

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Evaluación del nivel de servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN en el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca–2019

Para optar el título profesional de:

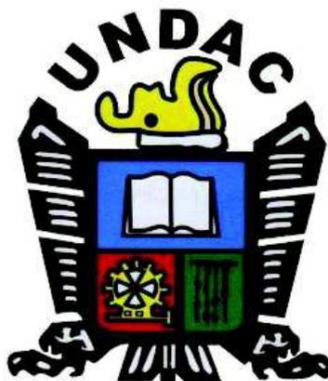
Ingeniero Civil

Autor: Bach. Jimmy Henry CARHUAPOMA CARLOS

Asesor: Mg. José German RAMIREZ MEDRANO

Cerro de Pasco – Perú – 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Evaluación del nivel de servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN en el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca–2019

Sustentada y Aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Luis Villar REQUIS CARBAJAL

PRESIDENTE

Ing. Ramiro SIUCE BONIFACIO

MIEMBRO

Ing. Pedro YARASCA CORDOVA

MIEMBRO

DEDICATORIA

A **Dios** por permitirme llegar hasta este punto brindándome salud y su infinita bondad y amor.

A mi madre, **Epifanía Carlos García**, porque estuvo siempre presente en todos los momentos buenos y malos que nos pone la vida, por su amor infinito, por su constante apoyo y consejo que siempre me brindo, y que han hecho de mí una persona de bien, responsable y trabajador, y aunque no estemos juntos físicamente ahora, estoy seguro que este paso que estoy dando la llena de mucha dicha. A mi padre, **Aureliano Carhuapoma Caqui**, por ser un ejemplo a seguir y por ser el cómplice de mi mamá durante toda mi vida.

A mis **hermanos** por el apoyo incondicional que siempre me brindaron, por comprenderme y animarme en cada paso que doy y ayudarme a ser una mejor persona.

RECONOCIMIENTO

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en especial a la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.

A los docentes por brindarme sus conocimientos y sus buenas enseñanzas que me han sido muy útiles hasta el día de hoy.

A mi asesor el Ing. Mg. José German Ramírez Medrano por su guía y orientación durante la elaboración de la presente tesis.

A toda mi familia que siempre me brindaron su apoyo, confianza y motivación durante toda mi vida universitaria.

RESUMEN

En la actualidad se desconoce el nivel de servicio de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca y se ve necesario la evaluación debido a que los usuarios siempre tienen quejas de la calidad de viaje que experimentan, siendo esta una vía de gran importancia en nuestra región y teniendo gran impacto en el desarrollo, es importante conocer este indicador para tomar medidas de conservación y mantenimiento.

El objetivo principal de la investigación es evaluar el nivel de servicio del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca en el año 2019, el cual se pudo realizar mediante el índice de rugosidad internacional (IRI) y el índice de serviciabilidad presente (PSI), los datos de campo se recolectaron con el equipo denominado rugosímetro MERLIN, para posteriormente mediante cálculos matemáticos y estadísticos se puede obtener el IRI y el PSI los cuales clasifican el nivel de servicio de la carretera en estudio.

Para lograr el objetivo de la investigación se realizaron trabajos de topografía para tener un mejor conocimiento de la carretera, y para la ubicación de los tramos de ensayo, y puntos de conteo de tráfico.

El estudio de tráfico arrojó que la carretera es de clase 3 teniendo un IMDA de 342 veh/día, del cálculo del nivel de servicio se obtuvo para el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco - Yanahuanca un índice de rugosidad internacional (IRI) de 3.78 m/km e índice de serviciabilidad presente (PSI) de 2.65 clasificándolo según el MTC en un nivel de servicio regular.

Además, se identificaron que se tiene IRI de hasta 9.60 m/km y PSI 0.87, considerados en un nivel de servicio muy malo.

Palabras clave: Nivel de servicio, Índice de rugosidad internacional, MERLIN.

SUMMARY

At present, the level of service of the Cerro de Pasco - Yanahuanca road is unknown and evaluation is necessary because users always have complaints about the quality of travel they experience, this being a very important route in our region and Having great impact on development, it is important to know this indicator to take conservation and maintenance measures.

The main objective of the investigation is to evaluate the level of service of the flexible pavement of the Cerro de Pasco - Yanahuanca highway in 2019, which could be carried out using the international roughness index (IRI) and the index of present serviceability (PSI), the field data were collected with the equipment called the MERLIN rugosimeter, and then, through mathematical and statistical calculations, the IRI and the PSI can be obtained, which classify the level of service of the road under study.

To achieve the objective of the investigation, topography work was carried out to have a better understanding of the road, and for the location of the test sections, and traffic counting points.

The traffic study showed that the road is class 3 having an IMDA of 342 veh/day, the calculation of the service level was obtained for the flexible pavement of the Cerro de Pasco - Yanahuanca road, an international roughness index (IRI) of 3.78 m/km and present service index (PSI) of 2.65 classifying it according to the MTC in a regular service level.

In addition, it was identified that there is IRI of up to 9.60 m/km and PSI 0.87, considered at a very bad service level.

Keywords: Service level, International roughness index, MERLIN.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere a la evaluación del nivel de servicio del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca, que se puede definir como la calidad de viaje de los usuarios, el nivel de servicio se mide mediante un índice de serviciabilidad presente (PSI), en una escala cuyos valores extremos variaban desde 0, para un camino intransitable, hasta 5 para una superficie en perfectas condiciones.

Para la investigación se utilizó el Rugosímetro MERLIN, un ensayo poco empleado en nuestra sociedad, pero de gran importancia e indispensable que complementado con otras metodologías sirve para determinar procedimientos de mantenimiento, rehabilitación y mejoramiento de las redes viales, además genera resultados de gran confianza, y es económico a comparación de otros instrumentos de igual precisión.

La investigación tiene un interés específico en la necesidad de conocer el estado actual del nivel de servicio de la carretera en mención, los resultados hallados contribuyen al desarrollo del conocimiento en cuanto a evaluación de obras viales se refiere, y nos da una vista más detallada del nivel de servicio de la carretera, el cual se obtiene previa inspección presencial de todo el tramo a ser estudiada, levantamiento topográfico, estudio de tráfico, la adecuada ejecución del ensayo y la buena interpretación de resultados.

El ensayo con el rugosímetro MERLIN se hizo a 28 muestras de 400 m cada una, en ambos carriles, dichas muestras fueron determinadas de tal manera que represente a toda la vía en estudio.

También es importante mencionar que el procedimiento y resultados de la presente investigación, sirva como guía de evaluación de las vías en nuestra ciudad, que complementado con otras metodologías se pueda determinar con exactitud el nivel de intervención.

Además, esta investigación está constituida por 4 capítulos:

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN, en donde se efectúa la determinación del problema; el trazado de objetivos, la importancia de la investigación, alcance y limitaciones.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO, en este capítulo se presenta los antecedentes de la investigación, se describe las bases teóricas utilizadas para el desarrollo de la investigación, así mismo planteamiento de la hipótesis e identificación de variables.

CAPÍTULO III: METODOLOGIA Y TÉCNICAS DE LA INVESTIGACIÓN, se determina el tipo y diseño de la investigación, población muestra, la metodología empleada, se describe las técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos y tratamiento estadístico de datos.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION, se realiza el tratamiento estadístico e interpretación de datos, para luego presentar los resultados mediante tablas y gráficos, por último, se realiza las pruebas de hipótesis y discusión de resultados

ÍNDICE

DEDICATORIA	
RECONOCIMIENTO	
RESUMEN	
SUMMARY	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE GRÁFICOS	
I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Identificación y determinación del problema.	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	2
1.2.1. Delimitación espacial	2
1.2.2. Delimitación temporal	2
1.2.3. Delimitación conceptual.....	2
1.3. Formulación del problema.	2
1.3.1. Problema general.	2
1.3.2. Problemas específicos.	2
1.4. Formulación de objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general.	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Justificación de la investigación.	3
1.5.1. Importancia y alcances de la investigación.	4
1.5.1.1. Importancia.	4
1.5.1.2. Alcances de la investigación.....	4
1.6. Limitaciones de la investigación.....	4
II. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de estudio.....	5
2.2. Bases teóricas – científicas.	7
2.2.1. Carretera.	7
2.2.1.1. Definición.	7
2.2.1.2. Clasificación por su demanda.	7
2.2.2. Pavimento.	8
2.2.2.1. Definición.	8

2.2.2.2.	Características que debe reunir un pavimento.	8
2.2.2.3.	Clasificación de pavimentos.	9
2.2.3.	Curva de deterioro y conservación de un pavimento	11
2.2.4.	Evaluación de pavimentos	13
2.2.4.1.	Etapas De Evaluaciones.....	13
2.2.4.2.	Clases de evaluaciones de pavimentos.	13
2.2.5.	Rugosidad superficial del pavimento.	15
2.2.5.1.	Definición.	15
2.2.5.2.	Importancia.	15
2.2.6.	Índice de rugosidad internacional (IRI).....	16
2.2.6.1.	Definición.	16
2.2.6.2.	Características del IRI.....	18
2.2.6.3.	Consideraciones a tener al calcular IRI.	19
2.2.7.	Índice de Rugosidad Internacional Característico (IRIc).	19
2.2.8.	Clasificación de métodos y equipos para la medición de la rugosidad. ...	19
2.2.8.1.	Clasificación de los métodos.	19
2.2.9.	Equipos para evaluar la rugosidad.....	21
2.2.9.1.	Resumen de equipos utilizados para evaluar la rugosidad.	26
2.2.10.	Rugosímetro de MERLIN.....	27
2.2.10.1.	Ejecución De Ensayos	31
2.2.11.	Serviciabilidad de pavimentos.	32
2.2.12.	Índice de serviciabilidad presente (PSI).	33
2.2.13.	Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos de acuerdo al índice de serviciabilidad presente.....	36
2.2.14.	Revisión de la normativa peruana.....	37
2.3.	Definición de términos básicos.....	42
2.4.	Formulación de hipótesis.....	43
2.4.1.	Hipótesis general.	43
2.4.2.	Hipótesis específicas.	43
2.5.	Identificación de variables.....	43
2.5.1.	Variables independientes.....	43
2.5.2.	Variables dependientes.....	43
2.5.3.	Variables intervinientes.....	43
2.6.	Definición Operacional de variables e indicadores.	44
III.	METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	45

3.1.	Tipo de investigación.....	45
3.2.	Métodos de investigación.	45
3.3.	Diseño de investigación.	45
3.4.	Población muestra.....	46
3.4.1.	Población.	46
3.4.2.	Muestra.	46
3.4.3.	Método de muestreo.	46
3.4.4.	Criterios de selección de muestra.....	48
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	48
3.5.1.	Técnicas de recolección de datos.	48
3.5.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	49
3.6.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	52
3.6.1.	Levantamiento topográfico.....	52
3.6.2.	Estudio de tráfico.....	52
3.6.3.	Cálculo de la rugosidad.	53
3.6.3.1.	Cálculo del rango “D”.....	54
3.6.3.2.	Cálculo del factor de corrección.	55
3.6.3.3.	Cálculo del rango “D” corregido.	55
3.6.3.4.	Cálculo del IRI.....	56
3.6.3.5.	Cálculo del IRI Característico.....	57
3.6.4.	Cálculo del nivel de servicio.	58
3.7.	Tratamiento estadístico.	59
3.7.1.	Procedimiento para el tratamiento de datos de campo.	59
3.8.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación...64	
3.8.1.	Selección de los instrumentos de investigación.	64
3.8.2.	Confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	64
3.9.	Orientación ética.	64
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	65
4.1.	Descripción del trabajo de campo.....	65
4.1.1.	Información de la carretera en estudio.	65
4.1.2.	Procedimiento para la toma de datos con el rugosímetro MERLIN.	66
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.	70
4.2.1.	Resultado del levantamiento topográfico.	70
4.2.2.	Resultados del estudio de tráfico.....	75
4.2.2.1.	Resumen de resultados del estudio de tráfico.....	78

4.2.2.2.	Porcentaje por tipo de vehículos del IMDA	78
4.2.3.	Resultados del procesamiento de datos del Rugosímetro MERLIN.	78
4.2.4.	Resultados del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) e Índice de Serviciabilidad Presente (PSI).....	135
4.2.5.	Porcentaje de clasificación de serviciabilidad.....	136
4.2.6.	Índice de Rugosidad Internacional (IRI) e Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) máximos y mínimos.	137
4.2.7.	Índice de Rugosidad Internacional Característico (IRIc).	137
4.2.8.	Índice de serviciabilidad presente (PSI) por carril.	137
4.2.9.	Comportamiento del PSI de la carretera Cerro de Pasco - Yanahuanca.	138
4.3.	Prueba de hipótesis.	139
4.3.1.	Hipótesis general.	139
4.3.2.	Hipótesis específicas.	140
4.4.	Discusión de resultados.	141
CONCLUSIONES		
RECOMENDACIONES		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Pavimento Flexible de la vía en estudio	10
Figura 2: Estructura de pavimento flexible	10
Figura 3: Perfil real de una carretera.	15
Figura 4: Representación gráfica del modelo de “cuarto de carro”	17
Figura 5: Nivel y mira topográfica	21
Figura 6: Equipo Dipstick.	22
Figura 7: Perfilógrafo California	23
Figura 8: Perfilógrafo Rainhart	24
Figura 9: Componentes de equipos tipo respuesta	25
Figura 10: Componentes de equipos con referencia inercial.....	26
Figura 11: Rugosímetro de MERLIN empleado para los ensayos en esta tesis.....	28
Figura 12: Esquema del Rugosímetro de MERLIN	29
Figura 13: Escala de rugosidad IRI para diferentes tipos de vías (m/km).....	39
Figura 14: Equipo para el levantamiento topográfico.	49
Figura 15: Formato para el conteo de vehículos.	50
Figura 16: Rugosímetro MERLIN.....	50
Figura 17: formato para la recolección de datos del rugosímetro MERLIN.....	51
Figura 18: Calibración de Rugosímetro MERLIN.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 19: Pastilla metálica.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 20: Medición de pastilla con calibrador vernier. ¡Error! Marcador no definido.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 21: Lectura inicial sin pastilla.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 22: Lectura Final con pastilla.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 23: Inicio de lectura de datos.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 24: Ensayo N°05 carril derecho con el rugosímetro MERLIN.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 25: Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio.	53
Figura 26: Histograma de la distribución de frecuencias de una Muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva.	54
Figura 27: Ubicación de la vía en estudio.	65
Figura 28: carretera en estudio	66
Figura 29: Plano topográfico de la carretera.	71
Figura 30: Ubicación de tramos para el ensayo de MERLIN de acuerdo al muestreo. 72	
Figura 31: Ubicación de estaciones para conteo de vehículos.	73
Figura 32: Instrumentos de recolección de datos para el rugosímetro MERLIN.....	152
Figura 33: Instrumento de recolección de datos para el conteo de vehículos.	153
Figura 34: Lectura inicial para empezar cada ensayo.	154
Figura 35: Colocación de pastilla en cada inicio de ensayo.....	154
Figura 36: Lectura final para empezar cada ensayo.	155
Figura 37: Ejecución de ensayo.....	155
Figura 38: Marca para lectura de datos (pitón de llanta).....	156
Figura 39: Ejecución de ensayo con medidas de seguridad.	156
Figura 40: Ensayo en carril derecho de carretera muestras iniciales.....	157
Figura 41: Ensayo en carril izquierdo de carretera muestras iniciales.	157
Figura 42: Ensayo en carril derecho de la carretera muestras finales.	158

Figura 43: Ensayo en carril izquierdo de la carretera muestras finales.	158
Figura 44: Ejecución de ensayo en tramos dañados.	159
Figura 45: Ensayo en tramos de regular estado.	159
Figura 46: Inicio del trabajo topográfico.	160
Figura 47: Levantamiento topográfico de la carretera.	160
Figura 48: Cambio de estación para el levantamiento topográfico de la carretera.	161
Figura 49: Avance del trabajo topográfico de la carretera.	161
Figura 50: Conteo vehicular estación – 01 (Paragsha).	162
Figura 51: Conteo vehicular estación – 02 (Tambopampa).	162
Figura 52: Conteo vehicular estación – 03 (Chipipata).	163

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de carreteras por su demanda	8
Tabla 2: Escala de estimación de rugosidad de vías para caminos pavimentados con concreto asfáltico o tratamiento superficial.	18
Tabla 3: equipos utilizados para la medición de la rugosidad superficial de pavimentos.	26
Tabla 4: Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la Superficie de pavimento respecto del nivel de referencia o cuerda promedio.	30
Tabla 5: Clasificación del PSI	33
Tabla 6: Escala de calificaciones de la serviciabilidad según AASHTO 1962.	34
Tabla 7: Rangos y Valores característicos de IRI en función del PSI.	35
Tabla 8: Categoría de acción.	36
Tabla 9: Estado Vial según la Rugosidad.	37
Tabla 10: Escala de índice de serviciabilidad y calidad.	38
Tabla 11: Parámetros globales de aceptación por niveles de servicio.	40
Tabla 12: Operatividad de variables.	44
Tabla 13: Ejemplo de datos obtenidos con el rugosímetro MERLIN.	59
Tabla 14: Ejemplo de determinación del nivel de servicio	62
Tabla 15: Tramos para los ensayos con MERLIN.	74
Tabla 16: Ubicación de estaciones de conteo.	74
Tabla 17: Resultados del estudio de tráfico estación Paragsha.	75
Tabla 18: Resultados del estudio de tráfico estación Tambopampa.	76
Tabla 19: Resultados del estudio de tráfico estación Chipipata.	77
Tabla 20: IMDA de la carretera.	78
Tabla 21: Resultados IRI y PSI	135
Tabla 22: IRI y PSI máximos y mínimos.	137
Tabla 23: IRI Característico.	137
Tabla 24: PSI por carril.	137

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Avance del deterioro de un camino respecto al tiempo sin mantenimiento..	12
Gráfico 2: Curva de deterioro y conservación de un pavimento.	12
Gráfico 3: Ejemplo Histograma de Frecuencia Ensayo N°05 – CD.	60
Gráfico 4: Ejemplo del cálculo del Rango D Ensayo N°05 – CD.	60
Gráfico 5: Ejemplo de presentación de resultados - Ensayo N°05 – CD.	63
Gráfico 6: Histograma de porcentaje por tipo de vehículo del IMDA.	78
Gráfico 7: Resultado de la Muestra - E01	79
Gráfico 8: Resultado de la Muestra - E02	81
Gráfico 9: Resultado de la Muestra - E03	83
Gráfico 10: Resultado de la Muestra - E04	85
Gráfico 11: Resultado de la Muestra - E05	87
Gráfico 12: Resultado de la Muestra - E06	89
Gráfico 13: Resultado de la Muestra - E07	91
Gráfico 14: Resultado de la Muestra - E08	93
Gráfico 15: Resultado de la Muestra - E09	95
Gráfico 16: Resultado de la Muestra – E10.....	97
Gráfico 17: Resultado de la Muestra – E11.....	99
Gráfico 18: Resultado de la Muestra – E12.....	101
Gráfico 19: Resultado de la Muestra – E13.....	103
Gráfico 20: Resultado de la Muestra – E14.....	105
Gráfico 21: Resultado de la Muestra – E15.....	107
Gráfico 22: Resultado de la Muestra – E16.....	109
Gráfico 23: Resultado de la Muestra – E17.....	111
Gráfico 24: Resultado de la Muestra – E18.....	113
Gráfico 25: Resultado de la Muestra – E19.....	115
Gráfico 26: Resultado de la Muestra – E20.....	117
Gráfico 27: Resultado de la Muestra – E21.....	119
Gráfico 28: Resultado de la Muestra – E22.....	121
Gráfico 29: Resultado de la Muestra – E23.....	123
Gráfico 30: Resultado de la Muestra – E24.....	125
Gráfico 31: Resultado de la Muestra – E25.....	127
Gráfico 32: Resultado de la Muestra – E26.....	129
Gráfico 33: Resultado de la Muestra – E27.....	131
Gráfico 34: Resultado de la Muestra – E28.....	133
Gráfico 35: Porcentaje de clasificación de serviciabilidad.....	136
Gráfico 36: Comportamiento del PSI de la carretera Cerro de Pasco-Yanahuanca.	138
Gráfico 37: Comportamiento del PSI de la carretera Cerro de Pasco-Yanahuanca CARRIL DERECHO.....	138
Gráfico 38: Comportamiento del PSI de la carretera Cerro de Pasco-Yanahuanca CARRIL IZQUIERDO.....	138

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.

En los últimos años en la región Pasco, gran cantidad de vías interprovinciales presentan pavimentos deteriorados. Esto puede ser visible en la capa de rodadura impidiendo así desplazamientos rápidos y expeditos, afectando a la población.

Esto repercute en el deterioro de sus vehículos, retrasos para su arribo a sus destinos por ende baja calidad de viaje. Es por ello, que se debe tener en cuenta el nivel de servicio de un pavimento, cuando las vías se encuentran con un nivel de deterioro elevado presenta factores que se ven afectados: La comodidad y la seguridad del viaje se ven deteriorados, Los costos de operación y los tiempos de viaje de los vehículos que utilizan la carretera se acrecientan, La inversión en las vías aumenta, pues los procesos de reposición que se requieren cuando los pavimentos han alcanzado un nivel de deterioro excesivo, son más complejos, que cuando el mantenimiento se realiza oportunamente.

Una de las vías más importantes de la región es la que conecta la provincia de Pasco y la provincia de Daniel Alcides Carrión, el cual presenta daños severos y signos del mal o nulo mantenimiento. En la actualidad no se conoce el nivel de servicio del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca.

Con este procedimiento se reforzará el aprendizaje adquirido en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, se podrá verificar si esta vía aún cuenta con una adecuada respuesta que la mantenga con una serviciabilidad adecuada, así mismo será de interés para investigadores de esta temática y para estudiantes de universidad.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La presente investigación se ha realizado a lo largo de todo el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca.

1.2.2. Delimitación temporal

8 meses; Marzo del 2019 – Octubre del 2019

1.2.3. Delimitación conceptual

La presente tesis está enmarcada dentro del aspecto de la investigación sobre la calidad del pavimento en cuanto a serviciabilidad se refiere. Dentro de los aspectos conceptuales que se desarrollan se considera: El nivel de servicio del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco - Yanahuanca.

1.3. Formulación del problema.

1.3.1. Problema general.

¿Cuál es el nivel de servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN en el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca – 2019?

1.3.2. Problemas específicos.

- ¿Cuál es el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca?
- ¿Cuál es el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) máximo y mínimo del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca?
- ¿Cuál es el Índice de Rugosidad Internacional Característico (IRI_c) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca?

- ¿Cuál es el índice de serviciabilidad presente (PSI) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca?

1.4. Formulación de objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

Evaluar el nivel de servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN en el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca – 2019.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Calcular el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca.
- Calcular Índice de Rugosidad Internacional (IRI) máximo y mínimo del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco - Yanahuanca.
- Calcular el Índice de Rugosidad Internacional Característico (IRI_c) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca.
- Calcular el índice de serviciabilidad presente (PSI) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca.

1.5. Justificación de la investigación.

La justificación de la presente investigación se pretende conocer el nivel de servicio del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca según el Índice de Rugosidad Internacional, utilizando el Rugosímetro MERLIN.

La evaluación del nivel de servicio del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca se realiza por el estado de deterioro en que se encuentra la vía esto supone un mayor conocimiento de las condiciones funcionales de la vía en estudio que permitan llegar a un diagnóstico de ésta.

1.5.1. Importancia y alcances de la investigación.

1.5.1.1. Importancia.

La presente investigación tiene como importancia evaluar el nivel de servicio de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca, y así determinar las acciones a implementar para su mejoramiento y brindar una mejor calidad de vía a la población.

1.5.1.2. Alcances de la investigación.

La investigación contiene la evaluación del nivel de servicio del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco - Yanahuanca, en donde se medirá deformaciones longitudinales del pavimento mediante la aplicación del Rugosímetro MERLIN en puntos representativos de la carretera, en el primer caso la determinación se basa en el concepto de usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio, luego para interpretarla en forma cuantitativa, MERLIN mide el desplazamiento vertical de la superficie del pavimento y un punto medio de una línea imaginaria de longitud constante.

1.6. Limitaciones de la investigación.

La presente investigación se limitará a sólo estudiar el nivel de servicio del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco - Yanahuanca.

Con la metodología de evaluación del nivel de servicio mediante el índice de rugosidad internacional no se realiza la evaluación directa de la sub rasante, ya que es un método de inspección visual utilizando un equipo superficial, en tanto se realiza una evaluación de la superficie de la carpeta de rodadura.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.

EL Banco Mundial financió varios programas de investigación en los años setentas para conocer los problemas en los países en vías de desarrollo. La rugosidad de las carreteras fue identificada como un factor primario en los análisis que involucran la calidad del camino. Se verifico que los datos de la rugosidad de las diferentes partes del mundo no podían ser comparados, debido a que los datos, aun de un mismo país, eran poco confiables, ya que las mediciones estaban basadas en métodos diferentes. La gran variedad de equipos utilizados para medir la regularidad superficial y los numerosos índices y escalas existentes para establecer los criterios de aceptación de la funcionalidad de una carretera, llevaron a considerar la conveniencia de adoptar un "índice único". Debido a que cada país contaba con un equipo propio, no se podía imponer un solo equipo a todos y tampoco se podía limitar las futuras mejoras de los equipos existentes o el desarrollo de nuevos equipos.

En 1982, el Banco Mundial inició un experimento en Brasil para establecer correlaciones y un estándar de calibración para las mediciones de rugosidad. Se observó que los valores de los equipos de medición de la rugosidad superficial existentes eran correlacionables. Una vez establecido este punto, uno de los objetivos de las investigaciones fue encontrar un índice de referencia al que posteriormente se denominó "Índice de Rugosidad Internacional".

EL Índice Internacional de Rugosidad es el primer índice de perfil ampliamente utilizado, donde el método de análisis está adaptado para trabajar con diferentes tipos de equipos de medición de rugosidad y se puede decir que es una propiedad del perfil de un camino.

En el año 1990, el Laboratorio Británico de Investigación de Transportes y Caminos (TRRL), presentó una metodología para estudiar la rugosidad de los pavimentos, el equipo que se utilizó fue denominado MERLIN (Machine for Evaluating Roughness using low-cost Instrumentation).

Recientemente en la Región Pasco no se tiene antecedentes de este tipo de investigación, en algunas otras regiones del país muchos profesionales presentaron proyectos, tesis de pre-grado con el mismo enfoque de investigación.

La presente investigación tiene antecedentes en las siguientes investigaciones:

Investigación: “DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) MEDIDO CON EL EQUIPO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA Av. HOYOS RUBIO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA.” (2019)

Autor: Bach. Milton Oswaldo Sangay Cusquisibán.

Institución: Universidad Privada Del Norte.

Resumen: El objeto de esta investigación es la determinación del Nivel de Servicio del pavimento flexible de la Av. Hoyos Rubio en la ciudad de Cajamarca, mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) el cual se midió con el equipo de MERLIN, se obtuvo los siguientes resultados: $IRI_p=2.648$ m/km, $IRI_c=2.960$ m/km y $PSI=2.919$ con este valor se ubica en el rango de serviciabilidad de 2 – 3, se concluye que el pavimento aún se encuentra en una condición regular.

Investigación: “EVALUACIÓN SUPERFICIAL UTILIZANDO EL EQUIPO MERLIN MONITOREO DE CONSERVACION CARRETERA CAÑETE - HUANCAYO KM.100+000 AL KM.102+000.” (2010)

Autor: Bach. José Luis Pinto Muñoz.

Institución: Universidad Nacional de Ingeniería.

Resumen: La presente investigación tuvo por objetivo el monitoreo de conservación de la carretera Cañete - Huancayo del km.100+000 al km.102+000, utilizando el rugosímetro MERLIN, hallando un Índice Serviciabilidad Presente (PSI) de 2.23 ubicándose en el rango de regular.

Investigación: “EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FUNCIONAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JR. JOSE SABOGAL CDRA. 01-08 UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO MERLIN Y LAS PROPUESTAS DE TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN”. (2018)

Autor: Bach. José Luis Pinto Muñoz.

Institución: Universidad Nacional de Cajamarca.

Resumen: Esta investigación tiene como objetivo determinar la evaluación superficial del pavimento rígido del JR. JOSÉ SABOGAL CUADRA 01-08 UTILIZANDO EL RUGOSÍMETRO MERLIN (IMD=4039 veh/día), se obtuvo que el IRI promedio de 6.65 m/Km, el cual según el ministerio de transportes y comunicaciones del Perú se concluye que el estado vial según la Rugosidad resultante ($IRI > 5$) es MUY MALO por ende se requiere la rehabilitación.

2.2. Bases teóricas – científicas.

2.2.1. Carretera.

2.2.1.1. Definición.

Se define como un camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (MTC, 2008).

2.2.1.2. Clasificación por su demanda.

Tabla 1: Clasificación de carreteras por su demanda

Clasificación por su demanda.	IMDA (veh/día)	Calzadas	Carriles	Ancho de Carril
Autopistas de Primera Clase	Mayor a 6000	Divididas	2 o más	Min 3.60m
Autopistas de Segunda Clase	Entre 4001 - 6000	Única	2	Min 3.60m
Carreteras de Primera Clase	Entre 2001- 4000	Única	2	Min 3.60m
Carreteras de Segunda Clase	Entre 401 - 2000	Única	2	Min 3.30m
Carreteras de Tercera Clase	Entre 201 - 400	Única	2	Min 2.50m
Trochas Carrozables	Menor a 200	Única	1	Min 4.00m

Fuente: Adaptación del MTC, 2013.

2.2.2. Pavimento.

2.2.2.1. Definición.

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

Según PROVÍAS (2008) define a los pavimentos como una estructura construida sobre la sub rasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito.

2.2.2.2. Características que debe reunir un pavimento.

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.

- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Debe presentar una regularidad superficial, que permita una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Debe ser durable.
- Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.
- Debe ser económico.
- Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

2.2.2.3. *Clasificación de pavimentos.*

a) Pavimentos Flexibles.

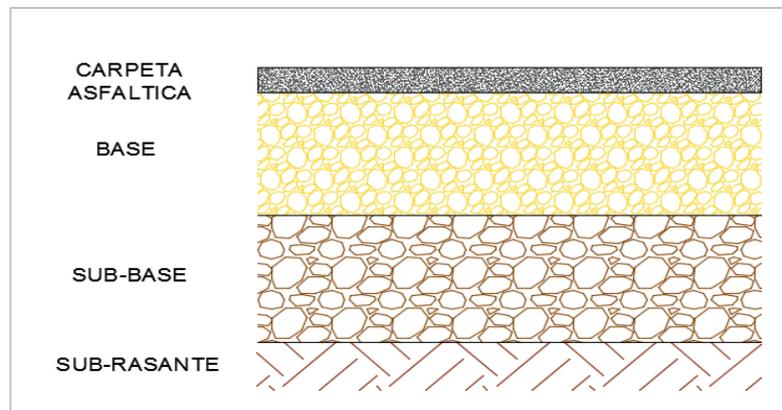
Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra. (Montejo Fonseca, 2008).

Figura 1: Pavimento Flexible de la vía en estudio



Fuente: Propia

Figura 2: Estructura de pavimento flexible



Fuente: Adaptación Manual de "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos"
MTC, 2013.

Funciones de las capas de un pavimento flexible

- **La sub-base granular:** Disminución de las deformaciones, Resistencia y Drenaje.
- **La base granular:** Resistencia.
- **Carpeta:** Superficie de rodamiento, Impermeabilidad y Resistencia.

b) Pavimentos Rígidos.

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre

una capa, de material seleccionado, la cual se denomina sub-base del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante.

c) Pavimentos articulados

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concretos prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de ésta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circularan por dicho pavimento. (Montejo Fonseca, 2008).

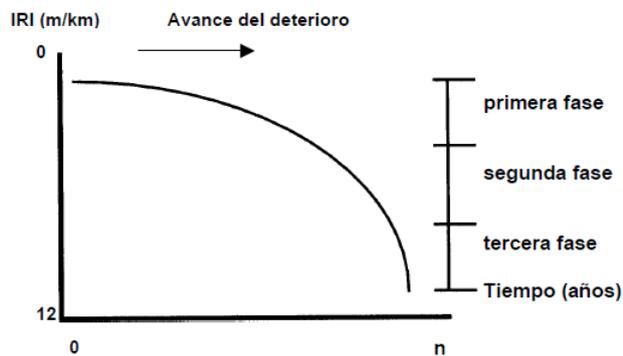
2.2.3. Curva de deterioro y conservación de un pavimento

Los pavimentos sufren deterioros constantes debido a las solicitaciones externas (lluvia, tránsito, etc.), el efecto que estas producen es permanente y puede resultar en un pavimento intransitable.

El deterioro de un pavimento se da desde una etapa inicial, con un deterioro casi imperceptible hasta el deterioro total. Es por ello que los pavimentos se proyectan para que sirvan un determinado número de años, esta proyección es denominada ciclo de vida útil, para garantizar un buen desempeño de la vía

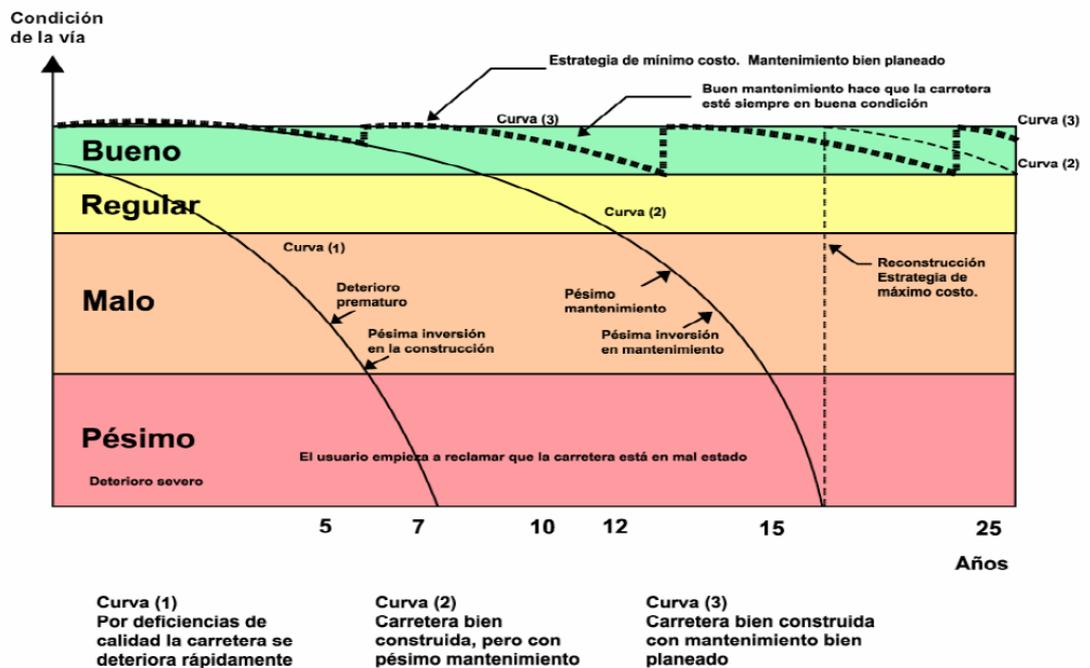
debe planificarse y ejecutarse labores de mantenimiento preventivo en lapso de tiempos definidos, de esta manera se lograra que la carretera este siempre en buen estado (Gamboa 2009). El mantenimiento preventivo se debe realizar desde el primer año de ejecución de la obra y a medida que pasan los años tomar acciones que mejoren la calidad del pavimento. (Manual de Carreteras - Conservación Vial).

Gráfico 1: Avance del deterioro de un camino respecto al tiempo sin mantenimiento.



Fuente: Especificaciones técnicas para la conservación de carreteras.

Gráfico 2: Curva de deterioro y conservación de un pavimento.



Fuente: Adaptación de SANCHEZ, Fernando (2009)

2.2.4. Evaluación de pavimentos

Los pavimentos son estructuras que están sometidas a mucho esfuerzo, por lo que es necesario realizar una evaluación de los mismos que nos permita determinar el estado situacional de la superficie del pavimento, para así adoptar medidas correctivas, mantenimiento o reconstrucción para que cumplan con las condiciones mínimas de servicio y se pueda alargar su vida útil.

2.2.4.1. Etapas De Evaluaciones

Etapa Inicial: En esta etapa se realiza la evaluación del pavimento antes de iniciar su operación, así determinar la calidad de proyecto ejecutado, siendo estos aceptados o rechazados.

Etapa de Seguimiento: Luego de iniciado la operatividad del pavimento se procede a realizar evaluaciones periódicas para determinar si la superficie de rodadura se mantiene en óptimas condiciones.

Etapa Puntual: se realiza cuando se detecta daños considerables en la superficie de rodadura para plantear alternativas de solución.

2.2.4.2. Clases de evaluaciones de pavimentos.

Evaluación Superficial

Este tipo de evaluación consiste en una inspección de la superficie del pavimento, haciendo uso de diferentes métodos y herramientas que dan como resultado el estado en que se encuentra el pavimento evaluado. En la evaluación superficial, debe considerar las fallas presentes en el pavimento de tal manera de valorarlas, tanto en magnitud como en severidad, para así tener un indicativo referencial

de su condición. Esto es posible mediante la determinación del Índice de condición del Pavimento (PCI).

Evaluación Estructural

Es una evaluación a mayor profundidad que se fundamenta en la toma de muestras representativas de los materiales que conforman las diferentes capas del pavimento en una vía. Los métodos para este tipo de evaluación pueden ser destructivos o no destructivos, dependiendo del grado de alteración física producida por los materiales durante el proceso de evaluación. Entre algunos métodos tenemos; Exploraciones, Dispositivos Estáticos (viga Benkelman), Dispositivos Vibratorios.

Evaluación de la Rugosidad

es un factor sumamente importante para la comodidad del usuario en primer lugar y en segundo, también para su seguridad y economía. Este concepto está ligado con la calidad del servicio o la serviciabilidad del pavimento y se considera como la habilidad del pavimento para servir al tránsito con sus condiciones actuales, aspecto que es de gran interés para el usuario.

Serviciabilidad

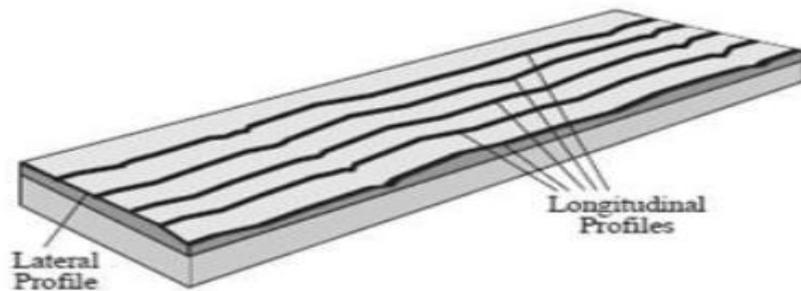
Según el modelo AASHTO esta evaluación de pavimento se realiza a partir de la rugosidad mediante modelos matemáticos.

2.2.5. Rugosidad superficial del pavimento.

2.2.5.1. Definición.

Se define la rugosidad como la desviación de la superficie de un camino con respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo y la calidad de manejo.

Figura 3: Perfil real de una carretera.



Fuente: “*The Little Book of Profiling: Basic information about measuring and interpreting road profiles*”, USA-University of Michigan, 1988.

Algunos autores prefieren utilizar el término Regularidad, puesto que este concepto se asocia más fácilmente a la definición de Roughness, que el término Rugosidad. De esta manera, puede encontrarse bibliografía que trata indistintamente los conceptos de Regularidad y Rugosidad; sin embargo, para efectos de la presente investigación se prefiere utilizar Rugosidad, para referirse a las irregularidades en la superficie del pavimento que afectan adversamente a la calidad del rodado, seguridad y costos de operación del vehículo.

2.2.5.2. Importancia.

Una buena regularidad de la superficie de los pavimentos ofrece condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios de las carreteras. Una mala regularidad superficial tiene incidencia en los costos de operación de los vehículos, puesto que, dependiendo de la

magnitud de las irregularidades superficiales, la velocidad de circulación también puede verse afectada negativamente, lo cual puede reflejarse por un mayor desgaste en las llantas y el consumo de combustible.

Adicionalmente, los efectos dinámicos producidos por las irregularidades de las carreteras, pueden reflejarse no sólo en los vehículos, sino también en modificaciones de estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura del pavimento, lo que puede incrementar los costos en las actividades de conservación y rehabilitación.

Por estas razones, conocer la rugosidad superficial del pavimento en cualquier momento desde el inicio de su periodo de servicio o de la vida útil, permitirá definir las acciones de conservación o rehabilitación necesarias en el momento pertinente. (Badilla Vargas, Gustavo, 2009).

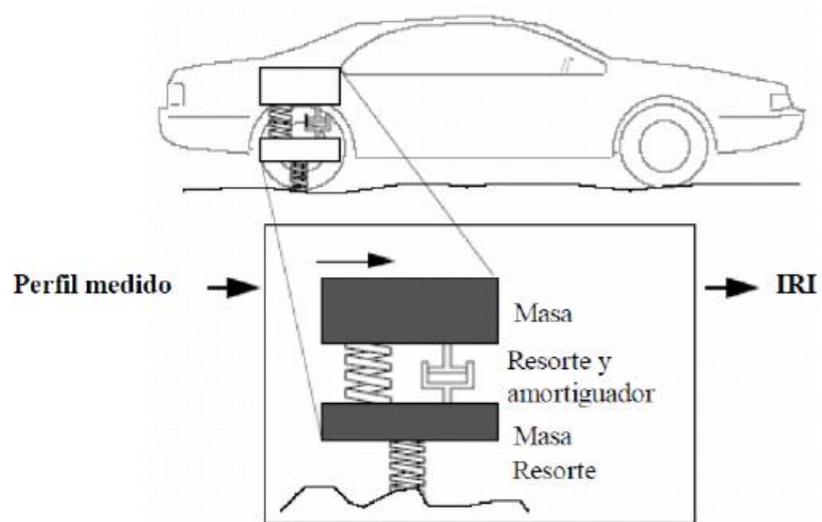
2.2.6. Índice de rugosidad internacional (IRI).

2.2.6.1. Definición.

El concepto del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), se estableció a partir de conceptos de mecánica vibratoria de sistemas dinámicos, todo ello en base a un modelo que simulo el movimiento de la suspensión acumulada por un vehículo al circular por una determinada longitud de via, a una velocidad promedio de 80 km/hr. Esta hipótesis describe el conocido método llamado “Modelo de Cuarto de Carro”.

El modelo de Cuarto de Carro utilizado en el algoritmo del IRI, su nombre se debe a que implica la cuarta parte de un vehículo. El modelo se muestra en la Figura 4; que incluye una rueda representada por un resorte vertical, la masa del eje soportada por la llanta, un resorte de la suspensión, un amortiguador, y la masa del vehículo soportada por la suspensión de dicha rueda. (Instituto Mexicano del Transporte, 1998).

Figura 4: Representación gráfica del modelo de “cuarto de carro”



Fuente: De Solminihaç, H. Presentación Power Point. Planificación y Gestión Vial. 2006.

Por lo tanto, el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), se define como la acumulación del movimiento vertical que sufre la suspensión de una rueda (un cuarto de carro) cuando este recorre la superficie a una velocidad de referencia de 80 km/h. por lo que podemos decir que, es un índice de comodidad de rodadura, y constituye el parámetro de la vía que percibe el usuario. (Caro Rivera, Fernando; Peña Castro, Germán A., 2012).

El Índice Internacional de Rugosidad, mejor conocido como IRI (International Roughness Index), fue propuesto por el Banco Mundial en 1986 como un estándar estadístico de la rugosidad y sirve como parámetro de referencia en la medición de la calidad de rodadura de un camino.

Así, el IRI es la medición de la respuesta de un vehículo a las condiciones de un camino.

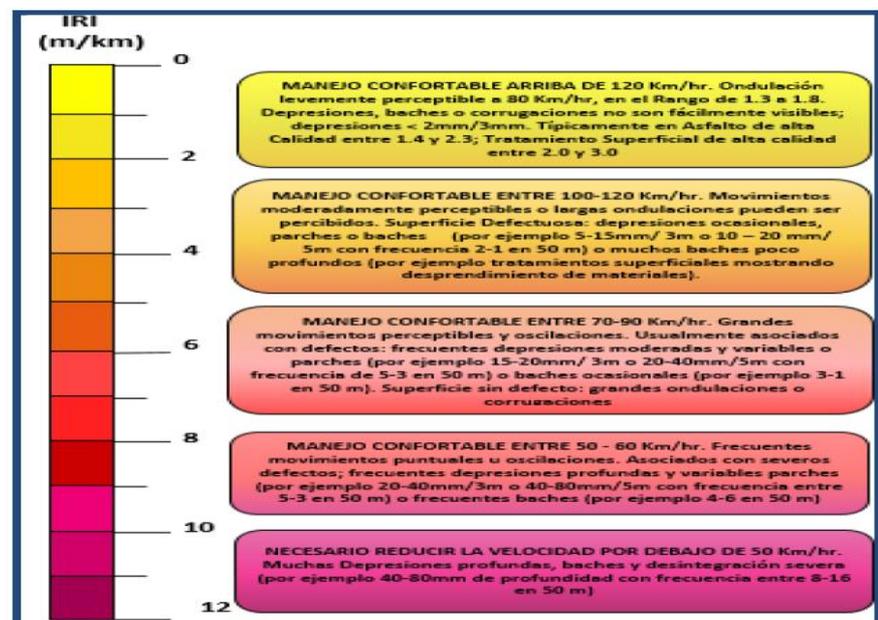
2.2.6.2. Características del IRI.

Las características involucradas en el IRI son las siguientes:

- Las unidades del IRI están en mm/m, m/km o in/mi.
- La escala del IRI para un camino pavimentado es de 0 a 12 m/km, donde 0 es una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable.

La norma ASTM E-1926, presenta una escala del IRI.

Tabla 2: Escala de estimación de rugosidad de vías para caminos pavimentados con concreto asfáltico o tratamiento superficial



Fuente: adaptación del ASTM E 1926.

- Para una vía con pendiente constante sin deformaciones (plano inclinado perfecto), el IRI es igual a cero. Por lo que la pendiente, como tal, no influye en el valor del IRI, tampoco los cambios de pendiente.

2.2.6.3. Consideraciones a tener al calcular IRI.

- El IRI es la propiedad de un sólo perfil longitudinal, entonces, si se desea establecer un valor por vía se deberían establecer criterios de cuantos perfiles tomar, generalmente se toman los perfiles en ambas huellas exteriores de cada pista para así derivar un valor por pista.
- No se tomará en cuenta las singularidades para el cálculo del IRI, estas singularidades pueden ser gibas, badenes, entre otras.

2.2.7. Índice de Rugosidad Internacional Característico (IRI_c).

Son límites de la rugosidad para el control de calidad de pavimentos, Para el caso de pavimentos asfálticos nuevos, rehabilitados o en servicio la rugosidad o regularidad superficial se deberá controlar calculando el parámetro denominado IRI Característico.

2.2.8. Clasificación de métodos y equipos para la medición de la rugosidad.

2.2.8.1. Clasificación de los métodos.

Los diversos métodos para medir la rugosidad que existe en el mundo pueden agruparse, de acuerdo a la clasificación dada por el Banco Mundial, en cuatro clases genéricas, con relación a cuán directa sea la correlación que emplean para relacionar sus medidas con el Índice Internacional de Rugosidad (IRI).

- **Métodos Clase 1.** Basados en la medición de perfiles topográficos de gran precisión, estos métodos se constituyen como los más exactos que existen para la determinación del IRI. Los métodos de la clase 1 establecen la rugosidad a través de la determinación muy exacta del perfil longitudinal de un pavimento.
- **Métodos Clase 2.** Esta clase incluye todos los otros métodos en los cuales la rugosidad se determina sobre la base de la medición del perfil longitudinal, pero con una exactitud menor que los de la Clase 1. Estos métodos recurren al uso de perfilómetros de alta velocidad o mediciones estáticas con equipos similares a los de Clase 1, pero con niveles inferiores de exactitud.
- **Métodos Clase 3.** En esta clase están los métodos que recurren al uso de una ecuación de correlación para la estimación del IRI. Estos métodos, también denominados “tipo respuesta” (Response-Type Road Roughness Measuring System, o simplemente, RTRRMS), establecen la rugosidad basados en la detección del movimiento relativo que experimenta el sistema de suspensión de un vehículo de pasajeros o de un tráiler remolcado, al transitar sobre el pavimento.
- **Métodos Clase 4.** Hay situaciones en las que se requieren datos de rugosidad sin necesidad de una gran precisión o simplemente no es posible obtener datos precisos. En tales casos se puede recurrir a una evaluación subjetiva, ya sea mediante experiencia previa recorriendo caminos o basándose en una inspección visual o con equipos no calibrados.

2.2.9. Equipos para evaluar la rugosidad.

Existen diferentes equipos para determinar la regularidad superficial de los pavimentos, los cuales han venido evolucionando en el tiempo, variando unos de otros en la precisión y rapidez para la obtención de los resultados.

a) Nivel y mira topográfica

El equipo consiste en una mira de precisión graduada con unidades convenientes de elevación (típicamente divisiones de cm o ft), y un nivel topográfico empleado para establecer el dato de la línea horizontal. Debido a que el proceso de recolección de datos es relativamente lento, en comparación con otros equipos, es considerado de bajo rendimiento, pero de gran precisión considerado un método clase 1.

Figura 5: Nivel y mira topográfica



Fuente: Gustavo Badilla Vargas 2008.

b) Dipstick

Los equipos Dipstick pueden usarse para obtener una cantidad relativamente pequeña de medidas del perfil longitudinal del pavimento. El Dipstick consiste en un inclinómetro sostenido entre dos apoyos separados por 300mm o 250mm, los cuales registran la elevación de un apoyo relativo a la elevación del otro. El operador conduce el Dipstick sobre una sección de pavimento premarcada, rotando el instrumento alternadamente sobre cada apoyo (ver Figura 6). (Badilla, Elizondo, & Barrantes, 2008). Es considerado un método de clase 1.

Figura 6: Equipo Dipstick.



Fuente: Ventura, J. Determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI). 2005

c) Perfilógrafos

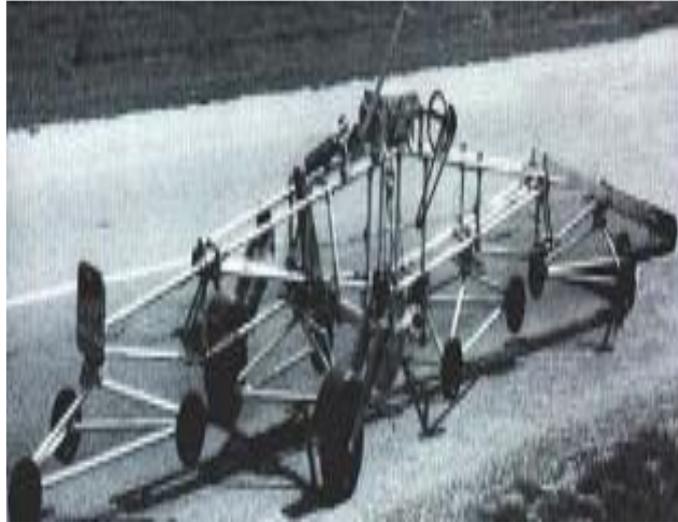
Los perfilógrafos tienen una rueda sensible, montada al centro del marco para mantener el movimiento vertical libre. La desviación de un plano de referencia, establecido por el marco del perfilógrafo, se registra (automáticamente en algunos modelos) en papel según el movimiento de la rueda sensible. Se pueden encontrar una variedad de formas, configuraciones y marcas. Dos tipos básicos de perfilógrafos que se han desarrollado, que difieren en la configuración del sistema de ruedas que los soportan, el funcionamiento y procedimientos de medida de los dispositivos, son el perfilógrafo California y el Rainhart (ver Figura 7 y 8). Son considerados en el método clase 2.

Figura 7: Perfilógrafo California



Fuente: Badilla, Elizondo, & Barrantes, 2008.

Figura 8: Perfilógrafo Rainhart

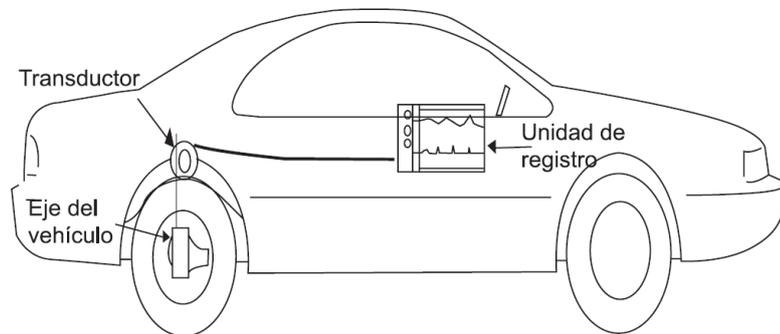


Fuente: Badilla, Elizondo, & Barrantes, 2008.

d) Equipos Tipo Respuesta (RTRRMS)

Por largos años, la mayoría de datos de regularidad de los pavimentos de una red fueron obtenidos con vehículos instrumentados con medidores de las irregularidades de las superficies de rodamiento, llamados sistemas de medición de la regularidad de una carretera tipo respuesta (RTRRMS, por sus siglas del inglés “response-type road roughness measuring system”). Los equipos RTRRMS operan a la velocidad normal de circulación de una carretera, estos dispositivos están montados en un vehículo liviano, o en un remolque especial. Los equipos RTRRMS miden los movimientos verticales del eje trasero del automóvil o el eje del remolque respecto al marco del vehículo. De esta manera el equipo mide la respuesta (rebote) del vehículo a la regularidad del camino, por lo que no es realmente una medida verdadera de la lisura de la superficie (ver Figura 9). (Badilla, Elizondo, & Barrantes, 2008). Este equipo es considerado en el método clase 3.

Figura 9: Componentes de equipos tipo respuesta



Fuente: Badilla, Elizondo, & Barrantes, 2008.

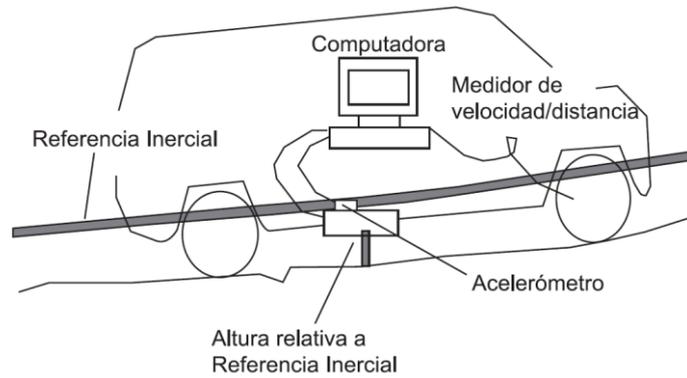
e) Perfilómetro Inercial.

El perfilómetro inercial es un equipo de alto rendimiento que producen medidas automáticas y de alta calidad del perfil del camino; concebidos especialmente para el análisis de la regularidad superficial de la carretera, tanto longitudinal como transversal, superando la calidad y precisión a cualquier equipo tradicional. Estos equipos producen medidas continuas del perfil longitudinal a altas velocidades a través de la creación de una referencia inercial, integrado por acelerómetros colocados en el vehículo los cuales permiten obtener el movimiento vertical del mismo y sensores de “no contacto” (por ejemplo, dispositivos láser infrarrojos) utilizados para medir el desplazamiento relativo entre el vehículo y la superficie del pavimento (ver Figura 10).

Las mediciones son independientes de cualquier variación en el peso y velocidad del vehículo, temperatura, color y textura del pavimento. (Badilla, Elizondo, & Barrantes, 2008). Es considerado de método clase

1.

Figura 10: Componentes de equipos con referencia inercial.



Fuente: Badilla, Elizondo, & Barrantes, 2008

2.2.9.1. Resumen de equipos utilizados para evaluar la rugosidad.

Tabla 3: equipos utilizados para la medición de la rugosidad superficial de pavimentos.

EQUIPO	GRADO DE PRECISION	METODO	IMPLEMENTACION	COMPLEJIDAD DEL EQUIPO	OBSERVACIONES
NIVEL Y MIRA TOPOGRAFICA	Muy alto	Clase 1	Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos	Simple	Poco práctico y costos muy elevados para proyectos largos
DIPSTICK	Muy alto	Clase 1	Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos	Muy Simple	Poco práctico y costos muy elevados para proyectos largos
PERFILOGRAFOS	Medio	Clase 2	Control de calidad y recepción de obras	Simple	No son prácticos para evaluar la condición a nivel de red
EQUIPOS TIPO RESPUESTA (RTRRMS)	Medio	Clase 3	Monitoreo de carreteras a nivel de red	Compleja	Los resultados no son transportables ni estables en el tiempo, pues dependen de la dinámica particular del movimiento del vehículo
PERFILOMETRO INERCIAL	Muy alto	Clase 1	Monitoreo de carreteras a nivel de red y recepción de proyectos viales	Muy Compleja	Equipo de alta precisión, cuyos resultados son transportables y estables en el tiempo. Su principal uso es la evaluación de redes viales grandes

Fuente: Adaptado de Ventura, J. Determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI)

2.2.10. Rugosímetro de MERLIN.

El Rugosímetro MERLIN, es un instrumento versátil, sencillo y económico, pensado especialmente para uso en países en vías de desarrollo. Fue introducido en el Perú por el Ing. Pablo del Águila en 1993.

El MERLIN es un equipo de diseño simple. Las figuras 17 y 18; presentan un esquema ilustrativo del instrumento. Consta de un marco formado por dos elementos verticales y uno horizontal. Para facilidad de desplazamiento y operación el elemento vertical delantero es una rueda, mientras que el trasero tiene adosados lateralmente dos soportes inclinados, uno en el lado derecho para fijar el equipo sobre el suelo durante los ensayos y otro en el lado izquierdo para descansar el equipo. El elemento horizontal se proyecta, hacia la parte trasera, con 2 manijas que permiten levantar y movilizar el equipo, haciéndolo rodar sobre la rueda en forma similar a una carretilla. (Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999).

La mayor experiencia en el Perú está relacionada con el método basado en el uso del Rugosímetro denominado MERLIN, desarrollado por el TRRL de Gran Bretaña. De acuerdo a la clasificación del Banco Mundial, el método de medición del MERLIN califica por la forma como Clase 3, ya que hace uso de una ecuación de correlación para relacionar los valores que determina con la escala del IRI. Sin embargo, por haber sido diseñado como una variación de un perfilómetro estático, y debido a la gran exactitud de sus resultados, es considerado como un método Clase 1. (Del Águila Rodríguez, 1999).

Aproximadamente en la parte central del elemento horizontal, se proyecta hacia abajo una barra vertical que no llega al piso, en cuyo extremo inferior pivotea un brazo móvil.

El extremo inferior del brazo móvil está en contacto directo con el piso, mediante un patín empernado y ajustable, el cual se adecua a las imperfecciones del terreno, mientras que el extremo superior termina en un puntero o indicador que se desliza sobre el borde de un tablero, de acuerdo a la posición que adopta el extremo inferior del patín móvil al entrar en contacto con el pavimento. La relación de brazos entre los segmentos extremo inferior del patín móvil-pivote y pivote-puntero es 1 a 10, de manera tal que un movimiento vertical de 1 mm, en el extremo inferior del patín móvil, produce un desplazamiento de 1 cm del puntero.

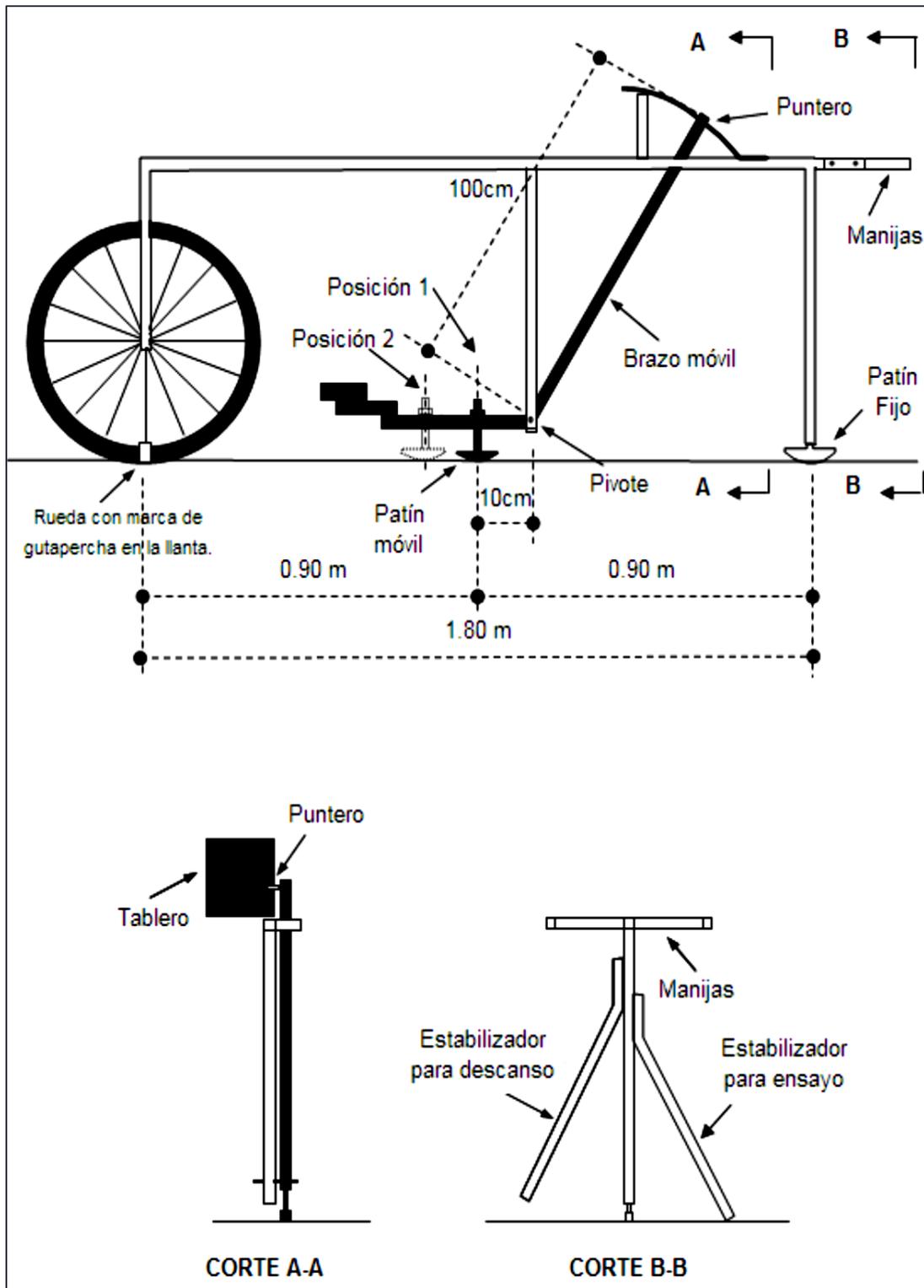
Para registrar los movimientos del puntero, se utiliza una escala gráfica con 50 divisiones, de 5 mm de espesor cada una, que va adherida en el borde del tablero sobre el cuál se desliza el puntero (Ver Tabla 4). (Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999).

Figura 11: Rugosímetro de MERLIN empleado para los ensayos en esta tesis.



Fuente: Propio.

Figura 12: Esquema del Rugosímetro de MERLIN



Fuente: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999.

Tabla 4: Escala para determinar la dispersión de las desviaciones de la Superficie de pavimento respecto del nivel de referencia o cuerda promedio.

RUGOSIMETRO MERLIN		
1 DIVISION = 5 mm	DEPRESIONES	50
		49
		48
		47
		46
		45
		44
		43
		42
		41
		40
		39
		38
		37
		36
		35
		34
		33
		32
		31
		30
		29
		28
		27
		ELEVACIONES
	25	
	24	
	23	
	22	
	21	
	20	
	19	
	18	
	17	
	16	
	15	
	14	
	13	
	12	
	11	
	10	
	9	
	8	
	7	
	6	
	5	
	4	
	3	
	2	
	1	

Fuente: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999.

2.2.10.1. Ejecución De Ensayos

Para la realización de los ensayos se requiere de dos personas que trabajan conjuntamente, un operador que conduce el equipo y realiza las lecturas y un auxiliar que las anota. Asimismo, debe seleccionarse un trecho de aproximadamente 400 m de longitud, sobre un determinado carril de una vía. Las mediciones se efectúan siguiendo la huella exterior del tráfico.

Para determinar un valor de rugosidad se deben efectuar 200 observaciones de las “irregularidades que presenta el pavimento” (desviaciones relativas a la cuerda promedio), cada una de las cuáles son detectadas por el patín móvil del MERLIN, y que a su vez son indicadas por la posición que adopta el puntero sobre la escala graduada del tablero, generándose de esa manera las lecturas. Las observaciones deben realizarse estacionando el equipo a intervalos regulares, generalmente cada 2m de distancia; en la práctica esto se resuelve tomando como referencia la circunferencia de la rueda del MERLIN, que es aproximadamente esa dimensión, es decir, cada ensayo se realiza al cabo de una vuelta de la rueda.

En cada observación el instrumento debe descansar sobre el camino apoyado en tres o dos puntos fijos e invariables dependiendo del modelo del equipo, la rueda, el apoyo fijo trasero y según sea el caso el estabilizador para ensayo (Ilustración N° 16, Corte B-B). La posición que adopta el puntero corresponderá a una lectura entre 1 y 50, la que se anotará en un formato de campo, El formato consta de una cuadrícula compuesta por 20 filas y 10 columnas; empezando por

el casillero (1,1), los datos se llenan de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, o de izquierda a derecha y de arriba abajo.

El proceso de medición es continuo y se realiza a una velocidad promedio de 2 km/h. La prueba empieza estacionando el equipo al inicio del trecho de ensayo, el operador espera que el puntero se estabilice y observa la posición que adopta respecto de la escala colocada sobre el tablero, realizando así la lectura que es anotada por el auxiliar. Paso seguido, el operador toma el instrumento por las manijas, elevándolo y desplazándolo la distancia constante seleccionada para usarse entre un ensayo y otro (una vuelta de la rueda). En la nueva ubicación se repite la operación explicada y así sucesivamente hasta completar las 200 lecturas. El espaciado entre los ensayos no es un factor crítico, pero es recomendable que las lecturas se realicen siempre estacionando la rueda en una misma posición, para lo cual se pone una señal o marca llamativa sobre la llanta (con gutapercha fosforescente, por ejemplo), la que debe quedar siempre en contacto con el piso. Ello facilita la labor del operador quién, una vez hecha la lectura, levanta el equipo y controla que la llanta gire una vuelta haciendo coincidir nuevamente la marca sobre el piso. (Manual del usuario MERLINER por, Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999).

2.2.11. Serviciabilidad de pavimentos.

Es la condición de un pavimento para proveer un manejo seguro y confortable a los usuarios, también se define como la percepción que tienen los usuarios del nivel de servicio del pavimento, por tal razón es que la opinión de ellos

es la que debe ser medida para calificar la serviciabilidad, el AASHO desarrollo un modelo para el cálculo de la serviciabilidad mediante el Índice de Serviciabilidad Presente, que utiliza modelos matemáticos a partir de la rugosidad.

2.2.12. Índice de serviciabilidad presente (PSI).

El PSI por sus siglas en inglés (Present Serviciability Índice) de un pavimento, es el valor que indica el grado de confort que tiene la superficie para el desplazamiento natural y normal de un vehículo; en otras palabras a un pavimento en perfecto estado se le asigna un valor de serviciabilidad inicial que depende del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción, de 5 (perfecto); y un pavimento en franco deterioro o con un índice de serviciabilidad final que depende de la categoría del camino y se adopta en base a esto y al criterio del proyectista, con un valor de 0 (pésimas condiciones).

Los siguientes cuadros muestran la escala de evaluación:

Tabla 5: Clasificación del PSI

Índice de Serviciabilidad (PSI)	
0 - 1	Muy Malo
1 - 2	Malo
2 - 3	Justo
3 - 4	Bueno
4 - 5	Muy Bueno

Fuente: Ingeniería de Pavimentos – Materiales, Diseño y Construcción, 2012

Tabla 6: Escala de calificaciones de la serviciabilidad según AASHTO 1962.

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

Fuente: Adaptación de AASHTO 1962.

Tabla 7: Rangos y Valores característicos de IRI en función del PSI.

Pavimentos Flexibles (Modelo de AASHO)			Pavimentos Rígidos (Modelo de AASHO)			Clasificación	Descripción AASHO
Valores de PSI	Valores de IRI	Rangos de IRI	Valores de PSI	Valores de IRI	Rangos de IRI		
5.0	0.0	0 - 1.0	5.0	0	0 - 1.4	Muy Buena	Sólo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son lo suficiente suaves y sin deterioro para clasificar en esta categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasificaría como muy buenos.
4.2	0.8		4.5	0.97			
4.0	1.0		4.0	1.4			
3.0	1.9	1.0 - 1.9	3.0	2.3	1.4 - 2.3	Buena	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los "Muy Buenos", entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuecamiento y fisuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un leve deterioro superficial, como desprendimientos y fisuras menores.
2.5	2.6	1.9 - 3.6	2.5	2.9	2.3 - 3.6	Regular	En esta categoría la calidad del manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos, y pueden presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en pavimentos flexibles pueden incluir ahuecamiento, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamiento, escalonamiento y bombeo de finos.
2.0	3.6		2.0	3.6			
1.5	4.9	3.6 - 6.4	1.5	4.6	3.6 - 6.0	Mala	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuecamiento, y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconches de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
1.0	6.4		1.0	6.0			
0.0	9.5	> 6.4	0.0	11.2	> 6.0	Muy Mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75% o más de la superficie.

Fuente: Barrantes Jiménez, 2011.

2.2.13. Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos de acuerdo al índice de serviciabilidad presente.

El buen mantenimiento reduce la velocidad de deterioro de un pavimento, corrigiendo pequeños defectos antes que evolucionen a deterioros mayores, pero después de cierto punto el mantenimiento no es suficiente, por lo que se necesitan obras de rehabilitación lo cual conducen al mejoramiento de la vía, el ingeniero Andrés Sotil Chavez en su investigación de “Condición de pavimentos” nos recomienda tomar las siguientes medidas correctivas:

Tabla 8: Categoría de acción.

CLASIFICACIÓN PSI		CATEGORIA DE ACCIÓN
0-1	MUY MALO	Rehabilitación -Reconstrucción
1-2	MALO	Rehabilitación - Reconstrucción
2-3	REGULAR	Mantenimiento Correctivo
3-4	BUENO	Mantenimiento Preventivo Rutinario y/o Periódico
4-5	MUY BUENO	Mantenimiento Preventivo o Mínimo

Fuente: Adaptación de Condición de pavimentos.

- Mantenimiento Preventivo son actividades realizadas para proteger el pavimento y reducir su deterioro.
- El mantenimiento preventivo se puede clasificar en rutinario y periódico. El rutinario Se ejecuta con regularidad, una o más veces al año, dependiendo de la condición del camino y el periódico se realiza cada cierto número de años.
- Mantenimiento Correctivo consiste en aquellas actividades ejecutadas para corregir fallas específicas del pavimento o áreas deterioradas.

- Rehabilitación es la acción de mejorar la condición estructural de la carretera, se realiza tras haberse agotado, o estar próximo a agotarse la vida útil del pavimento, para su determinación deberá realizarse ensayos con equipos de gran rendimiento.
- Reconstrucción es la acción de volver a construir el pavimento debido al estado crítico en que se encuentra la vía.

2.2.14. Revisión de la normativa peruana.

En los manuales que nos proporciona el MTC podemos encontrar información referente al Índice de Rugosidad Internacional.

a) En el informe aprobado con Resolución Directoral N°051-2007- MTC/14. Especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras, en el Ítem 1.5 Aspectos conceptuales de conservación vial nos muestra la siguiente tabla:

Tabla 9: Estado Vial según la Rugosidad

ESTADO	Pavimentadas	No pavimentadas
	Rugosidad	Rugosidad
Bueno	$0 < IRI \leq 2.8$	$IRI \leq 6.0$
Regular	$2.8 < IRI \leq 4.0$	$6 < IRI \leq 8.0$
Malo	$4.0 < IRI \leq 5.0$	$8 < IRI \leq 10$
Muy Malo	$5 < IRI$	$10 \leq IRI$

Fuente: Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras MTC

b) El Manual de “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” en su Sección Suelos y Pavimentos, que forma parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial

aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC, en el acápite **12.4.5 Serviciabilidad**
– **Regularidad Superficial**, se señala lo siguiente:

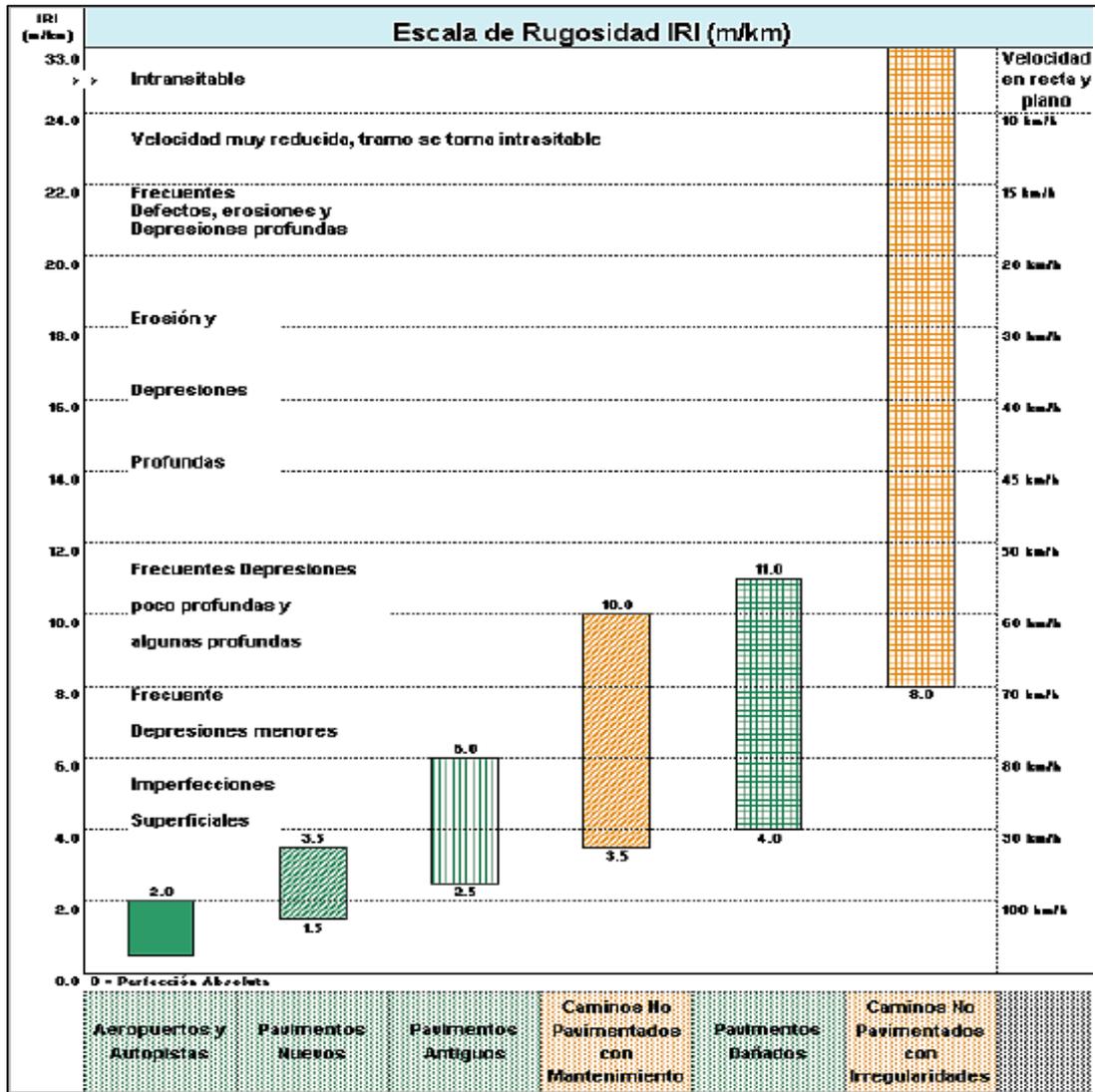
Tabla 10: Escala de índice de serviciabilidad y calidad.

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

Fuente: Guía AASHTO

c) A continuación, se presenta un gráfico (traducido y adaptado de “Guidelines for conducting and calibrating road roughness measurements”, Sayers M.W., Gillespie T.D., Paterson W.D; World Bank Technical Paper Number No 46, 1986), donde se muestra escalas de rugosidad para distintos tipos de pavimento y condición. (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2013).

Figura 13: Escala de rugosidad IRI para diferentes tipos de vías (m/km).



Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos, 2013.

d) Por último, en el “Manual de Carreteras - Conservación Vial”, en el Capítulo 3: Niveles de Servicio, en el apéndice 3.b Niveles de servicio para calzada de concreto asfáltico. (MTC, 2013), nos muestra los siguientes parámetros.

Tabla 11: Parámetros globales de aceptación por niveles de servicio.

Parámetro	Medida	Nivel de Servicio					
		Tipo de Vía					Bajo Volumen de Tránsito Pavimentado
		Autopista 1ª clase	Autopista 2ª clase	Carretera 1ª clase	Segunda Clase	Tercera Clase	
IMD >6000	6000<IMD<4001	4000<IMD<2001	2000<IMD<401	400<IMD<201	IMD ≤ 200		
Piel de Cocodrilo	Porcentaje máximo de área con piel de cocodrilo	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Fisuras Longitudinales	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor	3%	3%	3%	5%	5%	5%
Deformación por deficiencia estructural	Porcentaje máximo de área con hundimientos mayores que 25 mm.	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Ahuellamiento	Porcentaje máximo de área con ahuellamiento mayor que 12 mm.	0%	0%	0%	0%	0%	5%
Reparaciones o parchados	Porcentaje máximo de parches en mal estado	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Peladuras y Desprendimientos	Porcentaje máximo de áreas con peladuras	0%	0%	5%	5%	5%	5%
	Porcentaje máximo de áreas con desprendimiento	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Baches (Huecos)	Porcentaje máximo de área con Baches (huecos)	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Fisuras Transversales	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor	2%	2%	2%	5%	5%	5%
Exudación	Porcentaje máximo de área con exudación	0%	0%	0%	0%	5%	5%
Desprendimiento de bordes	Porcentaje máximo de longitud con desprendimiento de bordes	0%	0%	0%	0%	0%	5%
Rugosidad Obra Nueva	Rugosidad característica del tramo (nuevo)	2.0 IRI _c (1)	2.0 IRI _c (1)	2.2 IRI _c (2)	2.4 IRI _c (3)	2.6 IRI _c (4)	2.8 IRI _c (5)
Rugosidad Obra con Recapa Asfáltica	Rugosidad característica del tramo (con Recapa Asfáltica)	2.5 IRI _c (1)	2.5 IRI _c (1)	2.7 IRI _c (2)	2.9 IRI _c (3)	3.1 IRI _c (4)	3.3 IRI _c (5)
Rugosidad Periodo de Servicio	Rugosidad característica del tramo (Periodo de Servicio)	3.3 IRI _c (1)	3.3 IRI _c (1)	3.5 IRI _c (2)	3.7 IRI _c (3)	3.9 IRI _c (4)	4.1 IRI _c (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	No menor de 0.50

- (1) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 95%. IRI_c = IRI_p + 1,645 x ds
 (2) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 90%. IRI_c = IRI_p + 1,282 x ds
 (3) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 85%. IRI_c = IRI_p + 1,036 x ds
 (4) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 80%. IRI_c = IRI_p + 0,842 x ds
 (5) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 75%. IRI_c = IRI_p + 0,674 x ds
 IRI_p = IRI promedio
 ds = desviación estándar

Fuente: Manual de Carreteras - Conservación Vial, 2013

Como ya vimos que, la rugosidad (IRI) en el Perú constituye en la actualidad uno de los controles de serviciabilidad más importantes, debido a que puede relacionarse con el nivel de comodidad, seguridad y costos de operación y, por lo tanto, facilita la cuantificación de los beneficios que obtiene el usuario.

También, hemos visto que existen diversas metodologías de control; todas ellas implementadas por diversas agencias de acuerdo a su necesidad y sus exigencias de control. Sin embargo, incluso considerando que contamos con controles de recepción establecidos bajo normativa vigente, todavía no se ha normalizado (como Norma Técnica Peruana o Ensayo MTC) alguna metodología de medición de rugosidad que utilizamos en la actualidad en el entorno nacional.

Actualmente, tomamos como referencias los lineamientos indicados en el Boletín N° 46 del Banco Mundial para el caso de utilización de dispositivos de clase 3 y la norma ASTM E950 “Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference” para el caso de utilización de dispositivos de Clase 1; los cuales tienen validez y respaldo dentro del contexto internacional, sin embargo se requiere de un respaldo de organismos o entidades nacionales que normalicen, actualicen, difundan y adapten las metodologías a nuestro medio.

2.3. Definición de términos básicos.

Pavimento: El latín pavimentum, el pavimento es la capa o base que constituye el suelo de una construcción o de una superficie no natural. El pavimento funciona como sustento de los seres vivos.

Pavimentos Flexibles: es el pavimento que tienen en su parte superior una carpeta bituminosa, apoyada sobre dos capas granulares, denominadas base y sub base.

Serviciabilidad De Pavimentos: Es la percepción que tienen los usuarios del nivel de servicio del pavimento. Es por ello que la opinión de ellos es la que debe ser medida para calificar la serviciabilidad.

Índice de Rugosidad Internacional (IRI): El índice de rugosidad internacional es un parámetro que se utiliza para determinar su regularidad y la comodidad en la conducción.

Índice de Serviciabilidad Presente (PSI): Se define el Índice de Serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento.

Levantamiento topográfico: Es el proceso científico de medición de las dimensiones de un área particular de la superficie de la tierra, incluyendo sus distancias horizontales, direcciones, ángulos y elevaciones.

Conteo vehicular: Es cuantificar el número de vehículos que pasan por un punto, sección de un camino o a una intersección.

2.4. Formulación de hipótesis.

2.4.1. Hipótesis general.

El nivel de servicio del pavimento flexible mediante el índice de rugosidad internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN de la carretera Cerro De Pasco – Yanahuanca es **regular**.

2.4.2. Hipótesis específicas.

- El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca es de 4 m/km.
- El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) máximo y mínimo del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca es de 9 m/km y 1.5 m/km respectivamente.
- El Índice de Rugosidad Internacional Característico (IRI_c) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca supera 3.9 m/km, por lo que no pasa el control de calidad de un pavimento en servicio.
- El índice de serviciabilidad presente (PSI) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca se encuentra en rango de 2-3.

2.5. Identificación de variables.

2.5.1. Variables independientes.

- Desplazamientos verticales del pavimento.

2.5.2. Variables dependientes.

- Serviciabilidad del pavimento.

2.5.3. Variables intervinientes.

- Rugosímetro MERLIN.

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.

Tabla 12: Operatividad de variables.

Variables		Indicadores	Técnicas e Instrumentos
Independientes	Desplazamientos verticales del pavimento.	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar las lecturas del rugosímetro Merlín • Tratamiento estadístico de datos tomados en campo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Formatos de recolección de datos de campo para el equipo MERLIN.
Dependientes	Serviciabilidad del pavimento.	<ul style="list-style-type: none"> • Calculo del IRI • Calculo del IRI máximo, mínimo y promedio. • Calculo del IRI Característico. • Calculo de índice de serviciabilidad presnete PSI. 	<ul style="list-style-type: none"> • Normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones
Intervinientes	Rugosímetro MERLIN.	<ul style="list-style-type: none"> • Manual de Equipo MERLIN para medir la Rugosidad en Pavimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Manual del usuario

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.

Según el propósito: Aplicada porque se centra en contar con mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto, la evaluación del nivel de servicio del pavimento.

Según la naturaleza de los datos: Cuantitativa, porque se reúne datos cuantitativos mediante la medición sistemática con del equipo MERLIN, y se emplea el análisis estadístico como característica resaltante.

Según la manipulación de variable: Descriptiva, trabaja con hechos que se observan y se describen tal como se presentan en su ambiente natural, en este caso los desplazamientos verticales del pavimento.

3.2. Métodos de investigación.

El desarrollo de la tesis será de carácter descriptivo y referencial, para lo cual se investigará una amplia bibliografía existente relacionada al tema de la presente investigación. Se realizará primero una revisión de conceptos generales de nivel de servicio de vías mediante el IRI y el uso del rugosímetro MERLIN, así como también sus características.

3.3. Diseño de investigación.

En esta investigación las variables sólo han sido observadas en su contexto real sin alterarlas intencionalmente, por lo tanto esta investigación se enmarca dentro de una investigación No Experimental del tipo Transversal, además según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006), define la investigación no experimental como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente

variables; es decir, se trata de estudios donde no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para después analizarlos.

Por otro lado, también se ha considerado que es del tipo Transversal; porque la recolección de datos se ha realizado en un solo momento; es decir entre marzo y abril del 2019.

3.4. Población muestra.

3.4.1. Población.

La población está conformada por la carpeta de rodadura del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco - Yanahuanca, con un total 51.433 km de longitud.

3.4.2. Muestra.

La muestra está conformada por 28 tramos de 400m cada una de la carpeta de rodadura del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco - Yanahuanca, que hacen un total 11.200 km de longitud.

3.4.3. Método de muestreo.

La totalidad de la población es de 51.433 km o 128 tramos de 400 m cada uno, se divide en esa cantidad de tramos ya que el ensayo de MERLIN se realiza tramos de 400 m, por lo es necesario sacar una cantidad de muestras que represente a la población.

Conociendo lo anterior se estableció que la muestra utilizada en la presente investigación es del tipo Probabilístico, que según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006), se calcula de siguiente manera:

Paso I: Calculo de tamaño provisional de la muestra.

$$1. n' = \frac{s^2}{V^2}$$

Donde:

s^2 : Varianza de la muestra.

$$s^2 = p(1 - p)$$

p : Probabilidad de ocurrencia de la muestra 90% (0.9).

V^2 : Varianza de la población.

$$V^2 = (se)^2$$

se : Error estándar, determinado 5% (0.05).

• remplazando:

$$n' = 36$$

Paso II: Calculo de tamaño final de la muestra.

$$n = \frac{n'}{1 + n'/N}$$

Donde:

n : Tamaño final de muestra.

n' : Tamaño provisional de la muestra. (36)

N : Tamaño de la población. (128)

• remplazando:

$$n = 28$$

3.4.4. Criterios de selección de muestra

La muestra será seleccionada sistemáticamente, una herramienta muy útil en estos casos, el cual se selecciona a partir de un intervalo K , que es el resultado de dividir el tamaño de la población entre el tamaño de la muestra; $128/28$; este nos sale un resultado de 4.60, quiere decir que cada 4.6 tramos se realice un ensayo en términos de distancia cada $1800m \approx 2000m$ realizaremos un ensayo.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.5.1. Técnicas de recolección de datos.

Las técnicas de recolección se realizaron en tres etapas que se describen a continuación:

Etapas 1: Recolección de información bibliográfica.

En esta etapa se recolecto información almacenada en fuentes escritas que guarden relación con la medición del nivel de servicio en carreteras, equipo MERLIN, procedimientos de ejecución de ensayos, tratamiento de datos y normatividad vigente relacionado al tema.

Etapas 2: Reconocimiento de la carretera en estudio.

En esta etapa se hizo un recorrido total de la vía en estudio para tener un mayor conocimiento de las características y condiciones existentes, esto es muy importante ya que nos permitió conocer factores influyentes para la elaboración de la investigación.

Etapas 3: Toma de datos de campo.

Para el objetivo de la investigación, se tomaron datos en tres fases:

Fase I: Levantamiento topográfico. Con el levantamiento topográfico se puede esbozar un plano en planta de la vía, en donde se muestra los dos carriles,

mostrando cantidades y medidas exactas en los 51.433 km de longitud de la carretera Cerro de Pasco - Yanahuanca, esto servirá de base principal para poder realizar la evaluación del nivel de servicio del pavimento, y para posteriormente ubicar los tramos exactos de ensayo.

Fase II: Estudio de Trafico. Se cuentan la cantidad de vehículos que pasan por la carretera en tres estaciones para poder clasificar la vía y con ello también determinar un IRI según los cuadros mostrados en el MTC.

Fase III: Ensayo con rugosímetro MERLIN. Para la determinación de la irregularidad del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco - Yanahuanca se usará el rugosímetro de MERLIN siendo este un instrumento versátil sencillo y económico que según la clasificación del Banco Mundial tiene mayor exactitud en sus resultados, para la secuencia del cálculo de la rugosidad se tendrá en consideración lo expuesto en el Manual de Usuario MERLINER, (1999).

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos.

Los instrumentos que se utilizaron para la toma de datos de campo son:

Para la fase I. Levantamiento topográfico, se realizó con una estación total, dos prismas, un GPS y una wincha.

Figura 14: Equipo para el levantamiento topográfico.



Fuente: Propio.

Figura 17: formato para la recolección de datos del rugosímetro MERLIN.

**ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
(HOJA DE CAMPO)**

PROYECTO : _____ OPERADOR : _____
 SECTOR : _____ SUPERVISOR : _____
 TRAMO : _____ FECHA : _____
 CARRIL : _____

ENSAYO N° KM + HORA :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1											TIPO DE PAVIMENTO :
2											
3											AFIRMADO <input type="checkbox"/>
4											
5											BASE GRANULAR <input type="checkbox"/>
6											
7											BASE IMPRIMADA <input type="checkbox"/>
8											
9											TRAT. BICAPA <input type="checkbox"/>
10											
11											CARPETA EN FRIO <input type="checkbox"/>
12											
13											CARP. EN CALIENTE <input type="checkbox"/>
14											
15											RECAPEO ASFALTICO <input type="checkbox"/>
16											
17											SELLO <input type="checkbox"/>
18											
19											OTROS <input type="checkbox"/>
20											

OBSERVACIONES : _____

Fuente: Manual del usuario MERLINER de Pablo del Águila Rodríguez 1990.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

3.6.1. Levantamiento topográfico.

Los datos obtenidos en el levantamiento fueron procesados en el AutoCAD Civil 3d versión 2019, de esto se resultó el plano en planta de la vía en su totalidad.

3.6.2. Estudio de tráfico.

Luego de obtener los resultados del conteo vehicular en campo se procede a calcular lo siguiente de acuerdo a la metodología del MTC:

Cálculo del índice medio diario (IMD)

El índice medio diario no viene a ser otra cosa que el número total de vehículos que pasan durante un día de conteo.

Cálculo del índice medio diario semanal (IMDS)

El Índice Medio Diario Semanal (IMDS), se obtiene a partir del volumen diario registrado en el conteo vehicular, aplicando la siguiente fórmula:

$$IMDS = \bar{X} = \frac{TS}{7}$$

En donde:

IMDS : Índice Medio Diario Semanal
X : Media Aritmética
TS : Total de vehículos del Conteo Semanal

Cálculo del índice medio diario anual (IMDA)

El IMDA (Índice Medio Diario Anual) es obtenido a partir del IMDS (Índice Medio Diario Semanal) y del Factor de Corrección Estacional (FC)

$$IMDA = IMDS \pm K * \sigma$$

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

En donde:

K : 1.96 Para un nivel de confiabilidad al 95%.

N : 365 número de días del año.

n : 7 número de días de la semana.

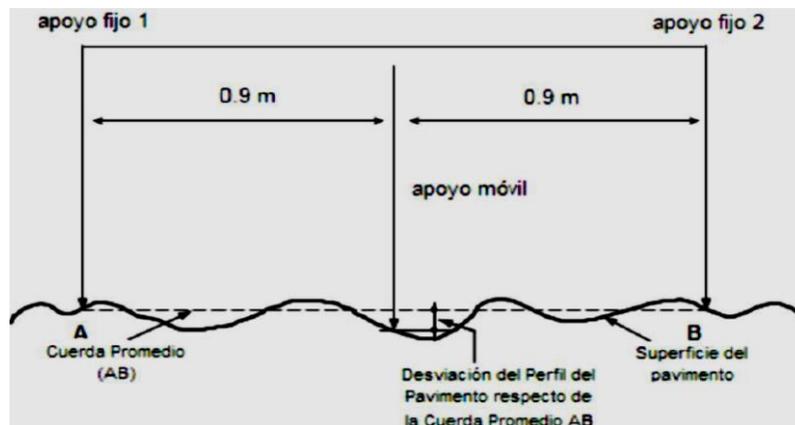
σ : Desviación estándar poblacional.

S : Desviación estándar muestral.

3.6.3. Cálculo de la rugosidad.

La determinación de la rugosidad de un pavimento se basa en el concepto de usar la distribución de las desviaciones de la superficie respecto de una cuerda promedio. La figura 25 muestra como el MERLIN mide el desplazamiento vertical entre la superficie del camino y el punto medio de una línea imaginaria de longitud constante. El desplazamiento es conocido como “la desviación respecto a la cuerda promedio”.

Figura 18: Medición de las desviaciones de la superficie del pavimento respecto de la cuerda promedio.

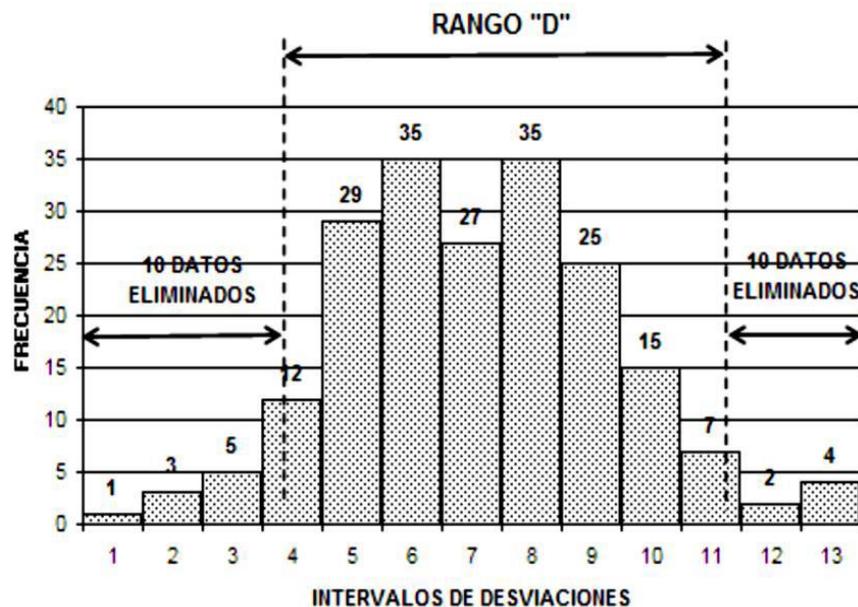


Fuente: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999. Manual del usuario MERLINER.

3.6.3.1. Cálculo del rango "D"

Los datos de las irregularidades del pavimento obtenidos con MERLIN se analizarán calculando la distribución de frecuencias de las lecturas o posiciones adoptadas por el puntero la cual puede expresarse en forma de histograma para ello se establece el Rango de los valores agrupados en intervalos de frecuencia (D), luego de descartarse el 10% de datos que correspondan a posiciones del puntero poco representativas o erráticas. En la práctica se elimina 5% (10 datos) del extremo inferior del histograma y 5% (10 datos) del extremo superior. (figura 26). Con el descarte de los datos se puede calcular mediante fracciones al inicio y al final del histograma el rango D expresado en milímetros el cual será multiplicado por el número de unidades calculado por el valor que tiene cada unidad en milímetros.

Figura 19: Histograma de la distribución de frecuencias de una Muestra de 200 desviaciones medidas en forma consecutiva.



Fuente: Del Águila Rodríguez, Pablo, 1999.

3.6.3.2. Cálculo del factor de corrección.

Seguidamente se obtiene un factor de corrección para ajuste para el rango D con los datos apuntados de campo como el espesor de la pastilla la lectura inicial y la lectura final lo que marco el puntero al ser colocada la pastilla se aplicara la siguiente fórmula para la obtención de este factor de corrección (FC).

$$FC = \frac{EP \times 10}{(LI - LF) \times 5}$$

Donde:

EP: Espesor de la pastilla

LI: Posición inicial del puntero

LF: Posición final del puntero

Remplazando nuestros datos de campo se podrá obtener el factor de corrección.

3.6.3.3. Cálculo del rango "D" corregido.

Seguidamente para poder llegar al cálculo de la rugosidad es importante tener la relación de los brazos (RB) según el Manual de Usuario MERLINER, (1999) se considera:

Una posición ubicada a 10 cm del punto de pivote, posición standard que se utiliza en el caso de pavimentos nuevos o superficies muy lisas (baja rugosidad). En ese caso la relación de brazos utilizada será 1 a 10.

Una posición ubicada a 20 cm del punto de pivote, posición alterna que se utiliza en el caso de pavimentos afirmados muy deformados o pavimentos muy deteriorados. En ese caso la relación de brazos será

1 a 5. De usar esta posición, el valor D determinado deberá multiplicarse por un factor de 2.

Entonces para la variación de relación de brazos se considera de acuerdo al tipo de pavimento en estudio.

Teniendo el rango D, el factor de corrección (FC) y la relación de brazos (RB) se puede calcular el rango D corregido con la multiplicación de los datos antes mencionados.

$$\text{Rango } D \text{ corregido} = \text{Rango } D \times FC \times RB$$

Este valor llevado a condiciones estándar es la rugosidad en unidades MERLIN.

3.6.3.4. Cálculo del IRI.

Finalmente calcularemos la rugosidad en escala de IRI para ello utilizaremos las expresiones expuestas en el Manual de Usuario MERLINER, (1999):

a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$ entonces:

$$IRI = 0.593 + 0.0471 D \quad (1)$$

b) Cuando $IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces:

$$IRI = 0.0485 D \quad (2)$$

La expresión 1 es la ecuación original establecida por el TRRL mediante simulaciones computarizadas, utilizando una base de datos proveniente del Ensayo Internacional sobre Rugosidad realizado en Brasil en 1982. La ecuación de correlación establecida es empleada para la evaluación de pavimentos en servicio, con superficie de rodadura asfáltica, granular o de tierra, siempre y cuando su rugosidad se encuentre comprendida en el intervalo indicado.

La expresión 2 es la ecuación de correlación establecida de acuerdo a la experiencia peruana y luego de comprobarse, después de ser evaluados más de 3,000 km de pavimentos, que la ecuación original del TRRL no era aplicable para el caso de pavimentos asfálticos nuevos o poco deformados. Se desarrolló entonces, siguiendo la misma metodología que la utilizada por el laboratorio británico, una ecuación que se emplea para el control de calidad de pavimentos recién construidos.

Aplicamos la expresión según nuestro pavimento y obtendremos una rugosidad final en m/km para una muestra de 400m.

3.6.3.5. *Cálculo del IRI Característico.*

El Manual de Carreteras - Conservación Vial, nos permite calcular en pavimentos asfálticos nuevos, rehabilitados, o en periodo servicio el parámetro denominado IRI característico, para evaluar el nivel de aceptación de la vía, para esta investigación se determinó que la vía en estudio, es de tercera clase y un pavimento en servicio, porque se utilizara la siguiente expresión:

IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 80%.

$$IRI_c = IRI_p + 0,842 \times ds$$

IRI_p = IRI promedio

ds = desviación estándar

3.6.4. Cálculo del nivel de servicio.

Para evaluar la serviciabilidad del pavimento se emplea el parámetro denominado Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento, conceptos que fueron desarrollados por el cuerpo técnico del Ensayo Vial AASHO, en 1957.

Para la determinación analítica del PSI se efectúa utilizando la expresión establecida por Sayers, que relaciona la Rugosidad con el Índice de Serviciabilidad. La expresión, se obtuvo de la base de datos que se realizaron en el Ensayo Internacional sobre Rugosidad de Caminos, realizado en Brasil en 1982.

$$\text{IRI} = 5.5 \text{ Ln} \left(\frac{5.0}{\text{PSI}} \right)$$

Se despeja PSI:

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

Donde:

IRI: Rugosidad, IRI (International Roughness Index).

PSI: Índice de Serviciabilidad Presente.

3.7. Tratamiento estadístico.

El tratamiento estadístico para esta evaluación se realizará mediante herramientas de la Estadística, así como también de Cuadros estadísticos, la misma que ha sido procesada en el programa Excel; mediante hojas de cálculo, a fin de analizar y graficar los resultados para una mejor visualización.

3.7.1. Procedimiento para el tratamiento de datos de campo.

Ejemplo Ensayo N°05 Carril Derecho:

- Datos obtenidos del ensayo con MERLIN.

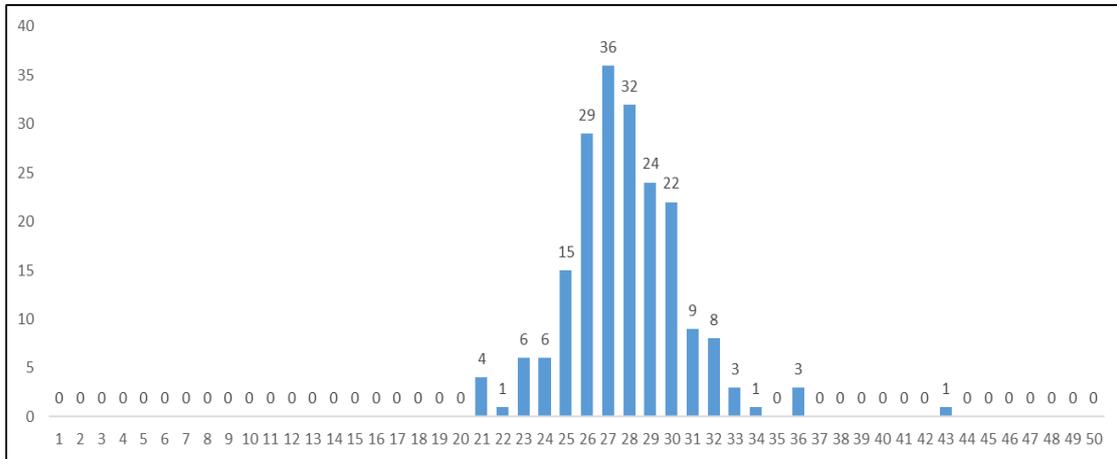
Tabla 13: Ejemplo de datos obtenidos con el rugosímetro MERLIN.

Proyecto:	Tesis: Evaluacion del nivel de servicio.										Operador	J.H.C.C.
Tramo:	Cerro de Pasco - Yanahuanca										Auxiliar:	R.U.P.F.
Carril:	Derecho										Fecha:	15/04/2019
Ensayo N°:	E05-CD	Inicio Km:	7+400	Fin Km:	7+800							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	28	26	29	32	27	27	28	30	26	27		
2	23	27	29	29	29	27	26	30	25	26		
3	43	28	30	31	28	30	30	29	31	31		
4	25	32	28	25	26	29	24	27	28	30		
5	28	25	30	36	30	34	30	27	30	24		
6	27	29	26	27	26	28	26	25	29	27		
7	29	26	27	27	22	32	29	27	31	27		
8	28	30	27	28	25	30	31	29	29	25		
9	29	28	28	33	28	29	29	27	28	28		
10	28	32	33	27	29	31	26	28	25	26		
11	28	24	27	30	26	29	29	26	26	24		
12	26	32	23	23	24	30	27	27	27	25		
13	30	33	36	36	26	30	25	28	30	23		
14	29	26	21	21	25	25	26	28	26	27		
15	27	29	28	28	26	26	28	32	27	29		
16	28	28	26	26	30	26	29	27	23	27		
17	27	28	27	27	28	28	31	27	28	28		
18	32	27	28	28	32	30	24	31	27	23		
19	26	30	27	27	26	26	29	25	25	25		
20	31	27	30	30	21	21	29	27	26	26		
Observaciones:	LI: 27		Espesor de Pastilla: 5 mm		LF: 18		Numero de Datos: 200		Relación de brazos: 1:10		RB: 1	
											Tipo de Pavimento	
											Afirmado	<input type="checkbox"/>
											Base granular	<input type="checkbox"/>
											Base imprimada	<input type="checkbox"/>
											Trat. Bicapa	<input type="checkbox"/>
											Carpeta en frio	<input checked="" type="checkbox"/>
											Carpeta en caliente	<input type="checkbox"/>
											Recapeo asfáltico	<input type="checkbox"/>
											Otros	<input type="checkbox"/>

Fuente: Elaboración Propia.

- Elaboración de Histograma de Frecuencia.

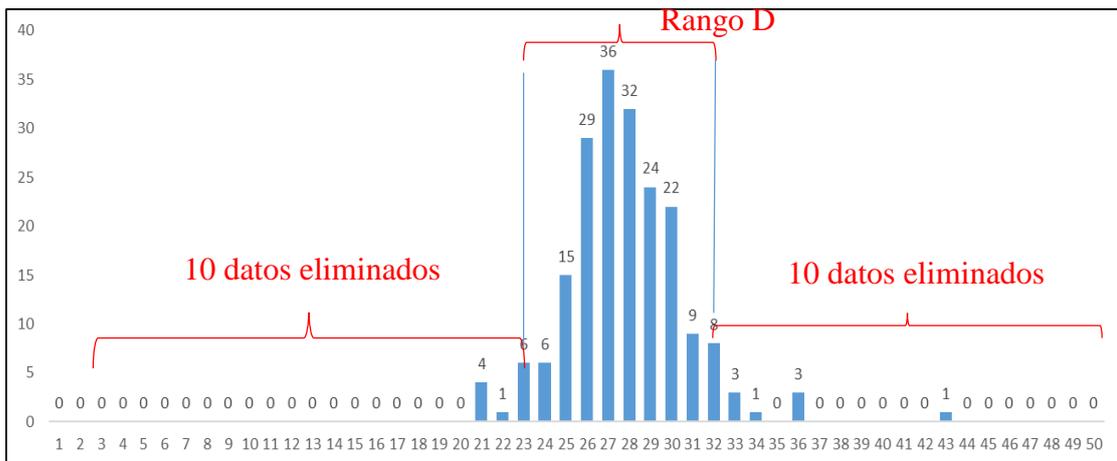
Gráfico 3: Ejemplo Histograma de Frecuencia Ensayo N°05 – CD.



Fuente: Elaboración Propia.

- Cálculo del rango D.

Gráfico 4: Ejemplo del cálculo del Rango D Ensayo N°05 – CD.



Fuente: Elaboración Propia.

En base al histograma de frecuencia se procede cálculo del rango “D” cuyo eje “x” indica los intervalos de desviaciones y en el eje “y” indica la frecuencia. El puntero del equipo indicó valores depresión y elevación según las irregularidades del pavimento, indicando la cantidad de veces que se repite en los intervalos de desviaciones, presentando con mayor frecuencia el valor de 27 un total de 36 veces y con menor frecuencia 1 vez los valores de 22, 34 y 43 además del gráfico debemos eliminar 10 datos del extremo izquierdo como

10 datos del extremo derecho, la eliminación de datos en el lado izquierdo se realiza del intervalo 1 hasta 22 y del intervalo 23 se eliminan 5 datos más, quedando una unidad fraccionaria igual a $1/6 = 0.167$; lo mismo para el extremo derecho se elimina los intervalos 50-33 y 2 datos del intervalo 32 quedando una unidad fraccionaria de $6/8 = 0.75$. Se tiene en consecuencia un rango $D = 0.167 + 8 + 0.75 = 8.917$ unidades. El Rango D determinado se debe expresar en milímetros de cada unidad ($8.92 \times 5\text{mm} = 44.58\text{mm}$).

- Cálculo del rango D Corregido

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

Espesor de Pastilla (EP)=5mm

Lectura Inicial (LI)=27

Lectura Final (LF)=18

FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.11
----------------------------	------

$$\text{Rango D corregido} = \text{Rango D} \times \text{FC} \times \text{RB}$$

Rango D=44.58

Factor de corrección=1.11

Relación de Brazos=1

RANGO D CORREGIDO:	49.54
--------------------	-------

- Cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

a) Cuando $2.4 < \text{IRI} < 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$ entonces:

$$\text{IRI} = 0.593 + 0.0471 D \quad (1)$$

b) Cuando $\text{IRI} < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces:

$$\text{IRI} = 0.0485 D \quad (2)$$

IRI (m/km):	2.93
-------------	------

- Cálculo del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

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

PSI:	2.94
------	------

- Clasificación de nivel de servicio de acuerdo del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

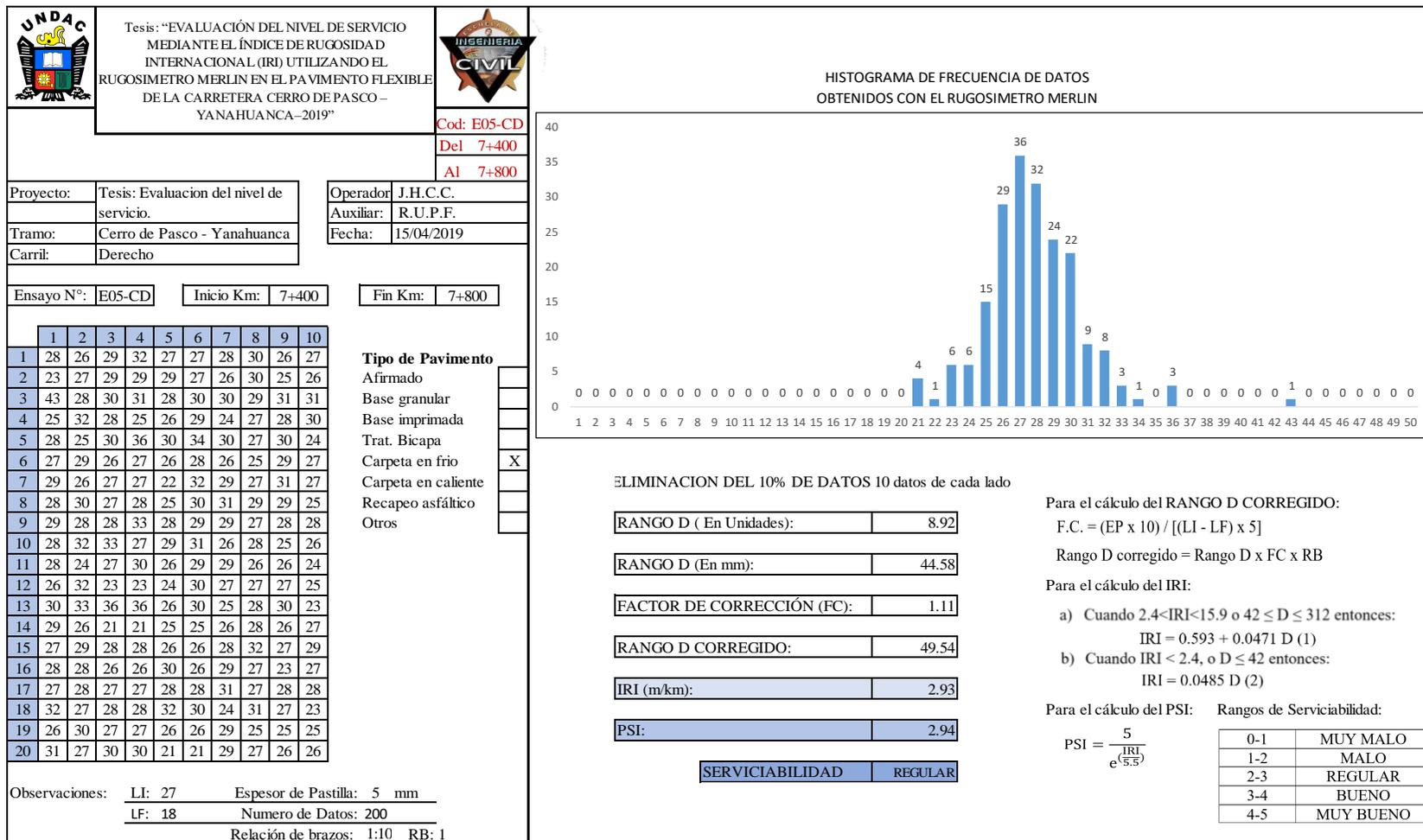
Tabla 14: Ejemplo de determinación del nivel de servicio

0-1	MUY MALO
1-2	MALO
2-3	REGULAR
3-4	BUENO
4-5	MUY BUENO

SERVICIABILIDAD	REGULAR
-----------------	---------

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 5: Ejemplo de presentación de resultados - Ensayo N°05 – CD.



Fuente: Elaboración Propia.

3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.

3.8.1. Selección de los instrumentos de investigación.

La ejecución de la presente tesis, es realizada basada al lineamiento establecido por el ASTM E950 “Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference”, el cual establece el uso correcto de esta metodología de trabajo, asimismo se siguió los pasos establecidos en el manual del usuario del equipo MERLIN elaborado por el ingeniero Pablo Del Águila.

Los resultados de los procedimientos ejecutados fueron discutidos con los parámetros que nos muestra el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

3.8.2. Confiabilidad de los instrumentos de investigación.

La confiabilidad de los instrumentos de investigación, está basada en el principio de trabajo del ASTM E950, y principio normativo aprobado de los manuales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

3.9. Orientación ética.

Durante la ejecución de la presente investigación, se han garantizado una serie de principios éticos fundamentales como son los de beneficencia y no maleficencia, en este sentido se ha tratado en todo momento de no causar perjuicio, desventaja o exposición a riesgo alguno a los participantes en nuestra investigación

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

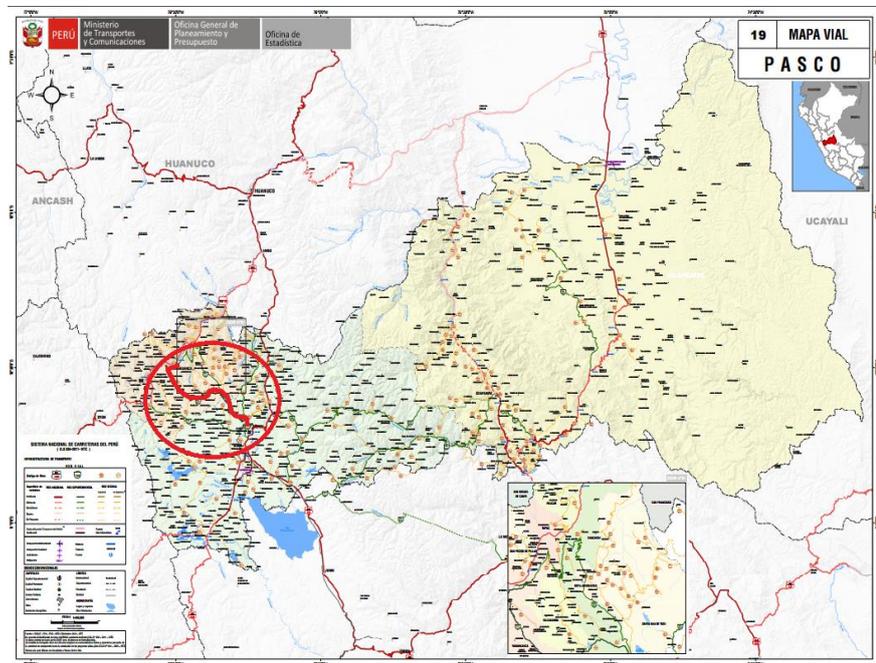
4.1.1. Información de la carretera en estudio.

Ubicación:

Departamento : Pasco

Provincia : Pasco – Daniel A. Carrión.

Figura 20: Ubicación de la vía en estudio.



Fuente: MTC

Características de la carretera en estudio.

Tiempo de antigüedad : 9 años

Tiempo de diseño : 25 años

Clasificación : De tercera clase

Ancho total de calzada : 7.4

Superficie rodadura : Pavimento flexible en frío.

Calzada : Una calzada.

Carriles : Dos carriles

Croquis de la carretera en estudio.

La carretera en estudio para esta investigación es el tramo Cerro de Pasco – Yanahuanca que pertenece a la carretera PA-102 de la Red Vial Departamental.

Figura 21: carretera en estudio



Fuente: Inventario Vial MTC.

4.1.2. Procedimiento para la toma de datos con el rugosímetro MERLIN.

- a) Se inicia con la calibración del equipo, el cual se realiza ubicándolo en una superficie plana, y luego ajustar los puntos de apoyo hasta que el marcador llegue a 25.

Figura 22: Calibración de Rugosímetro MERLIN..



Fuente: Propio.

- b)** Antes de iniciar cada ensayo, el equipo se debe calibrar usando la pastilla metálica para calcular el factor de corrección.

Figura 23: Pastilla metálica.



Fuente: Propio.

- c)** El ancho de pastilla se calcula del promedio de las mediciones en los 4 lados con el calibrador vernier. Este dato se anota en el formato de campo.

Figura 24: Medición de pastilla con calibrador vernier.



Fuente: Propio.

- d)** Colocar el equipo en el punto inicial del ensayo y realizar la lectura (Lectura Inicial), luego se coloca la pastilla de debajo del apoyo móvil y se realiza otra lectura (Lectura Final), este procedimiento sirve para calcular el factor de corrección. Estos datos se anotan en el formato de campo.

Figura 25: Lectura inicial sin pastilla.



Fuente: Propio.

Figura 26: Lectura Final con pastilla.



Fuente: Propio.

- e) Luego se da inicio a las lecturas correspondientes cada 2 metros, anotando los resultados en el formato de campo, así hasta completas las 200 lecturas.

Figura 27: Inicio de lectura de datos.



Fuente: Propio.

Figura 28: Ensayo N°05 carril derecho con el rugosímetro MERLIN.

	Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA –2019"										
				Cod: E05-CD							
				Del 7+400							
				Al 7+800							
Proyecto:	Tesis: Evaluación del nivel de servicio.		Operador	J.H.C.C.							
Tramo:	Cerro de Pasco - Yanahuanca		Auxiliar:	R.U.P.F.							
Carril:	Derecho		Fecha:	15/04/2019							
Ensayo N°:	E05-CD	Inicio Km:	7+400	Fin Km:	7+800						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tipo de Pavimento Afirmado <input type="checkbox"/> Base granular <input type="checkbox"/> Base imprimada <input type="checkbox"/> Trat. Bicapa <input type="checkbox"/> Carpeta en frío <input checked="" type="checkbox"/> Carpeta en caliente <input type="checkbox"/> Recapeo asfáltico <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>
1	28	26	29	32	27	27	28	30	26	27	
2	23	27	29	29	29	27	26	30	25	26	
3	43	28	30	31	28	30	30	29	31	31	
4	25	32	28	25	26	29	24	27	28	30	
5	28	25	30	36	30	34	30	27	30	24	
6	27	29	26	27	26	28	26	25	29	27	
7	29	26	27	27	22	32	29	27	31	27	
8	28	30	27	28	25	30	31	29	29	25	
9	29	28	28	33	28	29	29	27	28	28	
10	28	32	33	27	29	31	26	28	25	26	
11	28	24	27	30	26	29	29	26	26	24	
12	26	32	23	23	24	30	27	27	27	25	
13	30	33	36	36	26	30	25	28	30	23	
14	29	26	21	21	25	25	26	28	26	27	
15	27	29	28	28	26	26	28	32	27	29	
16	28	28	26	26	30	26	29	27	23	27	
17	27	28	27	27	28	28	31	27	28	28	
18	32	27	28	28	32	30	24	31	27	23	
19	26	30	27	27	26	26	29	25	25	25	
20	31	27	30	30	21	21	29	27	26	26	
Observaciones:	LI: 27		Espesor de Pastilla: 5 mm		LF: 18		Numero de Datos: 200		Relación de brazos: 1:10 RB: 1		

Fuente: Elaboración Propia.

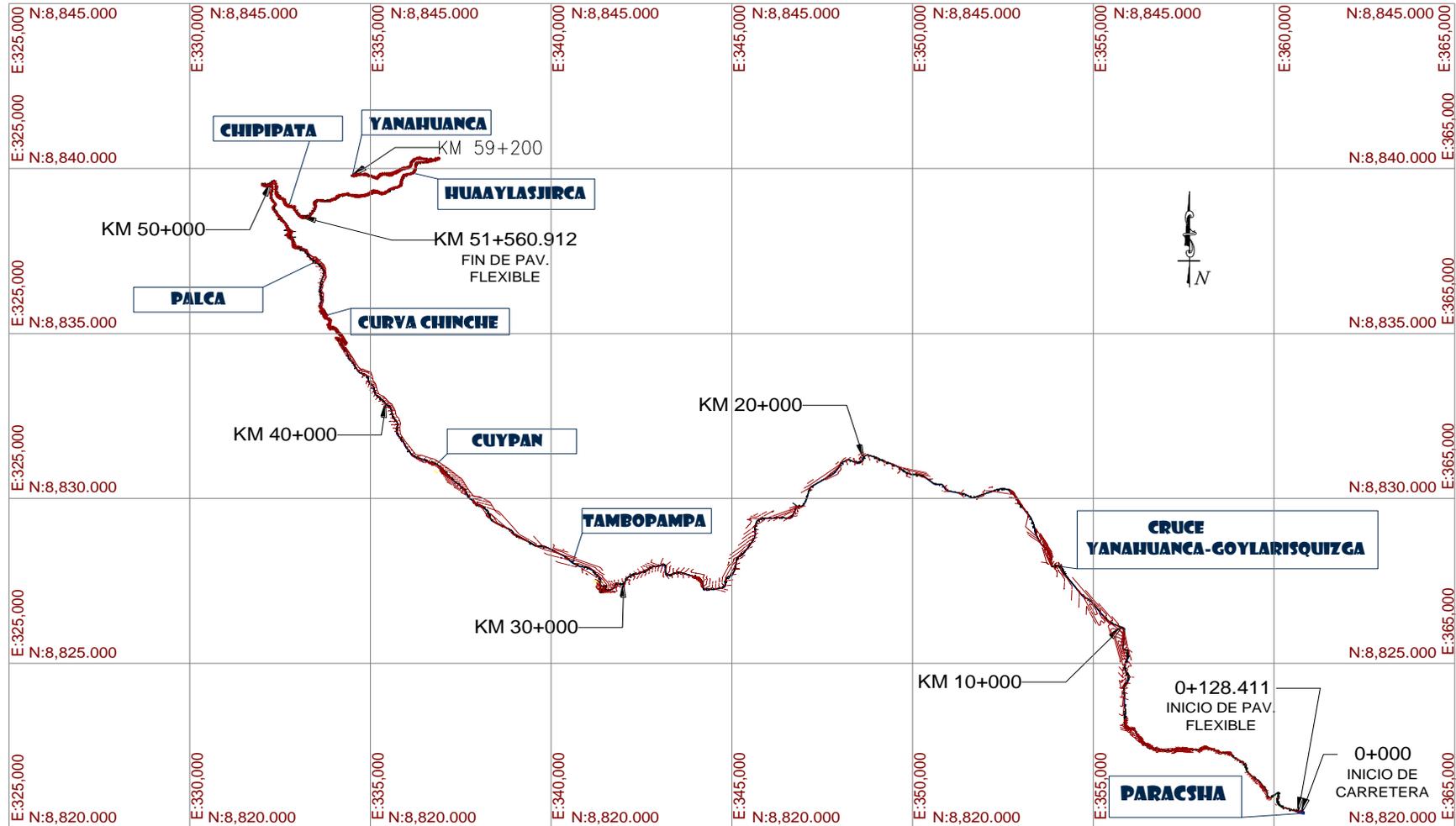
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

A continuación, se muestran el tratamiento estadístico de los datos recolectados durante los ensayos con el rugosímetro MERLIN e interpretación de resultados del estudio de tráfico y levantamiento topográfico.

4.2.1. Resultado del levantamiento topográfico.

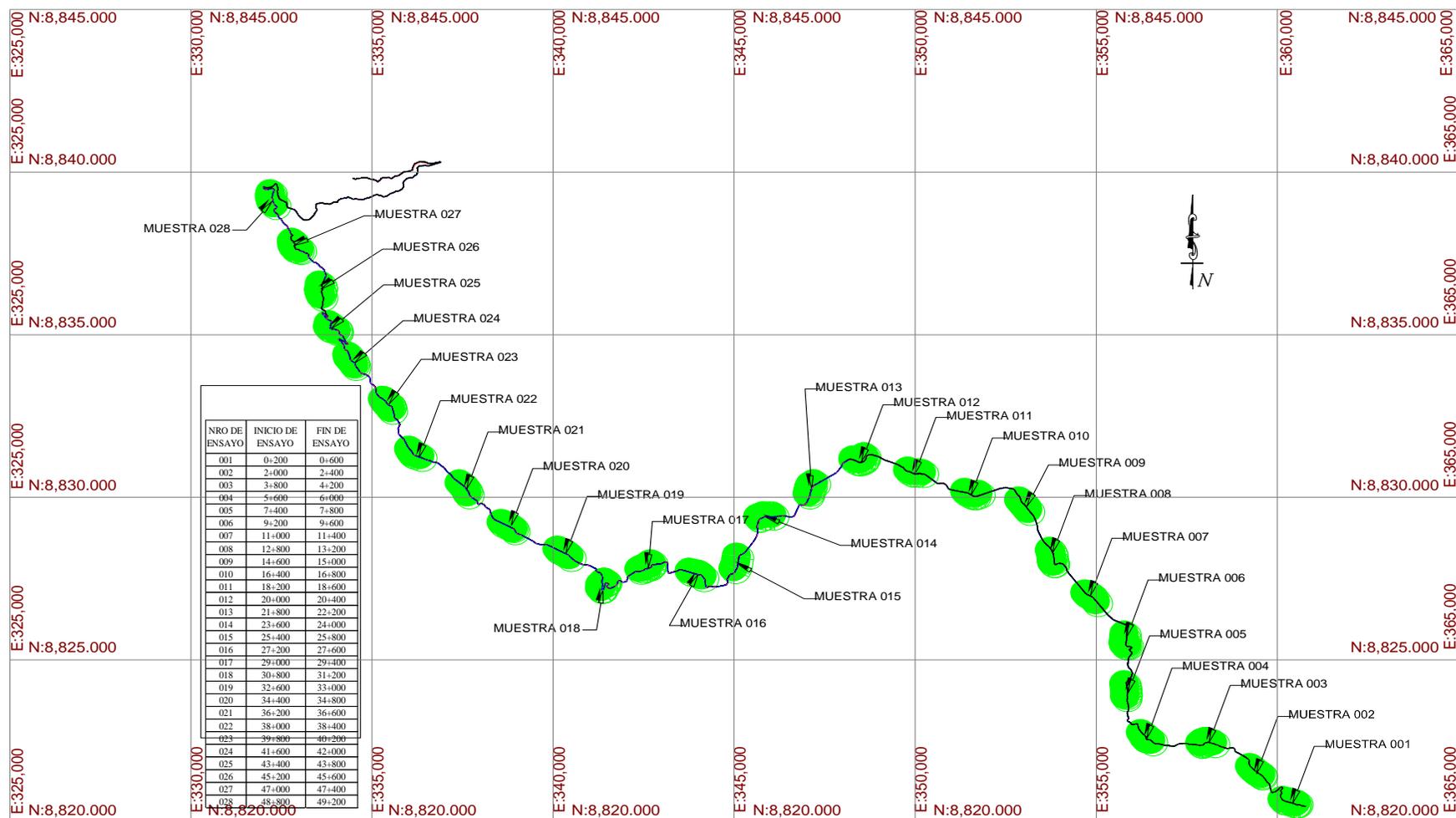
Del levantamiento topográfico se desarrolló el plano en planta con las respectivas progresivas para la identificación de los tramos a ensayar. El trabajo topográfico se realizó en el mes de marzo del 2019.

Figura 29: Plano topográfico de la carretera.



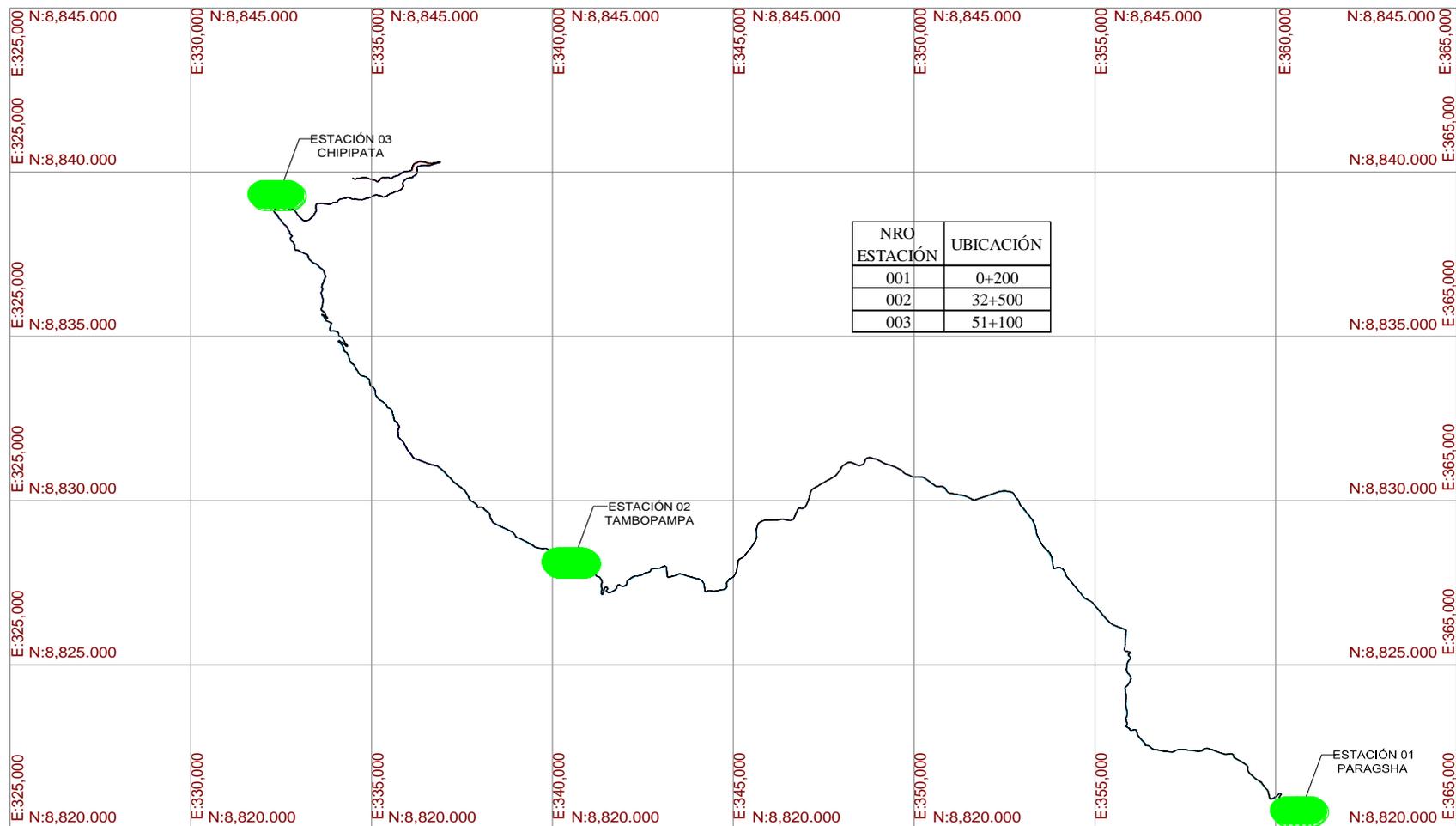
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 30: Ubicación de tramos para el ensayo de MERLIN de acuerdo al muestreo.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 31: Ubicación de estaciones para conteo de vehículos.



Fuente: Elaboración Propia.

De los resultados del levantamiento topográfico se desprende las siguientes tablas:

Tabla 15: Tramos para los ensayos con MERLIN.

NRO DE ENSAYO	INICIO DE ENSAYO	FIN DE ENSAYO
001	0+200	0+600
002	2+000	2+400
003	3+800	4+200
004	5+600	6+000
005	7+400	7+800
006	9+200	9+600
007	11+000	11+400
008	12+800	13+200
009	14+600	15+000
010	16+400	16+800
011	18+200	18+600
012	20+000	20+400
013	21+800	22+200
014	23+600	24+000
015	25+400	25+800
016	27+200	27+600
017	29+000	29+400
018	30+800	31+200
019	32+600	33+000
020	34+400	34+800
021	36+200	36+600
022	38+000	38+400
023	39+800	40+200
024	41+600	42+000
025	43+400	43+800
026	45+200	45+600
027	47+000	47+400
028	48+800	49+200

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 16: Ubicación de estaciones de conteo.

NRO ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN
001	Paragsha	0+200
002	Tambopampa	32+500
003	Chipipata	51+100

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.2. Resultados del estudio de tráfico.

Tabla 17: Resultados del estudio de tráfico estación Paragsha.

ESTACION: PARAGSHA														
#	TIPO DE VEHICULO	CONTEO SEMANAL								S	σ	IMDA	DISTRIBUCION	
		03/04/2019	04/04/2019	05/04/2019	06/04/2019	07/04/2019	08/04/2019	09/04/2019	TOTAL					IDMs
	VEHIC. MAYOR	212.00	200.00	288.00	322.00	245.00	281.00	260.00	1,808.00	258.29			290.13	83.02%
	CATEGORIA "M"													
1	AUTO	132.00	126.00	180.00	202.00	154.00	176.00	164.00	1,134.00	162.00	27.03	10.13	181.86	52.04%
2	STATION WAGON	34.00	32.00	46.00	52.00	39.00	45.00	42.00	290.00	41.43	7.02	2.63	46.59	13.33%
3	CAMIONETAS PICK UP	20.00	19.00	27.00	30.00	23.00	26.00	24.00	169.00	24.14	3.89	1.46	27.00	7.73%
4	CAMIONETAS PANEL	3.00	2.00	4.00	4.00	3.00	4.00	3.00	23.00	3.29	0.76	0.28	3.84	1.10%
5	CAMIONETAS RURAL Combi	20.00	19.00	27.00	30.00	23.00	26.00	24.00	169.00	24.14	3.89	1.46	27.00	7.73%
6	MICRO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
7	BUS (B2)	3.00	2.00	4.00	4.00	3.00	4.00	3.00	23.00	3.29	0.76	0.28	3.84	1.10%
	VEHIC. PESADO	52.00	38.00	49.00	48.00	55.00	49.00	43.00	334.00	47.71			55.51	15.88%
	CATEGORIA "N"													
8	BUS (B3-1, B4-1, BA-1)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
9	CAMION (C2)	30.00	18.00	20.00	15.00	30.00	20.00	17.00	150.00	21.43	6.11	2.29	25.91	7.42%
10	CAMION (C3)	18.00	17.00	24.00	27.00	21.00	24.00	22.00	153.00	21.86	3.53	1.32	24.45	7.00%
11	CAMION (C4)	4.00	3.00	5.00	6.00	4.00	5.00	4.00	31.00	4.43	0.98	0.37	5.15	1.47%
	VEHIC. REMOLQUES	3.00	2.00	4.00	4.00	3.00	4.00	3.00	23.00	3.29			3.84	1.10%
	CATEGORIA "O"													
11	SEMI TRAYLER (T2S1,T2S2,T2Se2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
12	SEMI TRAYLER (T2S3)	3.00	2.00	4.00	4.00	3.00	4.00	3.00	23.00	3.29	0.76	0.28	3.84	1.10%
13	SEMI TRAYLER (T3S1,T3S2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
14	SEMI TRAYLER (>= T3S3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15	TRAYLER (C2R2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
16	TRAYLER (C2R3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
17	TRAYLER (C3R2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
18	TRAYLER (>=C3R3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
	IMD	267.00	240.00	341.00	374.00	303.00	334.00	306.00						100.00%
	TOTAL	267.00	240.00	341.00	374.00	303.00	334.00	306.00	2,165.00	309.29			349.48	100.00%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 18: Resultados del estudio de tráfico estación Tambopampa.

ESTACION: TAMBOPAMPA		CONTEO SEMANAL									S	σ	IMDA	DISTRIBUCION
#	TIPO DE VEHICULO	03/04/2019	04/04/2019	05/04/2019	06/04/2019	07/04/2019	08/04/2019	09/04/2019	TOTAL	IDMs				
	VEHIC. MAYOR	217.00	240.00	279.00	234.00	296.00	285.00	262.00	1,813.00	259.00			280.79	88.22%
	CATEGORIA "M"													
1	AUTO	126.00	140.00	163.00	137.00	173.00	167.00	153.00	1,059.00	151.29	17.46	6.55	164.11	51.56%
2	STATION WAGON	28.00	31.00	36.00	30.00	38.00	37.00	34.00	234.00	33.43	3.82	1.43	36.24	11.38%
3	CAMIONETAS PICK UP	48.00	53.00	62.00	52.00	65.00	63.00	58.00	401.00	57.29	6.42	2.41	62.00	19.48%
4	CAMIONETAS PANEL	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	7.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.31%
5	CAMIONETAS RURAL Combi	11.00	12.00	14.00	11.00	15.00	14.00	13.00	90.00	12.86	1.57	0.59	14.01	4.40%
6	MICRO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
7	BUS (B2)	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00	22.00	3.14	0.38	0.14	3.42	1.07%
	VEHIC. PESADO	29.00	25.00	36.00	30.00	38.00	37.00	26.00	221.00	31.57			36.35	11.42%
	CATEGORIA "N"													
8	BUS (B3-1, B4-1, BA-1)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
9	CAMION (C2)	19.00	21.00	24.00	20.00	26.00	25.00	23.00	158.00	22.57	2.64	0.99	24.51	7.70%
10	CAMION (C3)	8.00	2.00	10.00	8.00	10.00	10.00	1.00	49.00	7.00	3.87	1.45	9.85	3.09%
11	CAMION (C4)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	14.00	2.00	0.00	0.00	2.00	0.63%
	VEHIC. REMOLQUES	1.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	1.00	4.00	0.57			1.15	0.36%
	CATEGORIA "O"													
11	SEMI TRAYLER (T2S1,T2S2,T2Se2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
12	SEMI TRAYLER (T2S3)	1.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	1.00	4.00	0.57	0.79	0.29	1.15	0.36%
13	SEMI TRAYLER (T3S1,T3S2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
14	SEMI TRAYLER (>= T3S3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15	TRAYLER (C2R2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
16	TRAYLER (C2R3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
17	TRAYLER (C3R2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
18	TRAYLER (>=C3R3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
	IMD	247.00	265.00	315.00	264.00	336.00	322.00	289.00						
	TOTAL	247.00	265.00	315.00	264.00	336.00	322.00	289.00	2,038.00	291.14			318.29	100.00%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 19: Resultados del estudio de tráfico estación Chipipata.

		ESTACION: CHIPIPATA												
#	TIPO DE VEHICULO	CONTEO SEMANAL									S	σ	IMDA	DISTRIBUCION
		03/04/2019	04/04/2019	05/04/2019	06/04/2019	07/04/2019	08/04/2019	09/04/2019	TOTAL	IDMs				
	VEHIC. MAYOR	213.00	268.00	269.00	272.00	316.00	301.00	352.00	1,991.00	284.43			317.14	88.91%
	CATEGORIA "M"													
1	AUTO	119.00	152.00	153.00	155.00	180.00	172.00	201.00	1,132.00	161.71	25.90	9.71	180.74	50.67%
2	STATION WAGON	31.00	38.00	39.00	39.00	46.00	43.00	50.00	286.00	40.86	6.15	2.30	45.37	12.72%
3	CAMIONETAS PICK UP	43.00	54.00	54.00	55.00	63.00	60.00	70.00	399.00	57.00	8.49	3.18	63.23	17.73%
4	CAMIONETAS PANEL	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	15.00	2.14	0.38	0.14	2.42	0.68%
5	CAMIONETAS RURAL Combi	12.00	15.00	15.00	15.00	17.00	16.00	19.00	109.00	15.57	2.15	0.81	17.15	4.81%
6	MICRO	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	5.00	0.71	0.49	0.18	1.07	0.30%
7	BUS (B2)	5.00	6.00	6.00	6.00	7.00	7.00	8.00	45.00	6.43	0.98	0.37	7.15	2.00%
	VEHIC. PESADO	37.00	18.00	36.00	20.00	31.00	36.00	23.00	201.00	28.71			38.27	10.73%
	CATEGORIA "N"													
8	BUS (B3-1, B4-1, BA-1)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
9	CAMION (C2)	25.00	10.00	22.00	13.00	15.00	27.00	4.00	116.00	16.57	8.42	3.16	22.76	6.38%
10	CAMION (C3)	10.00	6.00	12.00	5.00	14.00	7.00	16.00	70.00	10.00	4.20	1.58	13.09	3.67%
11	CAMION (C4)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	15.00	2.14	0.38	0.14	2.42	0.68%
	VEHIC. REMOLQUES	1.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00	1.00	5.00	0.71			1.27	0.36%
	CATEGORIA "O"													
11	SEMI TRAYLER (T2S1,T2S2,T2Se2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
12	SEMI TRAYLER (T2S3)	1.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00	1.00	5.00	0.71	0.76	0.28	1.27	0.36%
13	SEMI TRAYLER (T3S1,T3S2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
14	SEMI TRAYLER (>= T3S3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
15	TRAYLER (C2R2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
16	TRAYLER (C2R3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
17	TRAYLER (C3R2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
18	TRAYLER (>=C3R3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
	IMD	251.00	286.00	307.00	292.00	348.00	337.00	376.00						
	TOTAL	251.00	286.00	307.00	292.00	348.00	337.00	376.00	2,197.00	313.86			356.68	100.00%

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.2.1. Resumen de resultados del estudio de tráfico.

Tabla 20: IMDA de la carretera.

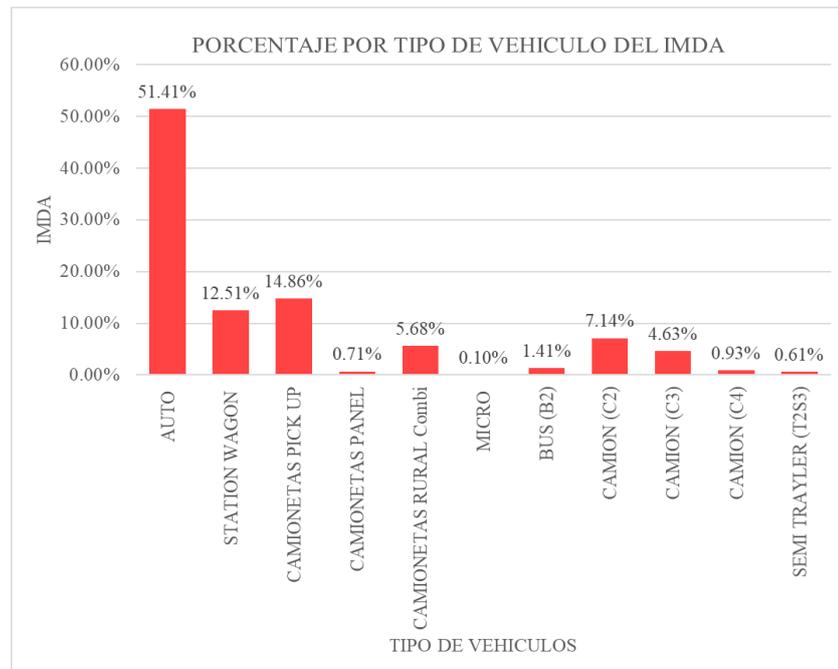
Estación	IMDA		
Paragsha	349.48	350	Veh/Día Anual
Tambopampa	318.29	319	Veh/Día Anual
Chippata	356.68	357	Veh/Día Anual
PROMEDIO		342	Veh/Día Anual

Fuente: Propio.

- Clasificación según MTC: Carretera de Tercera Clase.

4.2.2.2. Porcentaje por tipo de vehículos del IMDA

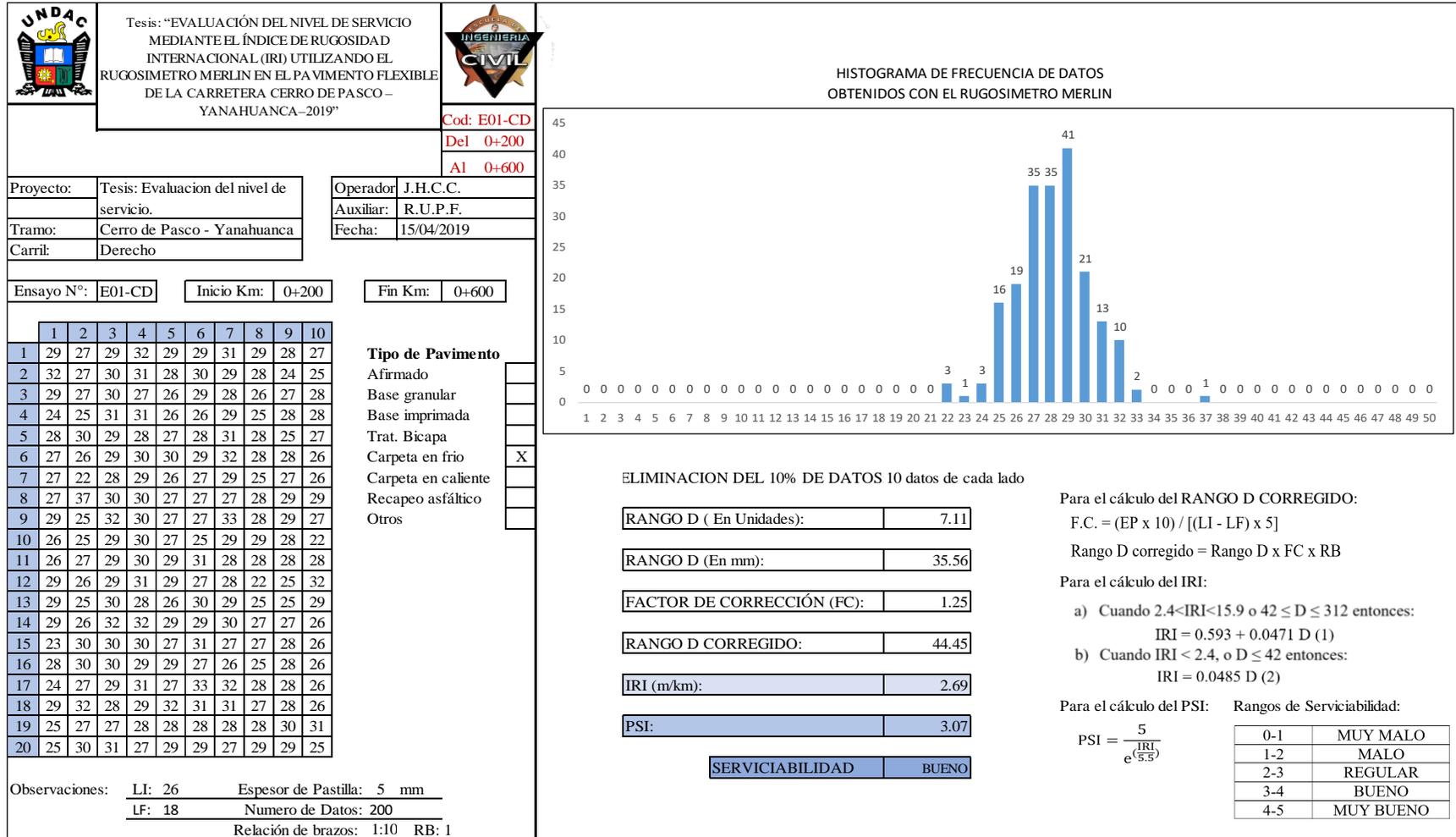
Gráfico 6: Histograma de porcentaje por tipo de vehículo del IMDA.



Fuente: Elaboración Propia.

4.2.3. Resultados del procesamiento de datos del Rugosímetro MERLIN.

Gráfico 7: Resultado de la Muestra - E01
Carril derecho.



Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.

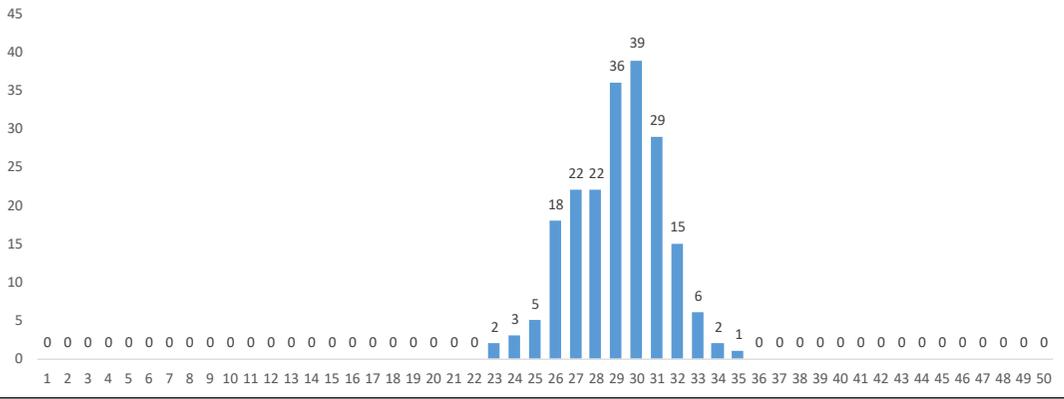


Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA–2019"

Cod: E01-CI
Del 0+200
Al 0+600



HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN



Proyecto:	Tesis: Evaluacion del nivel de servicio.	Operador:	J.H.C.C.
Tramo:	Cerro de Pasco - Yanahuanca	Auxiliar:	R.U.P.F.
Carril:	Izquierdo	Fecha:	15/04/2019

Ensayo N°:	E01-CI	Inicio Km:	0+200	Fin Km:	0+600
------------	--------	------------	-------	---------	-------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	30	28	29	27	32	29	29	31	26	26
2	29	30	30	31	31	30	27	28	31	26
3	24	28	32	30	32	30	30	29	31	30
4	31	29	27	29	31	28	25	31	30	27
5	31	32	26	30	31	26	26	24	31	27
6	27	26	29	31	27	30	28	28	29	32
7	31	28	31	29	27	29	26	32	28	32
8	29	28	31	32	29	27	28	27	30	30
9	29	31	28	28	32	23	28	27	29	25
10	30	31	29	30	31	27	30	29	32	27
11	31	29	30	31	29	31	31	30	33	26
12	30	32	29	26	27	30	28	28	30	26
13	30	28	30	28	30	29	26	27	35	27
14	29	26	29	32	30	30	29	25	26	27
15	23	30	30	30	30	25	26	28	30	27
16	26	30	27	33	28	34	29	28	30	31
17	32	29	29	31	33	32	32	24	33	29
18	34	29	25	33	30	31	27	27	31	29
19	29	33	31	29	30	30	31	29	29	29
20	29	28	31	30	30	26	27	30	26	28

Tipo de Pavimento	
Afirmado	<input type="checkbox"/>
Base granular	<input type="checkbox"/>
Base imprimada	<input type="checkbox"/>
Trat. Bicapa	<input type="checkbox"/>
Carpeta en frio	<input checked="" type="checkbox"/>
Carpeta en caliente	<input type="checkbox"/>
Recapeo asfáltico	<input type="checkbox"/>
Otros	<input type="checkbox"/>

ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado

RANGO D (En Unidades):	6.93
RANGO D (En mm):	34.67
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.25
RANGO D CORREGIDO:	43.33
IRI (m/km):	2.63
PSI:	3.10

SERVICIABILIDAD BUENO

Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO:
 $F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$
 Rango D corregido = Rango D x FC x RB

Para el cálculo del IRI:
 a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$ entonces:
 $IRI = 0.593 + 0.0471 D$ (1)
 b) Cuando $IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces:
 $IRI = 0.0485 D$ (2)

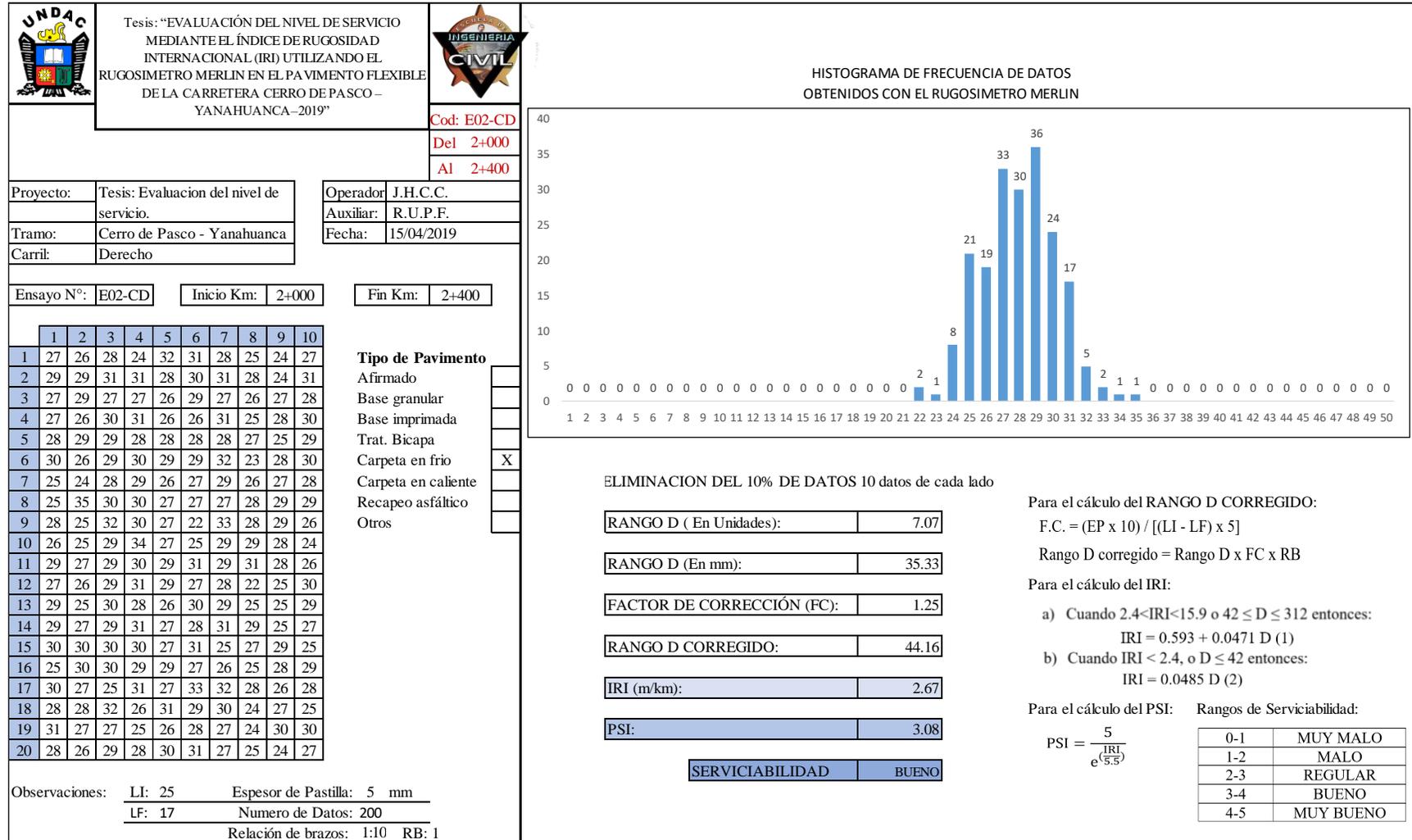
Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad:

0-1	MUY MALO
1-2	MALO
2-3	REGULAR
3-4	BUENO
4-5	MUY BUENO

Observaciones: LI: 26 Espesor de Pastilla: 5 mm
 LF: 18 Numero de Datos: 200
 Relación de brazos: 1:10 RB: 1

Fuente: Elaboración Propia.

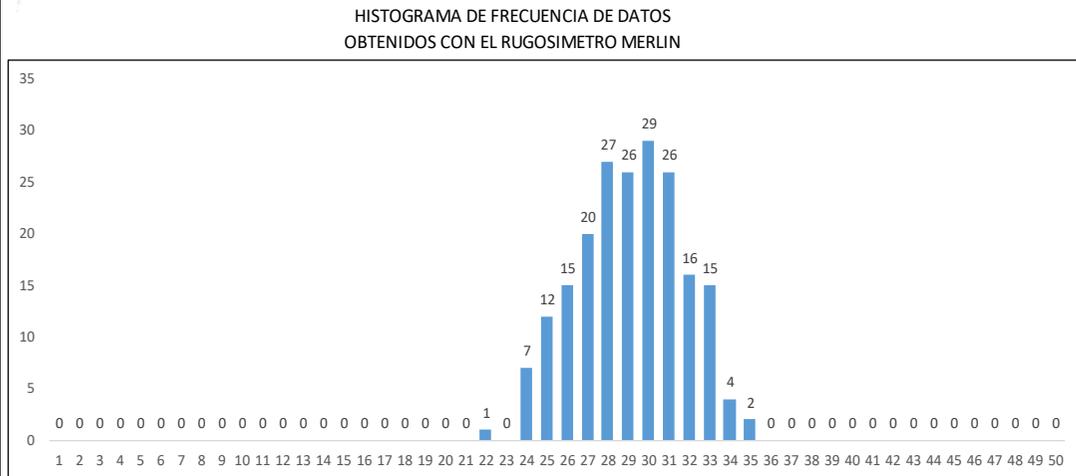
Gráfico 8: Resultado de la Muestra - E02
Carril derecho.



Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.

	Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA-2019"																																																																																																																																																																																																																																									
	Cod: E02-CI Del 2+000 Al 2+400																																																																																																																																																																																																																																									
Proyecto: Tesis: Evaluación del nivel de servicio. Tramo: Cerro de Pasco - Yanahuanca Carril: Izquierdo	Operador: J.H.C.C. Auxiliar: R.U.P.F. Fecha: 15/04/2019																																																																																																																																																																																																																																									
Ensayo N°: E02-CI Inicio Km: 2+000 Fin Km: 2+400																																																																																																																																																																																																																																										
<table border="1"> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th></tr> <tr><th>1</th><td>29</td><td>27</td><td>31</td><td>25</td><td>31</td><td>28</td><td>30</td><td>32</td><td>27</td><td>25</td></tr> <tr><th>2</th><td>28</td><td>31</td><td>29</td><td>30</td><td>30</td><td>31</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>27</td></tr> <tr><th>3</th><td>26</td><td>30</td><td>33</td><td>31</td><td>34</td><td>32</td><td>32</td><td>31</td><td>29</td><td>31</td></tr> <tr><th>4</th><td>33</td><td>31</td><td>26</td><td>27</td><td>33</td><td>30</td><td>27</td><td>33</td><td>32</td><td>28</td></tr> <tr><th>5</th><td>33</td><td>30</td><td>24</td><td>31</td><td>33</td><td>28</td><td>28</td><td>26</td><td>33</td><td>27</td></tr> <tr><th>6</th><td>28</td><td>24</td><td>27</td><td>29</td><td>29</td><td>32</td><td>30</td><td>30</td><td>31</td><td>33</td></tr> <tr><th>7</th><td>33</td><td>26</td><td>30</td><td>28</td><td>29</td><td>31</td><td>28</td><td>34</td><td>30</td><td>30</td></tr> <tr><th>8</th><td>28</td><td>27</td><td>32</td><td>30</td><td>31</td><td>29</td><td>30</td><td>29</td><td>32</td><td>32</td></tr> <tr><th>9</th><td>31</td><td>29</td><td>29</td><td>29</td><td>33</td><td>24</td><td>26</td><td>25</td><td>27</td><td>26</td></tr> <tr><th>10</th><td>32</td><td>33</td><td>31</td><td>28</td><td>32</td><td>28</td><td>28</td><td>30</td><td>31</td><td>26</td></tr> <tr><th>11</th><td>30</td><td>30</td><td>31</td><td>30</td><td>30</td><td>32</td><td>29</td><td>32</td><td>31</td><td>24</td></tr> <tr><th>12</th><td>31</td><td>33</td><td>30</td><td>24</td><td>25</td><td>28</td><td>26</td><td>27</td><td>29</td><td>27</td></tr> <tr><th>13</th><td>31</td><td>27</td><td>29</td><td>27</td><td>28</td><td>27</td><td>25</td><td>26</td><td>34</td><td>28</td></tr> <tr><th>14</th><td>31</td><td>25</td><td>28</td><td>31</td><td>28</td><td>28</td><td>28</td><td>24</td><td>25</td><td>28</td></tr> <tr><th>15</th><td>25</td><td>29</td><td>29</td><td>29</td><td>29</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>28</td><td>28</td></tr> <tr><th>16</th><td>27</td><td>31</td><td>28</td><td>32</td><td>27</td><td>33</td><td>27</td><td>26</td><td>28</td><td>29</td></tr> <tr><th>17</th><td>34</td><td>30</td><td>30</td><td>30</td><td>32</td><td>30</td><td>30</td><td>22</td><td>31</td><td>27</td></tr> <tr><th>18</th><td>35</td><td>30</td><td>26</td><td>32</td><td>29</td><td>29</td><td>26</td><td>25</td><td>29</td><td>30</td></tr> <tr><th>19</th><td>31</td><td>35</td><td>33</td><td>31</td><td>28</td><td>28</td><td>29</td><td>27</td><td>27</td><td>30</td></tr> <tr><th>20</th><td>31</td><td>30</td><td>33</td><td>32</td><td>29</td><td>25</td><td>26</td><td>29</td><td>25</td><td>26</td></tr> </table>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	29	27	31	25	31	28	30	32	27	25	2	28	31	29	30	30	31	28	29	30	27	3	26	30	33	31	34	32	32	31	29	31	4	33	31	26	27	33	30	27	33	32	28	5	33	30	24	31	33	28	28	26	33	27	6	28	24	27	29	29	32	30	30	31	33	7	33	26	30	28	29	31	28	34	30	30	8	28	27	32	30	31	29	30	29	32	32	9	31	29	29	29	33	24	26	25	27	26	10	32	33	31	28	32	28	28	30	31	26	11	30	30	31	30	30	32	29	32	31	24	12	31	33	30	24	25	28	26	27	29	27	13	31	27	29	27	28	27	25	26	34	28	14	31	25	28	31	28	28	28	24	25	28	15	25	29	29	29	29	24	25	26	28	28	16	27	31	28	32	27	33	27	26	28	29	17	34	30	30	30	32	30	30	22	31	27	18	35	30	26	32	29	29	26	25	29	30	19	31	35	33	31	28	28	29	27	27	30	20	31	30	33	32	29	25	26	29	25	26	Tipo de Pavimento Afirmado <input type="checkbox"/> Base granular <input type="checkbox"/> Base imprimada <input type="checkbox"/> Trat. Bicapa <input type="checkbox"/> Carpeta en frío <input checked="" type="checkbox"/> X Carpeta en caliente <input type="checkbox"/> Recapeo asfáltico <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																																																																																
1	29	27	31	25	31	28	30	32	27	25																																																																																																																																																																																																																																
2	28	31	29	30	30	31	28	29	30	27																																																																																																																																																																																																																																
3	26	30	33	31	34	32	32	31	29	31																																																																																																																																																																																																																																
4	33	31	26	27	33	30	27	33	32	28																																																																																																																																																																																																																																
5	33	30	24	31	33	28	28	26	33	27																																																																																																																																																																																																																																
6	28	24	27	29	29	32	30	30	31	33																																																																																																																																																																																																																																
7	33	26	30	28	29	31	28	34	30	30																																																																																																																																																																																																																																
8	28	27	32	30	31	29	30	29	32	32																																																																																																																																																																																																																																
9	31	29	29	29	33	24	26	25	27	26																																																																																																																																																																																																																																
10	32	33	31	28	32	28	28	30	31	26																																																																																																																																																																																																																																
11	30	30	31	30	30	32	29	32	31	24																																																																																																																																																																																																																																
12	31	33	30	24	25	28	26	27	29	27																																																																																																																																																																																																																																
13	31	27	29	27	28	27	25	26	34	28																																																																																																																																																																																																																																
14	31	25	28	31	28	28	28	24	25	28																																																																																																																																																																																																																																
15	25	29	29	29	29	24	25	26	28	28																																																																																																																																																																																																																																
16	27	31	28	32	27	33	27	26	28	29																																																																																																																																																																																																																																
17	34	30	30	30	32	30	30	22	31	27																																																																																																																																																																																																																																
18	35	30	26	32	29	29	26	25	29	30																																																																																																																																																																																																																																
19	31	35	33	31	28	28	29	27	27	30																																																																																																																																																																																																																																
20	31	30	33	32	29	25	26	29	25	26																																																																																																																																																																																																																																
Observaciones: LI: 25 Espesor de Pastilla: 5 mm LF: 17 Numero de Datos: 200 Relación de brazos: 1:10 RB: 1																																																																																																																																																																																																																																										



ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado

RANGO D (En Unidades):	8.57
RANGO D (En mm):	42.83
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.25
RANGO D CORREGIDO:	53.54
IRI (m/km):	3.11
PSI:	2.84
SERVICIABILIDAD	REGULAR

Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO:

$$F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$$

$$\text{Rango D corregido} = \text{Rango D} \times FC \times RB$$

Para el cálculo del IRI:

a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$ entonces:

$$IRI = 0.593 + 0.0471 D (1)$$

b) Cuando $IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces:

$$IRI = 0.0485 D (2)$$

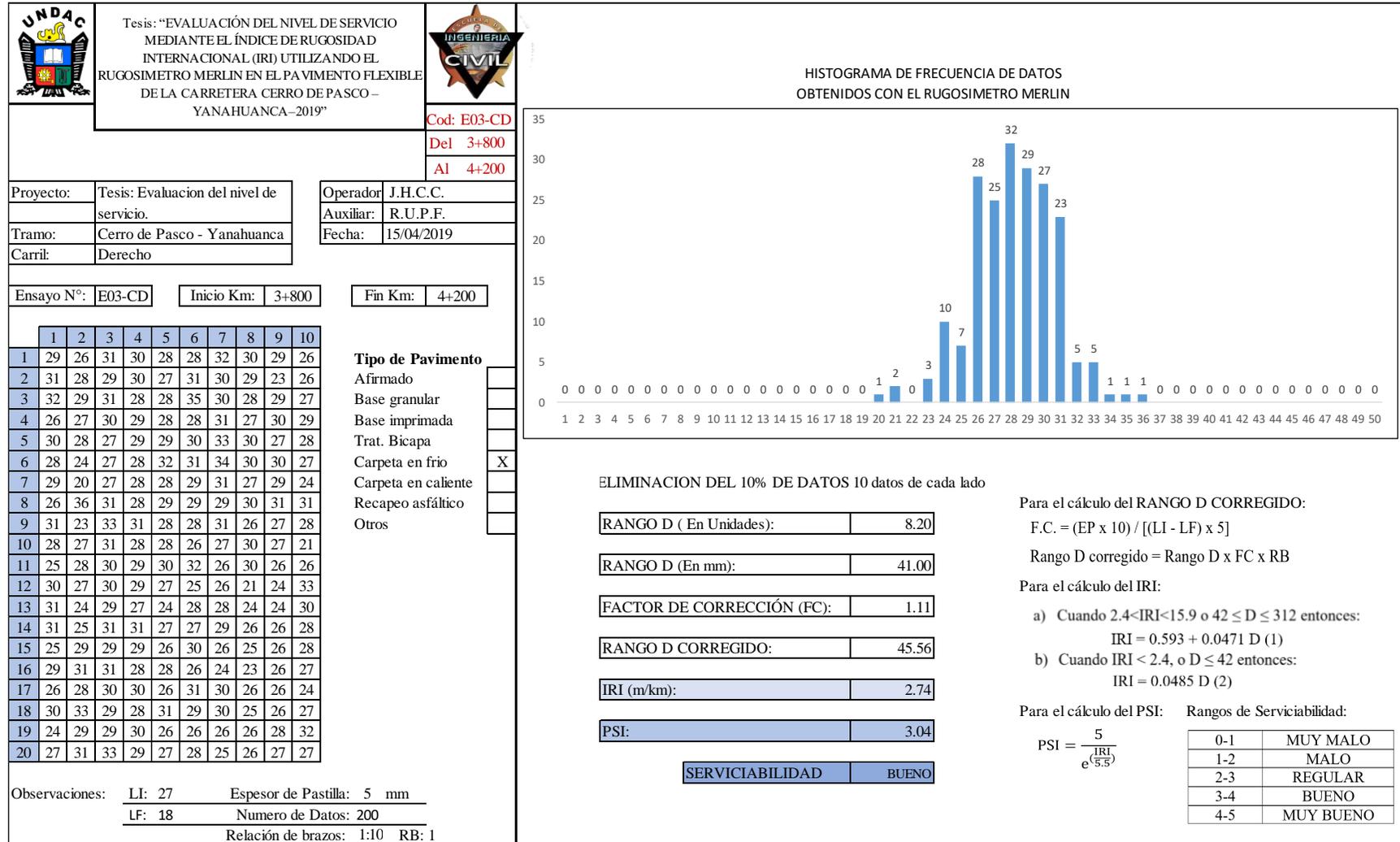
Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad:

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

0-1	MUY MALO
1-2	MALO
2-3	REGULAR
3-4	BUENO
4-5	MUY BUENO

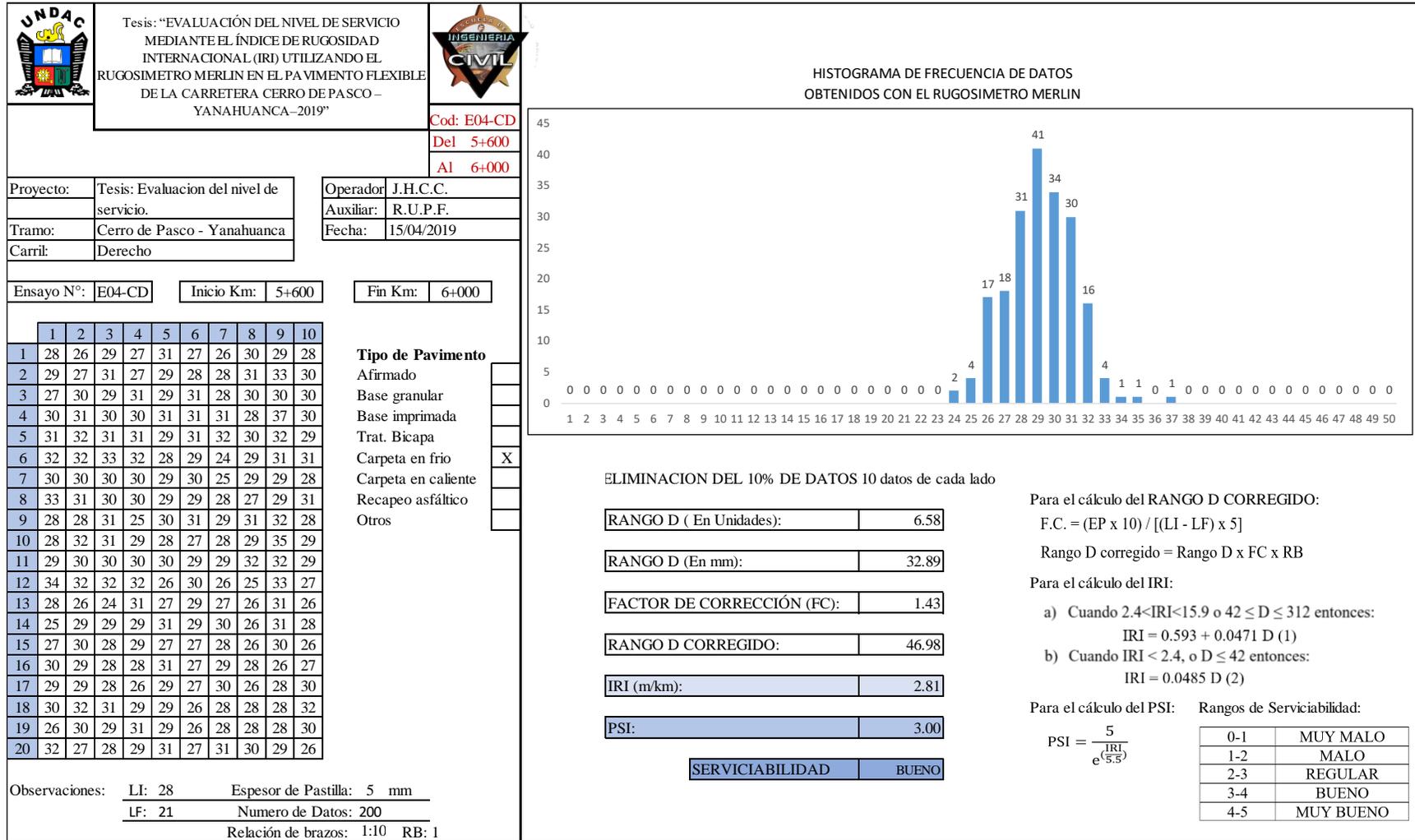
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 9: Resultado de la Muestra - E03
Carril derecho.



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 10: Resultado de la Muestra - E04
Carril derecho.



Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.



Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA –2019"



Cod: E04-CI
Del 5+600
Al 6+000

Proyecto:	Tesis: Evaluacion del nivel de servicio.	Operador:	J.H.C.C.
Tramo:	Cerro de Pasco - Yanahuanca	Auxiliar:	R.U.P.F.
Carril:	Izquierdo	Fecha:	15/04/2019

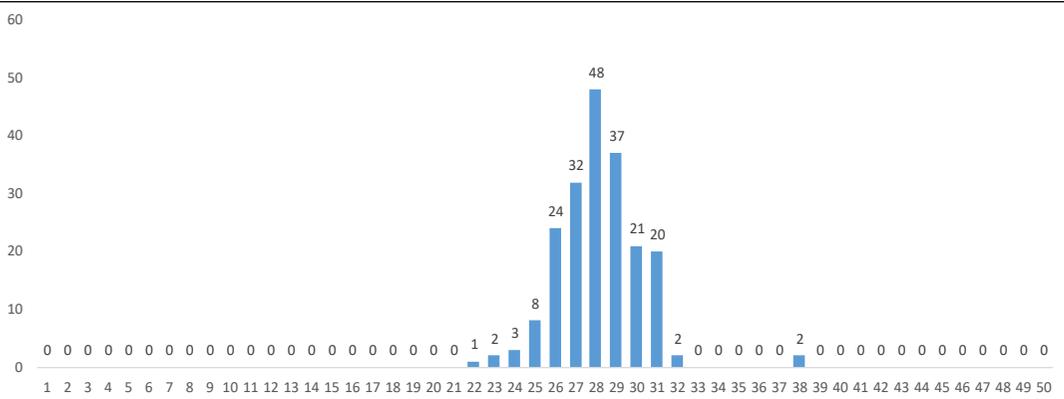
Ensayo N°:	E04-CI	Inicio Km:	5+600	Fin Km:	6+000
------------	--------	------------	-------	---------	-------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	26	26	25	28	28	30	31	29	30	26
2	29	27	28	30	31	29	30	27	29	25
3	29	26	28	30	29	28	27	28	25	27
4	26	26	26	28	31	29	28	27	28	25
5	27	29	29	31	27	27	28	26	26	26
6	29	27	29	30	30	28	32	25	27	27
7	30	26	27	29	29	29	23	28	27	26
8	29	24	25	27	29	31	31	28	27	28
9	29	28	38	30	29	29	25	27	27	29
10	27	29	26	31	28	27	27	31	28	26
11	30	28	29	30	28	29	28	31	26	26
12	30	27	28	31	28	28	31	30	26	28
13	28	28	30	30	26	27	28	27	26	27
14	31	28	30	31	28	28	31	29	24	28
15	30	28	30	31	28	28	31	29	24	28
16	27	38	26	30	28	28	28	28	28	28
17	28	26	27	31	30	29	29	27	23	27
18	27	25	28	28	31	31	29	26	29	29
19	27	22	27	32	29	29	28	28	26	28
20	29	29	29	31	29	28	30	29	27	26

Tipo de Pavimento	
Afirmado	<input type="checkbox"/>
Base granular	<input type="checkbox"/>
Base imprimada	<input type="checkbox"/>
Trat. Bicapa	<input type="checkbox"/>
Carpeta en frio	<input checked="" type="checkbox"/>
Carpeta en caliente	<input type="checkbox"/>
Recapeo asfáltico	<input type="checkbox"/>
Otros	<input type="checkbox"/>

Observaciones: LI: 28 Espesor de Pastilla: 5 mm
 LF: 21 Numero de Datos: 200
 Relación de brazos: 1:10 RB: 1

HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN



ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado

RANGO D (En Unidades):	6.20
RANGO D (En mm):	31.00
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.43
RANGO D CORREGIDO:	44.29
IRI (m/km):	2.68
PSI:	3.07
SERVICIABILIDAD	BUENO

Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO:
 $F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$
 Rango D corregido = Rango D x FC x RB

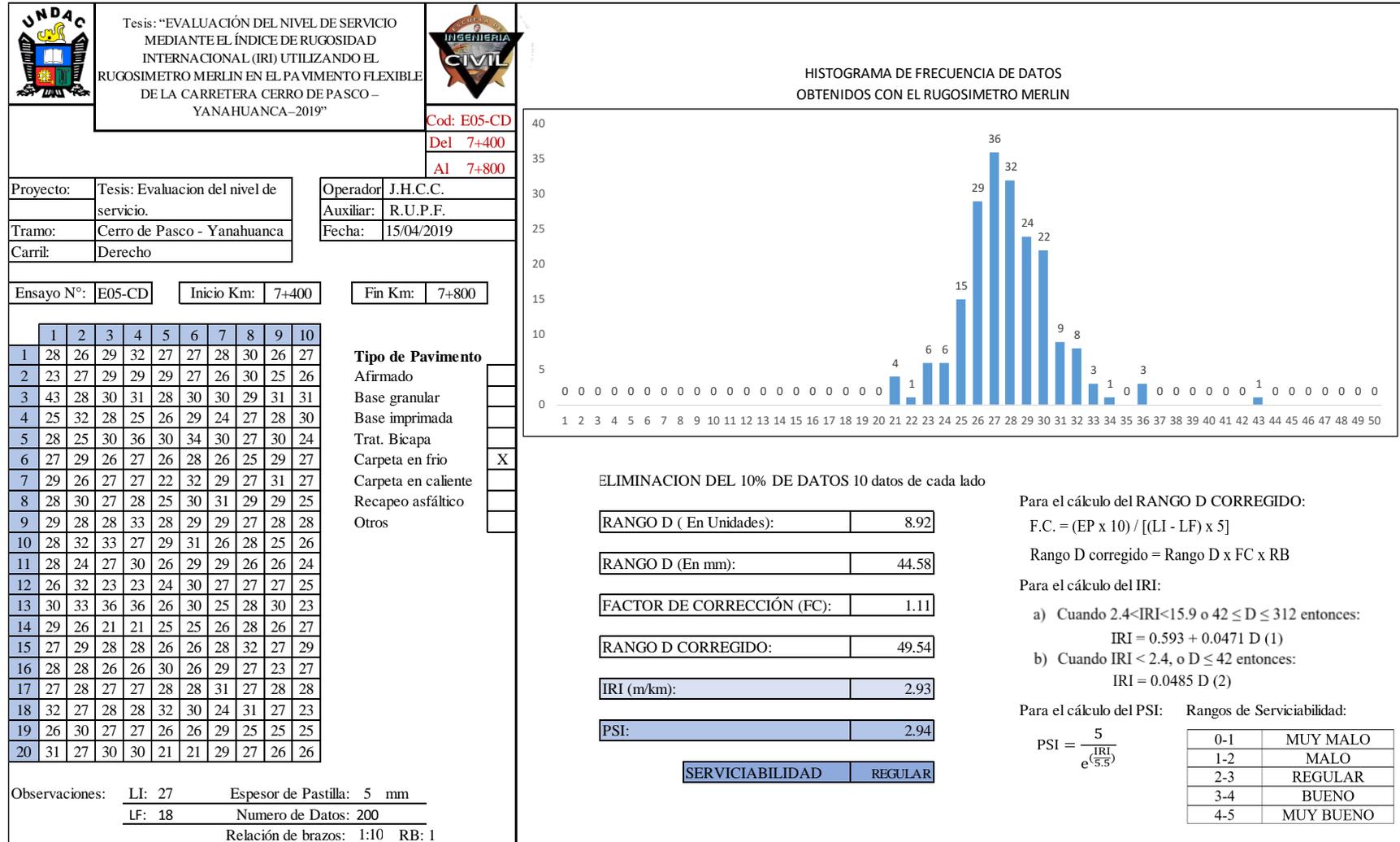
Para el cálculo del IRI:
 a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$ entonces:
 $IRI = 0.593 + 0.0471 D (1)$
 b) Cuando $IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces:
 $IRI = 0.0485 D (2)$

Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad:

$PSI = \frac{5}{e^{(\frac{IRI}{5.5})}}$			0-1 MUY MALO
			1-2 MALO
			2-3 REGULAR
			3-4 BUENO
			4-5 MUY BUENO

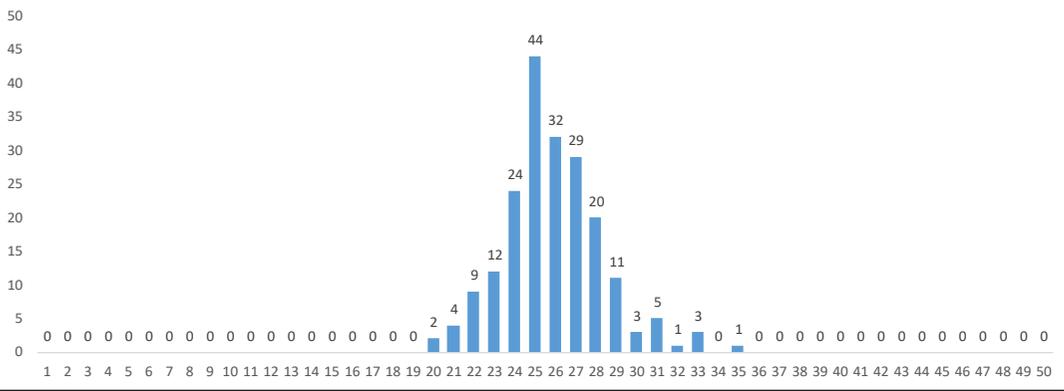
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 11: Resultado de la Muestra - E05
Carril derecho.



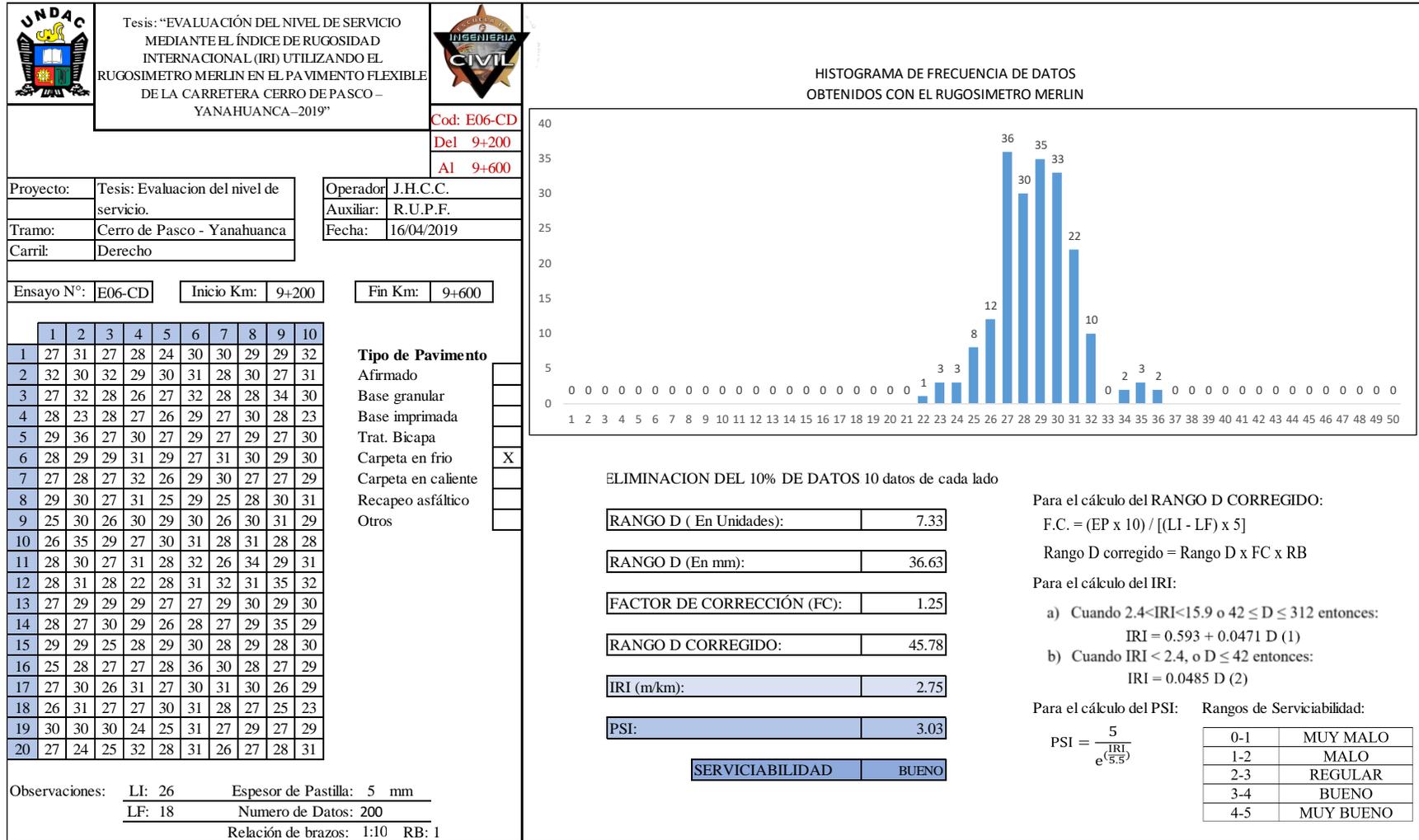
Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.

	Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA – 2019"																																																																																																																																																																																																																																								
		Cod: E05-CI Del 7+400 Al 7+800																																																																																																																																																																																																																																							
Proyecto: Tesis: Evaluación del nivel de servicio. Tramo: Cerro de Pasco - Yanahuanca Carril: Izquierdo	Operador: J.H.C.C. Auxiliar: R.U.P.F. Fecha: 15/04/2019																																																																																																																																																																																																																																								
Ensayo N°: E05-CI Inicio Km: 7+400 Fin Km: 7+800																																																																																																																																																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th></tr> <tr><td>1</td><td>26</td><td>29</td><td>27</td><td>26</td><td>27</td><td>23</td><td>24</td><td>23</td><td>22</td><td>27</td></tr> <tr><td>2</td><td>24</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>25</td><td>25</td><td>25</td><td>22</td><td>23</td><td>22</td></tr> <tr><td>3</td><td>26</td><td>26</td><td>26</td><td>25</td><td>26</td><td>25</td><td>24</td><td>27</td><td>24</td><td>23</td></tr> <tr><td>4</td><td>24</td><td>30</td><td>25</td><td>28</td><td>26</td><td>24</td><td>20</td><td>28</td><td>26</td><td>23</td></tr> <tr><td>5</td><td>25</td><td>28</td><td>26</td><td>28</td><td>24</td><td>25</td><td>29</td><td>26</td><td>25</td><td>25</td></tr> <tr><td>6</td><td>26</td><td>27</td><td>27</td><td>25</td><td>25</td><td>23</td><td>25</td><td>24</td><td>25</td><td>25</td></tr> <tr><td>7</td><td>27</td><td>28</td><td>26</td><td>31</td><td>26</td><td>21</td><td>26</td><td>25</td><td>24</td><td>24</td></tr> <tr><td>8</td><td>25</td><td>28</td><td>27</td><td>22</td><td>33</td><td>24</td><td>23</td><td>26</td><td>22</td><td>26</td></tr> <tr><td>9</td><td>26</td><td>26</td><td>27</td><td>25</td><td>28</td><td>26</td><td>27</td><td>25</td><td>21</td><td>31</td></tr> <tr><td>10</td><td>25</td><td>28</td><td>33</td><td>24</td><td>25</td><td>25</td><td>25</td><td>29</td><td>28</td><td>23</td></tr> <tr><td>11</td><td>24</td><td>24</td><td>24</td><td>28</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>27</td><td>26</td><td>27</td></tr> <tr><td>12</td><td>31</td><td>30</td><td>27</td><td>27</td><td>24</td><td>28</td><td>27</td><td>23</td><td>24</td><td>29</td></tr> <tr><td>13</td><td>25</td><td>29</td><td>25</td><td>25</td><td>24</td><td>27</td><td>25</td><td>24</td><td>29</td><td>28</td></tr> <tr><td>14</td><td>29</td><td>28</td><td>25</td><td>24</td><td>27</td><td>26</td><td>23</td><td>25</td><td>27</td><td>25</td></tr> <tr><td>15</td><td>33</td><td>26</td><td>21</td><td>25</td><td>25</td><td>25</td><td>22</td><td>21</td><td>28</td><td>26</td></tr> <tr><td>16</td><td>27</td><td>27</td><td>22</td><td>27</td><td>32</td><td>26</td><td>25</td><td>29</td><td>28</td><td>22</td></tr> <tr><td>17</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>35</td><td>28</td><td>26</td><td>25</td><td>25</td><td>30</td></tr> <tr><td>18</td><td>25</td><td>26</td><td>20</td><td>28</td><td>31</td><td>31</td><td>22</td><td>23</td><td>27</td><td>27</td></tr> <tr><td>19</td><td>25</td><td>25</td><td>28</td><td>24</td><td>27</td><td>23</td><td>26</td><td>25</td><td>29</td><td>25</td></tr> <tr><td>20</td><td>29</td><td>27</td><td>29</td><td>24</td><td>26</td><td>24</td><td>25</td><td>25</td><td>27</td><td>26</td></tr> </table>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	26	29	27	26	27	23	24	23	22	27	2	24	26	27	28	25	25	25	22	23	22	3	26	26	26	25	26	25	24	27	24	23	4	24	30	25	28	26	24	20	28	26	23	5	25	28	26	28	24	25	29	26	25	25	6	26	27	27	25	25	23	25	24	25	25	7	27	28	26	31	26	21	26	25	24	24	8	25	28	27	22	33	24	23	26	22	26	9	26	26	27	25	28	26	27	25	21	31	10	25	28	33	24	25	25	25	29	28	23	11	24	24	24	28	26	27	28	27	26	27	12	31	30	27	27	24	28	27	23	24	29	13	25	29	25	25	24	27	25	24	29	28	14	29	28	25	24	27	26	23	25	27	25	15	33	26	21	25	25	25	22	21	28	26	16	27	27	22	27	32	26	25	29	28	22	17	24	25	26	27	35	28	26	25	25	30	18	25	26	20	28	31	31	22	23	27	27	19	25	25	28	24	27	23	26	25	29	25	20	29	27	29	24	26	24	25	25	27	26	Tipo de Pavimento Afirmado <input type="checkbox"/> Base granular <input type="checkbox"/> Base imprimada <input type="checkbox"/> Trat. Bicapa <input type="checkbox"/> Carpeta en frío <input checked="" type="checkbox"/> X Carpeta en caliente <input type="checkbox"/> Recapeo asfáltico <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>	<p style="text-align: center;">HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN</p> 
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																																																																															
1	26	29	27	26	27	23	24	23	22	27																																																																																																																																																																																																																															
2	24	26	27	28	25	25	25	22	23	22																																																																																																																																																																																																																															
3	26	26	26	25	26	25	24	27	24	23																																																																																																																																																																																																																															
4	24	30	25	28	26	24	20	28	26	23																																																																																																																																																																																																																															
5	25	28	26	28	24	25	29	26	25	25																																																																																																																																																																																																																															
6	26	27	27	25	25	23	25	24	25	25																																																																																																																																																																																																																															
7	27	28	26	31	26	21	26	25	24	24																																																																																																																																																																																																																															
8	25	28	27	22	33	24	23	26	22	26																																																																																																																																																																																																																															
9	26	26	27	25	28	26	27	25	21	31																																																																																																																																																																																																																															
10	25	28	33	24	25	25	25	29	28	23																																																																																																																																																																																																																															
11	24	24	24	28	26	27	28	27	26	27																																																																																																																																																																																																																															
12	31	30	27	27	24	28	27	23	24	29																																																																																																																																																																																																																															
13	25	29	25	25	24	27	25	24	29	28																																																																																																																																																																																																																															
14	29	28	25	24	27	26	23	25	27	25																																																																																																																																																																																																																															
15	33	26	21	25	25	25	22	21	28	26																																																																																																																																																																																																																															
16	27	27	22	27	32	26	25	29	28	22																																																																																																																																																																																																																															
17	24	25	26	27	35	28	26	25	25	30																																																																																																																																																																																																																															
18	25	26	20	28	31	31	22	23	27	27																																																																																																																																																																																																																															
19	25	25	28	24	27	23	26	25	29	25																																																																																																																																																																																																																															
20	29	27	29	24	26	24	25	25	27	26																																																																																																																																																																																																																															
			<p>ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>RANGO D (En Unidades):</td><td style="text-align: right;">8.56</td></tr> <tr><td>RANGO D (En mm):</td><td style="text-align: right;">42.78</td></tr> <tr><td>FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):</td><td style="text-align: right;">1.11</td></tr> <tr><td>RANGO D CORREGIDO:</td><td style="text-align: right;">47.53</td></tr> <tr><td>IRI (m/km):</td><td style="text-align: right;">2.83</td></tr> <tr><td>PSI:</td><td style="text-align: right;">2.99</td></tr> </table> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 2px;">SERVICIABILIDAD REGULAR</p>	RANGO D (En Unidades):	8.56	RANGO D (En mm):	42.78	FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.11	RANGO D CORREGIDO:	47.53	IRI (m/km):	2.83	PSI:	2.99																																																																																																																																																																																																																										
RANGO D (En Unidades):	8.56																																																																																																																																																																																																																																								
RANGO D (En mm):	42.78																																																																																																																																																																																																																																								
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.11																																																																																																																																																																																																																																								
RANGO D CORREGIDO:	47.53																																																																																																																																																																																																																																								
IRI (m/km):	2.83																																																																																																																																																																																																																																								
PSI:	2.99																																																																																																																																																																																																																																								
			<p>Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO: $F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$ Rango D corregido = Rango D x FC x RB</p> <p>Para el cálculo del IRI: a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$ entonces: $IRI = 0.593 + 0.0471 D (1)$ b) Cuando $IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces: $IRI = 0.0485 D (2)$</p> <p>Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>0-1</td><td>MUY MALO</td></tr> <tr><td>1-2</td><td>MALO</td></tr> <tr><td>2-3</td><td>REGULAR</td></tr> <tr><td>3-4</td><td>BUENO</td></tr> <tr><td>4-5</td><td>MUY BUENO</td></tr> </table>	0-1	MUY MALO	1-2	MALO	2-3	REGULAR	3-4	BUENO	4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																												
0-1	MUY MALO																																																																																																																																																																																																																																								
1-2	MALO																																																																																																																																																																																																																																								
2-3	REGULAR																																																																																																																																																																																																																																								
3-4	BUENO																																																																																																																																																																																																																																								
4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																																								
Observaciones: LI: 27 Espesor de Pastilla: 5 mm LF: 18 Numero de Datos: 200 Relación de brazos: 1:10 RB: 1																																																																																																																																																																																																																																									

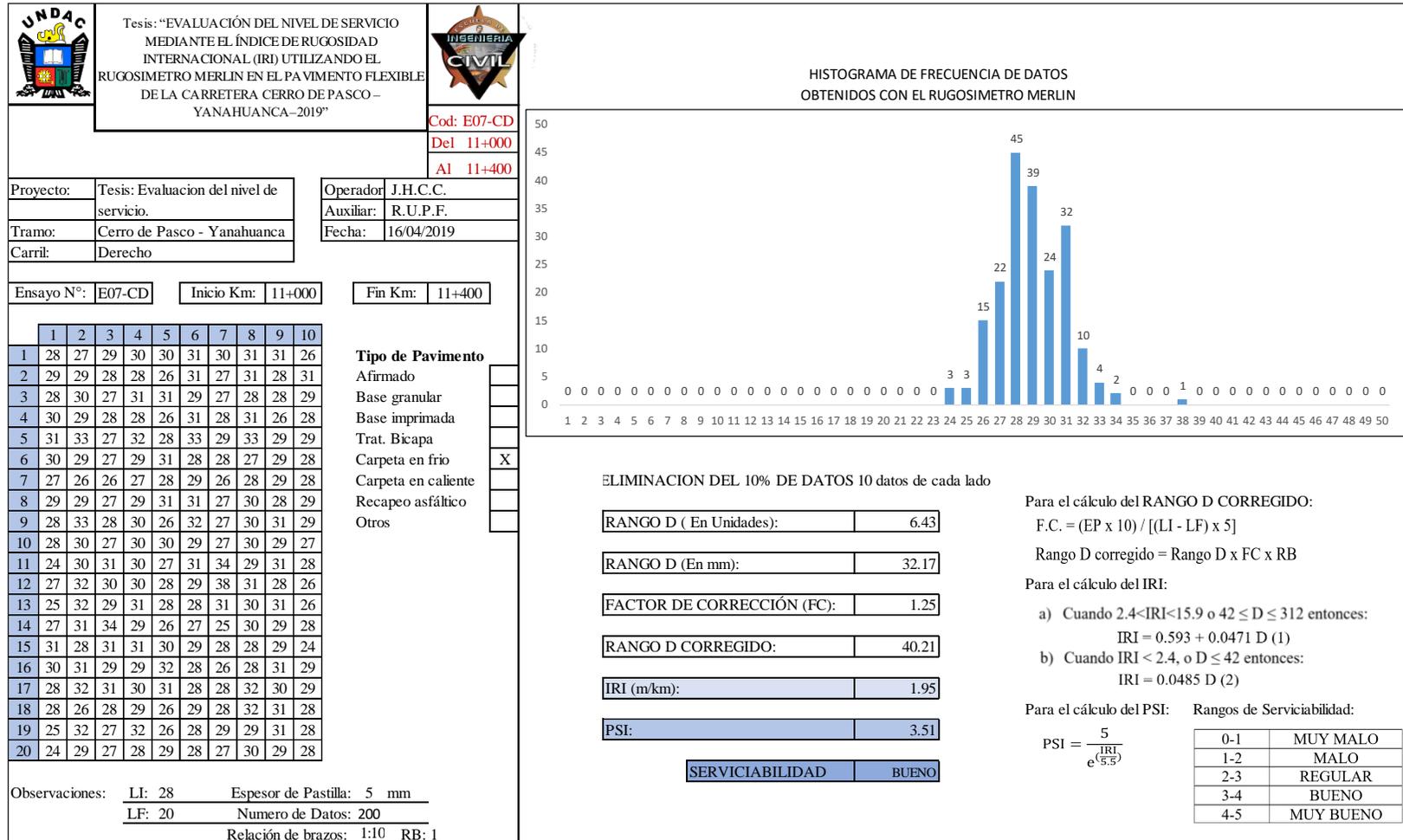
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 12: Resultado de la Muestra - E06
Carril derecho.



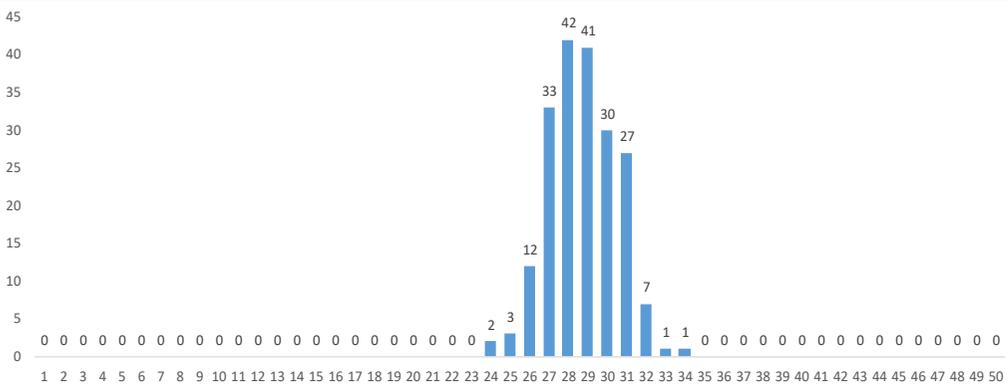
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 13: Resultado de la Muestra - E07
Carril derecho.



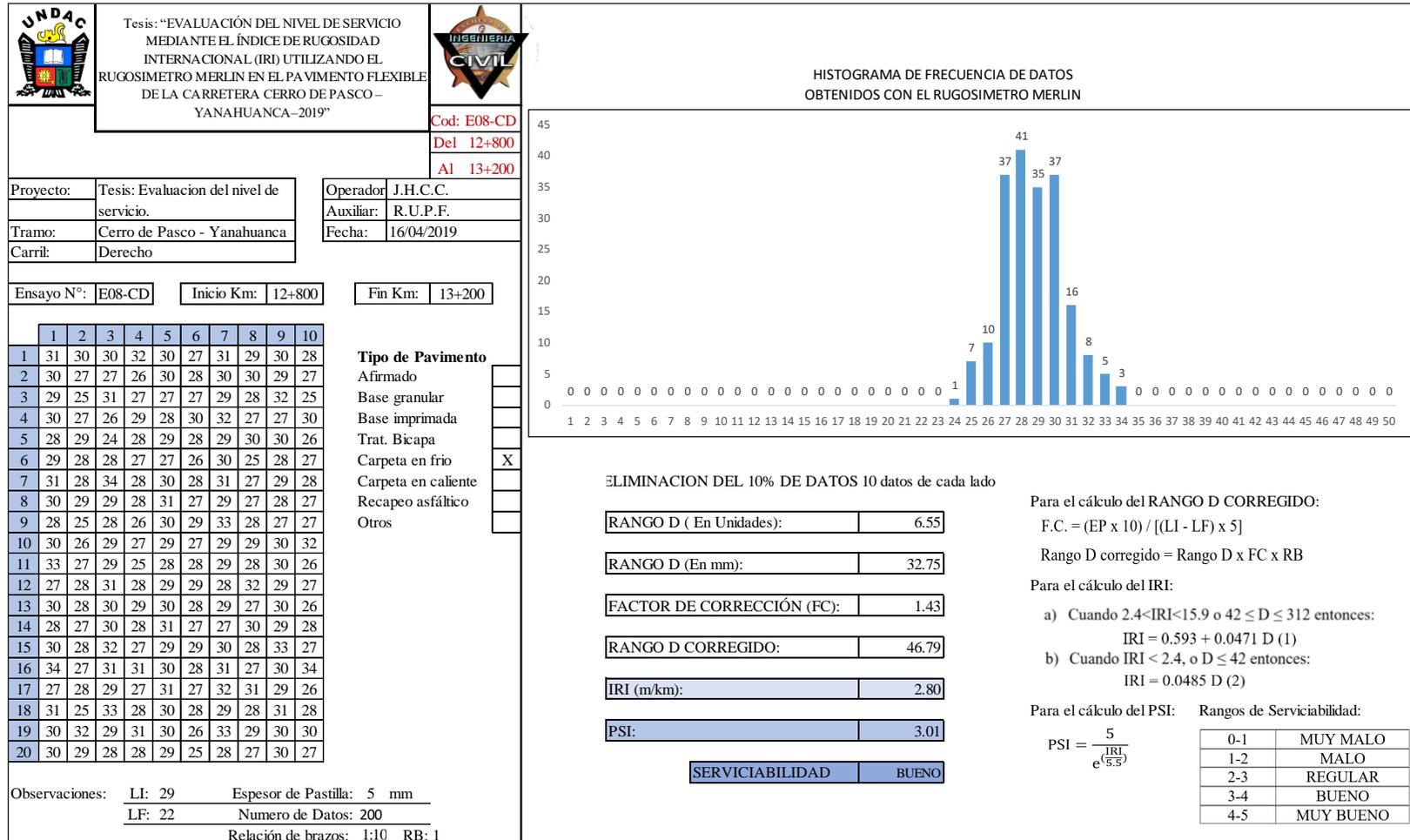
Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.

	Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA-2019"		HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN																																																																																																																																																																																																																																							
Proyecto: Tesis: Evaluación del nivel de servicio. Tramo: Cerro de Pasco - Yanahuanca Carril: Izquierdo																																																																																																																																																																																																																																										
Operador: J.H.C.C. Auxiliar: R.U.P.F. Fecha: 16/04/2019																																																																																																																																																																																																																																										
Ensayo N°: E07-CI Inicio Km: 11+000 Fin Km: 11+400			ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>RANGO D (En Unidades):</td><td style="text-align: right;">5.55</td></tr> <tr><td>RANGO D (En mm):</td><td style="text-align: right;">27.73</td></tr> <tr><td>FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):</td><td style="text-align: right;">1.25</td></tr> <tr><td>RANGO D CORREGIDO:</td><td style="text-align: right;">34.66</td></tr> <tr><td>IRI (m/km):</td><td style="text-align: right;">1.68</td></tr> <tr><td>PSI:</td><td style="text-align: right;">3.68</td></tr> <tr><td>SERVICIABILIDAD</td><td style="text-align: center;">BUENO</td></tr> </table>	RANGO D (En Unidades):	5.55	RANGO D (En mm):	27.73	FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.25	RANGO D CORREGIDO:	34.66	IRI (m/km):	1.68	PSI:	3.68	SERVICIABILIDAD	BUENO																																																																																																																																																																																																																									
RANGO D (En Unidades):	5.55																																																																																																																																																																																																																																									
RANGO D (En mm):	27.73																																																																																																																																																																																																																																									
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.25																																																																																																																																																																																																																																									
RANGO D CORREGIDO:	34.66																																																																																																																																																																																																																																									
IRI (m/km):	1.68																																																																																																																																																																																																																																									
PSI:	3.68																																																																																																																																																																																																																																									
SERVICIABILIDAD	BUENO																																																																																																																																																																																																																																									
Tipo de Pavimento: Afirmado <input type="checkbox"/> Base granular <input type="checkbox"/> Base imprimada <input type="checkbox"/> Trat. Bicapa <input type="checkbox"/> Carpeta en frío <input checked="" type="checkbox"/> Carpeta en caliente <input type="checkbox"/> Recapeo asfáltico <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th></tr> <tr><th>1</th><td>30</td><td>27</td><td>27</td><td>26</td><td>29</td><td>30</td><td>30</td><td>29</td><td>29</td><td>27</td></tr> <tr><th>2</th><td>30</td><td>27</td><td>26</td><td>31</td><td>27</td><td>30</td><td>28</td><td>30</td><td>29</td><td>31</td></tr> <tr><th>3</th><td>29</td><td>30</td><td>27</td><td>30</td><td>28</td><td>31</td><td>29</td><td>31</td><td>30</td><td>32</td></tr> <tr><th>4</th><td>28</td><td>28</td><td>28</td><td>28</td><td>28</td><td>26</td><td>30</td><td>28</td><td>29</td><td></td></tr> <tr><th>5</th><td>27</td><td>28</td><td>27</td><td>30</td><td>27</td><td>29</td><td>27</td><td>28</td><td>27</td><td>29</td></tr> <tr><th>6</th><td>28</td><td>28</td><td>31</td><td>28</td><td>28</td><td>29</td><td>27</td><td>28</td><td>27</td><td>29</td></tr> <tr><th>7</th><td>29</td><td>30</td><td>29</td><td>28</td><td>29</td><td>31</td><td>29</td><td>29</td><td>27</td><td>29</td></tr> <tr><th>8</th><td>28</td><td>29</td><td>29</td><td>32</td><td>27</td><td>30</td><td>28</td><td>31</td><td>31</td><td>31</td></tr> <tr><th>9</th><td>26</td><td>28</td><td>26</td><td>33</td><td>28</td><td>32</td><td>30</td><td>29</td><td>28</td><td>31</td></tr> <tr><th>10</th><td>26</td><td>32</td><td>27</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>28</td><td>30</td><td>27</td><td>30</td></tr> <tr><th>11</th><td>26</td><td>31</td><td>24</td><td>28</td><td>29</td><td>27</td><td>27</td><td>31</td><td>28</td><td>30</td></tr> <tr><th>12</th><td>##</td><td>29</td><td>29</td><td>31</td><td>28</td><td>27</td><td>25</td><td>29</td><td>28</td><td>30</td></tr> <tr><th>13</th><td>28</td><td>28</td><td>28</td><td>34</td><td>26</td><td>29</td><td>25</td><td>30</td><td>27</td><td>29</td></tr> <tr><th>14</th><td>28</td><td>31</td><td>26</td><td>27</td><td>27</td><td>31</td><td>27</td><td>31</td><td>27</td><td>28</td></tr> <tr><th>15</th><td>26</td><td>31</td><td>30</td><td>28</td><td>29</td><td>32</td><td>29</td><td>31</td><td>28</td><td>29</td></tr> <tr><th>16</th><td>26</td><td>30</td><td>27</td><td>31</td><td>30</td><td>30</td><td>30</td><td>31</td><td>28</td><td>29</td></tr> <tr><th>17</th><td>26</td><td>30</td><td>27</td><td>30</td><td>27</td><td>30</td><td>28</td><td>31</td><td>30</td><td>31</td></tr> <tr><th>18</th><td>28</td><td>28</td><td>29</td><td>31</td><td>29</td><td>29</td><td>28</td><td>32</td><td>29</td><td>30</td></tr> <tr><th>19</th><td>28</td><td>29</td><td>27</td><td>29</td><td>28</td><td>29</td><td>27</td><td>31</td><td>24</td><td>31</td></tr> <tr><th>20</th><td>27</td><td>31</td><td>25</td><td>29</td><td>29</td><td>29</td><td>27</td><td>32</td><td>30</td><td>31</td></tr> </table>					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	30	27	27	26	29	30	30	29	29	27	2	30	27	26	31	27	30	28	30	29	31	3	29	30	27	30	28	31	29	31	30	32	4	28	28	28	28	28	26	30	28	29		5	27	28	27	30	27	29	27	28	27	29	6	28	28	31	28	28	29	27	28	27	29	7	29	30	29	28	29	31	29	29	27	29	8	28	29	29	32	27	30	28	31	31	31	9	26	28	26	33	28	32	30	29	28	31	10	26	32	27	27	28	29	28	30	27	30	11	26	31	24	28	29	27	27	31	28	30	12	##	29	29	31	28	27	25	29	28	30	13	28	28	28	34	26	29	25	30	27	29	14	28	31	26	27	27	31	27	31	27	28	15	26	31	30	28	29	32	29	31	28	29	16	26	30	27	31	30	30	30	31	28	29	17	26	30	27	30	27	30	28	31	30	31	18	28	28	29	31	29	29	28	32	29	30	19	28	29	27	29	28	29	27	31	24	31	20	27	31	25	29	29	29	27	32	30	31
	1	2		3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																																																																															
1	30	27		27	26	29	30	30	29	29	27																																																																																																																																																																																																																															
2	30	27		26	31	27	30	28	30	29	31																																																																																																																																																																																																																															
3	29	30		27	30	28	31	29	31	30	32																																																																																																																																																																																																																															
4	28	28		28	28	28	26	30	28	29																																																																																																																																																																																																																																
5	27	28		27	30	27	29	27	28	27	29																																																																																																																																																																																																																															
6	28	28		31	28	28	29	27	28	27	29																																																																																																																																																																																																																															
7	29	30		29	28	29	31	29	29	27	29																																																																																																																																																																																																																															
8	28	29		29	32	27	30	28	31	31	31																																																																																																																																																																																																																															
9	26	28		26	33	28	32	30	29	28	31																																																																																																																																																																																																																															
10	26	32	27	27	28	29	28	30	27	30																																																																																																																																																																																																																																
11	26	31	24	28	29	27	27	31	28	30																																																																																																																																																																																																																																
12	##	29	29	31	28	27	25	29	28	30																																																																																																																																																																																																																																
13	28	28	28	34	26	29	25	30	27	29																																																																																																																																																																																																																																
14	28	31	26	27	27	31	27	31	27	28																																																																																																																																																																																																																																
15	26	31	30	28	29	32	29	31	28	29																																																																																																																																																																																																																																
16	26	30	27	31	30	30	30	31	28	29																																																																																																																																																																																																																																
17	26	30	27	30	27	30	28	31	30	31																																																																																																																																																																																																																																
18	28	28	29	31	29	29	28	32	29	30																																																																																																																																																																																																																																
19	28	29	27	29	28	29	27	31	24	31																																																																																																																																																																																																																																
20	27	31	25	29	29	29	27	32	30	31																																																																																																																																																																																																																																
Observaciones: LI: 28 Espesor de Pastilla: 5 mm LF: 20 Numero de Datos: 200 Relación de brazos: 1:10 RB: 1																																																																																																																																																																																																																																										

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 14: Resultado de la Muestra - E08
Carril derecho.



Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.



Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA–2019"

Cod: E08-CI
Del 12+800
Al 13+200

Operador: J.H.C.C.
Auxiliar: R.U.P.F.
Fecha: 16/04/2019

Proyecto: Tesis: Evaluación del nivel de servicio.
Tramo: Cerro de Pasco - Yanahuanca
Carril: Izquierdo

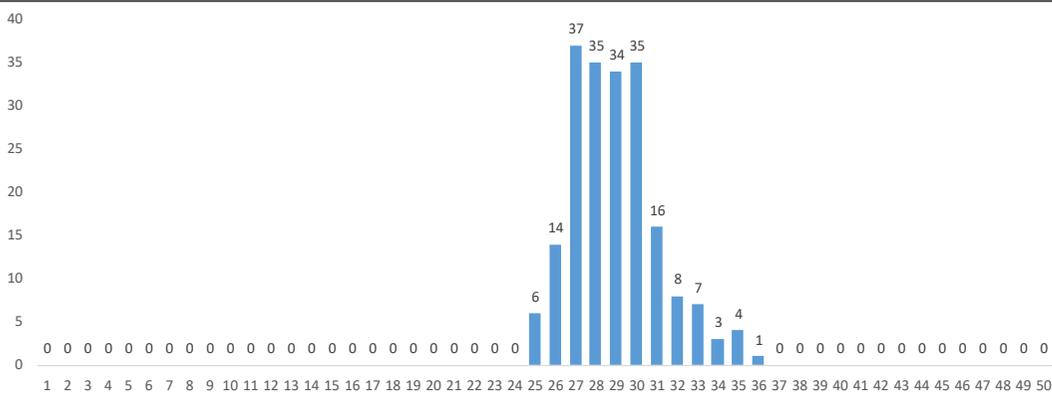
Ensayo N°: E08-CI Inicio Km: 12+800 Fin Km: 13+200

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	32	27	30	28	27	28	32	25	30	26
2	30	28	30	27	28	27	33	26	29	30
3	35	28	31	29	30	28	27	29	34	27
4	29	27	30	27	29	27	30	27	30	25
5	31	35	29	28	29	33	28	27	29	31
6	30	26	30	25	30	29	31	28	30	29
7	30	27	26	28	34	31	30	28	30	28
8	28	27	29	27	32	27	26	25	33	26
9	31	28	29	35	30	26	30	30	29	27
10	29	31	32	26	33	29	29	26	31	28
11	35	28	30	28	30	28	26	27	30	28
12	26	29	29	27	29	27	27	29	29	31
13	30	27	31	28	30	27	28	28	29	30
14	32	27	29	27	34	26	32	27	27	27
15	29	29	27	26	29	28	30	28	36	28
16	29	28	31	27	33	29	29	31	30	27
17	30	27	30	31	31	30	30	29	31	26
18	30	27	30	28	30	28	33	28	32	27
19	27	25	29	27	29	28	29	25	28	28
20	32	28	29	28	33	27	31	28	27	30

Observaciones: LI: 29 Espesor de Pastilla: 5 mm
LF: 22 Numero de Datos: 200
Relación de brazos: 1:10 RB: 1



HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN



ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado

RANGO D (En Unidades):	6.43
RANGO D (En mm):	32.14
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.43
RANGO D CORREGIDO:	45.92
IRI (m/km):	2.76
PSI:	3.03
SERVICIABILIDAD	BUENO

Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO:
F.C. = (EP x 10) / [(LI - LF) x 5]
Rango D corregido = Rango D x FC x RB

Para el cálculo del IRI:

a) Cuando 2.4 < IRI < 15.9 o 42 ≤ D ≤ 312 entonces:
IRI = 0.593 + 0.0471 D (1)

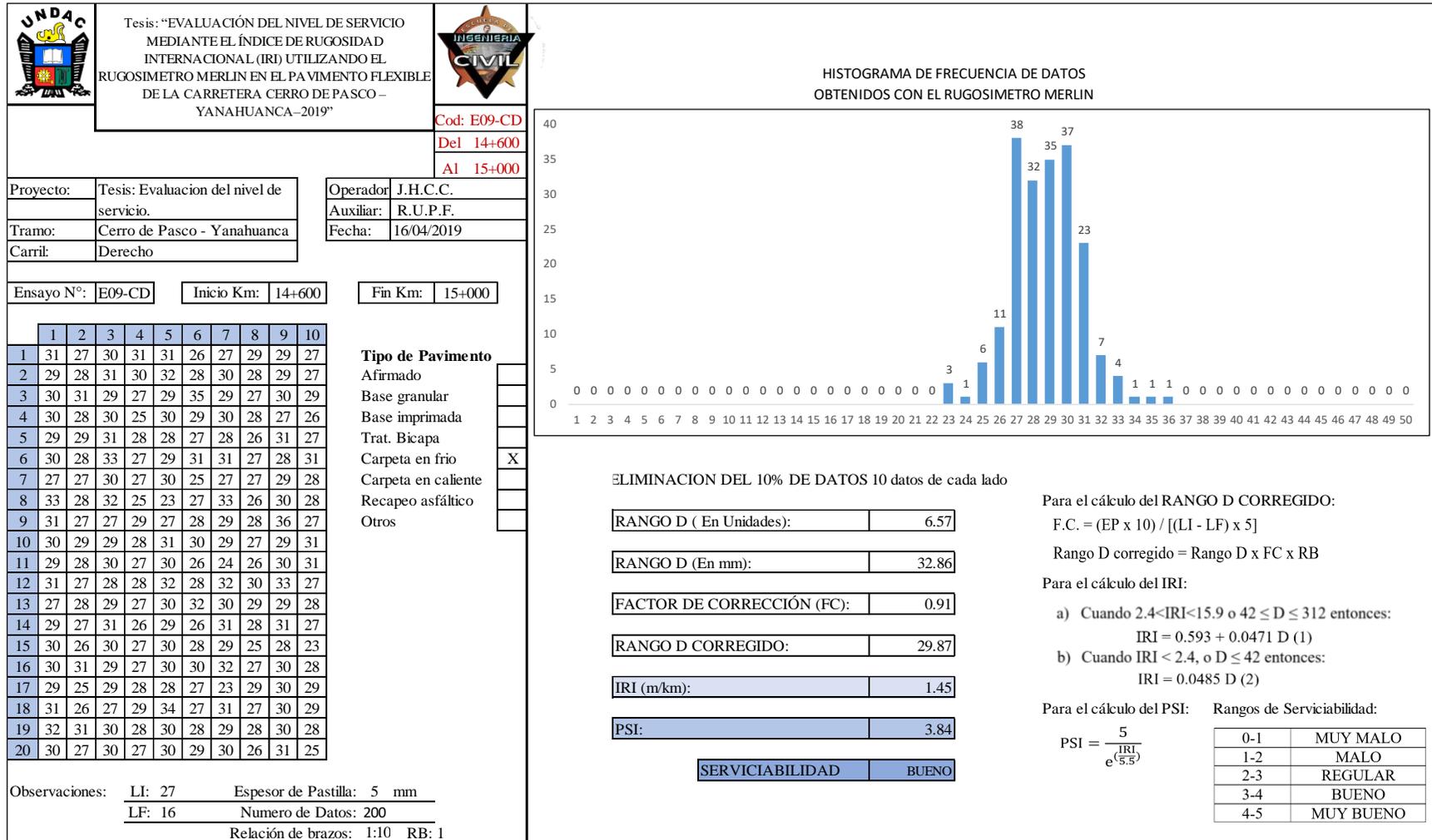
b) Cuando IRI < 2.4, o D ≤ 42 entonces:
IRI = 0.0485 D (2)

Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad:

0-1	MUY MALO
1-2	MALO
2-3	REGULAR
3-4	BUENO
4-5	MUY BUENO

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 15: Resultado de la Muestra - E09
Carril derecho.



Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.



Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA – 2019"

Cod: E09-CI
Del 14+600
Al 15+000

Operador: J.H.C.C.
Auxiliar: R.U.P.F.
Fecha: 16/04/2019

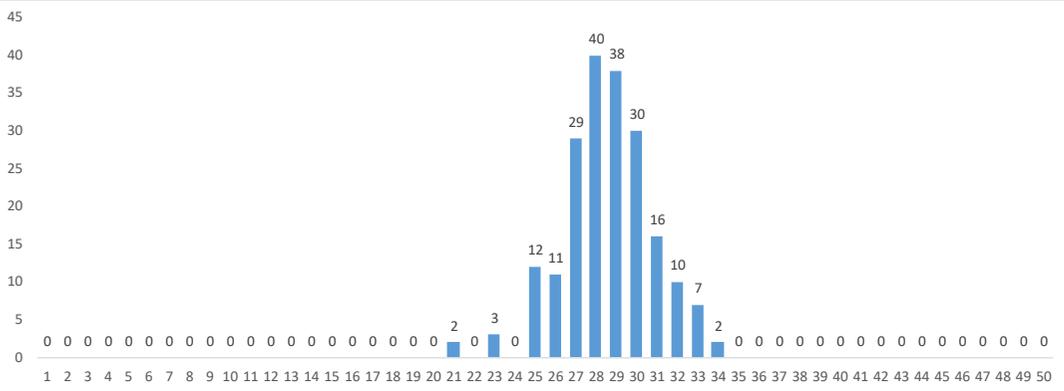
Proyecto: Tesis: Evaluación del nivel de servicio.
Tramo: Cerro de Pasco - Yanahuanca
Carril: Izquierdo

Ensayo N°: E09-CI Inicio Km: 14+600 Fin Km: 15+000

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	33	27	30	27	29	30	30	30	29	27
2	30	28	29	27	30	27	32	27	30	28
3	30	23	28	25	31	26	30	28	27	27
4	29	28	34	27	30	28	28	26	29	29
5	30	28	29	28	28	27	25	28	30	25
6	29	31	32	29	29	31	27	28	28	21
7	31	28	30	25	29	28	29	27	31	28
8	34	29	29	30	26	28	31	26	33	27
9	32	28	30	26	30	29	30	25	29	27
10	33	27	29	27	30	27	29	28	30	29
11	30	30	30	31	31	27	28	25	30	28
12	29	25	29	28	32	28	25	28	31	27
13	33	23	33	25	27	26	28	26	29	28
14	29	31	32	28	30	28	30	32	28	31
15	32	26	26	27	23	29	30	29	29	32
16	29	28	31	27	29	25	29	27	27	27
17	27	29	30	29	31	26	33	25	31	29
18	28	27	32	28	28	28	29	26	32	28
19	31	28	29	25	29	27	30	21	30	29
20	30	33	28	27	29	28	31	28	29	28

Observaciones: LI: 27 Espesor de Pastilla: 5 mm
LF: 16 Numero de Datos: 200
Relación de brazos: 1:10 RB: 1

HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN



RANGO D (En Unidades):	7.48
RANGO D (En mm):	37.42
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	0.91
RANGO D CORREGIDO:	34.02
IRI (m/km):	1.65
PSI:	3.70
SERVICIABILIDAD	BUENO

Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO:
F.C. = (EP x 10) / [(LI - LF) x 5]
Rango D corregido = Rango D x FC x RB

Para el cálculo del IRI:

a) Cuando 2.4 < IRI < 15.9 o 42 ≤ D ≤ 312 entonces:
IRI = 0.593 + 0.0471 D (1)

b) Cuando IRI < 2.4, o D ≤ 42 entonces:
IRI = 0.0485 D (2)

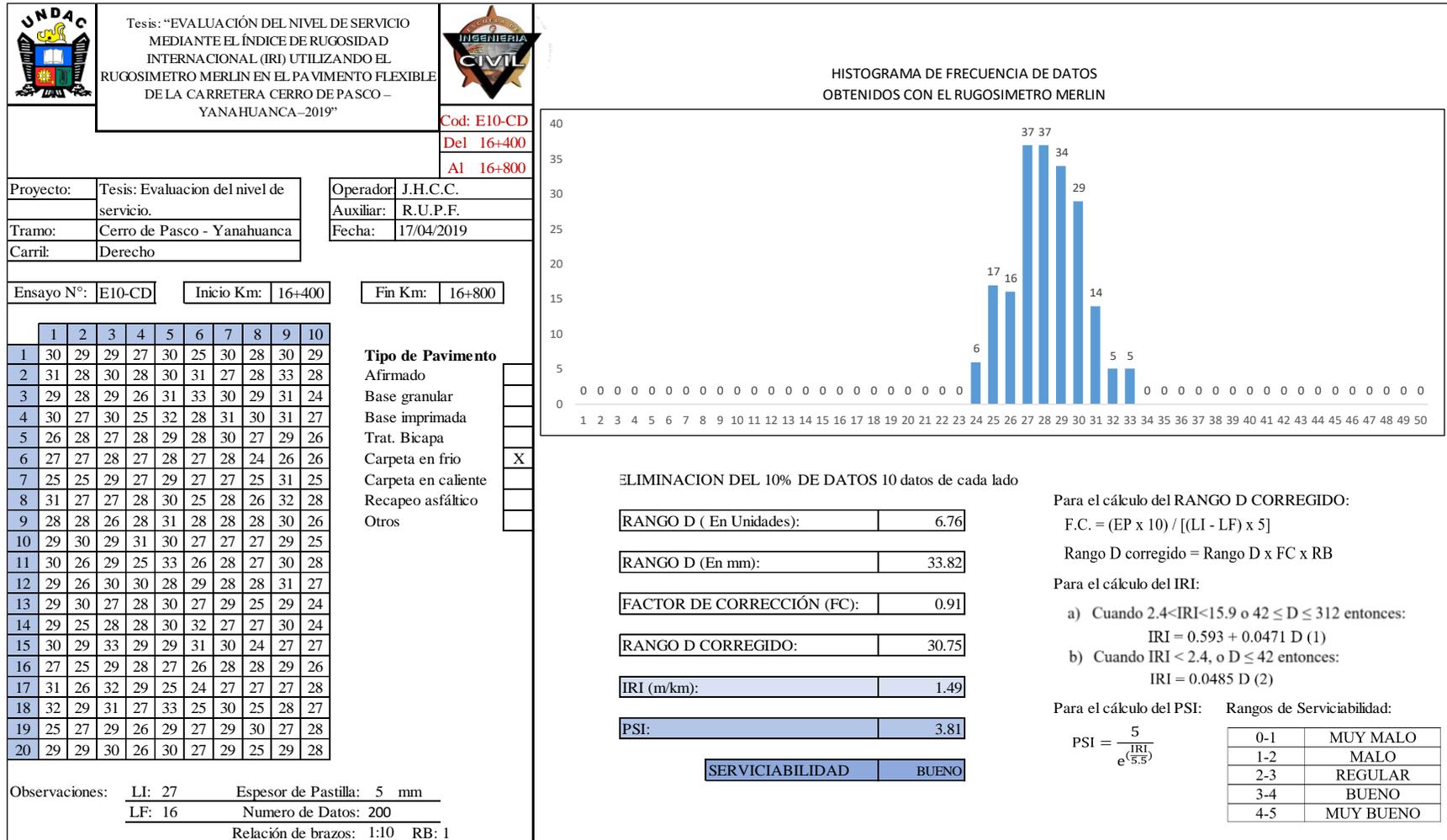
Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad:

0-1	MUY MALO
1-2	MALO
2-3	REGULAR
3-4	BUENO
4-5	MUY BUENO

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

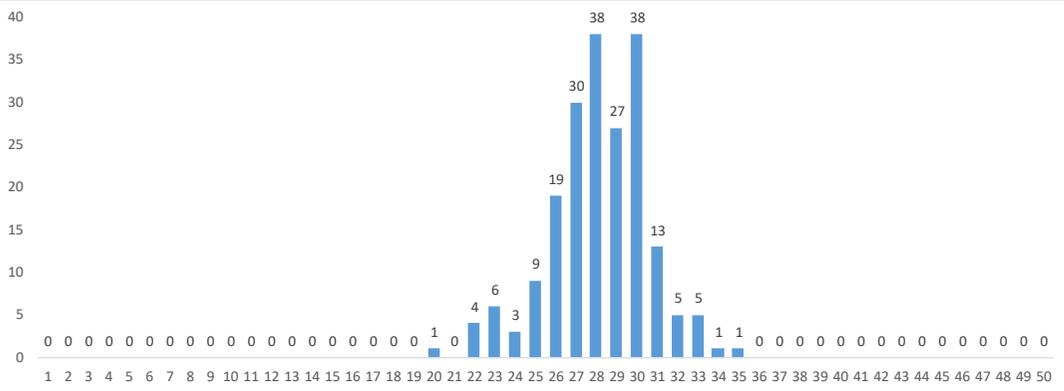
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 16: Resultado de la Muestra – E10
Carril derecho.



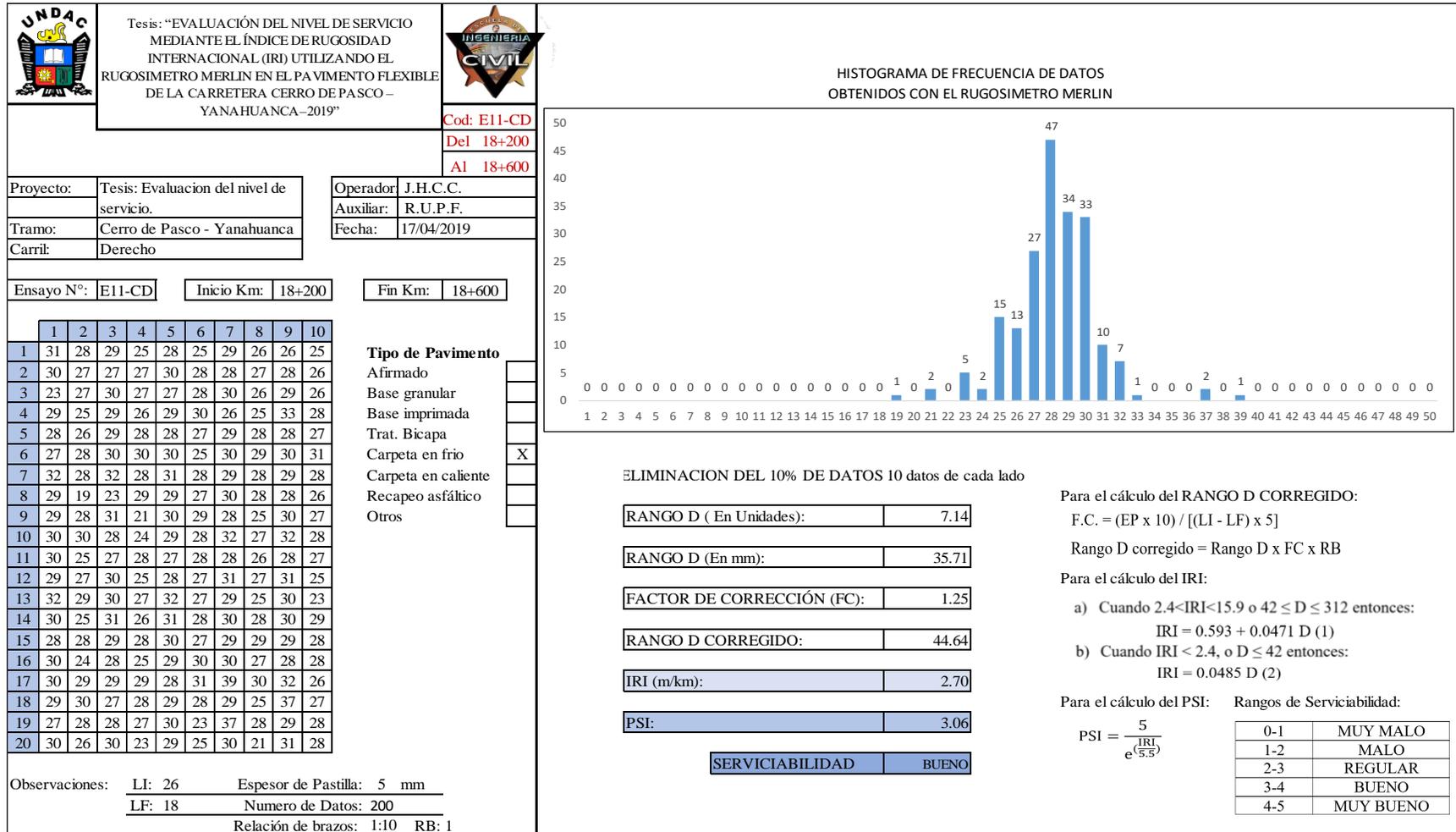
Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.

	Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA – 2019"		HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN																																																																																																																																																																																																																																							
		Cod: E10-CI Del 16+400 Al 16+800																																																																																																																																																																																																																																								
Proyecto: Tesis: Evaluacion del nivel de servicio. Tramo: Cerro de Pasco - Yanahuanca Carril: Izquierdo	Operador: J.H.C.C. Auxiliar: R.U.P.F. Fecha: 17/04/2019																																																																																																																																																																																																																																									
Ensayo N°: E10-CI Inicio Km: 16+400 Fin Km: 16+800	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th></th> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th> </tr> <tr><td>1</td><td>29</td><td>28</td><td>33</td><td>30</td><td>29</td><td>28</td><td>27</td><td>26</td><td>33</td><td>26</td></tr> <tr><td>2</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>22</td><td>28</td><td>26</td><td>30</td><td>25</td><td>30</td><td>25</td></tr> <tr><td>3</td><td>30</td><td>28</td><td>31</td><td>22</td><td>30</td><td>27</td><td>23</td><td>28</td><td>32</td><td>28</td></tr> <tr><td>4</td><td>28</td><td>30</td><td>29</td><td>27</td><td>29</td><td>31</td><td>30</td><td>27</td><td>23</td><td>24</td></tr> <tr><td>5</td><td>30</td><td>28</td><td>28</td><td>30</td><td>30</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>29</td><td>30</td></tr> <tr><td>6</td><td>32</td><td>27</td><td>29</td><td>27</td><td>26</td><td>28</td><td>32</td><td>27</td><td>29</td><td>28</td></tr> <tr><td>7</td><td>32</td><td>25</td><td>30</td><td>27</td><td>33</td><td>27</td><td>29</td><td>26</td><td>30</td><td>31</td></tr> <tr><td>8</td><td>31</td><td>26</td><td>29</td><td>23</td><td>31</td><td>26</td><td>30</td><td>28</td><td>28</td><td>29</td></tr> <tr><td>9</td><td>30</td><td>28</td><td>29</td><td>29</td><td>31</td><td>27</td><td>31</td><td>27</td><td>30</td><td>28</td></tr> <tr><td>10</td><td>28</td><td>26</td><td>23</td><td>28</td><td>30</td><td>28</td><td>27</td><td>26</td><td>29</td><td>25</td></tr> <tr><td>11</td><td>30</td><td>28</td><td>27</td><td>34</td><td>30</td><td>27</td><td>28</td><td>31</td><td>27</td><td>26</td></tr> <tr><td>12</td><td>27</td><td>27</td><td>33</td><td>22</td><td>30</td><td>30</td><td>24</td><td>29</td><td>31</td><td>27</td></tr> <tr><td>13</td><td>29</td><td>28</td><td>30</td><td>35</td><td>29</td><td>26</td><td>30</td><td>27</td><td>30</td><td>28</td></tr> <tr><td>14</td><td>29</td><td>26</td><td>25</td><td>25</td><td>30</td><td>29</td><td>28</td><td>28</td><td>29</td><td>27</td></tr> <tr><td>15</td><td>29</td><td>28</td><td>30</td><td>27</td><td>23</td><td>28</td><td>27</td><td>28</td><td>30</td><td>28</td></tr> <tr><td>16</td><td>28</td><td>26</td><td>26</td><td>25</td><td>30</td><td>25</td><td>32</td><td>27</td><td>27</td><td>31</td></tr> <tr><td>17</td><td>30</td><td>29</td><td>25</td><td>28</td><td>28</td><td>27</td><td>31</td><td>26</td><td>31</td><td>26</td></tr> <tr><td>18</td><td>26</td><td>28</td><td>28</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>30</td><td>27</td><td>30</td><td>24</td></tr> <tr><td>19</td><td>33</td><td>30</td><td>29</td><td>29</td><td>30</td><td>27</td><td>29</td><td>28</td><td>23</td><td>31</td></tr> <tr><td>20</td><td>30</td><td>27</td><td>27</td><td>26</td><td>28</td><td>26</td><td>30</td><td>20</td><td>22</td><td>27</td></tr> </table>				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	29	28	33	30	29	28	27	26	33	26	2	28	29	30	22	28	26	30	25	30	25	3	30	28	31	22	30	27	23	28	32	28	4	28	30	29	27	29	31	30	27	23	24	5	30	28	28	30	30	28	29	30	29	30	6	32	27	29	27	26	28	32	27	29	28	7	32	25	30	27	33	27	29	26	30	31	8	31	26	29	23	31	26	30	28	28	29	9	30	28	29	29	31	27	31	27	30	28	10	28	26	23	28	30	28	27	26	29	25	11	30	28	27	34	30	27	28	31	27	26	12	27	27	33	22	30	30	24	29	31	27	13	29	28	30	35	29	26	30	27	30	28	14	29	26	25	25	30	29	28	28	29	27	15	29	28	30	27	23	28	27	28	30	28	16	28	26	26	25	30	25	32	27	27	31	17	30	29	25	28	28	27	31	26	31	26	18	26	28	28	28	29	30	30	27	30	24	19	33	30	29	29	30	27	29	28	23	31	20	30	27	27	26	28	26	30	20	22	27
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																																																																																
1	29	28	33	30	29	28	27	26	33	26																																																																																																																																																																																																																																
2	28	29	30	22	28	26	30	25	30	25																																																																																																																																																																																																																																
3	30	28	31	22	30	27	23	28	32	28																																																																																																																																																																																																																																
4	28	30	29	27	29	31	30	27	23	24																																																																																																																																																																																																																																
5	30	28	28	30	30	28	29	30	29	30																																																																																																																																																																																																																																
6	32	27	29	27	26	28	32	27	29	28																																																																																																																																																																																																																																
7	32	25	30	27	33	27	29	26	30	31																																																																																																																																																																																																																																
8	31	26	29	23	31	26	30	28	28	29																																																																																																																																																																																																																																
9	30	28	29	29	31	27	31	27	30	28																																																																																																																																																																																																																																
10	28	26	23	28	30	28	27	26	29	25																																																																																																																																																																																																																																
11	30	28	27	34	30	27	28	31	27	26																																																																																																																																																																																																																																
12	27	27	33	22	30	30	24	29	31	27																																																																																																																																																																																																																																
13	29	28	30	35	29	26	30	27	30	28																																																																																																																																																																																																																																
14	29	26	25	25	30	29	28	28	29	27																																																																																																																																																																																																																																
15	29	28	30	27	23	28	27	28	30	28																																																																																																																																																																																																																																
16	28	26	26	25	30	25	32	27	27	31																																																																																																																																																																																																																																
17	30	29	25	28	28	27	31	26	31	26																																																																																																																																																																																																																																
18	26	28	28	28	29	30	30	27	30	24																																																																																																																																																																																																																																
19	33	30	29	29	30	27	29	28	23	31																																																																																																																																																																																																																																
20	30	27	27	26	28	26	30	20	22	27																																																																																																																																																																																																																																
Tipo de Pavimento Afirmado <input type="checkbox"/> Base granular <input type="checkbox"/> Base imprimada <input type="checkbox"/> Trat. Bicapa <input type="checkbox"/> Carpeta en frio <input checked="" type="checkbox"/> X Carpeta en caliente <input type="checkbox"/> Recapeo asfáltico <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>			ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>RANGO D (En Unidades):</td><td style="text-align: right;">8.57</td></tr> <tr><td>RANGO D (En mm):</td><td style="text-align: right;">42.83</td></tr> <tr><td>FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):</td><td style="text-align: right;">0.91</td></tr> <tr><td>RANGO D CORREGIDO:</td><td style="text-align: right;">38.94</td></tr> <tr><td>IRI (m/km):</td><td style="text-align: right;">1.89</td></tr> <tr><td>PSI:</td><td style="text-align: right;">3.55</td></tr> <tr><td>SERVICIABILIDAD</td><td style="text-align: right;">BUENO</td></tr> </table>	RANGO D (En Unidades):	8.57	RANGO D (En mm):	42.83	FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	0.91	RANGO D CORREGIDO:	38.94	IRI (m/km):	1.89	PSI:	3.55	SERVICIABILIDAD	BUENO																																																																																																																																																																																																																									
RANGO D (En Unidades):	8.57																																																																																																																																																																																																																																									
RANGO D (En mm):	42.83																																																																																																																																																																																																																																									
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	0.91																																																																																																																																																																																																																																									
RANGO D CORREGIDO:	38.94																																																																																																																																																																																																																																									
IRI (m/km):	1.89																																																																																																																																																																																																																																									
PSI:	3.55																																																																																																																																																																																																																																									
SERVICIABILIDAD	BUENO																																																																																																																																																																																																																																									
Observaciones: LI: 27 Espesor de Pastilla: 5 mm LF: 16 Numero de Datos: 200 Relación de brazos: 1:10 RB: 1			Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO: $F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$ Rango D corregido = Rango D x FC x RB Para el cálculo del IRI: a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$ entonces: $IRI = 0.593 + 0.0471 D (1)$ b) Cuando $IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces: $IRI = 0.0485 D (2)$ Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad: $PSI = \frac{5}{e^{(5.5 \times IRI)}}$ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>0-1</td><td>MUY MALO</td></tr> <tr><td>1-2</td><td>MALO</td></tr> <tr><td>2-3</td><td>REGULAR</td></tr> <tr><td>3-4</td><td>BUENO</td></tr> <tr><td>4-5</td><td>MUY BUENO</td></tr> </table>	0-1	MUY MALO	1-2	MALO	2-3	REGULAR	3-4	BUENO	4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																													
0-1	MUY MALO																																																																																																																																																																																																																																									
1-2	MALO																																																																																																																																																																																																																																									
2-3	REGULAR																																																																																																																																																																																																																																									
3-4	BUENO																																																																																																																																																																																																																																									
4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																																									

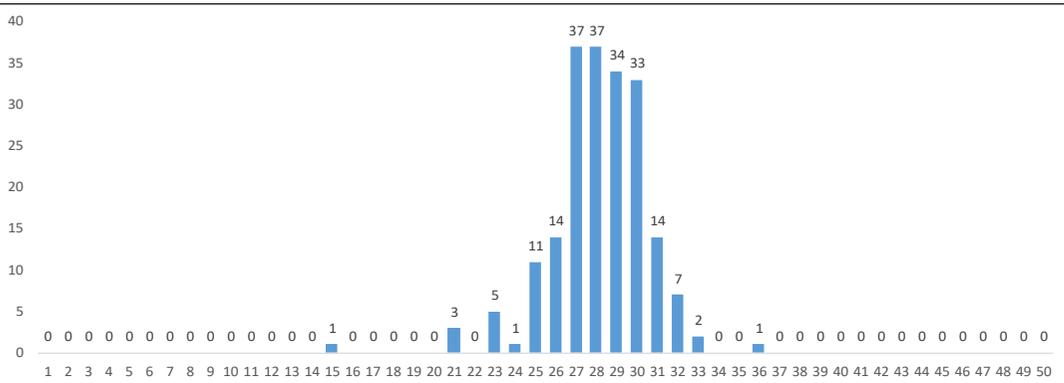
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 17: Resultado de la Muestra – E11
Carril derecho.



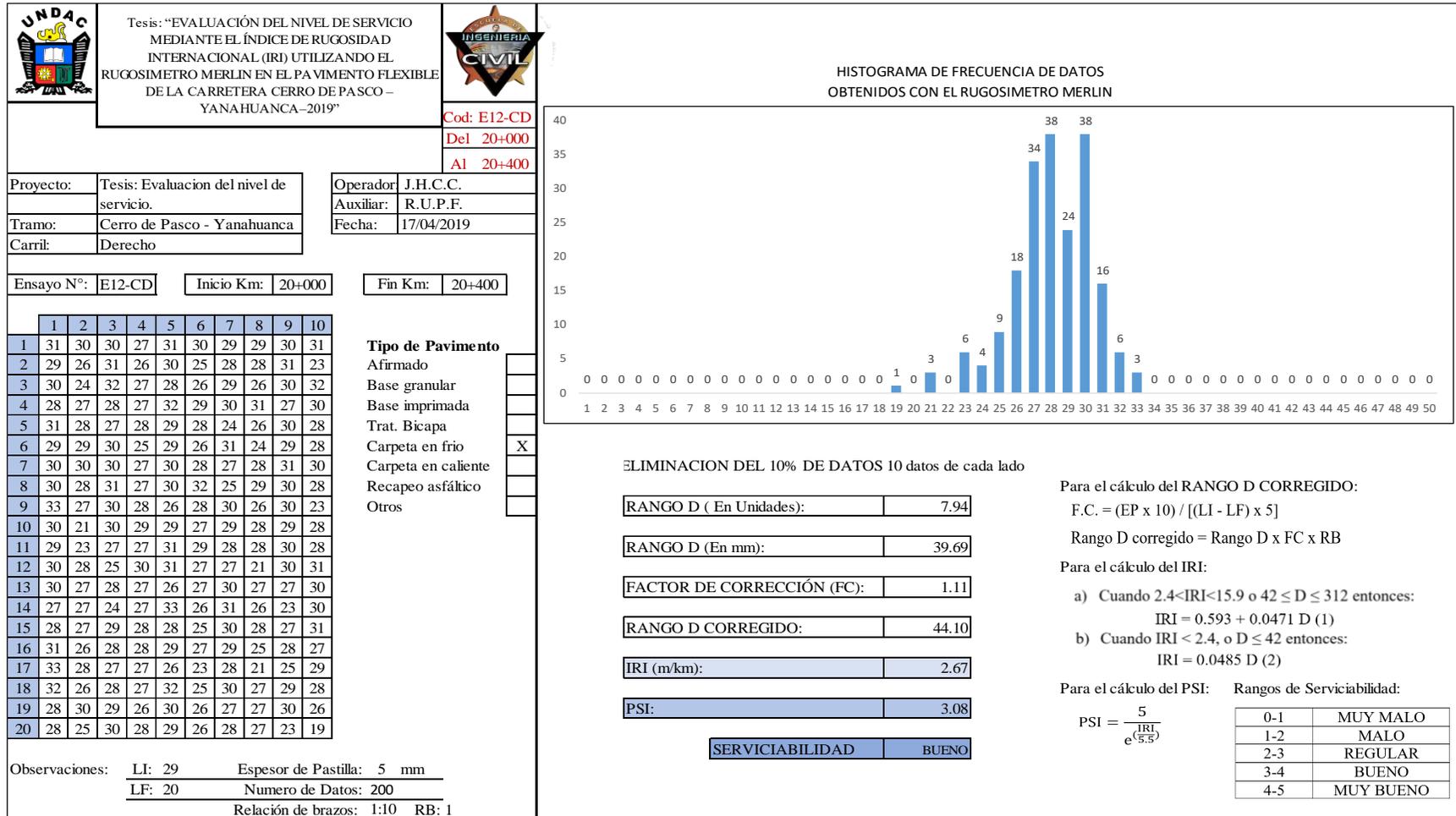
Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.

	Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA – 2019"		HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN																																																																																																																																																																																																																																					
		Cod: E11-CI Del 18+200 Al 18+600																																																																																																																																																																																																																																						
Proyecto: Tesis: Evaluacion del nivel de servicio. Tramo: Cerro de Pasco - Yanahuanca Carril: Izquierdo	Operador: J.H.C.C. Auxiliar: R.U.P.F. Fecha: 17/04/2019																																																																																																																																																																																																																																							
Ensayo N°: E11-CI Inicio Km: 18+200 Fin Km: 18+600	Tipo de Pavimento Afirmado <input type="checkbox"/> Base granular <input type="checkbox"/> Base imprimada <input type="checkbox"/> Trat. Bicapa <input type="checkbox"/> Carpeta en frio <input checked="" type="checkbox"/> X Carpeta en caliente <input type="checkbox"/> Recapeo asfáltico <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th></tr> <tr><th>1</th><td>30</td><td>26</td><td>28</td><td>26</td><td>27</td><td>23</td><td>29</td><td>27</td><td>30</td><td>30</td></tr> <tr><th>2</th><td>27</td><td>28</td><td>31</td><td>31</td><td>28</td><td>25</td><td>30</td><td>28</td><td>27</td><td>28</td></tr> <tr><th>3</th><td>29</td><td>27</td><td>30</td><td>29</td><td>32</td><td>29</td><td>32</td><td>27</td><td>28</td><td>27</td></tr> <tr><th>4</th><td>30</td><td>27</td><td>29</td><td>26</td><td>30</td><td>28</td><td>28</td><td>27</td><td>29</td><td>25</td></tr> <tr><th>5</th><td>29</td><td>29</td><td>28</td><td>28</td><td>28</td><td>27</td><td>33</td><td>29</td><td>31</td><td>27</td></tr> <tr><th>6</th><td>28</td><td>25</td><td>30</td><td>27</td><td>23</td><td>28</td><td>27</td><td>30</td><td>32</td><td>26</td></tr> <tr><th>7</th><td>30</td><td>27</td><td>32</td><td>26</td><td>27</td><td>25</td><td>28</td><td>28</td><td>30</td><td>29</td></tr> <tr><th>8</th><td>29</td><td>21</td><td>29</td><td>27</td><td>30</td><td>26</td><td>30</td><td>26</td><td>32</td><td>26</td></tr> <tr><th>9</th><td>29</td><td>28</td><td>31</td><td>25</td><td>24</td><td>27</td><td>29</td><td>21</td><td>27</td><td>27</td></tr> <tr><th>10</th><td>30</td><td>26</td><td>30</td><td>28</td><td>31</td><td>28</td><td>29</td><td>28</td><td>27</td><td>29</td></tr> <tr><th>11</th><td>33</td><td>23</td><td>25</td><td>28</td><td>30</td><td>30</td><td>30</td><td>31</td><td>30</td><td>28</td></tr> <tr><th>12</th><td>29</td><td>27</td><td>27</td><td>29</td><td>32</td><td>28</td><td>27</td><td>23</td><td>30</td><td>28</td></tr> <tr><th>13</th><td>31</td><td>26</td><td>29</td><td>30</td><td>30</td><td>29</td><td>29</td><td>29</td><td>29</td><td>27</td></tr> <tr><th>14</th><td>29</td><td>30</td><td>28</td><td>27</td><td>31</td><td>28</td><td>30</td><td>30</td><td>27</td><td>31</td></tr> <tr><th>15</th><td>29</td><td>25</td><td>29</td><td>27</td><td>30</td><td>28</td><td>31</td><td>28</td><td>29</td><td>29</td></tr> <tr><th>16</th><td>30</td><td>27</td><td>36</td><td>26</td><td>29</td><td>30</td><td>27</td><td>21</td><td>30</td><td>28</td></tr> <tr><th>17</th><td>29</td><td>26</td><td>15</td><td>28</td><td>28</td><td>26</td><td>30</td><td>29</td><td>31</td><td>27</td></tr> <tr><th>18</th><td>28</td><td>28</td><td>28</td><td>25</td><td>29</td><td>27</td><td>30</td><td>27</td><td>30</td><td>28</td></tr> <tr><th>19</th><td>31</td><td>27</td><td>29</td><td>28</td><td>30</td><td>25</td><td>27</td><td>25</td><td>27</td><td>27</td></tr> <tr><th>20</th><td>32</td><td>28</td><td>27</td><td>26</td><td>29</td><td>28</td><td>31</td><td>25</td><td>23</td><td>31</td></tr> </table>		1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	30	26	28	26	27	23	29	27	30	30	2	27	28	31	31	28	25	30	28	27	28	3	29	27	30	29	32	29	32	27	28	27	4	30	27	29	26	30	28	28	27	29	25	5	29	29	28	28	28	27	33	29	31	27	6	28	25	30	27	23	28	27	30	32	26	7	30	27	32	26	27	25	28	28	30	29	8	29	21	29	27	30	26	30	26	32	26	9	29	28	31	25	24	27	29	21	27	27	10	30	26	30	28	31	28	29	28	27	29	11	33	23	25	28	30	30	30	31	30	28	12	29	27	27	29	32	28	27	23	30	28	13	31	26	29	30	30	29	29	29	29	27	14	29	30	28	27	31	28	30	30	27	31	15	29	25	29	27	30	28	31	28	29	29	16	30	27	36	26	29	30	27	21	30	28	17	29	26	15	28	28	26	30	29	31	27	18	28	28	28	25	29	27	30	27	30	28	19	31	27	29	28	30	25	27	25	27	27	20	32	28	27	26	29	28	31	25	23	31
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																																																																														
1	30	26	28	26	27	23	29	27	30	30																																																																																																																																																																																																																														
2	27	28	31	31	28	25	30	28	27	28																																																																																																																																																																																																																														
3	29	27	30	29	32	29	32	27	28	27																																																																																																																																																																																																																														
4	30	27	29	26	30	28	28	27	29	25																																																																																																																																																																																																																														
5	29	29	28	28	28	27	33	29	31	27																																																																																																																																																																																																																														
6	28	25	30	27	23	28	27	30	32	26																																																																																																																																																																																																																														
7	30	27	32	26	27	25	28	28	30	29																																																																																																																																																																																																																														
8	29	21	29	27	30	26	30	26	32	26																																																																																																																																																																																																																														
9	29	28	31	25	24	27	29	21	27	27																																																																																																																																																																																																																														
10	30	26	30	28	31	28	29	28	27	29																																																																																																																																																																																																																														
11	33	23	25	28	30	30	30	31	30	28																																																																																																																																																																																																																														
12	29	27	27	29	32	28	27	23	30	28																																																																																																																																																																																																																														
13	31	26	29	30	30	29	29	29	29	27																																																																																																																																																																																																																														
14	29	30	28	27	31	28	30	30	27	31																																																																																																																																																																																																																														
15	29	25	29	27	30	28	31	28	29	29																																																																																																																																																																																																																														
16	30	27	36	26	29	30	27	21	30	28																																																																																																																																																																																																																														
17	29	26	15	28	28	26	30	29	31	27																																																																																																																																																																																																																														
18	28	28	28	25	29	27	30	27	30	28																																																																																																																																																																																																																														
19	31	27	29	28	30	25	27	25	27	27																																																																																																																																																																																																																														
20	32	28	27	26	29	28	31	25	23	31																																																																																																																																																																																																																														
Observaciones: LI: 26 Espesor de Pastilla: 5 mm LF: 18 Numero de Datos: 200 Relación de brazos: 1:10 RB: 1			ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>RANGO D (En Unidades):</td><td style="text-align: right;">7.00</td></tr> <tr><td>RANGO D (En mm):</td><td style="text-align: right;">35.00</td></tr> <tr><td>FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):</td><td style="text-align: right;">1.25</td></tr> <tr><td>RANGO D CORREGIDO:</td><td style="text-align: right;">43.75</td></tr> <tr><td>IRI (m/km):</td><td style="text-align: right;">2.65</td></tr> <tr><td>PSI:</td><td style="text-align: right;">3.09</td></tr> <tr><td>SERVICIABILIDAD</td><td style="text-align: right;">BUENO</td></tr> </table>	RANGO D (En Unidades):	7.00	RANGO D (En mm):	35.00	FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.25	RANGO D CORREGIDO:	43.75	IRI (m/km):	2.65	PSI:	3.09	SERVICIABILIDAD	BUENO																																																																																																																																																																																																																							
RANGO D (En Unidades):	7.00																																																																																																																																																																																																																																							
RANGO D (En mm):	35.00																																																																																																																																																																																																																																							
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.25																																																																																																																																																																																																																																							
RANGO D CORREGIDO:	43.75																																																																																																																																																																																																																																							
IRI (m/km):	2.65																																																																																																																																																																																																																																							
PSI:	3.09																																																																																																																																																																																																																																							
SERVICIABILIDAD	BUENO																																																																																																																																																																																																																																							
			Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO: $F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$ Rango D corregido = Rango D x FC x RB Para el cálculo del IRI: a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$ entonces: $IRI = 0.593 + 0.0471 D (1)$ b) Cuando $IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces: $IRI = 0.0485 D (2)$ Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>0-1</td><td>MUY MALO</td></tr> <tr><td>1-2</td><td>MALO</td></tr> <tr><td>2-3</td><td>REGULAR</td></tr> <tr><td>3-4</td><td>BUENO</td></tr> <tr><td>4-5</td><td>MUY BUENO</td></tr> </table>	0-1	MUY MALO	1-2	MALO	2-3	REGULAR	3-4	BUENO	4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																											
0-1	MUY MALO																																																																																																																																																																																																																																							
1-2	MALO																																																																																																																																																																																																																																							
2-3	REGULAR																																																																																																																																																																																																																																							
3-4	BUENO																																																																																																																																																																																																																																							
4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																																							

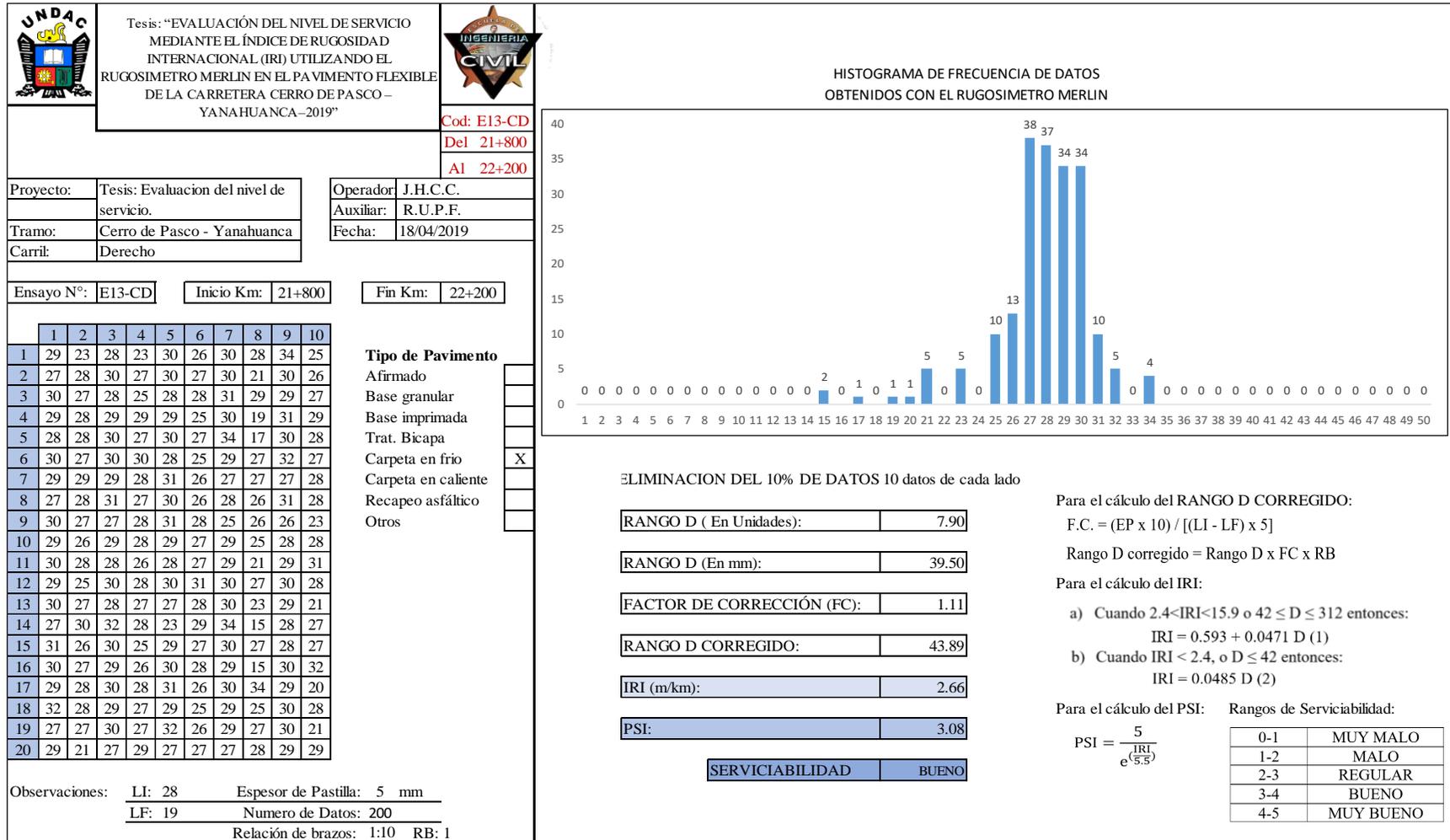
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 18: Resultado de la Muestra – E12
Carril derecho.



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 19: Resultado de la Muestra – E13
Carril derecho.

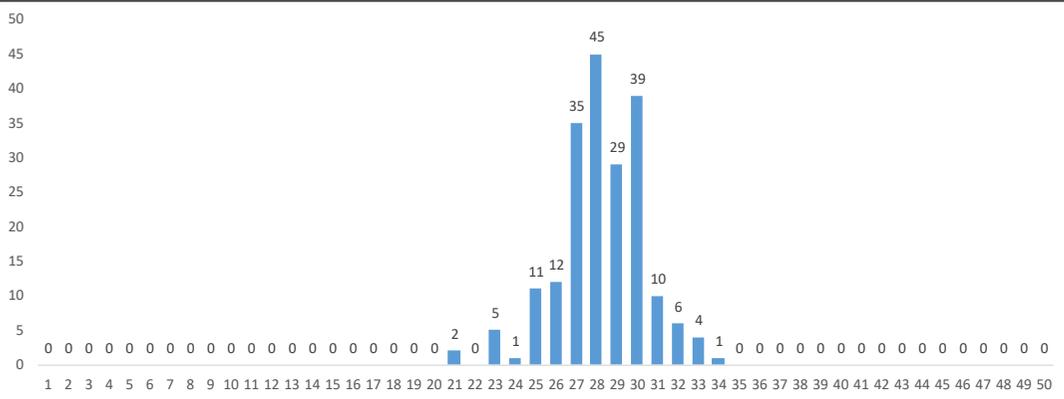


Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.

	Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA–2019"																																																																																																																																																																																																																																									
		Cod: E13-CI Del 21+800 Al 22+200																																																																																																																																																																																																																																								
Proyecto: Tesis: Evaluación del nivel de servicio. Tramo: Cerro de Pasco - Yanahuanca Carril: Izquierdo	Operador: J.H.C.C. Auxiliar: R.U.P.F. Fecha: 18/04/2019																																																																																																																																																																																																																																									
Ensayo N°: E13-CI Inicio Km: 21+800 Fin Km: 22+200																																																																																																																																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th></tr> <tr><th>1</th><td>30</td><td>27</td><td>28</td><td>25</td><td>27</td><td>32</td><td>30</td><td>28</td><td>25</td><td>30</td></tr> <tr><th>2</th><td>30</td><td>25</td><td>27</td><td>28</td><td>26</td><td>29</td><td>32</td><td>31</td><td>30</td><td>26</td></tr> <tr><th>3</th><td>29</td><td>33</td><td>31</td><td>28</td><td>30</td><td>28</td><td>30</td><td>28</td><td>30</td><td>28</td></tr> <tr><th>4</th><td>30</td><td>26</td><td>30</td><td>25</td><td>28</td><td>27</td><td>29</td><td>28</td><td>27</td><td>29</td></tr> <tr><th>5</th><td>31</td><td>25</td><td>29</td><td>31</td><td>29</td><td>28</td><td>29</td><td>27</td><td>33</td><td>28</td></tr> <tr><th>6</th><td>32</td><td>28</td><td>30</td><td>28</td><td>30</td><td>30</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>28</td></tr> <tr><th>7</th><td>29</td><td>26</td><td>32</td><td>27</td><td>30</td><td>28</td><td>29</td><td>28</td><td>30</td><td>30</td></tr> <tr><th>8</th><td>30</td><td>29</td><td>29</td><td>27</td><td>29</td><td>27</td><td>28</td><td>23</td><td>30</td><td>28</td></tr> <tr><th>9</th><td>23</td><td>28</td><td>30</td><td>28</td><td>30</td><td>28</td><td>26</td><td>28</td><td>29</td><td>28</td></tr> <tr><th>10</th><td>34</td><td>30</td><td>29</td><td>25</td><td>27</td><td>27</td><td>28</td><td>25</td><td>29</td><td>25</td></tr> <tr><th>11</th><td>27</td><td>27</td><td>27</td><td>30</td><td>30</td><td>31</td><td>23</td><td>28</td><td>23</td><td>26</td></tr> <tr><th>12</th><td>30</td><td>28</td><td>29</td><td>28</td><td>33</td><td>27</td><td>21</td><td>27</td><td>25</td><td>29</td></tr> <tr><th>13</th><td>27</td><td>27</td><td>30</td><td>28</td><td>30</td><td>27</td><td>31</td><td>25</td><td>30</td><td>30</td></tr> <tr><th>14</th><td>29</td><td>28</td><td>27</td><td>26</td><td>30</td><td>28</td><td>28</td><td>27</td><td>33</td><td>28</td></tr> <tr><th>15</th><td>29</td><td>32</td><td>29</td><td>27</td><td>29</td><td>26</td><td>30</td><td>31</td><td>30</td><td>25</td></tr> <tr><th>16</th><td>27</td><td>28</td><td>27</td><td>24</td><td>27</td><td>31</td><td>30</td><td>23</td><td>30</td><td>28</td></tr> <tr><th>17</th><td>32</td><td>28</td><td>30</td><td>26</td><td>29</td><td>28</td><td>31</td><td>27</td><td>29</td><td>27</td></tr> <tr><th>18</th><td>30</td><td>27</td><td>29</td><td>28</td><td>28</td><td>26</td><td>28</td><td>21</td><td>28</td><td>28</td></tr> <tr><th>19</th><td>31</td><td>27</td><td>30</td><td>29</td><td>30</td><td>28</td><td>29</td><td>26</td><td>29</td><td>27</td></tr> <tr><th>20</th><td>30</td><td>27</td><td>29</td><td>30</td><td>28</td><td>28</td><td>27</td><td>27</td><td>27</td><td>26</td></tr> </table>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	30	27	28	25	27	32	30	28	25	30	2	30	25	27	28	26	29	32	31	30	26	3	29	33	31	28	30	28	30	28	30	28	4	30	26	30	25	28	27	29	28	27	29	5	31	25	29	31	29	28	29	27	33	28	6	32	28	30	28	30	30	27	28	29	28	7	29	26	32	27	30	28	29	28	30	30	8	30	29	29	27	29	27	28	23	30	28	9	23	28	30	28	30	28	26	28	29	28	10	34	30	29	25	27	27	28	25	29	25	11	27	27	27	30	30	31	23	28	23	26	12	30	28	29	28	33	27	21	27	25	29	13	27	27	30	28	30	27	31	25	30	30	14	29	28	27	26	30	28	28	27	33	28	15	29	32	29	27	29	26	30	31	30	25	16	27	28	27	24	27	31	30	23	30	28	17	32	28	30	26	29	28	31	27	29	27	18	30	27	29	28	28	26	28	21	28	28	19	31	27	30	29	30	28	29	26	29	27	20	30	27	29	30	28	28	27	27	27	26	Tipo de Pavimento Afirmado <input type="checkbox"/> Base granular <input type="checkbox"/> Base imprimada <input type="checkbox"/> Trat. Bicapa <input type="checkbox"/> Carpeta en frío <input checked="" type="checkbox"/> X Carpeta en caliente <input type="checkbox"/> Recapeo asfáltico <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																																																																																
1	30	27	28	25	27	32	30	28	25	30																																																																																																																																																																																																																																
2	30	25	27	28	26	29	32	31	30	26																																																																																																																																																																																																																																
3	29	33	31	28	30	28	30	28	30	28																																																																																																																																																																																																																																
4	30	26	30	25	28	27	29	28	27	29																																																																																																																																																																																																																																
5	31	25	29	31	29	28	29	27	33	28																																																																																																																																																																																																																																
6	32	28	30	28	30	30	27	28	29	28																																																																																																																																																																																																																																
7	29	26	32	27	30	28	29	28	30	30																																																																																																																																																																																																																																
8	30	29	29	27	29	27	28	23	30	28																																																																																																																																																																																																																																
9	23	28	30	28	30	28	26	28	29	28																																																																																																																																																																																																																																
10	34	30	29	25	27	27	28	25	29	25																																																																																																																																																																																																																																
11	27	27	27	30	30	31	23	28	23	26																																																																																																																																																																																																																																
12	30	28	29	28	33	27	21	27	25	29																																																																																																																																																																																																																																
13	27	27	30	28	30	27	31	25	30	30																																																																																																																																																																																																																																
14	29	28	27	26	30	28	28	27	33	28																																																																																																																																																																																																																																
15	29	32	29	27	29	26	30	31	30	25																																																																																																																																																																																																																																
16	27	28	27	24	27	31	30	23	30	28																																																																																																																																																																																																																																
17	32	28	30	26	29	28	31	27	29	27																																																																																																																																																																																																																																
18	30	27	29	28	28	26	28	21	28	28																																																																																																																																																																																																																																
19	31	27	30	29	30	28	29	26	29	27																																																																																																																																																																																																																																
20	30	27	29	30	28	28	27	27	27	26																																																																																																																																																																																																																																
Observaciones: LI: 28 Espesor de Pastilla: 5 mm LF: 19 Numero de Datos: 200 Relación de brazos: 1:10 RB: 1																																																																																																																																																																																																																																										

HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN



IRI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50		
Frecuencia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	1	11	12	35	45	29	39	10	6	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado

RANGO D (En Unidades):	6.98
RANGO D (En mm):	34.92
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.11
RANGO D CORREGIDO:	38.80
IRI (m/km):	1.88
PSI:	3.55

SERVICIABILIDAD BUENO

Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO:
 $F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$
 Rango D corregido = Rango D x FC x RB

Para el cálculo del IRI:

a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$ entonces:
 $IRI = 0.593 + 0.0471 D (1)$

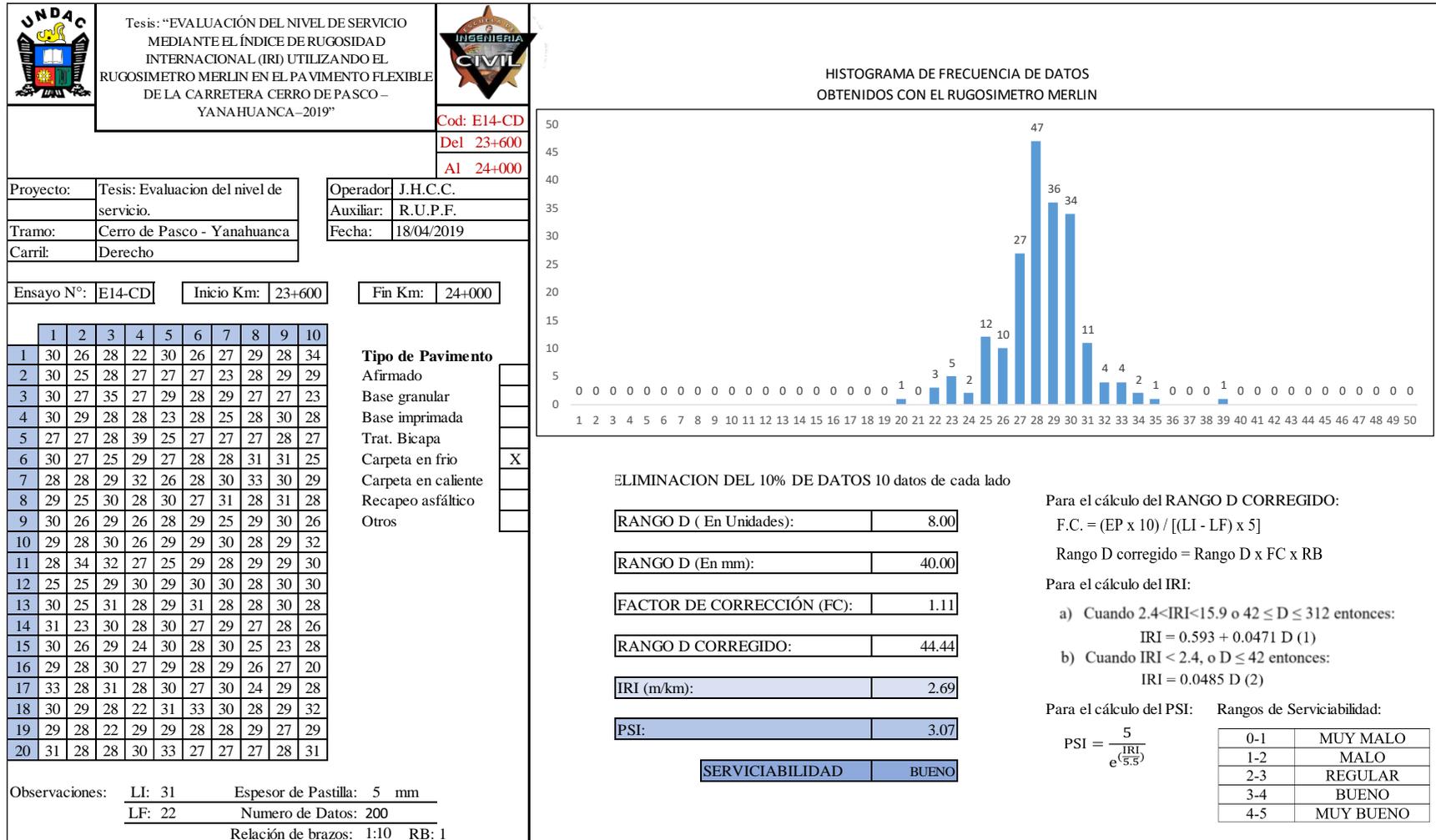
b) Cuando $IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces:
 $IRI = 0.0485 D (2)$

Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad:

$PSI = \frac{5}{e^{(5.5 \times IRI)}}$	0-1	MUY MALO
	1-2	MALO
	2-3	REGULAR
	3-4	BUENO
	4-5	MUY BUENO

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 20: Resultado de la Muestra – E14
Carril derecho.

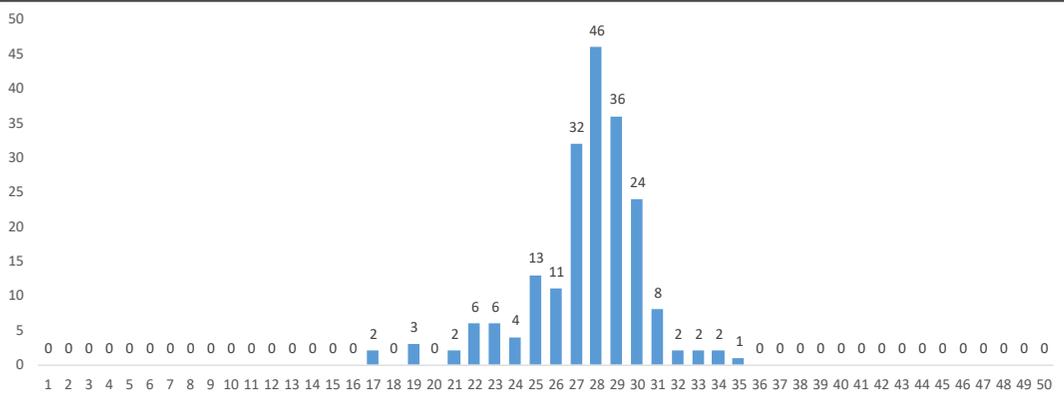


Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.

	Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA–2019"																																																																																																																																																																																																																																									
		Cod: E14-CI Del 23+600 Al 24+000																																																																																																																																																																																																																																								
Proyecto: Tesis: Evaluación del nivel de servicio. Tramo: Cerro de Pasco - Yanahuanca Carril: Izquierdo	Operador: J.H.C.C. Auxiliar: R.U.P.F. Fecha: 18/04/2019																																																																																																																																																																																																																																									
Ensayo N°: E14-CI Inicio Km: 23+600 Fin Km: 24+000																																																																																																																																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th></tr> <tr><th>1</th><td>31</td><td>26</td><td>27</td><td>22</td><td>30</td><td>26</td><td>27</td><td>29</td><td>28</td><td>28</td></tr> <tr><th>2</th><td>30</td><td>25</td><td>28</td><td>27</td><td>27</td><td>27</td><td>23</td><td>28</td><td>29</td><td>29</td></tr> <tr><th>3</th><td>29</td><td>27</td><td>27</td><td>27</td><td>29</td><td>28</td><td>29</td><td>27</td><td>27</td><td>23</td></tr> <tr><th>4</th><td>29</td><td>29</td><td>23</td><td>28</td><td>23</td><td>28</td><td>25</td><td>28</td><td>30</td><td>28</td></tr> <tr><th>5</th><td>27</td><td>27</td><td>28</td><td>34</td><td>25</td><td>27</td><td>27</td><td>27</td><td>28</td><td>27</td></tr> <tr><th>6</th><td>30</td><td>27</td><td>25</td><td>29</td><td>27</td><td>28</td><td>28</td><td>24</td><td>31</td><td>25</td></tr> <tr><th>7</th><td>35</td><td>28</td><td>29</td><td>28</td><td>26</td><td>28</td><td>30</td><td>33</td><td>30</td><td>28</td></tr> <tr><th>8</th><td>28</td><td>25</td><td>30</td><td>28</td><td>30</td><td>27</td><td>31</td><td>27</td><td>31</td><td>28</td></tr> <tr><th>9</th><td>30</td><td>26</td><td>29</td><td>26</td><td>28</td><td>29</td><td>25</td><td>29</td><td>30</td><td>26</td></tr> <tr><th>10</th><td>29</td><td>28</td><td>30</td><td>26</td><td>29</td><td>29</td><td>30</td><td>28</td><td>29</td><td>24</td></tr> <tr><th>11</th><td>29</td><td>34</td><td>32</td><td>27</td><td>25</td><td>27</td><td>21</td><td>29</td><td>29</td><td>29</td></tr> <tr><th>12</th><td>25</td><td>25</td><td>29</td><td>28</td><td>29</td><td>27</td><td>30</td><td>28</td><td>30</td><td>26</td></tr> <tr><th>13</th><td>30</td><td>25</td><td>30</td><td>28</td><td>29</td><td>19</td><td>28</td><td>28</td><td>30</td><td>28</td></tr> <tr><th>14</th><td>31</td><td>23</td><td>29</td><td>28</td><td>30</td><td>27</td><td>29</td><td>27</td><td>28</td><td>25</td></tr> <tr><th>15</th><td>29</td><td>26</td><td>22</td><td>31</td><td>30</td><td>28</td><td>30</td><td>25</td><td>23</td><td>28</td></tr> <tr><th>16</th><td>32</td><td>22</td><td>22</td><td>27</td><td>29</td><td>28</td><td>29</td><td>26</td><td>27</td><td>19</td></tr> <tr><th>17</th><td>33</td><td>28</td><td>31</td><td>28</td><td>30</td><td>27</td><td>30</td><td>24</td><td>29</td><td>17</td></tr> <tr><th>18</th><td>30</td><td>29</td><td>28</td><td>22</td><td>31</td><td>24</td><td>30</td><td>28</td><td>21</td><td>26</td></tr> <tr><th>19</th><td>29</td><td>28</td><td>22</td><td>29</td><td>29</td><td>28</td><td>28</td><td>29</td><td>19</td><td>17</td></tr> <tr><th>20</th><td>29</td><td>28</td><td>28</td><td>27</td><td>28</td><td>27</td><td>27</td><td>27</td><td>28</td><td>28</td></tr> </table>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	31	26	27	22	30	26	27	29	28	28	2	30	25	28	27	27	27	23	28	29	29	3	29	27	27	27	29	28	29	27	27	23	4	29	29	23	28	23	28	25	28	30	28	5	27	27	28	34	25	27	27	27	28	27	6	30	27	25	29	27	28	28	24	31	25	7	35	28	29	28	26	28	30	33	30	28	8	28	25	30	28	30	27	31	27	31	28	9	30	26	29	26	28	29	25	29	30	26	10	29	28	30	26	29	29	30	28	29	24	11	29	34	32	27	25	27	21	29	29	29	12	25	25	29	28	29	27	30	28	30	26	13	30	25	30	28	29	19	28	28	30	28	14	31	23	29	28	30	27	29	27	28	25	15	29	26	22	31	30	28	30	25	23	28	16	32	22	22	27	29	28	29	26	27	19	17	33	28	31	28	30	27	30	24	29	17	18	30	29	28	22	31	24	30	28	21	26	19	29	28	22	29	29	28	28	29	19	17	20	29	28	28	27	28	27	27	27	28	28	Tipo de Pavimento Afirmado <input type="checkbox"/> Base granular <input type="checkbox"/> Base imprimada <input type="checkbox"/> Trat. Bicapa <input type="checkbox"/> Carpeta en frío <input checked="" type="checkbox"/> X Carpeta en caliente <input type="checkbox"/> Recapeo asfáltico <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																																																																																
1	31	26	27	22	30	26	27	29	28	28																																																																																																																																																																																																																																
2	30	25	28	27	27	27	23	28	29	29																																																																																																																																																																																																																																
3	29	27	27	27	29	28	29	27	27	23																																																																																																																																																																																																																																
4	29	29	23	28	23	28	25	28	30	28																																																																																																																																																																																																																																
5	27	27	28	34	25	27	27	27	28	27																																																																																																																																																																																																																																
6	30	27	25	29	27	28	28	24	31	25																																																																																																																																																																																																																																
7	35	28	29	28	26	28	30	33	30	28																																																																																																																																																																																																																																
8	28	25	30	28	30	27	31	27	31	28																																																																																																																																																																																																																																
9	30	26	29	26	28	29	25	29	30	26																																																																																																																																																																																																																																
10	29	28	30	26	29	29	30	28	29	24																																																																																																																																																																																																																																
11	29	34	32	27	25	27	21	29	29	29																																																																																																																																																																																																																																
12	25	25	29	28	29	27	30	28	30	26																																																																																																																																																																																																																																
13	30	25	30	28	29	19	28	28	30	28																																																																																																																																																																																																																																
14	31	23	29	28	30	27	29	27	28	25																																																																																																																																																																																																																																
15	29	26	22	31	30	28	30	25	23	28																																																																																																																																																																																																																																
16	32	22	22	27	29	28	29	26	27	19																																																																																																																																																																																																																																
17	33	28	31	28	30	27	30	24	29	17																																																																																																																																																																																																																																
18	30	29	28	22	31	24	30	28	21	26																																																																																																																																																																																																																																
19	29	28	22	29	29	28	28	29	19	17																																																																																																																																																																																																																																
20	29	28	28	27	28	27	27	27	28	28																																																																																																																																																																																																																																
Observaciones: LI: 31 Espesor de Pastilla: 5 mm LF: 22 Numero de Datos: 200 Relación de brazos: 1:10 RB: 1																																																																																																																																																																																																																																										

HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN



IRI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
Frecuencia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	2	6	6	4	13	11	32	46	36	24	8	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado

RANGO D (En Unidades):	9.13
RANGO D (En mm):	45.63
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.11
RANGO D CORREGIDO:	50.69
IRI (m/km):	2.98
PSI:	2.91

SERVICIABILIDAD REGULAR

Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO:
 $F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$
 Rango D corregido = Rango D x FC x RB

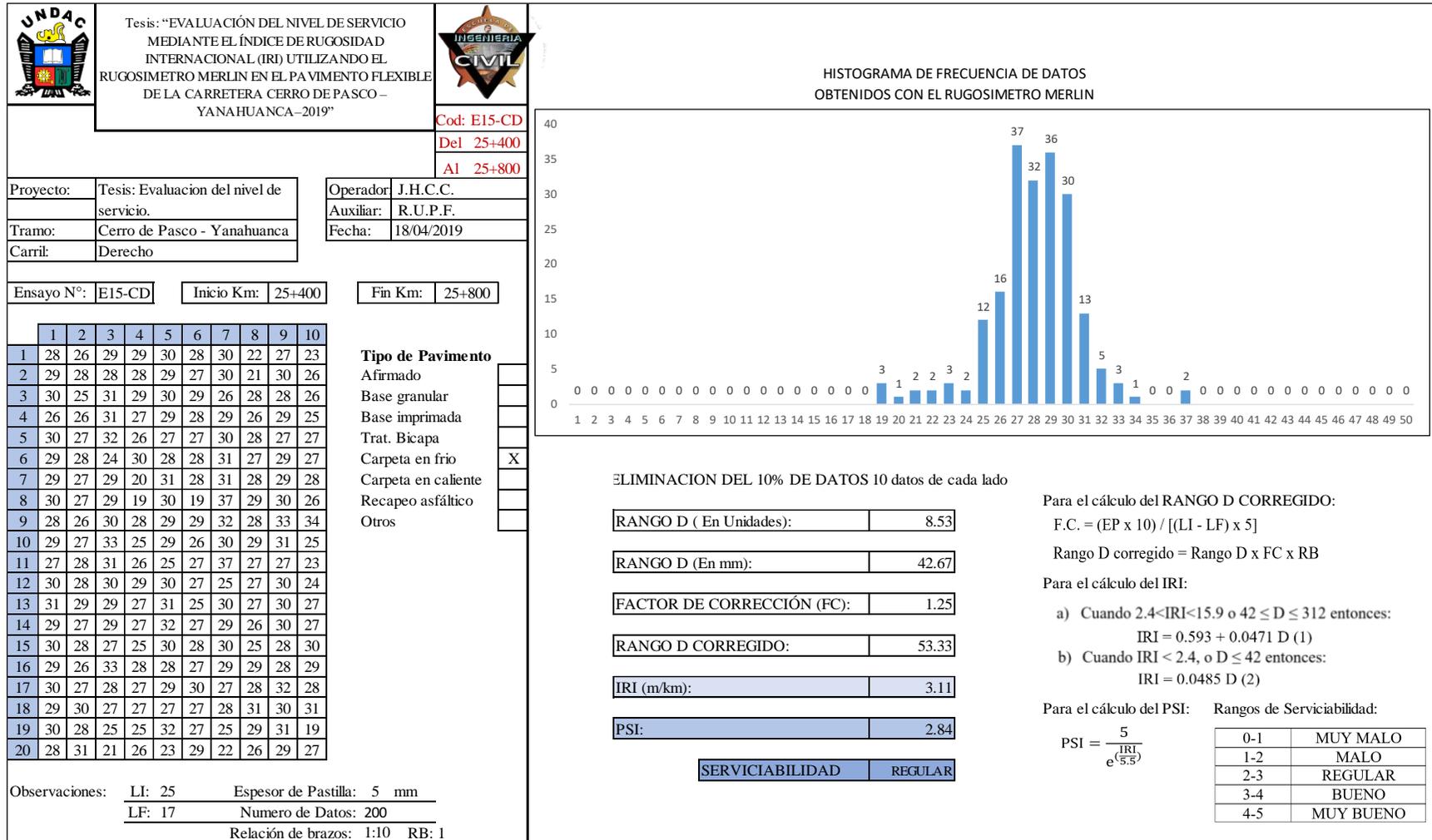
Para el cálculo del IRI:
 a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$ entonces:
 $IRI = 0.593 + 0.0471 D (1)$
 b) Cuando $IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces:
 $IRI = 0.0485 D (2)$

Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad:

$PSI = \frac{5}{e^{(5.5 \times IRI)}}$	0-1	MUY MALO
	1-2	MALO
	2-3	REGULAR
	3-4	BUENO
	4-5	MUY BUENO

Fuente: Elaboración Propia.

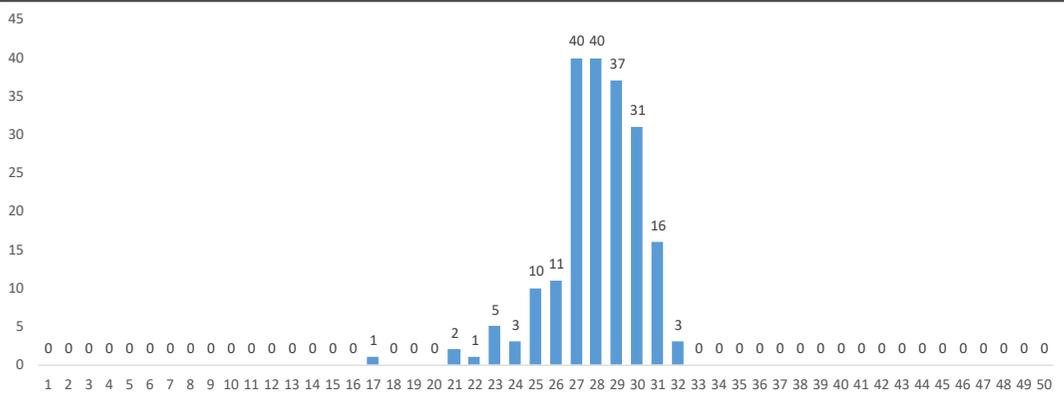
Gráfico 21: Resultado de la Muestra – E15
Carril derecho.



Observaciones: LI: 25 Espesor de Pastilla: 5 mm
 LF: 17 Numero de Datos: 200
 Relación de brazos: 1:10 RB: 1

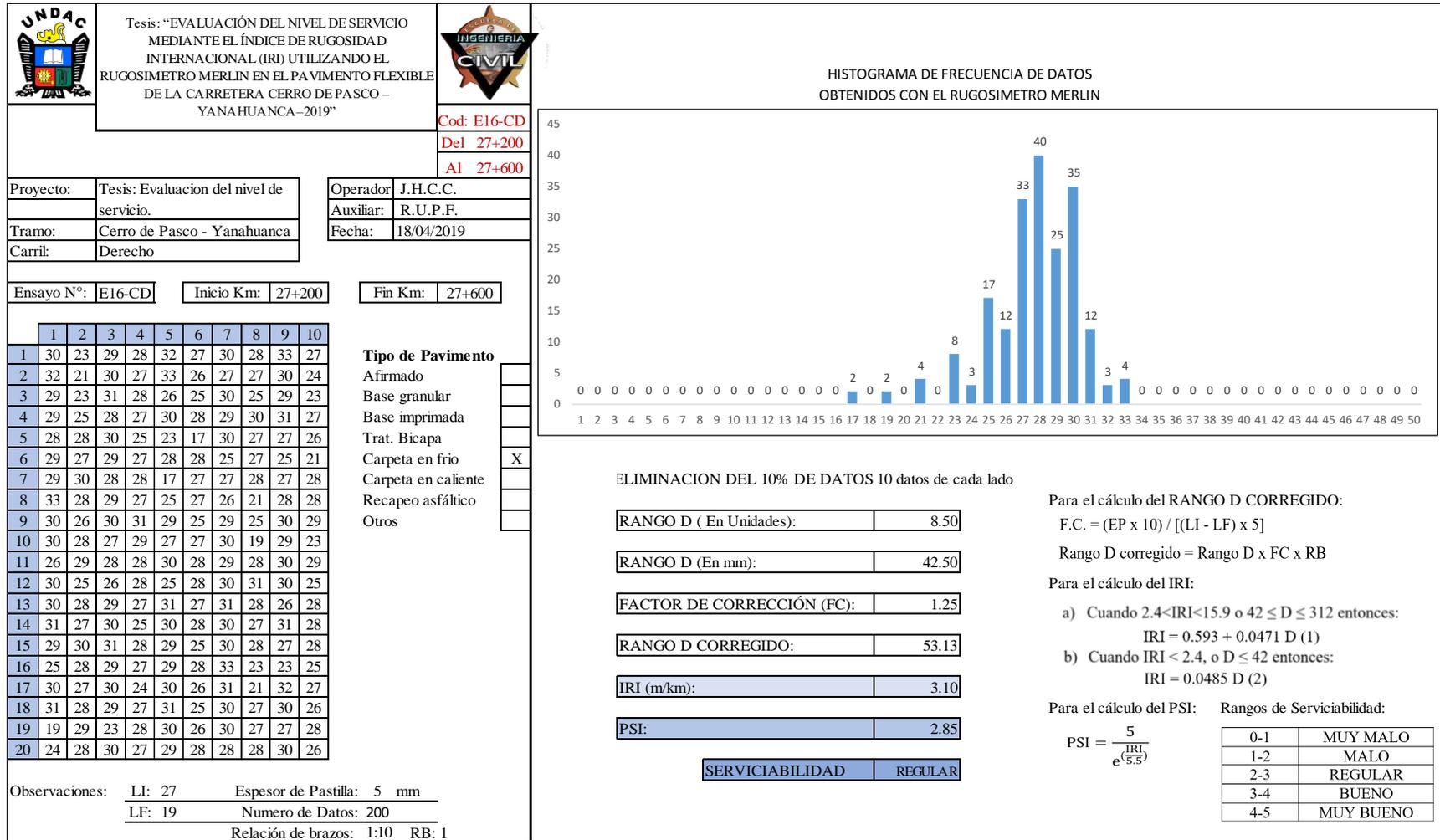
Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.

	Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA–2019"		HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN																																																																																																																																																																																																																																							
	Cod: E15-CI Del 25+400 Al 25+800																																																																																																																																																																																																																																									
Proyecto: Tesis: Evaluación del nivel de servicio. Tramo: Cerro de Pasco - Yanahuanca Carril: Izquierdo	Operador: J.H.C.C. Auxiliar: R.U.P.F. Fecha: 18/04/2019																																																																																																																																																																																																																																									
Ensayo N°: E15-CI Inicio Km: 25+400 Fin Km: 25+800																																																																																																																																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th></tr> <tr><th>1</th><td>31</td><td>28</td><td>23</td><td>24</td><td>29</td><td>26</td><td>31</td><td>28</td><td>27</td><td>27</td></tr> <tr><th>2</th><td>30</td><td>26</td><td>30</td><td>28</td><td>31</td><td>27</td><td>27</td><td>27</td><td>25</td><td>26</td></tr> <tr><th>3</th><td>30</td><td>28</td><td>26</td><td>29</td><td>27</td><td>28</td><td>30</td><td>29</td><td>31</td><td>25</td></tr> <tr><th>4</th><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>29</td><td>27</td><td>31</td><td>30</td><td>32</td><td>29</td></tr> <tr><th>5</th><td>29</td><td>27</td><td>30</td><td>28</td><td>28</td><td>28</td><td>29</td><td>26</td><td>30</td><td>27</td></tr> <tr><th>6</th><td>28</td><td>29</td><td>27</td><td>24</td><td>30</td><td>27</td><td>30</td><td>25</td><td>28</td><td>28</td></tr> <tr><th>7</th><td>30</td><td>26</td><td>31</td><td>25</td><td>32</td><td>28</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>27</td></tr> <tr><th>8</th><td>30</td><td>27</td><td>32</td><td>28</td><td>30</td><td>29</td><td>29</td><td>26</td><td>30</td><td>29</td></tr> <tr><th>9</th><td>31</td><td>28</td><td>28</td><td>27</td><td>29</td><td>31</td><td>30</td><td>28</td><td>29</td><td>25</td></tr> <tr><th>10</th><td>30</td><td>29</td><td>30</td><td>25</td><td>23</td><td>28</td><td>29</td><td>28</td><td>30</td><td>23</td></tr> <tr><th>11</th><td>29</td><td>27</td><td>30</td><td>27</td><td>29</td><td>28</td><td>29</td><td>27</td><td>27</td><td>31</td></tr> <tr><th>12</th><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td>28</td><td>21</td><td>24</td><td>30</td><td>29</td><td>31</td><td>27</td></tr> <tr><th>13</th><td>28</td><td>28</td><td>29</td><td>25</td><td>17</td><td>30</td><td>27</td><td>28</td><td>25</td><td>28</td></tr> <tr><th>14</th><td>28</td><td>29</td><td>27</td><td>29</td><td>29</td><td>27</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td>26</td></tr> <tr><th>15</th><td>27</td><td>28</td><td>31</td><td>26</td><td>30</td><td>28</td><td>28</td><td>27</td><td>30</td><td>27</td></tr> <tr><th>16</th><td>29</td><td>28</td><td>26</td><td>27</td><td>30</td><td>22</td><td>29</td><td>27</td><td>30</td><td>28</td></tr> <tr><th>17</th><td>30</td><td>29</td><td>23</td><td>28</td><td>28</td><td>27</td><td>27</td><td>29</td><td>29</td><td>27</td></tr> <tr><th>18</th><td>31</td><td>27</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td>28</td><td>30</td><td>28</td><td>29</td><td>27</td></tr> <tr><th>19</th><td>30</td><td>25</td><td>25</td><td>27</td><td>27</td><td>27</td><td>27</td><td>28</td><td>23</td><td>29</td></tr> <tr><th>20</th><td>27</td><td>29</td><td>28</td><td>28</td><td>31</td><td>26</td><td>29</td><td>27</td><td>21</td><td>28</td></tr> </table>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	31	28	23	24	29	26	31	28	27	27	2	30	26	30	28	31	27	27	27	25	26	3	30	28	26	29	27	28	30	29	31	25	4	27	28	29	30	29	27	31	30	32	29	5	29	27	30	28	28	28	29	26	30	27	6	28	29	27	24	30	27	30	25	28	28	7	30	26	31	25	32	28	27	28	29	27	8	30	27	32	28	30	29	29	26	30	29	9	31	28	28	27	29	31	30	28	29	25	10	30	29	30	25	23	28	29	28	30	23	11	29	27	30	27	29	28	29	27	27	31	12	29	30	31	28	21	24	30	29	31	27	13	28	28	29	25	17	30	27	28	25	28	14	28	29	27	29	29	27	29	30	31	26	15	27	28	31	26	30	28	28	27	30	27	16	29	28	26	27	30	22	29	27	30	28	17	30	29	23	28	28	27	27	29	29	27	18	31	27	29	30	31	28	30	28	29	27	19	30	25	25	27	27	27	27	28	23	29	20	27	29	28	28	31	26	29	27	21	28	Tipo de Pavimento Afirmado <input type="checkbox"/> Base granular <input type="checkbox"/> Base imprimada <input type="checkbox"/> Trat. Bicapa <input type="checkbox"/> Carpeta en frío <input checked="" type="checkbox"/> X Carpeta en caliente <input type="checkbox"/> Recapeo asfáltico <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																																																																																
1	31	28	23	24	29	26	31	28	27	27																																																																																																																																																																																																																																
2	30	26	30	28	31	27	27	27	25	26																																																																																																																																																																																																																																
3	30	28	26	29	27	28	30	29	31	25																																																																																																																																																																																																																																
4	27	28	29	30	29	27	31	30	32	29																																																																																																																																																																																																																																
5	29	27	30	28	28	28	29	26	30	27																																																																																																																																																																																																																																
6	28	29	27	24	30	27	30	25	28	28																																																																																																																																																																																																																																
7	30	26	31	25	32	28	27	28	29	27																																																																																																																																																																																																																																
8	30	27	32	28	30	29	29	26	30	29																																																																																																																																																																																																																																
9	31	28	28	27	29	31	30	28	29	25																																																																																																																																																																																																																																
10	30	29	30	25	23	28	29	28	30	23																																																																																																																																																																																																																																
11	29	27	30	27	29	28	29	27	27	31																																																																																																																																																																																																																																
12	29	30	31	28	21	24	30	29	31	27																																																																																																																																																																																																																																
13	28	28	29	25	17	30	27	28	25	28																																																																																																																																																																																																																																
14	28	29	27	29	29	27	29	30	31	26																																																																																																																																																																																																																																
15	27	28	31	26	30	28	28	27	30	27																																																																																																																																																																																																																																
16	29	28	26	27	30	22	29	27	30	28																																																																																																																																																																																																																																
17	30	29	23	28	28	27	27	29	29	27																																																																																																																																																																																																																																
18	31	27	29	30	31	28	30	28	29	27																																																																																																																																																																																																																																
19	30	25	25	27	27	27	27	28	23	29																																																																																																																																																																																																																																
20	27	29	28	28	31	26	29	27	21	28																																																																																																																																																																																																																																
Observaciones: LI: 25 Espesor de Pastilla: 5 mm LF: 17 Numero de Datos: 200 Relación de brazos: 1:10 RB: 1			ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>RANGO D (En Unidades):</td><td style="text-align: right;">7.23</td></tr> <tr><td>RANGO D (En mm):</td><td style="text-align: right;">36.15</td></tr> <tr><td>FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):</td><td style="text-align: right;">1.25</td></tr> <tr><td>RANGO D CORREGIDO:</td><td style="text-align: right;">45.18</td></tr> <tr><td>IRI (m/km):</td><td style="text-align: right;">2.72</td></tr> <tr><td>PSI:</td><td style="text-align: right;">3.05</td></tr> <tr><td>SERVICIABILIDAD</td><td style="text-align: right;">BUENO</td></tr> </table>	RANGO D (En Unidades):	7.23	RANGO D (En mm):	36.15	FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.25	RANGO D CORREGIDO:	45.18	IRI (m/km):	2.72	PSI:	3.05	SERVICIABILIDAD	BUENO																																																																																																																																																																																																																									
RANGO D (En Unidades):	7.23																																																																																																																																																																																																																																									
RANGO D (En mm):	36.15																																																																																																																																																																																																																																									
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.25																																																																																																																																																																																																																																									
RANGO D CORREGIDO:	45.18																																																																																																																																																																																																																																									
IRI (m/km):	2.72																																																																																																																																																																																																																																									
PSI:	3.05																																																																																																																																																																																																																																									
SERVICIABILIDAD	BUENO																																																																																																																																																																																																																																									
			Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO: $F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$ Rango D corregido = Rango D x FC x RB Para el cálculo del IRI: a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$ entonces: $IRI = 0.593 + 0.0471 D (1)$ b) Cuando $IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces: $IRI = 0.0485 D (2)$ Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad: $PSI = \frac{5}{e^{(5.5 \times IRI)}}$ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>0-1</td><td>MUY MALO</td></tr> <tr><td>1-2</td><td>MALO</td></tr> <tr><td>2-3</td><td>REGULAR</td></tr> <tr><td>3-4</td><td>BUENO</td></tr> <tr><td>4-5</td><td>MUY BUENO</td></tr> </table>	0-1	MUY MALO	1-2	MALO	2-3	REGULAR	3-4	BUENO	4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																													
0-1	MUY MALO																																																																																																																																																																																																																																									
1-2	MALO																																																																																																																																																																																																																																									
2-3	REGULAR																																																																																																																																																																																																																																									
3-4	BUENO																																																																																																																																																																																																																																									
4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																																									

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 22: Resultado de la Muestra – E16
Carril derecho.



Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.



Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA–2019"

Cod: E16-CI
Del 27+200
Al 27+600

Proyecto:	Tesis: Evaluación del nivel de servicio.	Operador:	J.H.C.C.
Tramo:	Cerro de Pasco - Yanahuanca	Auxiliar:	R.U.P.F.
Carril:	Izquierdo	Fecha:	18/04/2019

Ensayo N°:	E16-CI	Inicio Km:	27+200	Fin Km:	27+600
------------	--------	------------	--------	---------	--------

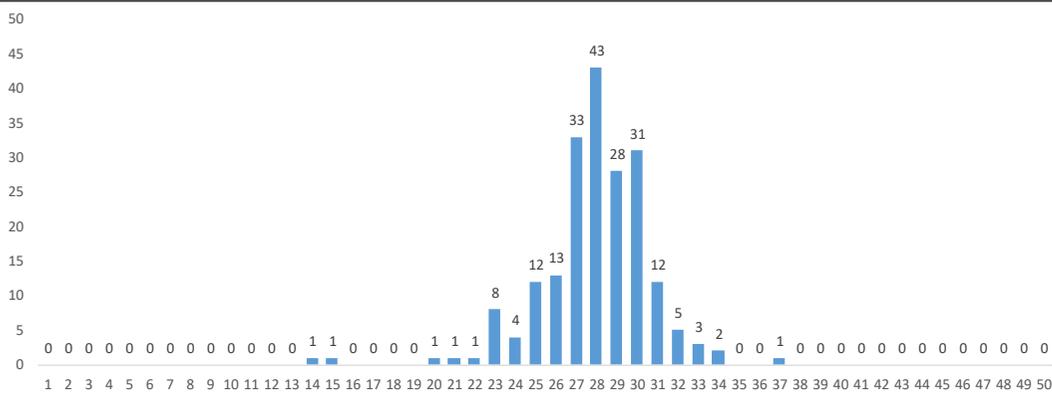
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	28	28	30	28	28	28	30	27	27	28
2	29	30	31	27	30	29	31	25	29	27
3	28	23	29	28	29	27	27	26	28	14
4	30	28	28	26	28	28	33	34	29	28
5	29	28	31	25	29	25	30	28	27	27
6	24	27	27	29	27	27	26	27	30	24
7	30	24	29	23	26	28	30	27	30	28
8	28	22	28	28	25	26	29	29	31	28
9	25	25	30	30	23	28	29	28	34	29
10	30	25	30	27	30	27	33	27	30	27
11	31	28	27	28	30	25	31	23	31	26
12	28	20	32	28	31	27	32	21	28	28
13	30	30	28	27	30	28	30	24	30	26
14	32	15	33	26	30	26	29	25	30	28
15	29	27	29	29	29	28	30	28	29	25
16	27	26	30	30	31	27	29	23	29	27
17	28	28	29	28	27	29	27	31	32	28
18	29	27	30	25	32	28	28	23	29	37
19	30	26	31	27	27	27	25	29	30	23
20	30	26	29	28	28	27	23	26	31	27

Tipo de Pavimento

Afirmado	<input type="checkbox"/>
Base granular	<input type="checkbox"/>
Base imprimada	<input type="checkbox"/>
Trat. Bicapa	<input type="checkbox"/>
Carpeta en frío	<input checked="" type="checkbox"/>
Carpeta en caliente	<input type="checkbox"/>
Recapeo asfáltico	<input type="checkbox"/>
Otros	<input type="checkbox"/>

Observaciones: LI: 27 Espesor de Pastilla: 5 mm
LF: 19 Numero de Datos: 200
Relación de brazos: 1:10 RB: 1

HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN



IRI Value	Frequency
14	1
15	1
20	1
21	1
22	1
23	8
24	4
25	12
26	13
27	33
28	43
29	28
30	31
31	12
32	5
33	3
34	2
37	1

ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado

RANGO D (En Unidades):	8.58
RANGO D (En mm):	42.88
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.25
RANGO D CORREGIDO:	53.59
IRI (m/km):	3.12
PSI:	2.84

SERVICIABILIDAD REGULAR

Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO:
F.C. = (EP x 10) / [(LI - LF) x 5]
Rango D corregido = Rango D x FC x RB

Para el cálculo del IRI:

a) Cuando 2.4 < IRI < 15.9 o 42 ≤ D ≤ 312 entonces:
IRI = 0.593 + 0.0471 D (1)

b) Cuando IRI < 2.4, o D ≤ 42 entonces:
IRI = 0.0485 D (2)

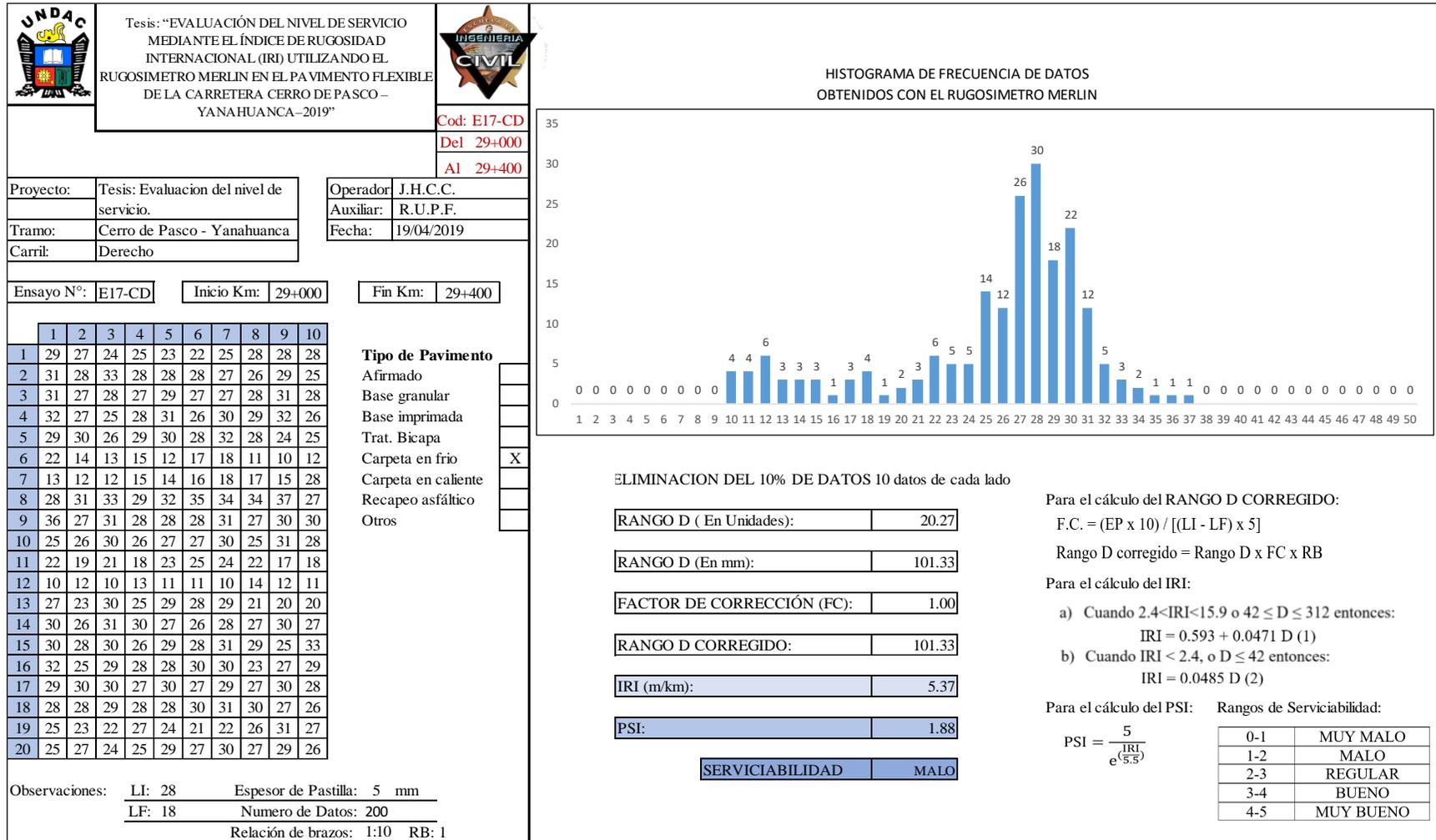
Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad:

0-1	MUY MALO
1-2	MALO
2-3	REGULAR
3-4	BUENO
4-5	MUY BUENO

$PSI = \frac{5}{e^{\frac{IRI}{5.5}}}$

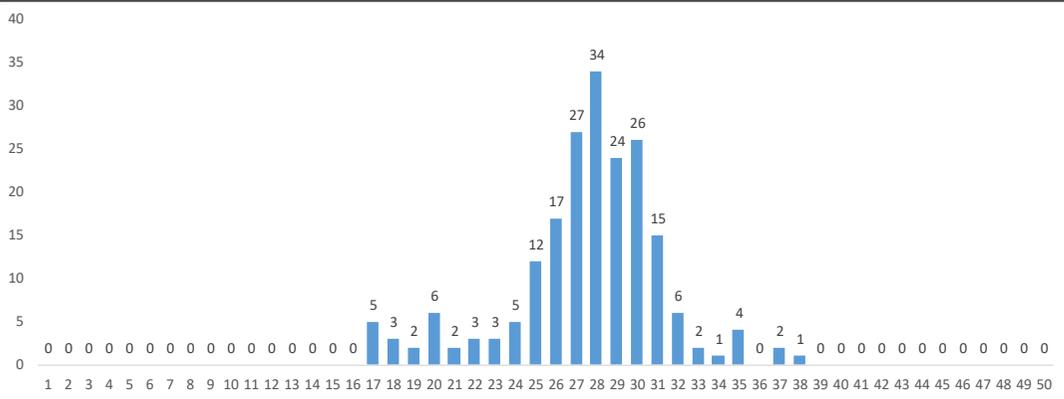
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 23: Resultado de la Muestra – E17
Carril derecho.



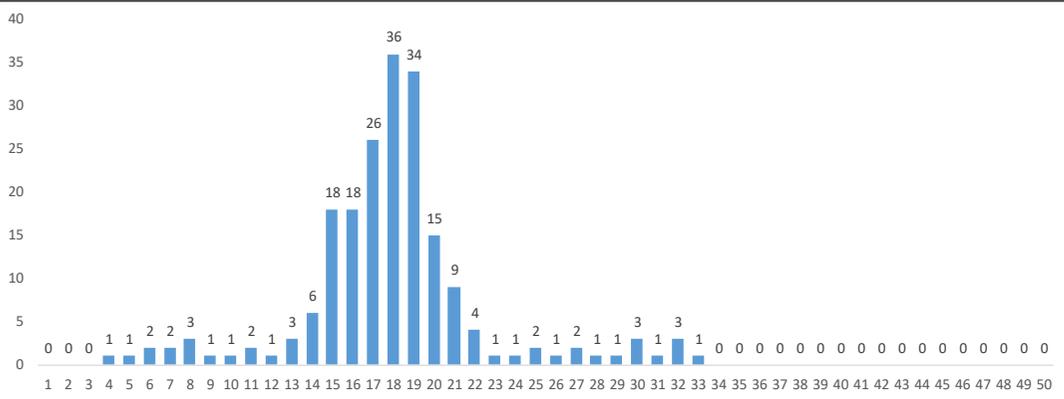
Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.

	Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA–2019"		HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN																																																																																																																																																																																																																																					
		Cod: E17-CI Del 29+000 Al 29+400																																																																																																																																																																																																																																						
Proyecto: Tesis: Evaluación del nivel de servicio.	Operador: J.H.C.C. Auxiliar: R.U.P.F. Fecha: 19/04/2019																																																																																																																																																																																																																																							
Tramo: Cerro de Pasco - Yanahuanca Carril: Izquierdo																																																																																																																																																																																																																																								
Ensayo N°: E17-CI Inicio Km: 29+000 Fin Km: 29+400																																																																																																																																																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th></tr> <tr><th>1</th><td>31</td><td>29</td><td>29</td><td>19</td><td>29</td><td>28</td><td>30</td><td>28</td><td>28</td><td>31</td></tr> <tr><th>2</th><td>31</td><td>28</td><td>33</td><td>28</td><td>28</td><td>28</td><td>27</td><td>26</td><td>29</td><td>25</td></tr> <tr><th>3</th><td>19</td><td>27</td><td>28</td><td>27</td><td>29</td><td>27</td><td>27</td><td>28</td><td>31</td><td>28</td></tr> <tr><th>4</th><td>32</td><td>27</td><td>30</td><td>28</td><td>31</td><td>26</td><td>30</td><td>29</td><td>32</td><td>26</td></tr> <tr><th>5</th><td>29</td><td>30</td><td>26</td><td>29</td><td>30</td><td>28</td><td>32</td><td>28</td><td>24</td><td>25</td></tr> <tr><th>6</th><td>27</td><td>25</td><td>24</td><td>26</td><td>28</td><td>21</td><td>22</td><td>22</td><td>23</td><td>24</td></tr> <tr><th>7</th><td>26</td><td>29</td><td>29</td><td>26</td><td>21</td><td>25</td><td>20</td><td>23</td><td>23</td><td>24</td></tr> <tr><th>8</th><td>28</td><td>25</td><td>20</td><td>25</td><td>29</td><td>17</td><td>30</td><td>27</td><td>31</td><td>26</td></tr> <tr><th>9</th><td>37</td><td>27</td><td>31</td><td>28</td><td>28</td><td>28</td><td>31</td><td>27</td><td>30</td><td>30</td></tr> <tr><th>10</th><td>25</td><td>26</td><td>30</td><td>26</td><td>28</td><td>27</td><td>30</td><td>25</td><td>31</td><td>27</td></tr> <tr><th>11</th><td>30</td><td>18</td><td>28</td><td>18</td><td>30</td><td>26</td><td>18</td><td>30</td><td>37</td><td>27</td></tr> <tr><th>12</th><td>29</td><td>29</td><td>30</td><td>28</td><td>31</td><td>27</td><td>27</td><td>28</td><td>32</td><td>26</td></tr> <tr><th>13</th><td>27</td><td>20</td><td>30</td><td>25</td><td>35</td><td>35</td><td>35</td><td>26</td><td>20</td><td>28</td></tr> <tr><th>14</th><td>31</td><td>26</td><td>31</td><td>30</td><td>27</td><td>26</td><td>28</td><td>27</td><td>30</td><td>27</td></tr> <tr><th>15</th><td>30</td><td>20</td><td>30</td><td>26</td><td>29</td><td>17</td><td>31</td><td>29</td><td>25</td><td>32</td></tr> <tr><th>16</th><td>32</td><td>25</td><td>29</td><td>17</td><td>17</td><td>38</td><td>30</td><td>28</td><td>27</td><td>29</td></tr> <tr><th>17</th><td>29</td><td>30</td><td>30</td><td>27</td><td>33</td><td>27</td><td>29</td><td>20</td><td>30</td><td>28</td></tr> <tr><th>18</th><td>28</td><td>28</td><td>29</td><td>28</td><td>28</td><td>35</td><td>31</td><td>34</td><td>17</td><td>29</td></tr> <tr><th>19</th><td>30</td><td>29</td><td>28</td><td>27</td><td>30</td><td>28</td><td>28</td><td>26</td><td>31</td><td>28</td></tr> <tr><th>20</th><td>22</td><td>27</td><td>24</td><td>25</td><td>29</td><td>27</td><td>30</td><td>27</td><td>29</td><td>27</td></tr> </table>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	31	29	29	19	29	28	30	28	28	31	2	31	28	33	28	28	28	27	26	29	25	3	19	27	28	27	29	27	27	28	31	28	4	32	27	30	28	31	26	30	29	32	26	5	29	30	26	29	30	28	32	28	24	25	6	27	25	24	26	28	21	22	22	23	24	7	26	29	29	26	21	25	20	23	23	24	8	28	25	20	25	29	17	30	27	31	26	9	37	27	31	28	28	28	31	27	30	30	10	25	26	30	26	28	27	30	25	31	27	11	30	18	28	18	30	26	18	30	37	27	12	29	29	30	28	31	27	27	28	32	26	13	27	20	30	25	35	35	35	26	20	28	14	31	26	31	30	27	26	28	27	30	27	15	30	20	30	26	29	17	31	29	25	32	16	32	25	29	17	17	38	30	28	27	29	17	29	30	30	27	33	27	29	20	30	28	18	28	28	29	28	28	35	31	34	17	29	19	30	29	28	27	30	28	28	26	31	28	20	22	27	24	25	29	27	30	27	29	27	Tipo de Pavimento Afirmado <input type="checkbox"/> Base granular <input type="checkbox"/> Base imprimada <input type="checkbox"/> Trat. Bicapa <input type="checkbox"/> Carpeta en frío <input checked="" type="checkbox"/> X Carpeta en caliente <input type="checkbox"/> Recapeo asfáltico <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																																																																														
1	31	29	29	19	29	28	30	28	28	31																																																																																																																																																																																																																														
2	31	28	33	28	28	28	27	26	29	25																																																																																																																																																																																																																														
3	19	27	28	27	29	27	27	28	31	28																																																																																																																																																																																																																														
4	32	27	30	28	31	26	30	29	32	26																																																																																																																																																																																																																														
5	29	30	26	29	30	28	32	28	24	25																																																																																																																																																																																																																														
6	27	25	24	26	28	21	22	22	23	24																																																																																																																																																																																																																														
7	26	29	29	26	21	25	20	23	23	24																																																																																																																																																																																																																														
8	28	25	20	25	29	17	30	27	31	26																																																																																																																																																																																																																														
9	37	27	31	28	28	28	31	27	30	30																																																																																																																																																																																																																														
10	25	26	30	26	28	27	30	25	31	27																																																																																																																																																																																																																														
11	30	18	28	18	30	26	18	30	37	27																																																																																																																																																																																																																														
12	29	29	30	28	31	27	27	28	32	26																																																																																																																																																																																																																														
13	27	20	30	25	35	35	35	26	20	28																																																																																																																																																																																																																														
14	31	26	31	30	27	26	28	27	30	27																																																																																																																																																																																																																														
15	30	20	30	26	29	17	31	29	25	32																																																																																																																																																																																																																														
16	32	25	29	17	17	38	30	28	27	29																																																																																																																																																																																																																														
17	29	30	30	27	33	27	29	20	30	28																																																																																																																																																																																																																														
18	28	28	29	28	28	35	31	34	17	29																																																																																																																																																																																																																														
19	30	29	28	27	30	28	28	26	31	28																																																																																																																																																																																																																														
20	22	27	24	25	29	27	30	27	29	27																																																																																																																																																																																																																														
Observaciones: LI: 28 Espesor de Pastilla: 5 mm LF: 18 Numero de Datos: 200 Relación de brazos: 1:10 RB: 1			<p>ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>RANGO D (En Unidades):</td><td style="text-align: right;">13.00</td></tr> <tr><td>RANGO D (En mm):</td><td style="text-align: right;">65.00</td></tr> <tr><td>FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):</td><td style="text-align: right;">1.00</td></tr> <tr><td>RANGO D CORREGIDO:</td><td style="text-align: right;">65.00</td></tr> <tr><td>IRI (m/km):</td><td style="text-align: right;">3.65</td></tr> <tr><td>PSI:</td><td style="text-align: right;">2.57</td></tr> </table> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 2px;">SERVICIABILIDAD REGULAR</p>	RANGO D (En Unidades):	13.00	RANGO D (En mm):	65.00	FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.00	RANGO D CORREGIDO:	65.00	IRI (m/km):	3.65	PSI:	2.57																																																																																																																																																																																																																									
RANGO D (En Unidades):	13.00																																																																																																																																																																																																																																							
RANGO D (En mm):	65.00																																																																																																																																																																																																																																							
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.00																																																																																																																																																																																																																																							
RANGO D CORREGIDO:	65.00																																																																																																																																																																																																																																							
IRI (m/km):	3.65																																																																																																																																																																																																																																							
PSI:	2.57																																																																																																																																																																																																																																							
			<p>Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO: $F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$ Rango D corregido = Rango D x FC x RB</p> <p>Para el cálculo del IRI: a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$ entonces: $IRI = 0.593 + 0.0471 D (1)$ b) Cuando $IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces: $IRI = 0.0485 D (2)$</p> <p>Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>0-1</td><td>MUY MALO</td></tr> <tr><td>1-2</td><td>MALO</td></tr> <tr><td>2-3</td><td>REGULAR</td></tr> <tr><td>3-4</td><td>BUENO</td></tr> <tr><td>4-5</td><td>MUY BUENO</td></tr> </table>	0-1	MUY MALO	1-2	MALO	2-3	REGULAR	3-4	BUENO	4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																											
0-1	MUY MALO																																																																																																																																																																																																																																							
1-2	MALO																																																																																																																																																																																																																																							
2-3	REGULAR																																																																																																																																																																																																																																							
3-4	BUENO																																																																																																																																																																																																																																							
4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																																							

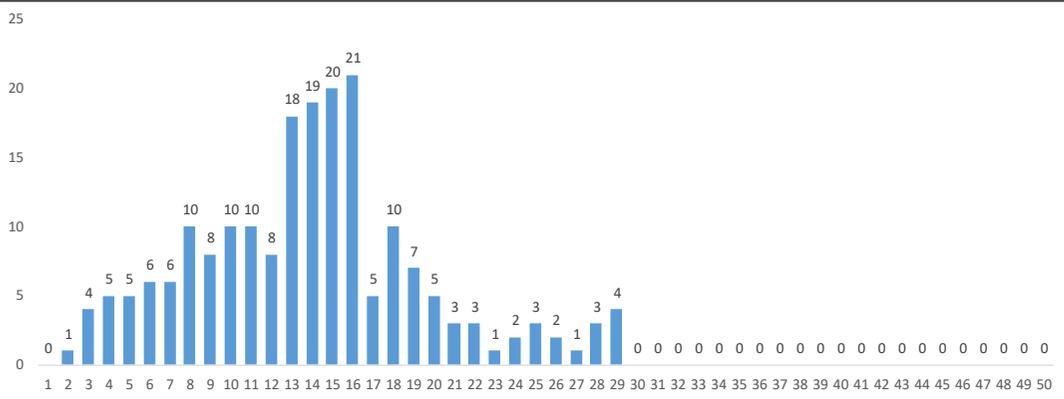
Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.

	Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA–2019"																																																																																																																																																																																																																																								
		Cod: E18-CI Del 30+800 Al 31+200																																																																																																																																																																																																																																							
Proyecto: Tesis: Evaluación del nivel de servicio. Tramo: Cerro de Pasco - Yanahuanca Carril: Izquierdo	Operador: J.H.C.C. Auxiliar: R.U.P.F. Fecha: 19/04/2019																																																																																																																																																																																																																																								
Ensayo N°: E18-CI Inicio Km: 30+800 Fin Km: 31+200																																																																																																																																																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th></tr> <tr><th>1</th><td>18</td><td>18</td><td>17</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>16</td><td>19</td><td>19</td><td>19</td></tr> <tr><th>2</th><td>19</td><td>17</td><td>21</td><td>21</td><td>15</td><td>29</td><td>17</td><td>20</td><td>18</td><td>23</td></tr> <tr><th>3</th><td>17</td><td>22</td><td>15</td><td>19</td><td>14</td><td>19</td><td>17</td><td>16</td><td>16</td><td>18</td></tr> <tr><th>4</th><td>17</td><td>19</td><td>21</td><td>20</td><td>15</td><td>15</td><td>18</td><td>21</td><td>25</td><td>24</td></tr> <tr><th>5</th><td>21</td><td>28</td><td>31</td><td>33</td><td>32</td><td>20</td><td>17</td><td>18</td><td>9</td><td>15</td></tr> <tr><th>6</th><td>18</td><td>18</td><td>16</td><td>19</td><td>15</td><td>22</td><td>19</td><td>18</td><td>16</td><td>17</td></tr> <tr><th>7</th><td>15</td><td>19</td><td>25</td><td>17</td><td>18</td><td>32</td><td>10</td><td>19</td><td>13</td><td>19</td></tr> <tr><th>8</th><td>19</td><td>18</td><td>17</td><td>18</td><td>20</td><td>22</td><td>8</td><td>18</td><td>19</td><td>18</td></tr> <tr><th>9</th><td>20</td><td>20</td><td>18</td><td>16</td><td>17</td><td>6</td><td>15</td><td>20</td><td>18</td><td>20</td></tr> <tr><th>10</th><td>17</td><td>26</td><td>7</td><td>19</td><td>32</td><td>17</td><td>14</td><td>16</td><td>20</td><td>19</td></tr> <tr><th>11</th><td>18</td><td>21</td><td>16</td><td>18</td><td>18</td><td>19</td><td>14</td><td>30</td><td>18</td><td>15</td></tr> <tr><th>12</th><td>17</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>17</td><td>18</td><td>18</td><td>15</td><td>30</td><td>16</td></tr> <tr><th>13</th><td>16</td><td>17</td><td>16</td><td>20</td><td>11</td><td>17</td><td>17</td><td>18</td><td>14</td><td>17</td></tr> <tr><th>14</th><td>15</td><td>19</td><td>19</td><td>4</td><td>27</td><td>19</td><td>8</td><td>19</td><td>17</td><td>15</td></tr> <tr><th>15</th><td>15</td><td>7</td><td>18</td><td>20</td><td>27</td><td>18</td><td>16</td><td>21</td><td>18</td><td>19</td></tr> <tr><th>16</th><td>13</td><td>22</td><td>16</td><td>19</td><td>5</td><td>19</td><td>15</td><td>6</td><td>15</td><td>21</td></tr> <tr><th>17</th><td>14</td><td>19</td><td>17</td><td>16</td><td>20</td><td>20</td><td>8</td><td>18</td><td>17</td><td>15</td></tr> <tr><th>18</th><td>12</td><td>19</td><td>18</td><td>19</td><td>19</td><td>21</td><td>13</td><td>30</td><td>18</td><td>20</td></tr> <tr><th>19</th><td>18</td><td>18</td><td>18</td><td>18</td><td>18</td><td>16</td><td>11</td><td>19</td><td>20</td><td>19</td></tr> <tr><th>20</th><td>18</td><td>16</td><td>16</td><td>19</td><td>17</td><td>19</td><td>14</td><td>17</td><td>19</td><td>15</td></tr> </table>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	18	18	17	15	16	17	16	19	19	19	2	19	17	21	21	15	29	17	20	18	23	3	17	22	15	19	14	19	17	16	16	18	4	17	19	21	20	15	15	18	21	25	24	5	21	28	31	33	32	20	17	18	9	15	6	18	18	16	19	15	22	19	18	16	17	7	15	19	25	17	18	32	10	19	13	19	8	19	18	17	18	20	22	8	18	19	18	9	20	20	18	16	17	6	15	20	18	20	10	17	26	7	19	32	17	14	16	20	19	11	18	21	16	18	18	19	14	30	18	15	12	17	17	18	19	17	18	18	15	30	16	13	16	17	16	20	11	17	17	18	14	17	14	15	19	19	4	27	19	8	19	17	15	15	15	7	18	20	27	18	16	21	18	19	16	13	22	16	19	5	19	15	6	15	21	17	14	19	17	16	20	20	8	18	17	15	18	12	19	18	19	19	21	13	30	18	20	19	18	18	18	18	18	16	11	19	20	19	20	18	16	16	19	17	19	14	17	19	15	Tipo de Pavimento Afirmado <input type="checkbox"/> Base granular <input type="checkbox"/> Base imprimada <input type="checkbox"/> Trat. Bicapa <input type="checkbox"/> Carpeta en frío <input checked="" type="checkbox"/> X Carpeta en caliente <input type="checkbox"/> Recapeo asfáltico <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>	<p style="text-align: center;">HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN</p> 
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																																																																															
1	18	18	17	15	16	17	16	19	19	19																																																																																																																																																																																																																															
2	19	17	21	21	15	29	17	20	18	23																																																																																																																																																																																																																															
3	17	22	15	19	14	19	17	16	16	18																																																																																																																																																																																																																															
4	17	19	21	20	15	15	18	21	25	24																																																																																																																																																																																																																															
5	21	28	31	33	32	20	17	18	9	15																																																																																																																																																																																																																															
6	18	18	16	19	15	22	19	18	16	17																																																																																																																																																																																																																															
7	15	19	25	17	18	32	10	19	13	19																																																																																																																																																																																																																															
8	19	18	17	18	20	22	8	18	19	18																																																																																																																																																																																																																															
9	20	20	18	16	17	6	15	20	18	20																																																																																																																																																																																																																															
10	17	26	7	19	32	17	14	16	20	19																																																																																																																																																																																																																															
11	18	21	16	18	18	19	14	30	18	15																																																																																																																																																																																																																															
12	17	17	18	19	17	18	18	15	30	16																																																																																																																																																																																																																															
13	16	17	16	20	11	17	17	18	14	17																																																																																																																																																																																																																															
14	15	19	19	4	27	19	8	19	17	15																																																																																																																																																																																																																															
15	15	7	18	20	27	18	16	21	18	19																																																																																																																																																																																																																															
16	13	22	16	19	5	19	15	6	15	21																																																																																																																																																																																																																															
17	14	19	17	16	20	20	8	18	17	15																																																																																																																																																																																																																															
18	12	19	18	19	19	21	13	30	18	20																																																																																																																																																																																																																															
19	18	18	18	18	18	16	11	19	20	19																																																																																																																																																																																																																															
20	18	16	16	19	17	19	14	17	19	15																																																																																																																																																																																																																															
Observaciones: LI: 22 Espesor de Pastilla: 5 mm LF: 14 Numero de Datos: 200 Relación de brazos: 1:10 RB: 1		<p style="text-align: center;">ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>RANGO D (En Unidades):</td><td style="text-align: right;">18.00</td></tr> <tr><td>RANGO D (En mm):</td><td style="text-align: right;">90.00</td></tr> <tr><td>FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):</td><td style="text-align: right;">1.25</td></tr> <tr><td>RANGO D CORREGIDO:</td><td style="text-align: right;">112.50</td></tr> <tr><td>IRI (m/km):</td><td style="text-align: right;">5.89</td></tr> <tr><td>PSI:</td><td style="text-align: right;">1.71</td></tr> <tr><td>SERVICIABILIDAD</td><td style="text-align: right;">MALO</td></tr> </table>		RANGO D (En Unidades):	18.00	RANGO D (En mm):	90.00	FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.25	RANGO D CORREGIDO:	112.50	IRI (m/km):	5.89	PSI:	1.71	SERVICIABILIDAD	MALO																																																																																																																																																																																																																								
RANGO D (En Unidades):	18.00																																																																																																																																																																																																																																								
RANGO D (En mm):	90.00																																																																																																																																																																																																																																								
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.25																																																																																																																																																																																																																																								
RANGO D CORREGIDO:	112.50																																																																																																																																																																																																																																								
IRI (m/km):	5.89																																																																																																																																																																																																																																								
PSI:	1.71																																																																																																																																																																																																																																								
SERVICIABILIDAD	MALO																																																																																																																																																																																																																																								
		Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO: $F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$ Rango D corregido = Rango D x FC x RB Para el cálculo del IRI: a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$ entonces: $IRI = 0.593 + 0.0471 D (1)$ b) Cuando $IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces: $IRI = 0.0485 D (2)$ Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad: $PSI = \frac{5}{e^{(5.5 \times IRI)}}$ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>0-1</td><td>MUY MALO</td></tr> <tr><td>1-2</td><td>MALO</td></tr> <tr><td>2-3</td><td>REGULAR</td></tr> <tr><td>3-4</td><td>BUENO</td></tr> <tr><td>4-5</td><td>MUY BUENO</td></tr> </table>		0-1	MUY MALO	1-2	MALO	2-3	REGULAR	3-4	BUENO	4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																												
0-1	MUY MALO																																																																																																																																																																																																																																								
1-2	MALO																																																																																																																																																																																																																																								
2-3	REGULAR																																																																																																																																																																																																																																								
3-4	BUENO																																																																																																																																																																																																																																								
4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																																								

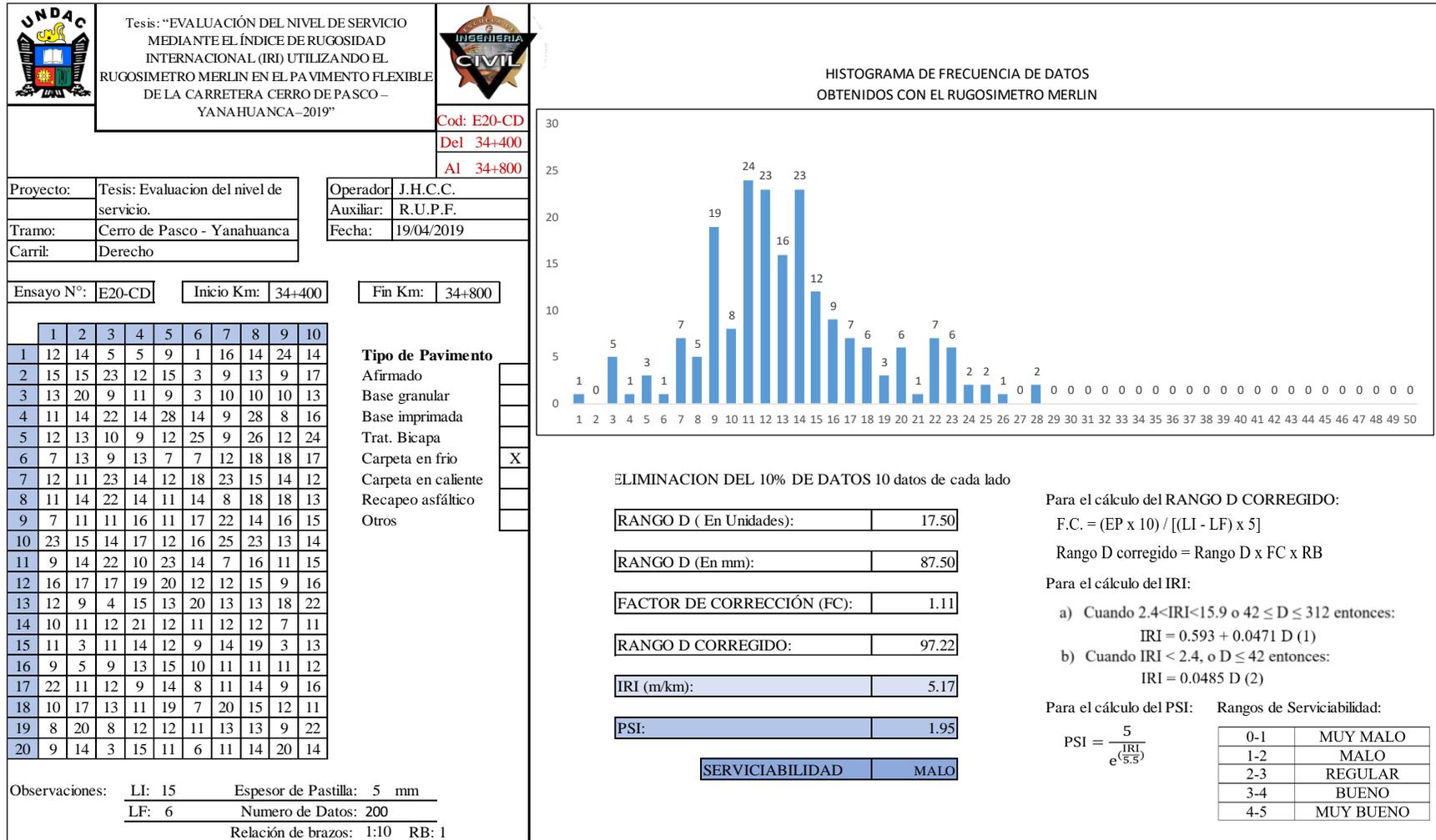
Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.

	Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA–2019"																																																																																																																																																																																																																																																																																		
		Cod: E19-CI Del 32+600 Al 33+000	HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN																																																																																																																																																																																																																																																																																
Proyecto: Tesis: Evaluación del nivel de servicio. Tramo: Cerro de Pasco - Yanahuanca Carril: Izquierdo	Operador: J.H.C.C. Auxiliar: R.U.P.F. Fecha: 19/04/2019																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Ensayo N°: E19-CI Inicio Km: 32+600 Fin Km: 33+000	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 5%;">1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th> <th colspan="2" style="text-align: left;">Tipo de Pavimento</th> </tr> <tr> <td>1</td><td>11</td><td>13</td><td>29</td><td>13</td><td>27</td><td>9</td><td>16</td><td>28</td><td>25</td><td>28</td> <td>Afirmado</td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>2</td><td>15</td><td>12</td><td>7</td><td>16</td><td>8</td><td>15</td><td>18</td><td>15</td><td>15</td><td>16</td> <td>Base granular</td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>3</td><td>13</td><td>14</td><td>16</td><td>16</td><td>29</td><td>25</td><td>14</td><td>20</td><td>12</td><td>15</td> <td>Base imprimada</td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>4</td><td>2</td><td>19</td><td>13</td><td>24</td><td>11</td><td>4</td><td>11</td><td>20</td><td>14</td><td>15</td> <td>Trat. Bicapa</td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>5</td><td>14</td><td>14</td><td>4</td><td>10</td><td>15</td><td>18</td><td>9</td><td>15</td><td>18</td><td>13</td> <td>Carpeta en frío</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>6</td><td>12</td><td>29</td><td>25</td><td>26</td><td>6</td><td>20</td><td>10</td><td>19</td><td>6</td><td>16</td> <td>Carpeta en caliente</td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>7</td><td>11</td><td>29</td><td>15</td><td>14</td><td>11</td><td>5</td><td>28</td><td>17</td><td>7</td><td>18</td> <td>Recapeo asfáltico</td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>8</td><td>14</td><td>24</td><td>5</td><td>16</td><td>3</td><td>16</td><td>20</td><td>8</td><td>14</td><td>14</td> <td>Otros</td><td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>9</td><td>22</td><td>26</td><td>4</td><td>19</td><td>12</td><td>4</td><td>11</td><td>22</td><td>10</td><td>8</td> <td></td><td></td> </tr> <tr> <td>10</td><td>15</td><td>18</td><td>4</td><td>18</td><td>9</td><td>19</td><td>13</td><td>3</td><td>21</td><td>18</td> <td></td><td></td> </tr> <tr> <td>11</td><td>14</td><td>5</td><td>14</td><td>16</td><td>3</td><td>5</td><td>14</td><td>15</td><td>7</td><td>16</td> <td></td><td></td> </tr> <tr> <td>12</td><td>13</td><td>21</td><td>17</td><td>15</td><td>18</td><td>19</td><td>13</td><td>21</td><td>6</td><td>16</td> <td></td><td></td> </tr> <tr> <td>13</td><td>5</td><td>16</td><td>10</td><td>14</td><td>13</td><td>6</td><td>9</td><td>3</td><td>14</td><td>15</td> <td></td><td></td> </tr> <tr> <td>14</td><td>7</td><td>10</td><td>13</td><td>10</td><td>14</td><td>16</td><td>10</td><td>15</td><td>15</td><td>8</td> <td></td><td></td> </tr> <tr> <td>15</td><td>13</td><td>8</td><td>6</td><td>9</td><td>9</td><td>16</td><td>15</td><td>17</td><td>13</td><td>16</td> <td></td><td></td> </tr> <tr> <td>16</td><td>22</td><td>12</td><td>10</td><td>11</td><td>6</td><td>23</td><td>13</td><td>16</td><td>10</td><td>16</td> <td></td><td></td> </tr> <tr> <td>17</td><td>7</td><td>18</td><td>12</td><td>16</td><td>13</td><td>16</td><td>10</td><td>19</td><td>15</td><td>14</td> <td></td><td></td> </tr> <tr> <td>18</td><td>14</td><td>13</td><td>15</td><td>17</td><td>11</td><td>9</td><td>18</td><td>16</td><td>11</td><td>8</td> <td></td><td></td> </tr> <tr> <td>19</td><td>11</td><td>16</td><td>13</td><td>20</td><td>9</td><td>17</td><td>13</td><td>14</td><td>12</td><td>15</td> <td></td><td></td> </tr> <tr> <td>20</td><td>12</td><td>8</td><td>13</td><td>8</td><td>8</td><td>19</td><td>14</td><td>15</td><td>7</td><td>8</td> <td></td><td></td> </tr> </table>			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tipo de Pavimento		1	11	13	29	13	27	9	16	28	25	28	Afirmado	<input type="checkbox"/>	2	15	12	7	16	8	15	18	15	15	16	Base granular	<input type="checkbox"/>	3	13	14	16	16	29	25	14	20	12	15	Base imprimada	<input type="checkbox"/>	4	2	19	13	24	11	4	11	20	14	15	Trat. Bicapa	<input type="checkbox"/>	5	14	14	4	10	15	18	9	15	18	13	Carpeta en frío	<input checked="" type="checkbox"/>	6	12	29	25	26	6	20	10	19	6	16	Carpeta en caliente	<input type="checkbox"/>	7	11	29	15	14	11	5	28	17	7	18	Recapeo asfáltico	<input type="checkbox"/>	8	14	24	5	16	3	16	20	8	14	14	Otros	<input type="checkbox"/>	9	22	26	4	19	12	4	11	22	10	8			10	15	18	4	18	9	19	13	3	21	18			11	14	5	14	16	3	5	14	15	7	16			12	13	21	17	15	18	19	13	21	6	16			13	5	16	10	14	13	6	9	3	14	15			14	7	10	13	10	14	16	10	15	15	8			15	13	8	6	9	9	16	15	17	13	16			16	22	12	10	11	6	23	13	16	10	16			17	7	18	12	16	13	16	10	19	15	14			18	14	13	15	17	11	9	18	16	11	8			19	11	16	13	20	9	17	13	14	12	15			20	12	8	13	8	8	19	14	15	7	8		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tipo de Pavimento																																																																																																																																																																																																																																																																									
1	11	13	29	13	27	9	16	28	25	28	Afirmado	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																							
2	15	12	7	16	8	15	18	15	15	16	Base granular	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																							
3	13	14	16	16	29	25	14	20	12	15	Base imprimada	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																							
4	2	19	13	24	11	4	11	20	14	15	Trat. Bicapa	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																							
5	14	14	4	10	15	18	9	15	18	13	Carpeta en frío	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																							
6	12	29	25	26	6	20	10	19	6	16	Carpeta en caliente	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																							
7	11	29	15	14	11	5	28	17	7	18	Recapeo asfáltico	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																							
8	14	24	5	16	3	16	20	8	14	14	Otros	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																							
9	22	26	4	19	12	4	11	22	10	8																																																																																																																																																																																																																																																																									
10	15	18	4	18	9	19	13	3	21	18																																																																																																																																																																																																																																																																									
11	14	5	14	16	3	5	14	15	7	16																																																																																																																																																																																																																																																																									
12	13	21	17	15	18	19	13	21	6	16																																																																																																																																																																																																																																																																									
13	5	16	10	14	13	6	9	3	14	15																																																																																																																																																																																																																																																																									
14	7	10	13	10	14	16	10	15	15	8																																																																																																																																																																																																																																																																									
15	13	8	6	9	9	16	15	17	13	16																																																																																																																																																																																																																																																																									
16	22	12	10	11	6	23	13	16	10	16																																																																																																																																																																																																																																																																									
17	7	18	12	16	13	16	10	19	15	14																																																																																																																																																																																																																																																																									
18	14	13	15	17	11	9	18	16	11	8																																																																																																																																																																																																																																																																									
19	11	16	13	20	9	17	13	14	12	15																																																																																																																																																																																																																																																																									
20	12	8	13	8	8	19	14	15	7	8																																																																																																																																																																																																																																																																									
Observaciones: LI: 19 Espesor de Pastilla: 5 mm LF: 12 Numero de Datos: 200 Relación de brazos: 1:10 RB: 1	<p>ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>RANGO D (En Unidades):</td> <td style="text-align: right;">21.00</td> </tr> <tr> <td>RANGO D (En mm):</td> <td style="text-align: right;">105.00</td> </tr> <tr> <td>FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):</td> <td style="text-align: right;">1.43</td> </tr> <tr> <td>RANGO D CORREGIDO:</td> <td style="text-align: right;">150.00</td> </tr> <tr> <td>IRI (m/km):</td> <td style="text-align: right;">7.66</td> </tr> <tr> <td>PSI:</td> <td style="text-align: right;">1.24</td> </tr> <tr> <td>SERVICIABILIDAD</td> <td style="text-align: right;">MALO</td> </tr> </table>			RANGO D (En Unidades):	21.00	RANGO D (En mm):	105.00	FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.43	RANGO D CORREGIDO:	150.00	IRI (m/km):	7.66	PSI:	1.24	SERVICIABILIDAD	MALO																																																																																																																																																																																																																																																																		
RANGO D (En Unidades):	21.00																																																																																																																																																																																																																																																																																		
RANGO D (En mm):	105.00																																																																																																																																																																																																																																																																																		
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.43																																																																																																																																																																																																																																																																																		
RANGO D CORREGIDO:	150.00																																																																																																																																																																																																																																																																																		
IRI (m/km):	7.66																																																																																																																																																																																																																																																																																		
PSI:	1.24																																																																																																																																																																																																																																																																																		
SERVICIABILIDAD	MALO																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	<p>Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO: $F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$ Rango D corregido = Rango D x FC x RB</p> <p>Para el cálculo del IRI:</p> <p>a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$ entonces: $IRI = 0.593 + 0.0471 D (1)$</p> <p>b) Cuando $IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces: $IRI = 0.0485 D (2)$</p> <p>Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">$PSI = \frac{5}{e^{(5.5 \times IRI)}}$</td> <td style="width: 50px;"></td> <td style="width: 100px;">0-1</td> <td>MUY MALO</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1-2</td> <td>MALO</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>2-3</td> <td>REGULAR</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>3-4</td> <td>BUENO</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>4-5</td> <td>MUY BUENO</td> </tr> </table>			$PSI = \frac{5}{e^{(5.5 \times IRI)}}$		0-1	MUY MALO			1-2	MALO			2-3	REGULAR			3-4	BUENO			4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																																																												
$PSI = \frac{5}{e^{(5.5 \times IRI)}}$		0-1	MUY MALO																																																																																																																																																																																																																																																																																
		1-2	MALO																																																																																																																																																																																																																																																																																
		2-3	REGULAR																																																																																																																																																																																																																																																																																
		3-4	BUENO																																																																																																																																																																																																																																																																																
		4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																																																																																

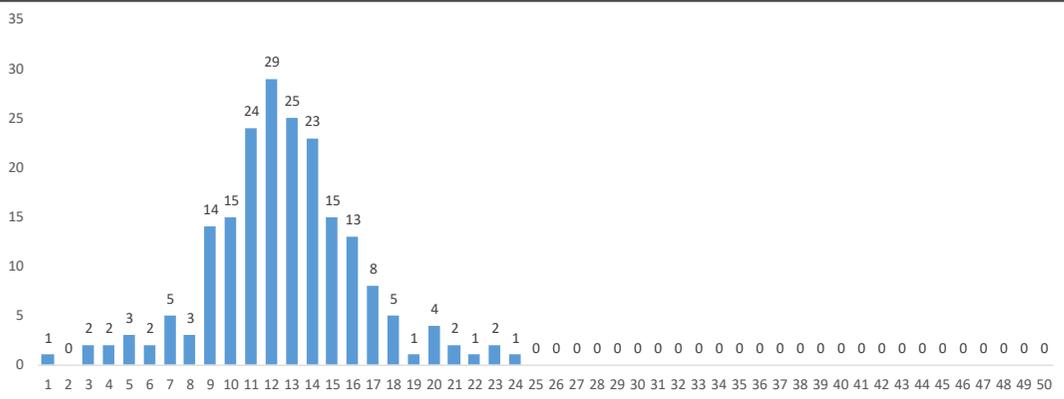
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 26: Resultado de la Muestra – E20
Carril derecho.



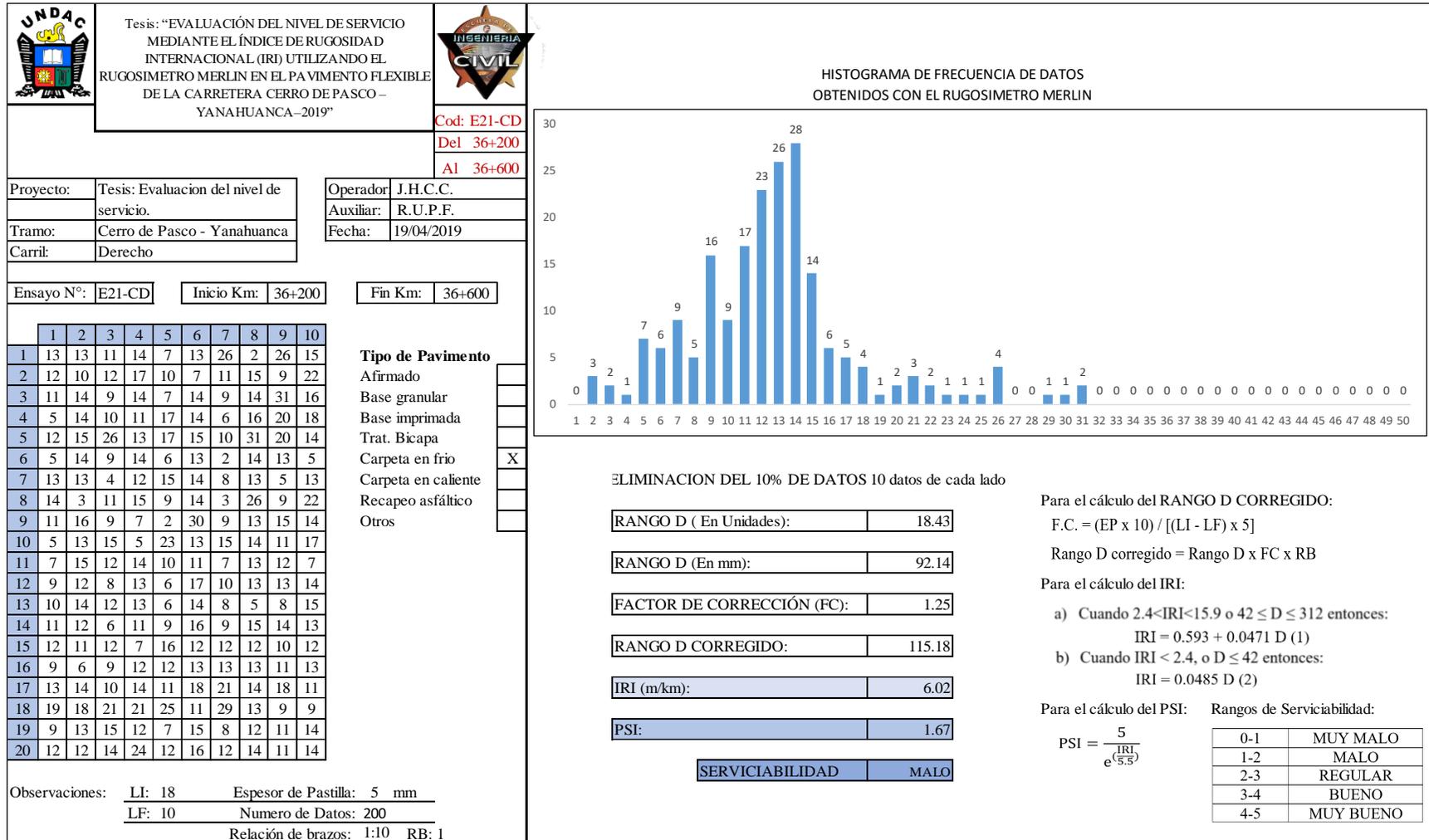
Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.

	Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA–2019"		HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN																																																																																																																																																																																																																																																								
	Cod: E20-CI Del 34+400 Al 34+800																																																																																																																																																																																																																																																										
Proyecto: Tesis: Evaluación del nivel de servicio. Tramo: Cerro de Pasco - Yanahuanca Carril: Izquierdo	Operador: J.H.C.C. Auxiliar: R.U.P.F. Fecha: 19/04/2019																																																																																																																																																																																																																																																										
Ensayo N°: E20-CI Inicio Km: 34+400 Fin Km: 34+800																																																																																																																																																																																																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th></tr> <tr><th>1</th><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>16</td><td>11</td><td>14</td><td>14</td><td>13</td><td>17</td><td>20</td></tr> <tr><th>2</th><td>12</td><td>14</td><td>8</td><td>23</td><td>16</td><td>6</td><td>16</td><td>14</td><td>4</td><td>12</td></tr> <tr><th>3</th><td>9</td><td>17</td><td>10</td><td>12</td><td>9</td><td>22</td><td>15</td><td>18</td><td>10</td><td>12</td></tr> <tr><th>4</th><td>11</td><td>13</td><td>12</td><td>10</td><td>13</td><td>9</td><td>12</td><td>20</td><td>15</td><td>14</td></tr> <tr><th>5</th><td>16</td><td>15</td><td>10</td><td>9</td><td>7</td><td>14</td><td>5</td><td>15</td><td>8</td><td>20</td></tr> <tr><th>6</th><td>4</td><td>14</td><td>16</td><td>13</td><td>10</td><td>21</td><td>9</td><td>23</td><td>1</td><td>17</td></tr> <tr><th>7</th><td>15</td><td>17</td><td>12</td><td>12</td><td>14</td><td>15</td><td>7</td><td>15</td><td>9</td><td>14</td></tr> <tr><th>8</th><td>18</td><td>16</td><td>10</td><td>14</td><td>12</td><td>7</td><td>3</td><td>12</td><td>10</td><td>17</td></tr> <tr><th>9</th><td>11</td><td>14</td><td>12</td><td>11</td><td>10</td><td>8</td><td>10</td><td>12</td><td>12</td><td>13</td></tr> <tr><th>10</th><td>12</td><td>13</td><td>11</td><td>18</td><td>11</td><td>9</td><td>12</td><td>19</td><td>15</td><td>14</td></tr> <tr><th>11</th><td>9</td><td>17</td><td>11</td><td>17</td><td>12</td><td>13</td><td>13</td><td>5</td><td>9</td><td>15</td></tr> <tr><th>12</th><td>13</td><td>11</td><td>12</td><td>14</td><td>11</td><td>11</td><td>12</td><td>18</td><td>11</td><td>16</td></tr> <tr><th>13</th><td>10</td><td>13</td><td>6</td><td>21</td><td>12</td><td>14</td><td>11</td><td>16</td><td>12</td><td>14</td></tr> <tr><th>14</th><td>12</td><td>9</td><td>11</td><td>13</td><td>11</td><td>13</td><td>24</td><td>17</td><td>10</td><td>20</td></tr> <tr><th>15</th><td>11</td><td>5</td><td>7</td><td>15</td><td>15</td><td>13</td><td>10</td><td>14</td><td>16</td><td>15</td></tr> <tr><th>16</th><td>12</td><td>13</td><td>13</td><td>12</td><td>16</td><td>12</td><td>16</td><td>15</td><td>9</td><td>14</td></tr> <tr><th>17</th><td>13</td><td>3</td><td>12</td><td>11</td><td>13</td><td>11</td><td>11</td><td>16</td><td>9</td><td>11</td></tr> <tr><th>18</th><td>12</td><td>14</td><td>14</td><td>16</td><td>11</td><td>14</td><td>9</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td></tr> <tr><th>19</th><td>9</td><td>13</td><td>11</td><td>13</td><td>12</td><td>15</td><td>10</td><td>15</td><td>14</td><td>14</td></tr> <tr><th>20</th><td>10</td><td>14</td><td>10</td><td>18</td><td>11</td><td>13</td><td>7</td><td>12</td><td>11</td><td>13</td></tr> </table>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	13	13	13	16	11	14	14	13	17	20	2	12	14	8	23	16	6	16	14	4	12	3	9	17	10	12	9	22	15	18	10	12	4	11	13	12	10	13	9	12	20	15	14	5	16	15	10	9	7	14	5	15	8	20	6	4	14	16	13	10	21	9	23	1	17	7	15	17	12	12	14	15	7	15	9	14	8	18	16	10	14	12	7	3	12	10	17	9	11	14	12	11	10	8	10	12	12	13	10	12	13	11	18	11	9	12	19	15	14	11	9	17	11	17	12	13	13	5	9	15	12	13	11	12	14	11	11	12	18	11	16	13	10	13	6	21	12	14	11	16	12	14	14	12	9	11	13	11	13	24	17	10	20	15	11	5	7	15	15	13	10	14	16	15	16	12	13	13	12	16	12	16	15	9	14	17	13	3	12	11	13	11	11	16	9	11	18	12	14	14	16	11	14	9	11	12	13	19	9	13	11	13	12	15	10	15	14	14	20	10	14	10	18	11	13	7	12	11	13	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2">Tipo de Pavimento</th></tr> <tr><td>Afirmado</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Base granular</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Base imprimada</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Trat. Bicapa</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Carpeta en frío</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Carpeta en caliente</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Recapeo asfáltico</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Otros</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	Tipo de Pavimento		Afirmado	<input type="checkbox"/>	Base granular	<input type="checkbox"/>	Base imprimada	<input type="checkbox"/>	Trat. Bicapa	<input type="checkbox"/>	Carpeta en frío	<input checked="" type="checkbox"/>	Carpeta en caliente	<input type="checkbox"/>	Recapeo asfáltico	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																																																																																																	
1	13	13	13	16	11	14	14	13	17	20																																																																																																																																																																																																																																																	
2	12	14	8	23	16	6	16	14	4	12																																																																																																																																																																																																																																																	
3	9	17	10	12	9	22	15	18	10	12																																																																																																																																																																																																																																																	
4	11	13	12	10	13	9	12	20	15	14																																																																																																																																																																																																																																																	
5	16	15	10	9	7	14	5	15	8	20																																																																																																																																																																																																																																																	
6	4	14	16	13	10	21	9	23	1	17																																																																																																																																																																																																																																																	
7	15	17	12	12	14	15	7	15	9	14																																																																																																																																																																																																																																																	
8	18	16	10	14	12	7	3	12	10	17																																																																																																																																																																																																																																																	
9	11	14	12	11	10	8	10	12	12	13																																																																																																																																																																																																																																																	
10	12	13	11	18	11	9	12	19	15	14																																																																																																																																																																																																																																																	
11	9	17	11	17	12	13	13	5	9	15																																																																																																																																																																																																																																																	
12	13	11	12	14	11	11	12	18	11	16																																																																																																																																																																																																																																																	
13	10	13	6	21	12	14	11	16	12	14																																																																																																																																																																																																																																																	
14	12	9	11	13	11	13	24	17	10	20																																																																																																																																																																																																																																																	
15	11	5	7	15	15	13	10	14	16	15																																																																																																																																																																																																																																																	
16	12	13	13	12	16	12	16	15	9	14																																																																																																																																																																																																																																																	
17	13	3	12	11	13	11	11	16	9	11																																																																																																																																																																																																																																																	
18	12	14	14	16	11	14	9	11	12	13																																																																																																																																																																																																																																																	
19	9	13	11	13	12	15	10	15	14	14																																																																																																																																																																																																																																																	
20	10	14	10	18	11	13	7	12	11	13																																																																																																																																																																																																																																																	
Tipo de Pavimento																																																																																																																																																																																																																																																											
Afirmado	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																										
Base granular	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																										
Base imprimada	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																										
Trat. Bicapa	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																										
Carpeta en frío	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																										
Carpeta en caliente	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																										
Recapeo asfáltico	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																										
Otros	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																										
Observaciones: LI: 15 Espesor de Pastilla: 5 mm LF: 6 Numero de Datos: 200 Relación de brazos: 1:10 RB: 1	ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>RANGO D (En Unidades):</td><td>13.00</td></tr> <tr><td>RANGO D (En mm):</td><td>65.00</td></tr> <tr><td>FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):</td><td>1.11</td></tr> <tr><td>RANGO D CORREGIDO:</td><td>72.22</td></tr> <tr><td>IRI (m/km):</td><td>3.99</td></tr> <tr><td>PSI:</td><td>2.42</td></tr> <tr><td>SERVICIABILIDAD</td><td>REGULAR</td></tr> </table>	RANGO D (En Unidades):	13.00	RANGO D (En mm):	65.00	FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.11	RANGO D CORREGIDO:	72.22	IRI (m/km):	3.99	PSI:	2.42	SERVICIABILIDAD	REGULAR	Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO: $F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$ Rango D corregido = Rango D x FC x RB Para el cálculo del IRI: a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$ entonces: $IRI = 0.593 + 0.0471 D (1)$ b) Cuando $IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces: $IRI = 0.0485 D (2)$ Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad: $PSI = \frac{5}{e^{(5.5 \times IRI)}}$ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>0-1</td><td>MUY MALO</td></tr> <tr><td>1-2</td><td>MALO</td></tr> <tr><td>2-3</td><td>REGULAR</td></tr> <tr><td>3-4</td><td>BUENO</td></tr> <tr><td>4-5</td><td>MUY BUENO</td></tr> </table>	0-1	MUY MALO	1-2	MALO	2-3	REGULAR	3-4	BUENO	4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																																	
RANGO D (En Unidades):	13.00																																																																																																																																																																																																																																																										
RANGO D (En mm):	65.00																																																																																																																																																																																																																																																										
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.11																																																																																																																																																																																																																																																										
RANGO D CORREGIDO:	72.22																																																																																																																																																																																																																																																										
IRI (m/km):	3.99																																																																																																																																																																																																																																																										
PSI:	2.42																																																																																																																																																																																																																																																										
SERVICIABILIDAD	REGULAR																																																																																																																																																																																																																																																										
0-1	MUY MALO																																																																																																																																																																																																																																																										
1-2	MALO																																																																																																																																																																																																																																																										
2-3	REGULAR																																																																																																																																																																																																																																																										
3-4	BUENO																																																																																																																																																																																																																																																										
4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																																																										

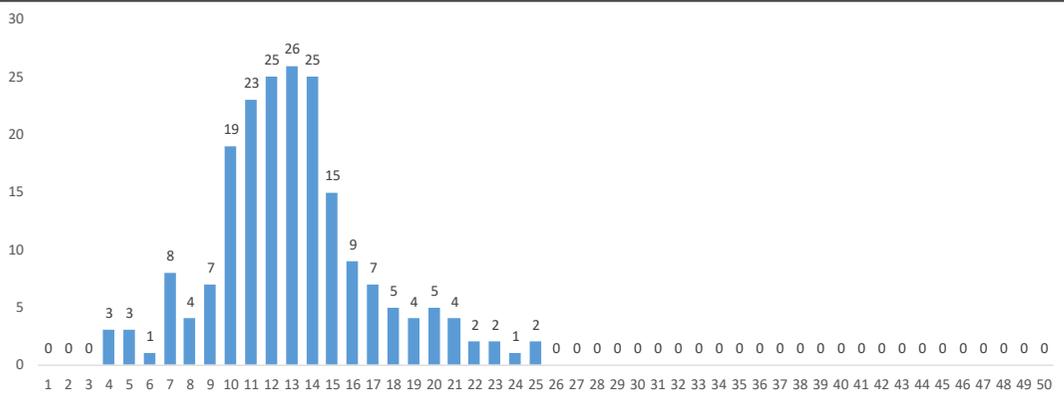
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 27: Resultado de la Muestra – E21
Carril derecho.



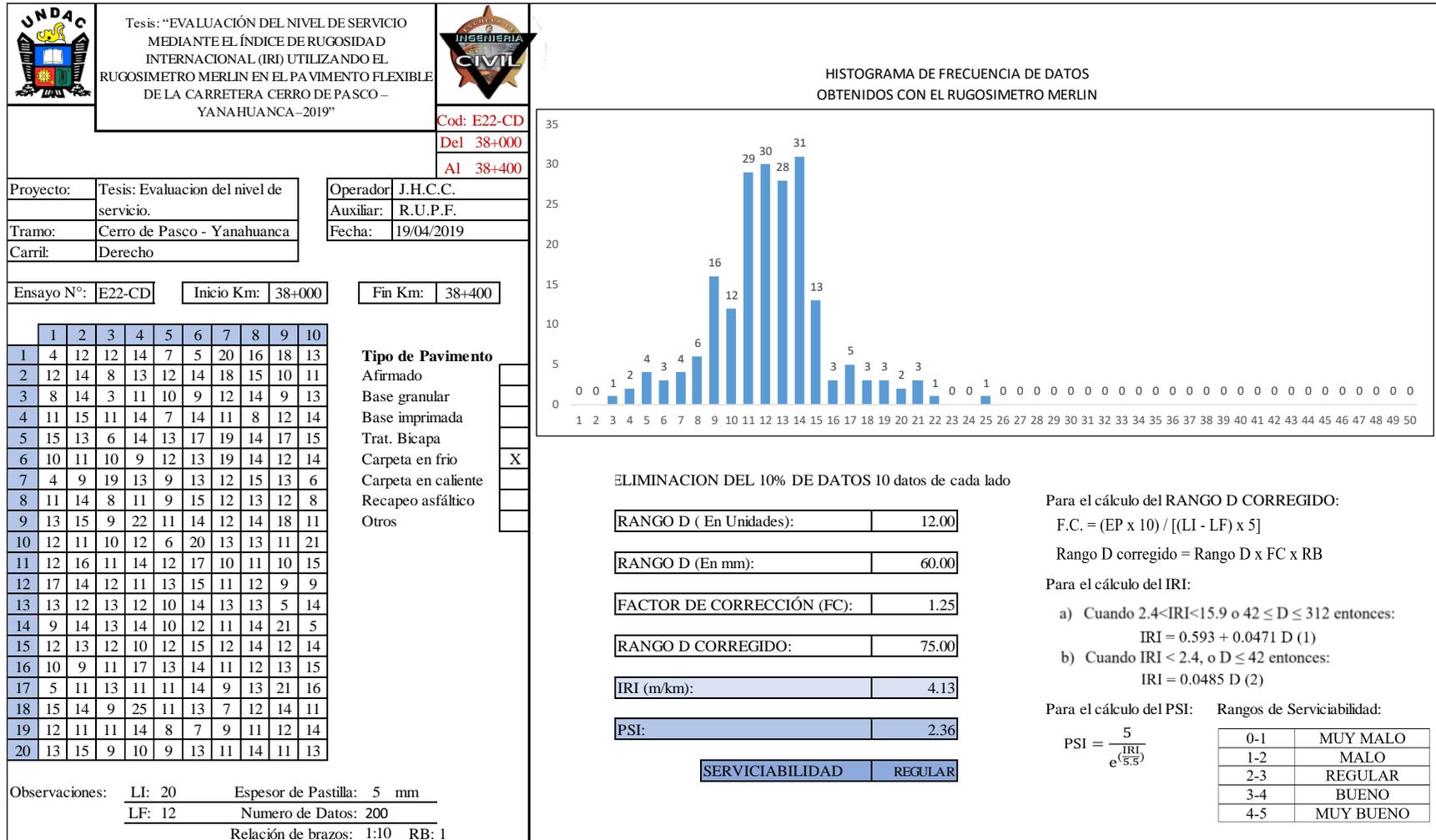
Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.

	Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA–2019"		HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN																																																																																																																																																																																																																																																													
	Cod: E21-CI Del 36+200 Al 36+600																																																																																																																																																																																																																																																															
Proyecto: Tesis: Evaluación del nivel de servicio. Tramo: Cerro de Pasco - Yanahuanca Carril: Izquierdo	Operador: J.H.C.C. Auxiliar: R.U.P.F. Fecha: 19/04/2019																																																																																																																																																																																																																																																															
Ensayo N°: E21-CI Inicio Km: 36+200 Fin Km: 36+600																																																																																																																																																																																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th></tr> <tr><th>1</th><td>12</td><td>14</td><td>10</td><td>21</td><td>7</td><td>14</td><td>19</td><td>14</td><td>10</td><td>19</td></tr> <tr><th>2</th><td>4</td><td>16</td><td>12</td><td>21</td><td>8</td><td>14</td><td>10</td><td>14</td><td>18</td><td>22</td></tr> <tr><th>3</th><td>11</td><td>15</td><td>13</td><td>15</td><td>10</td><td>13</td><td>16</td><td>18</td><td>11</td><td>14</td></tr> <tr><th>4</th><td>17</td><td>13</td><td>10</td><td>14</td><td>9</td><td>13</td><td>17</td><td>13</td><td>12</td><td>13</td></tr> <tr><th>5</th><td>11</td><td>12</td><td>14</td><td>15</td><td>10</td><td>16</td><td>13</td><td>7</td><td>12</td><td>15</td></tr> <tr><th>6</th><td>12</td><td>11</td><td>5</td><td>18</td><td>10</td><td>17</td><td>11</td><td>13</td><td>15</td><td>23</td></tr> <tr><th>7</th><td>15</td><td>14</td><td>11</td><td>11</td><td>10</td><td>14</td><td>7</td><td>12</td><td>6</td><td>13</td></tr> <tr><th>8</th><td>17</td><td>14</td><td>7</td><td>12</td><td>16</td><td>15</td><td>10</td><td>14</td><td>14</td><td>19</td></tr> <tr><th>9</th><td>9</td><td>13</td><td>21</td><td>9</td><td>11</td><td>14</td><td>8</td><td>15</td><td>16</td><td>20</td></tr> <tr><th>10</th><td>5</td><td>15</td><td>13</td><td>25</td><td>13</td><td>10</td><td>18</td><td>14</td><td>10</td><td>23</td></tr> <tr><th>11</th><td>12</td><td>13</td><td>24</td><td>18</td><td>14</td><td>13</td><td>9</td><td>13</td><td>11</td><td>11</td></tr> <tr><th>12</th><td>12</td><td>11</td><td>12</td><td>15</td><td>12</td><td>11</td><td>11</td><td>8</td><td>5</td><td>16</td></tr> <tr><th>13</th><td>11</td><td>14</td><td>9</td><td>16</td><td>7</td><td>11</td><td>17</td><td>11</td><td>9</td><td>15</td></tr> <tr><th>14</th><td>13</td><td>17</td><td>16</td><td>13</td><td>9</td><td>12</td><td>13</td><td>13</td><td>12</td><td>12</td></tr> <tr><th>15</th><td>12</td><td>11</td><td>10</td><td>25</td><td>17</td><td>7</td><td>15</td><td>12</td><td>20</td><td>7</td></tr> <tr><th>16</th><td>19</td><td>10</td><td>15</td><td>13</td><td>13</td><td>10</td><td>16</td><td>14</td><td>12</td><td>14</td></tr> <tr><th>17</th><td>13</td><td>14</td><td>11</td><td>20</td><td>4</td><td>14</td><td>10</td><td>13</td><td>4</td><td>10</td></tr> <tr><th>18</th><td>12</td><td>14</td><td>12</td><td>12</td><td>10</td><td>13</td><td>13</td><td>7</td><td>22</td><td>14</td></tr> <tr><th>19</th><td>11</td><td>14</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>20</td><td>12</td><td>12</td><td>8</td><td>20</td></tr> <tr><th>20</th><td>12</td><td>13</td><td>21</td><td>15</td><td>11</td><td>15</td><td>11</td><td>11</td><td>14</td><td>10</td></tr> </table>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	12	14	10	21	7	14	19	14	10	19	2	4	16	12	21	8	14	10	14	18	22	3	11	15	13	15	10	13	16	18	11	14	4	17	13	10	14	9	13	17	13	12	13	5	11	12	14	15	10	16	13	7	12	15	6	12	11	5	18	10	17	11	13	15	23	7	15	14	11	11	10	14	7	12	6	13	8	17	14	7	12	16	15	10	14	14	19	9	9	13	21	9	11	14	8	15	16	20	10	5	15	13	25	13	10	18	14	10	23	11	12	13	24	18	14	13	9	13	11	11	12	12	11	12	15	12	11	11	8	5	16	13	11	14	9	16	7	11	17	11	9	15	14	13	17	16	13	9	12	13	13	12	12	15	12	11	10	25	17	7	15	12	20	7	16	19	10	15	13	13	10	16	14	12	14	17	13	14	11	20	4	14	10	13	4	10	18	12	14	12	12	10	13	13	7	22	14	19	11	14	10	11	12	20	12	12	8	20	20	12	13	21	15	11	15	11	11	14	10	Tipo de Pavimento Afirmado <input type="checkbox"/> Base granular <input type="checkbox"/> Base imprimada <input type="checkbox"/> Trat. Bicapa <input type="checkbox"/> Carpeta en frío <input checked="" type="checkbox"/> X Carpeta en caliente <input type="checkbox"/> Recapeo asfáltico <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>	ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>RANGO D (En Unidades):</td><td style="text-align: right;">13.88</td></tr> <tr><td>RANGO D (En mm):</td><td style="text-align: right;">69.38</td></tr> <tr><td>FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):</td><td style="text-align: right;">1.25</td></tr> <tr><td>RANGO D CORREGIDO:</td><td style="text-align: right;">86.72</td></tr> <tr><td>IRI (m/km):</td><td style="text-align: right;">4.68</td></tr> <tr><td>PSI:</td><td style="text-align: right;">2.14</td></tr> </table> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 2px;">SERVICIABILIDAD REGULAR</p>	RANGO D (En Unidades):	13.88	RANGO D (En mm):	69.38	FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.25	RANGO D CORREGIDO:	86.72	IRI (m/km):	4.68	PSI:	2.14	Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO: $F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$ Rango D corregido = Rango D x FC x RB Para el cálculo del IRI: a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$ entonces: $IRI = 0.593 + 0.0471 D (1)$ b) Cuando $IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces: $IRI = 0.0485 D (2)$ Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad: $PSI = \frac{5}{e^{(5.5 \times IRI)}}$ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>0-1</td><td>MUY MALO</td></tr> <tr><td>1-2</td><td>MALO</td></tr> <tr><td>2-3</td><td>REGULAR</td></tr> <tr><td>3-4</td><td>BUENO</td></tr> <tr><td>4-5</td><td>MUY BUENO</td></tr> </table>	0-1	MUY MALO	1-2	MALO	2-3	REGULAR	3-4	BUENO	4-5	MUY BUENO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																																																																																																						
1	12	14	10	21	7	14	19	14	10	19																																																																																																																																																																																																																																																						
2	4	16	12	21	8	14	10	14	18	22																																																																																																																																																																																																																																																						
3	11	15	13	15	10	13	16	18	11	14																																																																																																																																																																																																																																																						
4	17	13	10	14	9	13	17	13	12	13																																																																																																																																																																																																																																																						
5	11	12	14	15	10	16	13	7	12	15																																																																																																																																																																																																																																																						
6	12	11	5	18	10	17	11	13	15	23																																																																																																																																																																																																																																																						
7	15	14	11	11	10	14	7	12	6	13																																																																																																																																																																																																																																																						
8	17	14	7	12	16	15	10	14	14	19																																																																																																																																																																																																																																																						
9	9	13	21	9	11	14	8	15	16	20																																																																																																																																																																																																																																																						
10	5	15	13	25	13	10	18	14	10	23																																																																																																																																																																																																																																																						
11	12	13	24	18	14	13	9	13	11	11																																																																																																																																																																																																																																																						
12	12	11	12	15	12	11	11	8	5	16																																																																																																																																																																																																																																																						
13	11	14	9	16	7	11	17	11	9	15																																																																																																																																																																																																																																																						
14	13	17	16	13	9	12	13	13	12	12																																																																																																																																																																																																																																																						
15	12	11	10	25	17	7	15	12	20	7																																																																																																																																																																																																																																																						
16	19	10	15	13	13	10	16	14	12	14																																																																																																																																																																																																																																																						
17	13	14	11	20	4	14	10	13	4	10																																																																																																																																																																																																																																																						
18	12	14	12	12	10	13	13	7	22	14																																																																																																																																																																																																																																																						
19	11	14	10	11	12	20	12	12	8	20																																																																																																																																																																																																																																																						
20	12	13	21	15	11	15	11	11	14	10																																																																																																																																																																																																																																																						
RANGO D (En Unidades):	13.88																																																																																																																																																																																																																																																															
RANGO D (En mm):	69.38																																																																																																																																																																																																																																																															
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.25																																																																																																																																																																																																																																																															
RANGO D CORREGIDO:	86.72																																																																																																																																																																																																																																																															
IRI (m/km):	4.68																																																																																																																																																																																																																																																															
PSI:	2.14																																																																																																																																																																																																																																																															
0-1	MUY MALO																																																																																																																																																																																																																																																															
1-2	MALO																																																																																																																																																																																																																																																															
2-3	REGULAR																																																																																																																																																																																																																																																															
3-4	BUENO																																																																																																																																																																																																																																																															
4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																																																															
Observaciones: LI: 18 Espesor de Pastilla: 5 mm LF: 10 Numero de Datos: 200 Relación de brazos: 1:10 RB: 1																																																																																																																																																																																																																																																																

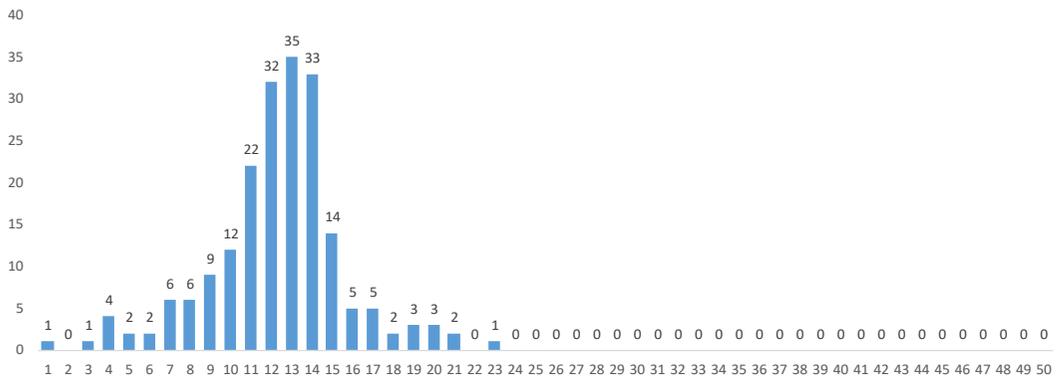
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 28: Resultado de la Muestra – E22
Carril derecho.



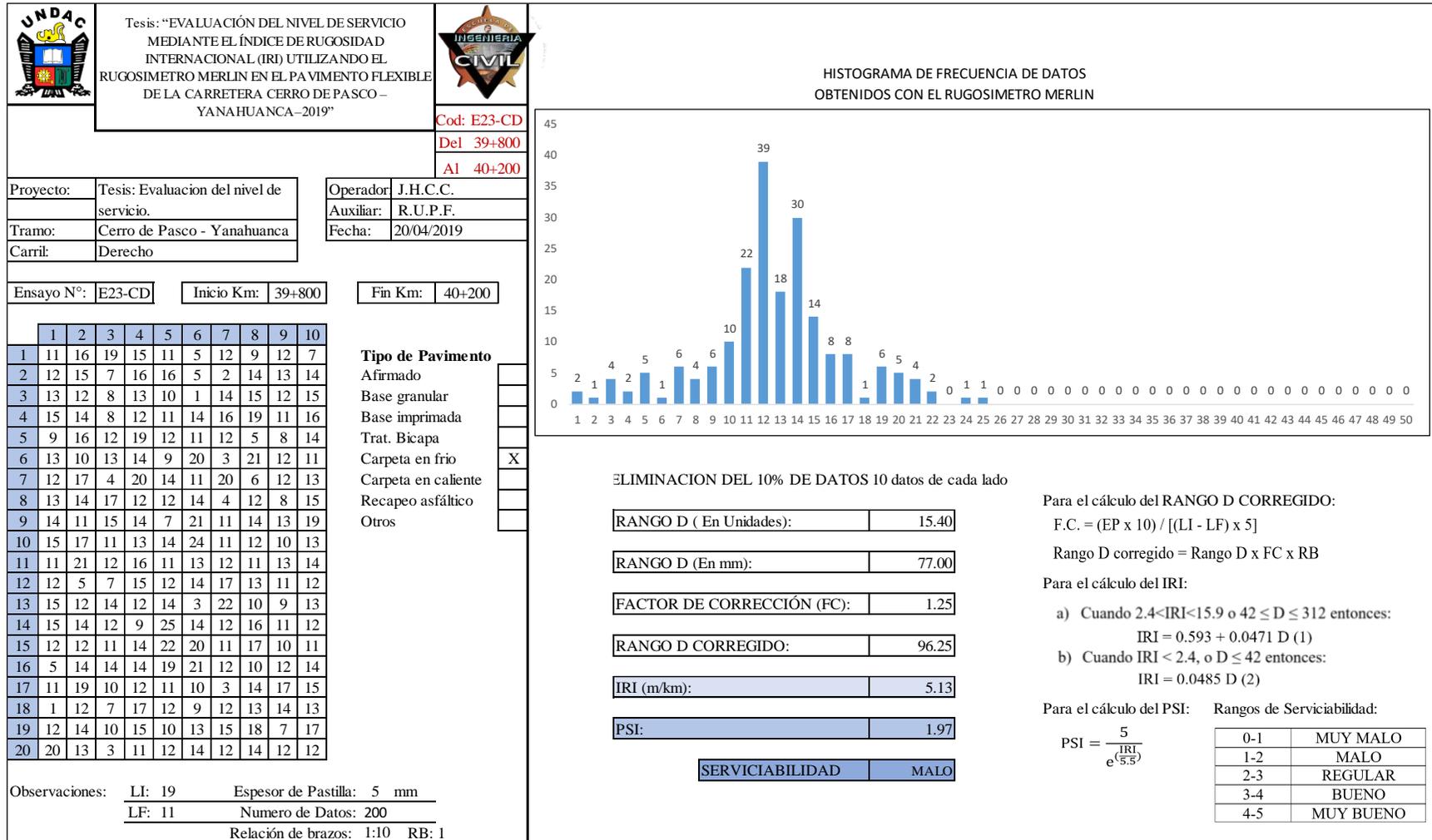
Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.

	Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO - YANAHUANCA - 2019"		HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN																																																																																																																																																																																																																																																													
		Cod: E22-CI Del 38+000 Al 38+400																																																																																																																																																																																																																																																														
Proyecto: Tesis: Evaluacion del nivel de servicio.	Operador: J.H.C.C.																																																																																																																																																																																																																																																															
Tramo: Cerro de Pasco - Yanahuanca	Auxiliar: R.U.P.F.																																																																																																																																																																																																																																																															
Carril: Izquierdo	Fecha: 19/04/2019																																																																																																																																																																																																																																																															
Ensayo N°: E22-CI	Inicio Km: 38+000	Fin Km: 38+400																																																																																																																																																																																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th></tr> <tr><th>1</th><td>17</td><td>14</td><td>15</td><td>17</td><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>14</td><td>12</td><td>10</td></tr> <tr><th>2</th><td>13</td><td>15</td><td>12</td><td>13</td><td>21</td><td>14</td><td>11</td><td>13</td><td>13</td><td>14</td></tr> <tr><th>3</th><td>11</td><td>14</td><td>13</td><td>11</td><td>15</td><td>13</td><td>12</td><td>15</td><td>4</td><td>15</td></tr> <tr><th>4</th><td>12</td><td>14</td><td>11</td><td>11</td><td>12</td><td>14</td><td>9</td><td>13</td><td>12</td><td>7</td></tr> <tr><th>5</th><td>11</td><td>18</td><td>9</td><td>12</td><td>12</td><td>13</td><td>12</td><td>14</td><td>19</td><td>14</td></tr> <tr><th>6</th><td>12</td><td>13</td><td>10</td><td>14</td><td>11</td><td>9</td><td>20</td><td>13</td><td>20</td><td>13</td></tr> <tr><th>7</th><td>10</td><td>14</td><td>8</td><td>13</td><td>9</td><td>14</td><td>14</td><td>14</td><td>12</td><td>16</td></tr> <tr><th>8</th><td>12</td><td>12</td><td>6</td><td>15</td><td>8</td><td>11</td><td>12</td><td>15</td><td>20</td><td>12</td></tr> <tr><th>9</th><td>11</td><td>16</td><td>12</td><td>23</td><td>10</td><td>11</td><td>13</td><td>14</td><td>13</td><td>13</td></tr> <tr><th>10</th><td>13</td><td>14</td><td>5</td><td>19</td><td>8</td><td>14</td><td>6</td><td>16</td><td>9</td><td>11</td></tr> <tr><th>11</th><td>10</td><td>13</td><td>4</td><td>21</td><td>10</td><td>18</td><td>12</td><td>14</td><td>15</td><td>14</td></tr> <tr><th>12</th><td>14</td><td>14</td><td>9</td><td>15</td><td>5</td><td>13</td><td>11</td><td>14</td><td>9</td><td>13</td></tr> <tr><th>13</th><td>10</td><td>17</td><td>7</td><td>13</td><td>12</td><td>14</td><td>10</td><td>15</td><td>12</td><td>14</td></tr> <tr><th>14</th><td>12</td><td>14</td><td>12</td><td>16</td><td>4</td><td>17</td><td>9</td><td>7</td><td>11</td><td>12</td></tr> <tr><th>15</th><td>11</td><td>13</td><td>11</td><td>14</td><td>16</td><td>10</td><td>10</td><td>15</td><td>8</td><td>14</td></tr> <tr><th>16</th><td>11</td><td>11</td><td>12</td><td>7</td><td>13</td><td>15</td><td>8</td><td>14</td><td>15</td><td>11</td></tr> <tr><th>17</th><td>9</td><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>14</td><td>4</td><td>19</td><td>12</td><td>17</td></tr> <tr><th>18</th><td>3</td><td>7</td><td>11</td><td>11</td><td>13</td><td>13</td><td>8</td><td>13</td><td>11</td><td>14</td></tr> <tr><th>19</th><td>12</td><td>14</td><td>7</td><td>12</td><td>12</td><td>14</td><td>13</td><td>12</td><td>10</td><td>12</td></tr> <tr><th>20</th><td>1</td><td>13</td><td>12</td><td>14</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>15</td><td>12</td><td>13</td></tr> </table>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	17	14	15	17	13	13	13	14	12	10	2	13	15	12	13	21	14	11	13	13	14	3	11	14	13	11	15	13	12	15	4	15	4	12	14	11	11	12	14	9	13	12	7	5	11	18	9	12	12	13	12	14	19	14	6	12	13	10	14	11	9	20	13	20	13	7	10	14	8	13	9	14	14	14	12	16	8	12	12	6	15	8	11	12	15	20	12	9	11	16	12	23	10	11	13	14	13	13	10	13	14	5	19	8	14	6	16	9	11	11	10	13	4	21	10	18	12	14	15	14	12	14	14	9	15	5	13	11	14	9	13	13	10	17	7	13	12	14	10	15	12	14	14	12	14	12	16	4	17	9	7	11	12	15	11	13	11	14	16	10	10	15	8	14	16	11	11	12	7	13	15	8	14	15	11	17	9	13	13	13	13	14	4	19	12	17	18	3	7	11	11	13	13	8	13	11	14	19	12	14	7	12	12	14	13	12	10	12	20	1	13	12	14	10	11	12	15	12	13	Tipo de Pavimento Afirmado <input type="checkbox"/> Base granular <input type="checkbox"/> Base imprimada <input type="checkbox"/> Trat. Bicapa <input type="checkbox"/> Carpeta en frío <input checked="" type="checkbox"/> Carpeta en caliente <input type="checkbox"/> Recapeo asfáltico <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>	ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>RANGO D (En Unidades):</td><td style="text-align: right;">11.50</td></tr> <tr><td>RANGO D (En mm):</td><td style="text-align: right;">57.50</td></tr> <tr><td>FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):</td><td style="text-align: right;">1.25</td></tr> <tr><td>RANGO D CORREGIDO:</td><td style="text-align: right;">71.88</td></tr> <tr><td>IRI (m/km):</td><td style="text-align: right;">3.98</td></tr> <tr><td>PSI:</td><td style="text-align: right;">2.43</td></tr> </table> <p style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 2px;"> SERVICIABILIDAD REGULAR </p>	RANGO D (En Unidades):	11.50	RANGO D (En mm):	57.50	FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.25	RANGO D CORREGIDO:	71.88	IRI (m/km):	3.98	PSI:	2.43	Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO: $F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$ Rango D corregido = Rango D x FC x RB Para el cálculo del IRI: a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$ entonces: $IRI = 0.593 + 0.0471 D (1)$ b) Cuando $IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces: $IRI = 0.0485 D (2)$ Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad: $PSI = \frac{5}{e^{(5.5 \cdot IRI)}}$ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>0-1</td><td>MUY MALO</td></tr> <tr><td>1-2</td><td>MALO</td></tr> <tr><td>2-3</td><td>REGULAR</td></tr> <tr><td>3-4</td><td>BUENO</td></tr> <tr><td>4-5</td><td>MUY BUENO</td></tr> </table>	0-1	MUY MALO	1-2	MALO	2-3	REGULAR	3-4	BUENO	4-5	MUY BUENO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																																																																																																						
1	17	14	15	17	13	13	13	14	12	10																																																																																																																																																																																																																																																						
2	13	15	12	13	21	14	11	13	13	14																																																																																																																																																																																																																																																						
3	11	14	13	11	15	13	12	15	4	15																																																																																																																																																																																																																																																						
4	12	14	11	11	12	14	9	13	12	7																																																																																																																																																																																																																																																						
5	11	18	9	12	12	13	12	14	19	14																																																																																																																																																																																																																																																						
6	12	13	10	14	11	9	20	13	20	13																																																																																																																																																																																																																																																						
7	10	14	8	13	9	14	14	14	12	16																																																																																																																																																																																																																																																						
8	12	12	6	15	8	11	12	15	20	12																																																																																																																																																																																																																																																						
9	11	16	12	23	10	11	13	14	13	13																																																																																																																																																																																																																																																						
10	13	14	5	19	8	14	6	16	9	11																																																																																																																																																																																																																																																						
11	10	13	4	21	10	18	12	14	15	14																																																																																																																																																																																																																																																						
12	14	14	9	15	5	13	11	14	9	13																																																																																																																																																																																																																																																						
13	10	17	7	13	12	14	10	15	12	14																																																																																																																																																																																																																																																						
14	12	14	12	16	4	17	9	7	11	12																																																																																																																																																																																																																																																						
15	11	13	11	14	16	10	10	15	8	14																																																																																																																																																																																																																																																						
16	11	11	12	7	13	15	8	14	15	11																																																																																																																																																																																																																																																						
17	9	13	13	13	13	14	4	19	12	17																																																																																																																																																																																																																																																						
18	3	7	11	11	13	13	8	13	11	14																																																																																																																																																																																																																																																						
19	12	14	7	12	12	14	13	12	10	12																																																																																																																																																																																																																																																						
20	1	13	12	14	10	11	12	15	12	13																																																																																																																																																																																																																																																						
RANGO D (En Unidades):	11.50																																																																																																																																																																																																																																																															
RANGO D (En mm):	57.50																																																																																																																																																																																																																																																															
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.25																																																																																																																																																																																																																																																															
RANGO D CORREGIDO:	71.88																																																																																																																																																																																																																																																															
IRI (m/km):	3.98																																																																																																																																																																																																																																																															
PSI:	2.43																																																																																																																																																																																																																																																															
0-1	MUY MALO																																																																																																																																																																																																																																																															
1-2	MALO																																																																																																																																																																																																																																																															
2-3	REGULAR																																																																																																																																																																																																																																																															
3-4	BUENO																																																																																																																																																																																																																																																															
4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																																																															
Observaciones: LI: 20 Espesor de Pastilla: 5 mm LF: 12 Numero de Datos: 200 Relación de brazos: 1:10 RB: 1																																																																																																																																																																																																																																																																

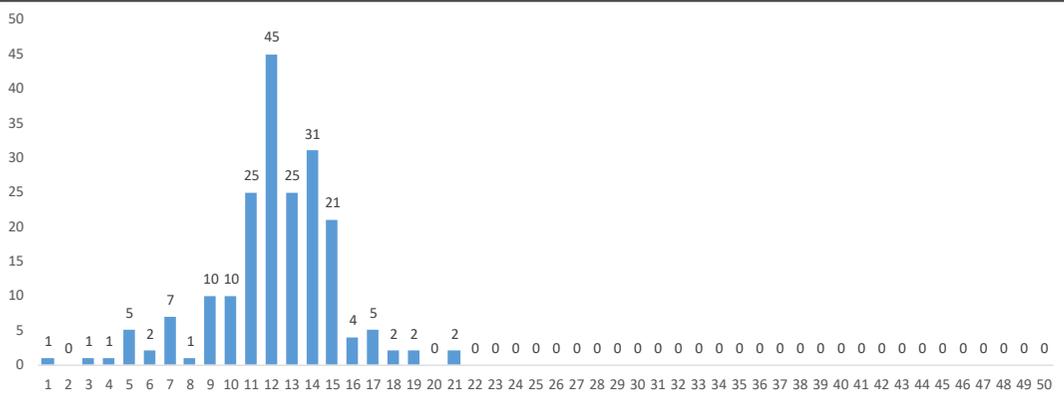
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 29: Resultado de la Muestra – E23
Carril derecho.



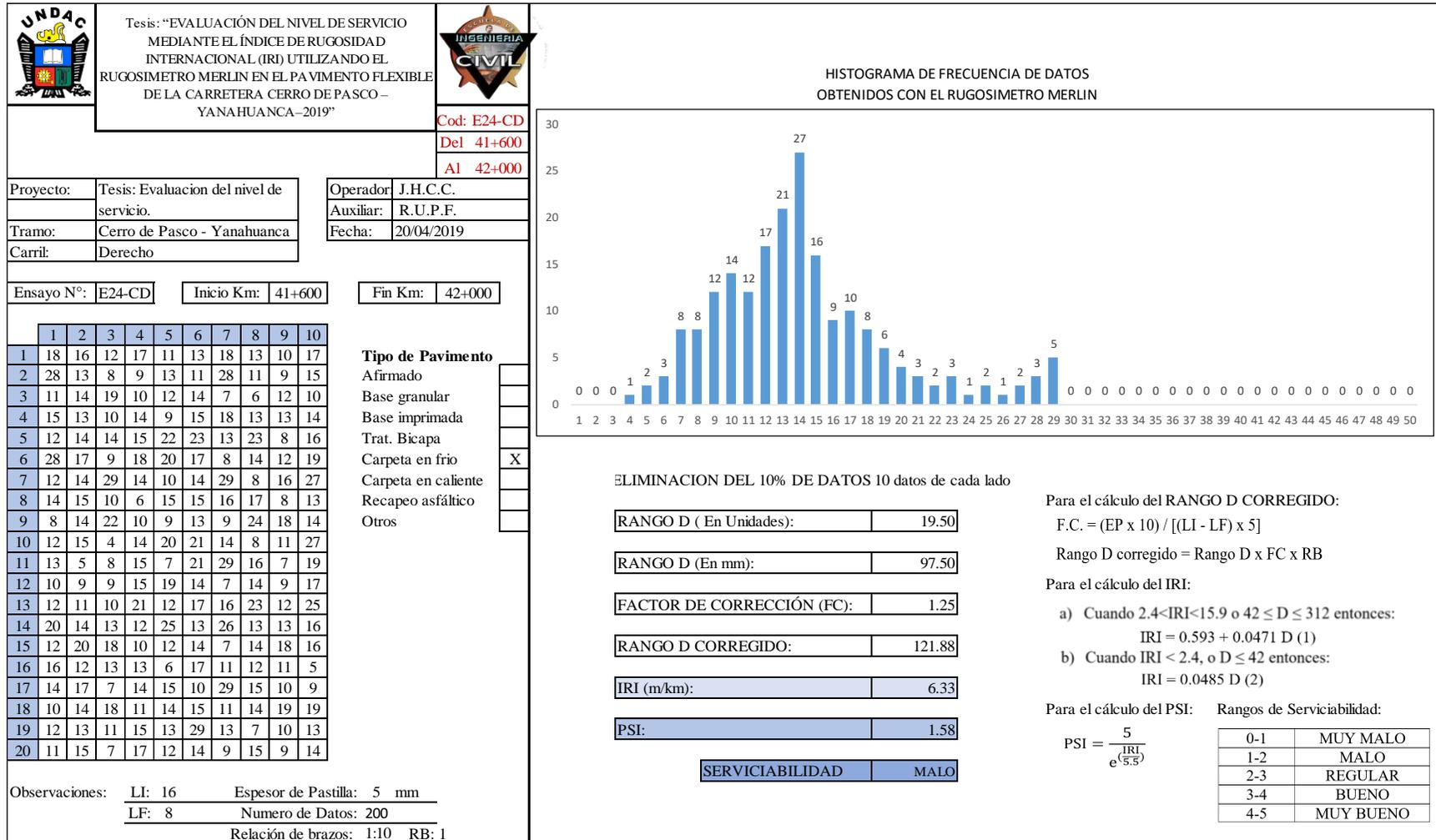
Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.

	Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA–2019"		HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN																																																																																																																																																																																																																																						
		Cod: E23-CI Del 39+800 Al 40+200																																																																																																																																																																																																																																							
Proyecto: Tesis: Evaluación del nivel de servicio. Tramo: Cerro de Pasco - Yanahuanca Carril: Izquierdo	Operador: J.H.C.C. Auxiliar: R.U.P.F. Fecha: 20/04/2019																																																																																																																																																																																																																																								
Ensayo N°: E23-CI Inicio Km: 39+800 Fin Km: 40+200																																																																																																																																																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th></tr> <tr><th>1</th><td>12</td><td>12</td><td>11</td><td>15</td><td>5</td><td>16</td><td>11</td><td>15</td><td>12</td><td>11</td></tr> <tr><th>2</th><td>12</td><td>14</td><td>15</td><td>17</td><td>12</td><td>14</td><td>11</td><td>14</td><td>11</td><td>5</td></tr> <tr><th>3</th><td>11</td><td>15</td><td>9</td><td>8</td><td>12</td><td>11</td><td>10</td><td>9</td><td>19</td><td>17</td></tr> <tr><th>4</th><td>11</td><td>12</td><td>10</td><td>14</td><td>13</td><td>14</td><td>12</td><td>10</td><td>10</td><td>7</td></tr> <tr><th>5</th><td>12</td><td>13</td><td>12</td><td>15</td><td>15</td><td>12</td><td>12</td><td>14</td><td>9</td><td>13</td></tr> <tr><th>6</th><td>11</td><td>14</td><td>12</td><td>11</td><td>13</td><td>14</td><td>13</td><td>5</td><td>12</td><td>14</td></tr> <tr><th>7</th><td>15</td><td>10</td><td>13</td><td>14</td><td>14</td><td>16</td><td>15</td><td>15</td><td>12</td><td>13</td></tr> <tr><th>8</th><td>12</td><td>14</td><td>7</td><td>13</td><td>12</td><td>14</td><td>12</td><td>14</td><td>11</td><td>12</td></tr> <tr><th>9</th><td>13</td><td>14</td><td>12</td><td>15</td><td>12</td><td>14</td><td>12</td><td>13</td><td>13</td><td>12</td></tr> <tr><th>10</th><td>11</td><td>9</td><td>11</td><td>14</td><td>10</td><td>21</td><td>12</td><td>10</td><td>16</td><td>14</td></tr> <tr><th>11</th><td>9</td><td>17</td><td>15</td><td>6</td><td>11</td><td>15</td><td>5</td><td>14</td><td>11</td><td>12</td></tr> <tr><th>12</th><td>12</td><td>21</td><td>12</td><td>13</td><td>11</td><td>17</td><td>18</td><td>13</td><td>12</td><td>13</td></tr> <tr><th>13</th><td>11</td><td>12</td><td>11</td><td>7</td><td>12</td><td>18</td><td>12</td><td>16</td><td>13</td><td>13</td></tr> <tr><th>14</th><td>12</td><td>14</td><td>14</td><td>14</td><td>15</td><td>12</td><td>11</td><td>13</td><td>12</td><td>15</td></tr> <tr><th>15</th><td>12</td><td>9</td><td>12</td><td>14</td><td>4</td><td>14</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td></tr> <tr><th>16</th><td>7</td><td>12</td><td>9</td><td>13</td><td>12</td><td>13</td><td>3</td><td>19</td><td>11</td><td>14</td></tr> <tr><th>17</th><td>11</td><td>15</td><td>10</td><td>15</td><td>9</td><td>14</td><td>1</td><td>14</td><td>6</td><td>12</td></tr> <tr><th>18</th><td>11</td><td>14</td><td>7</td><td>17</td><td>12</td><td>15</td><td>13</td><td>7</td><td>15</td><td>13</td></tr> <tr><th>19</th><td>12</td><td>7</td><td>12</td><td>13</td><td>13</td><td>14</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>14</td></tr> <tr><th>20</th><td>15</td><td>13</td><td>9</td><td>14</td><td>12</td><td>15</td><td>11</td><td>5</td><td>12</td><td>15</td></tr> </table>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	12	12	11	15	5	16	11	15	12	11	2	12	14	15	17	12	14	11	14	11	5	3	11	15	9	8	12	11	10	9	19	17	4	11	12	10	14	13	14	12	10	10	7	5	12	13	12	15	15	12	12	14	9	13	6	11	14	12	11	13	14	13	5	12	14	7	15	10	13	14	14	16	15	15	12	13	8	12	14	7	13	12	14	12	14	11	12	9	13	14	12	15	12	14	12	13	13	12	10	11	9	11	14	10	21	12	10	16	14	11	9	17	15	6	11	15	5	14	11	12	12	12	21	12	13	11	17	18	13	12	13	13	11	12	11	7	12	18	12	16	13	13	14	12	14	14	14	15	12	11	13	12	15	15	12	9	12	14	4	14	10	11	12	13	16	7	12	9	13	12	13	3	19	11	14	17	11	15	10	15	9	14	1	14	6	12	18	11	14	7	17	12	15	13	7	15	13	19	12	7	12	13	13	14	9	10	11	14	20	15	13	9	14	12	15	11	5	12	15	Tipo de Pavimento Afirmado <input type="checkbox"/> Base granular <input type="checkbox"/> Base imprimada <input type="checkbox"/> Trat. Bicapa <input type="checkbox"/> Carpeta en frío <input checked="" type="checkbox"/> X Carpeta en caliente <input type="checkbox"/> Recapeo asfáltico <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																																																																															
1	12	12	11	15	5	16	11	15	12	11																																																																																																																																																																																																																															
2	12	14	15	17	12	14	11	14	11	5																																																																																																																																																																																																																															
3	11	15	9	8	12	11	10	9	19	17																																																																																																																																																																																																																															
4	11	12	10	14	13	14	12	10	10	7																																																																																																																																																																																																																															
5	12	13	12	15	15	12	12	14	9	13																																																																																																																																																																																																																															
6	11	14	12	11	13	14	13	5	12	14																																																																																																																																																																																																																															
7	15	10	13	14	14	16	15	15	12	13																																																																																																																																																																																																																															
8	12	14	7	13	12	14	12	14	11	12																																																																																																																																																																																																																															
9	13	14	12	15	12	14	12	13	13	12																																																																																																																																																																																																																															
10	11	9	11	14	10	21	12	10	16	14																																																																																																																																																																																																																															
11	9	17	15	6	11	15	5	14	11	12																																																																																																																																																																																																																															
12	12	21	12	13	11	17	18	13	12	13																																																																																																																																																																																																																															
13	11	12	11	7	12	18	12	16	13	13																																																																																																																																																																																																																															
14	12	14	14	14	15	12	11	13	12	15																																																																																																																																																																																																																															
15	12	9	12	14	4	14	10	11	12	13																																																																																																																																																																																																																															
16	7	12	9	13	12	13	3	19	11	14																																																																																																																																																																																																																															
17	11	15	10	15	9	14	1	14	6	12																																																																																																																																																																																																																															
18	11	14	7	17	12	15	13	7	15	13																																																																																																																																																																																																																															
19	12	7	12	13	13	14	9	10	11	14																																																																																																																																																																																																																															
20	15	13	9	14	12	15	11	5	12	15																																																																																																																																																																																																																															
Observaciones: LI: 19 Espesor de Pastilla: 5 mm LF: 11 Numero de Datos: 200 Relación de brazos: 1:10 RB: 1			ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>RANGO D (En Unidades):</td><td style="text-align: right;">10.20</td></tr> <tr><td>RANGO D (En mm):</td><td style="text-align: right;">51.00</td></tr> <tr><td>FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):</td><td style="text-align: right;">1.25</td></tr> <tr><td>RANGO D CORREGIDO:</td><td style="text-align: right;">63.75</td></tr> <tr><td>IRI (m/km):</td><td style="text-align: right;">3.60</td></tr> <tr><td>PSI:</td><td style="text-align: right;">2.60</td></tr> <tr><td>SERVICIABILIDAD</td><td style="text-align: right;">REGULAR</td></tr> </table>	RANGO D (En Unidades):	10.20	RANGO D (En mm):	51.00	FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.25	RANGO D CORREGIDO:	63.75	IRI (m/km):	3.60	PSI:	2.60	SERVICIABILIDAD	REGULAR																																																																																																																																																																																																																								
RANGO D (En Unidades):	10.20																																																																																																																																																																																																																																								
RANGO D (En mm):	51.00																																																																																																																																																																																																																																								
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.25																																																																																																																																																																																																																																								
RANGO D CORREGIDO:	63.75																																																																																																																																																																																																																																								
IRI (m/km):	3.60																																																																																																																																																																																																																																								
PSI:	2.60																																																																																																																																																																																																																																								
SERVICIABILIDAD	REGULAR																																																																																																																																																																																																																																								
			Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO: $F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$ Rango D corregido = Rango D x FC x RB Para el cálculo del IRI: a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$ entonces: $IRI = 0.593 + 0.0471 D$ (1) b) Cuando $IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces: $IRI = 0.0485 D$ (2) Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad: $PSI = \frac{5}{e^{(5.5 \times IRI)}}$ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td>0-1</td><td>MUY MALO</td></tr> <tr><td>1-2</td><td>MALO</td></tr> <tr><td>2-3</td><td>REGULAR</td></tr> <tr><td>3-4</td><td>BUENO</td></tr> <tr><td>4-5</td><td>MUY BUENO</td></tr> </table>	0-1	MUY MALO	1-2	MALO	2-3	REGULAR	3-4	BUENO	4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																												
0-1	MUY MALO																																																																																																																																																																																																																																								
1-2	MALO																																																																																																																																																																																																																																								
2-3	REGULAR																																																																																																																																																																																																																																								
3-4	BUENO																																																																																																																																																																																																																																								
4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																																								

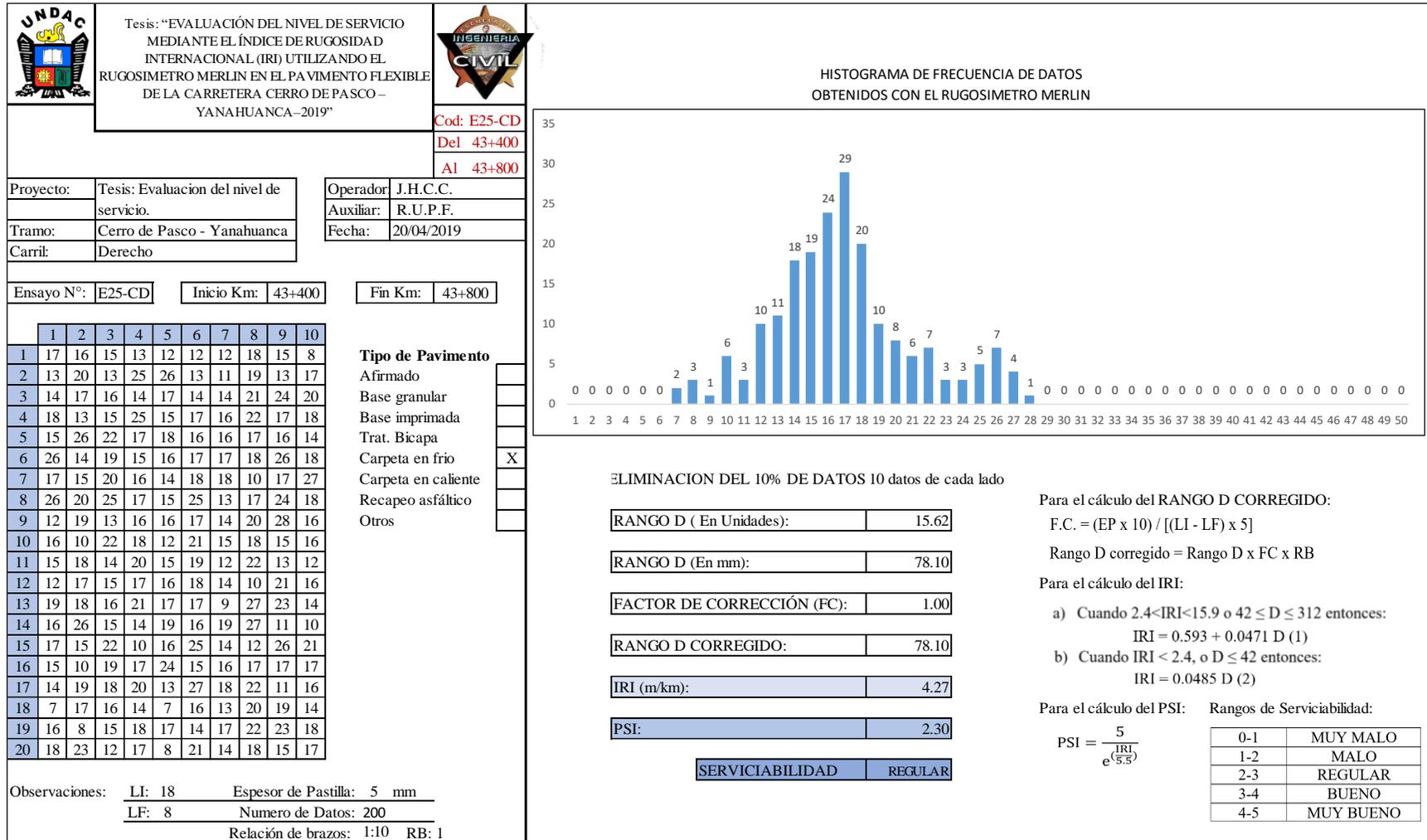
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 30: Resultado de la Muestra – E24
Carril derecho.



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 31: Resultado de la Muestra – E25
Carril derecho.

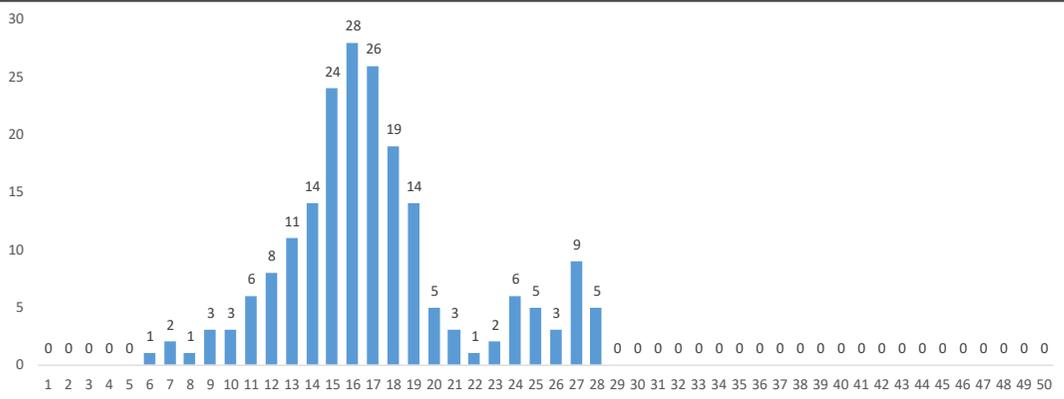


Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.

	Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA–2019"																																																																																																																																																																																																																																								
		Cod: E25-CI Del 43+400 Al 43+800																																																																																																																																																																																																																																							
Proyecto: Tesis: Evaluación del nivel de servicio. Tramo: Cerro de Pasco - Yanahuanca Carril: Izquierdo	Operador: J.H.C.C. Auxiliar: R.U.P.F. Fecha: 20/04/2019																																																																																																																																																																																																																																								
Ensayo N°: E25-CI Inicio Km: 43+400 Fin Km: 43+800																																																																																																																																																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th></tr> <tr><td>1</td><td>17</td><td>28</td><td>11</td><td>19</td><td>17</td><td>14</td><td>15</td><td>12</td><td>13</td><td>17</td></tr> <tr><td>2</td><td>17</td><td>18</td><td>15</td><td>16</td><td>18</td><td>17</td><td>14</td><td>15</td><td>14</td><td>18</td></tr> <tr><td>3</td><td>16</td><td>28</td><td>16</td><td>17</td><td>12</td><td>16</td><td>7</td><td>7</td><td>16</td><td>16</td></tr> <tr><td>4</td><td>18</td><td>20</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td><td>19</td><td>28</td><td>16+</td><td>24</td><td>17</td></tr> <tr><td>5</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>17</td><td>15</td><td>24</td><td>27</td><td>27</td><td>19</td><td>24</td></tr> <tr><td>6</td><td>9</td><td>17</td><td>26</td><td>18</td><td>15</td><td>15</td><td>17</td><td>17</td><td>16</td><td>27</td></tr> <tr><td>7</td><td>17</td><td>19</td><td>17</td><td>16</td><td>13</td><td>16</td><td>18</td><td>16</td><td>17</td><td>27</td></tr> <tr><td>8</td><td>11</td><td>21</td><td>18</td><td>19</td><td>9</td><td>15</td><td>12</td><td>19</td><td>15</td><td>21</td></tr> <tr><td>9</td><td>16</td><td>28</td><td>26</td><td>27</td><td>15</td><td>17</td><td>16</td><td>16</td><td>14</td><td>18</td></tr> <tr><td>10</td><td>15</td><td>18</td><td>27</td><td>6</td><td>11</td><td>14</td><td>18</td><td>28</td><td>24</td><td>19</td></tr> <tr><td>11</td><td>14</td><td>15</td><td>19</td><td>23</td><td>16</td><td>19</td><td>13</td><td>12</td><td>13</td><td>20</td></tr> <tr><td>12</td><td>16</td><td>16</td><td>27</td><td>24</td><td>15</td><td>12</td><td>24</td><td>16</td><td>19</td><td>18</td></tr> <tr><td>13</td><td>15</td><td>15</td><td>21</td><td>26</td><td>13</td><td>18</td><td>15</td><td>14</td><td>15</td><td>17</td></tr> <tr><td>14</td><td>17</td><td>13</td><td>23</td><td>13</td><td>18</td><td>10</td><td>27</td><td>8</td><td>14</td><td>17</td></tr> <tr><td>15</td><td>16</td><td>14</td><td>13</td><td>17</td><td>17</td><td>16</td><td>15</td><td>18</td><td>27</td><td>18</td></tr> <tr><td>16</td><td>10</td><td>17</td><td>14</td><td>20</td><td>16</td><td>17</td><td>16</td><td>25</td><td>14</td><td>19</td></tr> <tr><td>17</td><td>11</td><td>20</td><td>16</td><td>25</td><td>15</td><td>14</td><td>12</td><td>19</td><td>17</td><td>20</td></tr> <tr><td>18</td><td>12</td><td>18</td><td>19</td><td>25</td><td>15</td><td>12</td><td>18</td><td>16</td><td>15</td><td>22</td></tr> <tr><td>19</td><td>15</td><td>10</td><td>17</td><td>17</td><td>14</td><td>15</td><td>9</td><td>25</td><td>11</td><td>16</td></tr> <tr><td>20</td><td>13</td><td>18</td><td>15</td><td>13</td><td>11</td><td>25</td><td>17</td><td>18</td><td>16</td><td>19</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	17	28	11	19	17	14	15	12	13	17	2	17	18	15	16	18	17	14	15	14	18	3	16	28	16	17	12	16	7	7	16	16	4	18	20	16	16	16	19	28	16+	24	17	5	13	14	15	17	15	24	27	27	19	24	6	9	17	26	18	15	15	17	17	16	27	7	17	19	17	16	13	16	18	16	17	27	8	11	21	18	19	9	15	12	19	15	21	9	16	28	26	27	15	17	16	16	14	18	10	15	18	27	6	11	14	18	28	24	19	11	14	15	19	23	16	19	13	12	13	20	12	16	16	27	24	15	12	24	16	19	18	13	15	15	21	26	13	18	15	14	15	17	14	17	13	23	13	18	10	27	8	14	17	15	16	14	13	17	17	16	15	18	27	18	16	10	17	14	20	16	17	16	25	14	19	17	11	20	16	25	15	14	12	19	17	20	18	12	18	19	25	15	12	18	16	15	22	19	15	10	17	17	14	15	9	25	11	16	20	13	18	15	13	11	25	17	18	16	19	Tipo de Pavimento Afirmado <input type="checkbox"/> Base granular <input type="checkbox"/> Base imprimada <input type="checkbox"/> Trat. Bicapa <input type="checkbox"/> Carpeta en frío <input checked="" type="checkbox"/> X Carpeta en caliente <input type="checkbox"/> Recapeo asfáltico <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																																																																																
1	17	28	11	19	17	14	15	12	13	17																																																																																																																																																																																																																															
2	17	18	15	16	18	17	14	15	14	18																																																																																																																																																																																																																															
3	16	28	16	17	12	16	7	7	16	16																																																																																																																																																																																																																															
4	18	20	16	16	16	19	28	16+	24	17																																																																																																																																																																																																																															
5	13	14	15	17	15	24	27	27	19	24																																																																																																																																																																																																																															
6	9	17	26	18	15	15	17	17	16	27																																																																																																																																																																																																																															
7	17	19	17	16	13	16	18	16	17	27																																																																																																																																																																																																																															
8	11	21	18	19	9	15	12	19	15	21																																																																																																																																																																																																																															
9	16	28	26	27	15	17	16	16	14	18																																																																																																																																																																																																																															
10	15	18	27	6	11	14	18	28	24	19																																																																																																																																																																																																																															
11	14	15	19	23	16	19	13	12	13	20																																																																																																																																																																																																																															
12	16	16	27	24	15	12	24	16	19	18																																																																																																																																																																																																																															
13	15	15	21	26	13	18	15	14	15	17																																																																																																																																																																																																																															
14	17	13	23	13	18	10	27	8	14	17																																																																																																																																																																																																																															
15	16	14	13	17	17	16	15	18	27	18																																																																																																																																																																																																																															
16	10	17	14	20	16	17	16	25	14	19																																																																																																																																																																																																																															
17	11	20	16	25	15	14	12	19	17	20																																																																																																																																																																																																																															
18	12	18	19	25	15	12	18	16	15	22																																																																																																																																																																																																																															
19	15	10	17	17	14	15	9	25	11	16																																																																																																																																																																																																																															
20	13	18	15	13	11	25	17	18	16	19																																																																																																																																																																																																																															
Observaciones: LI: 18 Espesor de Pastilla: 5 mm LF: 8 Numero de Datos: 200 Relación de brazos: 1:10 RB: 1																																																																																																																																																																																																																																									

HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN



IRI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
Frecuencia	0	0	0	0	0	1	2	1	3	3	6	8	11	14	24	28	26	19	14	5	3	1	2	6	5	3	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado

RANGO D (En Unidades):	16.44
RANGO D (En mm):	82.22
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.00
RANGO D CORREGIDO:	82.22
IRI (m/km):	4.47
PSI:	2.22

SERVICIABILIDAD REGULAR

Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO:
 $F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$
 Rango D corregido = Rango D x FC x RB

Para el cálculo del IRI:

a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$ entonces:
 $IRI = 0.593 + 0.0471 D (1)$

b) Cuando $IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces:
 $IRI = 0.0485 D (2)$

Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad:

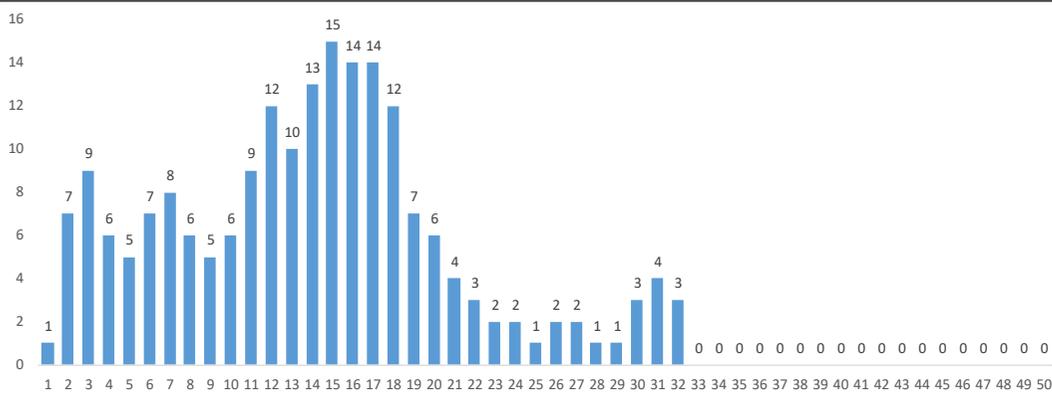
$PSI = \frac{5}{e^{(5.5 \times IRI)}}$	0-1	MUY MALO
	1-2	MALO
	2-3	REGULAR
	3-4	BUENO
	4-5	MUY BUENO

Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.

	Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA–2019"																																																																																																																																																																																																																																									
		Cod: E26-CI Del 45+200 Al 45+600																																																																																																																																																																																																																																								
Proyecto: Tesis: Evaluación del nivel de servicio. Tramo: Cerro de Pasco - Yanahuanca Carril: Izquierdo	Operador: J.H.C.C. Auxiliar: R.U.P.F. Fecha: 20/04/2019																																																																																																																																																																																																																																									
Ensayo N°: E26-CI Inicio Km: 45+200 Fin Km: 45+600																																																																																																																																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th></tr> <tr><th>1</th><td>16</td><td>17</td><td>12</td><td>28</td><td>16</td><td>12</td><td>15</td><td>12</td><td>17</td><td>32</td></tr> <tr><th>2</th><td>17</td><td>2</td><td>14</td><td>19</td><td>15</td><td>12</td><td>8</td><td>31</td><td>16</td><td>12</td></tr> <tr><th>3</th><td>5</td><td>18</td><td>17</td><td>5</td><td>14</td><td>19</td><td>2</td><td>10</td><td>11</td><td>16</td></tr> <tr><th>4</th><td>18</td><td>17</td><td>9</td><td>15</td><td>11</td><td>18</td><td>20</td><td>27</td><td>13</td><td>32</td></tr> <tr><th>5</th><td>11</td><td>7</td><td>11</td><td>7</td><td>13</td><td>4</td><td>3</td><td>22</td><td>7</td><td>24</td></tr> <tr><th>6</th><td>10</td><td>12</td><td>15</td><td>21</td><td>3</td><td>16</td><td>6</td><td>14</td><td>13</td><td>15</td></tr> <tr><th>7</th><td>5</td><td>14</td><td>8</td><td>16</td><td>13</td><td>8</td><td>14</td><td>16</td><td>19</td><td>17</td></tr> <tr><th>8</th><td>16</td><td>13</td><td>9</td><td>12</td><td>3</td><td>16</td><td>22</td><td>5</td><td>3</td><td>18</td></tr> <tr><th>9</th><td>2</td><td>19</td><td>15</td><td>32</td><td>10</td><td>29</td><td>11</td><td>6</td><td>14</td><td>6</td></tr> <tr><th>10</th><td>17</td><td>17</td><td>8</td><td>7</td><td>9</td><td>12</td><td>6</td><td>17</td><td>3</td><td>9</td></tr> <tr><th>11</th><td>10</td><td>14</td><td>4</td><td>10</td><td>5</td><td>4</td><td>12</td><td>21</td><td>11</td><td>6</td></tr> <tr><th>12</th><td>7</td><td>30</td><td>21</td><td>19</td><td>3</td><td>24</td><td>8</td><td>31</td><td>15</td><td>26</td></tr> <tr><th>13</th><td>18</td><td>27</td><td>11</td><td>13</td><td>23</td><td>19</td><td>15</td><td>1</td><td>7</td><td>20</td></tr> <tr><th>14</th><td>16</td><td>15</td><td>16</td><td>20</td><td>10</td><td>14</td><td>19</td><td>14</td><td>17</td><td>23</td></tr> <tr><th>15</th><td>15</td><td>17</td><td>13</td><td>12</td><td>26</td><td>22</td><td>2</td><td>16</td><td>15</td><td>13</td></tr> <tr><th>16</th><td>11</td><td>30</td><td>21</td><td>18</td><td>3</td><td>12</td><td>18</td><td>18</td><td>3</td><td>6</td></tr> <tr><th>17</th><td>14</td><td>25</td><td>4</td><td>14</td><td>14</td><td>4</td><td>11</td><td>9</td><td>3</td><td>17</td></tr> <tr><th>18</th><td>7</td><td>13</td><td>15</td><td>31</td><td>2</td><td>13</td><td>7</td><td>12</td><td>31</td><td>20</td></tr> <tr><th>19</th><td>8</td><td>20</td><td>18</td><td>15</td><td>30</td><td>18</td><td>4</td><td>17</td><td>15</td><td>6</td></tr> <tr><th>20</th><td>15</td><td>18</td><td>14</td><td>2</td><td>17</td><td>20</td><td>18</td><td>16</td><td>2</td><td>16</td></tr> </table>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	16	17	12	28	16	12	15	12	17	32	2	17	2	14	19	15	12	8	31	16	12	3	5	18	17	5	14	19	2	10	11	16	4	18	17	9	15	11	18	20	27	13	32	5	11	7	11	7	13	4	3	22	7	24	6	10	12	15	21	3	16	6	14	13	15	7	5	14	8	16	13	8	14	16	19	17	8	16	13	9	12	3	16	22	5	3	18	9	2	19	15	32	10	29	11	6	14	6	10	17	17	8	7	9	12	6	17	3	9	11	10	14	4	10	5	4	12	21	11	6	12	7	30	21	19	3	24	8	31	15	26	13	18	27	11	13	23	19	15	1	7	20	14	16	15	16	20	10	14	19	14	17	23	15	15	17	13	12	26	22	2	16	15	13	16	11	30	21	18	3	12	18	18	3	6	17	14	25	4	14	14	4	11	9	3	17	18	7	13	15	31	2	13	7	12	31	20	19	8	20	18	15	30	18	4	17	15	6	20	15	18	14	2	17	20	18	16	2	16	Tipo de Pavimento Afirmado <input type="checkbox"/> Base granular <input type="checkbox"/> Base imprimada <input type="checkbox"/> Trat. Bicapa <input type="checkbox"/> Carpeta en frío <input checked="" type="checkbox"/> X Carpeta en caliente <input type="checkbox"/> Recapeo asfáltico <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																																																																																
1	16	17	12	28	16	12	15	12	17	32																																																																																																																																																																																																																																
2	17	2	14	19	15	12	8	31	16	12																																																																																																																																																																																																																																
3	5	18	17	5	14	19	2	10	11	16																																																																																																																																																																																																																																
4	18	17	9	15	11	18	20	27	13	32																																																																																																																																																																																																																																
5	11	7	11	7	13	4	3	22	7	24																																																																																																																																																																																																																																
6	10	12	15	21	3	16	6	14	13	15																																																																																																																																																																																																																																
7	5	14	8	16	13	8	14	16	19	17																																																																																																																																																																																																																																
8	16	13	9	12	3	16	22	5	3	18																																																																																																																																																																																																																																
9	2	19	15	32	10	29	11	6	14	6																																																																																																																																																																																																																																
10	17	17	8	7	9	12	6	17	3	9																																																																																																																																																																																																																																
11	10	14	4	10	5	4	12	21	11	6																																																																																																																																																																																																																																
12	7	30	21	19	3	24	8	31	15	26																																																																																																																																																																																																																																
13	18	27	11	13	23	19	15	1	7	20																																																																																																																																																																																																																																
14	16	15	16	20	10	14	19	14	17	23																																																																																																																																																																																																																																
15	15	17	13	12	26	22	2	16	15	13																																																																																																																																																																																																																																
16	11	30	21	18	3	12	18	18	3	6																																																																																																																																																																																																																																
17	14	25	4	14	14	4	11	9	3	17																																																																																																																																																																																																																																
18	7	13	15	31	2	13	7	12	31	20																																																																																																																																																																																																																																
19	8	20	18	15	30	18	4	17	15	6																																																																																																																																																																																																																																
20	15	18	14	2	17	20	18	16	2	16																																																																																																																																																																																																																																
Observaciones: LI: 17 Espesor de Pastilla: 5 mm LF: 10 Numero de Datos: 200 Relación de brazos: 1:10 RB: 1																																																																																																																																																																																																																																										

HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN



Índice	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Frecuencia	1	7	9	6	5	7	8	6	5	6	9	12	10	13	15	14	14	12	7	6	4	3	2	2	2	2	1	1	1	1	3	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado

RANGO D (En Unidades):	26.78
RANGO D (En mm):	133.89
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.43
RANGO D CORREGIDO:	191.27
IRI (m/km):	9.60
PSI:	0.87
SERVICIABILIDAD	MUYMALO

Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO:
 $F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$
 Rango D corregido = Rango D x FC x RB

Para el cálculo del IRI:
 a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$ entonces:
 $IRI = 0.593 + 0.0471 D (1)$
 b) Cuando $IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces:
 $IRI = 0.0485 D (2)$

Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad:

$PSI = \frac{5}{e^{(5.5 \times IRI)}}$	0-1	MUY MALO
	1-2	MALO
	2-3	REGULAR
	3-4	BUENO
	4-5	MUY BUENO

Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.



Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA–2019"

Cod: E27-CI
Del 47+000
Al 47+400

Operador:	J.H.C.C.
Auxiliar:	R.U.P.F.
Fecha:	20/04/2019

Proyecto:	Tesis: Evaluación del nivel de servicio.
Tramo:	Cerro de Pasco - Yanahuanca
Carril:	Izquierdo

Ensayo N°:	E27-CI	Inicio Km:	47+000	Fin Km:	47+400
------------	--------	------------	--------	---------	--------

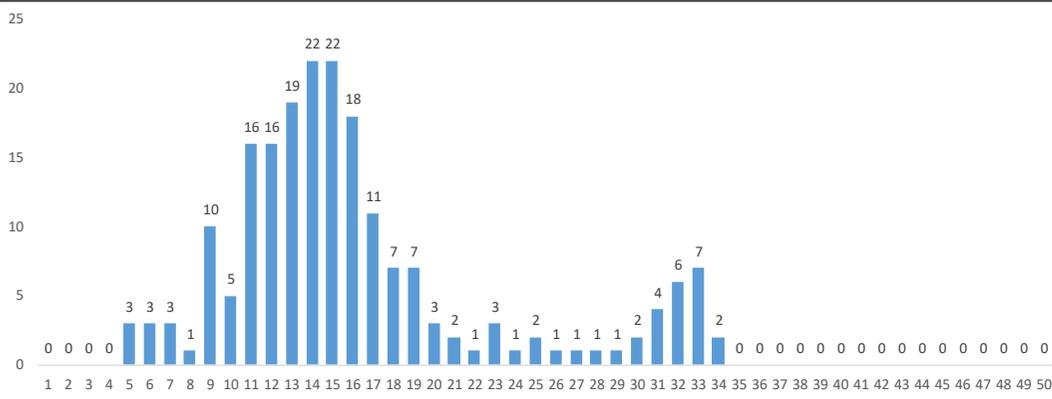
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	11	12	9	12	14	32	12	11	14	16
2	14	16	15	16	14	16	10	15	6	15
3	15	14	9	17	5	12	11	32	16	13
4	13	11	33	11	13	30	9	12	22	33
5	13	16	13	31	33	18	33	18	25	31
6	16	34	13	20	12	10	15	15	14	15
7	12	25	14	13	14	11	15	17	7	19
8	12	14	16	16	12	16	14	15	15	15
9	14	19	13	19	5	11	11	11	19	16
10	13	14	26	31	21	17	13	17	13	9
11	15	10	27	16	13	19	12	32	14	16
12	11	17	10	15	9	34	11	19	7	23
13	9	10	14	7	13	14	9	28	20	15
14	21	15	13	14	12	17	33	23	12	16
15	33	32	15	31	14	6	18	11	14	18
16	30	11	12	15	15	13	15	17	14	15
17	13	13	5	19	18	13	11	16	18	12
18	12	16	12	16	9	32	9	15	6	16
19	11	17	14	18	33	11	14	23	20	17
20	9	32	29	17	15	13	17	24	8	14

Tipo de Pavimento

Afirmado	<input type="checkbox"/>
Base granular	<input type="checkbox"/>
Base imprimada	<input type="checkbox"/>
Trat. Bicapa	<input type="checkbox"/>
Carpeta en frío	<input checked="" type="checkbox"/>
Carpeta en caliente	<input type="checkbox"/>
Recapeo asfáltico	<input type="checkbox"/>
Otros	<input type="checkbox"/>

Observaciones: LI: 16 Espesor de Pastilla: 5 mm
LF: 7 Numero de Datos: 200
Relación de brazos: 1:10 RB: 1

HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN



Data Point	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Frequency	0	0	0	0	3	3	3	1	10	5	16	16	19	22	22	18	11	7	7	3	2	1	3	1	2	1	1	1	1	2	4	6	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado

RANGO D (En Unidades):	23.83
RANGO D (En mm):	119.17
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):	1.11
RANGO D CORREGIDO:	132.41
IRI (m/km):	6.83
PSI:	1.44
SERVICIABILIDAD	MALO

Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO:
F.C. = (EP x 10) / [(LI - LF) x 5]
Rango D corregido = Rango D x FC x RB

Para el cálculo del IRI:

a) Cuando 2.4 < IRI < 15.9 o 42 ≤ D ≤ 312 entonces:
IRI = 0.593 + 0.0471 D (1)

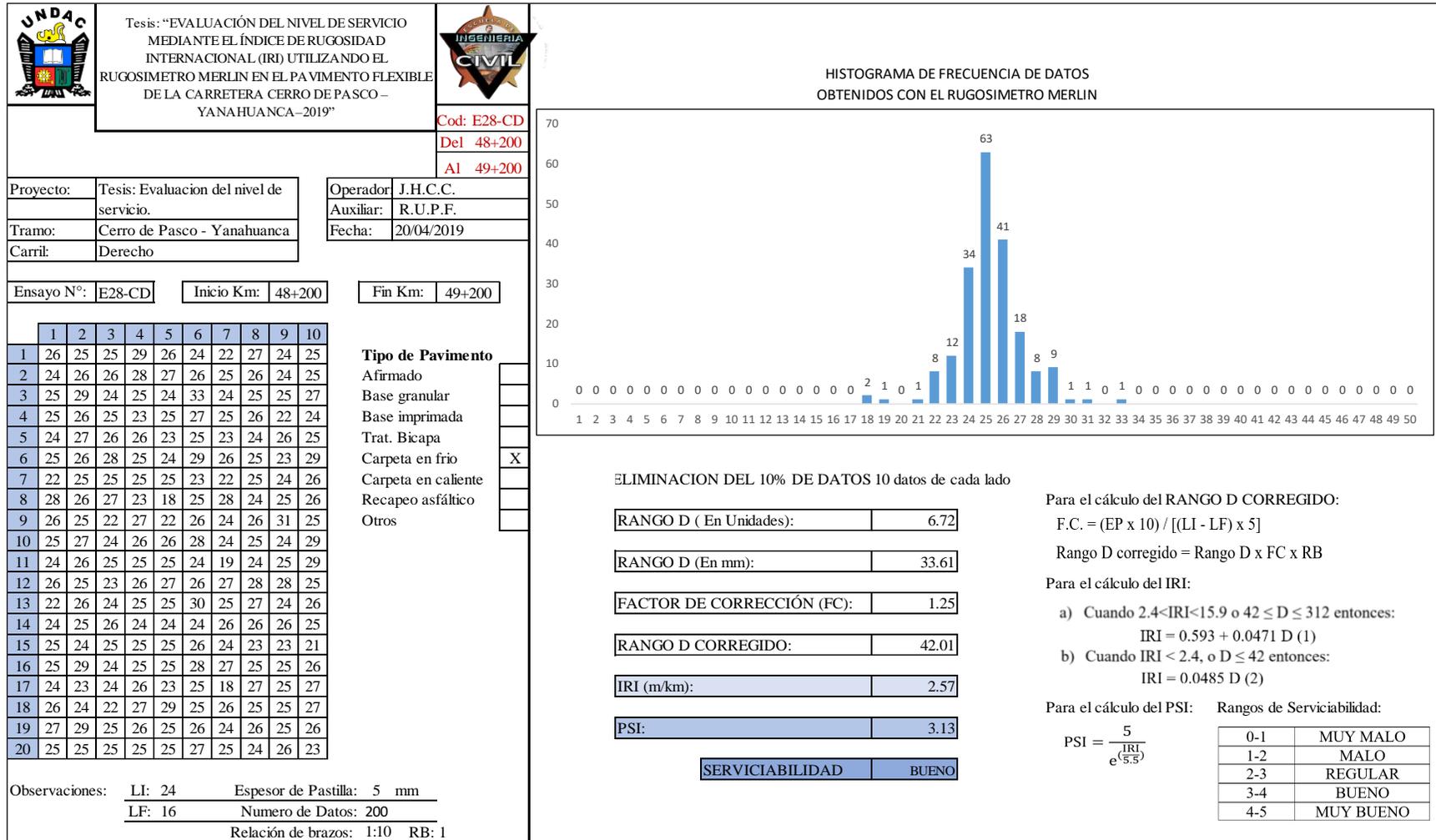
b) Cuando IRI < 2.4, o D ≤ 42 entonces:
IRI = 0.0485 D (2)

Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad:

$PSI = \frac{5}{e^{(IRI/5.5)}}$	0-1	MUY MALO
	1-2	MALO
	2-3	REGULAR
	3-4	BUENO
	4-5	MUY BUENO

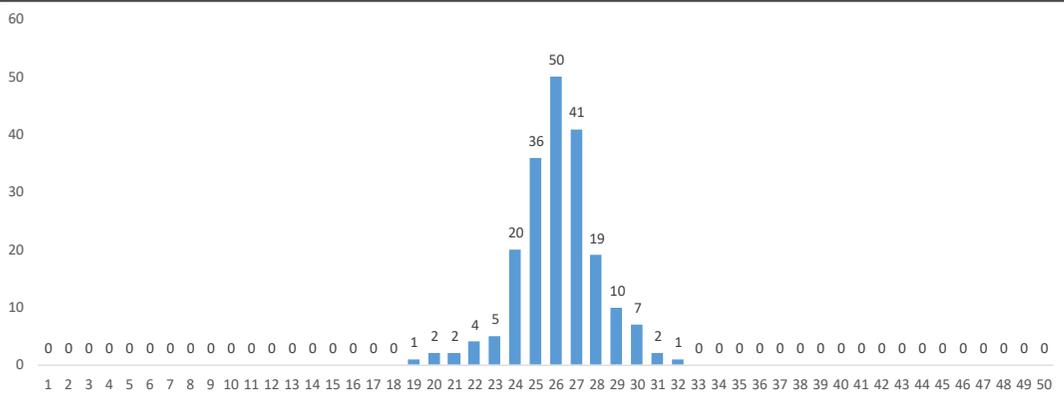
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 34: Resultado de la Muestra – E28
Carril derecho.



Fuente: Elaboración Propia.

Carril izquierdo.

	Tesis: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA–2019"																																																																																																																																																																																																																																																														
		Cod: E28-CI Del 48+200 Al 49+200	HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE DATOS OBTENIDOS CON EL RUGOSIMETRO MERLIN																																																																																																																																																																																																																																																												
Proyecto: Tesis: Evaluación del nivel de servicio. Tramo: Cerro de Pasco - Yanahuanca Carril: Izquierdo	Operador: J.H.C.C. Auxiliar: R.U.P.F. Fecha: 20/04/2019																																																																																																																																																																																																																																																														
Ensayo N°: E28-CI Inicio Km: 48+200 Fin Km: 49+200	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>29</td><td>26</td><td>26</td><td>26</td><td>25</td><td>29</td><td>26</td><td>29</td><td>25</td><td>26</td></tr> <tr><td>2</td><td>26</td><td>27</td><td>25</td><td>26</td><td>26</td><td>26</td><td>28</td><td>26</td><td>26</td><td>27</td></tr> <tr><td>3</td><td>26</td><td>22</td><td>24</td><td>24</td><td>27</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>23</td><td>26</td></tr> <tr><td>4</td><td>25</td><td>27</td><td>30</td><td>26</td><td>26</td><td>27</td><td>24</td><td>25</td><td>25</td><td>28</td></tr> <tr><td>5</td><td>26</td><td>27</td><td>25</td><td>27</td><td>24</td><td>26</td><td>21</td><td>27</td><td>26</td><td>24</td></tr> <tr><td>6</td><td>25</td><td>30</td><td>28</td><td>28</td><td>25</td><td>30</td><td>23</td><td>27</td><td>24</td><td>20</td></tr> <tr><td>7</td><td>27</td><td>27</td><td>26</td><td>24</td><td>25</td><td>27</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>27</td></tr> <tr><td>8</td><td>30</td><td>28</td><td>25</td><td>29</td><td>22</td><td>27</td><td>27</td><td>25</td><td>29</td><td>26</td></tr> <tr><td>9</td><td>28</td><td>27</td><td>26</td><td>25</td><td>26</td><td>28</td><td>26</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td></tr> <tr><td>10</td><td>29</td><td>26</td><td>25</td><td>26</td><td>26</td><td>26</td><td>25</td><td>27</td><td>26</td><td>28</td></tr> <tr><td>11</td><td>26</td><td>29</td><td>26</td><td>30</td><td>27</td><td>26</td><td>24</td><td>24</td><td>26</td><td>27</td></tr> <tr><td>12</td><td>25</td><td>24</td><td>25</td><td>27</td><td>28</td><td>27</td><td>21</td><td>27</td><td>27</td><td>26</td></tr> <tr><td>13</td><td>29</td><td>22</td><td>29</td><td>24</td><td>23</td><td>25</td><td>24</td><td>25</td><td>25</td><td>27</td></tr> <tr><td>14</td><td>25</td><td>30</td><td>28</td><td>27</td><td>26</td><td>27</td><td>26</td><td>31</td><td>24</td><td>30</td></tr> <tr><td>15</td><td>28</td><td>25</td><td>22</td><td>26</td><td>19</td><td>28</td><td>26</td><td>28</td><td>25</td><td>31</td></tr> <tr><td>16</td><td>25</td><td>27</td><td>27</td><td>26</td><td>25</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>23</td><td>26</td></tr> <tr><td>17</td><td>23</td><td>28</td><td>26</td><td>28</td><td>27</td><td>25</td><td>29</td><td>24</td><td>27</td><td>28</td></tr> <tr><td>18</td><td>24</td><td>26</td><td>28</td><td>27</td><td>24</td><td>27</td><td>25</td><td>25</td><td>28</td><td>27</td></tr> <tr><td>19</td><td>27</td><td>27</td><td>25</td><td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>26</td><td>20</td><td>26</td><td>28</td></tr> <tr><td>20</td><td>26</td><td>32</td><td>24</td><td>26</td><td>25</td><td>27</td><td>27</td><td>27</td><td>25</td><td>27</td></tr> </tbody> </table>				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	29	26	26	26	25	29	26	29	25	26	2	26	27	25	26	26	26	28	26	26	27	3	26	22	24	24	27	25	26	27	23	26	4	25	27	30	26	26	27	24	25	25	28	5	26	27	25	27	24	26	21	27	26	24	6	25	30	28	28	25	30	23	27	24	20	7	27	27	26	24	25	27	25	26	27	27	8	30	28	25	29	22	27	27	25	29	26	9	28	27	26	25	26	28	26	24	25	26	10	29	26	25	26	26	26	25	27	26	28	11	26	29	26	30	27	26	24	24	26	27	12	25	24	25	27	28	27	21	27	27	26	13	29	22	29	24	23	25	24	25	25	27	14	25	30	28	27	26	27	26	31	24	30	15	28	25	22	26	19	28	26	28	25	31	16	25	27	27	26	25	24	25	26	23	26	17	23	28	26	28	27	25	29	24	27	28	18	24	26	28	27	24	27	25	25	28	27	19	27	27	25	24	25	26	26	20	26	28	20	26	32	24	26	25	27	27	27	25	27	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Tipo de Pavimento</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Afirmado</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Base granular</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Base imprimada</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Trat. Bicapa</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Carpeta en frío</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Carpeta en caliente</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Recapeo asfáltico</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Otros</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </tbody> </table>			Tipo de Pavimento		Afirmado	<input type="checkbox"/>	Base granular	<input type="checkbox"/>	Base imprimada	<input type="checkbox"/>	Trat. Bicapa	<input type="checkbox"/>	Carpeta en frío	<input checked="" type="checkbox"/>	Carpeta en caliente	<input type="checkbox"/>	Recapeo asfáltico	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																																																																																																					
1	29	26	26	26	25	29	26	29	25	26																																																																																																																																																																																																																																																					
2	26	27	25	26	26	26	28	26	26	27																																																																																																																																																																																																																																																					
3	26	22	24	24	27	25	26	27	23	26																																																																																																																																																																																																																																																					
4	25	27	30	26	26	27	24	25	25	28																																																																																																																																																																																																																																																					
5	26	27	25	27	24	26	21	27	26	24																																																																																																																																																																																																																																																					
6	25	30	28	28	25	30	23	27	24	20																																																																																																																																																																																																																																																					
7	27	27	26	24	25	27	25	26	27	27																																																																																																																																																																																																																																																					
8	30	28	25	29	22	27	27	25	29	26																																																																																																																																																																																																																																																					
9	28	27	26	25	26	28	26	24	25	26																																																																																																																																																																																																																																																					
10	29	26	25	26	26	26	25	27	26	28																																																																																																																																																																																																																																																					
11	26	29	26	30	27	26	24	24	26	27																																																																																																																																																																																																																																																					
12	25	24	25	27	28	27	21	27	27	26																																																																																																																																																																																																																																																					
13	29	22	29	24	23	25	24	25	25	27																																																																																																																																																																																																																																																					
14	25	30	28	27	26	27	26	31	24	30																																																																																																																																																																																																																																																					
15	28	25	22	26	19	28	26	28	25	31																																																																																																																																																																																																																																																					
16	25	27	27	26	25	24	25	26	23	26																																																																																																																																																																																																																																																					
17	23	28	26	28	27	25	29	24	27	28																																																																																																																																																																																																																																																					
18	24	26	28	27	24	27	25	25	28	27																																																																																																																																																																																																																																																					
19	27	27	25	24	25	26	26	20	26	28																																																																																																																																																																																																																																																					
20	26	32	24	26	25	27	27	27	25	27																																																																																																																																																																																																																																																					
Tipo de Pavimento																																																																																																																																																																																																																																																															
Afirmado	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																														
Base granular	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																														
Base imprimada	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																														
Trat. Bicapa	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																														
Carpeta en frío	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																														
Carpeta en caliente	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																														
Recapeo asfáltico	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																														
Otros	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																														
ELIMINACION DEL 10% DE DATOS 10 datos de cada lado																																																																																																																																																																																																																																																															
RANGO D (En Unidades):		6.80																																																																																																																																																																																																																																																													
RANGO D (En mm):		34.00																																																																																																																																																																																																																																																													
FACTOR DE CORRECCIÓN (FC):		1.25																																																																																																																																																																																																																																																													
RANGO D CORREGIDO:		42.50																																																																																																																																																																																																																																																													
IRI (m/km):		2.59																																																																																																																																																																																																																																																													
PSI:		3.12																																																																																																																																																																																																																																																													
SERVICIABILIDAD		BUENO																																																																																																																																																																																																																																																													
Para el cálculo del RANGO D CORREGIDO: $F.C. = (EP \times 10) / [(LI - LF) \times 5]$ Rango D corregido = Rango D x FC x RB																																																																																																																																																																																																																																																															
Para el cálculo del IRI: a) Cuando $2.4 < IRI < 15.9$ o $42 \leq D \leq 312$ entonces: $IRI = 0.593 + 0.0471 D (1)$ b) Cuando $IRI < 2.4$, o $D \leq 42$ entonces: $IRI = 0.0485 D (2)$																																																																																																																																																																																																																																																															
Para el cálculo del PSI: Rangos de Serviciabilidad:																																																																																																																																																																																																																																																															
$PSI = \frac{5}{e^{(5.5 \times IRI)}}$		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>0-1</td><td>MUY MALO</td></tr> <tr><td>1-2</td><td>MALO</td></tr> <tr><td>2-3</td><td>REGULAR</td></tr> <tr><td>3-4</td><td>BUENO</td></tr> <tr><td>4-5</td><td>MUY BUENO</td></tr> </table>		0-1	MUY MALO	1-2	MALO	2-3	REGULAR	3-4	BUENO	4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																																																		
0-1	MUY MALO																																																																																																																																																																																																																																																														
1-2	MALO																																																																																																																																																																																																																																																														
2-3	REGULAR																																																																																																																																																																																																																																																														
3-4	BUENO																																																																																																																																																																																																																																																														
4-5	MUY BUENO																																																																																																																																																																																																																																																														
Observaciones: LI: 24 Espesor de Pastilla: 5 mm LF: 16 Numero de Datos: 200 Relación de brazos: 1:10 RB: 1																																																																																																																																																																																																																																																															

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.4. Resultados del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) e Índice de Serviciabilidad Presente (PSI).

Tabla 21: Resultados IRI y PSI

	Progresiva		Código	Carril	IRI (m/km)	PSI	Condición
Ensayo 01	0+200	0+600	E01-CD	Derecha	2.69	3.07	BUENO
	0+200	0+600	E01-CI	Izquierda	2.63	3.10	BUENO
Ensayo 02	2+000	2+400	E02-CD	Derecha	2.67	3.08	BUENO
	2+000	2+400	E02-CI	Izquierda	3.11	2.84	REGULAR
Ensayo 03	3+800	4+200	E03-CD	Derecha	2.74	3.04	BUENO
	3+800	4+200	E03-CI	Izquierda	2.84	2.98	REGULAR
Ensayo 04	5+600	6+000	E04-CD	Derecha	2.81	3.00	BUENO
	5+600	6+000	E04-CI	Izquierda	2.68	3.07	BUENO
Ensayo 05	7+400	7+800	E05-CD	Derecha	2.93	2.94	REGULAR
	7+400	7+800	E05-CI	Izquierda	2.83	2.99	REGULAR
Ensayo 06	9+200	9+600	E06-CD	Derecha	2.75	3.03	BUENO
	9+200	9+600	E06-CI	Izquierda	2.62	3.11	BUENO
Ensayo 07	11+000	11+400	E07-CD	Derecha	1.95	3.51	BUENO
	11+000	11+400	E07-CI	Izquierda	1.68	3.68	BUENO
Ensayo 08	12+800	13+200	E08-CD	Derecha	2.80	3.01	BUENO
	12+800	13+200	E08-CI	Izquierda	2.76	3.03	BUENO
Ensayo 09	14+600	15+000	E09-CD	Derecha	1.45	3.84	BUENO
	14+600	15+000	E09-CI	Izquierda	1.65	3.70	BUENO
Ensayo 10	16+400	16+800	E10-CD	Derecha	1.49	3.81	BUENO
	16+400	16+800	E10-CI	Izquierda	1.89	3.55	BUENO
Ensayo 11	18+200	18+600	E11-CD	Derecha	2.70	3.06	BUENO
	18+200	18+600	E11-CI	Izquierda	2.65	3.09	BUENO
Ensayo 12	20+000	20+400	E12-CD	Derecha	2.67	3.08	BUENO
	20+000	20+400	E12-CI	Izquierda	2.00	3.48	BUENO
Ensayo 13	21+800	22+200	E13-CD	Derecha	2.66	3.08	BUENO
	21+800	22+200	E13-CI	Izquierda	1.88	3.55	BUENO
Ensayo 14	23+600	24+000	E14-CD	Derecha	2.69	3.07	BUENO
	23+600	24+000	E14-CI	Izquierda	2.98	2.91	REGULAR
Ensayo 15	25+400	25+800	E15-CD	Derecha	3.11	2.84	REGULAR
	25+400	25+800	E15-CI	Izquierda	2.72	3.05	BUENO
Ensayo 16	27+200	27+600	E16-CD	Derecha	3.10	2.85	REGULAR
	27+200	27+600	E16-CI	Izquierda	3.12	2.84	REGULAR
Ensayo 17	29+000	29+400	E17-CD	Derecha	5.37	1.88	MALO
	29+000	29+400	E17-CI	Izquierda	3.65	2.57	REGULAR

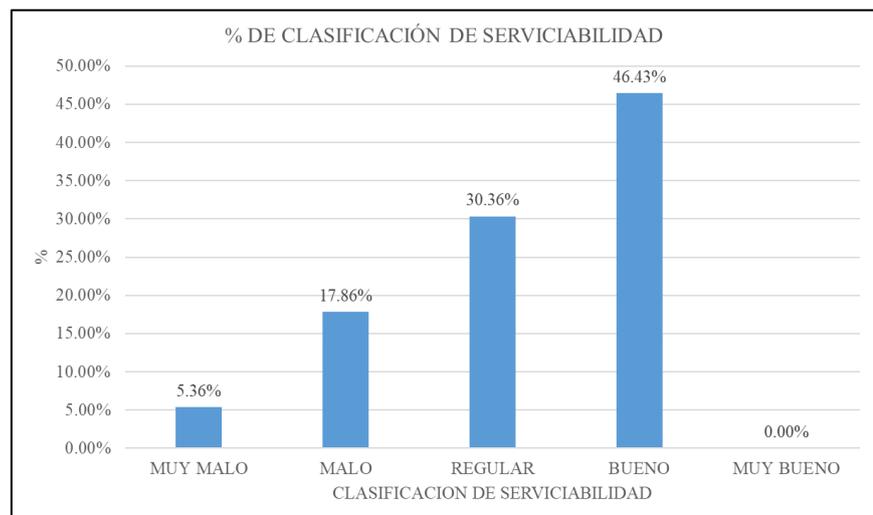
Ensayo 18	30+800	31+200	E18-CD	Derecha	5.98	1.69	MALO
	30+800	31+200	E18-CI	Izquierda	5.89	1.71	MALO
Ensayo 19	32+600	33+000	E19-CD	Derecha	9.41	0.90	MUY MALO
	32+600	33+000	E19-CI	Izquierda	7.66	1.24	MALO
Ensayo 20	34+400	34+800	E20-CD	Derecha	5.17	1.95	MALO
	34+400	34+800	E20-CI	Izquierda	3.99	2.42	REGULAR
Ensayo 21	36+200	36+600	E21-CD	Derecha	6.02	1.67	MALO
	36+200	36+600	E21-CI	Izquierda	4.68	2.14	REGULAR
Ensayo 22	38+000	38+400	E22-CD	Derecha	4.13	2.36	REGULAR
	38+000	38+400	E22-CI	Izquierda	3.98	2.43	REGULAR
Ensayo 23	39+800	40+200	E23-CD	Derecha	5.13	1.97	MALO
	39+800	40+200	E23-CI	Izquierda	3.60	2.60	REGULAR
Ensayo 24	41+600	42+000	E24-CD	Derecha	6.33	1.58	MALO
	41+600	42+000	E24-CI	Izquierda	3.62	2.59	REGULAR
Ensayo 25	43+400	43+800	E25-CD	Derecha	4.27	2.30	REGULAR
	43+400	43+800	E25-CI	Izquierda	4.47	2.22	REGULAR
Ensayo 26	45+200	45+600	E26-CD	Derecha	6.21	1.62	MALO
	45+200	45+600	E26-CI	Izquierda	9.60	0.87	MUY MALO
Ensayo 27	47+000	47+400	E27-CD	Derecha	9.23	0.93	MUY MALO
	47+000	47+400	E27-CI	Izquierda	6.83	1.44	MALO
Ensayo 28	48+800	49+200	E28-CD	Derecha	2.57	3.13	BUENO
	48+800	49+200	E28-CI	Izquierda	2.59	3.12	BUENO

	IRI carretera	PSI carretera	Condición
Promedio	3.78 m/km	2.65	REGULAR

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.5. Porcentaje de clasificación de serviciabilidad.

Gráfico 35: Porcentaje de clasificación de serviciabilidad.



Fuente: Elaboración Propia.

4.2.6. Índice de Rugosidad Internacional (IRI) e Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) máximos y mínimos.

Tabla 22: IRI y PSI máximos y mínimos.

		Condición
IRI Máximo	9.60 m/km	MUY MALO
IRI Mínimo	1.45 m/km	BUENO
PSI Máximo	3.84	BUENO
PSI Mínimo	0.87	MUY MALO

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.7. Índice de Rugosidad Internacional Característico (IRI_c).

Tabla 23: IRI Característico.

$IRI_c = IRI_p + 0,842 \times ds$	
IRI _p (IRI Promedio)	3.78 m/km
ds (Desviación estándar)	1.97
IRI característico	5.44 m/km

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.8. Índice de serviciabilidad presente (PSI) por carril.

Tabla 24: PSI por carril.

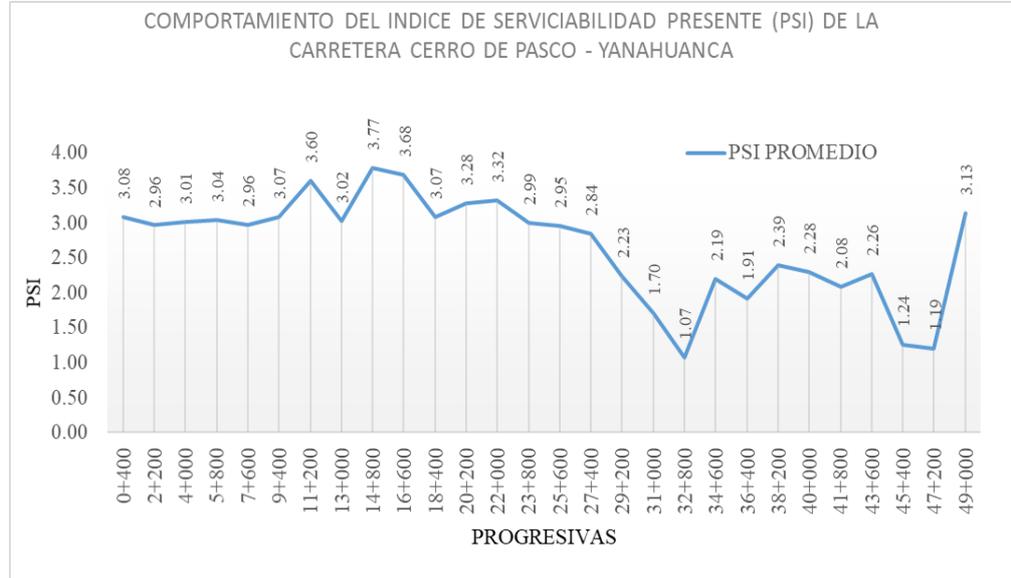
CARRIL	PSI
DERECHO	2.58
IZQUIERDO	2.73

Fuente: Elaboración Propia.

- Clasificación MTC: Carretera de Tercera Clase (IMDA = 342 veh/día).

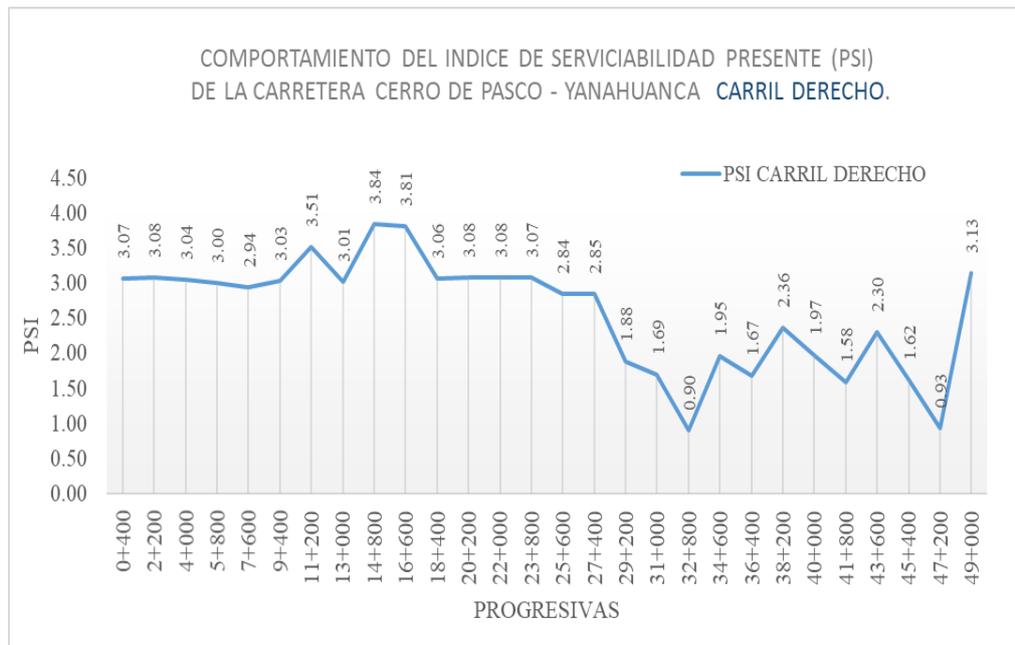
4.2.9. Comportamiento del PSI de la carretera Cerro de Pasco - Yanahuanca.

Gráfico 36: Comportamiento del PSI de la carretera Cerro de Pasco-Yanahuanca.



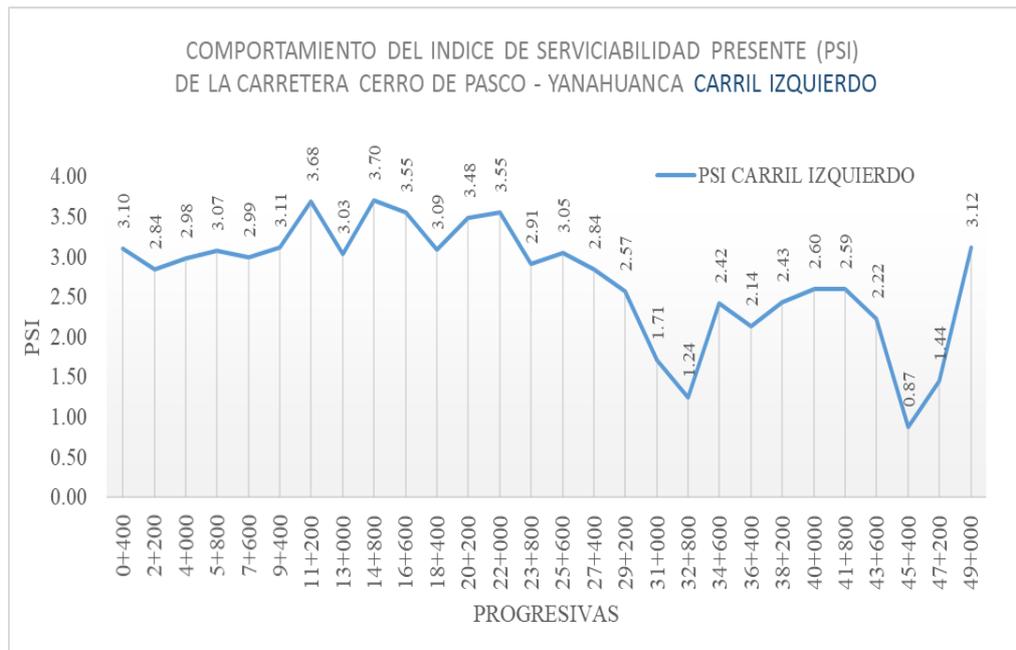
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 37: Comportamiento del PSI de la carretera Cerro de Pasco-Yanahuanca CARRIL DERECHO



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 38: Comportamiento del PSI de la carretera Cerro de Pasco-Yanahuanca CARRIL IZQUIERDO



Fuente: Elaboración Propia.

4.3. Prueba de hipótesis.

4.3.1. Hipótesis general.

- *Hipótesis general planteado*

El nivel de servicio del pavimento flexible mediante el índice de rugosidad internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN de la carretera Cerro De Pasco – Yanahuanca es **regular**.

- *Prueba hipótesis general planteado*

Los resultados de la evaluación del nivel de servicio del pavimento flexible mediante el índice de rugosidad internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN de la carretera Cerro De Pasco – Yanahuanca, indica que el nivel de serviciabilidad del pavimento flexible es **regular**, por lo que queda demostrado que la hipótesis establecida inicialmente es válida.

4.3.2. Hipótesis específicas.

- *Primera hipótesis específica planteada.*

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca es de 4 m/km.

- *Prueba de primera hipótesis específica planteada.*

Con el procedimiento de cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) resultó que el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca tiene un IRI de 3.78 m/km, el cual es un valor muy cercano al que se planteó en la primera hipótesis específica, resultando ser válida la hipótesis planteada.

- *Segunda hipótesis específica planteada.*

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) máximo y mínimo del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca es de 9 m/km y 1.5 m/km respectivamente.

- *Prueba de segunda hipótesis específica planteada.*

Evaluando los Índices de Rugosidad Internacional (IRI) obtenidos de los cálculos, se identificó que el IRI máximo e IRI mínimo del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca es de 9.60 m/km y 1.45 m/km respectivamente, valores muy aproximados a los planteados en la segunda hipótesis específica, por lo que resulta ser válida la hipótesis establecida.

- *Tercera hipótesis específica planteada.*

El Índice de Rugosidad Internacional Característico (IRI_c) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca supera 3.9 m/km, por lo que no pasa el control de calidad de un pavimento en servicio.

- *Prueba de tercera hipótesis específica planteada.*

El cálculo del Índice de Rugosidad Internacional Característico (IRIc) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca nos proporciona un valor de 5.44 m/km, el cual es superior a 3.9 m/km, y no supera el control de calidad, de esta forma queda demostrado que la tercera hipótesis específica planteada es cierta.

- *Cuarta hipótesis específica planteada.*

El índice de serviciabilidad presente (PSI) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca se encuentra en rango de 2-3.

- *Prueba de cuarta hipótesis específica planteada.*

El cálculo del índice de serviciabilidad presente (PSI) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca, arroja un PSI de 2.65, por lo que se cumple con la cuarta hipótesis específica planteada.

4.4. Discusión de resultados.

- En base a los resultados obtenidos del estudio de tráfico, la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca es de tercera clase según clasificación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), ya que el IMDA es de 342 vehículos, así mismo el parámetro de IRIc se realizó para esta categoría.
- De acuerdo a los resultados el nivel de servicio del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca tiene un $PSI = 2.65$ y un $IRI = 3.78$ m/km, que de acuerdo a los rangos establecidos por la normatividad peruana la vía en estudio se encuentra en un estado regular.

Sin embargo, en la evaluación total de la carretera se aprecia tramos con un PSI de hasta 0.87 y con IRI de 9.60 m/km que significa un nivel de servicio muy malo,

que manifiesta una condición severa de daño. El carril izquierdo tiene una ligera mejor serviciabilidad que el carril derecho.

- El Manual de Carreteras - Conservación Vial, nos permite calcular el parámetro de IRI Característico, y siguiendo los procedimientos se tiene un $IRI_c = 5.44$ m/km, sobrepasando los límites establecidos en la norma para este tipo de vía que es de 3.90 m/km, esto quiere decir que la vía en estudio no tiene niveles aceptables de servicio, lo cual necesita con urgencia estudios más profundos y posteriormente realizar el mantenimiento y rehabilitación de la vía.
- Para las intervenciones se puede tomar en cuenta la recomendación del Ing. Andrés Sotil Chavez que recomienda las siguientes acciones. muy malo 5.36% (Rehabilitación - Reconstrucción), malo 17.86% (Rehabilitación - Reconstrucción), regular 30.36% (Mantenimiento Correctivo), bueno 46.43% (Mantenimiento Preventivo Rutinario y/o Periódico), toda decisión de intervención deberá ser respaldado con más ensayos que justifiquen la decisión.
- Así mismo evaluándolo con su tiempo de antigüedad que es 9 años, los parámetros nos indican que el pavimento tuvo poco o nulo mantenimiento, lo cual se refleja en el estado de la carretera y en los resultados.

CONCLUSIONES

- Mediante el uso de la metodología del rugosímetro de MERLIN que establece el ASTM E950, se puede calcular el índice de rugosidad internacional (IRI), por consiguiente, el índice de serviciabilidad presente (PSI), al aplicar este procedimiento a nuestras muestras de estudio del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca, se obtuvo un resultado que determina que la vía en estudio tiene un nivel de servicio **regular**, ya que tiene un Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) de 2.65 y un Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de 3.78.
- La carretera presenta tramos con un PSI de hasta 0.87 y con IRI de 9.60 m/km y que manifiesta una condición severa de daño y que según la clasificación normada tienen un nivel de servicio **muy malo**, así mismo también se llega a tener PSI de 3.84 con IRI de 1.45, que según la clasificación tienen un nivel de servicio **bueno**.
- Se identificó que los porcentajes de clasificación de serviciabilidad son los siguientes: muy malo 5.36%, malo 17.86%, regular 30.36%, bueno 46.43%.
- El carril izquierdo con un Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) de 2.73 tiene una mejor serviciabilidad que el carril derecho que cuenta con un Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) de 2.58.
- El estudio de tráfico arrojó que la clasificación de la vía según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) es de tercera clase siendo el IMDA de 342 vehículos, siendo vehículos de categoría M 86.69%.
- El Índice de Rugosidad Internacional Característico (IRIc) para el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca es de 5.44 m/km, el cual supera los límites de calidad establecidos en el manual de Carreteras - Conservación Vial para una carretera de tercera clase y en servicio (3.9m/km).

- El nivel de servicio del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco - Yanahuanca a la fecha de la ejecución de los ensayos es regular, debido al poco o inexistente mantenimiento, siendo preocupante debido a lo importante que es esta carretera.

RECOMENDACIONES

- La toma de datos, con el rugosímetro MERLIN se debe llevar a cabo siguiendo el procedimiento correcto para la obtención de resultados confiables, y tomando las medidas adecuadas de seguridad, en este caso se contó con conos de seguridad y vigías durante todos los ensayos de campo.
- Se recomienda realizar los trabajos de manteniendo, rehabilitación y reconstrucción en todos los tramos que lo requieran, para mejorar el nivel de servicio de esta importante vía que conecta dos provincias de Pasco.

Prog. Inicio	Prog. Final	Condición	Acción
0+000	2+200	Bueno	Mantenimiento Preventivo Rutinario y/o Periódico
2+200	4+000	Regular	Mantenimiento Correctivo
4+000	5+800	Bueno	Mantenimiento Preventivo Rutinario y/o Periódico
5+800	7+600	Regular	Mantenimiento Correctivo
7+600	22+000	Bueno	Mantenimiento Preventivo Rutinario y/o Periódico
22+000	29+200	Regular	Mantenimiento Correctivo
29+200	36+400	Malo-Muy Malo	Rehabilitación - Reconstrucción
36+400	43+600	Regular	Mantenimiento Correctivo
43+600	47+200	Malo-Muy Malo	Rehabilitación - Reconstrucción
47+200	51+433	Bueno	Mantenimiento Preventivo Rutinario y/o Periódico

- Se recomienda una evaluación del nivel de servicio posterior al mejoramiento de la carretera y comparar con los parámetros mínimos que debe cumplir de acuerdo al Manual de Carreteras - Conservación Vial.
- Se recomienda ampliar el estudio de la evaluación del nivel de servicio en los pavimentos tanto flexibles como rígidos de la ciudad de Cerro de Pasco, para detectar más vías que presenten deterioros y determinar una posible solución o mantenimiento adecuado según se requiera.

BIBLIOGRAFÍA

- ASTM E950 “Standard Test Method for Measuring the Longitudinal Profile of Traveled Surfaces with an Accelerometer Established Inertial Profiling Reference”.
- De Solminihaç H., Gestión de Infraestructura Vial. 2a. ed., Santiago, Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile, 2001.
- Gamboa Chicchón, Karla. “Cálculo de Condición de pavimento flexible”.
- Gustavo A. Badilla Vargas. “Determinación de la regularidad superficial de pavimentos mediante el cálculo del índice regularidad internacional (IRI): aspectos y consideraciones importantes”.
- Michael W. Sayers (1989). Two Quarter-Car models for defining road roughness: IRI and HRI, Transportation Research Board.
- Milton Oswaldo Sangay Cusquisibán (2019) Tesis. “Determinación del nivel de servicio mediante el índice de rugosidad internacional (IRI) medido con el equipo MERLIN en el pavimento flexible de la av. hoyos rubio en la ciudad de Cajamarca”.
- Ministerio de transportes y comunicaciones. “Manual de carreteras - conservación vial 2013”.
- Ministerio de transportes y comunicaciones. “Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos 2013”.
- Montejo Fonseca Alfonso. “Ingeniería de Pavimentos Para Carreteras”.
- José Luis Pinto Muñoz (2018) Tesis. “Evaluación del comportamiento funcional del pavimento rígido del jr. José Sabogal cdra. 01-08 utilizando el rugosímetro MERLIN y las propuestas de técnicas de rehabilitación”.
- Pablo del Águila Rodríguez, “Experiencias y resultados obtenidos en la evaluación de la rugosidad de más de 3,000 km. de pavimentos en el Perú y otros países”, Perú, 1999.

- Pablo del Águila Rodríguez. Manual de Equipo MERLIN para medir la Rugosidad en Pavimentos, Camineros S.A.C.
- Pablo del Águila Rodríguez. “Metodología para la determinación de la rugosidad de los pavimentos”.
- Resolución Directoral N°051-2007- MTC/14. Especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras.
- Sánchez Fernando Sabogal. “Construcción de pavimentos asfálticos”.
- Ventura J., Alvarenga E., Determinación del Índice de Regularidad Internacional IRI. Ministerio de Transporte, Obras Públicas, Vivienda y Desarrollo Urbano. El Salvador, 2005

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Índices	Método
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general				
¿Cuál es el nivel de servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el rugosímetro Merlín en el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca – 2019?	Evaluar el nivel de servicio mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) utilizando el rugosímetro MERLIN en el pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca – 2019.	El nivel de servicio del pavimento flexible mediante el índice de rugosidad internacional (IRI) utilizando el rugosímetro merlin de la carretera Cerro De Pasco – Yanahuanca es regular .	Variable dependiente: Nivel de servicio de la carretera cerro de pasco - yanahuanca	Evaluación del nivel de servicio.	<ul style="list-style-type: none"> • Calculo del IRI • Calculo del IRI máximo, mínimo y promedio. • Calculo del IRI Característico. • Calculo de índice de serviciabilidad presnete PSI. 	-Aplicada porque se centra en contar con mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto, la evaluación del nivel de servicio del pavimento. - Cuantitativa, porque se reúne datos cuantitativos mediante la medición sistemática con del equipo Merlín, y se emplea el análisis estadístico como
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicos				
¿Cuál es el Índice de Rugosidad	• Calcula r el Índice de	• El Índice de Rugosidad Internacional			<ul style="list-style-type: none"> • Realizar las lecturas del 	

Internacional (IRI) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca?	Rugosidad Internacional (IRI) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca.	(IRI) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca es de 4 m/km.	<p><u>Variable independiente:</u> Desplazamientos verticales del pavimento</p> <p><u>Variable interviniente:</u> Rugosímetro MERLIN</p>	Calculo del IRI.	<p>rugosímetro Merlín</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento estadístico de datos tomados en campo. 	<p>característica resaltante.</p> <p>- Descriptiva, trabaja con hechos que se observan y se describen tal como se presentan en su ambiente natural, en este caso los desplazamientos verticales del pavimento.</p> <p>- En esta investigación las variables sólo han sido observadas en su contexto real sin alterarlas intencionalmente, por lo tanto esta investigación se enmarca dentro</p>
¿Cuál es el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) máximo y mínimo del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca?	Calcular Índice de Rugosidad Internacional (IRI) máximo y mínimo del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco - Yanahuanca.	El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) máximo y mínimo del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca es de 9 m/km y 1.5 m/km respectivamente.		Calculo del IRI máximo y minino.	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento estadístico de datos procesados en gabinete. 	
¿Cuál es el Índice de Rugosidad Internacional Característico	Calcular el Índice de Rugosidad Internacional Característico	El Índice de Rugosidad Internacional Característico (IRIc) del		Calculo del IRI característico.	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el IRI característico mediante formula. 	

<p>(IRIc) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca?</p>	<p>(IRIc) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca.</p>	<p>pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca supera 3.9 m/km, por lo que no pasa el control de calidad de un pavimento en servicio.</p>				<p>de una investigación No Experimental del tipo Transversal</p>
<p>¿Cuál es el índice de serviciabilidad presente (PSI) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca?</p>	<p>Calcular el índice de serviciabilidad presente (PSI) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca.</p>	<p>El índice de serviciabilidad presente (PSI) del pavimento flexible de la carretera Cerro de Pasco – Yanahuanca se encuentra en rango de 2-3.</p>		<p>Calculo del indice de serviciabilidad presente (PSI).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el PSI según tranformacion de datos IRI, y calificarlo según escala. 	

Figura 32: Instrumentos de recolección de datos para el rugosímetro MERLIN.

	Tesis: “EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO MEDIANTE EL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) UTILIZANDO EL RUGOSIMETRO MERLIN EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA CERRO DE PASCO – YANAHUANCA-2019”											
Proyecto: <input style="width: 95%;" type="text"/>	Operador: <input style="width: 95%;" type="text"/>											
Tramo: <input style="width: 95%;" type="text"/>	Auxiliar: <input style="width: 95%;" type="text"/>											
Carril: <input style="width: 95%;" type="text"/>	Fecha: <input style="width: 95%;" type="text"/>											
Ensayo N°: <input style="width: 60%;" type="text"/>	Inicio Km: <input style="width: 60%;" type="text"/>	Fin Km: <input style="width: 60%;" type="text"/>										
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
Observaciones:			LI: <input style="width: 95%;" type="text"/>		Espesor de Pastilla: <input style="width: 95%;" type="text"/>							
			LF: <input style="width: 95%;" type="text"/>		Numero de Datos: <input style="width: 95%;" type="text"/>							
					Relación de brazos: <input style="width: 95%;" type="text"/>							

Fuente: Propio.

Figura 33: Instrumento de recolección de datos para el conteo de vehículos.

FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR																						
ESTUDIO DE TRAFICO																						
TRAMO DE LA CARRETERA										ESTACION												
SEN TIDO										E ←				S →					CODIGO DE LA ESTACION			
UBICACIÓN										DIA Y FECHA												
DIA 1																						
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER					
				PICK UP	PANEL	RURAL Com bi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA. VEH.																						
	E																					
	S																					
	E																					
	S																					
	E																					
	S																					
	E																					
	S																					
	E																					
	S																					
	E																					
	S																					
	E																					
	S																					
	E																					
	S																					
PARCIAL:		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ENCUESTADOR : _____																						

Fuente: Propio.

Figura 34: Lectura inicial para empezar cada ensayo.



Fuente: Propio.

Figura 35: Colocación de pastilla en cada inicio de ensayo.



Fuente: Propio.

Figura 36: Lectura final para empezar cada ensayo.



Fuente: Propio.

Figura 37: Ejecución de ensayo.



Fuente: Propio.

Figura 38: Marca para lectura de datos (pitón de llanta).



Fuente: Propio.

Figura 39: Ejecución de ensayo con medidas de seguridad.



Fuente: Propio.

Figura 40: Ensayo en carril derecho de carretera muestras iniciales.



Fuente: Propio.

Figura 41: Ensayo en carril izquierdo de carretera muestras iniciales.



Fuente: Propio.

Figura 42: Ensayo en carril derecho de la carretera muestras finales.



Fuente: Propio.

Figura 43: Ensayo en carril izquierdo de la carretera muestras finales.



Fuente: Propio.

Figura 44: Ejecución de ensayo en tramos dañados.



Fuente: Propio.

Figura 45: Ensayo en tramos de regular estado.



Fuente: Propio.

Figura 46: Inicio del trabajo topográfico.



Fuente: Propio.

Figura 47: Levantamiento topográfico de la carretera.



Fuente: Propio.

Figura 48: Cambio de estación para el levantamiento topográfico de la carretera.



Fuente: Propio.

Figura 49: Avance del trabajo topográfico de la carretera.



Fuente: Propio.

Figura 50: Conteo vehicular estación – 01 (Paragsha).



Fuente: Propio.

Figura 51: Conteo vehicular estación – 02 (Tambopampa).



Fuente: Propio.

Figura 52: Conteo vehicular estación – 03 (Chipipata).



Fuente: Propio.