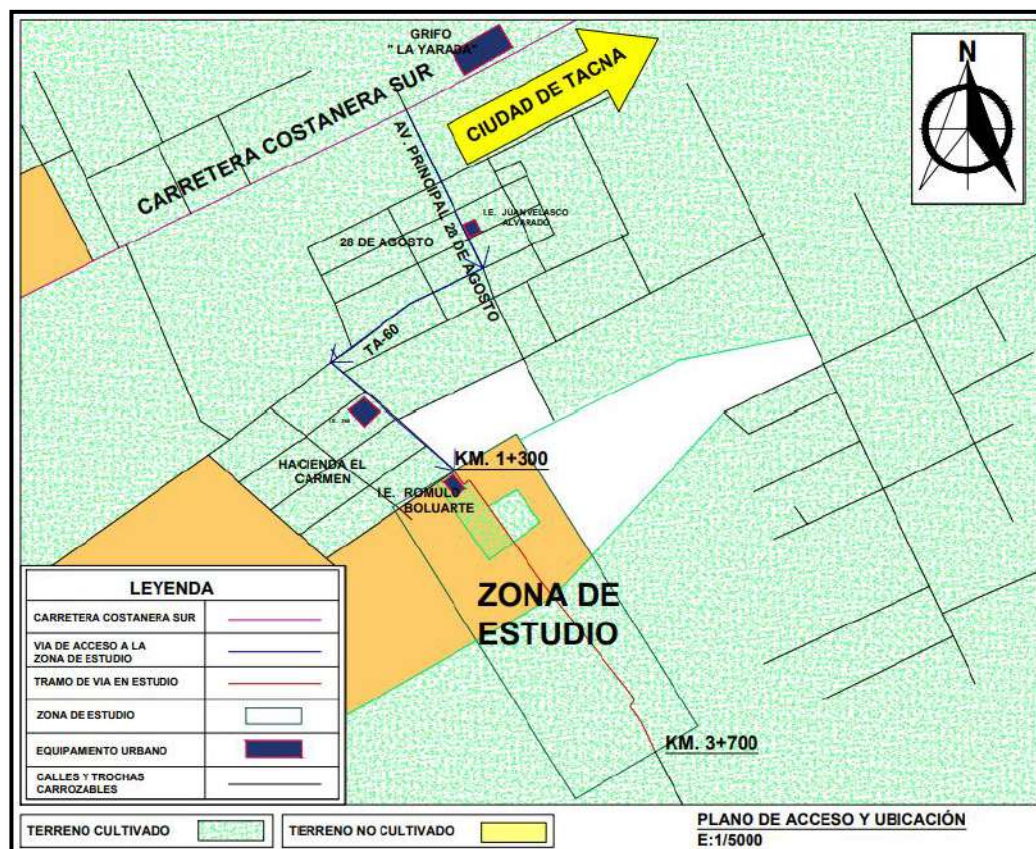
*Nota.* En la imagen se observa el final del tramo de carretera a evaluarse.

### 3.4.2 Acceso al tramo de carretera en estudio

Como ya se ha mencionado con anterioridad, el tramo de estudio está ubicado en la Carretera Coop. 60 en el distrito de La Yarada Los Palos de la provincia de Tacna. Para acceder al tramo que es evaluada, primeramente, tendremos en consideración la carretera que conecta a la ciudad de Tacna con Boca del rio. La mencionada vía es la carretera “La costanera Sur” y a unos 14 km. del bosque municipal de Tacna ubicado en la misma carretera, existe una vía que interseca a la Costanera, que es la Av. Principal 28 de agosto (A unos metros del Grifo “La Yarada”). Tal como se muestra en la figura siguiente de color azul claro, y conectando con la vía TA-60 seguimos el recorrido pasando por la I.E. 356 hasta llegar a la I.E. Rómulo Boluarte. A partir de este lugar y a unos pocos metros se ubica la progresiva KM. 1+300. En la siguiente figura se muestra un plano referencial para el acceso al tramo de la vía evaluada, además con una mejor visualización en el ANEXO E.

**Figura 29**

*Plano de Acceso al tramo de la carretera evaluada*



*Nota.* En la imagen se observa las vías de acceso para llegar a la zona de la carretera en estudio. Fuente: Elaboración propia.

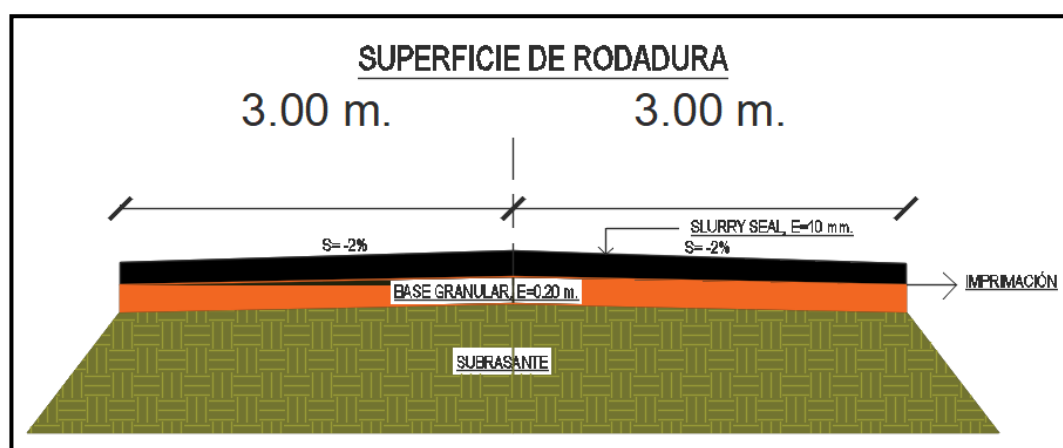
Cabe mencionar que el área sombreada como terreno cultivado y no cultivado es solo referencial, puesto que existen muchas siembras en diversas partes cercanas al tramo de estudio tales como frutas de granada, cultivo de aceitunas, higos, etc.

### 3.4.3 Descripción del tramo a evaluarse

La carretera en estudio tiene una longitud de 2.4 km. delimitada desde la progresiva KM. 1+300 hasta la progresiva KM. 3 + 700, y está conformado por una calzada de 6.0 m. de ancho total, con dos carriles de 3.0 m. cada uno en direcciones opuestas. La carretera está conformada por una capa de base granular de 0.20 m. de espesor, la aplicación de imprimación asfáltica MC-30 y mortero asfáltico de Slurry Seal de 10 mm. Cabe aclarar que no existe presencia de un sistema de drenaje ni bermas vehiculares. La sección de la vía la podemos observar en la figura que se muestra a continuación.

#### Figura 30

*Perfil transversal de la carretera evaluada*



*Nota.* En la imagen podemos observar el perfil transversal de la carretera, sus componentes y espesores. Fuente: Elaboración propia

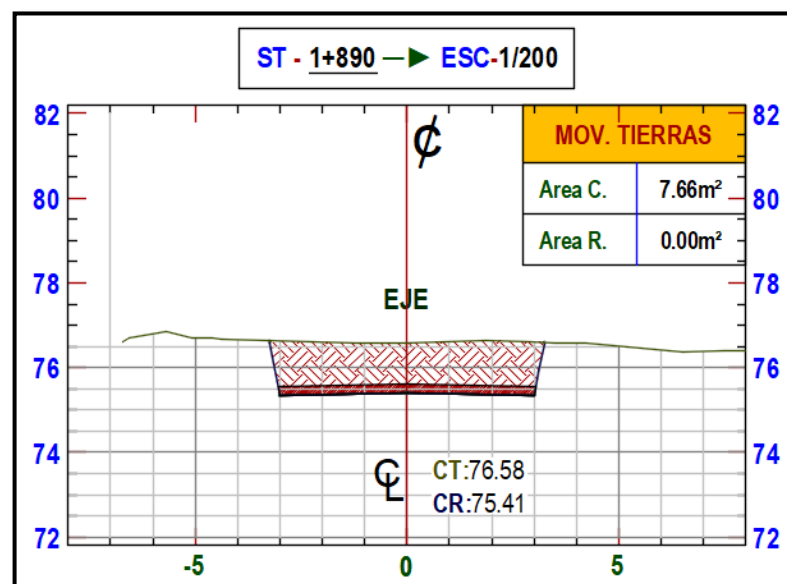
### 3.4.4 Topografía del área del tramo a evaluarse

La vía antes de la ejecución del proyecto de pavimentación presentaba una topografía no muy accidentada, con parcelas de vegetación, lo cual el tránsito vehicular causaba incomodidad por levantamiento de polvo afectando la salud de las personas.

#### Figura 31

Sección del perfil transversal del tramo de la carretera evaluada en el KM.

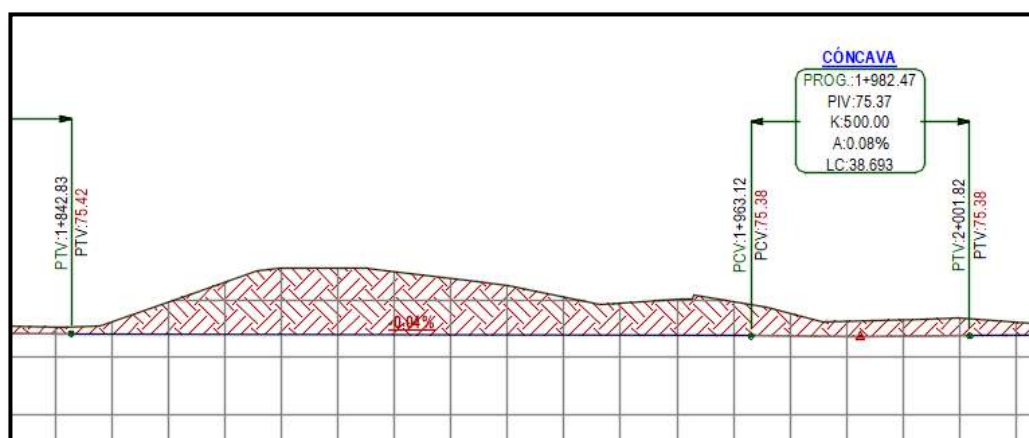
1+890



*Nota.* En la imagen podemos observar el perfil transversal inicial del terreno con la sección de mayor corte que mejoro la serviciabilidad del tramo a evaluarse. Fuente: Expediente Tecnico (2022).

**Figura 32**

*Sección del perfil longitudinal inicial del tramo KM. 1 +840 al KM. 2+000 antes de la ejecución de la vía con mortero Slurry Seal*



*Nota.* En la imagen podemos observar el perfil longitudinal inicial del terreno y el corte que mejoró la pendiente en una longitud correspondiente al tramo a evaluarse.

Fuente: Expediente Tecnico (2022).

### 3.4.5 Estudio de Mecánica de Suelos

Para la realización del estudio de Mecánica de Suelos, la COORPORACIÓN SAC. INGENIEROS ejecuto 34 ensayos de calicatas a 1.50 metros de profundidad cada una. Además, se encontró que el tipo de suelo es arena limosa con finos no plásticos color beige claro (SM) en estado semi denso.

### 3.4.6 Estudio de Tráfico

Las carreteras en el Perú se clasifican en función a la demanda vehicular, por medio del IMDA (Índice Medio Diario Anual), siendo estas autopistas de primera y segunda clase; Carreteras de primera, segunda y tercera clase; y trochas carrózales; lográndose determinar mediante el aforo vehicular (Ministerio de transportes y comunicaciones [MTC], 2018b).

De acuerdo a la siguiente tabla, se puede apreciar que la camioneta es el vehículo que más transita por la vía con un total de 668, seguido por los automóviles con 491. Como resultado del estudio de tráfico realizado por la Municipalidad distrital de La Yarada, se obtiene un IMDS de 229 vehículos por día, y considerando el factor de corrección de 1.0034 para vehículos ligeros y 0.9987 para vehículos pesados, se obtiene un IMDA de 228 vehículos por día, y teniendo en cuenta la clasificación de carreteras en el Perú dada por el MTC DG-2018, la vía es considerada como CARRETERA DE TERCERA CLASE, pues cumple con tener un IMDA menor a 400 veh/día y mayor a 201 veh/día.

A continuación, se muestra una tabla comparando los resultados del aforo vehicular realizado por la empresa contratista diariamente por una semana durante las 24 horas del día.

**Tabla 08***Cuadro del conteo vehicular en la vía vecinal en estudio*

TIPO DE VEHÍCULO	LUN	MAR	MIÉ	JUE	VIE	SAB	DOM	TOT	IMDS
AUTOMÓVIL	65	74	77	67	73	70	65	491	70.14
STATION WAGON	10	6	11	10	15	4	8	64	9.14
CAMIONETA	103	96	81	79	94	106	109	668	95.43
MICROBUS	31	25	27	31	35	45	39	233	33.29
BUS	0	0	0	0	0	1	0	1	0.14
CAMIÓN DE 2 EJES	23	18	19	24	19	26	18	147	21.00
SEMI TRAILER	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
TRAILER	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
TOTAL	232	219	215	211	236	252	239	1604	229.14

*Nota.* En la imagen se aprecia los resultados del conteo vehicular realizados diariamente. Fuente: Expediente Técnico.

### 3.5 APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA CON RUGOSÍMETRO DE MERLIN

#### 3.5.1 Elección del método

Se opta por usar el equipo rugosímetro de MERLIN debido a la gran exactitud de los resultados, siendo económico, fácil operación del equipo y optimiza el tiempo de ejecución, siendo necesario hasta 3 personas, un operador, que se encarga de manipular y desplazar el equipo siguiendo la huella de tráfico en la calzada; un anotador, encargado de anotar los datos y lecturas arrojados por el rugosímetro; y un personal encargado de desviar el tráfico con el cono de seguridad.

#### 3.5.2 Materiales y/o instrumentos

- ✓ Rugosímetro de merlín

El equipo del rugosímetro de MERLIN fue desarrollado inicialmente en Inglaterra por el laboratorio británico de investigación en transportes y carreteras (TRRL) para evaluar la regularidad superficial de las vías, siendo altamente económico y de gran precisión (Cundill, 1991)

El rugosímetro está conformado por una rueda en la parte delantera que facilita el desplazamiento del equipo, además de estar marcado con una cinta masking facilitando una vuelta completa de la rueda del MERLIN. También posee un patín fijo en parte trasera ubicado a 1.80 m. del eje de la rueda y un patín móvil en el

centro de la rueda a 0.90 m. del patín fijo, el cual genera el deslizamiento del puntero que marca la escala. Para la operación y maniobra de cuenta con un par de manijas, facilitado el levantamiento y recorrido del operador.

### Figura 33

*Equipo de rugosímetro de MERLIN*



*Nota.* En la imagen podemos observar al equipo rugosímetro de MERLIN siendo maniobrado en el KM. 3+100 del tramo evaluado. Fuente: Expediente Técnico

✓ Formato de campo

Durante el proceso, se estuvo contando con un formato de campo para la recopilación de datos. El formato usado cuenta con una serie de 200 cuadrículas compuesta por 20 filas y 10 columnas. La anotación se empezó desde la primera cuadrícula 1x1 hasta la cuadrícula 10x20, empezando de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo.

### Figura 34

*Formato de campo para ensayo con MERLIN*

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMAN  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNICA  
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA REGULARIDAD MERLIN  
(HECHA DE CAMPO)

TIPO DE ENSAYO: DETERMINACIÓN DEL VALOR DE FLEXIBILIDAD DEL PAVIMENTO CON MONTEO ANÁLISIS SIREY 3000 PARA APLICAR EN UN PAVIMENTO DE BENTONITA PROYECTO CARRETERA SANTIAGO DE LOS CABALLEROS - TACNA

UBICACIÓN: \_\_\_\_\_ ASIDOS: \_\_\_\_\_  
PROYECTO: \_\_\_\_\_ TIPO DE HECHA: \_\_\_\_\_  
CALLE: \_\_\_\_\_ HECHA: \_\_\_\_\_

ENSAJO: EN [ ] HECHA [ ]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TIPO DE CALZADA
1											SIMPLO [ ]
2											BASE GRANDE [ ]
3											BASE PEQUEÑA [ ]
4											TEMP. HÚMEDA [ ]
5											SEQUITO [ ]
6											CARRETERA CALIENTE [ ]
7											SEQUITO SECO [ ]
8											SECO [ ]
9											OTRO [ ]
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

CONSERVACION: \_\_\_\_\_

*Nota.* En la imagen podemos observar la hoja de campo utilizada por los tesisistas durante los días de evaluación para la recopilación de datos y su posterior cálculo del IRI. Formato propio sugerida por Del Águila (1999).

✓ Pastilla de bronce

Se utilizó una pastilla de bronce circular, de 5 cm. de diámetro y 6 mm. de espesor para la calibración del equipo MERLIN y el cálculo del factor de corrección.

### **Figura 35**

*Pastilla de bronce utilizada en la calibración del MERLIN*



*Nota.* La pastilla se usa para la calibración del equipo, ayudando a marcar la posición final del puntero.

**Figura 36**

*Calibración del equipo rugosímetro MERLIN*



*Nota.* En la imagen podemos observar al operador del equipo calibrando el rugosímetro utilizando una pastilla de bronce.

✓ Cono de seguridad

Debido a la evaluación que se realizó con el equipo MERLIN, implicó restringir el tránsito en una determinada área mientras se calculaba los datos obtenidos por el puntero. Por ello fue necesario desviar el tránsito vehicular sobre el tramo o carril que se evaluaba mediante un cono de seguridad para poder minimizar los riesgos.

**Figura 37**

*Elemento de protección: Cono de seguridad*



*Nota.* En la imagen se puede apreciar al cono restringiendo el tránsito mientras se evalúa la vía.

✓ Equipo de protección individual

Durante la toma de datos, fue indispensable contar con EPP (Equipo de protección personal), tales como un casco de seguridad, chalecos, zapatos de seguridad, cortavientos, tal como se ilustra en la figura 37.

### 3.5.3 Eventos previos a la ejecución con el rugosímetro de MERLIN

- ✓ Traslado del rugosímetro al tramo de la carretera evaluada

Previamente antes de comenzar a evaluar la vía en estudio, se procedió a trasladar el equipo del rugosímetro de MERLIN, desde la ciudad de Tacna hasta la carretera evaluada ubicada en la Yarada-Los Palos, colocándolo en una posición estable para que no sufra algún daño durante el movimiento del vehículo y/o camioneta.

#### **Figura 38**

*Traslado del equipo MERLIN a la zona de estudio*



*Nota.* En la imagen se observa el traslado del equipo MERLIN a la carretera evaluada.

✓ Ubicación de la huella de medición

Una vez trasladado el equipo MERLIN, se procedió a descargarlo e instalarlo en la huella de medición aproximadamente a 70 cm. de la línea continua demarcada en pavimento blanco al borde de la calzada, tal como se aprecia en la siguiente figura.

**Figura 39**

*Ubicación de la huella de medición*



*Nota.* En la imagen se muestra al tesista midiendo la distancia de 70 cm. con un flexómetro desde el borde de la calzada hasta la huella por donde circula la rueda del MERLIN.

✓ Calibración del rugosímetro

Finalmente, antes de iniciar con la ejecución del ensayo, se procedió a ubicar el MERLIN en posición de lectura, donde su apoyo central o apoyo móvil se colocó sobre una superficie limpia y llana sobre la huella de medición, procediéndose a calibrar el equipo de rugosímetro de MERLIN.

**Figura 40**

*Uso de la pastilla de bronce*

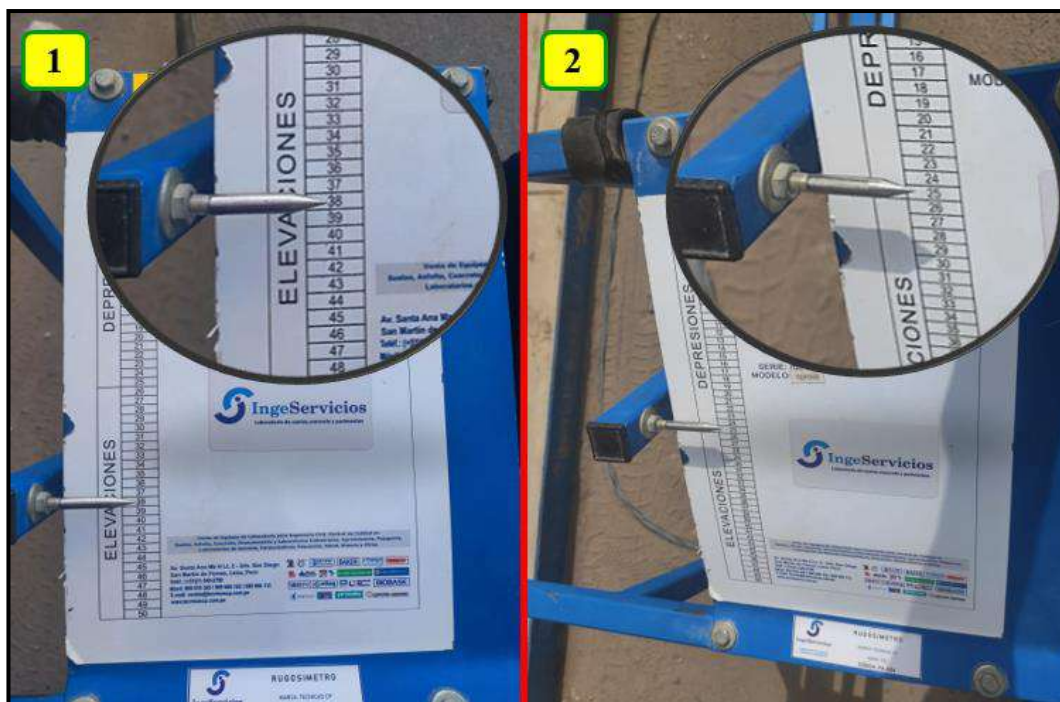


*Nota.* La medición con el calibrador digital vernier cuantifica el espesor de la pastilla de bronce en 6.00 mm.

Primeramente, se registra la posición inicial del puntero, siendo el  $L_i$  de 38 y posteriormente, se utilizó una pastilla de bronce de 5 cm. de diámetro y de 6 mm. de espesor, ubicándolo en la parte inferior del patín o apoyo central, manteniendo el quipo estático, sin generar ningún desplazamiento tanto en el apoyo delantero y trasero, y registrando una nueva posición del puntero en la placa o plantilla ubicado en la parte superior del MERLIN. La nueva posición que marca el puntero es conocido como  $L_f$ , siendo su valor 25.

**Figura 41**

*Medición de las lecturas  $L_i$  y  $L_f$*



*Nota.* La imagen 1 muestra la posición inicial del puntero ( $L_i=38$ ) y la imagen 2 la posición final del puntero ( $L_f=25$ ) una vez usado la pastilla de bronce.

**Figura 42**

Calibración del rugosímetro de MERLIN



*Nota.* En la imagen se aprecia la calibración del rugosímetro con una pastilla de bronce de 6 mm. de espesor antes de comenzar el ensayo.

#### 3.5.4 Descripción de la ejecución

El día viernes 12 de mayo del 2023 a las 9:10 am. se inició el ensayo en la progresiva KM. 1 +300 hasta llegar a la progresiva KM. 3+700 para todo el carril derecho, considerando los elementos de seguridad: conos, chalecos, cascos, etc.

**Figura 43**

*Inicio del tramo en Km. 1+300*



*Nota.* En la imagen se muestra el inicio de la progresiva KM 1+300, donde se comenzó con la evaluación en el carril derecho usando el equipo MERLIN.

La culminación de la evaluación del carril derecho ocurrió a las 12:00 pm. y con todos los datos anotados en el formato de campo se determinaron en gabinete la rugosidad mediante el indicador IRI.

El día sábado 13 de mayo del 2023, se procedió a realizar la evaluación del carril izquierdo a las 11:00 am. iniciando en la progresiva KM.3+700 y recorriendo la vía hasta culminar en la progresiva del KM. 1+300.

**Figura 44**

*Fin del tramo en Km. 3+700*



*Nota.* En la imagen se muestra el inicio de la progresiva KM 3+700, donde se comenzó con la evaluación en el carril izquierdo usando el equipo MERLIN.

Fuente: Elaboración propia

De la misma forma, en el carril izquierdo se culminó la evaluación a las 13:30 pm. y con todos los datos anotados en el formato de campo se determinaron en gabinete la rugosidad mediante el indicador IRI.

**Figura 45**

*Sentido y dirección de los carriles en la calzada evaluada*



*Nota.* La imagen describe los carriles evaluados en el tramo de la carretera Coop. 60 desde la progresiva KM.1 +300 hasta KM. 3+700.

### 3.5.5 Factor de corrección

El factor de correlación se obtiene debido a la calibración del equipo utilizando una pastilla de material de bronce de 5 cm. de diámetro y 6 mm. de espesor, además conociendo la posición inicial y final del puntero una vez calibrado, tal como se ilustra a continuación:

**Tabla 09***Resultados del factor de corrección (FC) por carril*

Carril	Parámetros		
	Li	Lf	FC
Derecho	38	25	0.923
Izquierdo	38	25	0.923

Nota. Datos obtenidos de la ecuación (2) y figura 41.

### 3.5.6 Recopilación de datos para determinar la rugosidad

La información recopilada de las lecturas medidas por el puntero mediante el rugosímetro de MERLIN se anotó por cada vuelta completa de la rueda del equipo en un formato de campo de 200 cuadrículas, tal como se aprecia en la figura 46. Dicho formato es estándar y sugerida por el Ingeniero Pablo del Águila, adaptándose para la recopilación de datos en el tramo y carril evaluado.

**Figura 46**

*Toma de lecturas en formato de campo*

The image displays a technical form for field measurements. The form is titled 'ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA CON MERLIN' and is issued by the 'UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN, FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA, ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL'. It includes fields for 'UBICACIÓN', 'PROYECTO', 'CARRIL', 'ANILLO', 'SEÑALES', 'FECHA', 'ENSAJO N°', 'KM', and 'HORA'. A large grid is provided for recording data, with columns numbered 1 to 50 and rows labeled with letters from A to Z. To the right of the grid, there are checkboxes for 'TIPO DE PAVIMENTO' with options: ASFALTO, SUELO GRANULAR, SUELO IMPURIFICADO, SUELO DE SUELO, SUELO REAL, CEMENTO EN CEMENTO, SUELO GRUESO, SUELO, and OTRO. The photograph on the right shows a student using a blue MERLIN rugosimeter on a road surface, with the form held up to record the measurement.

*Nota.* La imagen muestra al tesista registrando los datos obtenidos con el rugosímetro de MERLIN.

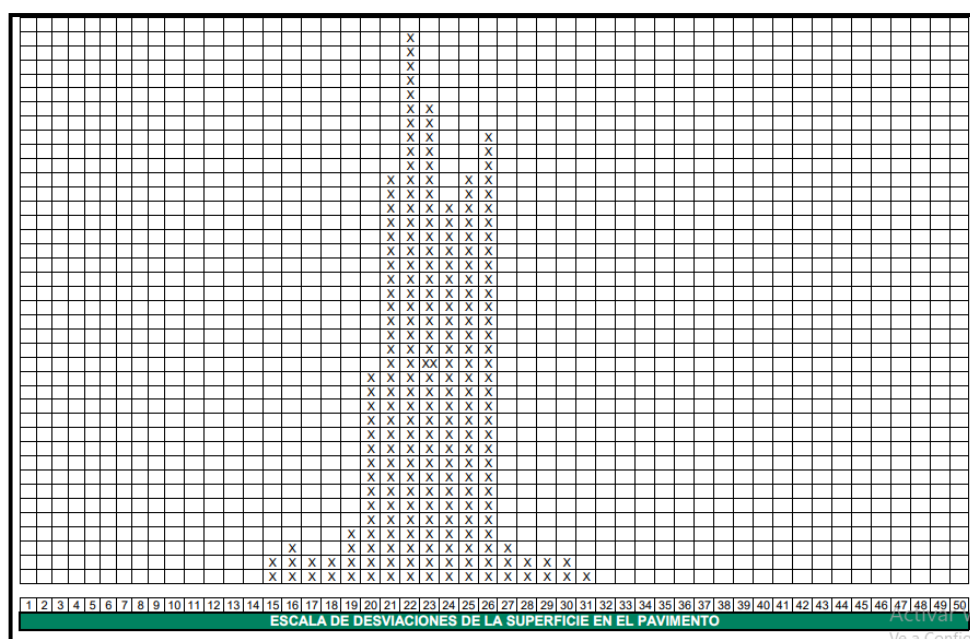
El formato se usó por cada 400 metros de longitud, hasta alcanzar los 2.4 km. y se marca los valores entre el rango del 1 al 50 con un bolígrafo (recalcando que cada intervalo mide 5 mm.) contando con un material de apoyo como un tablero para poder anotar los valores.

### 3.5.7 Generación del histograma de distribución de frecuencias

Para generar el histograma de frecuencias, fue necesario realizar mínimo 200 lecturas, los cuales, fueron anotadas previamente en campo utilizando el formato mostrado en la figura 34. Otra forma de obtener las lecturas, es mediante la tabulación de las escalas, es decir, por cada número que arroja el puntero, se marcará con un aspa el recuadro en la escala indicada, y si el número es repetido se colocará uno encima del otro.

#### Figura 47

*Tabulación para la creación del histograma de frecuencias*

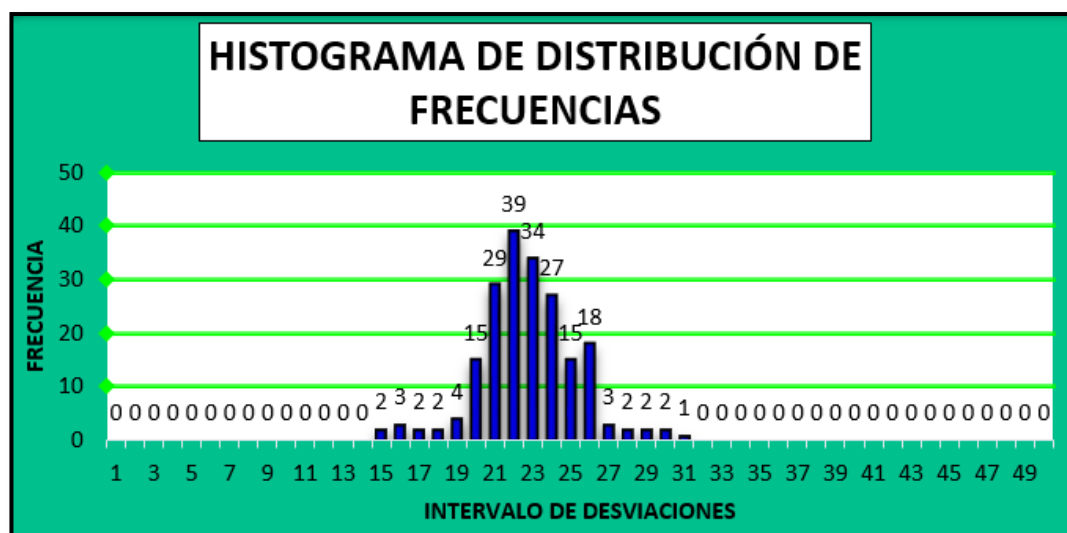


*Nota.* La imagen muestra la tabulación de los resultados obtenidos por el rugosímetro de MERLIN.

Este procedimiento se realizó hasta terminar con las 200 lecturas por cada 400 metros, hasta completar los 2.4 km. por carril y procediendo a generar un total de 12 histogramas de distribución de frecuencias. En la figura 48, se muestra un ejemplo del histograma generado en el primer tramo evaluado de 400 metros, es decir del KM. 1+300 hasta el KM. 1+700, y de los cuales, se tiene que eliminar 5% de datos en cada extremo del histograma, es decir, 10 datos de la cola derecha y 10 datos de la cola izquierda.

**Figura 48**

*Creación del histograma de frecuencias*



*Nota.* La gráfica muestra el intervalo de desviaciones vs. las frecuencias. Además, se muestra la sumatoria de la cantidad de desviaciones individuales obtenidos.

Tal como se aprecia en la figura 48, se procedió a contar y sumar la cantidad de desviaciones que están en el rango del 1 al 50 y que han sido marcadas por el puntero hasta completar 200 lecturas por cada 400 metros de recorrido. La tabla 10 muestra los resultados del ejemplo de la figura 48 y se explica a continuación:

De acuerdo a la tabla 10, por el lado izquierdo, se eliminan los valores de las escalas 15, 16, 17 y 18, teniendo como valores 2,3, 2 y 2 respectivamente, haciendo un total de 9 valores. La escala 19, posee 4 valores, de los cuales se tomará un solo valor ( $1/4$ ) y sumándose a los 9 valores mencionados completarán los 10 valores que se eliminan. Con la eliminación de un valor de la escala 19 ahora solo quedan 3 valores ( $3/4$ ) que pasan a formar parte del rango D.

Por el lado derecho se eliminan los valores de las escalas 31, 30, 29, 28 y 27, teniendo como valores 1, 2, 2, 2, y 3 respectivamente completando los 10 valores a ser disueltos, es decir, por el extremo derecho no hay valores en fracciones debido a la exactitud de los datos eliminados, por lo que se asumirá el valor de 0.

Una vez habiendo generado el histograma, se procedió a eliminar el 5% de los datos en cada extremo, es decir, 10 datos del extremo izquierdo y 10 datos del extremo derecho.

El dato central se considera aquellas escalas en la cual los valores no se han eliminado, es decir, 20, 21, 22, 23, 24, 25 y 26, lo cual viene a ser 7.

**Tabla 10**

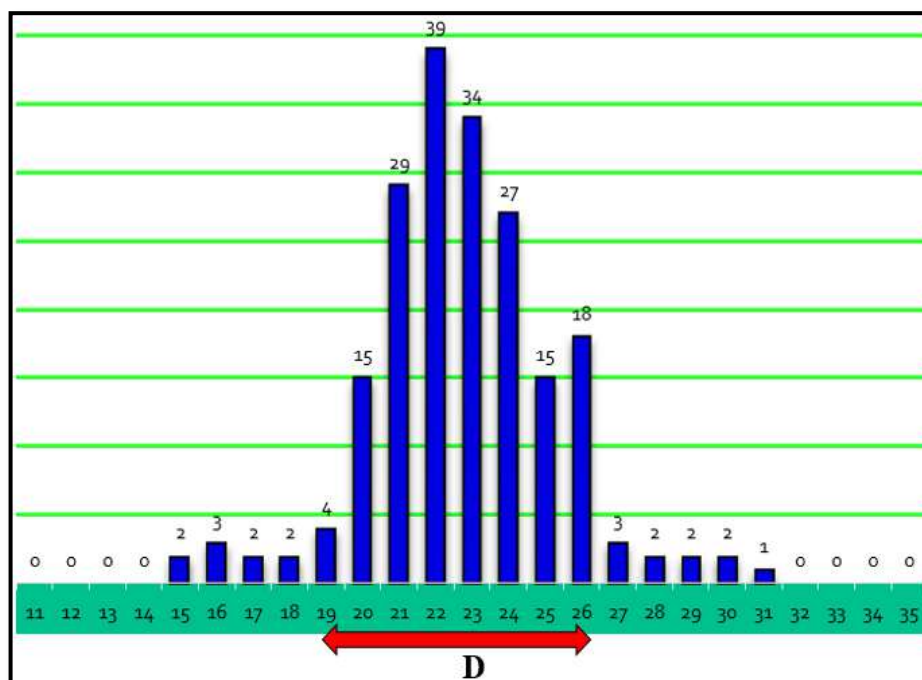
*Resultados del conteo de los valores obtenido por el puntero del equipo MERLIN.*

Valores	Escala de desviaciones del rugosímetro de MERLIN																
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
$\Sigma$	2	3	2	2	4	15	29	39	34	27	15	18	3	2	2	2	1

*Nota.*  $\Sigma$  es la suma o cantidad de los valores iguales que se han obtenido en campo mediante el rugosímetro de MERLIN.

**Figura 49**

*Rango de dispersión D creado a partir del histograma*



*Nota.* La figura muestra el rango D obtenido del histograma de frecuencias, considerando disolver 10 datos de la izquierda y 10 datos de la derecha.

Finalmente se sumará el valor de los datos centrales con los valores de las fracciones restantes en caso los valores eliminados no resulten exactos, caso contrario se considera 0. Siguiendo con el ejemplo se utilizó la ecuación (1) del rango D.

$$D = \left(\frac{3}{4} + 7 + 0\right) \quad \dots \text{ecuación (1)}$$

$$D = 7.75$$

### 3.5.8 Rango D corregido

En rango D se corrigió en gabinete al multiplicarlo por el Factor de Corrección (FC) calculado previamente en la calibración del equipo MERLIN y multiplicándoles 5mm. para convertirlo en escala IRI. Para este caso se aplicó la fórmula de la ecuación (3).

$$D_{\text{corregido}} = D \times FC \quad \dots \text{ecuación (03)}$$

$$D_{\text{corregido}} = 7.75 \times 0.923$$

$$D_{\text{corregido}} = 7.153$$

Al multiplicar este valor de 7.153 por 5mm., se obtiene como D corregido el valor de 35.765 y debido a que el resultado del D corregido es menor a 40 mm., será reemplazado en las ecuaciones posteriores para determinar el índice de rugosidad superficial (IRI).

### 3.5.9 Formulas aplicadas para calcular el IRI

Una vez calculado el rango D corregido, se procedió a calcular el IRI usando las ecuaciones (4) y (5) antes mencionadas, mostrándose a continuación:

$$2.4 < \text{IRI} < 15.9 \quad ; \quad \text{IRI} = 0.593 + 0.0471 D \quad \dots \text{ecuación (04)}$$

$$0.0 < \text{IRI} < 2.4 \quad ; \quad \text{IRI} = 0.0485 D \quad \dots \text{ecuación (05)}$$

De estas ecuaciones podemos recalcar que la ecuación (1) debido al rango en el cual está el IRI, se utiliza para una dispersión D mayor al 40 mm, mientras que la ecuación (2) se utiliza en una dispersión D menor a 40 mm. Para nuestro ejemplo del primer tramo de 400 metros, aplicaremos la ecuación (2):

$$\text{IRI} = 0.0485 (35.765)$$

$$\text{IRI} = 1.73 \text{ m/km}$$

Los demás resultados tanto para el carril derecho como el carril izquierdo obtenidos por cada 400 metros de longitud, se mostrarán en el Capítulo IV. de la presente tesis y su posterior análisis.

### 3.5.10 Procesamiento de datos de lectura

En esta etapa se distribuyó los valores del IRI calculados con las fórmulas anteriores, desarrollado en un total de 6 tramos de 400 metros cada uno por carril.

En la figura 50 se muestra el modelo del formato empleado para anotar y comparar los valores del IRI considerando los tramos de carril izquierda y derecha por cada tramo de progresiva.

**Figura 50**

*Formato de registro del IRI*



**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNICA**  
**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**FORMATO PARA EL CÁLCULO DEL IRI**  
 (TRABAJO EN GABINETE)

**PROYECTO** DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO CON MORTERO ASFÁLTICO SLURRY SEAL PARA ANALIZAR EL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DESDE LA PROGRESIVA KM. 1+300 HASTA KM. 3+700 DEL TRAMO III DE LA CARRETERA COOP. 60 ASENT. 02 – ASOC. VIV. 4 SUYOS EN EL DISTRITO DE LA YARADA LOS PALOS- TACNA

**CALZADA** : \_\_\_\_\_

**FECHA** : \_\_\_\_\_

TRAMO	PROGRESIVA	CÁLCULO DEL IRI	
		CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO
TRAMO 01	KM 1 +300 - KM 1+700		
TRAMO 02	KM 1 +700 - KM 2+100		
TRAMO 03	KM 2 +100 - KM 2+500		
TRAMO 04	KM 2 +500 - KM 2+900		
TRAMO 05	KM 2 +900 - KM 3+300		
TRAMO 06	KM 3 +300 - KM 3+700		
		<b>IRI (de)</b>	<b>IRI (iz)</b>

**NOTA:**  
 IRI (de) : IRI promedio del carril derecho  
 IRI (iz) : IRI promedio del carril izquierdo

*Nota.* La imagen muestra el formato que registra el IRI por cada tramo de 400 metros hasta completar los 2.4 km. Fuente: Elaboración propia.

El IRI del carril derecho se calcula promediando los valores del IRI parciales por cada 400 metros de longitud evaluada. De la misma manera, se calculó el IRI del carril izquierdo. Finalmente, el IRI promedio de la calzada de la carretera vecinal desde la progresiva KM.1+300 hasta KM.3+700 se obtuvo promediando los valores del IRI del carril derecho e izquierdo.

$$IRI_{\text{promedio}} = \frac{IRI_{\text{der}} + IRI_{\text{izq}}}{2} \quad \dots \text{ecuación (6)}$$

### 3.6 METODOLOGÍA CON EL APLICATIVO MOVIL ABAKAL IRI

#### 3.6.1 Elección del método

Se optó por elegir un segundo método para calcular el IRI con el objeto de aproximarnos lo más exactamente posible al valor verdadero del IRI. En consecuencia, se usó el aplicativo móvil de Google Play Store denominado “Abakal IRI”, puesto que es una aplicación gratuita, de fácil manejabilidad y descarga, que se puede usar en cualquier dispositivo portátil como el teléfono móvil Smartphone.

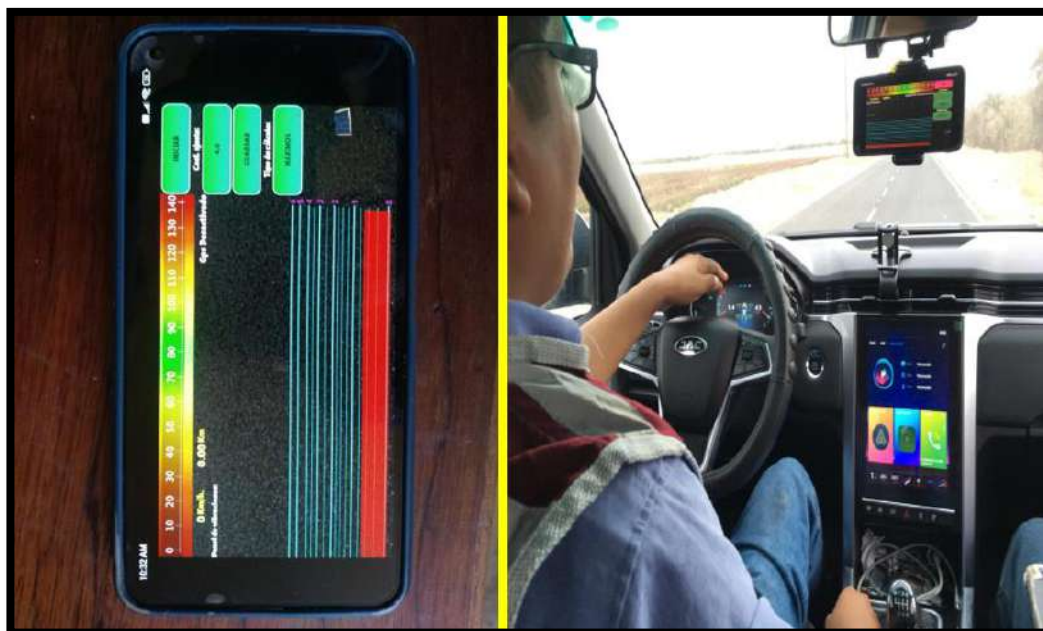
#### 3.6.2 Materiales y/o instrumentos

✓ Smartphone

Se utilizó el dispositivo móvil Smartphone de marca Xiaomi y modelo MI 11 en la cual se instala la aplicación de Play Store “Abakal IRI”.

**Figura 51**

*Dispositivo portátil Smartphone marca Xiaomi*



*Nota.* La imagen muestra al Smartphone utilizado en la evaluación con el aplicativo Abakal IRI.

✓ Camioneta

Existen diferentes modelos de vehículos en el que puede ir montado este aplicativo móvil, y que generan mucho mejor respuesta, tal es el caso de la investigación de Moyano Raygada (2020) quien llegó a concluir que el automóvil es el más adecuado para medir el IRI con respecto a la camioneta y que este último arroja valores de rugosidad bajos.

Sin embargo, para la ejecución del segundo ensayo y de acuerdo a las investigaciones realizadas y citadas en la presente tesis, se utilizó una camioneta del año de fabricación 2022, marca JAC y modelo T8 Pro 4x4, con carrocería móvil pick up para la evaluación utilizando las cargas requeridas como los cilindros de 100 L. y 200 L, puesto que una camioneta moderna y actualizada generaría datos más exactos del IRI.

### **Figura 52**

*Camioneta marca JAC modelo T8 Pro 4x4*



*Nota.* La imagen muestra la camioneta marca JAC del año 2022 utilizada en la evaluación superficial por medio del Smartphone.

✓ Sujetador o porta celular

Este aparato ayuda a sujetar el dispositivo móvil Smartphone para darle inmovilidad y manteniendo la horizontalidad en el momento del ensayo. El modelo es de marca FULLBELL de color negro conformado por dos clips en cada extremo cuya función es enganchar y apretar la parte superior e inferior del espejo retrovisor. Inmediatamente y con mucho cuidado, se colocó el Smartphone en la parte inferior del sujetador, mediante una perilla se ajusta y bloquea el movimiento del Smartphone.

**Figura 53**

*Soporte para celular en retrovisor*



*Nota.* Soporte para Smartphone, modelo FULLBELL, color negro.

✓ Pulsímetro de neumático

Este instrumento nos ayuda a medir y mantener la presión requerida del neumático, además, mejora el manejo y la seguridad del vehículo. Este aparato mide la presión entre el rango de 0 a 150 PSI.

**Figura 54**

*Pulsímetro digital de neumático*



*Nota.* En la imagen se ilustra el pulsímetro digital de neumático para medir y alcanzar la presión requerida en el neumático.

- ✓ Cilindros de agua con capacidad de carga de 300 kg.

Debido a que la carretera en estudio tiene mucha presencia de camiones de carga, para el ensayo también se consideró una cierta cantidad de carga, utilizando en total dos cilindros de material de polipropileno color azul: un cilindro grande con capacidad para 200 litros y un cilindro pequeño con capacidad para 100 litros con el fin de cederle una carga de 300 kg. a la camioneta.

### **Figura 55**

*Camión con carga pesada*



*Nota.* En la imagen se aprecia a un camión repleto de productos en su carrocería.

Esta carga de 300 kg. por medio de los cilindros de agua montada y suministrada a la camioneta, permite medir correctamente la rugosidad de la superficie.

### Figura 56

*Cilindros utilizados para el llenado de agua*

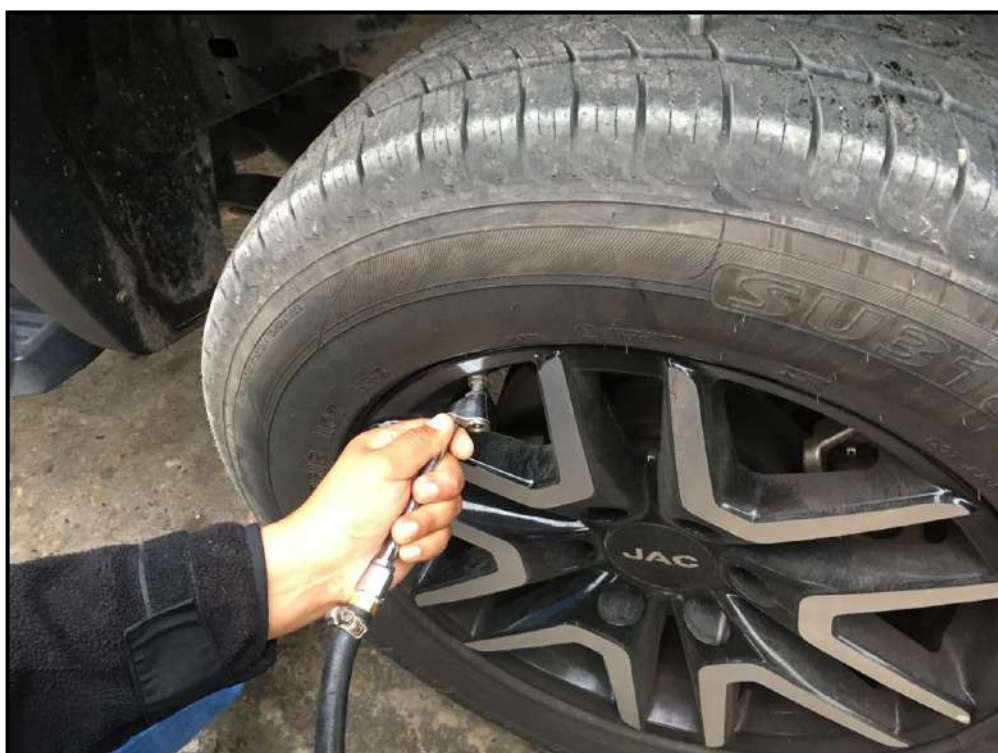


*Nota.* En la imagen se aprecia los cilindros usados en el ensayo de 200 L. y 100 L.

- ✓ Inflador de neumático

### **Figura 57**

*Inflador de neumático*



*Nota.* La imagen muestra el inflado de la rueda con un inflador de neumático.

- ✓ Otros

Para el vaciado de agua en los envases o cilindros, se utilizó dos baldes de 18 litros cada uno. El agua utilizada fue extraída de un pozo ubicado en el sector La Yarada, los Palos, cercano al tramo de ejecución, como se apreciará más adelante.

### 3.6.3 Eventos previos a la ejecución del ensayo

#### ✓ Medición de la presión de los neumáticos

Primeramente, antes de la ejecución del ensayo con el aplicativo móvil Abakal IRI, se tuvo que aumentar o disminuir el inflado de los cuatro neumáticos hasta alcanzar una presión de 35 psi. mediante un pulsímetro.

#### Figura 58

*Medición de la presión en los neumáticos*



*Nota.* La imagen muestra la medición de presión a 35 psi para los 4 neumáticos de la camioneta. A: Llanta delantera izquierda. B: Llanta delantera derecho. C: Llanta trasera izquierda. C: Llanta trasera derecha.

✓ Suministro de carga de agua

Seguidamente, se posiciono los dos cilindros en una zona segura en la batea de la camioneta (prefiriendo colocarlos lo más cercano posible a la posición del Smartphone puesto que recibirá las vibraciones en el aplicativo) acomodando y sujetándolo con una soga para evitar algún desplazamiento brusco durante el ensayo. Una vez acomodado los cilindros, se procede al llenado del agua, y para ello se utilizó dos baldes de 18 litros de capacidad cada uno, realizando un llenado simultaneo en ambos cilindros.

**Figura 59**

*Llenado de agua en los cilindros*



*Nota.* Se observa el llenado de agua a los cilindros de 200 L. y 100 L.

**Figura 60**

*Finalización del llenado de agua a los cilindros*



*Nota.* La imagen muestra la culminación del llenado de agua en los cilindros de 100 L. y 200 L mediante dos baldes de 18 L. cada uno.

✓ Colocación del móvil en el portacelular

La colocación del Smartphone en el portacelular es importante, puesto que, si no se ajusta correctamente, durante el ensayo se puede generar un movimiento o una vibración lo cual calcularía el IRI incorrectamente disminuyendo o incrementando sus valores.

**Figura 61**

*Portacelular montado en el retrovisor de la camioneta*



*Nota.* En la imagen se ilustra la colocación de Smartphone en posición horizontal.

#### 3.6.4 Descripción de la metodología

La determinación del IRI mediante el aplicativo ABAKAL IRI, se realizó el domingo 14 de mayo del 2023 a las 7:30 am. Para este ensayo se designó que el tipo de vehículo sea una camioneta 4x4 del año de fabricación 2022 con el objeto de poder suministrarle una cierta carga en la parte del platón o batea. Para ello, se optó por incorporar dos cilindros llenos de agua de 50 y 25 galones (300 litros) que

es lo equivalente a 300 kg. Una vez definido el plan de trabajo, se optó por comenzar el ensayo para el carril derecho en la progresiva KM. 1+300 e ir avanzando con el vehículo hasta llegar a final de la progresiva en estudio, el K. 3+700.

### **Figura 62**

*Progresiva de inicio para la evaluación en el carril derecha*



*Nota.* Ubicación de la camioneta en el KM. 1+300, para el inicio de evaluación del carril derecho.

Se comenzó el desplazamiento de la camioneta aproximadamente a 40 metros antes de llegar a la progresiva KM. 1+300 con la finalidad de alcanzar la velocidad permitida en la carretera, que es 40 km/h. y con la que se evaluará.

### **Figura 63**

*Inicio de la evaluación utilizando el aplicativo Abakal IRI en el carril derecho*



*Nota.* La figura muestra a los testistas el inicio de la evaluación en el carril derecho, ubicado en la progresiva KM.1+300.

De igual manera, se desarrolló el recorrido para el carril izquierdo iniciando en la progresiva K. 3+700 hasta llegar a la progresiva KM. 1+300.

**Figura 64**

*Progresiva de inicio para la evaluación en el carril izquierdo*



*Nota.* Ubicación de la camioneta en el KM. 3+700, para el inicio de evaluación del carril izquierdo.

De igual forma, se comenzó el desplazamiento de la camioneta aproximadamente a 40 metros antes de llegar a la progresiva KM. 3+700 con el fin de alcanzar la velocidad permitida en la carretera, siendo de 40 km/h.

**Figura 65**

*Inicio de la evaluación utilizando el aplicativo Abakal IRI en el carril izquierdo*



*Nota.* La figura muestra a los testistas en el inicio de la evaluación en el carril izquierdo, ubicado en la progresiva KM.3+700.

La culminación de la segunda metodología ocurrió a las 12:30 am. y obteniéndose los datos guardados por el mismo aplicativo en el Smartphone.

### 3.6.5 Procedimiento de la metodología

El uso de vehículo esta validado por la norma ASTM E950/E950M-09 (2018), lo cual indica que con la ayuda del vehículo de prueba, nos proporciona datos satisfactorios, puesto que muestra datos más reales del perfil longitudinal en

una superficie y mediante instrumentos de medición logra calcular el IRI directamente. La evaluación, al igual que con el rugosímetro de MERLIN, se realizó en el carril derecho como en el izquierdo, en el tramo de la progresiva KM.1+300 hasta el KM.3+700.

### Figura 66

*Reconocimiento de los carriles evaluados*



*Nota.* La imagen describe los carriles evaluados en el tramo de la carretera Coop. 60 desde la progresiva KM.1 +300 hasta KM. 3+700 y el sentido en que serán evaluados con la aplicación en Smartphone montado en camioneta.

Para la aplicación de la metodología con ABAKAL IRI, utilizaremos el procedimiento descrito por Nieto (2018) que menciona lo siguiente:

La aplicación ABAKAL IRI necesita de la ubicación del dispositivo móvil (Smartphone) y los permisos para poder guardar los datos. El Smartphone ira montado mediante un soporte en la parte del retrovisor de la camioneta tal como se observa en la figura siguiente y se comenzará con el procedimiento:

### **Figura 67**

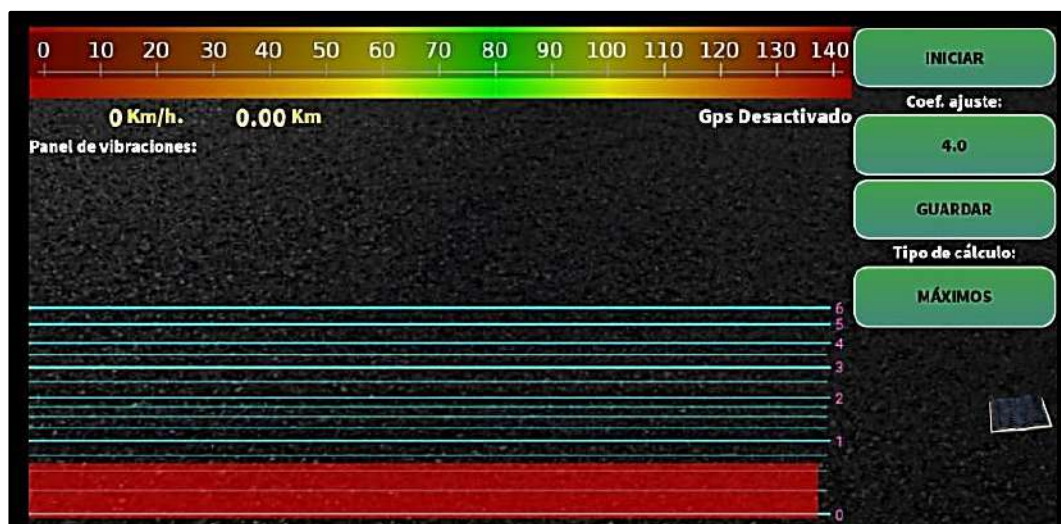
*Ilustración del Smartphone montado en el retrovisor*



*Nota.* La imagen muestra la preparación y el montaje del aplicativo en el Smartphone en la camioneta por medio del sujetador.

**Figura 68**

*Verificación del Interfaz del aplicativo Abakal IRI*



*Nota.* A la derecha de la figura se muestra los botones de Iniciar, guardar, así como, el campo del tipo de cálculo y el coeficiente de ajuste. Estos se pueden cambiar con solo haciendo clic en la pantalla del icono. A la izquierda se observa la velocidad y el kilometraje, así como, el panel de vibración que se mostrara al momento de la evaluación.

Lo primero es activar los datos del GPS en el Smartphone para que la aplicación genere la ubicación del recorrido cada 100 metros en las coordenadas cartesianas. Otro aspecto importante es que se mantuvo aproximadamente una distancia de 40 metros antes del inicio de nuestra progresiva de donde se iniciara el ensayo.

Además, se realizó ensayos utilizando tres coeficientes de ajuste para el aplicativo Abakal, es decir, se ejecutó 2 ensayos (carril derecho y carril izquierdo) por cada factor. Este coeficiente varía de acuerdo al teléfono móvil que utilizemos y de la amortiguación del vehículo, así como de su colocación. Para este caso se consideró los coeficientes de ajuste 2, 3 y 4, optándose por elegir aquello que estén más próximos a los resultados del MERLIN.

### Figura 69

*Coefficiente de ajuste del aplicativo Abakal IRI*

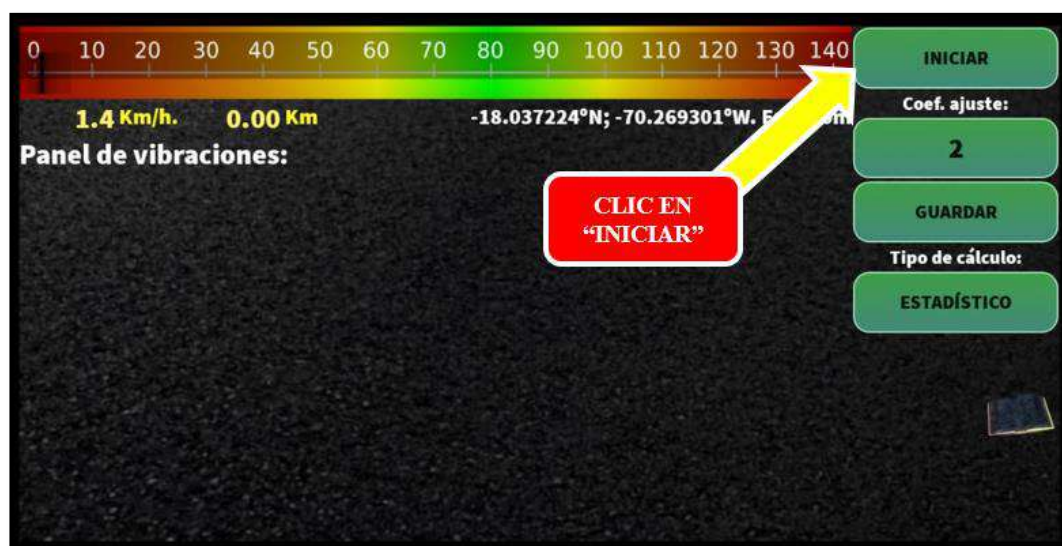


*Nota.* En la figura se ilustra el cambio del factor de ajuste si es necesario, para adaptarse mejor al pavimento. El procedimiento está descrito de la siguiente manera: 1. Clic en icono del “coeficiente de Ajuste”; 2. Cambiar de valor; 3. Clic en el icono “Listo” y 4. Clic en “nuevo ajuste”.

Una vez habiéndonos posicionado y comenzado el desplazamiento con la camioneta, pulsamos el botón “INICIAR”. Nos daremos cuenta que el kilometraje del ABAKAL aún se mantiene en cero, a pesar que el panel de vibraciones está recorriendo, esto es, porque aún no se ha iniciado con el conteo. Recordemos que se debe alcanzar máximo 40 km/h. al llegar a la progresiva de inicio.

### Figura 70

*Principio del interfaz del aplicativo Abakal IRI*

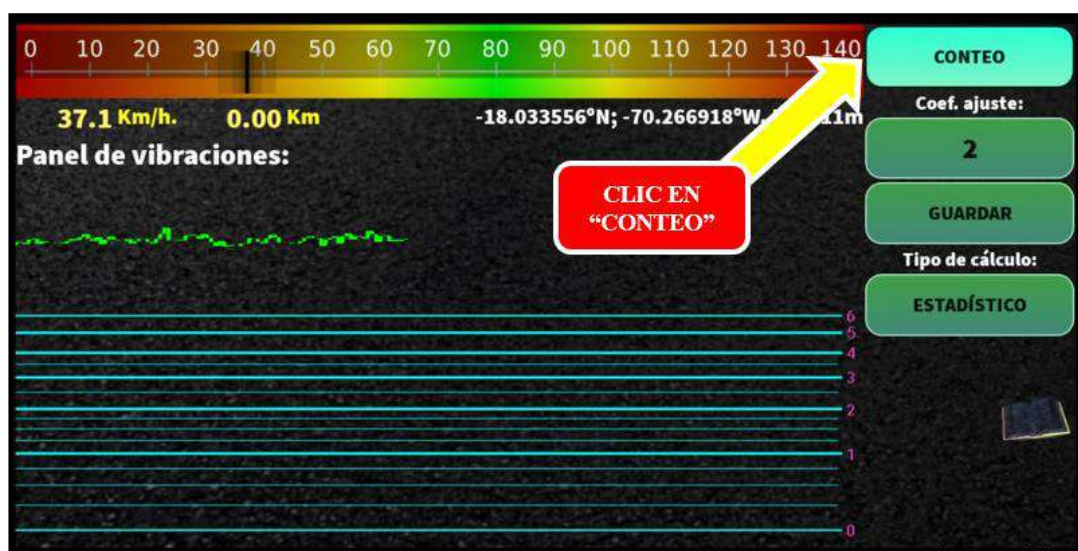


*Nota.* Para comenzar con la evaluación, se presionará el botón del icono “Iniciar”.

Una vez que se ha llegado al punto de partida tanto para el carril derecho como el izquierdo, de pulsa el botón “CONTEO” para que el aplicativo tome los datos de las vibraciones generadas entre el neumático y el pavimento. Para este punto, ya se ha llegado o aproximado a una velocidad de 40 km/h.

### Figura 71

*Interfaz del aplicativo Abakal IRI en el momento exacto para registrar datos*



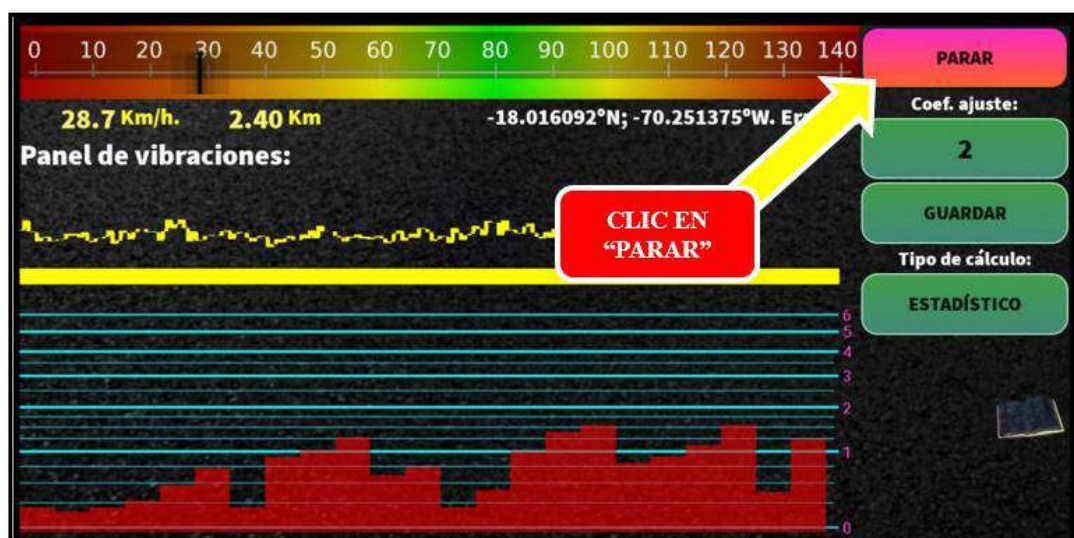
*Nota.* La figura muestra el icono que se debe presionar para dar inicio a la evaluación, es decir, el aplicativo Abakal comienza a registrar las lecturas cada 100 metros.

Cabe recalcar que mantener la velocidad constante de 40 km/h es casi imposible, pero se debe intentar de mantener una velocidad aproximada durante el desplazamiento de la camioneta en todo el trayecto del tramo de la progresiva evaluada.

Al finalizar el tramo evaluado y habiendo llegado a la progresiva final de 2.4 km con el aplicativo Abakal IRI, pulsar el botón “PARAR” y posteriormente pulsamos el botón “DETENER”.

### Figura 72

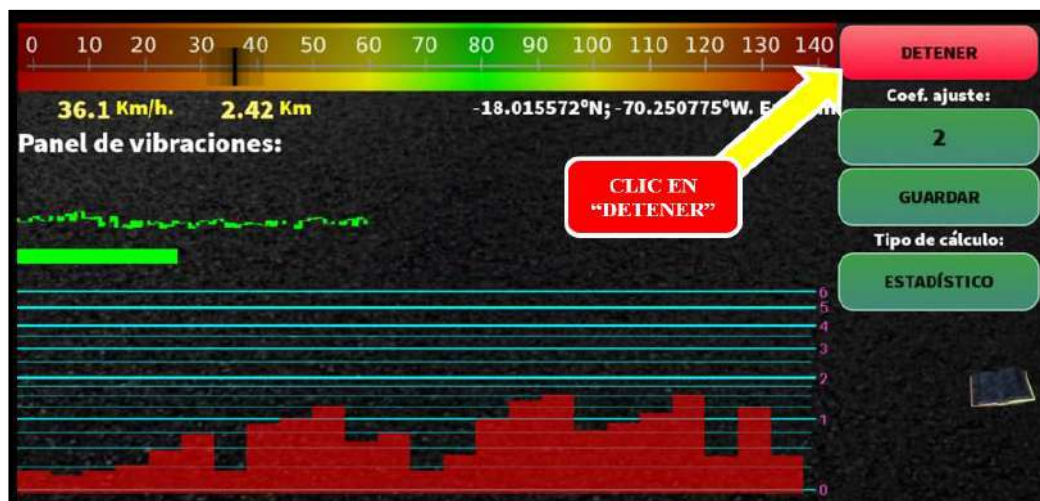
*Interfaz del aplicativo Abakal IRI en el momento exacto de finalizar el tramo de evaluación*



*Nota.* La figura muestra el icono que se debe presionar para detener las lecturas una vez llegado al tramo final y completado los 2.4 Km.

**Figura 73**

*Interfaz del aplicativo Abakal IRI en la finalización del trabajo.*

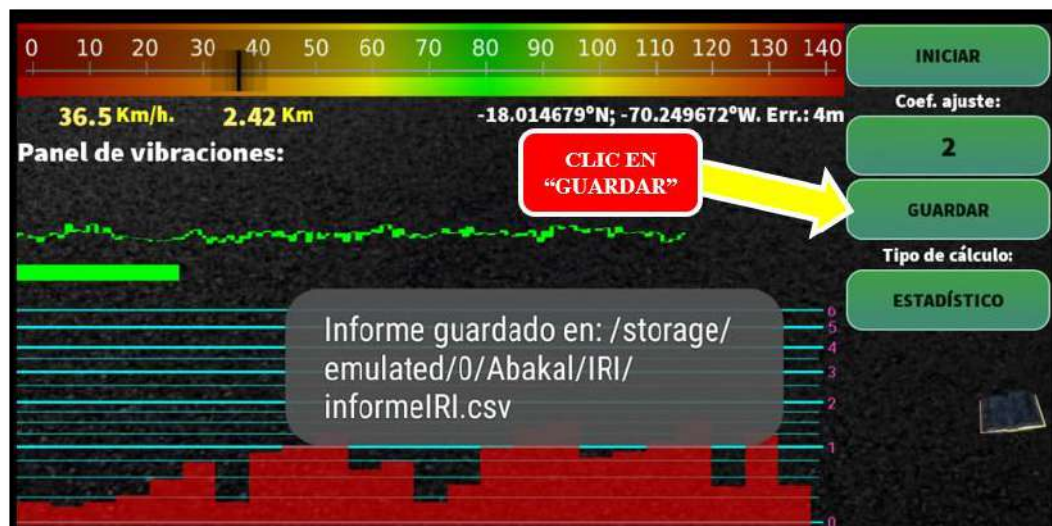


*Nota.* La figura muestra el icono que se debe presionar para detener el panel de vibraciones, dando por concluida la evaluación.

El último proceso consiste en pulsar el botón "GUARDAR" para que todos los datos antes mencionados, se guarden en el aparato celular Smartphone automáticamente en formato CSV, KML y DAT para luego ser descargado en el mismo celular o laptop y observar los resultados.

**Figura 74**

*Interfaz del aplicativo Abakal IRI guardando las lecturas registradas automáticamente*

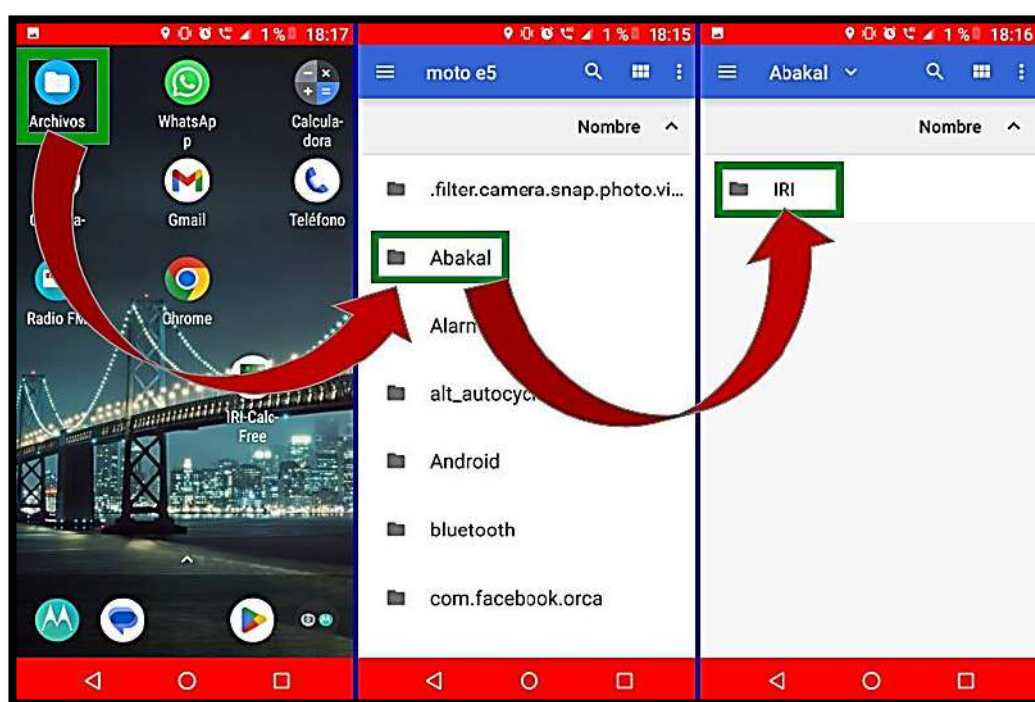


*Nota.* La figura muestra el icono que se debe presionar para guardar los resultados del cálculo del IRI. El propio aplicativo los guarda en una carpeta del Smartphone llamada "Abakal".

### 3.6.6 Datos registrados por el Abakal IRI

**Figura 75**

*Datos guardados por el aplicativo Abakal en el Smartphone*



*Nota.* La figura muestra la ubicación de la carpeta “Abakal” donde están guardados los resultados del IRI registrado por el aplicativo móvil Abakal.

**Figura 76**

*Datos registrados por el Abakal en distintos formatos*

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
CD_230514082912_informelRI.csv	14/05/2023 08:29	Archivo de valores...	1 KB
CD_230514082912_informelRI.kml	14/05/2023 08:29	KML	8 KB
CD_230514082912_informelRI2.csv	14/05/2023 08:29	Archivo de valores...	2 KB
CD_ajuste.dat	14/05/2023 08:18	Storm and Sanitar...	1 KB
CI_230514083551_informelRI.csv	14/05/2023 08:35	Archivo de valores...	1 KB
CI_230514083551_informelRI.kml	14/05/2023 08:35	KML	8 KB
CI_230514083551_informelRI2.csv	14/05/2023 08:35	Archivo de valores...	2 KB
CI_ensayoanterior.dat	14/05/2023 08:35	Storm and Sanitar...	33 KB

*Nota.* En la figura se ilustra los datos registrados del carril derecho (CD) e izquierdo (CI) para un factor de ajuste de 2. Se visualizan los formatos en cvs, kml y dat.

Ahora, se mostrará un ejemplo del cuadro en Excel en formato csv, el cual hay sido guardado por el mismo aplicativo, tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 11**

*Ejemplo de resultados del aplicativo Abakal IRI en un tramo de la vía-carril izquierdo*

Coordenadas Cartesianas			Velocidad	Desplazamiento	Valor del IRI
Latitud	Longitud	Altitud			
-18.18	-70.45	104.69	40.5 km/h	700 m.	0.9

*Nota.* Datos tomados del Excel formato csv del Abakal IRI.

### 3.7 CÁLCULO DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD

Los niveles de servicio se pueden definir como índices o indicadores que miden el estado en la que se encuentra una vía, sea esta una calzada de afirmado, pavimento flexible, pavimento rígido, talud o entre otros componentes, dando a conocer la calidad de servicio que ofrece al usuario (MTC, 2018). Desde la colocación del pavimento la rugosidad se va incrementando con el tiempo y los valores del IRI aumentan. Asimismo, según la normativa AASHTO la serviciabilidad se mide por medio de un indicador denominado Índice de Serviciabilidad del Pavimento (PSI) que es la capacidad que tiene el pavimento para servir el tránsito, es decir, el servicio que puede ofrecer la superficie del camino a los usuarios, calificando desde 0 (intransitable) hasta 5 (Condición ideal). Para tal caso, se aplica la fórmula recomendada por la AASHTO-93.

$$PSI_{(1)} = \frac{5}{e^{\frac{IRI}{5.5}}} \quad \dots \text{ecuación (7)}$$

Se analizará el PSI para la metodología del rugosímetro de MERLIN y el aplicativo Abakal IRI tomando los valores IRI de ambas metodologías del ensayo realizado; por último, se analizará la serviciabilidad del rugosímetro del MERLIN con la serviciabilidad obtenida mediante el aplicativo. La siguiente tabla muestra los valores recomendados por la AASHTO.

**Tabla 12***Escala de Índice de Serviciabilidad*

Índice de Serviciabilidad	Calidad
5	Muy Buena
4	Buena
3	Regular
2	Mala
1	Muy Mala

*Nota.* El siguiente cuadro nos muestra la calificación del PSI en la evaluación del pavimento. Los datos son de la guía AASHTO recomendados por MTC (2014).

### 3.8 APLICACIÓN DE LA NORMATIVA PERUANA

Se aplicará la normativa peruana del MTC para saber si el pavimento asfáltico con Slurry Seal continúa cumpliendo con una buena serviciabilidad, pues como se sabe, el IRI en vías con mortero asfáltico debe ser menor a 2.5 m/km. Además, se puede calcular el IRI característico, teniendo las expresiones de la siguiente tabla:

**Tabla 13**

*Cuadro de Cálculo del IRI característico*

Parámetro	Pavimento Flexible		Concreto Asfáltico	
	IRI característico	Rugosidad	IRI característico	Rugosidad
Rugosidad en obra nueva		$3.0 IRI_C$		$2.8 IRI_C$
Rugosidad en periodo de servicio	$IRI_P + 0.524 \sigma$		$IRI_P + 0.674 \sigma$	
		$4.3 IRI_C$		$4.1 IRI_C$

Nota.  $IRI_P$  es el IRI promedio y  $\sigma$  es la desviación estándar. Datos extraídos del Manual de carreteras, conservación vial del MTC.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1 PROCESAMIENTO Y DETERMINACIÓN DE RESULTADOS**

##### **4.1.1 Procesamiento y determinación del IRI con el rugosímetro de MERLIN**

A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos por el rugosímetro de MERLÍN para el carril derecho e izquierdo, partiendo desde la progresiva KM. 1+300 hasta culminar los 2.4 km. llegando a la progresiva KM. 3+700 y viceversa.

Cada 400 metros se realizó sus propios formatos y cálculos, para ello, se utilizó primeramente el formato de campo, luego se procedió a cuantificar y tabular los valores obtenidos por el MERLIN y en seguida se procedió realizar las hojas de cálculo con su respectivo histograma de frecuencias para obtener finalmente el valor del IRI usando las expresiones de las ecuaciones antes descritas en el Capítulo III de la metodología.

## 4.1.1.1 Carril derecho (KM. 1+300 – KM. 3+700)

Figura 77

Recopilación de datos de campo en carril derecho: KM. 1+300 - KM. 1+700

		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNIA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
		ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN (HOJA DE CAMPO)											
TESIS		DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO CON MORTERO ASFÁLTICO SLURRY SEAL PARA ANALIZAR EL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DESDE LA PROGRESIVA KM. 1+300 HASTA KM. 3+700 DEL TRAMO III DE LA CARRETERA COOP. 60 ASENT. 02 - ASOC. VIV. 4 SUYOS EN EL DISTRITO DE LA YARADA LOS PALOS- TACNA											
UBICACIÓN		: LA YARADA, LOS PALOS - TACNA					ASESOR : DR. ING. VICTOR YAPUCHURA P.						
PROGRESIVA		: KM. 1+300 - KM. 1+700					TESISTAS : BACH. KENYIK MARMANILLO H. BACH. ALDO I. CONDORI C.						
CARRIL		: DERECHO					FECHA : 13-MAYO-2023						
ENSAYO Nº		1		KM		1+300		HORA		09:00:00			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<b>TIPO DE PAVIMENTO</b>	
1		21	23	22	23	22	21	23	22	20	15		
2		20	23	18	17	23	28	23	20	21	21		
3		23	22	21	21	29	17	21	26	21	20	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
4		20	21	20	24	21	16	20	24	24	26		
5		24	27	21	21	22	23	22	27	17	26	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
6		20	21	22	24	19	25	23	25	24	16		
7		21	30	25	19	22	23	21	22	22	31	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
8		22	24	22	22	25	26	23	24	28	21		
9		22	23	22	27	24	22	22	22	23	21	TRAT. BICAPA	<input type="checkbox"/>
10		24	23	23	20	21	22	23	22	23	26		
11		21	24	23	24	30	25	22	23	23	21	SLURRY SEAL	<input checked="" type="checkbox"/>
12		26	24	25	24	21	19	22	23	23	22		
13		24	23	25	19	26	21	26	23	26	21	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
14		22	21	22	22	22	21	20	23	22	20		
15		24	21	24	24	24	25	26	24	23	26	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
16		23	20	24	20	26	22	25	24	23	25		
17		22	23	26	22	18	29	23	26	20	21	SELLO	<input type="checkbox"/>
18		15	25	24	24	26	21	23	22	23	25		
19		26	23	22	26	22	22	22	24	25	20	OTROS	<input type="checkbox"/>
20		24	22	25	22	21	26	25	24	22	23		



Figura 79

Calculo del IRI carril derecho, KM. 1+300 – KM. 1+700

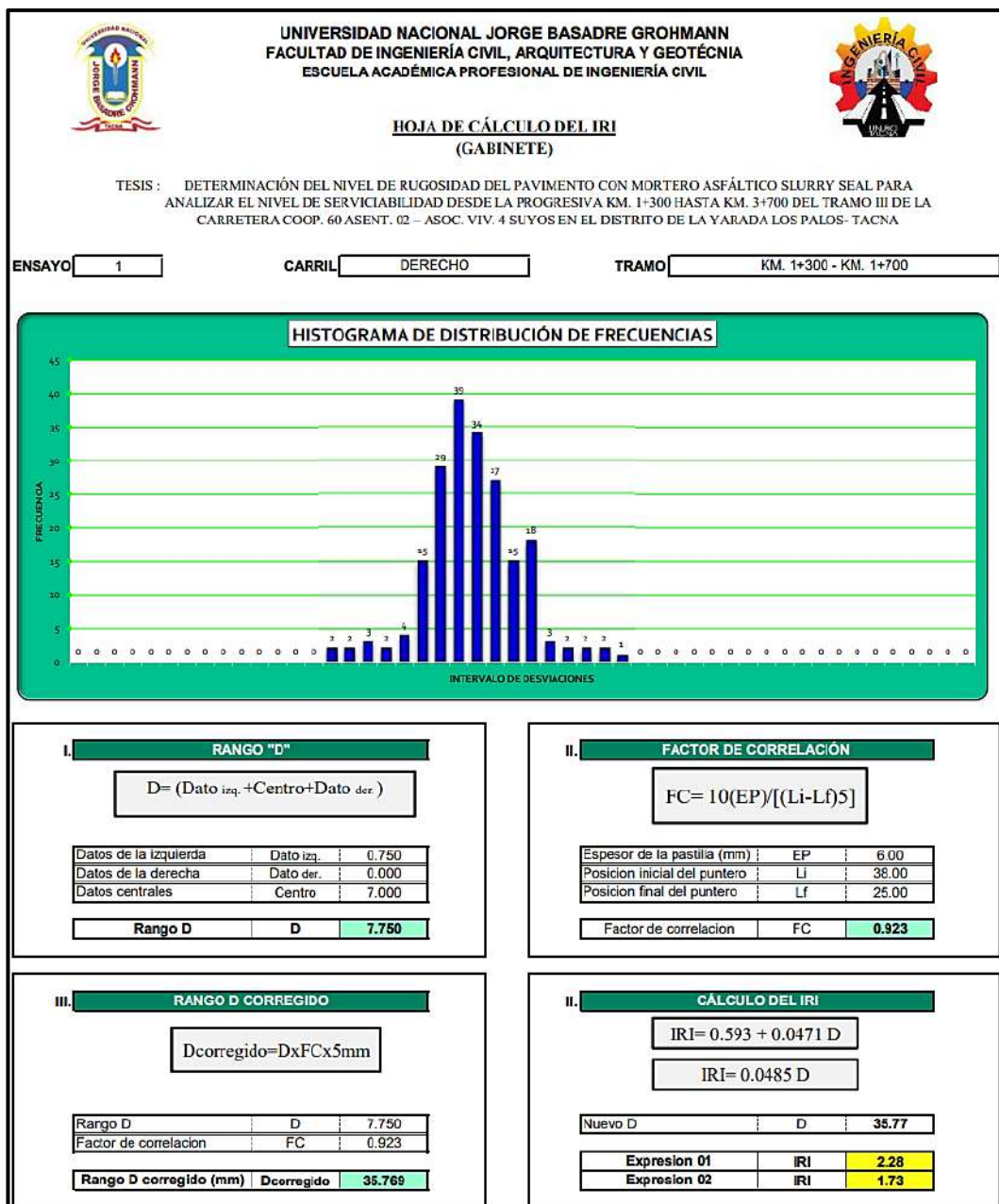


Figura 80

Recopilación de datos de campo en carril derecho: KM. 1+700 - KM. 2+100

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNIA		ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN							
<b>ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN</b>											
(HOJA DE CAMPO)											
TESIS:		DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO CON MORTERO ASFÁLTICO SLURRY SEAL PARA ANALIZAR EL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DESDE LA PROGRESIVA KM. 1+300 HASTA KM. 3+700 DEL TRAMO III DE LA CARRETERA COOP. 60 ASENT. 02 - ASOC. VIV. 4 SUYOS EN EL DISTRITO DE LA YARADA LOS PALOS- TACNA									
UBICACIÓN :		LA YARADA, LOS PALOS - TACNA		ASESOR : DR. ING. VICTOR YAPUCHURA P.							
PROGRESIVA :		KM. 1+700 - KM. 2+100		TESISTAS : BACH. KENYI K. MARMANILLO H. BACH. ALDO I. CONDORI C.							
CARRIL :		DERECHO		FECHA : 13-MAYO-2023							
ENSAYO Nº	2	KM	1+700	HORA	09:25:00						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	23	23	21	25	23	22	23	22	23	21	
2	23	23	24	23	22	23	23	25	23	22	
3	24	24	24	25	21	27	21	22	26	23	AFIRMADO <input type="checkbox"/>
4	23	23	22	23	22	24	25	23	23	23	
5	23	22	28	23	19	23	30	17	25	22	BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
6	21	20	24	23	24	21	21	24	22	26	
7	24	27	19	28	21	22	22	21	22	25	BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
8	20	23	27	18	24	21	23	23	24	24	
9	23	25	25	25	23	25	23	24	22	22	TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>
10	22	23	21	22	20	24	25	22	22	22	
11	24	24	24	22	26	23	25	22	23	14	SLURRY SEAL <input checked="" type="checkbox"/>
12	21	23	23	22	22	22	24	24	25	22	
13	23	23	24	24	26	23	22	22	25	20	CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
14	21	24	23	21	22	24	22	22	22	23	
15	23	22	24	21	23	21	22	23	23	25	RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/>
16	21	26	25	21	23	23	22	23	21	25	
17	22	24	23	23	37	24	21	26	22	26	SELLADO <input type="checkbox"/>
18	19	25	22	23	22	25	26	23	21	20	
19	22	23	23	21	23	23	28	24	26	21	OTROS <input type="checkbox"/>
20	25	21	24	26	24	22	21	22	24	22	



Figura 82

Calculo del IRI carril derecho, KM. 1+700 – KM. 2+100

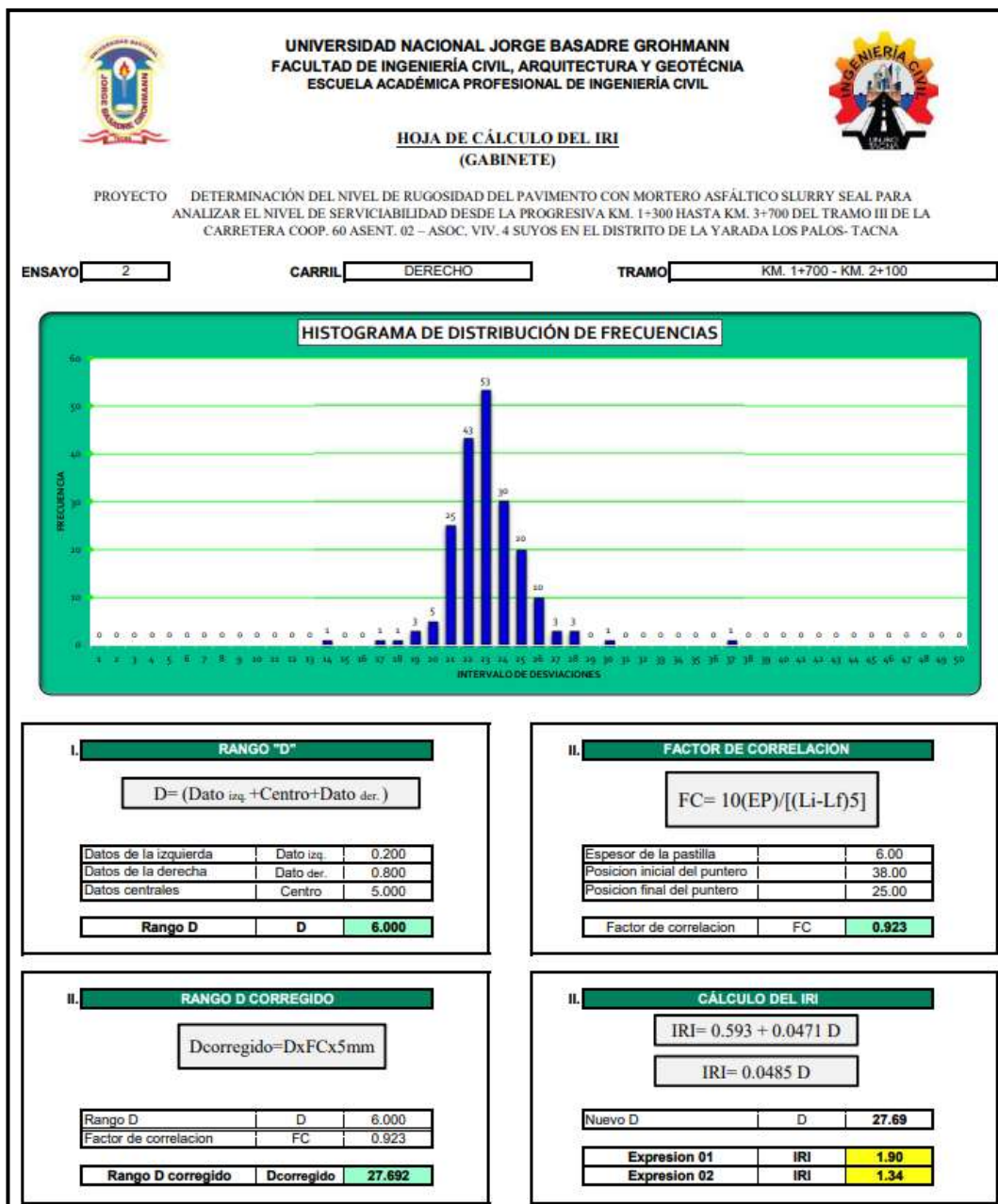


Figura 83

Recopilación de datos de campo en carril derecho: KM. 2+100 - KM. 2+500

		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN											
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNIA											
		ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
		ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN											
		(HOJA DE CAMPO)											
TESIS	DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO CON MORTERO ASFÁLTICO SLURRY SEAL PARA ANALIZAR EL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DESDE LA PROGRESIVA KM. 1+300 HASTA KM. 3+700 DEL TRAMO III DE LA CARRETERA COOP. 60 ASENT. 02 - ASOC. VIV. 4 SUYOS EN EL DISTRITO DE LA YARADA LOS PALOS- TACNA												
UBICACIÓN	: LA YARADA, LOS PALOS - TACNA						ASESOR : DR. ING. VICTOR YAPUCHURA P.						
PROGRESIVA	: KM. 2+100 - KM. 2+500						TESISTAS : BACH. KENYI K. MARMANILLO H. BACH. ALDO I. CONDORI C.						
CARRIL	: DERECHO						FECHA : 13-MAYO-2023						
ENSAYO N°		3		KM		2+100		HORA		09:50:00			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<b>TIPO DE PAVIMENTO</b>	
1		22	24	22	23	24	24	22	23	21	25		
2		23	24	24	24	23	23	22	23	23	25		
3		25	23	23	22	24	20	23	31	18	23	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>
4		25	24	23	24	26	32	23	24	22	22		
5		21	21	22	24	21	21	23	26	20	21	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>
6		24	22	22	22	23	22	25	23	23	22		
7		24	22	23	24	25	23	23	24	23	22	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>
8		23	23	24	23	22	23	23	22	22	24		
9		26	24	23	25	23	25	24	21	23	25	TRAT. BICAPA	<input type="checkbox"/>
10		23	22	22	23	21	23	23	22	24	25		
11		23	25	24	28	24	24	23	23	21	24	SLURRY SEAL	<input checked="" type="checkbox"/>
12		27	13	21	22	27	21	24	23	23	26		
13		24	24	24	23	24	23	23	23	22	24	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>
14		20	23	23	23	24	25	21	22	22	22		
15		24	22	25	23	26	23	24	21	24	24	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>
16		23	21	24	20	25	23	27	28	23	24		
17		21	25	26	24	21	22	23	26	19	24	SELLO	<input type="checkbox"/>
18		25	19	23	25	27	23	22	21	23	23		
19		25	24	25	22	23	23	25	23	22	25		
20		23	20	24	25	23	23	22	23	23	23	OTROS	<input type="checkbox"/>



**Figura 85**

*Calculo del IRI carril derecho, KM. 2+100 – KM. 2+500*

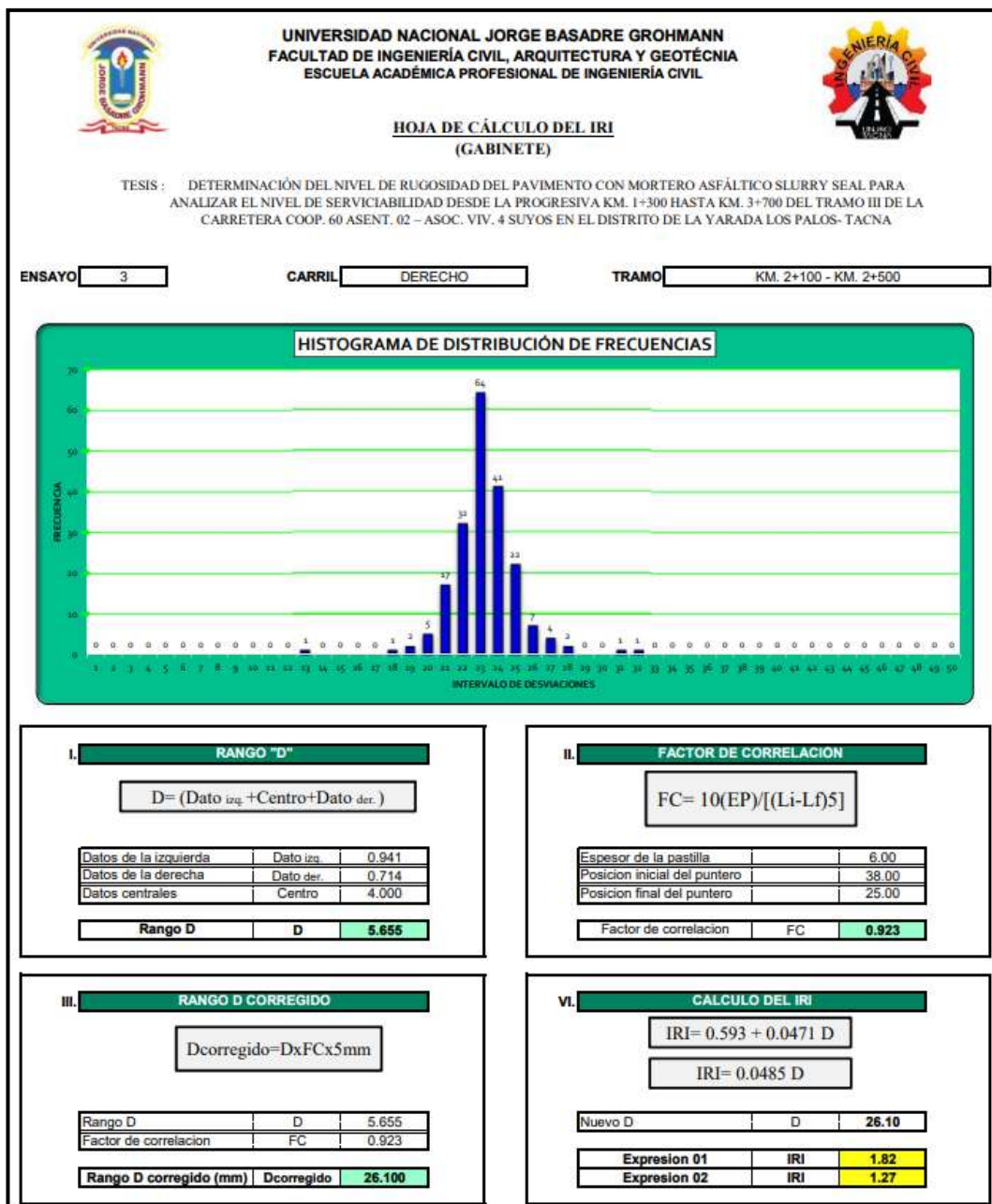


Figura 86

Recopilación de datos de campo en carril derecho: KM. 2+500 - KM. 2+900

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNIA		ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN							
<b>ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN</b>											
<b>(HOJA DE CAMPO)</b>											
TESIS	DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO CON MORTERO ASFÁLTICO SLURRY SEAL PARA ANALIZAR EL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DESDE LA PROGRESIVA KM. 1+300 HASTA KM. 3+700 DEL TRAMO III DE LA CARRETERA COOP. 60 ASENT. 02 – ASOC. VIV. 4 SUYOS EN EL DISTRITO DE LA YARADA LOS PALOS- TACNA										
UBICACIÓN	: LA YARADA, LOS PALOS - TACNA		ASESOR	: DR. ING. VICTOR YAPUCHURA P.							
PROGRESIVA	: KM. 2+500 - KM. 2+900		TESISTAS	: BACH. KENYI K. MARMANILLO H. BACH. ALDO I. CONDORI C.							
CARRIL	: DERECHO		FECHA	: 13-MAYO-2023							
ENSAYO Nº	4	KM	2+500	HORA	10:12:00						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	23	23	21	21	22	23	22	28	26	24	
2	24	21	26	23	23	23	22	23	25	23	
3	25	24	26	22	24	24	21	23	22	27	AFIRMADO <input type="checkbox"/>
4	23	24	25	24	24	26	22	23	24	26	
5	21	25	19	20	23	22	22	24	19	18	BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
6	22	20	20	21	21	21	20	22	20	21	
7	22	20	21	21	21	22	21	21	22	23	BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
8	23	22	22	20	21	20	23	20	21	24	
9	21	20	21	23	22	24	23	23	22	23	TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>
10	22	21	16	20	21	21	21	22	22	22	
11	22	22	21	24	23	22	21	21	21	19	SLURRY SEAL <input checked="" type="checkbox"/>
12	20	22	21	21	22	22	25	23	25	24	
13	23	18	21	21	22	23	22	22	24	22	CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
14	20	20	19	23	26	21	25	22	23	22	
15	20	22	24	22	21	22	23	24	16	21	RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/>
16	23	21	21	21	25	23	22	21	20	22	
17	23	22	22	20	22	21	21	24	20	24	SELLO <input type="checkbox"/>
18	23	21	23	22	23	23	24	23	20	21	
19	23	22	22	23	22	22	23	21	23	24	OTROS <input type="checkbox"/>
20	21	23	23	22	19	19	23	23	20	23	



Figura 88

Calculo del IRI carril derecho, KM. 2+500 – KM. 2+900

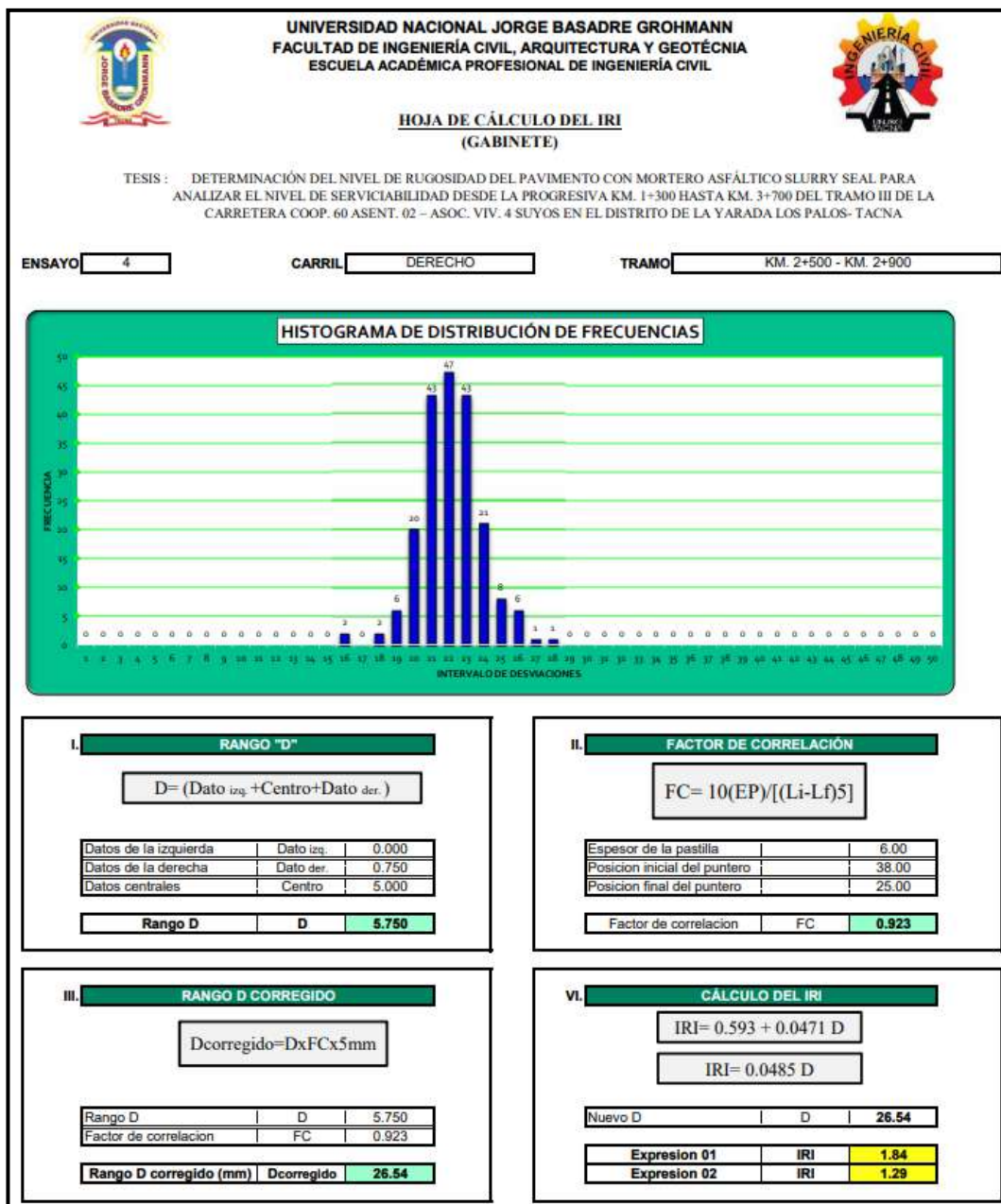


Figura 89

Recopilación de datos de campo en carril derecho: KM. 2+900 - KM. 3+300

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNIA		ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN							
<b>ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN</b>											
<b>(HOJA DE CAMPO)</b>											
TESIS		DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO CON MORTERO ASFÁLTICO SLURRY SEAL PARA ANALIZAR EL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DESDE LA PROGRESIVA KM. 1+300 HASTA KM. 3+700 DEL TRAMO III DE LA CARRETERA COOP. 60 ASENT. 02 – ASOC. VIV. 4 SUYOS EN EL DISTRITO DE LA YARADA LOS PALOS- TACNA									
UBICACIÓN		: LA YARADA, LOS PALOS - TACNA		ASESOR : DR. ING. VICTOR YAPUCHURA P.							
PROGRESIVA		: KM. 2+900 - KM. 3+300		TESISTAS : BACH. KENYI K. MARMANILLO H. BACH. ALDO I. CONDORI C.							
CARRIL		: DERECHO		FECHA : 13-MAYO-2023							
ENSAYO Nº	5	KM	2+900	HORA	10:35:00						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<b>TIPO DE PAVIMENTO</b>
1	21	22	21	21	24	23	22	22	23	21	
2	21	23	21	22	22	23	21	22	22	25	
3	22	21	22	23	24	19	22	23	22	21	AFIRMADO <input type="checkbox"/>
4	21	21	21	17	22	22	21	20	23	22	
5	21	23	21	19	23	21	26	22	23	23	BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
6	21	24	23	23	21	26	21	22	23	22	
7	20	22	19	23	21	23	23	23	22	22	BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
8	21	22	21	21	24	24	21	22	24	19	
9	24	22	22	24	23	19	19	22	24	23	TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>
10	23	23	22	21	23	23	22	22	26	24	
11	22	16	30	22	23	23	20	20	20	23	SLURRY SEAL <input checked="" type="checkbox"/>
12	25	22	22	23	22	21	23	22	18	24	
13	23	25	22	23	24	28	18	19	25	21	CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
14	22	22	21	22	20	23	23	22	24	23	
15	23	22	23	27	21	21	25	20	20	25	RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/>
16	21	22	21	21	22	25	24	22	23	21	
17	22	22	21	22	22	22	19	22	20	23	SELLO <input type="checkbox"/>
18	24	21	22	22	23	21	25	24	22	24	
19	22	22	23	21	20	23	22	22	21	24	OTROS <input type="checkbox"/>
20	25	22	24	25	26	21	23	21	24	23	



Figura 91

Calculo del IRI carril derecho, KM. 2+900 – KM. 3+300

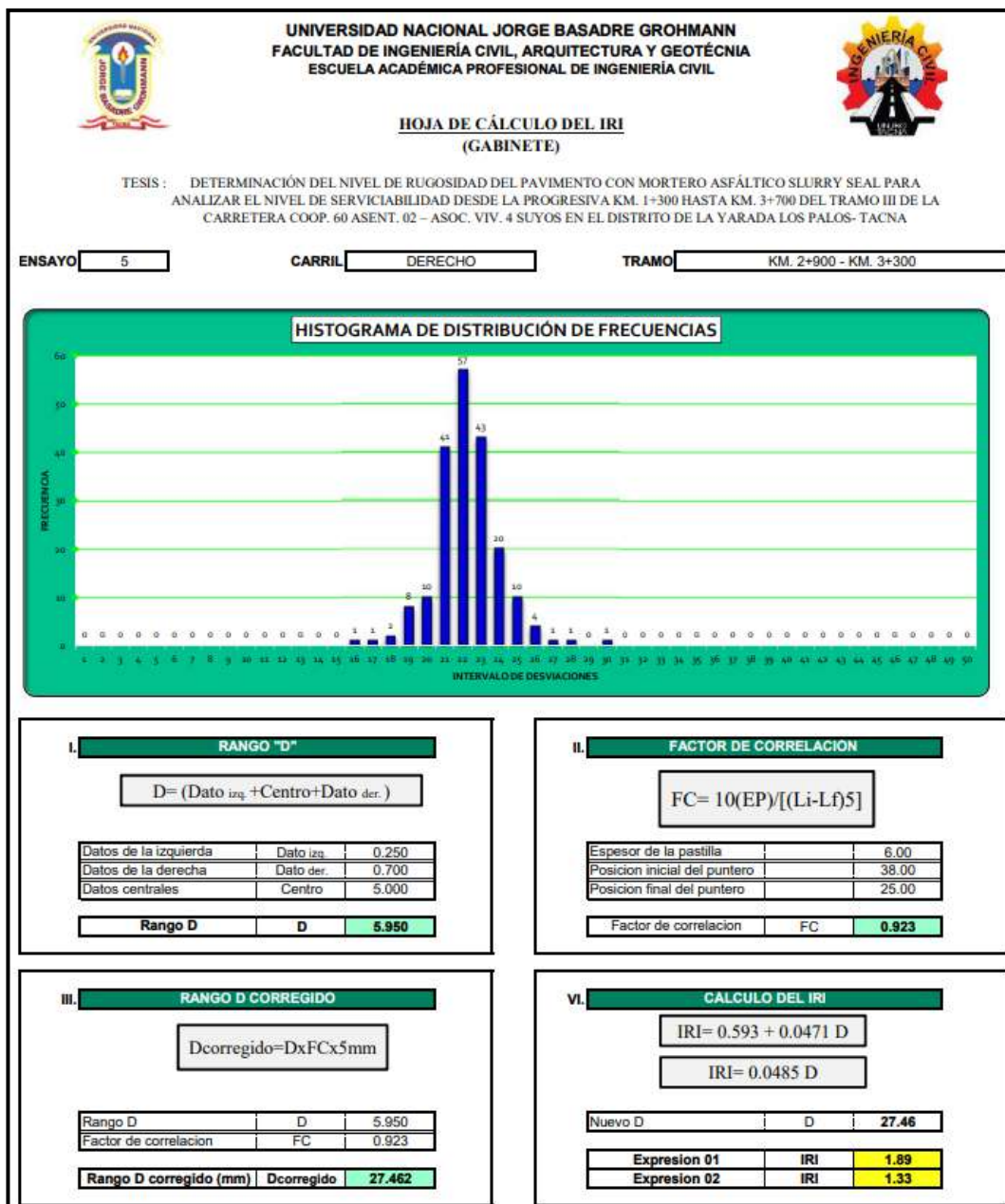


Figura 92

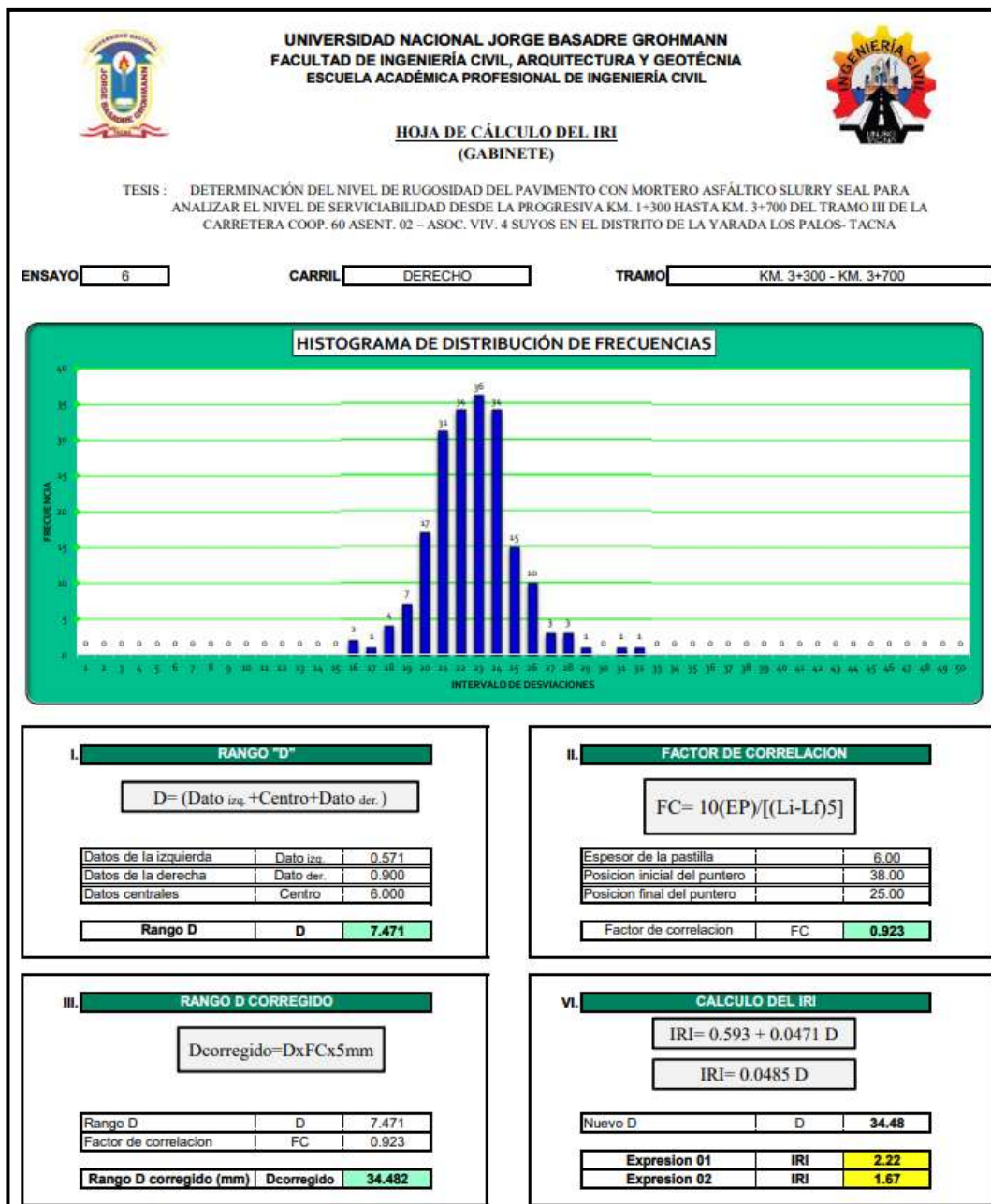
Recopilación de datos de campo en carril derecho: KM. 3+300 - KM. 3+700

		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNIA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
		ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN (HOJA DE CAMPO)											
TESIS	DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO CON MORTERO ASFÁLTICO SLURRY SEAL PARA ANALIZAR EL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DESDE LA PROGRESIVA KM. 1+300 HASTA KM. 3+700 DEL TRAMO III DE LA CARRETERA COOP. 60 ASENT. 02 - ASOC. VIV. 4 SUYOS EN EL DISTRITO DE LA YARADA LOS PALOS- TACNA												
UBICACIÓN	: LA YARADA, LOS PALOS - TACNA					ASESOR					: DR. ING. VICTOR YAPUCHURA P.		
PROGRESIVA	: KM. 3+300 - KM. 3+700					TESISTAS					: BACH. KENYI K. MARMANILLO H. BACH. ALDO I. CONDORI C.		
CARRIL	: DERECHO					FECHA					: 13-MAYO-2023		
ENSAYO Nº	6		KM	3+300		HORA	11:05:00						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TIPO DE PAVIMENTO		
1	21	23	24	22	23	25	24	21	24	24	AFIRMADO	<input type="checkbox"/>	
2	21	25	21	21	23	25	23	22	21	24	BASE GRANULAR	<input type="checkbox"/>	
3	22	22	20	23	25	24	23	24	22	22	BASE IMPRIMADA	<input type="checkbox"/>	
4	24	22	23	21	26	24	23	24	18	26	TRAT. BICAPA	<input type="checkbox"/>	
5	23	19	19	23	26	26	22	24	22	22	SLURRY SEAL	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	24	21	20	23	22	25	24	24	23	22	CARPETA EN CALIENTE	<input type="checkbox"/>	
7	24	24	28	23	20	21	22	22	23	22	RECAPEO ASFÁLTICO	<input type="checkbox"/>	
8	24	24	23	25	22	26	23	24	23	20	SELLO	<input type="checkbox"/>	
9	21	21	24	22	21	21	21	25	23	24	OTROS	<input type="checkbox"/>	
10	25	23	21	22	25	23	23	28	22	21			
11	22	20	23	24	21	23	24	26	21	23			
12	23	22	24	24	26	22	20	26	23	21			
13	27	22	24	24	18	21	20	20	25	23			
14	24	23	23	26	23	27	22	16	21	24			
15	23	19	20	25	25	21	22	24	26	19			
16	21	21	24	23	20	23	25	21	20	21			
17	21	21	20	20	24	27	20	21	24	31			
18	23	32	22	25	21	23	16	19	18	20			
19	22	19	22	18	29	23	28	20	19	20			
20	22	21	22	22	25	24	22	17	22	22			
OBSERVACIONES :													
_____													
_____													
_____													



Figura 94

Calculo del IRI carril derecho, KM. 3+300 – KM. 3+700



## 4.1.1.2 Carril izquierdo (KM. 3+700 – KM. 1+300)

Figura 95

Recopilación de datos de campo en carril izquierdo: KM. 3+700 - KM. 3+300

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNIA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN									
<b>ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN (HOJA DE CAMPO)</b>											
TESIS	DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO CON MORTERO ASFÁLTICO SLURRY SEAL PARA ANALIZAR EL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DESDE LA PROGRESIVA KM. 1+300 HASTA KM. 3+700 DEL TRAMO III DE LA CARRETERA COOP. 60 ASENT. 02 – ASOC. VIV. 4 SUYOS EN EL DISTRITO DE LA YARADA LOS PALOS- TACNA										
UBICACIÓN	: LA YARADA, LOS PALOS- TACNA	ASESOR	: DR. ING. VICTOR YAPUCHURA P.								
PROGRESIVA	: KM. 3+700 - KM. 3+300	TESISTAS	: BACH. KENYI K. MARMANILLO P. BACH. ALDO I. CONDORI C.								
CARRIL	: IZQUIERDO	FECHA	: 14-MAYO-2023								
ENSAYO N°	1	KM	3+700								
		HORA	11:00:00								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<b>TIPO DE PAVIMENTO</b>
1	28	26	24	31	26	25	29	28	28	26	
2	26	27	24	29	25	28	26	26	27	24	
3	25	24	28	27	27	28	28	26	25	28	AHRMADO <input type="checkbox"/>
4	27	23	28	28	29	28	27	23	27	25	
5	27	23	28	28	27	28	30	29	23	29	EASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
6	27	24	28	22	30	25	28	25	25	25	
7	29	25	26	23	26	27	26	28	29	31	EASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
8	31	28	26	25	28	24	21	32	23	26	
9	24	24	25	17	23	17	26	27	22	30	TRAT. EICAPA <input type="checkbox"/>
10	24	30	20	28	25	27	27	25	25	26	
11	28	28	23	25	27	26	26	28	26	30	SLURRY SEAL <input checked="" type="checkbox"/>
12	26	27	24	30	24	23	26	27	31	18	
13	27	28	24	28	24	24	27	24	26	28	CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
14	23	26	26	28	30	27	21	22	27	21	
15	26	27	25	25	25	25	28	26	25	28	RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/>
16	23	24	27	28	28	26	26	25	26	26	
17	25	26	28	27	27	25	26	25	24	23	SELLO <input type="checkbox"/>
18	25	26	26	25	28	27	25	28	28	30	
19	27	25	28	26	28	29	25	29	23	27	OTROS <input type="checkbox"/>
20	27	25	27	25	26	26	26	27	28	26	
OBSERVACIONES : _____											
_____											
_____											



Figura 97

Calculo del IRI carril izquierdo, KM. 3+700 – KM. 3+300

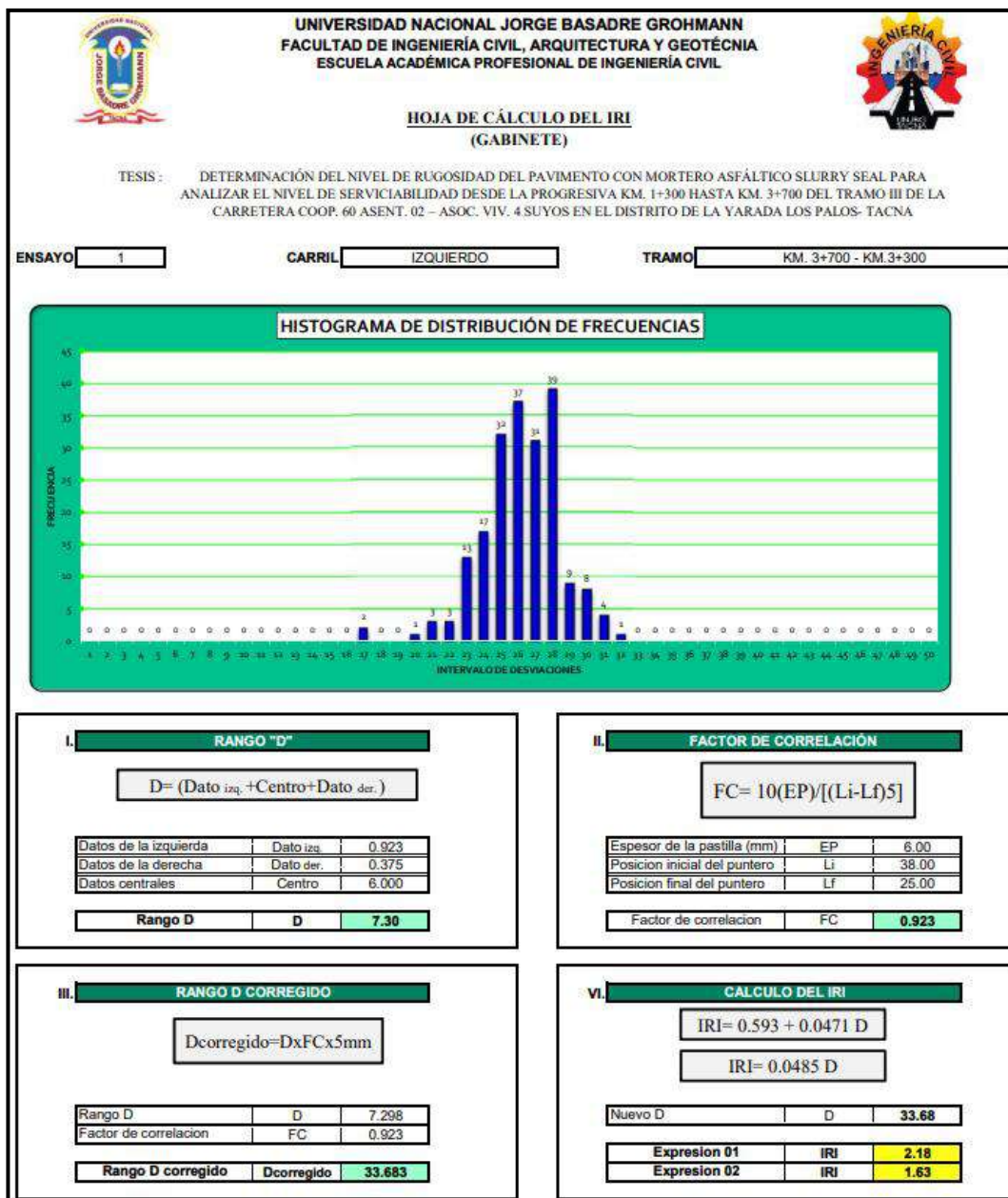


Figura 98

Recopilación de datos de campo en carril izquierdo: KM. 3+300 - KM. 2+900



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNIA		ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
											
<b>ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN</b> (HOJA DE CAMPO)											
<p>TESIS : DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO CON MORTERO ASFÁLTICO SLURRY SEAL PARA ANALIZAR EL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DESDE LA PROGRESIVA KM. 1+300 HASTA KM. 3+700 DEL TRAMO III DE LA CARRETERA COOP. 60 ASENT. 02 - ASOC. VIV. 4 SUYOS EN EL DISTRITO DE LA YARADA LOS PALOS- TACNA</p>											
UBICACIÓN : LA YARADA, LOS PALOS - TACNA			ASESOR : DR. ING. VICTOR YAPUCHURA P.								
PROGRESIVA : KM. 3+300 - KM. 2+900			TESISTAS : BACH. KENYI K. MARMANILLO H. BACH. ALDO I. CONDORI C.								
CARRIL : IZQUIERDO			FECHA : 14-MAYO-2023								
ENSAYO N°		KM		HORA							
2		3+300		11:35:00							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	26	24	24	32	26	26	28	25	26	27	<b>TIPO DE PAVIMENTO</b>  AFIRMADO <input type="checkbox"/>  BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>  BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>  TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>  SLURRY SEAL <input checked="" type="checkbox"/>  CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/>  RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/>  SELLO <input type="checkbox"/>  OTROS <input type="checkbox"/>
2	24	27	25	25	26	25	26	28	26	28	
3	28	25	26	27	27	21	28	26	27	27	
4	27	26	27	26	24	28	24	27	26	24	
5	25	24	26	24	27	25	26	27	25	28	
6	28	25	25	26	25	26	25	25	27	27	
7	26	24	25	25	28	26	29	25	28	27	
8	27	26	27	25	24	25	24	29	28	28	
9	25	25	28	27	28	26	27	26	27	25	
10	26	25	27	26	28	25	25	23	27	26	
11	28	25	27	26	29	27	26	27	25	25	
12	27	26	24	24	27	27	28	28	25	28	
13	25	26	29	29	26	26	27	27	31	32	
14	24	29	23	25	31	25	23	31	27	29	
15	26	29	25	26	27	26	26	27	27	24	
16	28	26	27	27	26	26	30	26	25	26	
17	28	28	28	28	28	28	26	25	28	27	
18	27	27	23	27	28	23	29	27	24	28	
19	25	26	28	26	25	26	31	28	25	25	
20	29	24	26	27	26	27	28	25	27	27	
OBSERVACIONES : _____											
_____											
_____											



Figura 100

Calculo del IRI carril izquierdo, KM. 3+300 – KM. 2+900

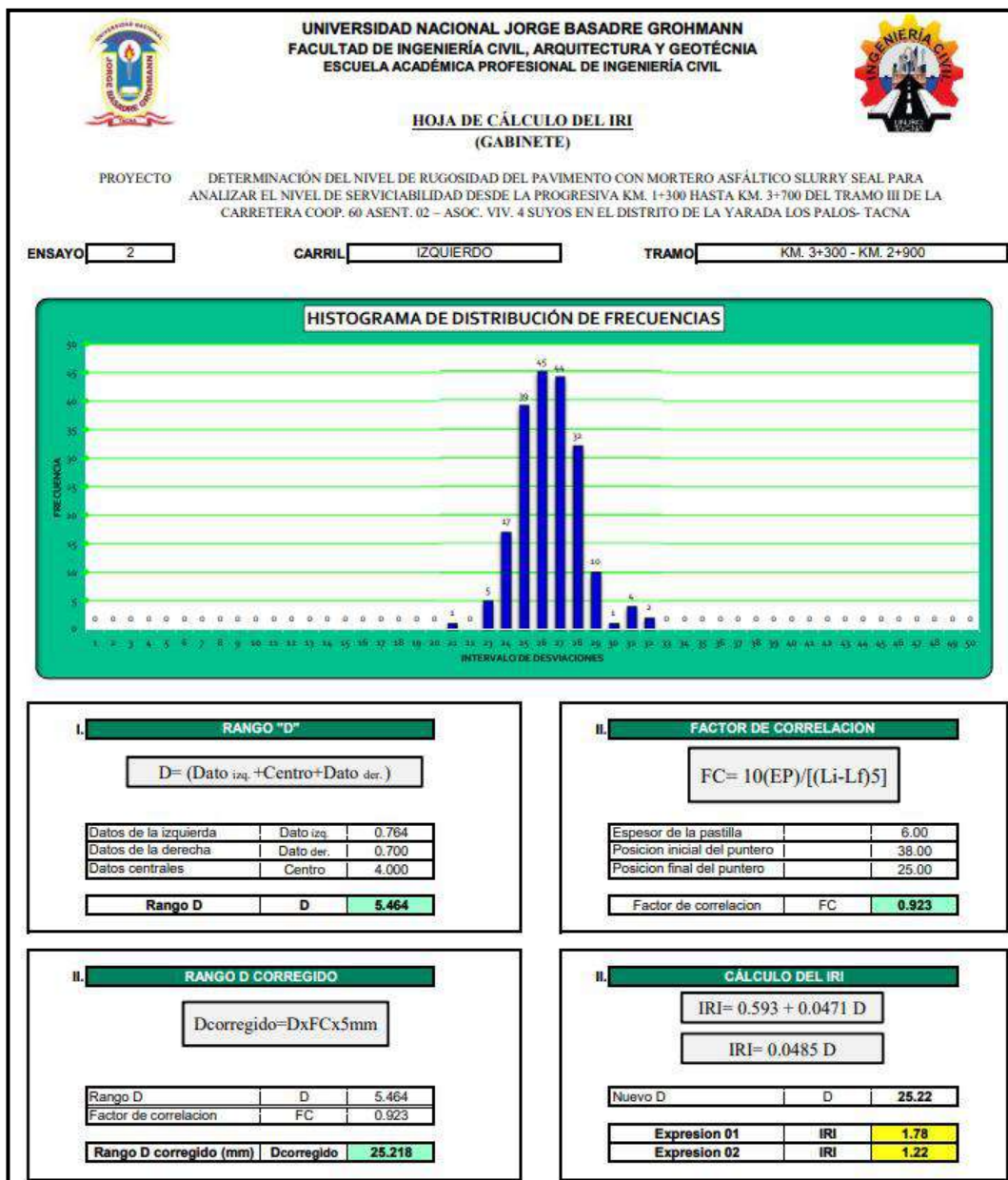


Figura 101

Recopilación de datos de campo en carril izquierdo: KM. 2+900 - KM. 2+500

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNIA		ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
<b>ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN</b> (HOJA DE CAMPO)											
TESIS : DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO CON MORTERO ASFÁLTICO SLURRY SEAL PARA ANALIZAR EL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DESDE LA PROGRESIVA KM. 1+300 HASTA KM. 3+790 DEL TRAMO III DE LA CARRETERA COOP. 60 ASENT. 02 - ASOC. VIV. 4 SUYOS EN EL DISTRITO DE LA YARADA LOS PALOS- TACNA											
UBICACIÓN : LA YARADA, LOS PALOS - TACNA			ASESOR : DR. ING. VICTOR YAPUCHURA P.								
PROGRESIVA : KM. 2+900 - KM. 2+500			TESISTAS : BACH. KENYI K. MARMANILLO H. BACH. ALDO I. CONDORI C.								
CARRIL : IZQUIERDO			FECHA : 14-MAYO-2023								
ENSAYO N°		3		KM 2+900		HORA		11:50:00			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<b>TIPO DE PAVIMENTO</b>
1	25	25	27	26	24	28	26	28	26	28	
2	27	26	29	26	28	27	27	25	25	27	
3	27	27	25	26	26	23	25	26	27	28	AFIRMADO <input type="checkbox"/>
4	29	27	25	31	27	25	26	28	27	27	
5	27	26	26	26	26	28	27	25	28	26	BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
6	28	27	27	26	28	30	15	26	29	28	
7	26	26	27	28	25	27	27	27	27	28	BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
8	28	29	28	27	26	27	28	27	27	29	
9	28	27	29	26	28	28	27	27	27	23	TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>
10	29	27	25	25	27	29	27	28	27	29	
11	26	25	25	28	26	31	28	26	27	27	SLURRY SEAL <input checked="" type="checkbox"/>
12	26	29	26	27	27	28	30	28	26	29	
13	30	29	28	27	27	26	27	28	28	27	CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
14	27	27	26	27	27	27	31	26	27	26	
15	26	26	26	28	27	25	27	25	28	26	RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/>
16	27	28	25	26	28	26	28	28	27	27	
17	28	27	27	28	27	26	26	26	28	24	SELLO <input type="checkbox"/>
18	28	28	28	28	26	27	28	26	28	26	
19	28	27	31	28	28	35	27	26	26	24	OTROS <input type="checkbox"/>
20	26	27	30	26	27	28	26	27	27	30	
OBSERVACIONES : _____											
_____											
_____											



Figura 103

Calculo del IRI carril izquierdo, KM. 2+900 – KM. 2+500

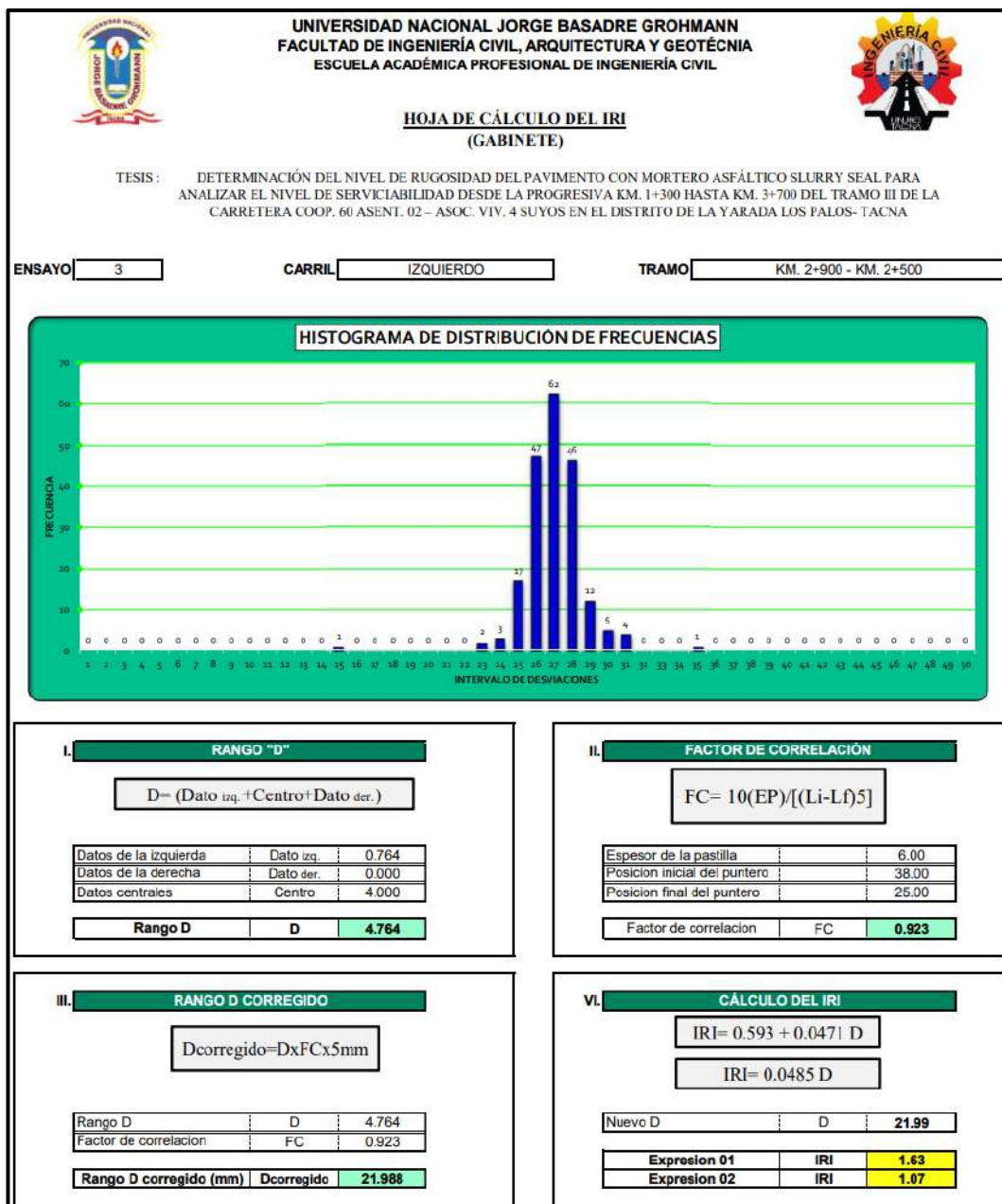


Figura 104

Recopilación de datos de campo en carril izquierdo: KM. 2+500 - KM. 2+100



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNIA		ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
											
<b>ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN</b> (HOJA DE CAMPO)											
TESIS	DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO CON MORTERO ASFÁLTICO SLURRY SEAL PARA ANALIZAR EL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DESDE LA PROGRESIVA KM. 1+300 HASTA KM. 3+700 DEL TRAMO III DE LA CARRETERA COOP. 60 ASENT. 02 – ASOC. VIV. 4 SUYOS EN EL DISTRITO DE LA YARADA LOS PALOS- TACNA										
UBICACIÓN	: LA YARADA, LOS PALOS - TACNA		ASESOR : DR. ING. VICTOR YAPUCHURA P.								
PROGRESIVA	: KM. 2+500 - KM. 2+100		TESISTAS : BACH. KENYIK. MARMANILLO H. BACH. ALDO I. CONDORI C.								
CARRIL	: IZQUIERDO		FECHA : 14-MAYO-2023								
ENSAYO N°	4	KM	2+500	HORA	12:10:00						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TIPO DE PAVIMENTO
1	26	28	25	31	27	28	27	24	26	27	
2	26	28	26	28	28	27	26	30	27	27	
3	28	28	29	28	29	27	27	25	25	28	AFIRMADO <input type="checkbox"/>
4	28	27	27	26	28	27	25	28	30	29	
5	27	30	27	30	24	28	28	27	26	28	BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
6	26	24	27	28	24	30	26	27	28	23	
7	27	26	28	26	27	26	25	31	27	27	BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
8	27	26	26	25	26	28	30	25	26	27	
9	30	27	27	29	27	31	25	26	25	28	TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>
10	26	25	27	26	29	26	26	28	28	26	
11	26	28	27	28	34	31	24	34	25	25	SLURRY SEAL <input checked="" type="checkbox"/>
12	28	27	26	28	28	28	26	30	26	27	
13	26	29	26	27	28	26	26	22	29	25	CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
14	26	26	28	27	28	24	27	29	27	24	
15	26	25	27	27	24	26	26	22	26	28	RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/>
16	24	27	25	27	27	27	27	25	25	28	
17	26	26	27	27	26	28	28	29	25	25	SELLO <input type="checkbox"/>
18	27	26	26	25	27	27	27	25	27	25	
19	27	28	26	27	26	27	27	26	25	27	OTROS <input type="checkbox"/>
20	28	26	27	26	27	29	28	27	26	29	
OBSERVACIONES : _____											
_____											
_____											



Figura 106

Calculo del IRI carril izquierdo, KM. 2+500 – KM. 2+100

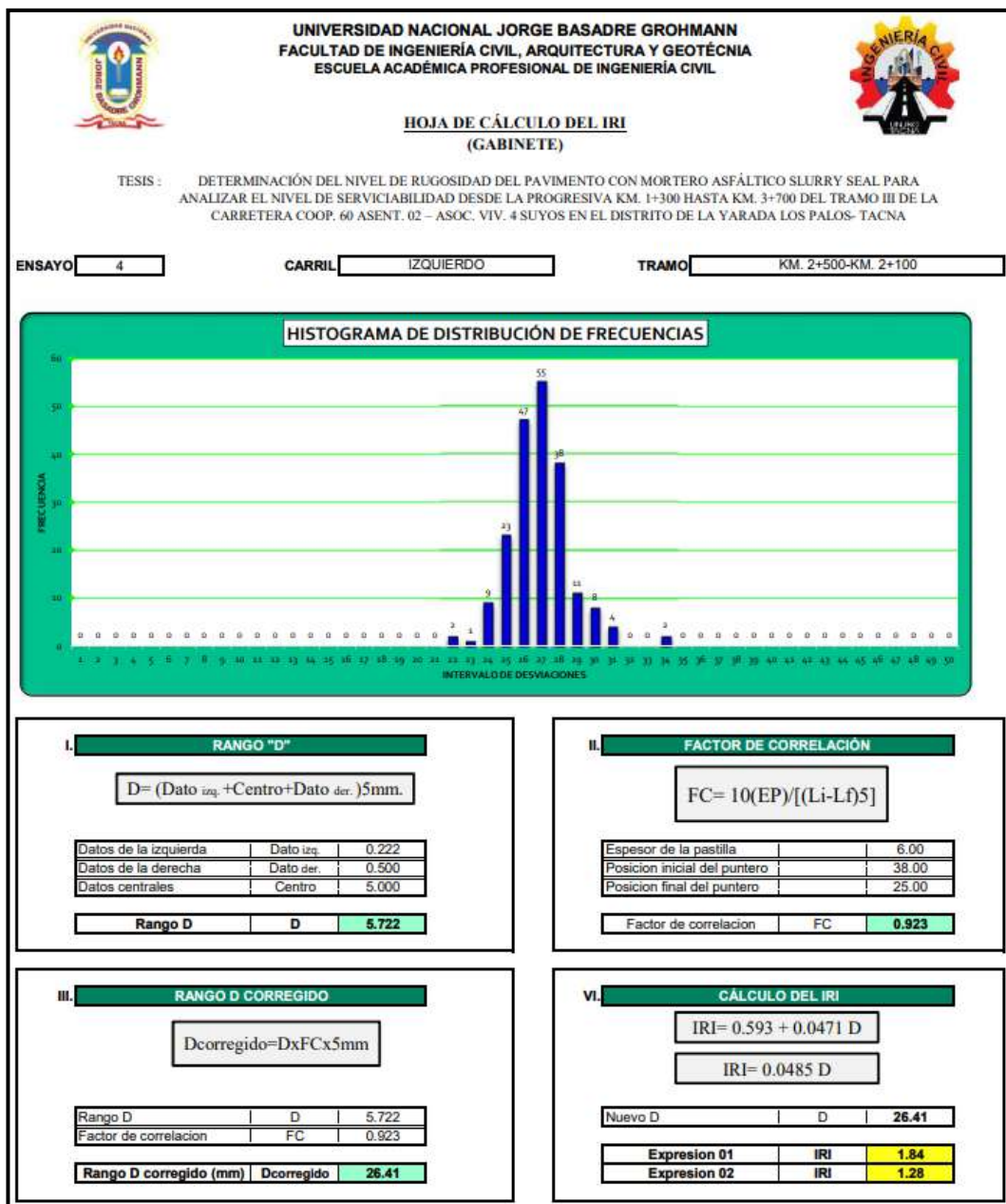


Figura 107

Recopilación de datos de campo en carril izquierdo: KM. 2+100 - KM. 1+700



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNIA		ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
				<b>ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN</b> (HOJA DE CAMPO)							
<p>TESIS : DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO CON MORTERO ASFÁLTICO SLURRY SEAL PARA ANALIZAR EL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DESDE LA PROGRESIVA KM. 1+300 HASTA KM. 1+700 DEL TRAMO III DE LA CARRETERA COOP. 60 ASENT. 02 – ASOC. VIV. 4 SUYOS EN EL DISTRITO DE LA YARADA LOS PALOS- TACNA</p>											
UBICACIÓN : LA YARADA, LOS PALOS- TACNA			ASESOR : DR. ING. VICTOR YAPUCHURA P.								
PROGRESIVA : KM. 2+100- KM. 1+700			TESISTAS : BACH. KENYI K. MARMANILLO H BACH. ALDO I. CONDORJI C.								
CARRIL : IZQUIERDO			FECHA : 14-MAYO-2023								
ENSAYO N°		5	KM		2+100	HORA		12:28:00			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<b>TIPO DE PAVIMENTO</b>
1	25	26	27	28	27	28	26	29	27	26	
2	28	26	28	27	27	23	27	27	27	28	
3	26	26	27	27	25	29	29	29	27	27	AHRMADO <input type="checkbox"/>
4	26	28	26	28	26	28	27	28	28	26	
5	29	26	29	26	26	27	28	28	28	29	BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
6	27	25	26	26	27	26	26	28	26	25	
7	27	27	29	29	26	27	26	26	27	28	BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
8	26	27	31	26	26	29	28	28	29	28	
9	28	26	27	27	26	29	28	27	28	25	TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>
10	26	25	26	26	27	27	25	24	26	28	
11	25	29	26	29	28	24	29	25	25	26	SLURRY SEAL <input checked="" type="checkbox"/>
12	27	26	26	23	27	26	25	24	26	25	
13	26	27	27	26	27	23	24	24	26	26	CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
14	25	25	25	25	26	27	29	27	24	28	
15	22	26	24	25	23	26	24	26	26	25	RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/>
16	25	25	26	25	24	25	23	26	24	25	
17	24	26	26	19	23	25	26	18	28	25	SELLO <input type="checkbox"/>
18	27	27	28	24	28	26	22	30	22	24	
19	26	24	26	26	24	25	27	26	25	27	OTROS <input type="checkbox"/>
20	27	27	25	25	25	27	24	26	25	27	
OBSERVACIONES : _____											
_____											
_____											



Figura 109

Calculo del IRI carril izquierdo, KM. 2+100 – KM. 1+700

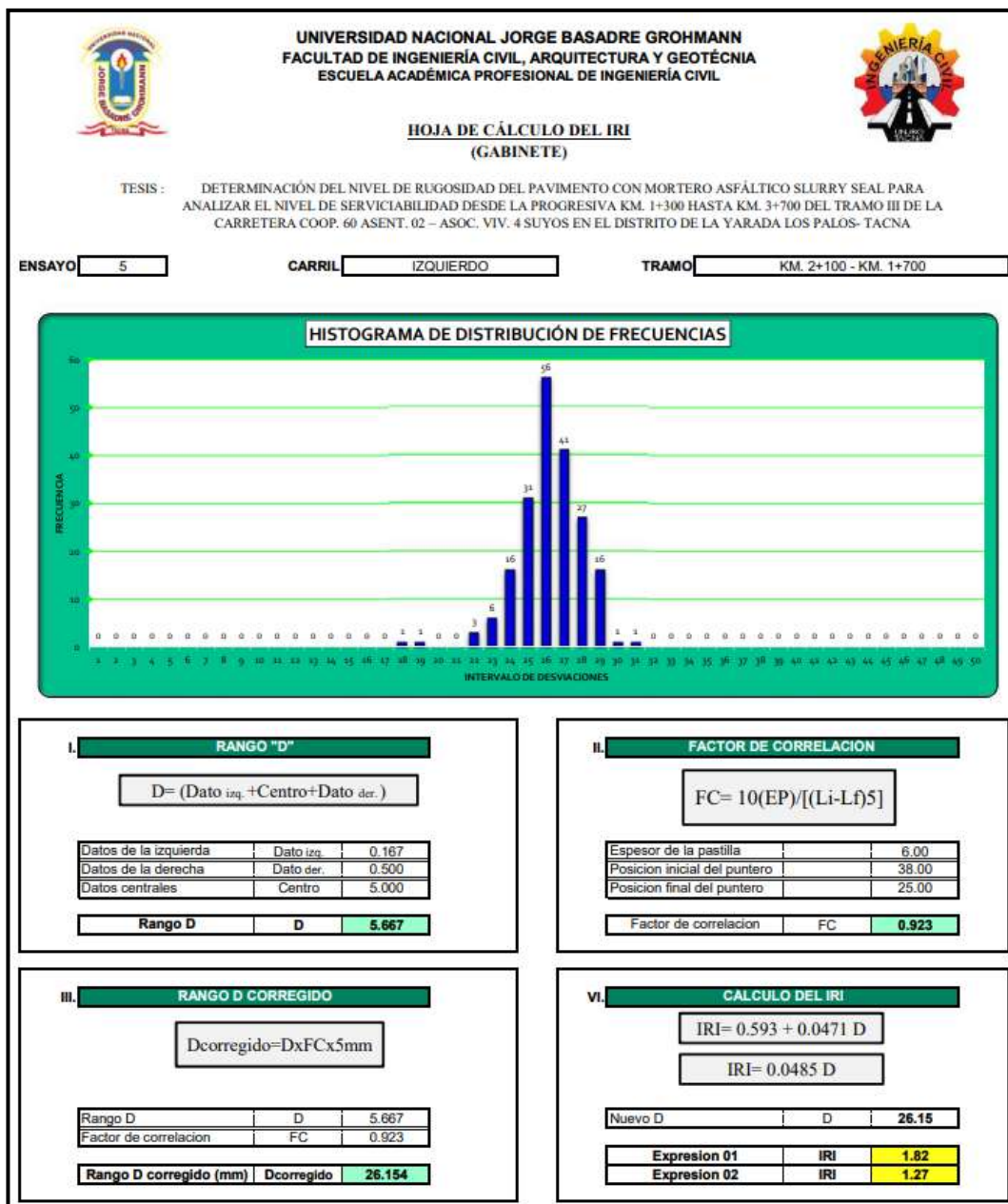


Figura 110

Recopilación de datos de campo en carril izquierdo: KM. 1+700 - KM. 1+300



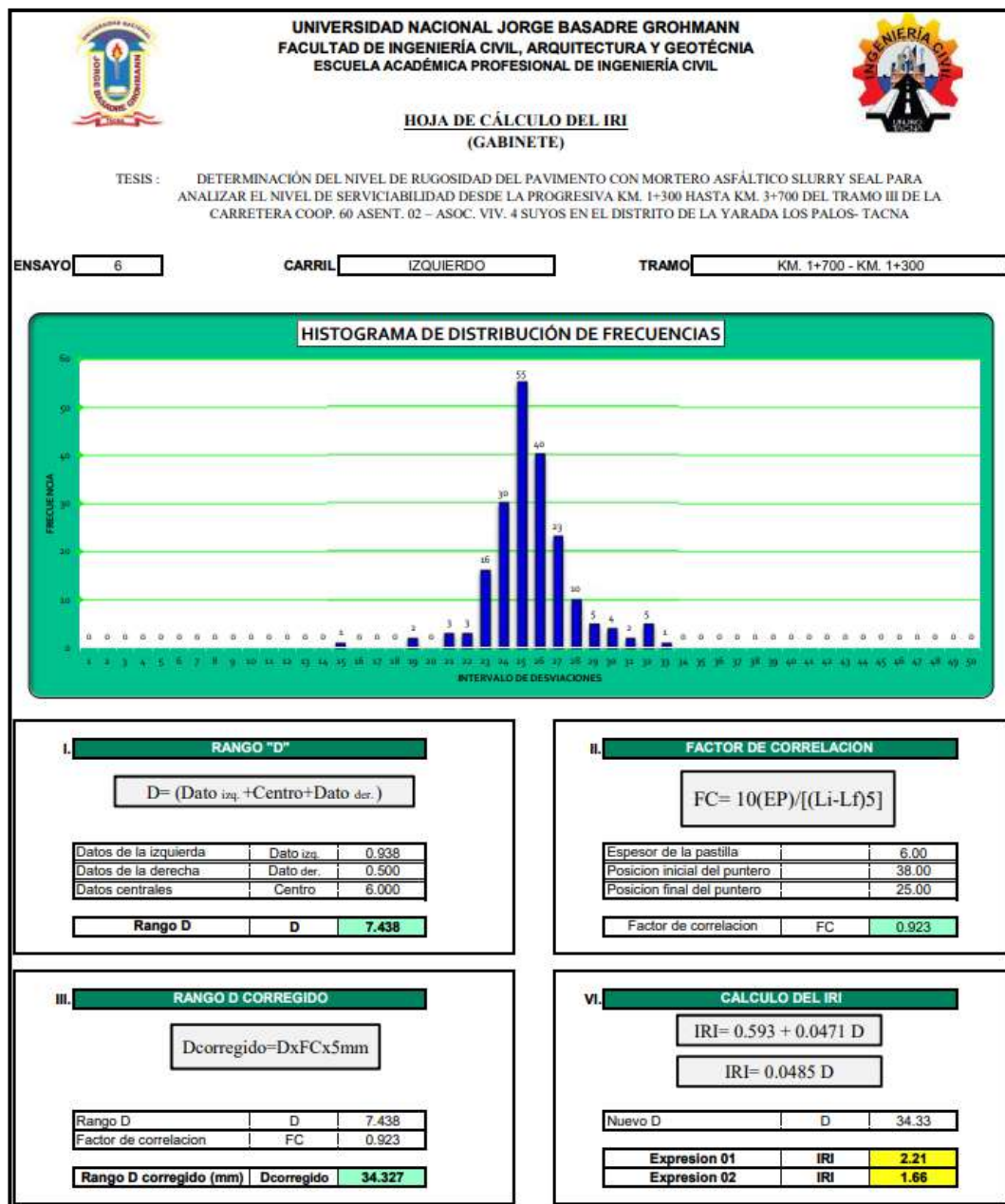
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNIA		ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
											
<b>ENSAYOS PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN</b>											
<b>(HOJA DE CAMPO)</b>											
TESIS	DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO CON MORTERO ASFÁLTICO SLURRY SEAL PARA ANALIZAR EL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DESDE LA PROGRESIVA KM. 1+300 HASTA KM. 3+700 DEL TRAMO III DE LA CARRETERA COOP. 60 ASENT. 02 – ASOC. VIV. 4 SUYOS EN EL DISTRITO DE LA YARADA LOS PALOS- TACNA										
UBICACIÓN	: LA YARADA, LOS PALOS - TACNA		ASESOR : DR. ING. VICTOR YAPUCHURA P.								
PROGRESIVA	: KM. 1+700 - KM. 1+300		TESISTAS : BACH. KENYI K. MARMANILLO H. BACH. ALDO I. CONDORI C.								
CARRIL	: IZQUIERDO		FECHA : 14-MAYO-2023								
ENSAYO N°	6		KM	1+700		HORA	12:45:00				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<b>TIPO DE PAVIMENTO</b>
1	25	27	23	24	28	25	23	25	24	31	
2	23	26	25	25	27	25	26	25	25	26	
3	28	27	25	26	27	30	27	23	24	24	AFIRMADO <input type="checkbox"/>
4	25	27	27	25	19	24	25	31	25	25	
5	26	29	21	27	23	24	23	28	26	26	BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
6	24	25	32	23	25	25	24	26	26	25	
7	25	24	26	26	23	26	29	25	27	26	BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
8	27	24	25	26	25	25	25	24	27	24	
9	26	24	24	33	25	24	21	19	30	21	TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>
10	32	29	27	23	27	24	26	23	24	25	
11	23	28	25	27	26	23	26	26	25	28	SLURRY SEAL <input checked="" type="checkbox"/>
12	25	25	27	26	25	26	25	27	25	25	
13	28	28	25	26	24	30	22	24	24	25	CARPETA EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
14	26	24	25	26	26	25	26	25	28	24	
15	27	26	25	26	24	25	26	25	24	25	RECAPEO ASFÁLTICO <input type="checkbox"/>
16	25	25	27	24	26	25	25	27	24	26	
17	26	24	23	25	25	23	27	29	27	26	SELLO <input type="checkbox"/>
18	26	25	25	23	25	26	28	29	32	24	
19	26	22	26	30	27	25	26	24	25	25	OTROS <input type="checkbox"/>
20	24	28	27	26	26	32	32	15	23	22	



Figura 112

Calculo del IRI carril izquierdo, KM. 1+700 – KM. 1+300



#### 4.1.2 Obtención del IRI con el aplicativo Android “Abakal IRI”

Del procedimiento desarrollado del cálculo del IRI con el aplicativo Android “Abakal IRI” se consideraron los siguientes datos en la medición como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 14**

*Características de datos en la medición*

DATOS CARACTERÍSTICOS PARA TOMA DE DATOS CON EL APLICATIVO ABAKAL IRI								
N° Viaje	Carril	Equipo Móvil	Vehículo	Año Fabricación	Carga Viva	Presión (psi)	Coef. Ajuste	Tipo Calculo
1	Derecho	Xiaomi Mi 11	Pick up 4x4	2022	300 kg	35	2	Estadístico
2	Izquierdo	Xiaomi Mi 11	Pick up 4x4	2022	300 kg	35	2	Estadístico

*Nota.* Datos considerados en la medición del ensayo. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados arrojados por el aplicativo Android “Abakal IRI” en el ensayo fueron como se muestra en la siguiente tabla en el carril derecho en la carretera del tramo de investigación km 1+300 al km 3+700:

**Tabla 15**

*Viaje 01 en el carril de derecha*

Datos extraídos con el aplicativo Abakal IRI - Carril Derecha							
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Progresiva	Desplazamiento	Valor IRI	IRI Promedio
-18.183892	-70.457629	105.25	24.34	KM. 1+300	0	0.75	
-18.184514	-70.456986	105.54	39.28	KM. 1+400	100	0.65	
-18.185277	-70.456437	105.27	42.01	KM. 1+500	200	0.82	0.68
-18.186049	-70.455874	105.12	41.76	KM. 1+600	300	0.74	
-18.186832	-70.455303	104.91	42.26	KM. 1+700	400	0.43	
-18.187621	-70.454718	104.83	42.66	KM. 1+800	500	0.42	
-18.188369	-70.454168	104.78	40.75	KM. 1+900	600	0.61	0.53
-18.189111	-70.453621	104.69	40.50	KM. 2+000	700	0.90	
-18.189871	-70.453062	104.65	42.34	KM. 2+100	800	0.20	
-18.190655	-70.452485	104.48	41.62	KM. 2+200	900	0.65	
-18.191356	-70.451879	104.41	39.42	KM. 2+300	000	0.28	0.42
-18.192122	-70.45125	104.51	38.81	KM. 2+400	1100	0.34	
-18.192891	-70.450599	104.37	40.39	KM. 2+500	1200	0.42	
-18.193659	-70.449925	104.10	40.32	KM. 2+600	1300	0.74	
-18.194355	-70.449319	104.01	40.14	KM. 2+700	1400	0.52	0.58
-18.195069	-70.4487	103.92	41.98	KM. 2+800	1500	0.38	

<b>Datos extraídos con el aplicativo Abakal IRI - Carril Derecha</b>							
<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altitud</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Desplazamiento</b>	<b>Valor IRI</b>	<b>IRI Promedio</b>
-18.195825	-70.448095	104.27	41.72	KM. 2+900	1600	0.66	
-18.196544	-70.447511	104.75	40.36	KM. 3+000	1700	0.22	
-18.197284	-70.446928	103.79	40.79	KM. 3+100	1800	0.49	0.41
-18.198073	-70.446295	104.00	39.10	KM. 3+200	1900	0.55	
-18.198864	-70.445718	103.72	26.39	KM. 3+300	2000	0.36	
-18.199655	-70.445623	103.34	30.31	KM. 3+400	2100	0.38	
-18.200418	-70.445064	104.06	34.92	KM. 3+500	2200	0.98	0.67
-18.201248	-70.444612	103.83	36.32	KM. 3+600	2300	1.04	
-18.201891	-70.443625	103.55	36.67	KM. 3+700	2400	0.28	

*Nota:* La tabla muestra los valores del IRI por cada 100 metros y el IRI promedio por cada 400 metros para el carril derecho. Fuente: Reporte de Abakal IRI

Luego se realizo el ensayo en el carril izquierdo de la carretera del tramo de investigación km 1+300 al km 3+700, por lo que, en la siguiente tabla se muestra los resultados arrojados por el aplicativo Android “Abakal IRI”:

**Tabla 16**

*Viaje 02 en el carril izquierdo*

Datos extraídos con el aplicativo Abakal IRI - Carril Izquierda							
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Progresiva	Desplazamiento	Valor IRI	IRI Promedio
-18.19968	-70.445576	109.10	36.86	KM. 3+700	0	0.32	
-18.198883	-70.445679	109.61	26.06	KM. 3+600	100	0.54	
-18.198074	-70.446262	109.95	44.71	KM. 3+500	200	1.10	0.61
-18.197336	-70.446857	109.91	45.65	KM. 3+400	300	0.46	
-18.196549	-70.44747	110.71	41.18	KM. 3+300	400	0.62	
-18.195808	-70.448074	110.20	41.8	KM. 3+200	500	0.58	
-18.195026	-70.448705	109.93	36.18	KM. 3+100	600	0.41	0.40
-18.194309	-70.449327	110.11	40.00	KM. 3+000	700	0.33	
-18.193586	-70.449958	110.38	40.50	KM. 2+900	800	0.28	
-18.192841	-70.45061	110.81	40.46	KM. 2+800	900	0.72	
-18.192104	-70.451234	110.65	42.23	KM. 2+700	1000	0.24	0.47
-18.191348	-70.451856	110.61	42.91	KM. 2+600	1100	0.61	
-18.190589	-70.452506	110.63	44.60	KM. 2+500	1200	0.32	
-18.189845	-70.453052	110.64	45.54	KM. 2+400	1300	0.78	
-18.189018	-70.45366	110.49	43.20	KM. 2+300	1400	0.87	
-18.188234	-70.454238	110.32	41.94	KM. 2+200	1500	0.69	0.72
-18.18747	-70.454803	110.29	41.15	KM. 2+100	1600	0.53	

Datos extraídos con el aplicativo Abakal IRI - Carril Izquierda							
Latitud	Longitud	Altitud	Velocidad	Progresiva	Desplazamiento	Valor IRI	IRI Promedio
-18.186711	-70.455361	110.36	40.93	KM. 2+000	1700	0.88	
-18.185959	-70.455916	110.87	40.79	KM. 1+900	1800	0.47	0.64
-18.185183	-70.456482	111.16	42.80	KM. 1+800	1900	0.54	
-18.184379	-70.457057	111.26	42.91	KM. 1+700	2000	0.67	
-18.183889	-70.457731	110.63	23	KM. 1+600	2100	1.02	
-18.183448	-70.458411	110.36	34.24	KM. 1+500	2200	0.85	0.67
-18.182293	-70.458962	110.99	39.35	KM. 1+400	2300	0.42	
-18.181541	-70.4595609	111.04	36.30	KM. 1+300	2400	0.38	

*Nota:* La tabla muestra los valores del IRI obtenidos por cada 100 metros el IRI promedios por cada 400 metros para el carril izquierdo. Fuente: Reporte de Abakal IRI.

Una vez ya procesados los resultados extraídos del Índice de Rugosidad Internacional en el pavimento con concreto asfáltico Slurry Seal, por la metodología del aplicativo móvil “Abakal IRI” y en las condiciones asumidas de un vehículo camioneta JAC T8-Pro pick up 4x4 de año de fabricación del 2022, con una presión de aire en el neumático de 35 PSI, una carga viva de 300 kg en el tolva de la camioneta, y con un Smartphone de gama Alta “Xiaomi Mi 11” cumpliendo así la combinación 01 del ensayo según en la tesis de Osco Mamani & Atencio Ccalahiulle, (2022).

Al mismo tiempo, el aplicativo Android “Abakal IRI” nos proporciona un archivo en formato KML, el cual nos muestra por medio del Google Earth, una imagen satelital del tramo de la carretera ensayado del km 1+300 al km 3+700, tal como se muestra en la siguiente figura:

### **Figura 113**

*Recorrido del tramo evaluado por la aplicación Abakal IRI cada 100 metros*



*Nota:* Imagen generada por “Abakal IRI”. Fuente: Elaboración propia.

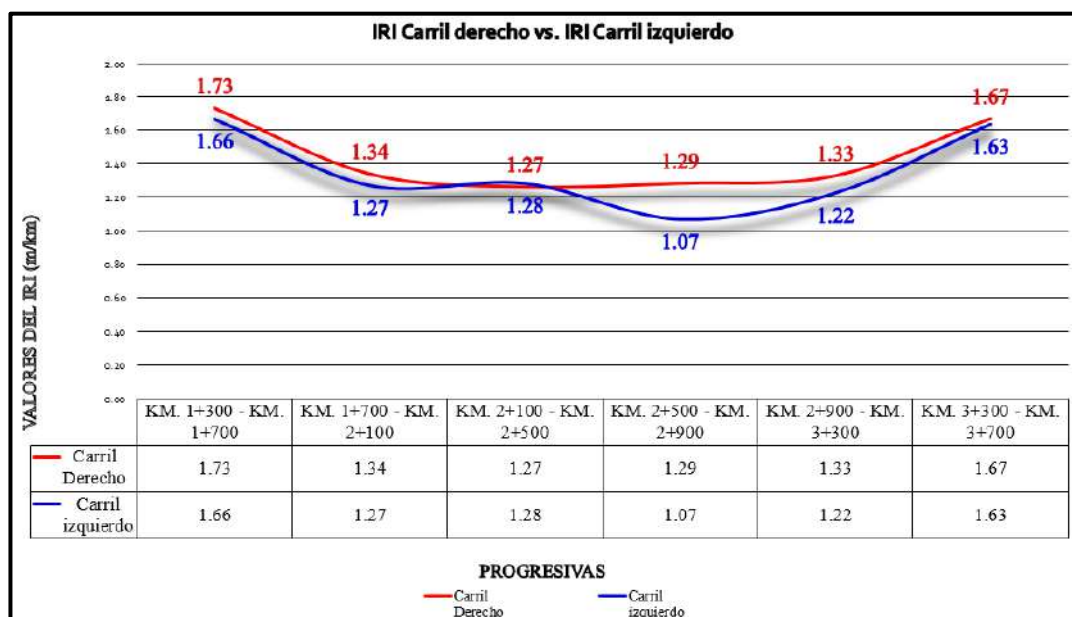
## 4.2 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DEL CALCULO DEL IRI

### 4.2.1 Análisis comparativo del IRI entre Merlín y Abakal IRI

En esta etapa, se analiza los resultados de las rugosidades obtenidos por medio del rugosímetro de MERLIN y la aplicación Abakal IRI, evaluado en ambos carriles y cada 400 metros de longitud. En la figura siguiente nos muestra el comportamiento de los datos del IRI obtenido mediante el rugosímetro de MERLIN.

**Figura 114**

*Gráfico comparativo de resultados del IRI obtenidos en ambos carriles mediante el rugosímetro de MERLIN - 2023*

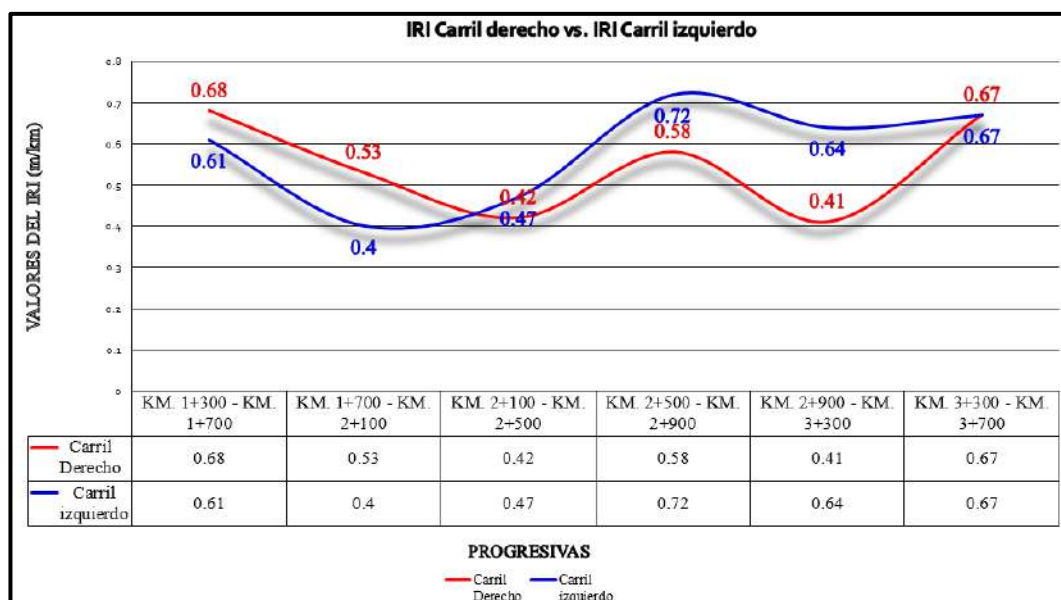


La figura 114 nos indica que existe similitud de los valores de la rugosidad en ambos carriles de la vía en los tramos de las progresivas evaluadas, puesto que ambas líneas formadas tienen un comportamiento similar a un arco invertido, siendo los valores más elevados en ambos extremos del tramo evaluado, esto coincide con las progresivas de las curvas horizontales, además, estando dentro del rango inferior de 1.07 m/km. y superior de 1.73 m/km. Luego, se observa que el IRI en el carril derecho es ligeramente superior al IRI del carril izquierdo.

En la imagen siguiente se muestra el comportamiento de la rugosidad a lo largo del tramo, cada 400 metros, obtenido mediante el aplicativo Abakal IRI.

### Figura 115

*Grafico comparativo de resultados del IRI obtenidos en ambos carriles mediante la aplicación Abakal IRI*



Tal como se aprecia en la figura 115, los valores del IRI están en el rango de inferior de 0.4 m/km y superior de 0.72 m/km, aun alejados de los valores obtenidos por el rugosímetro de MERLIN. Se observa además el comportamiento del IRI en ambos carriles, formando como una especie de ondas tipo seno y coseno, indicando que sus resultados tienen mayor grado de precisión entre ellos.

Por otra parte, puesto que el Abakal calcula el IRI cada 100 metros y para generar una comparación satisfactoria entre ambas metodologías, los resultados del IRI en el Abakal se obtuvieron promediándolos por cada 400 metros para poder generar la comparación entre las progresivas, tal como se ilustra en la siguiente tabla:

**Tabla 17***Cuadro comparativo de los resultados del IRI*

Comparación de resultados del IRI (m/km)				
Progresiva	Merlín		Abakal IRI	
	Carril derecho	Carril izquierdo	Carril Derecho	Carril izquierdo
KM. 1+300 - KM. 1+700	1.73	1.66	0.68	0.61
KM. 1+700 - KM. 2+100	1.34	1.27	0.53	0.4
KM. 2+100 - KM. 2+500	1.27	1.28	0.42	0.47
KM. 2+500 - KM. 2+900	1.29	1.07	0.58	0.72
KM. 2+900 - KM. 3+300	1.33	1.22	0.41	0.64
KM. 3+300 - KM. 3+700	1.67	1.63	0.67	0.67
IRI promedio por carril	1.44	1.36	0.55	0.59
IRI promedio de la vía	1.40		0.57	

*Nota.* La tabla muestra los valores del IRI obtenidos por el rugosímetro de MERLIN y el aplicativo Abakal IRI.

Como se puede apreciar en la tabla 17, los valores finales del IRI obtenidos entre el rugosímetro de MERLIN y la aplicación en el Smartphone Abakal IRI difieren entre sí en 0.83 m/km. Además, el aplicativo Abakal tiene una similitud del 40.71 % con el rugosímetro de MERLIN.

Asimismo, se observa que con el rugosímetro de MERLIN se obtuvo un IRI promedio en la vía de 1.40 m/km. mientras que por el aplicativo Abakal IRI se obtuvo un IRI promedio en la vía de 0.57 m/km. Para saber si esta diferencia afecta

o no en el servicio que brinda el tramo de vía evaluada, se debe analizar la serviciabilidad:

**Tabla 18**

*Resultados del Nivel de Servicio*

Cálculo del nivel de servicio				
Índice de Serviciabilidad	Rugosímetro de Merlin		Abakal IRI	
	Carril derecho	Carril izquierdo	Carril derecho	Carril izquierdo
PSI	3.849	3.907	4.526	4.496
PSI promedio de la vía	3.878		4.511	

Nota. PSI= Índice de Serviciabilidad del pavimento

La tabla 18 muestra los resultados de los niveles de servicio generados por ambas metodologías, considerando en primer lugar los resultados del IRI y aplicando la fórmula del PSI. En consecuencia, el nivel de servicio (PSI) depende del valor del IRI que adopta el tramo de la vía evaluada, para lo cual se considera la siguiente tabla y su clasificación para la condición de la vía.

**Tabla 19***Tala de resumen de los Niveles de Servicio*

Comparación de los Niveles de Servicio				
Índice de serviciabilidad del pavimento	Rugosímetro de merlin		Abakal IRI	
	PSI del tramo	Nivel de servicio	PSI del tramo	Nivel de servicio
PSI	3.878	BUENO	4.511	MUY BUENO

*Nota.* Se aplicó la fórmula del PSI mencionada por la AASHTO-93. Existen 5 niveles de servicio mencionado en el manual del MTC (2014) y recomendados según la AASHTO.

Acorde a la tabla 19, el nivel de servicio obtenido mediante el rugosímetro de MERLIN clasifica a la vía como un nivel de servicio “BUENO”, mientras que el nivel de servicio adoptada por la metodología del Abakal IRI da como resultados una vía “MUY BUENO”.

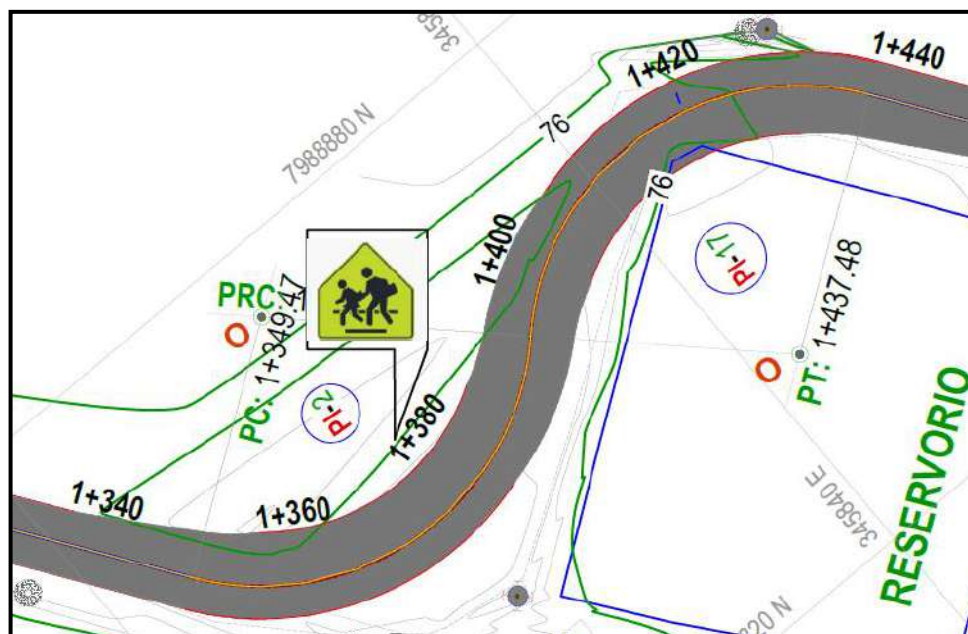
Como discusión final se puede mencionar que la diferencia entre los valores del IRI obtenidos por ambas metodologías estudiadas en la presente tesis, se incrementarán con el tiempo y a la vez se aproximarán uno del otro, puesto que influye mucho el envejecimiento del pavimento.

#### 4.2.2 Análisis y discusión de las curvaturas horizontales

De los resultados extraídos por ambas metodologías de cálculo de medición del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en referencia al comportamiento en las curvas horizontales según el diseño geométrico del tramo en estudio, se muestran la ubicación y sus progresivas de estas curvas horizontales en las siguientes figuras:

**Figura 116**

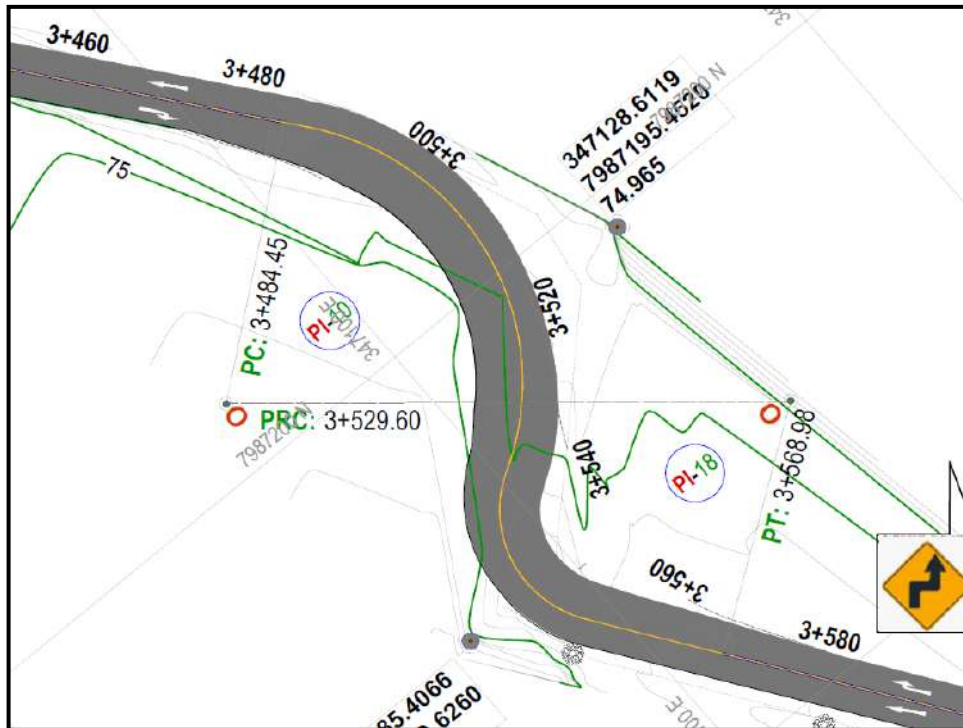
*Curvas horizontales entre las progresivas 1+340 al 1+440*



Nota. Fuente: Elaboración propia

**Figura 117**

*Curvas horizontales entre las progresivas 3+480 al 3570*



*Nota.* Fuente: Elaboración propia

Por lo que se realiza el siguiente análisis.

a) Con respecto a la metodología “Abakal IRI”

De acuerdo con los resultados con la metodología con el aplicativo Android “Abakal IRI” se realizó la extracción de resultados en los dos viajes mostrando un bajo nivel de valores de IRI, y con respecto a los tramos en donde se evalúa las curvas horizontales, se aprecia que no muestra resultados confiables del comportamiento de la superficie.

b) Con respecto al rugosímetro del Merlín

Con la metodología usada para la extracción de datos con el equipo rugosímetro de Merlín, y con respecto a los tramos en donde se evaluó las curvas horizontales, se aprecia una diferencia considerable en los valores de IRI con respecto a los demás tramos, como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 20**

*Resultados del IRI con Merlin incidencia en curvas horizontales mayo - 2023.*

Valores del IRI- Rugosímetro de MERLIN mayo- 2023			
Progresiva	Carril derecho	Carril izquierdo	IRI promedio
KM. 1+300 - KM. 1+700	1.73	1.66	1.70
KM. 1+700 - KM. 2+100	1.34	1.27	1.31
KM. 2+100 - KM. 2+500	1.27	1.28	1.27
KM. 2+500 - KM. 2+900	1.29	1.07	1.18
KM. 2+900 - KM. 3+300	1.33	1.22	1.28
KM. 3+300 - KM. 3+700	1.67	1.63	1.65

*Nota.* Las curvas analizadas en la presente tesis se encuentran dentro de las progresivas resaltadas, observándose un IRI más elevado respecto a los demás tramos. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 21**

Resultados del IRI con Merlin incidencia en curvas horizontales agosto - 2022.

Valores del IRI- Rugosímetro de MERLIN Agosto - 2022			
Progresiva	Carril derecho	Carril izquierdo	IRI promedio
KM. 1+200 - KM. 1+600	1.60	1.30	1.45
KM. 1+600 - KM. 2+000	1.31	1.37	1.34
KM. 2+000 - KM. 2+400	1.56	1.12	1.34
KM. 2+400 - KM. 2+740	1.07	1.46	1.27
KM. 2+740 - KM. 3+140	0.82	0.96	0.89
KM. 3+140 - KM. 3+540	1.06	1.13	1.10
KM. 3+540 - KM. 3+940	1.47	1.51	1.49

*Nota.* Se observa que el IRI en el periodo 2023 tiene mayor valor en las curvas.

Fuente: Elaboración propia

De las tablas se muestra que existe incidencia significativa del diseño geométrico, en específico en las curvas horizontales, por lo que se infiere que influye en el cálculo de medición de IRI, lo que genera valores elevados, y que podrían alterar el promedio del IRI en un tramo considerable, así mismo esta misma tendencia se mantiene con el tiempo, ya que se puede notar que en el año 2022 y 2023 se confirma estos valores elevados en las curvaturas horizontales.

Por ende, el parámetro que más influye en el valor de rugosidad es la curvatura horizontal, por lo que se comprueba que es incidente la geometría de la

vía en los valores de obtención de IRI, esto nos permite proponer la consideración de un umbral o tolerancia en dichos sectores.

En consecuencia, con respecto a la normativa peruana, podemos decir que esta carece de alguna norma o especificación que regule el procedimiento en sectores de curvatura horizontales sinuosas como singularidades para el cálculo de IRI. Es por eso importante considerar los estudios y experiencias internacionales como en Chile y Colombia que abordan esta incidencia del diseño geométrico en el cálculo de IRI, y de esta manera aumentar la confiabilidad de los resultados. Al mismo tiempo, se debe reajustar el algoritmo de cálculo de IRI y considerar el índice de sinuosidad y la tasa o cantidad de curvaturas horizontales en situaciones de condiciones similares para un correcto reconocimiento de la Serviciabilidad del pavimento en estudio.

### 4.2.3 Comparación del IRI periodo 2022 vs. 2023

En esta parte, se realiza la comparación de la rugosidad mediante el indicador IRI entre los periodos 2022 y 2023. En la tabla 22 se aprecia los resultados generados en el periodo 2022, evaluado por la empresa ejecutora de la obra.

**Tabla 22**

*Resultados del IRI: periodo 2022*

Tramo KM. 1+200 - KM. 3+940	Periodo agosto-2022				IRI promedio (m/km)	
	Valores del IRI (m/km)				Expr. 01	Expr. 02
	Carril derecho		Carril izquierdo			
Progresiva	Expr. 01	Expr. 02	Expr. 01	Expr. 02		
KM. 1+200 - KM. 1+600	2.15	1.60	1.85	1.30	2.00	1.45
KM. 1+600 - KM. 2+000	1.86	1.31	1.92	1.37	1.89	1.34
KM. 2+000 - KM. 2+400	2.10	1.56	1.68	1.12	1.89	1.34
KM. 2+400 - KM. 2+740	1.63	1.07	2.01	1.46	1.82	1.27
KM. 2+740 - KM. 3+140	1.39	0.82	1.53	0.96	1.46	0.89
KM. 3+140 - KM. 3+540	1.62	1.06	1.69	1.13	1.66	1.10
KM. 3+540 - KM. 3+940	2.02	1.47	2.06	1.51	2.04	1.49
IRI promedio (m/km)	1.82	1.27	1.82	1.26	1.82	1.27

*Nota.* El IRI promedio usando la expresión 01 es 1.82 m/km, el IRI promedio usando la expresión 02 es 1.27 m/km. Los Datos son extraídos del expediente técnico.

Inicialmente, la rugosidad del pavimento con mortero asfáltico de Slurry Seal está cumpliendo con el manual de carreteras EG- 2013, el cual no supera los 2.5 m/km. A continuación, se presenta la tabla que ayuda en los cálculos de la desviación estándar para su posterior análisis aplicando la Normativa peruana.

**Tabla 23**

*Discrepancia de IRIs para la expresión 02, periodo 2022*

Datos para la desviación estándar			
Progresiva	IRI (m/km)	(Xi-X)	$(Xi - X)^2$
KM. 1+200 - KM. 1+600	1.45	0.183	0.033437
KM. 1+600 - KM. 2+000	1.34	0.073	0.005308
KM. 2+000 - KM. 2+400	1.34	0.073	0.005308
KM. 2+400 - KM. 2+740	1.27	-0.002	0.000005
KM. 2+740 - KM. 3+140	0.89	-0.377	0.142237
KM. 3+140 - KM. 3+540	1.10	-0.172	0.029633
KM. 3+540 - KM. 3+940	1.49	0.223	0.049665
Promedio	1.27	0.000	0.265593

*Nota.* La tabla muestra la sumatoria de discrepancias elevado al cuadrado entre los IRIs individuales y el IRI promedio para el cálculo de la desviación estándar.

Teniendo en cuenta la suma al cuadrado de discrepancias según la tabla 23, procedemos a calcular la desviación estándar con la siguiente formula:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X)^2}{N - 1}}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{0.265593}{7 - 1}}$$

$$\delta = 0.2104$$

Seguidamente, se aplica la fórmula para el cálculo del IRI característico, según el manual de carreteras, mantenimiento o conservación vial del MTC para una rugosidad de obra nueva, considerando que el tramo de la vía en estudio pertenece a una carretera de tercera clase:

$$IRI_C = IRI_P + 0.674 \delta$$

$$IRI_C = 1.27 + 0.674 (0.2104)$$

$$IRI_C = 1.41 \text{ m/km}$$

En la siguiente tabla, se muestra los resultados obtenidos en la presente tesis, valores que son usados para el IRI del año o periodo 2023 y poder analizar y compararlas con el IRI del periodo anterior.

**Tabla 24***Resultados del IRI: periodo 2023*

Periodo agosto-2023						
Tramo KM. 1+300 - KM. 3+700	Valores del IRI (m/km)				IRI promedio (m/km)	
	Carril derecho		Carril izquierdo		Expr. 01	Expr. 02
Progresiva	Expr. 01	Expr. 02	Expr. 01	Expr. 02		
KM. 1+300 - KM. 1+700	2.28	1.73	2.21	1.66	2.24	1.70
KM. 1+700 - KM. 2+100	1.90	1.34	1.82	1.27	1.86	1.31
KM. 2+100 - KM. 2+500	1.82	1.27	1.84	1.28	1.83	1.27
KM. 2+500 - KM. 2+900	1.84	1.29	1.63	1.07	1.84	1.18
KM. 2+900 - KM. 3+300	1.89	1.33	1.78	1.22	1.83	1.28
KM. 3+300 - KM. 3+700	2.22	1.67	2.18	1.63	2.20	1.65
IRI promedio (m/km)	1.99	1.44	1.91	1.36	1.95	1.40

*Nota.* El IRI promedio usando la expresión 01 es 1.95 m/km, el IRI promedio usando la expresión 02 es 1.40 m/km. Ambas expresiones se refieren a las ecuaciones de cálculo de la rugosidad. Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos indican que el IRI en el tramo estudiado continúa teniendo una rugosidad aceptable puesto que el promedio del IRI no logró superar los 2.5 m/km. Para calcular el IRI característico, se calculó la desviación estándar por medio de la siguiente tabla:

**Tabla 25***Discrepancia de IRI para la expresión 02, periodo 2023*

Datos para la desviación estándar			
Progresiva	IRI (m/km)	V	V2
KM. 1+200 - KM. 1+600	1.70	0.433	0.187220
KM. 1+600 - KM. 2+000	1.31	0.039	0.001492
KM. 2+000 - KM. 2+400	1.27	0.006	0.000039
KM. 2+400 - KM. 2+740	1.18	-0.090	0.008169
KM. 2+740 - KM. 3+140	1.28	0.010	0.000107
KM. 3+140 - KM. 3+540	1.65	0.386	0.148880
Promedio	1.40	1.783	0.345906

*Nota.* La tabla muestra la sumatoria de discrepancias elevado al cuadrado entre los IRIs individuales y el IRI promedio para el cálculo de la desviación estándar.

Fuente: Elaboración propia.

Haciendo uso de la misma ecuación para el cálculo de la desviación estándar, tenemos:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum(X_i - X)^2}{N - 1}}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{0.345906}{6 - 1}}$$

$$\delta = 0.263$$

Ahora, se calcula el IRI característico para el periodo actual (mayo-2023)

$$IRI_C = IRI_P + 0.674 \delta$$

$$IRI_C = 1.44 + 0.674 (0.263)$$

$$IRI_C = 1.61 \text{ m/km}$$

Con los IRI característicos calculados en ambos periodos, podemos inducir que de acuerdo al cuadro 16.4, rugosidad inicial IRI (m/km.) según el tipo de carretera descrita en la pág. 272 del Manual de carreteras, suelos y pavimentos MTC-2014, y teniendo en cuenta la carretera de tercera clase, se considera el valor de 3 para pavimento nuevo. Por lo tanto, el IRI característicos no supera este valor.

**Tabla 26**

*Valores de Rugosidad característica del IRI (m/km.)*

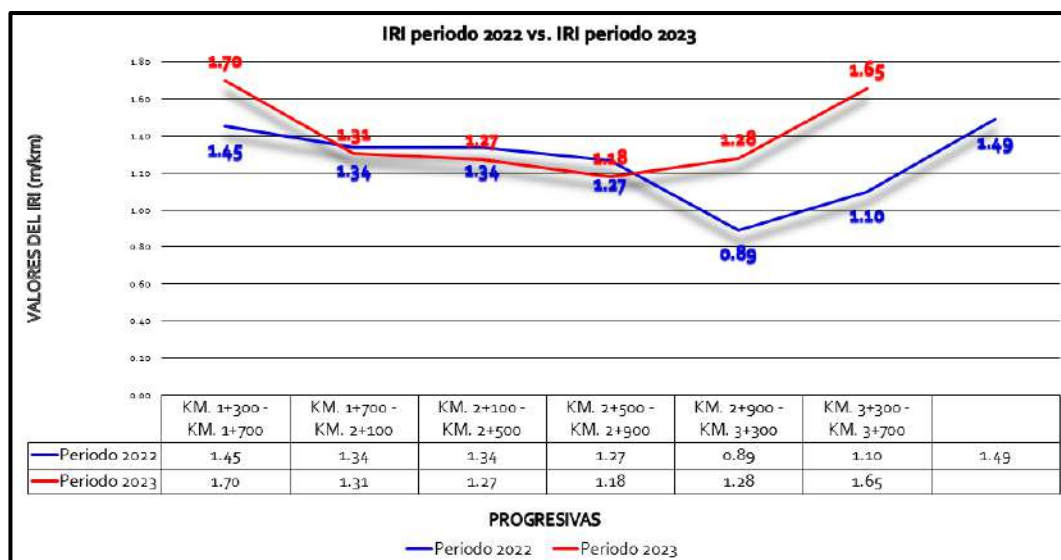
Rugosidad característica según el tipo de pavimento	Carreteras de Tercera clase, con IMD entre 400-201 veh./día de una calzada de dos carriles
Rugosidad característica inicial en pavimento nuevo IRI(m/km.)	3.0
Rugosidad característica inicial en pavimento reforzado IRI(m/km.)	3.5
Rugosidad característica durante el periodo de servicio IRI(m/km.)	4.5

*Nota.* Datos extraídos del Manual de carreteras, suelos y pavimentos del MTC (2014 p. 272).

A continuación, se muestran las variaciones de los resultados del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) mediante un gráfico comparativo.

**Figura 118**

*Gráfico comparativo de la rugosidad entre el periodo 2022 vs. 2023*



*Nota.* La tabla muestra los valores de los IRI's promedios.

Como se muestra en la figura 118, la rugosidad en el periodo 2023 se ha incrementado ligeramente respecto a la rugosidad del periodo 2022, es decir, después de 09 meses, el pavimento de motero asfáltico Slurry Seal incremento su IRI promedio en la calzada en 0.13 m/km, este valor representa un incremento del 10.23 % con respecto al periodo 2022. Asimismo, se observa que, desde la progresiva Km. 1+700 hasta la progresiva Km. 2+700, los valores del IRI son más cercanos entre ambos periodos, esto se debe a que en este tramo el diseño

geométrico es llano y la velocidad es uniforme. Sin embargo, en los tramos extremos de la vía evaluada, el IRI del periodo 2023 tiene un mayor incremento con respecto al IRI del periodo 2022, debido al diseño geométrico en las curvas horizontales.

Finalmente, para terminar con la discusión, recordemos que la figura 17, menciona que la rugosidad IRI medidos en m/km para pavimentos nuevos debe estar en el rango de 1.5 a 3.5 m/km. Debido a que el tramo de la carretera evaluada desde las progresiva KM. 1+300 hasta la progresiva KM. 3+700 fue recientemente colocada, se puede decir que es una obra nueva, y que, además, cumple con su nivel de rugosidad esperado y que aún le falta 2.1 m/km. para alcanzar el límite admisible de rugosidad.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- Se determinó la rugosidad en pavimento con mortero asfáltico Slurry Seal mediante el indicador IRI. Los resultados del IRI con el rugosímetro de MERLIN es de 1.44 m/km. para el carril derecho y 1.36 m/km. para el carril izquierdo, dando un promedio total de 1.40 m/km. Mientras el aplicativo móvil Abakal IRI obtuvo unos resultados del IRI de 0.55 m/km. para el carril derecho y 0.59 m/km. para el carril izquierdo, dando un promedio total del tramo evaluado de 0.57 m/km.
- Se determinó el valor comparativo de resultados obtenidos entre ambas metodologías alcanzaron una similitud del 40.71 %, esto nos da a entender que para este tipo de acabado superficial con mortero asfáltico, el aplicativo Abakal IRI no da resultados confiables como el rugosímetro de MERLIN. No obstante, tanto el rugosímetro de MERLIN como el Abakal IRI, llegaron a admitir que la vía evaluada cumple con un buen servicio PSI, clasificándolas como “BUENA” y “MUY BUENA” respectivamente según la AASHTO, mencionado también en el manual de carreteras del MTC-2014.

- Se analizó los valores calculados del IRI y cuál es la incidencia que tienen las curvas horizontales; se verificaron que según el análisis de los resultados en los tramos de curvatura, el ensayo con la metodología del aplicativo “Abakal IRI” considerado como equipo tipo respuesta, no detecta considerablemente esta incidencia en el cálculo del IRI por diseño geométrico; con respecto con la metodología del rugosímetro de MERLIN en el periodo de agosto 2022 y mayo 2023 se evidencia que estos tramos de curvatura existe un incremento del IRI, con valores de 1.45 m/km y 1.49 m/km para el año 2022, el mismo caso de valores altos de IRI en tramos de curvatura de 1.70 m/km y 1.65 m/km para el año 2023.
- Se realizó la comparación de la rugosidad por medio del indicador IRI en los periodos 2022 y 2023 dando resultados satisfactorios en la conservación del nivel de servicio. El IRI promedio del tramo evaluado en el periodo 2022 fue de 1.27 m/km. y el IRI en el periodo 2023 es de 1.40 m/km, siendo la diferencia de 0.13 m/km. y que representa un incremento del 10.23% de rugosidad, manteniendo una buena comodidad y estando aún lejos de llegar al valor máximo admisible.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la Municipalidad Distrital de la Yarada Los Palos, considerar la presente investigación en la evaluación de la rugosidad de otras carreteras con este acabado superficial, considerando que durante el 2018 hasta la actualidad, se ha ejecutado seis obras de carretera de vías vecinales con acabado superficial Slurry Seal, por lo que es responsabilidad de la entidad el mantenimiento y conservación de estas, y para ello, que el aporte de la presente investigación es importante en la gestión de infraestructura vial de este distrito.
- Se recomienda considerar el presente trabajo de investigación en las futuras investigaciones en realizar un modelo o reajuste al algoritmo del cálculo de IRI y la relación que existe con la tasa o incidencia de curvaturas horizontales al mismo tiempo,
- Se recomienda considerar el equipo de merlín con un correcto ensayo, ya que nos brinda resultados confiables además de ser una alternativa económica, y que el uso de aplicativo móvil abakal IRI sea una fuente de verificación en el caso de carreteras llanas, ya que en vías con curvas horizontales no nos brinda unos resultados seguros.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-mansour, A. I., & Al-qaili, A. H. (2022). An Application of Android Sensors and Google Earth in Pavement Maintenance Management Systems for Developing Countries. *Applied Sciences* 2022, Vol. 12, Page 5636, 12(11), 5636. <https://doi.org/10.3390/APP12115636>
- Al Hawesah, H., Sadique, M., Harris, C., Al Nageim, H., Stopp, K., Pearl, H., Shubbar, A., Harris@ljmu, C. B. A., Uk, C. H., Alnageim@ljmu, H. K. A., Uk, H. A. N., Shubbar@ljmu, A. A. A., & Uk, A. S. (2021). A Review on Improving Asphalt Pavement Service Life Using Gilsonite-Modified Bitumen. *Sustainability* 2021, Vol. 13, Page 6634, 13(12), 6634. <https://doi.org/10.3390/SU13126634>
- Almenara Cueto, C. (2015). *Aplicación de teléfonos inteligentes para determinar la rugosidad de pavimentos urbanos en Lima* [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6087>
- Álvarez, S., & Rivero, R. (2012). Instrumento electrónico para la estimación del índice de rugosidad internacional (IRI) con base en el perfilómetro estático Merlin. *Revista de La Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 27(1), 49–55.
- Arce Salazar, C. (2021). *Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI)*

*usando el aplicativo ABAKAL para smartphone en la avenida universitaria del distrito de Pillco Marca- 2020* [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad de Huánuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2858>

Arriaga Patiño, M. C., Garnica Anguas, P., & Rico Rodríguez, A. (1998). Índice Internacional De Rugosidad en la Red Carretera De México. In *Instituto Mexicano Del Transporte* (Vol. 1, Issue 108). <http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt108.pdf>

Asres, E., Ghebrab, T., & Ekwaro-Osire, S. (2021). Framework for Design of Sustainable Flexible Pavement. *Infrastructures 2022*, Vol. 7, Page 6, 7(1), 6. <https://doi.org/10.3390/INFRASTRUCTURES7010006>

ASTM E867-06. (2020). *Standard Terminology Relating to Vehicle - Pavement Systems*. <https://tienda.aenor.com/norma-astm-e867-06-2020-107601>

ASTM E950/E950M-09. (2018). *Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer-Established Inertial Profiling Reference* (4th ed.). [https://doi.org/10.1520/E0950\\_E0950M-09R18](https://doi.org/10.1520/E0950_E0950M-09R18)

Badilla, G. (2010). Aspectos y consideraciones importantes en el calculo del indice de regularidad internacional (IRI). *Revista de La Universidad de Costa Rica*, 155–168. <https://doi.org/ISSN 1409 - 2441>

Barriga Zhindón, M. J., & Chaca Guamán, J. A. (2019). *Análisis de la seguridad y*

*accidentalidad de la Av. de las Américas, en función de las propiedades superficiales*. Universidad de Cuenca, Ecuador.

Bustamante-Bello, R., García-Barba, A., Arce-Saenz, L. A., Curiel-Ramirez, L. A., Izquierdo-Reyes, J., & Ramirez-Mendoza, R. A. (2022). Visualizing Street Pavement Anomalies through Fog Computing V2I Networks and Machine Learning. *Sensors* 2022, Vol. 22, Page 456, 22(2), 456. <https://doi.org/10.3390/S22020456>

Cavalcante de Almeida, L. (2018). “APLICATIVO PARA SMARTPHONE DESTINADO À MEDIÇÃO DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL EM RODOVIAS.” In *Energies* (Vol. 6, Issue 1). <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1120700020921110%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.reuma.2018.06.001%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.arth.2018.03.044%0Ahttps://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1063458420300078?token>

Chen, S. L., Lin, C., Tang, C. W., & Hsieh, H. A. (2022). Evaluation of Pavement Roughness by the International Roughness Index for Sustainable Pavement Construction in New Taipei City. *Sustainability* 2022, Vol. 14, Page 6982, 14(12), 6982. <https://doi.org/10.3390/SU14126982>

Chilukwa, N., & Lungu, R. (2019). Determination of layers responsible for rutting failure in a pavement structure. *Infrastructures*, 4(2). <https://doi.org/10.3390/INFRASTRUCTURES4020029>

- Chumbe, G., & Ortiz, R. (2021). *Aplicación de Slurry Seal para la optimización de costos en mantenimiento para vía no pavimentadas*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Ricardo Palma].  
[https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/4780/T030\\_70366384\\_TORTIZVELASQUEZRICKGEORGE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/4780/T030_70366384_TORTIZVELASQUEZRICKGEORGE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cundill, M. A. (1991). The MERLIN Low-cost Road Roughness Measuring Machine. In *Transport and Road Research Laboratory, Department of Transport*. Crowthorne.
- Del Águila Rodríguez, P. (1999). *Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos flexibles con equipo de bajo costo y gran precisión*.  
[https://www.researchgate.net/publication/264854958\\_METODOLOGIA\\_PARA\\_LA\\_DETERMINACION\\_DE\\_LA\\_RUGOSIDAD\\_DE\\_LOS\\_PAVIMENTOS\\_CON\\_EQUIPO\\_DE\\_BAJO\\_COSTO\\_Y\\_GRAN\\_PRECISION\\_1](https://www.researchgate.net/publication/264854958_METODOLOGIA_PARA_LA_DETERMINACION_DE_LA_RUGOSIDAD_DE_LOS_PAVIMENTOS_CON_EQUIPO_DE_BAJO_COSTO_Y_GRAN_PRECISION_1)
- Díaz Saavedra, E. A. (2022). *Influencia de la geometría de una vía del Perú en su evaluación funcional. Análisis en su medición y normatividad* [Tesis para optar el grado de Máster en Ingeniería Civil con mención en Vial, Universidad de Piura].  
[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/5501/MAS\\_ICV\\_2201.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/5501/MAS_ICV_2201.pdf)

f?sequence=2&isAllowed=y

- Expediente Técnico. (2022). *Mejoramiento de la Vía Vecinal en la Asoc. Avic. Virgen de la Candelaria, Asoc. Frontera Sur, Asoc. Viv. 4 Suyos, Coop. 28 de Agosto Asent. 03, Coop. 60 Asent. 02 Distrito de la Yarada Los Palos – Provincia de Tacna – Departamento de Tacna* (G. de I. y D. U. – Rural (ed.)).
- Flores Calderón, L. (2022). *Análisis comparativo del IRI entre el teléfono inteligente y el rugosímetro de merlín, dando propuesta de solución en la Av. Los Ángeles del distrito de Pocollay, Tacna - 2022* [Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/4498>
- Goenaga, B., Fuentes, L., & Mora, O. (2017). Evaluation of the methodologies used to generate random pavement profiles based on the power spectral density: An approach based on the international roughness index. *Ingeniería e Investigación*, 37(1), 49–57. <https://doi.org/10.15446/ING.INVESTIG.V37N1.57277>
- Gonzalo Lopez, J. Y., & Beingolea Villarreal, H. J. (2021). *Aplicación Del Smartphone Y El Rugosímetro De Merlin Para La Medición De La Rugosidad Del Pavimento Flexible En La Av. Internacional, Tacna - 2021*. Universidad Privada de Tacna.
- Hosseini, A., Faheem, A., Titi, H., & Schwandt, S. (2020). Evaluation of the long-

term performance of flexible pavements with respect to production and construction quality control indicators. *Construction and Building Materials*, 230, 116998. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2019.116998>

Invias Colombia. (2013). DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD (IRI) PARA MEDIR LA RUGOSIDAD (IRREGULARIDADES DE LA SUPERFICIE) DE PAVIMENTOS INVIAS – 790 – 13. In *Invias*.

Jiménez, M., Ulloa, A., & Múnera, J. (2016). *Guía de diseño de mezcla de laboratorio para los sellos de lechada asfáltica (Slurry seals)*. [https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/849/Versión final Guía Slurry Seals.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/849/Versión%20final%20Guía%20Slurry%20Seals.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Kırbaç, U. (2018). IRI Sensitivity to the Influence of Surface Distress on Flexible Pavements. *Coatings* 2018, Vol. 8, Page 271, 8(8), 271. <https://doi.org/10.3390/COATINGS8080271>

Kremieniewski, M. (2020). Ultra-Lightweight Cement Slurry to Seal Wellbore of Poor Wellbore Stability. *Energies* 2020, Vol. 13, Page 3124, 13(12), 3124. <https://doi.org/10.3390/EN13123124>

Li, Y. ;, Zhang, H. ;, Peng, Y. ;, Wang, K., Li, Y., Zhang, H., Peng, Y., Li, Y., & Wang, K. (2022). Research on Distribution Model and Detection Spacing of Compaction Degree of Asphalt Pavement Based on the PQI Method. *Coatings*

2022, Vol. 12, Page 1751, 12(11), 1751.

<https://doi.org/10.3390/COATINGS12111751>

MANUAL DE CARRETERAS. (2008). Volumen N°8 Especificaciones Y Metodos De Muestreo, Ensayo Y Control Manual De Carreteras. In *Manual de Carretera* (2008th ed.).

Ministerio de transportes y comunicaciones [MTC]. (2014). *Manual de carreteras, suelos, geología, geotécnica y pavimentos.*

[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC)

NORMAS/ARCH\_PDF/MAN\_7 SGGP-2014.pdf

Ministerio de transportes y comunicaciones [MTC]. (2018a). *Manual de carreteras, mantenimiento o conservación vial.*

[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC)

NORMAS/ARCH\_PDF/MAN\_9 MCV-2014\_2016.pdf

Ministerio de transportes y comunicaciones [MTC]. (2018b). *Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG - 2018.*

Ministerio de transportes y comunicaciones EG-2013. (2013). Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2013. In *Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos* (Vol. 0, Issue 0).

Misaghi, S., Tirado, C., Nazarian, S., & Carrasco, C. (2021). Impact of pavement roughness and suspension systems on vehicle dynamic loads on flexible

pavements. *Transportation Engineering*, 3, 100045.  
<https://doi.org/10.1016/J.TRENG.2021.100045>

Montoya-Goicochea, J. (2013). *Analisis del IRI para un proyecto de carretera sinuosa concesionada en el Peru*. Universidad de Piura.

Moyano Raygada, M. (2020). *Procedimiento para determinar el Índice de Rugosidad Internacional con una aplicación móvil en Piura* [Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas, Universidad de Piura].  
[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4781/ING\\_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4781/ING_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Muttuvelu, D. V., & Kjems, E. (2021). *A Systematic Review of Permeable Pavements and Their Unbound Material Properties in Comparison to Traditional Subbase Materials* *A Systematic Review of Permeable Pavements and Their Unbound Material Properties in Comparison to*.  
<https://doi.org/10.3390/infrastructures6120179>

Nieto, L. (2018). *Presentación del programa IRI en Android*. [video]. Youtube.  
[https://www.youtube.com/watch?v=PR\\_0AFITLdU](https://www.youtube.com/watch?v=PR_0AFITLdU)

Oblitas-Gastelo, B. E., Medina-Cardozo, I. I., Paredes-Asalde, C. R., Oblitas-Gastelo, B. E., Medina-Cardozo, I. I., & Paredes-Asalde, C. R. (2021). Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos. *Iteckne*, 18(2), 170–175.

<https://doi.org/10.15332/ITECKNE.V18I2.2616>

Osco Mamani, J. G., & Atencio Ccalahiulle, L. E. (2022). “*FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS LECTURAS DEL APLICATIVO MÓVIL ABAKAL IRI PARA DETERMINAR LA RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA COSTANERA SUR, TACNA-2021.*” Universidad Privada de Tacna.

Prosser-Contreras, M., Atencio, E., La Rivera, F. M., & Herrera, R. F. (2020). Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) and Photogrammetry to Obtain the International Roughness Index (IRI) on Roads. *Applied Sciences* 2020, Vol. 10, Page 8788, 10(24), 8788. <https://doi.org/10.3390/APP10248788>

Ramirez Castro, B. S. (2017). *CÁLCULO DEL IRI MEDIANTE ACELERÓMETRO DE SMARTPHONE EN EL TRAMO HUARMEY – CASMA DE LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE.* Pontificia Univerisidad Catolica del Peru.

Ramos Perez, L. (2018). *Estudio del Indice de Regularidad Internacional en Vias Pavimentadas mediante el uso del Perfilómetro laser ROMDAS* [Tesis para obtener el titulo de Ingeniero Civil, Universidad Pontificia Católica del Perú]. [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/11734/RAMOS\\_LEONARDO\\_VIAS\\_PAVIMENTOS\\_FILOMETRO\\_LASER.pdf?squence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/11734/RAMOS_LEONARDO_VIAS_PAVIMENTOS_FILOMETRO_LASER.pdf?squence=1&isAllowed=y)

- Reglamento Nacional de Edificaciones [RNE]. (2004). *CE. 010 Pavimentos urbanos*. <https://www.gob.pe/institucion/munisantamariadelmar/informes-publicaciones/2619679-ce-010-pavimentos-urbanos-ds-n-010-2010>
- Rodriguez, E., Torres, L., & Villeda, M. (2019). *Desarrollo de metodología para la medición de iri (international roughness index), mediante el uso de un rugosímetro basado en el merlin (machine evaluating roughness using low cost instrumentation), para evaluación de pavimentos flexibles y rígidos en el* [Universidad de El Salvador]. <https://core.ac.uk/download/pdf/286032234.pdf>
- RPP Noticias. (2022, August 18). *Lima: pistas en pésimo estado causan problemas a conductores y taxistas* / RPP Noticias. Rpp Noticias. <https://rpp.pe/lima/actualidad/lima-pistas-en-pesimo-estado-causan-problemas-a-conductores-y-taxistas-noticia-1425627>
- Sáez Alván, L. (2019). *Mezclas Asfálticas para Pavimentos* (1era edici). Editorial ICG. [www.construccion.org](http://www.construccion.org)
- Salazar Cayotopa, Y. P., & Sánchez Muñoz, B. J. (2020). “*PROPUESTA DE PLAN DE INTERVENCIÓN VIAL COMO MODELO DE GESTIÓN EN HOJA DE CÁLCULO EXCEL, APLICANDO METODOLOGIAS DE RELEVAMIENTO DE FALLAS EN CAMINOS VECINALES.*” Universidad Ricardo Palma.
- Sayers, M., & Karamihas, S. (1998). *The little book of profiling: Basic Information about Measuring and Interpreting Road Profiles*. University of Michigan, Ann

Arbor, Transportation Research Institute.  
<https://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/21605>

SeleAd. (2023). *All Slurry Seal Introduction*. <https://www.seleadroad.com/slurry-sealer-u/selead-all-slurry-seal-introduction/>

SINAC. (2022). *CLasificador de Rutas del Sistema Nacional de Carreteras*. D.S. N° 011-2016-MTC. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/colecciones/17850-clasificador-de-rutas-del-sinac>

Singh, A. P., Sharma, A., Mishra, R., Wagle, M., & Sarkar, A. K. (2018). Pavement condition assessment using soft computing techniques. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 11(6), 564–581. <https://doi.org/10.1016/J.IJPRT.2017.12.006>

Souliman, M. I., Hemant, G. C., & Mohammed, Z. (2021). Enhanced Flexible Pavement Performance Using Treated Compared to Untreated Aggregate Bases: A Comparative Case Study in the Southern United States. *Infrastructures* 2021, Vol. 6, Page 110, 6(8), 110. <https://doi.org/10.3390/INFRASTRUCTURES6080110>

Zang, K., Shen, J., Huang, H., Wan, M., & Shi, J. (2018). Assessing and Mapping of Road Surface Roughness based on GPS and Accelerometer Sensors on Bicycle-Mounted Smartphones. *Sensors* 2018, Vol. 18, Page 914, 18(3), 914. <https://doi.org/10.3390/S18030914>

## **ANEXOS**

ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

ANEXO B: FORMATO DE TOMA DE DATOS DE MERLIN AGOSTO 2022

ANEXO C: PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO D: PLANO DE UBICACIÓN

ANEXO E: PLANIMETRIA DEL TRAMO III PROGRESIVA 1+300 AL 3+700

ANEXO F: CERTIFICADO DE CALIBRACION Y FICHAS TECNICAS

**TÍTULO: “DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO CON MORTERO ASFALTICO SLURRY SEAL PARA ANALIZAR EL NIVEL DE SERVICIALIBILIDAD DESDE LA PROGRESIVA KM 1+300 HASTA LA KM 3+700 DEL TRAMO III DE LA CARRETERA COOP. 60 ASENT. 02 – ASOC. VIV. 4 SUYOS EN EL DISTRITO DE LA YARADA LOS PALOS – TACNA”**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>1. INTERROGANTE GENERAL</b></p> <p>¿Cuál es el nivel de rugosidad del pavimento con mortero asfáltico Slurry Seal para analizar el nivel de servicialibilidad desde la progresiva km 1+300 hasta la km 3+700 del tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna?</p> <p><b>2. INTERROGANTES ESPECÍFICAS</b></p> <p>a) ¿Cuál es el valor comparativo del IRI en el pavimento con mortero asfáltico Slurry Seal entre el Rugosímetro de MERLIN y el aplicativo ABAKAL IRI desde la progresiva km 1+300 hasta la km 3+700 del tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna?</p> <p>b) ¿Cuál es el análisis del valor del IRI en las curvas horizontales ubicadas en la progresiva km. 1+300 hasta km. 3+700 del tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna?</p> <p>c) ¿Existe comparación significativa entre los resultados del IRI en el periodo Agosto 2022 hasta el periodo Mayo 2023 desde la progresiva km 1+300 hasta km 3+700 tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna?</p>	<p><b>1. OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>¿Determinar el nivel de rugosidad del pavimento con mortero asfáltico Slurry Seal para analizar el nivel de servicialibilidad desde la progresiva km 1+300 hasta la km 3+700 del tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna?</p> <p><b>2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>a) Determinar el valor comparativo del IRI en el pavimento con Mortero Asfáltico Slurry Seal entre el Rugosímetro de MERLIN y el aplicativo móvil ABAKAL IRI desde la progresiva KM. 1+300 hasta KM. 3+700 tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna.</p> <p>b) Analizar el valor del IRI en las curvas horizontales ubicadas desde la progresiva KM. 1+300 hasta KM. 3+700 tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna.</p> <p>c) Comparar los resultados del IRI del periodo Agosto 2022 hasta el periodo Mayo 2023 desde la progresiva KM. 1+300 hasta KM. 3+700 tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito de la Yarada, Los Palos – Tacna.</p> <p><b>NOTA:</b> al decir “con el periodo Mayo 2023” <b>SE REFIERE</b> “con el estado actual”</p>	<p><b>1. HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>El nivel de rugosidad del pavimento con mortero asfáltico Slurry Seal desde la progresiva KM. 1+300 hasta KM. 3+700 tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna darán como resultado valores significativos.</p> <p><b>2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b></p> <p>a) Los valores del IRI entre el Rugosímetro de MERLIN y el aplicativo móvil ABAKAL IRI son similares en el pavimento con mortero asfáltico Slurry Seal desde la progresiva KM. 1+300 hasta KM. 3+700 tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna.</p> <p>b) El análisis del IRI en las curvas horizontales desde la progresiva KM. 1+300 hasta KM. 3+700 del tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna será influyente en el cálculo del IRI debido al diseño geométrico de la carretera.</p> <p>c) Los valores del IRI tiene un incremento significativo en el periodo Mayo 2023 con respecto al periodo Agosto 2022 desde la progresiva KM. 1+300 hasta KM. 3+700 tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna.</p>	<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE (Y)</b></p> <p>Y. Analizar el nivel de servicio</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tipo de pavimentación</li> <li>▪ Serviciabilidad</li> <li>▪ Valor del IRI</li> <li>▪ Confort</li> </ul> <p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE (X)</b></p> <p>X. Nivel de Rugosidad</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rugosímetro De MERLIN.</li> <li>▪ Aplicativo movil ABAKAL IRI.</li> <li>▪ Suspension de Camioneta moderna</li> <li>▪ Longitud de estudio</li> <li>▪ Slurry Seal</li> <li>▪ Diseño geométrico</li> <li>▪ Periodo de tiempo</li> </ul>	<p><b>Tipo de Investigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aplicada con enfoque cuantitativa</li> </ul> <p><b>Diseño de Investigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No experimental transeccional con carácter exploratorio y descriptivo.</li> </ul> <p><b>Ámbito de Estudio</b></p> <p>Carretera tramo III, desde la progresiva KM. 1 + 300 hasta KM. 3 + 700 tramo III de la carretera Coop. 60 Asent. 02 – Asoc. Viv. 4 suyos en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna.</p> <p><b>Población</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Carretera Coop. 60 Asent. 02- Asoc. Vivi. 4 Suyos III, en la carretera tramo III desde la progresiva KM. 1 + 300 hasta KM. 3 + 700 en el distrito la Yarada, Los Palos – Tacna</li> </ul> <p><b>Técnicas de Recolección de Datos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fichas de campo</li> <li>▪ Teléfono con aplicativo abakal iri montado en camioneta.</li> </ul> <p><b>Instrumentos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formatos y guías de campo.</li> <li>▪ Equipos de protección colectiva</li> <li>▪ Cinta métrica</li> <li>▪ Reportes de Rugosímetro de MERLIN</li> <li>▪ Reporte del Aplicativo ABAKAL IRI en el teléfono Inteligente.</li> </ul>

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

Consultoría y control de calidad en proyectos de ingeniería  
Garantía, eficiencia y seguridad

PRP-06-46R/Abril 2022/Rev.00

**INFORME DE ENSAYO**  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Página: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

**INFORME N°:** LSCP - 22 - 2364 - A

**PROYECTO :** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

**SOLICITANTE :** Consorcio Majestad

**DIRECCIÓN:** -

**UBICACIÓN :** La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna

**MUESTRA :** Tramo III (Carril Izquierdo)

**ENSAYADO EN :** Laboratorio de suelos

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 27 de Agosto de 2022

**FECHA DE EJECUCIÓN:** 27 de Agosto de 2022

**FECHA DE EMISIÓN:** 29 de Agosto de 2022

**Número de datos:** 180

**Progresiva / Km:** 2+400 - 2+740

**TIPO DE PAVIMENTO**

Afirmado  Base granular  Slurry  Trat. Bicapa   
Carp. en frío  Carp. en caliente  Recap. Asfáltico  Sello

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	25	25	22	26	23	22	24	26	24	25
2	24	24	23	25	24	23	27	24	25	22
3	24	22	22	24	24	23	22	24	24	29
4	23	22	24	24	25	24	24	25	28	28
5	22	23	25	24	26	24	23	25	22	27
6	23	24	26	23	25	24	24	26	22	326
7	24	25	27	25	25	25	24	27	24	25
8	25	24	26	23	23	24	26	26	23	24
9	26	22	25	22	21	21	24	22	22	22
10	22	21	24	21	22	23	27	24	25	21
11	24	22	23	20	23	24	25	25	26	19
12	25	23	22	21	24	24	25	26	26	25
13	26	24	21	19	23	23	24	24	25	23
14	25	23	18	20	20	27	26	23	24	24
15	24	24	20	22	20	27	23	22	26	25
16	22	22	22	23	20	25	22	23	27	24
17	23	27	25	23	21	21	21	24	26	22
18	24	26	24	25	22	23	20	25	21	23
19										
20										

**IngeServicios S.A.C.**

Ing. Juan R. Rosales Heredia

Ing. Civil / CIP N° 70000

**JEFE DE LABORATORIO**

Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

www.ingeservicios.com.pe

RUC 20449438834

**INFORME DE ENSAYO**  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Pagina: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

INFORME N°: LSCP - 22 - 2364 - B

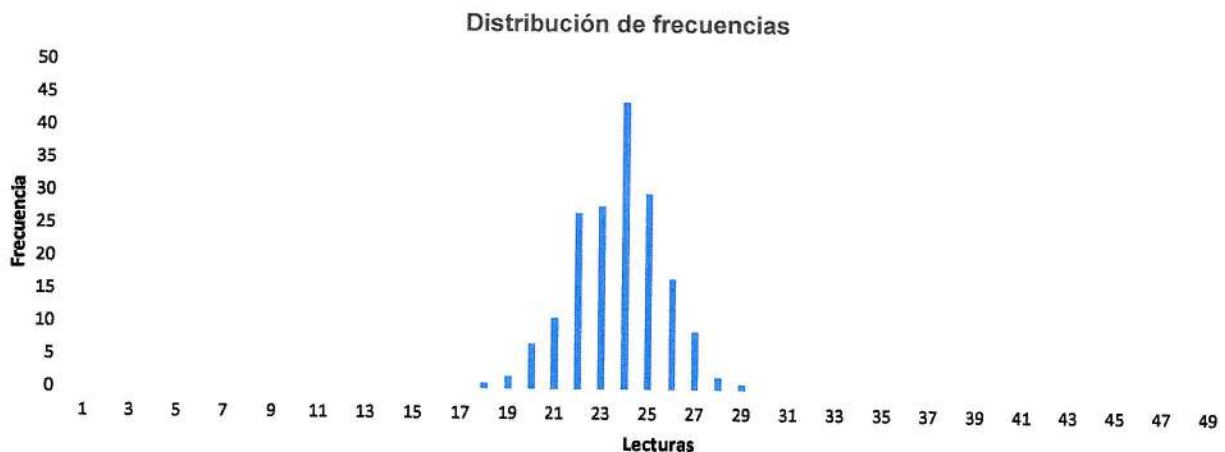
**PROYECTO :** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

**SOLICITANTE :** Consorcio Majestad**DIRECCIÓN :** -**UBICACIÓN :** La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna**MUESTRA :** Tramo III (Carril Izquierdo)**ENSAYADO EN :** Laboratorio de suelos**FECHA DE RECEPCIÓN:** 27 de Agosto de 2022**FECHA DE EJECUCIÓN:** 27 de Agosto de 2022**FECHA DE EMISIÓN:** 29 de Agosto de 2022


Número de datos: 180

Progresiva / Km: 2+400 - 2+740

**GRAFICA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS**



Descarte (5%)		Unidades consid.	F. correc. (Fc)	Rango D		IRI (m/km)		Observación
Inferior	Superior			Und.	mm	Expres. 1	Expres. 2	
1.00	0.22	6	0.832	7.22	30.04	2.01	1.46	Consideramos expresión 2

 **IngeServicios S.A.C.**

Ing. Juan P. Rosales Heredia  
Ingeniero Civil - CIP N° 70088  
**JEFE DE LABORATORIO**  
Laboratorio de Suelos, concreto y Pavimentos

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aqui declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**INFORME DE ENSAYO**  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Pagina: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

INFORME N°: LSCP - 22 - 2347 - A

**PROYECTO :** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

**SOLICITANTE :** Consorcio Majestad**DIRECCIÓN:** -**UBICACIÓN :** La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna**MUESTRA :** Tramo III (Carril Izquierdo)**ENSAYADO EN :** Laboratorio de suelos**FECHA DE RECEPCIÓN:** 27 de Agosto de 2022**FECHA DE EJECUCIÓN:** 27 de Agosto de 2022**FECHA DE EMISIÓN:** 29 de Agosto de 2022**Número de datos:** 200**Progresiva / Km:** 2+000 - 2+400

**TIPO DE PAVIMENTO**

Afirmado  Base granular  Slurry  Trat. Bicapa   
Carp. en frío  Carp. en caliente  Recap. Asfáltico  Sello

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	26	28	27	23	24	22	22	22	22	24
2	26	29	28	24	22	24	21	21	22	23
3	26	24	24	24	24	23	25	23	25	27
4	27	26	23	23	25	22	24	24	24	24
5	25	27	22	22	24	24	23	25	24	26
6	24	28	24	24	22	25	24	25	26	26
7	22	26	25	22	24	27	29	24	26	24
8	26	24	24	23	25	27	23	25	27	23
9	24	22	26	24	24	24	24	26	23	25
10	26	24	27	25	22	24	24	25	24	25
11	24	26	28	26	23	23	24	25	24	25
12	24	28	22	22	22	21	22	26	26	24
13	25	26	24	24	24	22	22	26	26	23
14	26	27	25	25	25	22	21	25	24	25
15	26	24	25	24	22	23	25	24	27	26
16	27	25	24	25	22	24	25	24	25	26
17	24	25	23	25	22	23	24	23	25	24
18	25	24	24	26	24	23	23	24	24	25
19	22	24	25	27	25	25	22	24	26	22
20	27	23	26	26	24	26	24	23	26	27

 IngeServicios S.A.C.

Ing. Juan R. Rosales Heredia  
Ingeniero Civil - CIP 157004  
**JEFE DE LABORATORIO**  
Laboratorio de Suelos, concreto y Pavimentos

**INFORME DE ENSAYO**  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Pagina: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

INFORME N°: LSCP - 22 - 2347 - B

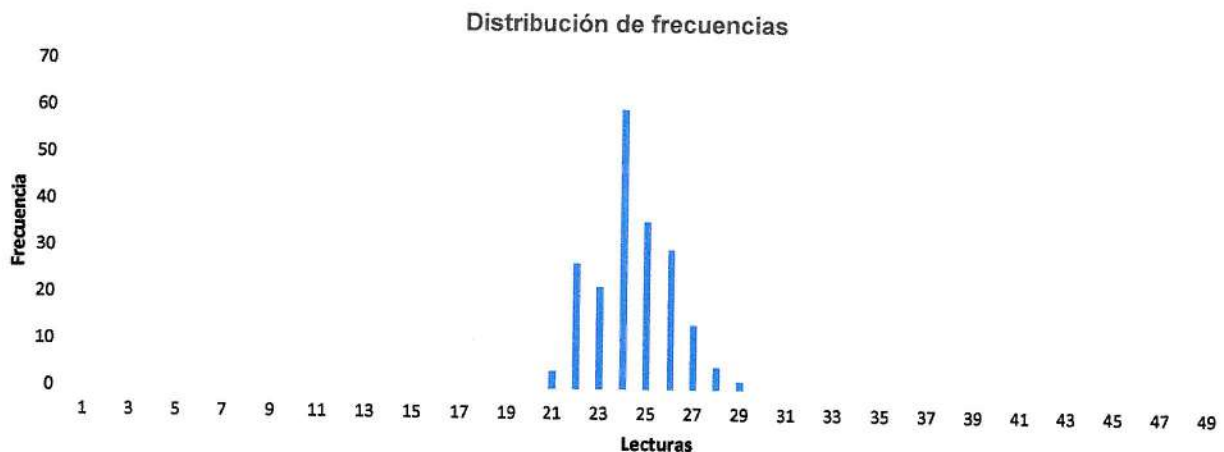
**PROYECTO :** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

**SOLICITANTE :** Consorcio Majestad**DIRECCIÓN :** -**UBICACIÓN :** La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna**MUESTRA :** Tramo III (Carril Izquierdo)**ENSAYADO EN :** Laboratorio de suelos**FECHA DE RECEPCIÓN:** 27 de Agosto de 2022**FECHA DE EJECUCIÓN:** 27 de Agosto de 2022**FECHA DE EMISIÓN:** 29 de Agosto de 2022

Número de datos: 200

Progresiva / Km: 2+000 - 2+400

**GRAFICA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS**



Descarte (5%)		Unidades consid.	F. correc. (Fc)	Rango D		IRI (m/km)		Observación
Inferior	Superior			Und.	mm	Expres. 1	Expres. 2	
0.78	0.79	4	0.832	5.56	23.14	1.68	1.12	Consideramos expresión 2

 **IngeServicios S.A.C.**

Ing. Juan K. Rosales Heredia  
Ingeniero Civil - CP 1872000  
**JEFE DE LABORATORIO**  
Laboratorio de Suelos, concreto y Pavimentos

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.

- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aqui declarados.

- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

Consultoría y control de calidad en proyectos de ingeniería  
Garantía, eficiencia y seguridad

PRP-06-46R/Abril 2022/Rev.00

**INFORME DE ENSAYO**  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Página: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

**INFORME N°:** LSCP - 22 - 2346 - A

**PROYECTO :** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

**SOLICITANTE :** Consorcio Majestad

**DIRECCIÓN:** -

**UBICACIÓN :** La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna

**MUESTRA :** Tramo III (Carril Izquierdo)

**ENSAYADO EN :** Laboratorio de suelos

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 27 de Agosto de 2022

**FECHA DE EJECUCIÓN:** 27 de Agosto de 2022

**FECHA DE EMISIÓN:** 29 de Agosto de 2022

**Número de datos:** 200

**Progresiva / Km:** 1+600 - 2+000

**TIPO DE PAVIMENTO**

Afirmado

Base granular

Slurry

Trat. Bicapa

Carp. en frío

Carp. en caliente

Recap. Asfáltico

Sello

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	25	22	22	23	27	22	24	24	25	24
2	24	24	24	22	26	24	25	23	26	23
3	23	24	24	21	25	22	26	25	26	25
4	22	25	25	20	24	25	24	25	25	25
5	21	25	24	22	22	26	23	25	25	23
6	20	26	23	24	23	25	22	23	26	25
7	20	24	22	25	22	26	21	23	24	25
8	22	25	21	26	21	24	22	24	24	26
9	25	24	22	28	22	22	24	22	25	26
10	24	23	23	26	24	23	25	23	25	23
11	25	23	24	22	23	22	26	22	23	22
12	22	22	24	24	22	24	25	23	27	23
13	22	20	25	24	21	25	24	23	23	24
14	23	21	24	25	20	26	23	24	24	25
15	24	22	23	26	28	24	22	24	19	25
16	25	23	22	24	22	23	21	25	23	25
17	26	24	23	23	24	22	20	23	22	26
18	27	25	24	22	23	21	22	25	22	24
19	25	26	23	21	24	20	18	24	21	25
20	25	27	26	22	22	21	20	23	23	25

**IngeServicios S.A.C.**

Ing. Juan R. Rojas Heredia  
Ing. Civil - CIP 167303  
**JEFE DE LABORATORIO**  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

**INFORME DE ENSAYO**

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Pagina: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

INFORME N°: LSCP - 22 - 2346 - B

**PROYECTO :** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

**SOLICITANTE :** Consorcio Majestad

**DIRECCIÓN :** -

**UBICACIÓN :** La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 27 de Agosto de 2022

**MUESTRA :** Tramo III (Carril Izquierdo)

**FECHA DE EJECUCIÓN:** 27 de Agosto de 2022

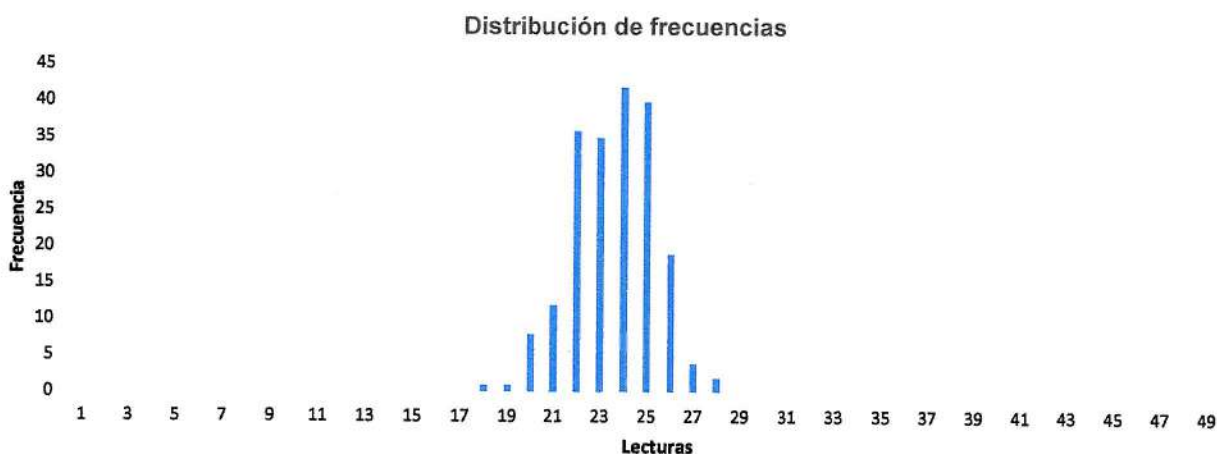
**ENSAYADO EN :** Laboratorio de suelos

**FECHA DE EMISIÓN:** 29 de Agosto de 2022

Número de datos: 200

Progresiva / Km: 1+600 - 2+000

**GRAFICA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS**



Descarte (5%)		Unidades consid.	F. correc. (Fc)	Rango D		IRI (m/km)		Observación
Inferior	Superior			Und.	mm	Expres. 1	Expres. 2	
1.00	0.79	5	0.832	6.79	28.24	1.92	1.37	Consideramos expresión 2

**IngeServicios S.A.C.**

Ing. Juan B. Rosales Heredia  
Ingeniero Civil en Ingeniería  
**JEFE DE LABORATORIO**  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

- Esta prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de Ingeservicios S.A.C.

- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.



**INFORME DE ENSAYO**  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Pagina: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

INFORME N°: LSCP - 22 - 2345 - A

**PROYECTO :** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

SOLICITANTE : Consorcio Majestad

DIRECCIÓN : -

UBICACIÓN : La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna

MUESTRA : Tramo III (Carril Izquierdo)

ENSAYADO EN : Laboratorio de suelos

FECHA DE RECEPCIÓN: 27 de Agosto de 2022

FECHA DE EJECUCIÓN: 27 de Agosto de 2022

FECHA DE EMISIÓN: 29 de Agosto de 2022

Número de datos: 200

Progresiva / Km: 1+200 - 1+600

**TIPO DE PAVIMENTO**

Afirmado  Base granular  Slurry  Trat. Bicapa   
Carp. en frío  Carp. en caliente  Recap. Asfáltico  Sello

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	23	26	22	23	23	25	25	29	24	25
2	24	25	24	25	24	26	24	22	23	25
3	25	25	24	24	25	27	24	23	24	24
4	26	24	23	26	26	26	25	27	24	24
5	25	24	22	22	27	24	26	23	23	25
6	26	23	21	19	28	23	24	24	22	25
7	27	22	22	20	26	22	25	24	22	23
8	25	21	23	22	25	21	24	24	23	23
9	24	20	24	24	24	22	28	23	22	22
10	23	22	23	25	23	23	24	22	23	23
11	22	23	22	26	22	24	24	26	24	23
12	21	24	21	27	21	24	24	22	24	22
13	20	24	22	28	20	25	25	25	25	23
14	19	25	24	27	22	26	26	23	25	22
15	22	26	24	26	23	24	24	24	25	22
16	23	25	25	24	24	22	23	24	24	22
17	24	25	26	25	24	23	22	26	23	23
18	25	24	25	25	25	22	21	24	24	22
19	26	23	24	25	26	24	22	25	24	22
20	25	22	23	24	26	23	23	24	24	24

 IngeServicios S.A.C.

Ing. Juan R. Posadas Heredia

Ing. Civil CAP N° 73084

**JEFE DE LABORATORIO**

Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

www.ingeservicios.com.pe

RUC 20449438834

**INFORME DE ENSAYO**  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Pagina: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

INFORME N°: LSCP - 22 - 2345 - B

PROYECTO : Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

SOLICITANTE : Consorcio Majestad

DIRECCIÓN : -

UBICACIÓN : La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna

MUESTRA : Tramo III (Carril Izquierdo)

ENSAYADO EN : Laboratorio de suelos

FECHA DE RECEPCIÓN: 27 de Agosto de 2022

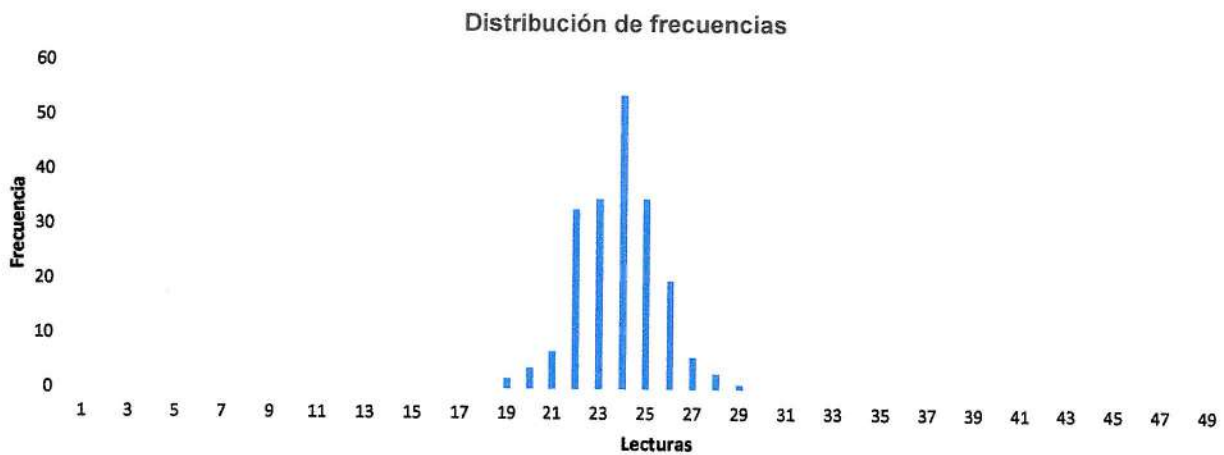
FECHA DE EJECUCIÓN: 27 de Agosto de 2022

FECHA DE EMISIÓN: 29 de Agosto de 2022

Número de datos: 200

Progresiva / Km: 1+200 - 1+600

**GRAFICA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS**



Descarte (5%)		Unidades consid.	F. correc. (Fc)	Rango D		IRI (m/km)		Observación
Inferior	Superior			Und.	mm	Expres. 1	Expres. 2	
0.43	1.00	5	0.832	6.43	26.74	1.85	1.30	Consideramos expresión 2

 **IngeServicios S.A.C.**

Ing. Juan R. Rosales Heredia  
Ing. Civil - CIP 11720  
**JEFE DE LABORATORIO**  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.

- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aqui declarados.

- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**INFORME DE ENSAYO**  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Pagina: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

**INFORME N°:** LSCP - 22 - 2341 - A

**PROYECTO :** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

**SOLICITANTE :** Consorcio Majestad  
**DIRECCIÓN:** -

**UBICACIÓN :** La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna  
**MUESTRA :** Tramo III (Carril derecho)  
**ENSAYADO EN :** Laboratorio de suelos


**FECHA DE RECEPCIÓN:** 27 de Agosto de 2022  
**FECHA DE EJECUCIÓN:** 27 de Agosto de 2022  
**FECHA DE EMISIÓN:** 29 de Agosto de 2022

**Número de datos:** 200 **Progresiva / Km:** 2+400 - 2+740

**TIPO DE PAVIMENTO**

Afirmado  Base granular  Slurry  Trat. Bicapa   
Carp. en frío  Carp. en caliente  Recap. Asfáltico  Sello

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	28	24	25	24	24	24	24	25	21	23
2	24	26	23	23	23	23	25	23	22	23
3	26	25	23	24	24	23	24	24	23	24
4	25	223	22	26	26	26	24	22	22	26
5	22	23	22	23	23	25	23	24	27	25
6	25	25	23	25	25	22	26	21	26	25
7	24	24	22	21	21	23	25	22	26	25
8	24	24	21	22	22	22	25	23	22	23
9	23	22	23	24	24	23	22	26	23	23
10	22	27	22	23	23	27	24	20	22	22
11	23	25	21	25	25	23	23	21	23	21
12	25	25	24	24	24	24	23	20	24	21
13	22	20	23	23	23	23	23	24	22	23
14	24	22	22	22	22	22	25	26	24	23
15	24	21	25	22	22	22	24	22	26	22
16	24	19	24	25	25	24	25	18	24	23
17	23	19	24	24	24	25	27	20	23	25
18	23	21	24	24	24	24	25	22	25	25
19										
20										

 IngeServicios S.A.C.

Ing. Juan R. Rosales Heredia  
Ingeniero Civil - CIP N° 71004  
**JEFE DE LABORATORIO**  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

**INFORME DE ENSAYO**  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Página: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

INFORME N°: LSCP - 22 - 2341 - B

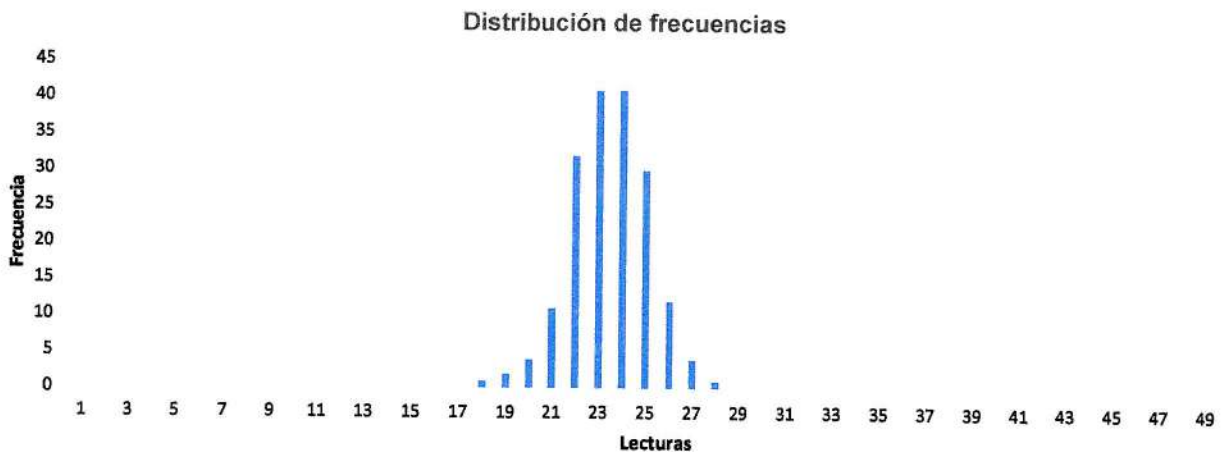
**PROYECTO :** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

**SOLICITANTE :** Consorcio Majestad**DIRECCIÓN :** -**UBICACIÓN :** La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna**MUESTRA :** Tramo III (Carril derecho)**ENSAYADO EN :** Laboratorio de suelos**FECHA DE RECEPCIÓN:** 27 de Agosto de 2022**FECHA DE EJECUCIÓN:** 27 de Agosto de 2022**FECHA DE EMISIÓN:** 29 de Agosto de 2022

Número de datos: 200

Progresiva / Km: 2+400 - 2+740

**GRAFICA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS**



Descarte (5%)		Unidades consid.	F. correc. (Fc)	Rango D		IRI (m/km)		Observación
Inferior	Superior			Und.	mm	Expres. 1	Expres. 2	
0.73	0.58	4	0.832	5.31	22.09	1.63	1.07	Consideramos expresión 2

 **IngeServicios S.A.C.**

Ing. Juan X. Rosales Heredia  
RUC: 20449438834  
**JEFE DE LABORATORIO**  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.

- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.

- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.



Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna

☎ 052284898 - 955668070

✉ info@ingeservicios.com.pe



www.ingeservicios.com.pe



RUC 20449438834

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

**INFORME N°:** LSCP - 22 - 2340 - A

**PROYECTO:** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

**SOLICITANTE:** Consorcio Majestad

**DIRECCIÓN:** -

**UBICACIÓN:** La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna

**MUESTRA:** Tramo III (Carril derecho)

**ENSAYADO EN:** Laboratorio de suelos

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 27 de Agosto de 2022

**FECHA DE EJECUCIÓN:** 27 de Agosto de 2022

**FECHA DE EMISIÓN:** 29 de Agosto de 2022

**Número de datos:** 200

**Progresiva / Km:** 2+000 - 2+400

**TIPO DE PAVIMENTO**

Afirmado  Base granular  Slurry  Trat. Bicapa

Carp. en frío  Carp. en caliente  Recap. Asfáltico  Sello

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	24	22	22	22	26	23	25	22	25	22
2	23	20	24	21	22	24	23	21	24	17
3	25	33	23	24	22	25	27	23	24	22
4	26	28	24	23	23	25	24	24	24	28
5	25	25	24	23	25	23	24	22	24	25
6	24	23	25	25	25	25	24	23	25	21
7	24	24	25	25	23	24	24	24	25	24
8	24	28	24	23	22	24	23	27	23	23
9	23	27	24	25	25	25	25	25	25	22
10	22	28	25	26	21	23	26	23	22	17
11	25	29	23	22	24	24	29	22	25	20
12	25	30	22	23	23	25	23	22	23	22
13	26	30	23	22	21	24	24	25	24	24
14	23	31	23	22	24	25	24	26	22	25
15	26	24	23	21	24	26	24	26	26	24
16	25	24	23	23	25	24	23	23	21	23
17	24	20	23	23	25	24	22	22	20	22
18	23	23	25	24	22	27	26	22	20	20
19	23	24	22	23	23	23	22	24	25	26
20	22	25	26	23	26	24	24	22	24	24

 IngeServicios S.A.C.

Ing. Juan R. Rosales Heredia  
Ing. Civil - CIP N° 78820  
**JEFE DE LABORATORIO**  
Laboratorio de Suelos, concreto y Pavimentos

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

Consultoría y control de calidad en proyectos de ingeniería  
Garantía, eficiencia y seguridad

PRP-06-46R/Abril 2022/Rev.00

**INFORME DE ENSAYO**  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Página: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

INFORME N°: LSCP - 22 - 2340 - B

PROYECTO : Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

SOLICITANTE : Consorcio Majestad

DIRECCIÓN : -

UBICACIÓN : La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna

FECHA DE RECEPCIÓN: 27 de Agosto de 2022

MUESTRA : Tramo III (Carril derecho)

FECHA DE EJECUCIÓN: 27 de Agosto de 2022

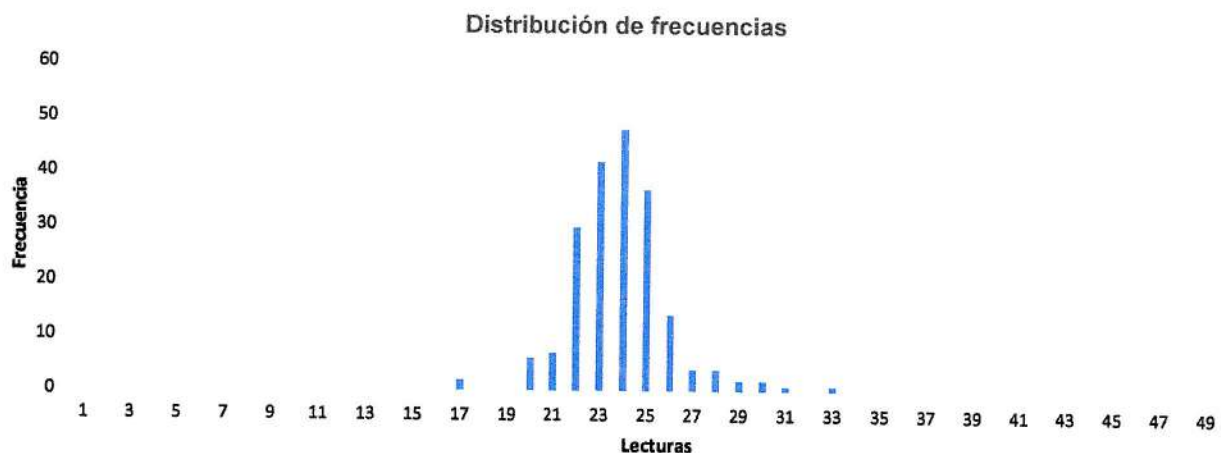
ENSAYADO EN : Laboratorio de suelos

FECHA DE EMISIÓN: 29 de Agosto de 2022

Número de datos: 200

Progresiva / Km: 2+000 - 2+400

**GRAFICA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS**



Descarte (5%)		Unidades consid.	F. correc. (Fc)	Rango D		IRI (m/km)		Observación
Inferior	Superior			Und.	mm	Expres. 1	Expres. 2	
0.71	1.00	6	0.832	7.71	32.09	2.10	1.56	Consideramos expresión 2

**IngeServicios S.A.C.**

Ing. Juan P. Rosales Heredia  
JEFE DE LABORATORIO  
Laboratorio de Suelos, concreto y Pavimentos

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.

- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.

- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

Consultoría y control de calidad en proyectos de ingeniería  
Garantía, eficiencia y seguridad

PRP-06-46R/Abril 2022/Rev.00

**INFORME DE ENSAYO**  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Página: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

**INFORME N°:** LSCP - 22 - 2339 - A

**PROYECTO :** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

**SOLICITANTE :** Consorcio Majestad

**DIRECCIÓN:** -

**UBICACIÓN :** La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna

**MUESTRA :** Tramo III (Carril derecho)

**ENSAYADO EN :** Laboratorio de suelos

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 27 de Agosto de 2022

**FECHA DE EJECUCIÓN:** 27 de Agosto de 2022

**FECHA DE EMISIÓN:** 29 de Agosto de 2022

**Número de datos:** 200

**Progresiva / Km:** 1+600 - 2+000

**TIPO DE PAVIMENTO**

Afirmado  Base granular  Slurry  Trat. Bicapa   
Carp. en frío  Carp. en caliente  Recap. Asfáltico  Sello

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	25	24	25	15	23	20	23	22	26	21
2	24	23	23	24	21	26	22	22	25	22
3	26	24	25	24	25	21	28	21	25	25
4	23	25	23	25	24	22	27	20	23	24
5	23	24	23	20	24	27	28	21	21	26
6	25	24	24	21	23	26	26	24	26	25
7	27	24	26	26	22	25	22	22	25	26
8	25	26	25	23	20	24	22	25	25	25
9	25	23	25	21	24	23	24	26	24	25
10	25	28	25	22	21	22	26	25	24	25
11	22	24	25	24	26	29	27	24	23	23
12	25	25	26	23	25	26	23	26	22	22
13	23	25	23	24	23	25	25	25	21	23
14	24	24	25	26	24	24	26	26	27	22
15	25	24	24	28	27	24	27	25	28	23
16	23	26	25	24	26	24	24	24	27	21
17	26	24	24	25	24	25	21	23	25	20
18	24	26	24	20	21	26	23	25	24	27
19	24	22	25	22	25	22	22	22	24	26
20	23	23	23	19	24	20	25	22	25	25

IngeServicios S.A.C.

Inge Juan R. Mesales Heredia  
INGENIERO CIVIL - SUPLENTE  
**JEFE DE LABORATORIO**  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

**INFORME DE ENSAYO**  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Pagina: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

INFORME N°: LSCP - 22 - 2339 - B

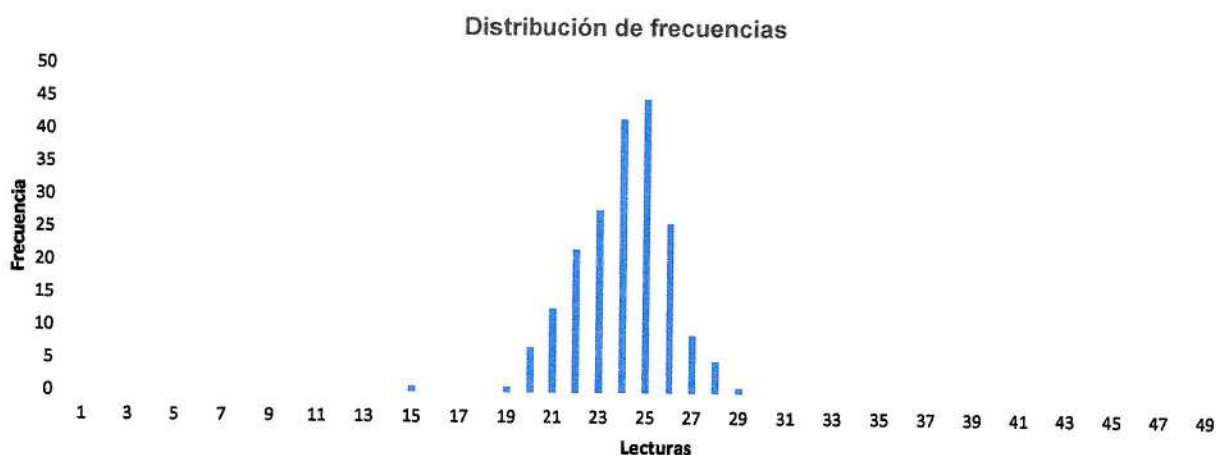
**PROYECTO :** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

**SOLICITANTE :** Consorcio Majestad**DIRECCIÓN :** -**UBICACIÓN :** La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna**FECHA DE RECEPCIÓN:** 27 de Agosto de 2022**MUESTRA :** Tramo III (Carril derecho)**FECHA DE EJECUCIÓN:** 27 de Agosto de 2022**ENSAYADO EN :** Laboratorio de suelos**FECHA DE EMISIÓN:** 29 de Agosto de 2022

Número de datos: 200

Progresiva / Km: 1+600 - 2+000

**GRAFICA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS**



Descarte (5%)		Unidades consid.	F. correc. (Fc)	Rango D		IRI (m/km)		Observación
Inferior	Superior			Und.	mm	Expres. 1	Expres. 2	
0.92	0.56	5	0.832	6.48	26.95	1.86	1.31	Consideramos expresión 2

 **IngeServicios S.A.C.**

Ing. Juan R. Rosales Heredia  
Ing. Civil - CIP N° 24083  
**JEFE DEL LABORATORIO**  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.

- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.

- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.



Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín - Tacna



052284898 - 955668070



info@ingeservicios.com.pe



www.ingeservicios.com.pe



RUC 20449438834



IngeServicios

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

Consultoría y control de calidad en proyectos de ingeniería  
Garantía, eficiencia y seguridad

PRP-06-46R/Abril 2022/Rev.00

**INFORME DE ENSAYO**

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Pagina: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

INFORME N°: LSCP - 22 - 2338 - A

**PROYECTO :** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

**SOLICITANTE :** Consorcio Majestad**DIRECCIÓN:** -**UBICACIÓN :** La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna**MUESTRA :** Tramo III (Carril derecho)**ENSAYADO EN :** Laboratorio de suelos**FECHA DE RECEPCIÓN:** 27 de Agosto de 2022**FECHA DE EJECUCIÓN:** 27 de Agosto de 2022**FECHA DE EMISIÓN:** 29 de Agosto de 2022**Número de datos:** 200**Progresiva / Km:** 1+200 - 1+600**TIPO DE PAVIMENTO**

Afirmado  Base granular  Slurry  Trat. Bicapa   
Carp. en frío  Carp. en caliente  Recap. Asfáltico  Sello

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	23	27	25	28	20	26	29	20	24	25
2	24	25	24	25	24	23	27	23	25	24
3	25	26	25	25	21	26	25	22	26	24
4	24	32	24	24	18	25	26	23	25	23
5	25	24	23	25	23	23	25	22	26	24
6	26	26	24	28	24	22	26	24	22	22
7	24	16	24	26	25	24	25	21	21	23
8	23	16	27	26	27	22	24	25	21	22
9	21	26	26	21	22	23	23	26	20	24
10	21	19	25	26	18	22	22	24	22	22
11	27	27	22	24	24	24	27	23	24	24
12	24	28	22	21	20	21	28	25	25	24
13	24	28	26	23	24	23	22	24	26	24
14	25	22	25	24	22	22	21	22	23	23
15	25	26	25	23	28	26	26	21	21	24
16	25	25	25	23	26	25	25	26	26	21
17	25	23	24	21	24	25	26	25	25	28
18	27	24	23	26	23	24	27	22	23	26
19	23	24	25	23	26	24	25	21	24	25
20	24	25	22	33	24	22	24	24	25	26

Ing. Juan R. Rosales Heredia  
JEFE DE LABORATORIO  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

**INFORME DE ENSAYO**  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Página: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

INFORME N°: LSCP - 22 - 2338 - B

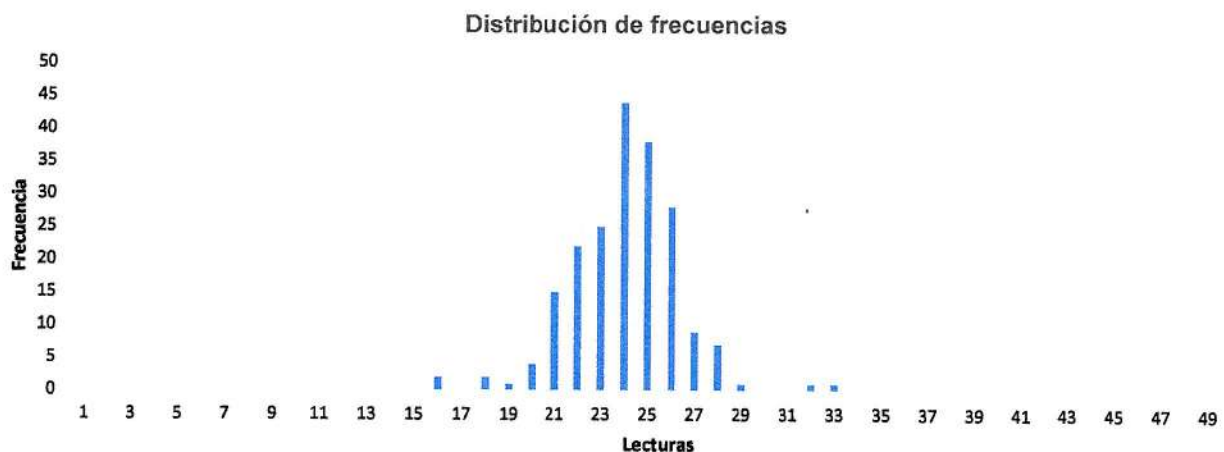
**PROYECTO :** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

**SOLICITANTE :** Consorcio Majestad**DIRECCIÓN :** -**UBICACIÓN :** La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna**FECHA DE RECEPCIÓN:** 27 de Agosto de 2022**MUESTRA :** Tramo III (Carril derecho)**FECHA DE EJECUCIÓN:** 27 de Agosto de 2022**ENSAYADO EN :** Laboratorio de suelos**FECHA DE EMISIÓN:** 29 de Agosto de 2022

Número de datos: 200

Progresiva / Km: 1+200 - 1+600

**GRAFICA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS**



Descarte (5%)		Unidades consid.	F. correc. (Fc)	Rango D		IRI (m/km)		Observación
Inferior	Superior			Und.	mm	Expres. 1	Expres. 2	
0.93	1.00	6	0.832	7.93	33.00	2.15	1.60	Consideramos expresión 2

 **IngeServicios S.A.C.**

Ing. Juan R. Rosales Heredia  
Ingeniero Civil - Exp. en Pavim.  
**JEFE DE LABORATORIO**  
Laboratorio de Suelos, concreto y Pavimentos

- Esta prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de Ingeservicios S.A.C.

- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.



**IngeServicios**

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

Consultoría y control de calidad en proyectos de ingeniería  
Garantía, eficiencia y seguridad

PRP-06-46R/Abril 2022/Rev.00

**INFORME DE ENSAYO**  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Página: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

**INFORME N°:** LSCP - 22 - 2358 - A

**PROYECTO:** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

**SOLICITANTE:** Consorcio Majestad

**DIRECCIÓN:** -

**UBICACIÓN:** La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna

**MUESTRA:** Tramo III (Carril izquierdo)

**ENSAYADO EN:** Laboratorio de suelos

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 26 de Agosto de 2022

**FECHA DE EJECUCIÓN:** 26 de Agosto de 2022

**FECHA DE EMISIÓN:** 29 de Agosto de 2022

**Número de datos:** 200

**Progresiva / Km:** 3+540 - 3+940

**TIPO DE PAVIMENTO**

Afirmado  Base granular  Slurry  Trat. Bicapa   
Carp. en frío  Carp. en caliente  Recap. Asfáltico  Sello

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

**IngeServicios S.A.C.**

Ing. Juan R. Rosales Heredia

Ing. Civil - CEP N° 73084

**JEFE DE LABORATORIO**

Laboratorio de Suelos, concreto y Pavimentos

Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín - Tacna

052284898 - 955668070

info@ingeservicios.com.pe

www.ingeservicios.com.pe

RUC 20449438834

**INFORME DE ENSAYO**  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Pagina: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

INFORME N°: LSCP - 22 - 2358 - B

PROYECTO : Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

SOLICITANTE : Consorcio Majestad

DIRECCIÓN : -

UBICACIÓN : La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna

MUESTRA : Tramo III (Carril izquierdo)

ENSAYADO EN : Laboratorio de suelos

FECHA DE RECEPCIÓN: 26 de Agosto de 2022

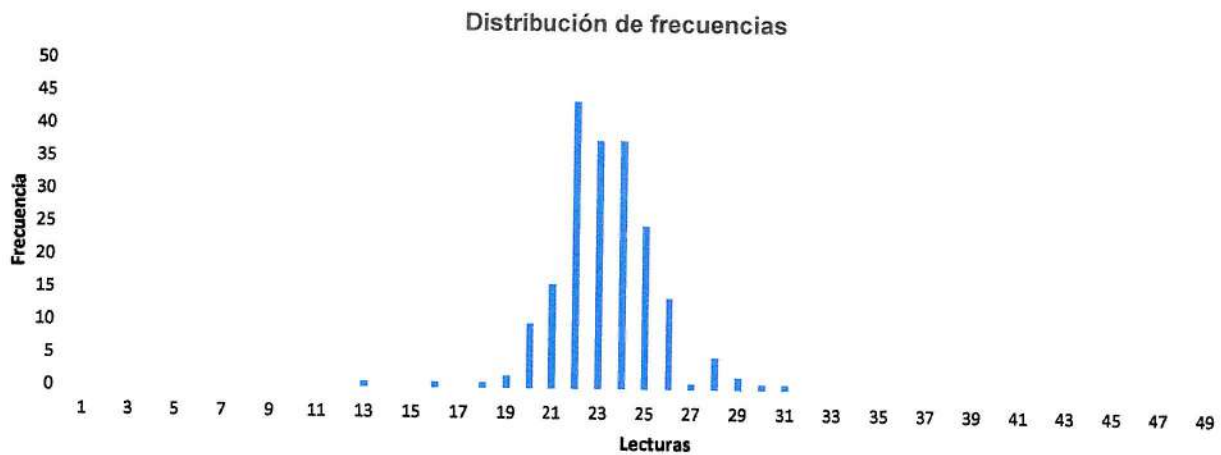
FECHA DE EJECUCIÓN: 26 de Agosto de 2022

FECHA DE EMISIÓN: 29 de Agosto de 2022

Número de datos: 200

Progresiva / Km: 3+540 - 3+940

**GRAFICA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS**



Descarte (5%)		Unidades consid.	F. correc. (Fc)	Rango D		IRI (m/km)		Observación
Inferior	Superior			Und.	mm	Expres. 1	Expres. 2	
1.00	0.50	6	0.832	7.50	31.20	2.06	1.51	Consideramos expresión 2

 **IngeServicios S.A.C.**

Ing. Juan R. Rosales Heredia  
Ingeniero Civil - CIP N° 71089  
**JEFE DE LABORATORIO**  
Laboratorio de Suelos, concreto y Pavimentos

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.



IngeServicios

## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Consultoría y control de calidad en proyectos de ingeniería  
Garantía, eficiencia y seguridad

PRP-06-46R/Abril 2022/Rev.00

### INFORME DE ENSAYO

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Pagina: 1 de 1

### ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

INFORME N°: LSCP - 22 - 2357 - A

**PROYECTO :** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

**SOLICITANTE :** Consorcio Majestad**DIRECCIÓN:** -**UBICACIÓN :** La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna**MUESTRA :** Tramo III (Carril izquierdo)**ENSAYADO EN :** Laboratorio de suelos**FECHA DE RECEPCIÓN:** 26 de Agosto de 2022**FECHA DE EJECUCIÓN:** 26 de Agosto de 2022**FECHA DE EMISIÓN:** 29 de Agosto de 2022**Número de datos:** 200**Progresiva / Km:** 3+ 140 - 3+ 540

#### TIPO DE PAVIMENTO

Afirmado  Base granular  Slurry  Trat. Bicapa   
Carp. en frío  Carp. en caliente  Recap. Asfáltico  Sello

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	24	22	23	22	23	23	24	22	22	24
2	26	24	24	25	23	22	23	24	17	23
3	25	24	23	23	24	21	23	23	23	24
4	25	23	24	22	24	23	24	22	22	26
5	24	25	22	24	23	23	23	24	20	24
6	26	23	25	22	22	24	23	24	21	25
7	26	23	25	23	22	23	23	25	20	22
8	23	22	21	22	23	27	24	24	22	22
9	22	23	23	25	23	27	23	23	24	23
10	24	25	22	24	25	26	24	23	23	19
11	24	23	24	23	24	25	23	23	23	22
12	22	24	25	24	23	24	26	24	24	23
13	23	23	22	22	23	25	25	23	24	23
14	23	27	23	23	25	23	26	22	25	23
15	24	25	22	30	26	23	27	24	23	24
16	24	23	23	26	23	22	25	23	23	24
17	22	23	26	26	23	21	26	23	24	24
18	23	24	25	23	22	23	24	25	22	24
19	24	21	24	23	24	23	23	25	23	23
20	25	25	21	22	26	23	22	24	25	23

IngeServicios S.A.C.

Ing. Juan R. Rosales Heredia

JEFE DE LABORATORIO

Laboratorio de Suelos, concreto y Pavimentos

www.ingeservicios.com.pe

RUC 20449438834

**INFORME DE ENSAYO**

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Página: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

INFORME N°: LSCP - 22 - 2357 - B

PROYECTO : Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

SOLICITANTE : Consorcio Majestad

DIRECCIÓN : -

UBICACIÓN : La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna

FECHA DE RECEPCIÓN: 26 de Agosto de 2022

MUESTRA : Tramo III (Carril izquierdo)

FECHA DE EJECUCIÓN: 26 de Agosto de 2022

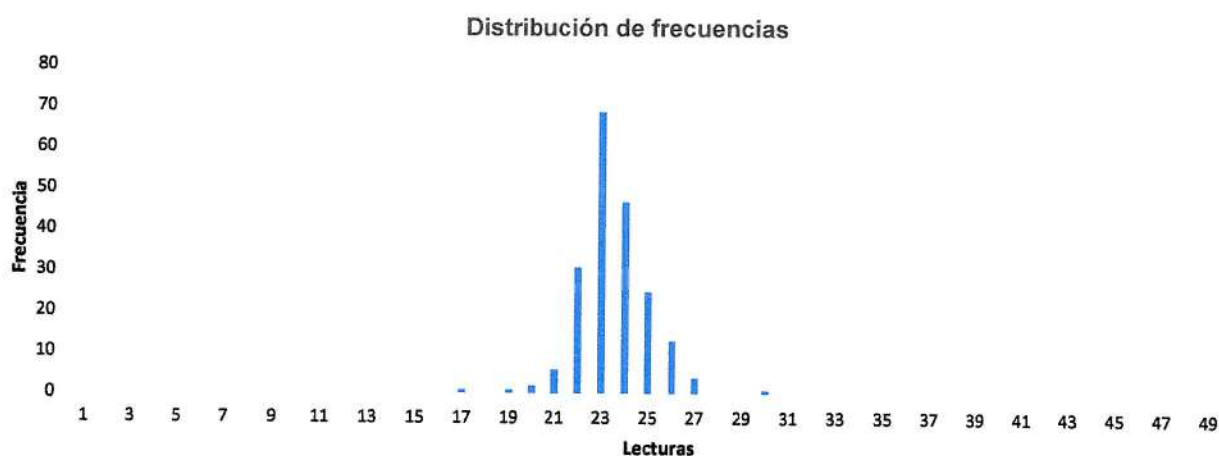
ENSAYADO EN : Laboratorio de suelos

FECHA DE EMISIÓN: 29 de Agosto de 2022

Número de datos: 200

Progresiva / Km: 3+ 140 - 3+ 540

**GRAFICA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS**



Descarte (5%)		Unidades consid.	F. correc. (Fc)	Rango D		IRI (m/km)		Observación
Inferior	Superior			Und.	mm	Expres. 1	Expres. 2	
0.62	1.00	4	0.832	5.62	23.36	1.69	1.13	Consideramos expresión 2

 **IngeServicios S.A.C.**

Ing. Juan R. Rosales Heredia  
Ingeniero Civil - C.O.P.E. N° 79089  
**JEFE DE LABORATORIO**  
Laboratorio de Suelos, concreto y Pavimentos

- Esta prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de Ingeservicios S.A.C.

- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.





**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**  
 Consultoría y control de calidad en proyectos de ingeniería  
 Garantía, eficiencia y seguridad

PRP-06-46R/Abril 2022/Rev.00

**INFORME DE ENSAYO**  
 DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Página: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

**INFORME N°:** LSCP - 22 - 2356 - A

**PROYECTO :** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

**SOLICITANTE :** Consorcio Majestad

**DIRECCIÓN:** -

**UBICACIÓN :** La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna

**MUESTRA :** Tramo III (Carril izquierdo)

**ENSAYADO EN :** Laboratorio de suelos

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 26 de Agosto de 2022

**FECHA DE EJECUCIÓN:** 26 de Agosto de 2022

**FECHA DE EMISIÓN:** 29 de Agosto de 2022

**Número de datos:** 200

**Progresiva / Km:** 2+740 - 3+ 140

**TIPO DE PAVIMENTO**

Afirmado  Base granular  Slurry  Trat. Bicapa

Carp. en frío  Carp. en caliente  Recap. Asfáltico  Sello

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	25	24	24	24	23	24	24	24	22	25
2	25	24	24	24	24	23	22	25	26	22
3	28	26	25	25	25	24	24	20	24	23
4	30	26	25	23	24	26	25	19	24	21
5	28	25	26	23	25	25	25	24	24	22
6	26	24	22	23	25	25	23	25	30	20
7	25	23	23	24	26	23	25	25	26	22
8	22	25	23	23	25	23	26	26	22	22
9	25	25	22	21	25	23	25	24	23	22
10	26	23	26	22	24	23	26	22	24	24
11	24	24	24	22	25	24	23	24	23	23
12	22	22	23	24	25	25	22	26	25	23
13	24	23	24	25	24	25	26	28	23	24
14	24	25	24	22	24	25	25	23	25	24
15	24	25	25	20	23	20	24	24	24	23
16	24	22	23	22	22	21	21	23	25	23
17	23	23	24	23	25	24	23	23	23	22
18	25	23	26	24	24	26	23	23	27	26
19	24	24	26	24	24	24	24	22	26	25
20	24	25	25	22	25	23	25	23	26	25

IngeServicios S.A.C.

Ing. Juan R. Rosales Heredia  
 Ing. Civil / CIP N° 75089  
**JEFE DE LABORATORIO**  
 Laboratorio de Suelos, concreto y Pavimentos

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

Consultoría y control de calidad en proyectos de ingeniería  
Garantía, eficiencia y seguridad

PRP-06-46R/Abril 2022/Rev.00

**INFORME DE ENSAYO**

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Página: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

INFORME N°: LSCP - 22 - 2356 - B

PROYECTO : Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

SOLICITANTE : Consorcio Majestad

DIRECCIÓN : -

UBICACIÓN : La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna

MUESTRA : Tramo III (Carril izquierdo)

ENSAYADO EN : Laboratorio de suelos

FECHA DE RECEPCIÓN: 26 de Agosto de 2022

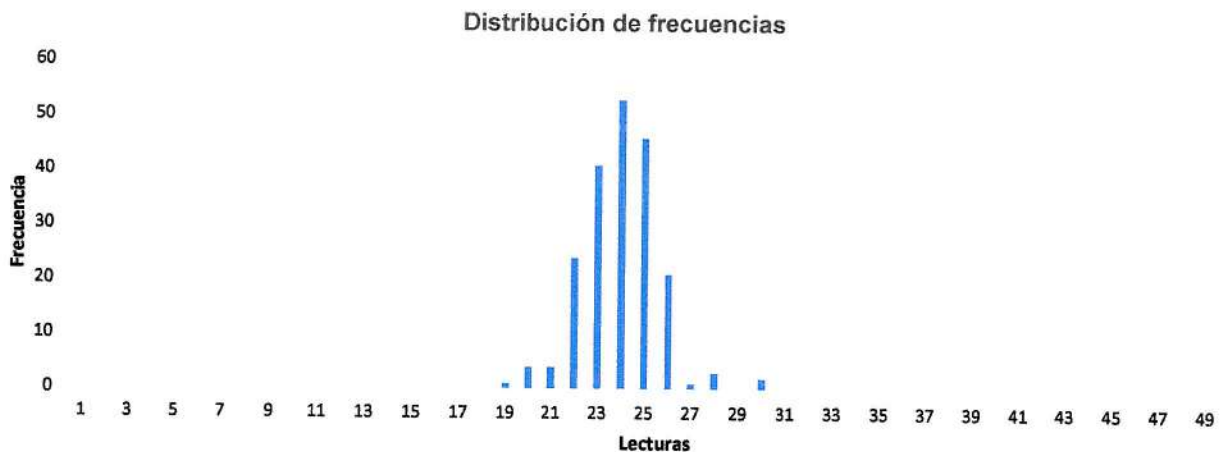
FECHA DE EJECUCIÓN: 26 de Agosto de 2022

FECHA DE EMISIÓN: 29 de Agosto de 2022

Número de datos: 200

Progresiva / Km: 2+740 - 3+ 140

**GRAFICA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS**



Descarte (5%)		Unidades consid.	F. correc. (Fc)	Rango D		IRI (m/km)		Observación
Inferior	Superior			Und.	mm	Expres. 1	Expres. 2	
0.81	0.96	3	0.832	4.77	19.83	1.53	0.96	Consideramos expresión 2

**IngeServicios S.A.C.**

Ing. Juan R. Rosales Heredia  
Ing. Civil - CIP N° 70000  
**JEFE DE LABORATORIO**  
Laboratorio de Suelos, concreto y Pavimentos

- Esta prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de Ingeservicios S.A.C.

- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

Consultoría y control de calidad en proyectos de ingeniería  
Garantía, eficiencia y seguridad

PRP-06-46R/Abril 2022/Rev.00

**INFORME DE ENSAYO**  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Página: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

**INFORME N°:** LSCP - 22 - 2355 - A

**PROYECTO:** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

**SOLICITANTE:** Consorcio Majestad

**DIRECCIÓN:** -

**UBICACIÓN:** La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna

**MUESTRA:** Tramo III (Carril derecho)

**ENSAYADO EN:** Laboratorio de suelos

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 26 de Agosto de 2022

**FECHA DE EJECUCIÓN:** 26 de Agosto de 2022

**FECHA DE EMISIÓN:** 29 de Agosto de 2022

**Número de datos:** 151


**Progresiva / Km:** 2+740 - 2+ 940

**TIPO DE PAVIMENTO**

Afirmado  Base granular  Slurry  Trat. Bicapa

Carp. en frío  Carp. en caliente  Recap. Asfáltico  Sello

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	30	28	27	27	29	28	27	28	27	27
2	28	26	27	28	30	29	29	29	29	27
3	27	26	28	27	27	26	27	28	28	27
4	25	26	31	29	27	27	27	28	30	29
5	28	28	27	25	28	29	27	26	30	29
6	29	28	29	27	27	26	27	26	28	27
7	26	27	29	28	28	27	29	27	26	27
8	27	25	27	26	27	28	32	30	28	27
9	29	27	29	29	29	28	29	27	29	29
10	30	29	30	27	27	26	29	28	27	26
11	24	27	28	27	26	27	27	29	28	29
12	27	27	27	28	27	26	28	28	27	27
13	28	28	27	27	25	28	29	27	27	29
14	28	29	29	28	27	28	28	32	29	28
15	27	31	29	30	29	30	28	32	29	29
16	28									
17										
18										
19										
20										

 **IngeServicios S.A.C.**

Ing. Juan P. Rosales Heredia  
JEFE DE LABORATORIO  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

Consultoría y control de calidad en proyectos de ingeniería  
Garantía, eficiencia y seguridad

PRP-06-46R/Abril 2022/Rev.00

**INFORME DE ENSAYO**

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Página: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

INFORME N°: LSCP - 22 - 2355 - B

PROYECTO : Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

SOLICITANTE : Consorcio Majestad

DIRECCIÓN : -

UBICACIÓN : La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna

FECHA DE RECEPCIÓN: 26 de Agosto de 2022

MUESTRA : Tramo III (Carril derecho)

FECHA DE EJECUCIÓN: 26 de Agosto de 2022

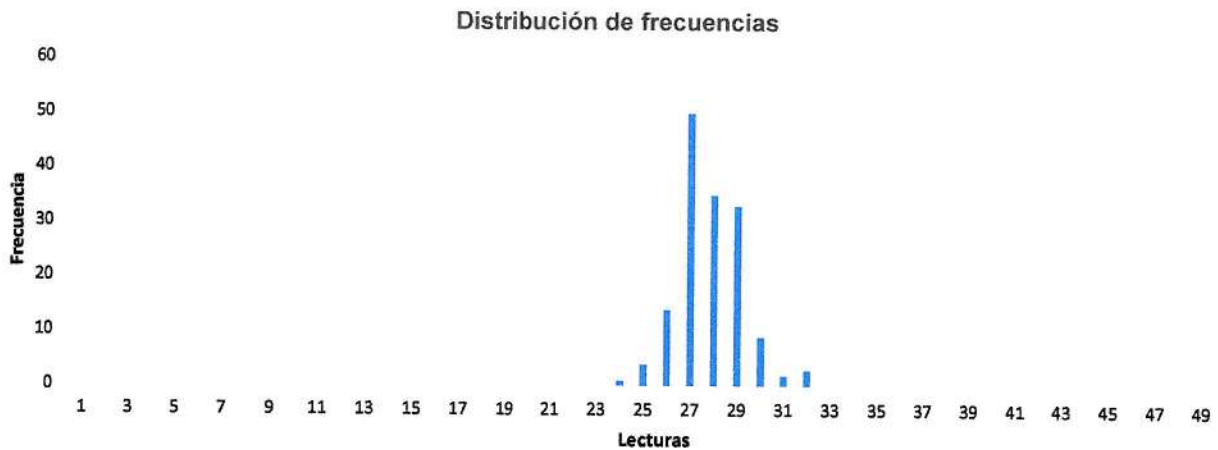
ENSAYADO EN : Laboratorio de suelos

FECHA DE EMISIÓN: 29 de Agosto de 2022

Número de datos: 151

Progresiva / Km: 2+740 - 2+ 940

**GRAFICA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS**



Descarte (5%)		Unidades consid.	F. correc. (Fc)	Rango D		IRI (m/km)		Observación
Inferior	Superior			Und.	mm	Expres. 1	Expres. 2	
0.44	0.64	3	0.832	4.09	17.00	1.39	0.82	Consideramos expresión 2

**IngeServicios S.A.C.**

Ing. Juan R. Bosales Heredia  
Ingeniero Civil - C.O.T. N° 70089  
**JEFE DE LABORATORIO**  
Laboratorio de Suelos, concreto y Pavimentos

- Esta prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de Ingeservicios S.A.C.

- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.



Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín - Tacna

052284898 - 955668070

info@ingeservicios.com.pe



www.ingeservicios.com.pe



RUC 20449438834

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

Consultoría y control de calidad en proyectos de ingeniería  
Garantía, eficiencia y seguridad

PRP-06-46R/Abril 2022/Rev.00

**INFORME DE ENSAYO**  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Página: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

**INFORME N°:** LSCP - 22 - 2354 - A

**PROYECTO:** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

**SOLICITANTE:** Consorcio Majestad

**DIRECCIÓN:** -

**UBICACIÓN:** La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 26 de Agosto de 2022

**MUESTRA:** Tramo III (Carril derecho)

**FECHA DE EJECUCIÓN:** 26 de Agosto de 2022

**ENSAYADO EN:** Laboratorio de suelos

**FECHA DE EMISIÓN:** 29 de Agosto de 2022

**Número de datos:** 200

**Progresiva / Km:** 2+ 940 - 3+ 340

**TIPO DE PAVIMENTO**

Afirmado  Base granular  Slurry  Trat. Bicapa   
Carp. en frío  Carp. en caliente  Recap. Asfáltico  Sello

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	29	28	28	26	29	28	27	26	26	27
2	27	28	29	27	29	26	27	26	29	29
3	28	27	28	28	30	30	27	29	28	28
4	31	30	29	29	30	32	28	29	28	27
5	28	28	26	28	28	29	28	25	26	30
6	31	30	29	29	27	29	28	28	29	29
7	29	28	30	27	29	28	29	28	28	30
8	34	29	27	28	26	28	29	29	29	30
9	32	29	28	28	26	27	29	29	27	28
10	30	29	28	28	30	27	25	25	26	28
11	28	28	27	28	31	28	27	28	26	28
12	28	30	30	29	29	28	27	29	30	29
13	28	28	29	29	29	30	31	29	28	25
14	27	28	27	31	29	29	29	28	28	30
15	31	31	30	29	28	30	30	31	30	30
16	32	27	28	29	30	28	27	28	30	29
17	30	29	26	27	27	28	32	29	25	26
18	29	27	34	29	29	27	25	26	28	28
19	26	28	28	27	28	28	26	27	29	30
20	28	27	29	29	28	27	30	29	26	27

 IngeServicios S.A.C.

Ing. Juan A. Rosales Heredia  
Ingeniero Civil - CIP N° 73983  
**JEFE DE LABORATORIO**  
Laboratorio de Suelos, concreto y Pavimentos

**INFORME DE ENSAYO**

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Página: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

INFORME N°: LSCP - 22 - 2354 - B

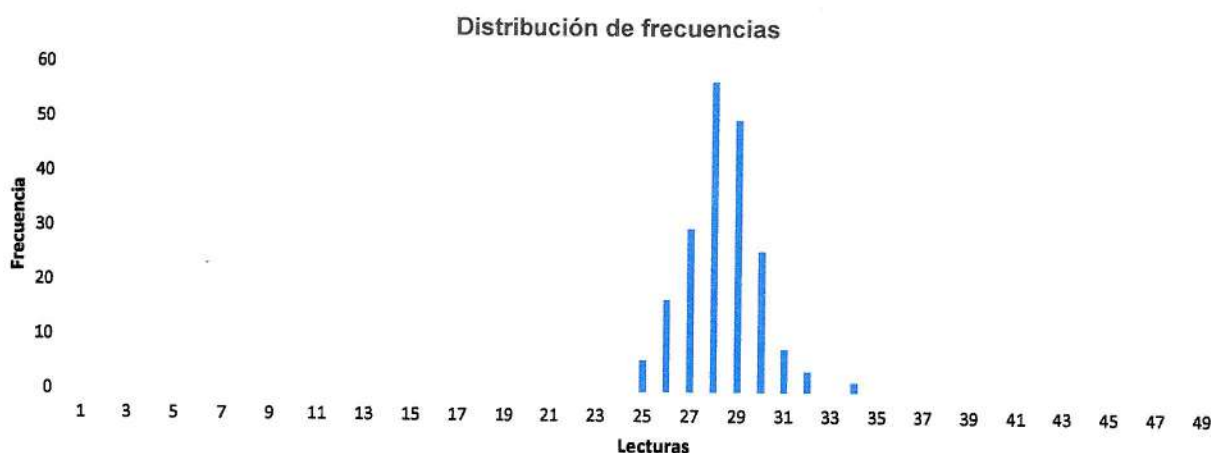
**PROYECTO :** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

**SOLICITANTE :** Consorcio Majestad**DIRECCIÓN :** -**UBICACIÓN :** La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna**FECHA DE RECEPCIÓN:** 26 de Agosto de 2022**MUESTRA :** Tramo III (Carril derecho)**FECHA DE EJECUCIÓN:** 26 de Agosto de 2022**ENSAYADO EN :** Laboratorio de suelos**FECHA DE EMISIÓN:** 29 de Agosto de 2022

Número de datos: 200

Progresiva / Km: 2+ 940 - 3+ 340

**GRAFICA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS**



Descarte (5%)		Unidades consid.	F. correc. (Fc)	Rango D		IRI (m/km)		Observación
Inferior	Superior			Und.	mm	Expres. 1	Expres. 2	
0.50	0.76	4	0.832	5.26	21.90	1.62	1.06	Consideramos expresión 2

 **IngeServicios S.A.C.**

Ing. Juan R. Rosales Heredia  
Un. Civil - CIP 172904  
**JEFE DE LABORATORIO**  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.

- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aquí declarados.

- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.



**IngeServicios**

**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

Consultoría y control de calidad en proyectos de ingeniería  
Garantía, eficiencia y seguridad

PRP-06-46R/Abril 2022/Rev.00

**INFORME DE ENSAYO**  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Página: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

**INFORME N°:** LSCP - 22 - 2353 - A

**PROYECTO :** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

**SOLICITANTE :** Consorcio Majestad

**DIRECCIÓN:** -

**UBICACIÓN :** La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna

**MUESTRA :** Tramo III (Carril derecho)

**ENSAYADO EN :** Laboratorio de suelos

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 26 de Agosto de 2022

**FECHA DE EJECUCIÓN:** 26 de Agosto de 2022

**FECHA DE EMISIÓN:** 29 de Agosto de 2022

**Número de datos:** 200

**Progresiva / Km:** (3+340 - 3+740)

**TIPO DE PAVIMENTO**

Afirmado  Base granular  Slurry  Trat. Bicapa   
Carp. en frío  Carp. en caliente  Recap. Asfáltico  Sello

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	30	25	27	28	29	29	30	30	32	30
2	28	30	32	28	28	31	32	29	27	28
3	29	26	27	27	29	28	28	28	27	27
4	26	32	36	29	29	30	29	27	28	27
5	26	26	29	28	31	30	28	27	30	29
6	25	27	26	25	29	29	31	32	27	27
7	27	25	27	26	26	25	27	27	29	28
8	27	27	29	28	30	29	27	28	26	26
9	26	25	29	30	29	27	29	29	30	29
10	28	27	27	27	24	25	28	28	35	29
11	30	28	29	28	27	27	30	29	25	25
12	29	27	27	28	29	28	28	27	30	29
13	28	29	27	29	30	32	27	29	24	26
14	17	20	20	26	32	29	23	25	31	29
15	31	30	27	27	36	32	27	27	28	27
16	26	27	30	29	28	27	32	30	28	28
17	27	24	31	25	26	29	34	30	25	27
18	27	26	29	28	28	27	27	25	28	26
19	27	29	30	28	30	29	30	31	33	30
20	29	27	26	27	28	27	30	29	30	32

IngeServicios S.A.C.

Ing. Juan R. Escalera Heredia  
Ingeniero Civil, CIP N° 75068  
**JEFE DE LABORATORIO**  
Laboratorio de Suelos, concreto y Pavimentos

**INFORME DE ENSAYO**

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Pagina: 1 de 1

**ENSAYO PARA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN**

INFORME N°: LSCP - 22 - 2353 - B

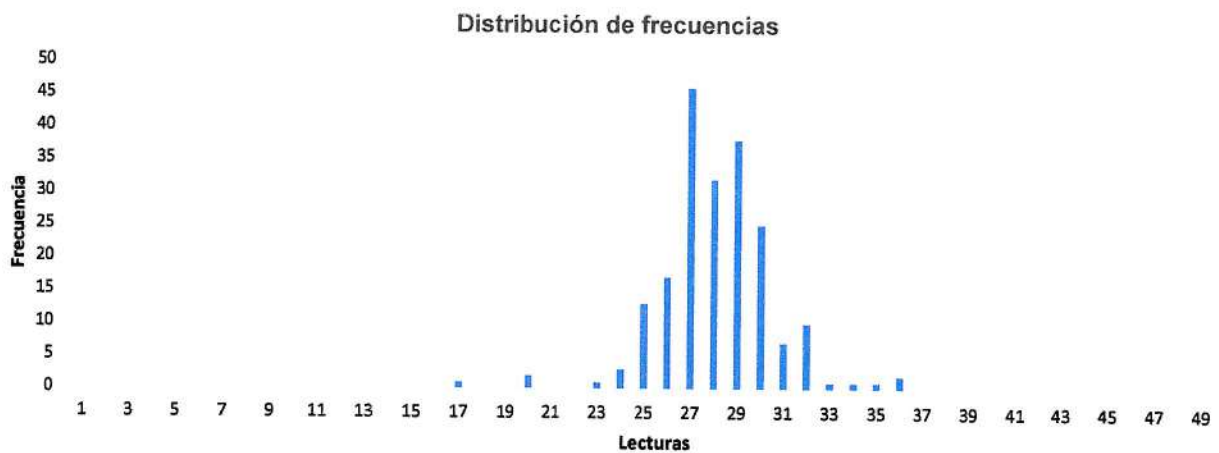
**PROYECTO :** Mejoramiento de la vía vecinal en la Asociación. Avic. Virgen de la candelaria, Asoc. Frontera sur, Asoc. Viv. 4 suyos, Coop. 28 agosto asent. 03, coop.60 Asent. 02 distrito dela Yarada Los Palos -Provincia de Tacna - Departamento de Tacna (Primera Etapa)

**SOLICITANTE :** Consorcio Majestad**DIRECCIÓN :** -**UBICACIÓN :** La Yarada Los Palos - Tacna - Tacna**FECHA DE RECEPCIÓN:** 26 de Agosto de 2022**MUESTRA :** Tramo III (Carril derecho)**FECHA DE EJECUCIÓN:** 26 de Agosto de 2022**ENSAYADO EN :** Laboratorio de suelos**FECHA DE EMISIÓN:** 29 de Agosto de 2022

Número de datos: 200

Progresiva / Km: (3+340 - 3+740)

**GRAFICA DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS**



Descarte (5%)		Unidades consid.	F. correc. (Fc)	Rango D		IRI (m/km)		Observación
Inferior	Superior			Und.	mm	Expres. 1	Expres. 2	
0.50	0.77	6	0.832	7.27	30.24	2.02	1.47	Consideramos expresión 2

 **IngeServicios S.A.C.**

Ing. Juan R. Rosales Heredia  
INGENIERO CIVIL - C.O.P.E. 70089  
**JEFE DE LABORATORIO**  
Laboratorio de Suelos, concreto y Pavimentos

- Esta prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de Ingeservicios S.A.C.

- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.



Av. Collpa N° 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna

☎ 052284898 - 955668070

@info@ingeservicios.com.pe



www.ingeservicios.com.pe



RUC 20449438834



*Figura 1: Calibración de Merlin con pastilla de bronce*



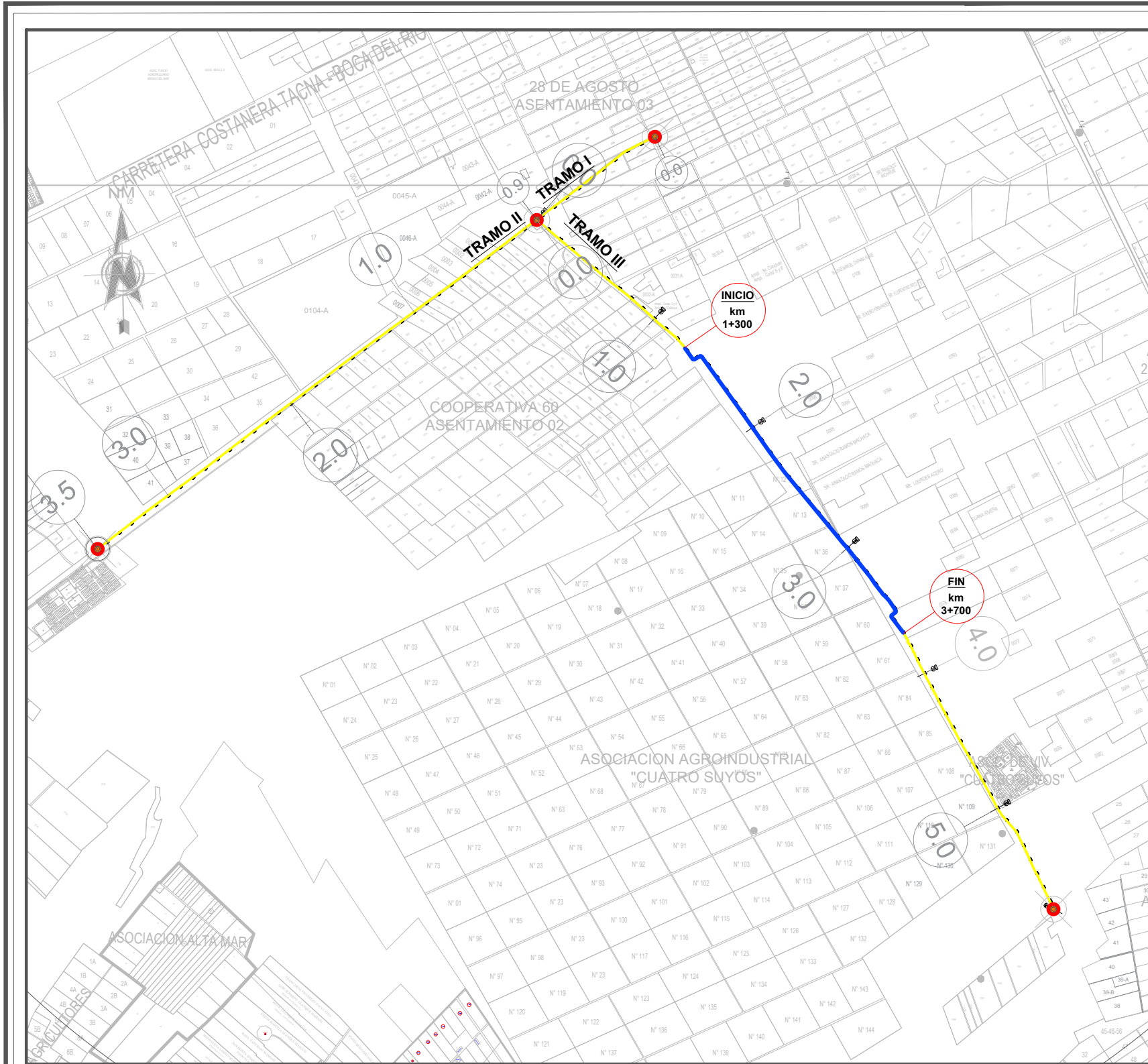
*Figura 2: Progresiva de inicio para ensayo con Abakal IRI*



*Figura 3: Progresiva final para ensayo con Abakal IRI*



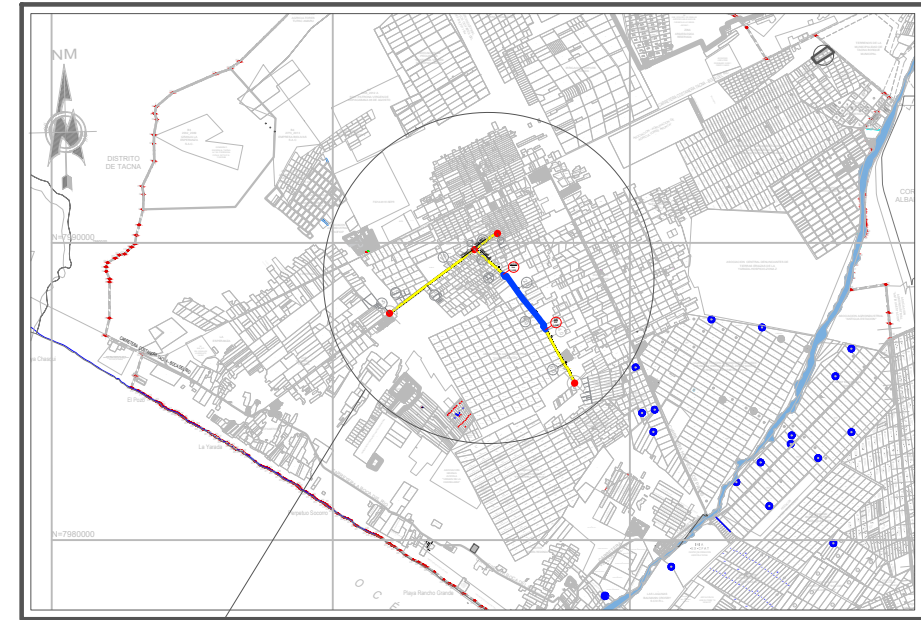
*Figura 4: Ensayo con Rugosimetro de Merlin con la supervision del ingeniero asesor.*



**PLANO DE UBICACION**

ESC: 1/5000

LEYENDA	
	PUNTO DE INICIO Y FIN DEL TRAMO
	TRAMO DE INVESTIGACION
	TRAMO DE EJECUCION



**ESQUEMA DE LOCALIZACION**

ESC: 1/750000

DEPARTAMENTO : TACNA  
 PROVINCIA : TACNA  
 DISTRITO : LA YARADA LOS PALOS

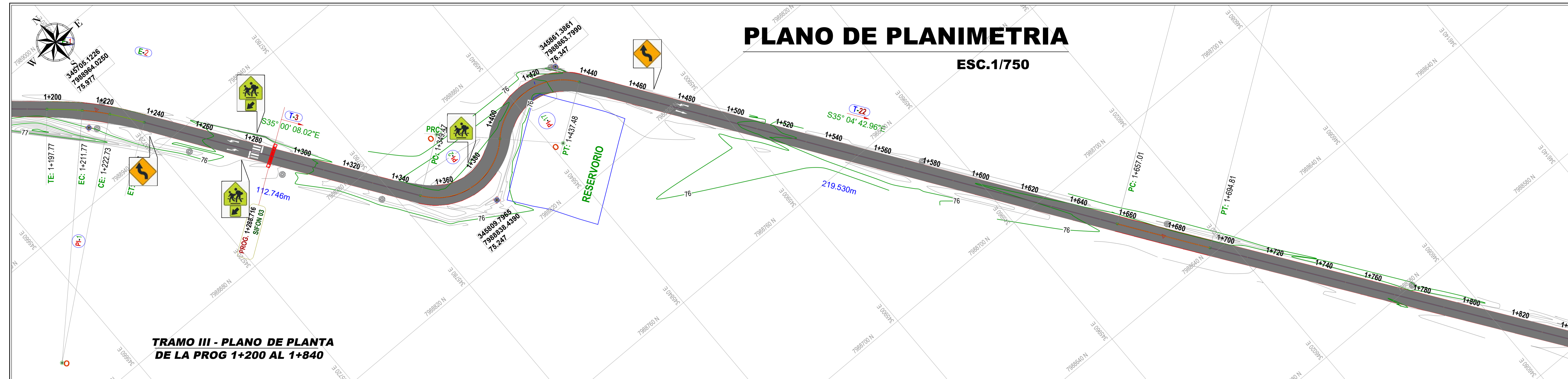
LONGITUD POR TRAMOS	
TRAMOS	LONGITUD
TRAMO I	0+945.48
TRAMO II	3+598.92
TRAMO III	5+736.63

LONGITUD DE INVESTIGACION	
TRAMOS	LONGITUD
TRAMO III	1+300 al 3+700

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE DE GROHMANN</b>	LAMINA :
	TESIS : "DETERMINACION DEL NIVEL DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO CON MORTERO ASFALTICO SLURRY SEAL PARA ANALIZAR EL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DESDE LA PROGRESIVA KM 1+300 HASTA LA KM 3+700 DEL TRAMO III DE LA CARRERA COOP. 60 ASENT. 02 - ASOC. VIV. 4 SUYOS EN EL DISTRITO DE LA YARADA LOS PALOS - TACNA"	<b>U-01</b>
REGION : <b>TACNA</b>	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b>	CADISTA :
PROV. : <b>TACNA</b>	PLANO : <b>PLANO DE UBICACION</b>	<b>A.I.C.C.</b>
DIST. : <b>LA YARADA LOS PALOS</b>	TESISISTAS : BACH. KENYI KENNEDY, MARMANILLO HUAMAN BACH. ALDO IVAN, CONDORI COAQUIRA	ESCALA : <b>INDICADA</b>
	ASESOR : ING. VICTOR, YAPUCHURA PLATERO	FECHA : <b>MAYO - 2023</b>

# PLANO DE PLANIMETRIA

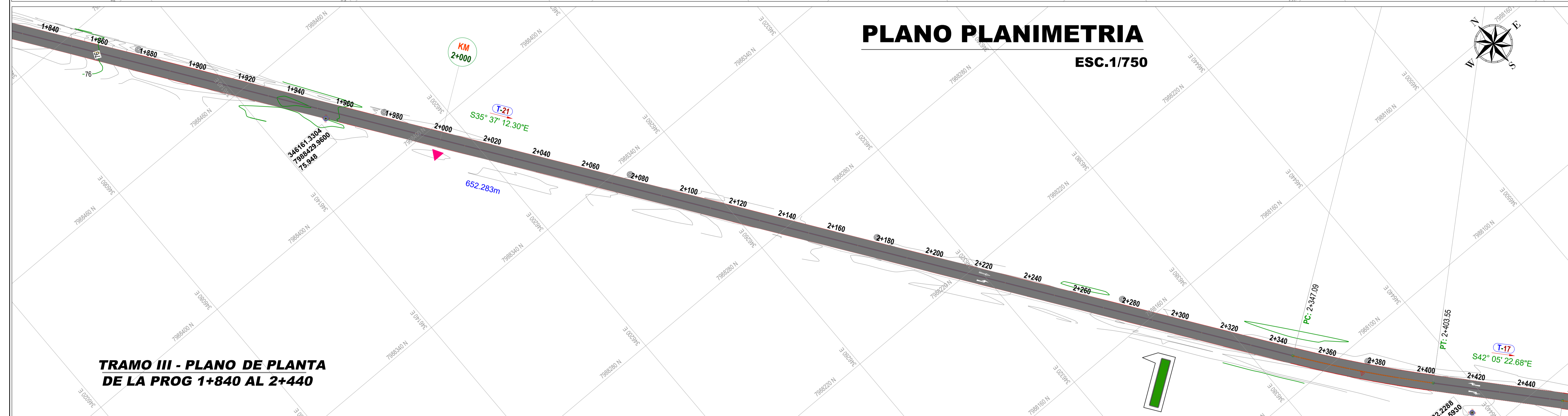
ESC.1/750



TRAMO III - PLANO DE PLANTA DE LA PROG 1+200 AL 1+840

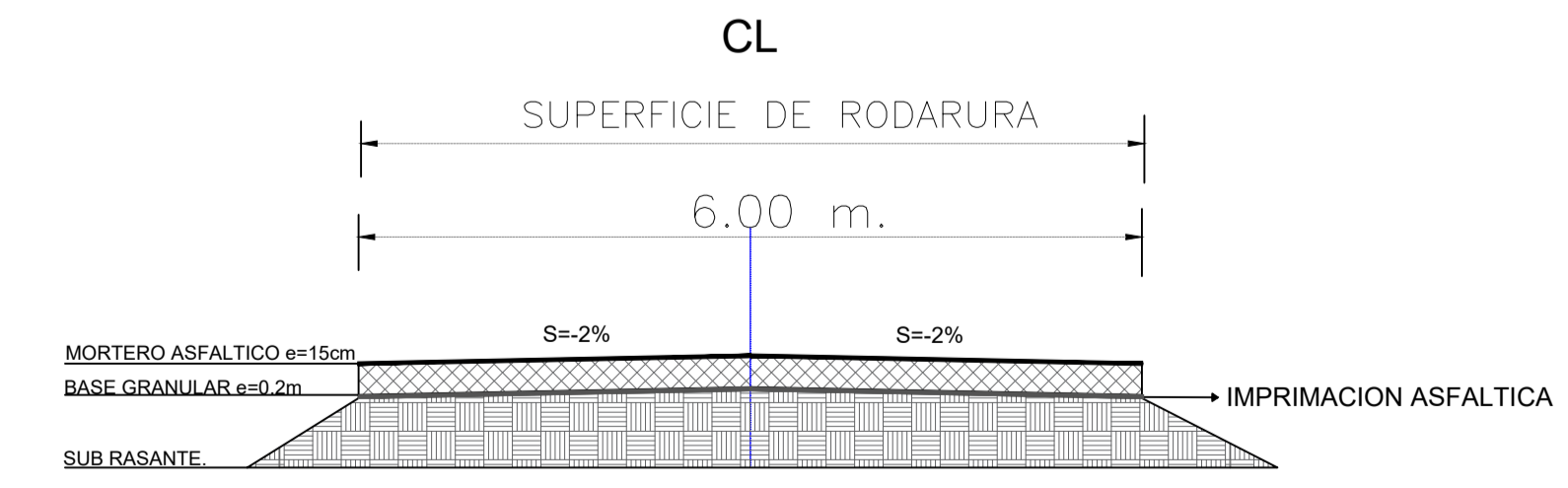
# PLANO PLANIMETRIA

ESC.1/750



TRAMO III - PLANO DE PLANTA DE LA PROG 1+840 AL 2+440

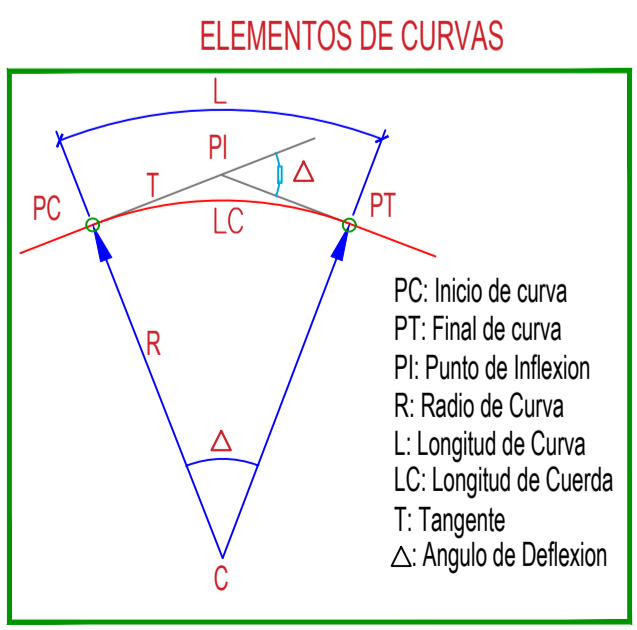
## SECCION TIPICA



ELEMENTOS DE CURVA												
Nº	S	R	L	T	A	C	E	M	P.C.	P.T.	P.I. ESTE	P.I. NORTE
PK1	8	100	10.95	5.48	00°16'26"	10.95	0.15	1+211.77	1+222.73	345711.997	7988967.562	
PK2	1	25	44.02	30.26	100°53'02"	38.55	14.26	1+349.47	1+363.49	345805.244	7988834.402	
PK3	1	500	56.46	28.26	00°28'10"	56.43	0.80	2+347.00	2+403.55	345649.106	7988989.396	
PK4	8	500	43.54	21.79	00°30'23"	43.53	0.47	2+455.05	2+489.59	345677.169	7988914.044	
PK5	8	500	21.92	10.96	00°30'23"	21.92	0.12	2+967.68	2+989.60	345797.223	7988762.669	
PK6	1	500	6.90	3.45	00°47'20"	6.90	0.01	3+130.82	3+137.21	345882.176	7988754.989	
PK7	8	500	24.06	12.03	00°49'20"	24.06	0.14	3+228.82	3+252.88	345958.883	7987421.221	
PK8	1	500	24.23	12.12	00°49'20"	24.23	0.15	3+300.42	3+324.65	347000.794	7987363.057	
PK9	8	100	16.48	8.26	00°26'34"	16.46	0.34	3+717.01	3+733.49	347196.529	7987022.885	
PK10	8	33	45.15	26.91	07°23'21"	41.71	9.58	7.42	3+484.45	3+529.60	347124.706	7987207.567
PK11	1	500	19.24	9.62	00°12'11"	19.24	0.09	3+919.36	3+938.61	347285.639	7986839.649	
PK12	8	4135	6.78	3.39	00°09'38"	6.78	0.00	4+130.24	4+137.02	347382.153	7986659.191	
PK13	1	1736	32.68	16.34	00°10'28"	32.68	0.08	4+513.29	4+545.97	347568.666	7986309.864	
PK14	8	2001	29.86	14.93	00°05'11"	29.86	0.06	4+746.94	4+776.80	347582.113	7986107.220	
PK15	1	150	12.48	6.25	00°46'08"	12.48	0.13	4+996.27	5+010.75	347797.506	7985983.690	
PK16	1	2400	41.46	20.73	00°09'23"	41.46	0.09	5+499.67	5+541.13	348057.817	7985463.219	
PK17	8	25	43.99	30.22	100°49'21"	38.53	14.22	6.27	1+393.49	1+437.48	345847.349	7988877.831
PK18	1	30	39.38	23.11	07°12'52"	36.61	7.62	3+529.60	3+568.98	347902.664	7987189.160	
PK19	8	100	27.62	13.90	01°47'51"	27.53	0.96	5+173.90	5+201.93	347917.346	798754.831	
PK20	1	4000	37.80	18.90	00°32'28"	37.80	0.04	1+607.01	1+694.81	346001.745	7986867.973	
PK21	1	500	27.52	13.76	00°10'13"	27.52	0.19	2+561.34	2+588.86	346336.461	7987305.645	

LEYENDA	
	Curva Mayor C5m
	Curva Menor C1m
	BM
	POSTE LUZ
	Canal
	Acceso
	Sifones ejemplados
	Postes Kilométricos

DATOS DE DISEÑO	
INDICE MEDIO CARRO ANULAR	Menor de 400-651 Veh.
VELOCIDAD DIRECTAZUL	40 Km/h
PENDIENTE MINIMA	0.50 %
PENDIENTE MAXIMA	12.00 %
RADIO MINIMO CURVATURA	15.00 mts
RADIO MINIMO DESPIGONAL	12.00 mts
SUPERFICIE DE RODADURA	6.00 mts
ANCHO DE BERMA	No considerado
BOMBEO %	2.00 %
PERALTE MINIMO	2.00 %
PERALTE MAXIMO NORMAL	6.00 %

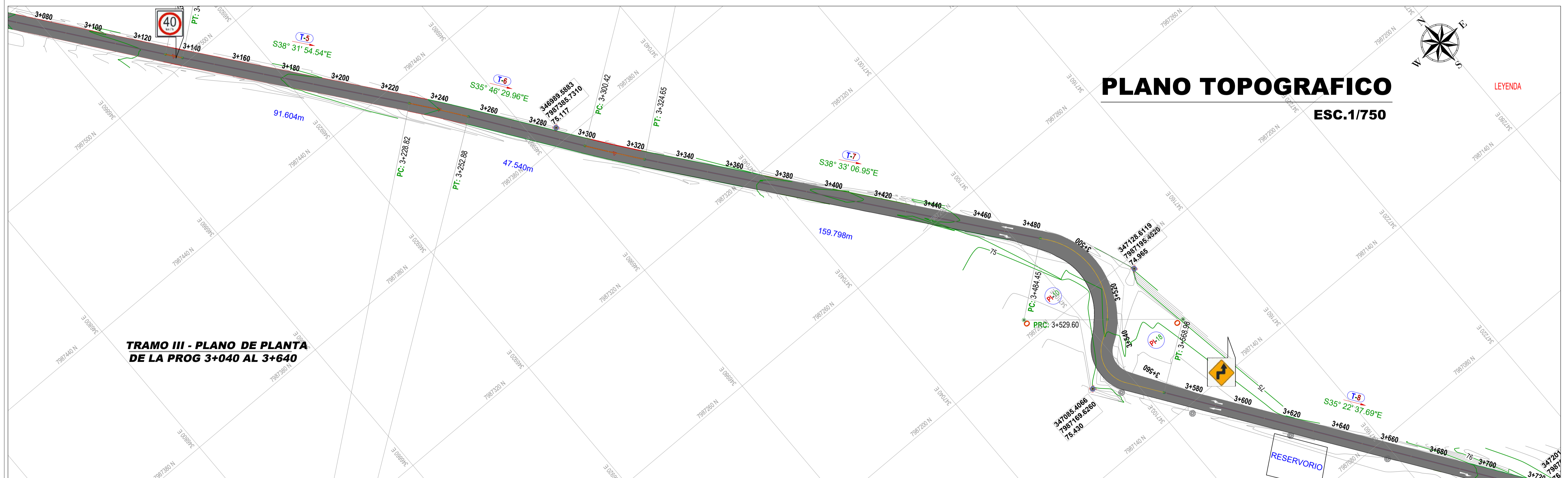
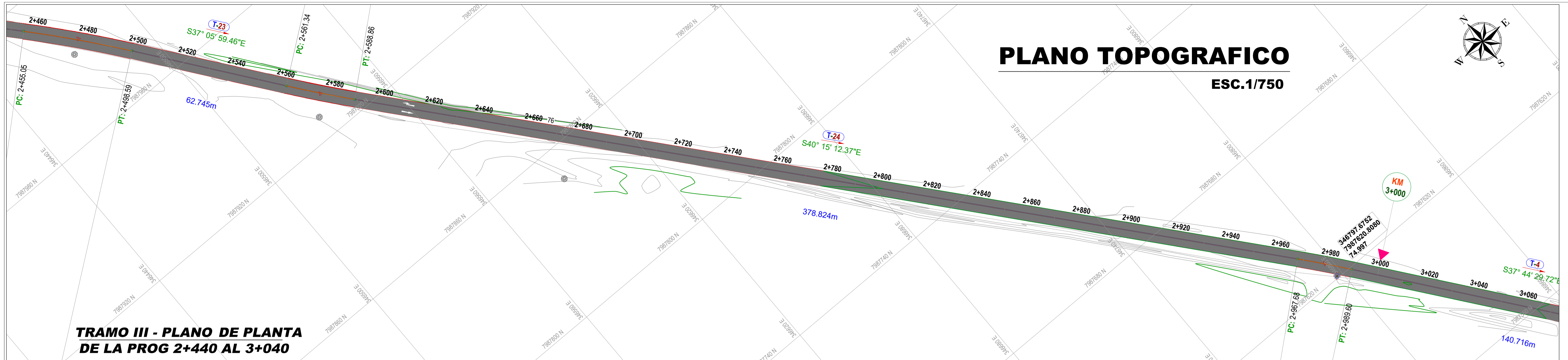


PUNTOS DE CONTROL - UTM WGS84				
Nº	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
1	344770.950	7989757.220	74.352	TAC
3	345463.745	7989186.840	75.065	BM-02
9	346797.672	7987620.800	74.987	BM-08
2371	345094.728	7988483.763	74.577	BM-01
2372	345706.126	7988864.020	75.977	BM-03
2373	345809.795	7988835.430	75.347	BM-04
2374	345881.381	7988883.790	76.347	BM-05
2375	346161.3304	7988949.960	75.948	BM-06
2376	346432.288	7988949.530	75.246	BM-07
2377	346888.583	7987385.710	75.117	BM-11
2378	347128.610	7987185.420	74.965	BM-14
2379	347085.406	7987169.626	75.430	BM-15
2380	347201.6343	7987022.050	76.054	BM-16
2381	347377.0616	7986958.850	74.854	BM-18
2382	347565.3726	7986307.880	72.361	BM-19
2383	347721.5839	7986200.670	70.701	BM-20
2384	347843.9467	7985530.970	70.843	BM-21
2385	347905.5254	7985777.690	69.895	BM-22
2386	348062.2113	7985455.560	68.349	BM-23
2387	348155.1076	7985246.940	67.976	BM-24

## LEYENDA DE SEÑALIZACION

SEÑAL	DESCRIPCION	SEÑAL	DESCRIPCION
	SEÑAL CURVA Y CONTRA-CURVA A LA IZQUIERDA - (P-4B) 01.01.01		SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA 40 km - (R-30) 01.01.01
	SEÑALIZACION INFORMATICA DE LOCALIZACION 01.01.04		SEÑAL PROXIMIDAD A CRUCE ESCOLAR (P-49A) 01.01.02
			SEÑAL UBICACION DE CRUCE ESCOLAR (P-49B) 01.01.03

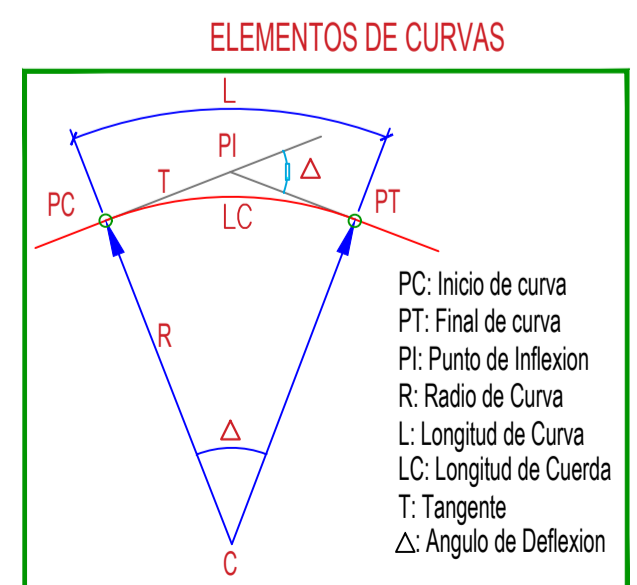
		UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE DE GROHMANN TÍTULO: "DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RUGOSIDAD DEL PAVIMENTO CON MORTERO ASFALTICO SLURRY SEAL PARA ANALIZAR EL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DESDE LA PROYECCION AN+1000 HASTA LA AN+100 DEL TRAMO DE LA CARRETERA COOP-AR-SENT-SE. ASOC. VPA 4 SURCO EN EL DISTRITO DE LA YARADA LOS PALOS, TACNA"	CÁRTEL: P-01
TACNA TACNA LA YARADA LOS PALOS	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL DE KM 1+200 A KM 2+440 BACH. KENNY KENNEDY, MARMANILLO HUAMAN BACH. ALDO NAIK, CONDORI COAGUARA ING. VICTOR YAPUCURUA PLATERO	A.C.C. ESCALA: INDICADA FECHA: MAYO - 2023	



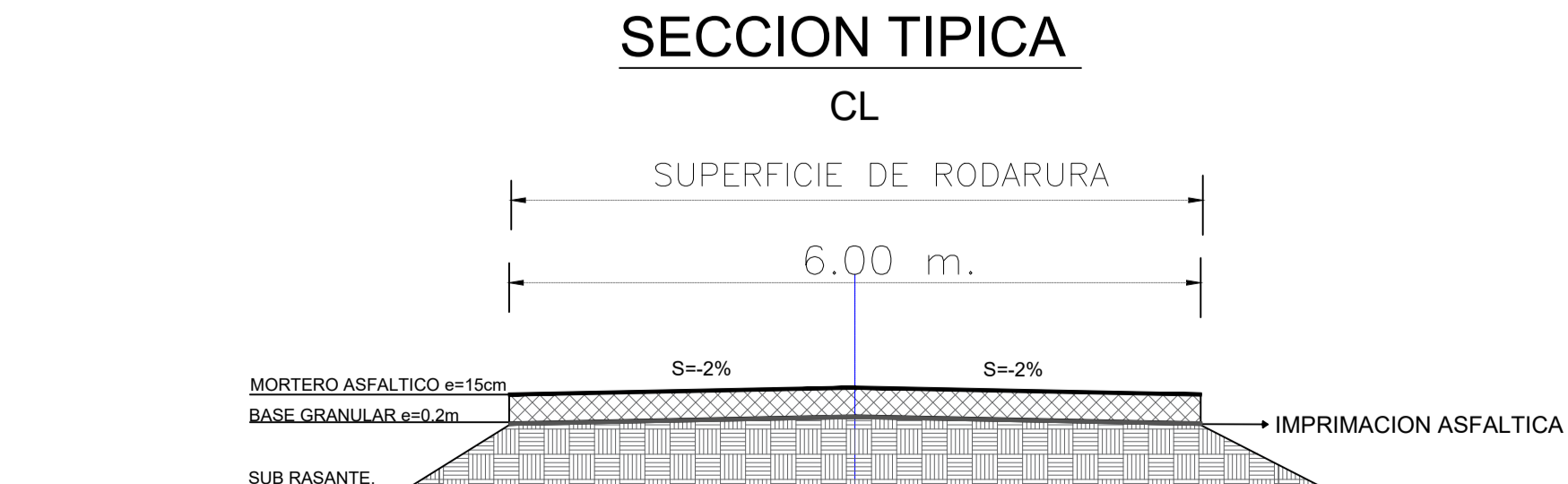
ELEMENTOS DE CURVA											
Nº	S	R	L	T	Δ	C	E	M	P.C.	P.T.	P.I. NORTE
PC1	1	100	10.95	5.48	00°18'36"	10.95	0.15	0.15	1+211.77	1+222.73	345711.997
PC2	1	25	44.02	30.26	100°53'02"	38.55	14.26	0.08	1+349.47	1+363.49	345805.244
PC3	1	500	56.46	28.26	00°28'10"	56.43	0.80	0.80	2+347.09	2+403.55	346409.106
PC4	1	500	43.54	21.79	00°19'22"	43.53	0.47	0.47	2+455.05	2+498.59	346477.169
PC5	1	500	21.92	10.96	00°32'43"	21.92	0.12	0.12	2+967.68	2+989.60	346797.223
PC6	1	500	6.90	3.45	00°47'25"	6.90	0.01	0.01	3+130.32	3+137.21	346892.176
PC7	1	500	24.06	12.03	00°42'52"	24.06	0.14	0.14	3+228.82	3+252.88	346968.863
PC8	1	500	24.23	12.12	00°48'37"	24.23	0.15	0.15	3+300.42	3+324.65	347000.794
PC9	1	500	16.48	8.26	00°28'34"	16.48	0.34	0.34	3+371.01	3+373.49	347196.529
PC10	1	33	45.15	26.91	07°22'21"	41.71	9.58	7.42	3+484.45	3+529.60	347124.706
PC11	1	500	19.24	9.62	00°12'11"	19.24	0.09	0.09	3+919.36	3+939.61	347285.639
PC12	1	4135	6.78	3.39	00°05'38"	6.78	0.00	0.00	4+130.24	4+137.02	347382.153
PC13	1	1716	32.68	16.34	00°10'58"	32.68	0.08	0.08	4+513.29	4+545.97	347569.666
PC14	1	2001	29.86	14.93	00°51'17"	29.86	0.06	0.06	4+746.94	4+776.80	347692.113
PC15	1	150	12.48	6.25	00°48'08"	12.48	0.13	0.13	4+998.27	5+010.75	347797.506
PC16	1	2400	14.48	7.24	00°19'22"	14.48	0.09	0.09	5+499.67	5+541.13	348057.817
PC17	1	25	43.99	30.22	100°48'27"	38.53	14.22	0.07	1+363.49	1+437.48	345847.349
PC18	1	30	39.38	23.11	07°12'52"	36.61	7.87	6.23	3+529.60	3+568.98	347002.664
PC19	1	100	27.62	13.90	01°49'21"	27.63	0.95	0.95	5+173.96	5+201.57	347917.346
PC20	1	4000	18.90	9.45	00°32'29"	18.90	0.04	0.04	1+694.81	1+694.81	346201.745
PC21	1	500	27.52	13.76	00°10'13"	27.52	0.19	0.19	2+561.34	2+588.86	346036.411

LEYENDA	
	Curva Mayor C/m
	Curva Menor C/m
	POSTE LUZ
	Canal
	Acceso
	Símbolos ejecutados
	Postes Kilométricos

DATOS DE DISEÑO	
INDICE MEDIO DIARIO ANUAL	MEJOR DE 400.001 VEH.
VELOCIDAD DIRECTRIZ	40 km/h
PERCENTAJE DIARNA	0.00%
PERCENTAJE MANSANA	12.00%
RAÍDO MÍNIMO CURVATURA	14.00 m/m
RAÍDO MÍNIMO ESPECIAL	12.00 m/m
SUPERFICIE DE RODADURA	6.00 m
ANCHO DE SEÑAL	30.00 cm/metro
BOMBEO %	2.00%
PERALTE MÍNIMO	2.00%
PERALTE MÁXIMO NORMAL	8.00%



PUNTOS DE CONTROL - UTM WGS84				
Nº	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
1	344770.9650	7989757.2250	74.352	TAC
3	345463.7745	7989186.8410	75.055	BM-08
9	345797.6752	7987620.8080	74.987	BM-01
2311	345094.7278	7989463.7630	74.577	BM-01
2312	345705.1226	7988864.0250	75.977	BM-03
2313	345809.7965	7988338.4350	75.247	BM-04
2314	345861.3861	7988863.7990	76.347	BM-05
2315	346161.3304	7989429.9600	75.948	BM-06
2316	346432.2288	7989049.9300	75.117	BM-07
2317	346989.5883	7987385.7310	75.117	BM-11
2318	347128.6119	7987195.4530	74.965	BM-14
2319	347085.4066	7987169.6260	75.430	BM-15
2360	347201.8343	7987022.0510	76.054	BM-16
2361	347377.8616	7986958.8500	74.854	BM-18
2362	347565.3726	7986307.8910	72.261	BM-19
2363	347721.6839	7986020.6730	70.701	BM-20
2364	347842.9467	7985630.9720	70.843	BM-21
2365	347905.0254	7985777.8690	69.895	BM-22
2366	348062.2213	7985455.5690	68.349	BM-23
2387	348155.1076	7985246.8440	67.976	BM-24



### LEYENDA DE SEÑALIZACION

SEÑAL	DESCRIPCION
	SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA 40 km - (R-30)
	SEÑAL CURVA Y CONTRA-CURVA PRONUNCIADA A LA DERECHA (P-3A)

 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE DE GROHMANN <small>RECTOR: MARIO ALBERTO GARCÍA VICERRECTOR: JUAN CARLOS GARCÍA DECANO: JUAN CARLOS GARCÍA DECANATO: JUAN CARLOS GARCÍA DEPARTAMENTO: JUAN CARLOS GARCÍA CARRERA: JUAN CARLOS GARCÍA</small>	TÍTULO: PLANIFICACIÓN DEL NIVEL DE PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL CON ENFOQUE EN LA GESTIÓN DEL RIESGO PARA ANALIZAR EL NIVEL DE PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL CON ENFOQUE EN LA GESTIÓN DEL RIESGO PASADO Y EL DE LA CARRERA (EOP, DE ANÁLISIS DE RIESGO, Y SECCIÓN EN EL DISEÑO DE LA VARIANTE LOS PALOS, TACNA). P-02
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL PLANIFICACIÓN DEL NIVEL DE PROYECTO DE INGENIERÍA CIVIL CON ENFOQUE EN LA GESTIÓN DEL RIESGO DE KM 2+440 A KM 3+700 TERCER SEMESTRE BACH. KENY KENNEDY MARMARILLO RAMAN BACH. ALDO IVAN CONDORI COAGUARA ASESOR: ING. VICTOR YAPUCHURA PLATERO

## Certificado de Calibración - Laboratorio de Metrología

**NA-6133-014 R0**

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN : 2022-05-25

1. SOLICITANTE : INGESERVICIOS S.A.C.

DIRECCIÓN : AV. COLLPA MZA- LOTE 08 SEC. PAGO OLANIQUE TACNA - TACNA - CRL. GREG. ALBARRACIN LANCHIPA

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : RUGOSIMETRO

MARCA : TECNICA CP

MODELO : TCP099

NÚMERO DE SERIE : 703

IDENTIFICACIÓN : NO INDICA

TIPO : ANALOGICA

F. DE CALIBRACIÓN : 2022-05-18

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento de medición del dimensionamiento del equipo con patrones calibrados acreditados por PINZUAR LTDA.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

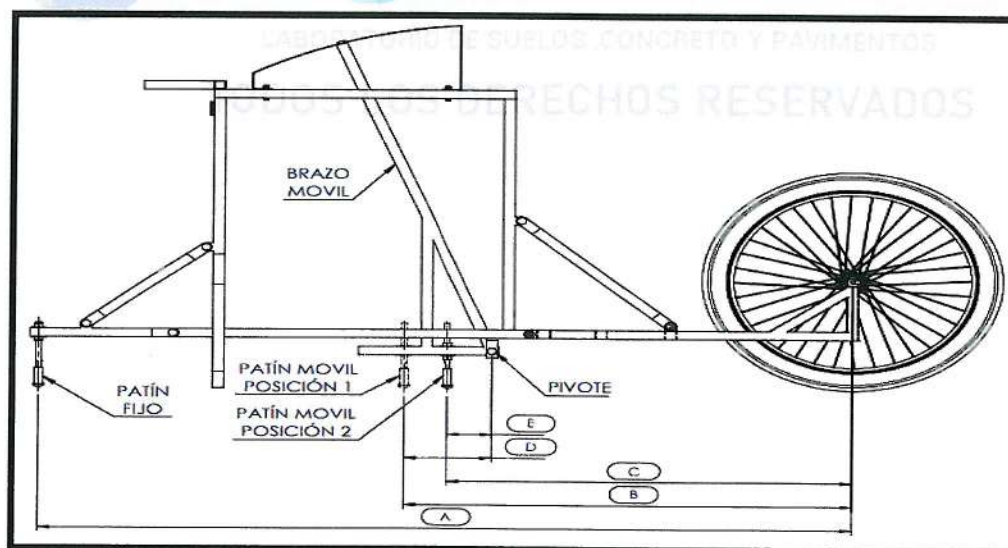
La calibración se realizó en el Laboratorio de INGESERVICIOS S.A.C.

AV. COLLPA MZA- LOTE 08 SEC. PAGO OLANIQUE TACNA - TACNA - CRL. GREG. ALBARRACIN LANCHIPA

5. OBSERVACIONES

El equipo cumple con la norma INV E 790

6. REFERENCIAS DE MEDICIÓN




**Felix Jaramillo Castillo**

Metrólogo del Laboratorio de Metrología.

**PINZUAR LTDA. SUCURSAL DEL PERÚ**

TRAZABILIDAD: Pinzuar Ltda. Asegura y mantiene la trazabilidad de los patrones empleados en esta inspección

(\*) Este certificado de calibración expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 18 # 103B 72 | PBX: 57 (1) 745 4555 - 3174233640 | [labmetrologia@pinzuar.com.pe](mailto:labmetrologia@pinzuar.com.pe) | [WWW.PINZUAR.COM.CO](http://WWW.PINZUAR.COM.CO)



## Certificado de Calibración - Laboratorio de Metrología

NA-6133-014 R0

Página 2 de 2

### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	22,4 °C	22,5 °C
Humedad Relativa	64,0 %h.r.	61,0 %h.r.

### 6. TRAZABILIDAD

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

Equipo de Medición	Código de Identificación	Certificado de Calibración
Pie de Rey de 300 mm- Interiores	025201P	L-19393-005
Pie de rey de 150 mm- Exteriores	025202P	L-23351-001
Cinta métrica 5 m - Clase II	025003P	L-23351-002

### 7. RESULTADOS

Mediciones realizadas en partes donde indiquen una tolerancia.

Los resultados son el promedio realizado de 5 mediciones

	Mediciones	Resultado	Incertidumbre
A	Distancia de la rueda al patín fijo	1801 mm	0,18 mm
B	Distancia de la rueda al patín móvil posición 1	918 mm	0,20 mm
C	Distancia del patín fijo al patín móvil posición 2	1001 mm	0,21 mm
D	Distancia del pivote al patín móvil posición 1	---	---
E	Distancia entre posiciones del patín móvil	102 mm	0,18 mm

-----  
Fin del Certificado

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 18 #103B 72 | PBX: 57 (1) 745 4555 - 3174233640 | [laboratoriometrologia@pinzuar.com.co](mailto:laboratoriometrologia@pinzuar.com.co) | [WWW.PINZUAR.COM.CO](http://WWW.PINZUAR.COM.CO)



# PICK UP T8



**JAC** | Pickup

 **Autocom**

Conoce más en: [www.jacmotors.com.co](http://www.jacmotors.com.co)



[jaccolumbia](#)



[jaccolumbia](#)

## Motor / Chasis

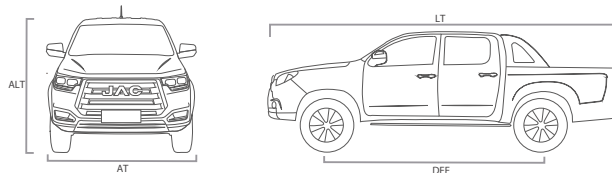
Desplazamiento (CC)	1999 cc
Número de cilindros	4 Cilindros en línea
Válvulas	16 Válvulas
Potencia máxima	136,7 hp @ 3.600 rpm
Torque	320 Nm @ 1.600-2.600 rpm
Sistema de inyección	Common Rail + Geometría variable + intercooler
Emisiones	Euro IV
Tracción	4x4
Transmisión	6 velocidades adelante + reversa
Dirección	Hidráulica
Suspensión delantera	Independiente de doble brazo y resorte helicoidal
Suspensión trasera	Eje rígido y resorte de hojas
Neumáticos	265/60 R18"
Rin	18" bicolor
Frenos delanteros	Discos
Frenos traseros	Discos

## Dimensiones

Largo Total (LT)	5.325 mm
Ancho Total (AT)	1.880 mm
Alto Total (ALT)	1.830 mm
Distancia entre ejes (DEE)	3.090 mm
Ángulo de ataque / salida	30,9 / 23,3 %
Altura al piso	220 mm
Número de ocupantes	4 + conductor
Volumen interno platón	1,08 m <sup>3</sup>
Peso vacío	2.040 kg
Peso bruto vehicular	2.830 kg
Capacidad de carga sujeta al registro por parte del Ministerio de Transporte*	790 kg
Capacidad tanque de combustible	76 Litros / 20,07 gal

## Seguridad Activa Y Pasiva

	Comfort 4X4	PRO 4X4
Inmovilizador de motor	●	●
Indicador nivel de combustible	●	●
Indicador de temperatura	●	●
Indicador de luces	●	●
Testigo puerta abierta	●	●
Testigo falla de frenos	●	●
Iluminación interior	●	●
Airbags conductor y pasajero	●	●
Cámara de reversa	●	●
Cámara 360°		●
Sensor de estacionamiento delantero		●
Sensor de estacionamiento trasero	●	●
5 cinturones de seguridad de tres puntos	●	●
Cinturón de seguridad del conductor con sistema de alarma	●	●
Altura del cinturón de seguridad ajustable	●	●
Sistema de acceso a la cabina sin llave y botón de encendido		●
Frenos ABS	●	●
Sistema de distribución electrónica de frenado (EBD)	●	●
Sistema de asistencia frenado de emergencia (HBA)	●	●
Sistema de control de estabilidad (ESC)	●	●
Sistema control de tracción (TCS)	●	●
Sistema de arranque de control en pendiente (HHC)	●	●
Sistema de monitoreo de presión de neumáticos (TPMS)		●
Sistema de frenado de emergencia (BOS)	●	●
Bloqueo de seguridad puertas para niños	●	●
Sistema control dinámico del vehículo (VDC)	●	●
Chasis / Estructura deformación programada - colapsable	●	●



## Equipamiento

	Comfort 4X4	PRO 4X4
Aire acondicionado manual	●	●
Ajuste de inclinación de farolas	●	●
Apertura interna de la tapa de combustible	●	●
Asiento del conductor con ajuste de altura	●	●
Bloqueo central	●	●
Computador de abordo	●	●
Compartimiento de objetos en las puertas delanteras y traseras y consola central	●	●
Consola con detalles en cuero	●	●
Control de crucero	●	●
Control teléfono bluetooth en el timón	●	●
Elevavidrios eléctricos en las 4 puertas	●	●
Sistema One Touch Power (4) elevavidrios		●
Sistema antiatrapamiento (4) puertas elevavidrios		●
Espejos exteriores eléctricos con calefacción	●	●
Espejos laterales plegables automáticos		●
Indicador de consumo y autonomía de combustible en el tablero	●	●
Mandos de radio en el timón	●	●
Radio con pantalla táctil de 8" / USB / Bluetooth	●	●
Sistema de sonido con parlantes (4+2 Tweeters)	●	●
Tomacorriente de 12V	●	●
Cojinería en ecocuero	●	●
Volante en ecocuero	●	●
Portagafas	●	●
Neumático repuesto tamaño original	●	●

## Exterior

Farolas proyectivas de xenon (PRO 4x4)	Luz farolas traseras de LED
Farolas proyectivas halógenas (Comfort 4x4)	Luz LED de marcha diurna
Faros antiniebla delanteros	Manijas de puertas cromadas
Faros antiniebla traseros	Llanta de aleación bicolor
Estribos laterales	Protector de platón



\*La capacidad de carga está sujeta al registro de capacidad útil de carga que determine el organismo de tránsito al momento de matricular el vehículo. La referencia comercial T8 PRO corresponde a la referencia de fábrica (HFC1037D3KSV). Esta ficha técnica es solo de referencia. Las imágenes son ilustrativas. Algunos accesorios o características técnicas pueden cambiar sin previo aviso. Pregunte en nuestras vitrinas por asesoría.

