



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,
PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI.
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

1. Datos del Autor:

Apellidos y Nombres: Llana Aparicio Jackelyn Isis

Código de alumno: 131.0904.470 Teléfono: 932734488

Correo electrónico: jackelynisis@gmail.com DNI o Extranjería: 72160468

2. Modalidad de trabajo de investigación:

- Trabajo de investigación Trabajo académico
 Trabajo de suficiencia profesional Tesis

3. Título profesional o grado académico:

- Bachiller Título Segunda especialidad
 Licenciado Magister Doctor

4. Título del trabajo de investigación:

“CONSERVACIÓN Y REGULARIDAD SUPERFICIAL DE LA CARRETERA
PAVIMENTADA PE-3N TRAMO HUARAZ – RECUAY KM 550+000 AL KM 580+000,
ANCASH-2019”

5. Facultad de: Ingeniería civil

6. Escuela, Carrera o Programa: Ingeniería Civil

7. Asesor:

Apellidos y Nombres: Milla Vergara Elio Alejandro Teléfono: 944931238

Correo electrónico: emillav@hotmail.com DNI o Extranjería: 31666219

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: 

D.N.I.: 72160468

FECHA:

04 / 12 / 2020

UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS:

**“CONSERVACIÓN Y REGULARIDAD SUPERFICIAL
DE LA CARRETERA PAVIMENTADA PE-3N TRAMO
HUARAZ - RECUAY KM 550+000 AL KM 580+000,
ANCASH- 2019”**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Bach. LLANA APARICIO JACKELYN ISIS

ASESOR:

DR. ING. ELIO ALEJANDRO MILLA VERGARA

HUARAZ - ANCASH - PERÚ

2020

DEDICATORIA

A mi familia; a mis padres Ángela Rosario Aparicio Tafur y Cesar Augusto Llana Yufra que me han apoyado en este camino brindándome bienestar y fortaleza para salir adelante, a mi hermana María Félix Taisen Llana Aparicio y sobrina Mei Natsuki Méndez Llana a quienes quiero mucho.

A Dios por darme la oportunidad de continuar con vida y seguir este sueño de ejercer la profesión de ingeniería civil.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Elio Milla Vergara por la confianza, por su orientación, facilidades brindadas para el desarrollo y culminación de esta investigación.

Al Ing. Larsos que permitió obtener la licencia del aplicativo para el desarrollo de esta investigación y su disposición de ayudar a todos los que quieran realizar su tesis en esta rama de la ingeniería.

A la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo la cual nos prepara para un futuro competitivo y nos educa con conocimientos para contribuir a la sociedad.

A Dios y a mi familia los cuales han sido mi soporte a lo largo de mi carrera y de mi vida.

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE	iv
LISTA DE TABLAS	viii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	1
1.1.1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	3
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA	3
1.3. JUSTIFICACION	3
1.3.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA	3
1.3.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL	4
1.4. ESTUDIOS BÁSICOS DE ESPECIALIDAD QUE REQUIERE LA INVESTIGACIÓN:	4
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	5
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.6. HIPOTESIS	6
1.7. VARIABLES	6
1.7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES	6
1.7.2. VARIABLES DEPENDIENTES	6
1.7.3. VARIABLES INTERVINIENTES	6
1.7.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	7
CAPÍTULO II MARCO REFERENCIAL	8

2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1.1.	ANTECEDENTES INTERNACIONALES	8
2.1.2.	ANTECEDENTES NACIONALES	9
2.2.	MARCO TEÓRICO	13
2.2.1.	CARRETERA	13
2.2.2.	CONDICIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO	14
2.2.3.	REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO	16
2.2.4.	ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)	17
2.2.5.	NIVEL Y MIRA-SOFTWARE ProVAL	26
2.2.6.	ROADROID	30
2.2.7.	SERVICIABILIDAD DE PAVIMENTOS	33
2.2.8.	NORMATIVA PERUANA	37
2.3.	MARCO CONCEPTUAL (DEFINICIÓN DE TÉRMINOS)	44
CAPITULO III	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	45
3.1.	PERSPECTIVA METODOLÓGICA	45
3.2.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	45
3.3.	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	46
3.3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	46
3.3.2.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	46
3.4.	LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	46
3.5.	CONTEXTO Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	46
3.6.	POBLACIÓN Y MUESTRA	48
3.6.1.	POBLACIÓN:	48
3.6.2.	MUESTRA:	49
3.6.3.	MÉTODOS DE MUESTREO:	49
3.6.4.	CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA MUESTRA	49
3.7.	TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	49

3.8. MÉTODO E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	49
3.8.1. Método:	49
3.8.2. Instrumentos:	50
3.9. PLAN DE RECOPIACIÓN DE DATOS	53
3.9.1. Recolección de datos con el método Roadroid	53
3.9.2. Recolección de datos con el Nivel y Mira (Método aceptado)	63
3.9.3. Inspección visual de las fallas/deterioros	68
3.9.4. Aforo Vehicular de la carretera en Estudio	69
3.10. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS	72
3.10.1. Análisis de datos obtenidos por el Método Roadroid	72
3.10.2. Análisis de datos obtenidos por el Método Nivel y Mira	78
3.10.3. Análisis empleando datos obtenidos por Ambos Métodos.	82
3.10.4. Análisis del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)	95
3.10.5. Cálculo del índice Medio Diario Anual (IMDa)	97
CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	99
4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	99
4.1.1. Regularidad superficial con el Método Roadroid (Ambos carriles) ⁹⁹	
4.1.2. Regularidad superficial con el Método Nivel y Mira (Ambos carriles) ¹⁰⁴	
4.1.3. Resultado de Regularidad comparando ambos métodos.	107
4.1.4. Índice de Serviciabilidad (PSI) con el IRI y eIRI	110
4.1.5. Lista de Inspección de Fallas/Deterioros De La Carretera En Estudio ¹¹⁰	
4.1.6. Medidas correctivas para la conservación	115
4.2. INTERPRETACION DE RESULTADOS	116
4.2.1. De la regularidad superficial por el Método Roadroid	116
4.2.2. De la Regularidad superficial con el Método Nivel y Mira	118

4.2.3.	De la Regularidad superficial comparando ambos métodos.....	119
4.2.4.	Del Índice de serviciabilidad Presente (PSI).....	120
4.2.5.	De las propuestas de Medidas correctivas para la Conservación	122
4.3.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	122
4.4.	DISCUSIÓN.....	122
CONCLUSIONES.....		126
RECOMENDACIONES.....		127
BIBLIOGRAFÍA.....		128
ANEXOS		132

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de operacionalización de variables.....	7
Tabla 2. Equipos Utilizados para la medición de la regularidad superficial de pavimentos.	25
Tabla 3. Escala de Índice de Serviciabilidad.....	34
Tabla 4. Escala de calificaciones de la serviciabilidad según AASHTO 1962.....	34
Tabla 5. Escala de serviciabilidad.....	35
Tabla 6. Rangos y Valores característicos del IRI en función del PSI.....	36
Tabla 7. Índice de serviciabilidad final(Pt) Según rango de tráfico.....	38
Tabla 8. Escala de índice de serviciabilidad.	39
Tabla 9. Rugosidad IRI para carreteras con carpeta asfáltica en caliente.	40
Tabla 10. Parámetros globales por contratos por niveles de servicio para CONCRETO ASFÁLTICO.	42
Tabla 11. Parámetros globales por contratos por niveles de servicio para PAVIMENTOS RÍGIDOS.....	43
Tabla 12. Formato de presentación de datos para la aplicación Roadroid.....	50
Tabla 13. <i>Datos proporcionados por Roadroid en formato "txt."</i>	62
Tabla 14. Datos obtenidos en la libreta topográfica del método Nivel y Mira.	67
Tabla 15. Ubicación de Singularidades.....	72
Tabla 16. Valores del eIRI sin singularidades en promedios de 100m (Datos de Ida).	73
Tabla 17. Valores del eIRI sin singularidades cada 100m. (Datos de vuelta).....	73
Tabla 18. Condición de la carretera en porcentaje y el eIRI promedio.....	75
Tabla 19. IRI obtenido con el Método Nivel y Mira.....	81
Tabla 20. Similitud en porcentajes de los resultados del eIRI -IRI.....	82
Tabla 21. Coeficiente de correlación Resumen de Análisis.....	85
Tabla 22. Resultado Correlación de Pearson.	85
Tabla 23. Correlación de Spearman.....	86
Tabla 24. Valores obtenidos con las ecuaciones de las líneas de tendencia.	88
Tabla 25. Obtención del IRI cada 5m mediante ecuación de Regresión Lineal.	90
Tabla 26. IRI obtenido por ambos métodos (HUARAZ-RECUAY).....	91
Tabla 27. IRI obtenido por ambos métodos (Recuay-Huaraz).....	93
Tabla 28. Valores del PSI en función a ambos métodos(HUARAZ-RECUAY).....	95

Tabla 29. Valores del PSI en función a ambos métodos (RECUAY-HUARAZ).....	96
Tabla 30. Resumen de conteo vehicular realizado en 2 días.....	97
Tabla 31. Factores de corrección estacional. Peaje de Catac.	97
Tabla 32. IMDa de la carretera Huaraz- Recuay.....	98
Tabla 33. ESAL de la carretera.	98
Tabla 34. eIRI promedio de la carretera y porcentajes de condición.	100
Tabla 35. eIRI - Ambos carriles toda la carretera estudiada.	101
Tabla 36. Condición del Tramo N°01 Y eIRI promedio.....	101
Tabla 37. Ambos carriles Tramo N°01-Pav.Rígido.	102
Tabla 38. Condición del Tramo N°02 y eIRI Promedio.	102
Tabla 39. eIRI ambos carriles Tramo N°02-Pav. Flexible.....	103
Tabla 40. Condición del Tramo N°03 y eIRI Promedio.	103
Tabla 41. eIRI ambos carriles Tramo N°03-Pav Flexible.....	104
Tabla 42. IRI promedio y en ambos carriles – Toda la carretera en estudio.....	104
Tabla 43. IRIC con el IRI Promedio a nivel de toda la carretera en estudio.	105
Tabla 44. IRI promedio y por carriles-Tramo N°01 Pav. Rígido.....	105
Tabla 45. IRIC con el IRI Promedio en el Tramo N°01.	105
Tabla 46. IRI Promedio y por carriles-Tramo N°02 Pav. Flexible.	106
Tabla 47. IRIC con el IRI Promedio en el Tramo N°02.	106
Tabla 48. IRI promedio y por carriles-Tramo N°03-Pav Flexible.....	107
Tabla 49. IRIC con el IRI Promedio en el Tramo N°03.	107
Tabla 50. eIRI a lo largo de la carretera pavimentada en estudio.	107
Tabla 51. IRI a lo largo de la carretera pavimentada en estudio.	108
Tabla 52. PSI promedio para el carril de ida y por tramos.....	110
Tabla 53. PSI promedio para el carril de vuelta y por tramos.....	110
Tabla 54. PSI con los valores del eIRI y el IRI para ambos carriles.....	110
Tabla 55. Análisis y propuestas de conservación para el tramo N°01.	115
Tabla 56. Análisis y propuestas de conservación para el tramo N°02.	115
Tabla 57. Análisis y Propuestas de conservación para el tramo N°03.....	116
Tabla 58. Leyenda de Condición de carretera.	116
Tabla 59. Resumen de la información utilizada para la interpretación de la Regularidad superficial.	118
Tabla 60. Información utilizada de la tabla 7 para la interpretación del PSI.	120
Tabla 61. Resumen de ESAL de diseño obtenido para pavimento rígidos	177

Tabla 62. Resumen de ESAL de diseño obtenido para pavimento flexibles	177
--	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representación gráfica del modelo "Cuarto de Carro".....	18
Figura 2. Escala original del Banco Mundial para el IRI.....	19
Figura 3. Escala de estimación de rugosidad para caminos pavimentados con concreto asfáltico o tratamiento superficial.	19
Figura 4. Concepto del análisis del ciclo de vida útil en HDM-4.....	20
Figura 5. Efecto del estado de la carretera sobre los costos de operación vehicular para un terreno ondulado.....	20
Figura 6. Efecto de los niveles de financiamiento en el comportamiento de la red de carreteras.	21
Figura 7. Variación de Bombeo a lo largo de una curva de carretera.....	23
Figura 8. Singularidades: Tachas reflectivas.	23
Figura 9. Teléfono inteligente con la aplicación Roadroid, para medir el IRI.	25
Figura 10. Medición de Perfil con nivel y mira.	27
Figura 11. Ícono del software ProVAL.....	27
Figura 12. Filter 250mm del programa ProVAL	28
Figura 13. Filtro Low pass.	29
Figura 14. Ícono de la aplicación Roadroid v2.1.4.	32
Figura 15. Lista de importación en la cuenta Roadroid.	32
Figura 16. Mapa de IRI por colores de Roadroid. Fuente Manual de Usuario.....	33
Figura 17. Gráfico del avance del deterioro de un camino respecto al tiempo.....	37
Figura 18. Escala de Rugosidad IRI y características de los pavimentos. MTC,2014.	40
Figura 19. Mapa satelital de la Ruta para la Carretera en estudio Huaraz-Recuay...	47
Figura 20. Mapa de la carretera Longitudinal sierra norte PE-3N Tramo Huaraz-Recuay Km 550+000 al Km 580+000.	48
Figura 21. Automóvil Suzuki Ertiga.	53
Figura 22. Celular y Soporte para celular.	54
Figura 23. Recorrido realizado Huaraz –Recuay Km 550+000 al Km 580+000.....	54
Figura 24. Ícono de Roadroid con usuario propio de Gmail.....	55
Figura 25. Activación de GPS y datos móviles.	55

Figura 26. Aplicación Roadroid versión 2.4.1.	56
Figura 27. Start Menu Roadroid Pro 2.	56
Figura 28. Configuración de settings.	56
Figura 29. Configuración Vehicle type y Photo Capture Segment Lenght.	57
Figura 30. Configuración para el tipo de vehículo y foto.	57
Figura 31. Opción para calibración del móvil.	58
Figura 32. Calibración de la posición del móvil.	58
Figura 33. Correcta calibración del equipo.	58
Figura 34. Procedimiento para tomar datos.	59
Figura 35. Toma de datos.	59
Figura 36. Ingreso a la cuenta creada en la página Roadroid.	60
Figura 37. Historial Importado de la carretera ensayada.	60
Figura 38. Detalles de los datos recopilados para descarga.	60
Figura 39. Visualización del estado de la carretera.	61
Figura 40. Creación del Polígono.	61
Figura 41. Visualización de resultados del eIRI, mediante mapa y cuadro de reporte.	62
Figura 42. Instrumentos utilizados en la recolección de datos con el Método Mira y Nivel.	64
Figura 43. Posicionamiento del trípode.	65
Figura 44. Instalación del nivel de ingeniero y colocación de la cinta métrica.	65
Figura 45. Medición de las cotas de la carretera Huaraz-Recuay.	66
Figura 46. Instalación de los equipos en horas de la madrugada.	66
Figura 47. Formato de texto para que el programa ProVAL lo reconozca.	68
Figura 48. Puntos donde se llevó a cabo el conteo vehicular.	69
Figura 49. Semi Trayler 3S3 circulando por la carretera en estudio.	70
Figura 50. Semi Trayler 2S3.	70
Figura 51. Trayler 2T2 circulando por la carretera en estudio.	70
Figura 52. Gráfico de dispersión del eIRI vs Distancia recorrida (HUARAZ- RECUAY).	74
Figura 53. Gráfico de dispersión del eIRI vs Distancia recorrida (RECUAY- HUARAZ).	74
Figura 54. Carretera en estudio tramo de pavimento flexible.	75
Figura 55. Carretera en estudio tramo de pavimento rígido.	76

Figura 56. Fisuración en la carretera.....	76
Figura 57. Mapa de colores obtenido por el Método Roadroid	77
Figura 58. Gráfico del perfil del subtramo (Km577+020-Km577+380) de la carretera Huaraz-Recuay.....	78
Figura 59. Ingreso de datos al software ProVAL 3.61.	78
Figura 60. Imagen de importación de datos del formato .ERD.	79
Figura 61. Perfil luego de aplicar el filtro del Band Pass.	79
Figura 62. Valor del IRI a lo largo del perfil.	80
Figura 63. Generación de reportes en Excel desde el programa ProVAL. Fuente: Propia.	80
Figura 64. Gráfico de similitud entre datos obtenidos por el Método Roadroid y el Método nivel y Mira.....	84
Figura 65. Resumen del análisis del coeficiente de correlación entre dos variables. 85	
Figura 66. Interpretación de la correlación de Spearman.	86
Figura 67. Gráfico de Dispersión.....	87
Figura 68. IMDa por tipo de vehículo. Fuente: Propia	98
Figura 69. Mapa por colores que indican el IRI y condición de la carretera en estudio.	99
Figura 70. Capturas de pantalla del plano elaborado-Tramos variación IRI ambos métodos por colores.	109

RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo determinar la relación que existe entre conservación y regularidad superficial de la carretera Pavimentada PE-3N Tramo Huaraz -Recuay Km 550+000 Al Km 580+000. Para cumplir con los objetivos se empleó el método Roadroid y el método nivel y Mira para medir la regularidad superficial, y se emplearon los manuales de carreteras del MTC para las propuestas de Conservación del pavimento.

Para determinar las propuestas de conservación se realizó un análisis de la condición funcional del pavimento mediante el IRI y complementándolo con el PSI. De esta manera, el **Tramo N°01** (Km 577+480 al Km580+000) se obtuvo un IRI de 5.95m/km, una condición funcional mala y la propuesta de conservación tipo Rehabilitación; en el **Tramo N°02** (Km563+000 al Km 577+480) se obtuvo un IRI de 2.86m/km, una condición funcional buena y propuestas para la conservación periódica; en el **Tramo N°03** (Km 550+000al Km563+000) se obtuvo un IRI de 2.2m/km, una condición funcional Buena y propuestas para la conservación rutinaria y periódica.

Finalmente, se pudo determinar que si existe una relación entre las variables Conservación y Regularidad superficial contrastando así la hipótesis planteada.

Palabras clave: Regularidad superficial, Conservación, IRI, eIRI, PSI, Condición Funcional, Roadroid, Nivel y mira.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to determine the relationship between conservation and surface regularity of the PE-3N Paved highway, Huaraz-Recuay section, Km 550 + 000 to Km 580 + 000. To meet the objectives, the Roadroid method and the level and Mira method were used to measure surface regularity, and the MTC road manuals were used for the Pavement Conservation proposals.

To determine the conservation proposals, an analysis of the functional condition of the pavement was carried out using the IRI and complementing it with the PSI. In this way, Section N ° 01 (Km 577 + 480 to Km580 + 000) obtained an IRI of 5.95m / km, a poor functional condition and the Rehabilitation-type conservation proposal; In Section No. 02 (Km 563 + 000 to Km 577 + 480) an IRI of 2.86m / km was obtained, a good functional condition and proposals for periodic conservation; In Section N ° 03 (Km 550 + 000 to Km 563 + 000) an IRI of 2.2m / km was obtained, a good functional condition and proposals for routine and periodic conservation.

Finally, it was determined that if there is a relationship between the variables Conservation and surface regularity, thus contrasting our hypothesis.

***Keywords:* Surface regularity, Conservation, IRI, eIRI, PSI, Functional Condition, Roadroid, Level and look.**

INTRODUCCIÓN

El Perú posee normativas para la conservación vial, las cuales nos presenta variables que intervienen en la gestión de mantenimiento, una de estas variables es la regularidad superficial. El parámetro IRI (Índice de Regularidad Internacional) contribuye a controlar la calidad de los pavimentos y es un indicador valioso y confiable para la gestión vial en el estudio de pavimentos para su rehabilitación, control de calidad y como mecanismo de control de vías concesionadas. Actualmente, la carretera pavimentada PE-3N Tramo Huaraz -Recuay Km 550+000 Al Km 580+000 presenta deterioros a nivel de condición funcional, y se distingue cuando el usuario transita con su vehículo por la carretera. Las deficiencias en la infraestructura vial generan incomodidad en la población ya que no permite el traslado seguro, confortable y genera pérdidas de tiempo; así mismo la falta de intervención oportuna para la conservación ocasiona el incremento de fallas y disminución del periodo de vida del pavimento.

Las razones que motivaron a la elección del tema se debe a la importancia que ha llegado a tomar las vías de la región Ancash en estos años, aumentando el flujo vehicular y facilitando el ingreso y salida de personas desde la ciudad de Huaraz a distintas partes del país. Por lo mencionado anteriormente, es necesario otorgar a nivel vial la comodidad de circulación aplicando medidas de conservación que dependen del parámetro IRI. Como valor agregado, en la presente investigación se contó con un método novedoso que es el método Roadroid y permite medir la regularidad con mayor facilidad en tramos extensos, también se aplicó el Método Nivel y Mira por ser un método aceptado en el Perú nos permitió relacionar los resultados del método anterior para poder aplicar la normativa correspondiente a la conservación vial.

La presente tesis fue realizada con el propósito de determinar la relación que existe entre la conservación y regularidad superficial de la carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz-Recuay Km 550+000 al Km 580+000, debiéndose identificar así tramos en función a la variación del IRI y PSI para luego proponer medidas distintas de conservación.

La hipótesis planteada fue: Existe una relación entre conservación y regularidad superficial de la carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz-Recuay Km 550+000 al Km 580+000.

La presente investigación se estructura de la siguiente manera:

Capítulo I: Se presenta el planteamiento del Problema de investigación, el cual abarca la descripción del problema, justificación de la investigación, los estudios básicos de especialidad a tener en cuenta, los objetivos, hipótesis y la definición de variables.

Capítulo II: Está referido a la fundamentación teórica, en el cual se indican los antecedentes nacionales e internacionales y toda la información teórica de las variables, que nos sirvió como base para el desarrollo y sustento de la tesis.

Capítulo III: Se desarrolla la Metodología, el cual presenta el diseño de la investigación, población y muestra, instrumentos, procedimientos de recolección de datos y procedimiento de análisis de datos.

Capítulo IV: Se presentan e interpretan los resultados de la investigación, en función a los objetivos; desarrollando la contrastación de hipótesis y discusión de resultados Y finalizando con el esquema se presentan las conclusiones y recomendaciones, las cuales responden a los objetivos planteados y a los análisis de resultados plasmados en esta investigación.

También se incluye los anexos que complementan y dan fiabilidad de toda la información obtenida y procesada en todo el análisis que se realizó.

CAPÍTULO I.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En diferentes países a nivel mundial, las **redes viales** cobran gran importancia porque permiten comunicarnos y transportarnos de un lugar a otro, así mismo generan mayor desarrollo económico y social. Por la relevancia que poseen, se buscan conservar la calidad del pavimento para que el usuario se encuentre satisfecho, confortable y seguro al transitar la carretera.

Para gestionar la **conservación** vial es necesario evaluar diversas variables que permitan conocer el estado real de las carreteras y así, determinar el tratamiento que requieren las redes viales. Es por ello que se establecieron indicadores de la **calidad** del pavimento, dicha calidad se puede entender como la capacidad del pavimento para soportar cargas (condición estructural), pero también como la comodidad que se siente en el vehículo al transitar sobre el pavimento (condición funcional).

El mantenimiento de carreteras es una actividad fundamental, es por eso que se realizaron diversos estudios. En Estados Unidos el Banco mundial (1986) desarrolló las publicaciones técnicas N°45 y N°46 donde Paterson, Sayers y Gillespie presentan al IRI (Índice de regularidad/rugosidad internacional) como parámetro estandarizado para medir las irregularidades en el rodado de una carretera que indica el **estado** del pavimento; lo antes mencionado permitió que se tomara en cuenta la variable para los programas de mantenimiento en los pavimentos. México publicó el Programa Nacional de conservación de carreteras

que les permitió establecer acciones para, evaluar la condición de su red de carreteras y brindar una infraestructura en buenas condiciones de servicio para fortalecer la conectividad terrestre nacional, entre las evaluaciones destaca el análisis del IRI (STC 2018).

En el Perú aproximadamente desde el año 1992 se estableció la utilización del IRI, como parámetro de control de la calidad de pavimentos, ya que es uno de los indicadores más importantes de la condición del pavimento, así mismo es muy valiosa y confiable para la gestión vial aplicándose al estudio de pavimentos para su rehabilitación y como mecanismo de control de vías concesionadas (Del Águila Rodríguez 1999). Además, el MTC estableció una metodología en el “Manual de Mantenimiento o Conservación vial” para ejecutar y controlar actividades de conservación de naturaleza rutinaria y periódica para que las redes viales peruanas mantengan niveles de servicio adecuados.

La región Ancash presenta, dentro de sus provincias, redes viales que conectan diversos distritos del Perú; estas carreteras, cuyos pavimentos son flexibles y rígidos, presentan deterioros y fallas que son perceptibles cuando viajamos por ellas ocasionando molestias y pérdidas de tiempo en el viaje. La provincia de Huaraz (capital de la región Ancash) presenta carreteras con diversas fallas a lo largo de la vía y requieren de una constante evaluación para conocer su estado en tiempo real y así determinar propuestas para su conservación. La carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz- Recuay perteneciente a la carretera Longitudinal de la Sierra Norte es una de ellas, por eso es importante conocer la condición y calidad del pavimento, se debe realizar un análisis de la regularidad superficial para que nos permita, juntos con otros conceptos, relacionarlo directamente con las medidas de conservación a tomar.

Por lo mencionado anteriormente en la presente investigación se evaluó la regularidad superficial de la carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz-Recuay Km 550+000 al Km 580+000, para proponer medidas de conservación y en consecuencia determinar la relación que existe entre estas dos variables.

1.1.1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

La carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz-Recuay presenta fallas a nivel de condición funcional, por eso se buscó conocer la **regularidad superficial** de la carretera y en base a ello establecer propuestas para su **conservación** determinando así cuál es la relación entre las 2 variables.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuál es la relación que existe entre la conservación y la Regularidad superficial de la carretera pavimentada PE-3N Tramo Huaraz-Recuay Km 550+000 al Km 580+000?

1.3. JUSTIFICACION

1.3.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

La siguiente investigación se encuentra en el marco de la Ingeniería civil en la especialidad de Transportes y Pavimentos, donde la determinación de la regularidad Superficial de la carretera pavimentada Huaraz – Recuay es de gran importancia para la profesión ya que es un parámetro obligatorio a evaluar para la conservación de los pavimentos en la normativa peruana; además nos indica donde debe ser intervenido una vía para su mantenimiento o Rehabilitación tal como se estipulan en los contratos de conservación vial. Asimismo, la regularidad superficial y conservación son variables manejadas por todos los ingenieros de carreteras y su desconocimiento genera que más carreteras sean construidas sin cuidar la regularidad superficial trayendo como consecuencia el deterioro acelerado del pavimento que puede desencadenar en una serie de problemas que disminuyan sus niveles de servicio y su periodo de vida útil. Adicionalmente la presente investigación se justifica en el aporte a nivel de ingeniería que es el método Roadroid, este instrumento nos permitió analizar y obtener resultandos de un rango más extenso como lo son 30 kilómetros. Además, esta investigación permite conocer la relación entre las variables de conservación y regularidad superficial que, con la intervención de otros parámetros permitirán enlazar ambas ideas.

1.3.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Los resultados de la presente investigación permitirán el beneficio de las provincias de Huaraz y Recuay, ya que estará a disposición de la población, información actual sobre el estado de la carretera para tomar medidas de conservación que permita a los usuarios transitar con mayor confort. Así mismo beneficiará a los estudiantes de Ingeniería Civil debido a que contarán con un material de consulta para próximas ideas de investigación, y también será de beneficio a los ingenieros civiles por la incorporación de un nuevo método(Roadroid) en el desarrollo de esta investigación y servirá como material de consulta de procedimientos de evaluación de calidad del pavimento.

1.4. ESTUDIOS BÁSICOS DE ESPECIALIDAD QUE REQUIERE LA INVESTIGACIÓN:

Para llevar a cabo esta investigación se cuenta con la normativa peruana que forman parte de los Manuales de carreteras del Ministerio de Transportes y comunicaciones que son los siguientes:

Manual de Carreteras Mantenimiento o conservación Vial Parte IV:

- Se establece en este manual los **niveles de Servicio** de la Calzada para cada tipo de Vía en función al **parámetro de Rugosidad**¹ característica del tramo estudiado, además de otros parámetros para la conservación de pavimentos flexibles – calzada y berma.
- La conservación vial tiene un propósito preventivo, que incluye diversas actividades; se tomará en cuenta los **Inventarios de condición** que nos presenta dicho manual para adaptarlo a nuestro análisis.

Manual de suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Sección suelos y pavimentos.

- Teniendo como base este manual se realizará el **estudio de Tráfico Vial** (Capítulo VI) para conocer el Tipo de carretera que estamos evaluando en Función al IMDA.

¹ MTC 2018. Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial.Pag. 36-41, 86-102.

- También se consideró el capítulo XII Pavimentos Flexibles: Para conocer si se requiere refuerzo o renovación superficial en el pavimento flexible se puede realizar diferentes evaluaciones, pero una de ellas que enlaza la condición funcional con la condición estructural es la “**Serviciabilidad –Regularidad superficial**”².

Manual de Diseño Geométrico (DG-2018):

- En complementación con el manual de Suelos se utilizará este texto para **la clasificación de carreteras** (Capítulo I sección 101 sección 102) y las **Características del Tránsito** ubicada en el capítulo II sección 203.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la relación que existe entre la conservación y la regularidad superficial de la carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz-Recuay Km 550+000 al Km 580+000.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el índice de regularidad internacional de la carretera Pavimentada PE-3N Tramo Huaraz-Recuay en ambos carriles; usando el Método Roadroid y el método Nivel y Mira.
- Establecer tramos de acuerdo a la variación de la Regularidad superficial de la carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz-Recuay Km 550+000 al Km 580+000.
- Determinar la serviciabilidad carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz-Recuay Km 550+000 al Km 580+000; usando el eIRI y el IRI en ambos carriles.
- Analizar la condición funcional de cada tramo establecido de la carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz-Recuay Km 550+000 al Km 580+000, para determinar las propuestas de conservación.

² MTC 2014. «Sección Suelos y Pavimentos.» Pag. 167-175, sección 12.4.

1.6.HIPOTESIS

Existe una Relación entre la conservación y la Regularidad Superficial de la carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz-Recuay Km 550+000 al Km 580+000.

1.7.VARIABLES

1.7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Regularidad superficial

1.7.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Conservación

1.7.3. VARIABLES INTERVINIENTES

Serviciabilidad del pavimento

Método Roadroid

Método Nivel y Mira

1.7.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1. Cuadro de operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	NIVEL	INDICADOR	UNIDAD	INSTRUMENTO METODOLÓGICO	INSTRUMENTO DE INGENIERÍA
INDEPENDIENTE	Regularidad Superficial	La regularidad superficial es un fenómeno que depende primordialmente del perfil longitudinal de la superficie de la carretera	Escala que determina dimensión la desviación de una superficie respecto a una superficie plana teórica que afecta la dinámica del vehículo y calidad de la carretera.	0-1: Muy buena	IRI	m/km	Formatos de Observación y campo	Nivel y Mira y Smartphone
				1-1.9: Buena	IRI	m/km		
				1.9-3.6: Regular	IRI	m/km		
				3.6-6.4: Mala	IRI	m/km		
				6.4: Muy mala	IRI	m/km		
DEPENDIENTE	Conservación	La acción y efecto de conservar en el ámbito de pavimentos se puede referir a mantener o restaurar a nivel funcional o estructural.	Cantidad de medidas a tomar para el mejoramiento funcional del pavimento.	Buena	Conservación Rutinaria	-	Inventarios de condición	Aplicación del manual de Mantenimiento o conservación del MTC-2014
				Regular	Conservación Periódica			
				Mala	Reconstrucción-Rehabilitación			
INTERVINIENTE	Serviciabilidad de pavimento	Es la capacidad de un pavimento para servir al tránsito para el cual fue diseñado.	Nivel de transitabilidad que posee la carretera el el periodo para el cual fue diseñado	4-5: Muy Buena	PSI	-	Guías de observación	Aplicación del Método de Sayers
				3: Buena	PSI	-		
				2: Regular	PSI	-		
				1: Mala	PSI	-		
				0: Pésima	PSI	-		
	Método Roadroid	Es un método basado en una aplicación de Smartphone para determinar la regularidad superficial del pavimento.	Método de clase 2/3 que nos brinda una escala de valores que determinan la condición del pavimento por medio de la medición de la regularidad superficial	2.2: Buena	eIRI y cIRI	m/km	Panel de Observación de campo	Programa Roadroid, Smartphone Samsung J8
				2.2-3.8: Satisfactorio	eIRI y cIRI	m/km		
				3.8-5.4: No satisfactorio	eIRI y cIRI	m/km		
				5.4: Pobre	eIRI y cIRI	m/km		
	Método Nivel y Mira	Método tradicional que permite la medición de la regularidad superficial. Es la manera más conocida para la medición del perfil longitudinal.	Método de clase 1 que nos brinda una escala de valores que determinan la condición del pavimento por medio de la medición de la regularidad superficial	0-1: Muy buena	IRI	m/km	Guías de observación	Nivel y Mira, Programa ProVAL
				1-1.9: Buena	IRI	m/km		
				1.9-3.6: Regular	IRI	m/km		
3.6-6.4: Mala				IRI	m/km			
6.4: Muy mala				IRI	m/km			

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

(Martinez 2008) *“Definición de un índice de Rugosidad Intensivo de pavimentos orientado al mantenimiento”*

Objetivo: la proposición de un índice de lisura de caminos, diferente al IRI, que sea capaz de evaluar la condición puntual (asociada a singularidades o defectos puntuales) del pavimento, en forma independiente de la longitud del tramo y que permita detectar la ubicación de irregularidades o defectos puntuales. **Conclusión:** El nuevo indicador ICHILE como lo denominan, se basa en la energía disipada por el amortiguador del modelo (potencia).

(Muñoz 2012) *“Optimización De Políticas De Conservación De Pavimentos Asfálticos En La Zona Central De Chile”*

Objetivo: Realizar una optimización de las políticas de conservación de pavimentos asfálticos de la zona central de Chile bajo un enfoque socio-económico, y con consideraciones técnicas, que contribuya a realizar una asignación eficiente de recursos en conservación. **Metodología:** consideró la definición de escenarios representativos de caminos pavimentados con carpeta asfáltica de la zona central de Chile caracterizados por las variables de tramificación: tránsito y estructura, junto con su estado de deterioro. **Conclusión:** se propone ampliar el análisis realizado considerando el

clima y materiales de las carpetas de rodadura existentes en la red vial nacional e incorporar en el análisis los modelos de seguridad, de emisiones y de balance de energía de HDM-4.

(UDDIN 2015) *“Pavement performance measures using Android based Smartphone application”* (Tesis de Maestría). Universidad de Osmania.

Objetivo: Medir la rugosidad del pavimento en la ciudad de Hyderabad, una ciudad de la India, utilizando la tecnología del teléfono inteligente basado en un Android. **Métodos:** Uso del teléfono inteligente, donde indica que la rugosidad es un importante indicador de la condición del pavimento, los cuales deben ser considerados cuidadosamente al evaluar pavimentos nuevos; puesto que al realizar ensayos con velocidades por debajo de los 20km/h los datos que proporciona el Android ya no son confiables. **Conclusión:** la longitud para hallar el IRI promedio debe ser cada 100m, además concluyó que manejar el vehículo a una velocidad constante de 50 km/h es adecuada para la obtención del IRI. ³

(PRADERA 2006) *“Análisis de Regularidad Superficial en Caminos Pavimentados”*. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Objetivo: Complementar los estudios realizados anteriores por esta revista, así mismo tratar a profundidad el concepto de regularidad en caminos pavimentados. **Métodos:** Analizan el comportamiento de caminos pavimentados de Chile a través del índice de servicio, índice de Rugosidad y a la vez profundizan dichos conceptos dimensionándolos para su fin de estudio. **Conclusiones:** La medida de regularidad domina los valores estimados del Índice de Serviciabilidad. Esta es una de las razones que han llevado al IRI a ser utilizado en todo el mundo ya que entrega una percepción directa al usuario de la calidad de servicio de la vía.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

(Napaico 2019) *“Aplicación Del Índice De Rugosidad Internacional “IRI” En La Gestión De Conservación Vial Urbana”*

³ UDDIN, MOHAMMED JUNAID. «Pavement performance measures using Android based smartphone application.» Tesis, India, 2015.

Objetivo: Determinar el Índice De Rugosidad Internacional “IRI” para influir en la Gestión de Conservación Vial. **Metodología:** El método de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue el aplicado, de nivel explicativo, el diseño fue no experimental transversal. La población estuvo conformada por las vías pavimentadas de la Zona Urbana del Distrito de Sicaya, la muestra fue no probabilística o intencional. **Conclusión:** La conclusión principal fue que con la determinación del Índice de Rugosidad Internacional se optimizó significativamente la Gestión de Conservación Vial Urbana, pues mediante los valores IRI obtenidos se estableció cuando corresponde realizar conservación rutinaria y periódica.

(FERNANDEZ 2018)“*Aplicación del sistema de gestión de pavimentos para mejorar la conservación y serviciabilidad del pavimento.*” (Tesis de pregrado)

Objetivo: Aplicar el Sistema de Gestión de Pavimentos para la planificación de la conservación y la buena serviciabilidad del pavimento en las Avenidas de la ciudad de Juliaca. **Metodología:** El trabajo de investigación, corresponde al método descriptivo, donde las unidades de análisis son identificadas y descritas para explicar e interpretar sistemáticamente el hecho, sus formas de operaciones, recogiendo datos sobre las situaciones ocurridas con el objeto de examinarlos, analizarlos, describirlos y explicar los detalles y con ello determinar su incidencia y características de la investigación. **Conclusiones:** El sistema de gestión de pavimento propuesto, mejora la planificación en la toma de decisiones ingenieriles para el mantenimiento de las fallas existentes en los pavimentos evaluados

(QUISPE. 2016) “*Estudio Del Índice De Rugosidad Internacional De La Panamericana Norte - Zona Trujillo, Para Su Mantenimiento*” (Tesis de Maestría).⁴

Objetivo: Realizar el estudio del Índice de Rugosidad Internacional de la Panamericana Norte – Zona Trujillo – para su mantenimiento adecuado incidiendo en el aspecto socio-económico de gestión. **Método:** Para la

⁴ SACHÚN QUISPE, JAIME EMILIO NAPOLEÓN. Universidad Privada Antenor Orrego – UPAO, 2016

obtención de la rugosidad del pavimento utilizaron una metodología basada en la distribución de las desviaciones del pavimento real con respecto a una superficie plana perfecta imaginaria. **Conclusión:** Se determinó el Índice de Rugosidad Internacional en 29.60 kilómetros de panamericana Norte, desde el Ovalo Salaverry hasta el Ovalo El Milagro, por el carril derecho de la vía, obteniendo 1.77 m/km en IRI promedio, una desviación estándar de 0.19, IRIC de 2.08 m/km, un PSI de 3.43.

(VIDAL 2016) *“Medición y comparación de la rugosidad en pavimentos de la ciudad de Huánuco: mediante Smartphone y un método tradicional”*

Objetivo: La medición del índice de rugosidad internacional en los pavimentos de la ciudad de Huánuco para determinar el estado en que se encuentran, a partir de un método innovador que consiste en una aplicación para Smartphones denominada Roadroid. **Metodología:** Se utiliza esta aplicación para determinar la condición de las calzadas de las carreteras de la ciudad de Huánuco y sus alrededores, resaltando sus ventajas y comparando los resultados proporcionados con la condición observada en campo. **Conclusión:** Se demostró que el Roadroid proporciona valores parecidos a los que se obtiene usando mira y nivel, pero de manera mucho menos compleja. También se puede aseverar que el Roadroid no tiende a incrementar demasiado el IRI producto de las variaciones de pendiente ni al inicio de la recolección de datos, por lo que sería más ventajoso usarlo en carreteras con pendiente variable y en tramos largos.

(HIRPAHUANCA 2016) *“Determinación y Comparación de la Regularidad Superficial del pavimento de la Carretera Cusco-Urcos, Usando Teléfonos Inteligentes y el Rugosímetro de Merlin -2016”* (Tesis de Pregrado).

Objetivo: Determinar y comparar los resultados de la medición de la regularidad superficial del pavimento de la carretera Cusco – Urcos; usando la aplicación Roadroid y el Rugosímetro de MERLIN. **Método:** Se realizó las mediciones de la regularidad superficial con los equipos mencionados en más de 30km de carretera, para así comparar los resultados en la totalidad del tramo. **Conclusión:** El porcentaje de similitud de los resultados de la medición de la regularidad superficial del pavimento

de la carretera Cusco – Urcos; usando la aplicación Roadroid con respecto al Rugosímetro de MERLIN es de 90%.

(LLUNCOR y SALCEDO 2015) “*Propuesta de gestión para mantener la rugosidad dentro de los niveles de servicio del contrato de concesión*”

Objetivo: Elaborar una Gestión de Conservación Vial con la finalidad de mantener los niveles de servicio de acuerdo a los contratos de concesión.

Metodología: La investigación se enfoca en dar una alternativa de gestión de conservación vial que asegure a mantener los niveles de servicio en lo referente a la calidad del pavimento cuando la carretera se encuentra en estado de conservación. Para ello se establece un Plan de conservación vial que incluye una evaluación previa, definición de estrategias, programación, implementación, control y seguimiento, y mejoras, todos éstos orientados a cumplir con los niveles establecidos. **Conclusiones:** Es posible formular una propuesta de gestión vial que permita optimizar el presupuesto de mantenimiento en los años proyectados conservando los niveles de servicio que corresponden a la calidad del pavimento. Analizando la posibilidad y conveniencia de postergar el mantenimiento periódico considerando que los valores de rugosidad, estén dentro de los niveles admisibles reemplazándolo por intervenciones de micro pavimento con ruteo y sellado de fisuras de menor costo.

(Almenara 2015) “*Aplicación de teléfonos inteligentes para determinar la rugosidad de pavimentos urbanos en Lima*” (Tesis de Pregrado). ⁵

Objetivo: evaluar si la aplicación Roadroid v1.3.2 es aceptada por la norma técnica peruana que rige los pavimentos urbanos e introduciendo su uso.

Métodos: se evaluó la rugosidad de la vía expresa en Lima utilizando la aplicación Roadroid, donde se analizó si la variación de la velocidad al momento del muestreo afecta los resultados obtenidos del IRI, así mismo comparan los resultados obtenidos en los diferentes distritos de Lima.

Conclusión: Respecto a la norma peruana para pavimentos urbanos CE.010 concluye es totalmente flexible en cuanto al control de rugosidad. Solo estipula un límite máximo objetivo para vías expresas de 2.5 m/km,

⁵ ALMENARA, CARLOS CUETO. *Aplicación De Telefonos Inteligentes Para Determinar La Rugosidad De Pavimentos Urbanos En Lima*. Lima: Pontificia Universidad Catolica Del Peru, 2015.

proponiendo que la rugosidad de un pavimento debe ser pactada entre el cliente y el constructor.

(Almanza 2014) *“Evaluación Del Modelo “Quarter Car” Para La Estimación Del Índice De Rugosidad Internacional (IRI) Del Tramo Huancavelica - Santa Inés”*.

Objetivo: Analizar, evaluar y correlacionar los resultados del equipo ROUGHOMETER III en la estimación del Índice de Rugosidad Internacional de la carretera, con respecto al resultado obtenido con el equipo MERLIN. **Métodología:** Utiliza los datos recopilados y lo evalúan y representan en rugogramas así mismo interpretan por tramos los resultados finales del IRI. Además utilizan métodos comparativos para realizar la contrastación de su hipótesis. **Conclusión:** Al realizar la medición del IRI con los equipos seleccionados para la presente investigación, se corrobora el planteamiento hipotético “existe una diferencia en los resultados”, obteniéndose resultados de rugosidad mayores al medir con el equipo Roughometer III en comparación con el Rugosímetro Merlín.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. CARRETERA

Se puede definir como Camino para el tránsito de vehículos motorizados de por lo menos dos ejes, cuyas características geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir las normas técnicas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (MTC, Glosario de términos 2018)

2.2.1.1. Clasificación por demanda

(MTC, Glosario de términos 2018) Las carreteras del Perú se clasifican, en función a la demanda en:

- **Autopistas de Primera Clase**

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6 000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más

carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

- **Autopistas de Segunda Clase**

Son carreteras con un IMDA entre 6000 y 4 001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

- **Carreteras de Primera Clase**

Son carreteras con un IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

- **Carreteras de Segunda Clase**

Son carreteras con IMDA entre 2 000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

- **Carreteras de Tercera Clase**

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m. Estas carreteras pueden funcionar con soluciones básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura.

2.2.2. CONDICIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO

La condición funcional de un pavimento expresa su capacidad para servir al usuario, y sus principales indicadores incluyen la siguiente rugosidad, resistencia al roce, apariencia y otras consideraciones de seguridad. Una evaluación adecuada de la condición funcional requiere la medición de la rugosidad y/o la pobre resistencia al deslizamiento debe anotarse para una consideración especial en el diseño de rehabilitación. (AASHTO 1993).

El desempeño funcional de la infraestructura vial, además de garantizar condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios de las carreteras, repercute en aspectos económicos, relacionados con los costos de operación de los vehículos y el mantenimiento de pavimentos. (BADILLA, ELIZONDO y BARRANTES 2008). La Condición funcional se encuentra establecida mediante la ejecución de Relevamiento de Fallas y Medición de Rugosidad (Regularidad Superficial).

En la presente investigación se determinará la *condición funcional* del pavimento para sus propuestas de *Conservación*, esto se realizó tomando en cuenta *el Índice de Regularidad Superficial (IRI)* y *el índice de Serviciabilidad*; es decir la condición funcional del pavimento se expresará en términos de Pésima, Mala, Regular, Buena o Muy Buena.

2.2.2.1. Fallas en el pavimento

(MTC 2014) Menciona que la incidencia de factores de distinto origen determina alteraciones de la superficie de rodadura de los pavimentos flexibles que perjudican la seguridad, comodidad y rapidez con que debe circular el tráfico presente y el futuro. El propósito fundamental de la renovación superficial y el refuerzo, es corregir los defectos de la superficie de rodadura del pavimento existente, que perjudican la seguridad, comodidad y rapidez con que debe circular el tráfico presente y el futuro, para alcanzar un grado de serviciabilidad adecuado durante un periodo de tiempo suficientemente prolongado que justifique la inversión requerida.

La apreciación de las causas de las fallas observadas debe conducir a la diferenciación de 2 casos globales en los que debe identificarse la falla analizada:

Fallas superficiales: comprende los defectos de la superficie de rodadura debido a fallas de la capa asfáltica superficial propiamente dicha y no guardan relación con la estructura del pavimento.

Fallas estructurales: comprende los defectos de la superficie de rodadura cuyo origen es una falla en la estructura del pavimento, es decir afecta a una o más capas de pavimento.

2.2.3. REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO

2.2.3.1. Definición

Existen múltiples definiciones en cuanto a la regularidad superficial, pero algunos autores también utilizan el término rugosidad; es decir que pueden encontrarse información que trata indistintamente los conceptos de regularidad y rugosidad.

Se define como la “Desviación de una determinada superficie respecto a una superficie plana teórica, con dimensiones que afectan la dinámica del vehículo, la calidad de manejo, cargas dinámicas y el drenaje, por ejemplo, el perfil longitudinal, perfil transversal.” (ASTM E867-06 2012). Este concepto está ligado con la calidad del servicio o serviciabilidad del pavimento. “La satisfacción de los usuarios se manifiesta, fundamentalmente, por la calidad en que se encuentra la superficie de rodadura y los elementos que constituyen la seguridad vial” (MTC 2014).

2.2.3.2. Importancia

“La rugosidad es un indicador de la condición de la carretera y es útil para tomar decisiones objetivas relacionadas con la Gestión de redes viales” (SAYERS, GILLESPIE y QUEIROZ 1982).

La regularidad superficial de los pavimentos influye en la sensación de seguridad y confort que experimenta el usuario al circular por una carretera. Los efectos dinámicos producidos por las irregularidades de las carreteras no solo se reflejan en los vehículos, sino también en modificaciones de estado de esfuerzos y deformaciones en la estructura del pavimento, lo que puede incrementar los costos de conservación y rehabilitación de las Obras viales. Por estas razones, conocer la regularidad superficial del pavimento en cualquier momento desde el inicio de su periodo de servicio o en cualquier momento de la vida útil, permitirá definir las acciones de conservación o rehabilitación necesarias en el momento pertinente. También repercute en forma importante en los gastos de transporte y mantenimiento de la red vial y, además, proporciona una indicación del estado de las carreteras. (SANCHEZ y SOLMINIHAC 1989).

2.2.4. ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)

2.2.4.1. Reseña

Con el objetivo de definir un parámetro universal y de unificar los diferentes parámetros que se utilizaban para determinar la regularidad superficial de las carreteras, se realizó en Brasil en 1982, el proyecto International Road Roughness Experiment (IRRE), promocionado por el Banco Mundial; en el cual participaron equipos de investigación de Brasil, Inglaterra, Francia, Estados Unidos y Bélgica. En este proyecto se seleccionó un parámetro de medición, el cual satisface los criterios de ser estable en el tiempo, transferible y relevante, denominado Índice de Regularidad Internacional (IRI, International Roughness Index)⁶.

2.2.4.2. Definición.

(PATERSON,1986) Define: “El IRI resume matemáticamente el perfil longitudinal de la superficie de camino en una huella, representando las vibraciones inducidas por la rugosidad del camino en un auto de pasajeros típico, está definido por el valor de referencia del pendiente promedio rectificadas producto de la simulación del modelo de cuarto de carro, (RQCS), para una velocidad de desplazamiento de 80 km/h”.

El sistema del Cuarto de Carro calcula la deflexión de la suspensión de un sistema mecánico simulado como una respuesta similar a la que tuviera el pasajero. Los desplazamientos de la suspensión del modelo son acumulados y divididos entre la distancia recorrida para dar el Índice Internacional de Rugosidad, en unidades de m/km., mm/m, in/mi, etc.

2.2.4.3. Características del modelo de Cuarto de Carro

Un QCS (Quarter-car simulation) es un modelo matemático que debe su nombre a que implica la cuarta parte de un vehículo. La respuesta de este modelo es influenciada por varios parámetros que describen el vehículo simulado, incluyendo dos masas, dos Tasas de resorte, tasa de amortiguación y velocidad de simulación (SAYERS 1982).

El modelo incluye una rueda representada por un resorte vertical, la masa del eje soportada por la llanta, un resorte de la suspensión, un

⁶ BADILLA, GUSTAVO VARGAS, FABIAN ARRIETA, y ROY JIMENEZ BARRANTES. *Determinación De Un Procedimiento De Ensayo Para El Cálculo Del Iri*. Universidad de Costa Rica: Lanamme, 2008.

amortiguador, y la masa del vehículo soportada por la suspensión de dicha rueda (IMT 1998).

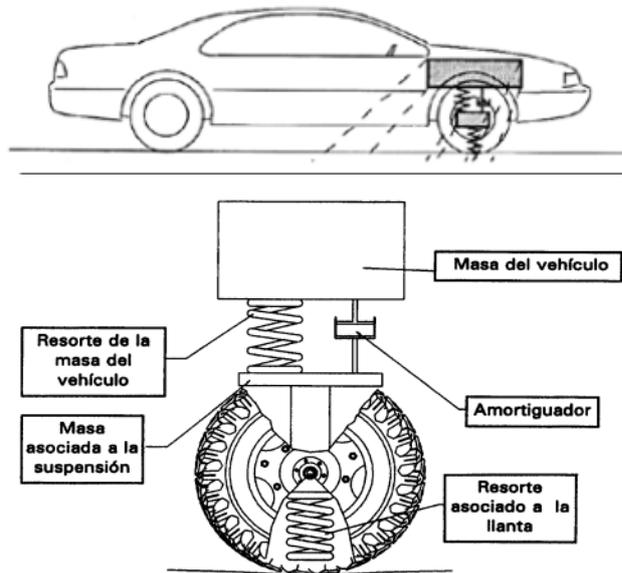


Figura 1. Representación gráfica del modelo "Cuarto de Carro".

Nota. EL modelo fue ajustado para poder establecer una correlación con los sistemas de medición de rugosidad del tipo respuesta (IMT 1998)

2.2.4.4. Escala y características del IRI

(IMT 1998) menciona que la escala y características involucradas en el IRI son las siguientes:

- Las unidades están en mm/m, m/km o in/mi
- El rango de la escala del IRI para un camino pavimentado es de 0 a 12 m/km. (0 a 760 in/mi), donde 0 es una superficie perfectamente uniforme y 12 un camino intransitable. Para una superficie con pendiente constante sin deformaciones (plano inclinado perfecto), el IRI es igual a cero. Por lo que la pendiente, como tal, no influye en el valor del IRI, no así los cambios de pendiente.⁷

En el siguiente gráfico podemos observar la escala del IRI originalmente descrita por el Banco mundial. Cabe mencionar que, en la actualidad, las tecnologías modernas de construcción de pavimentos permiten obtener valores del IRI cercanos a cinco décimos 0.5m/km.

⁷ Instituto Mexicano del Transporte, IMT. «INDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD EN LA RED CARRETERA DE MEXICO.» *Publicación Técnica No.108*, 1998.

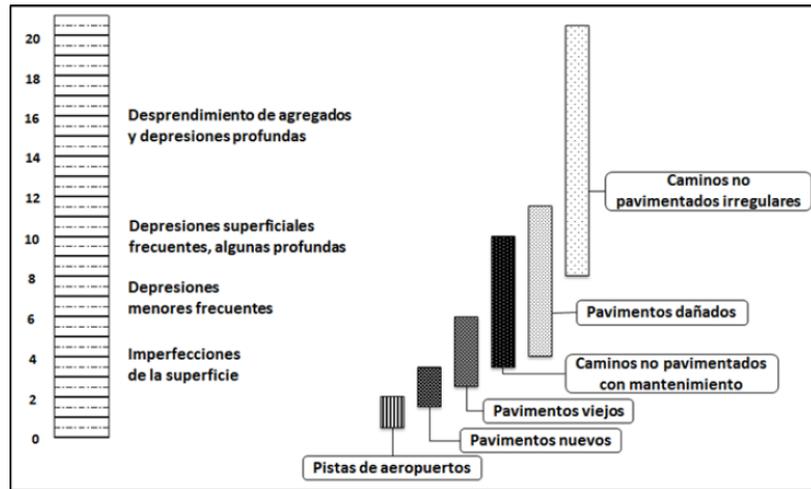


Figura 2. Escala original del Banco Mundial para el IRI.

Fuente: Obtenida de una publicación del gobierno de México (SCT 2016)

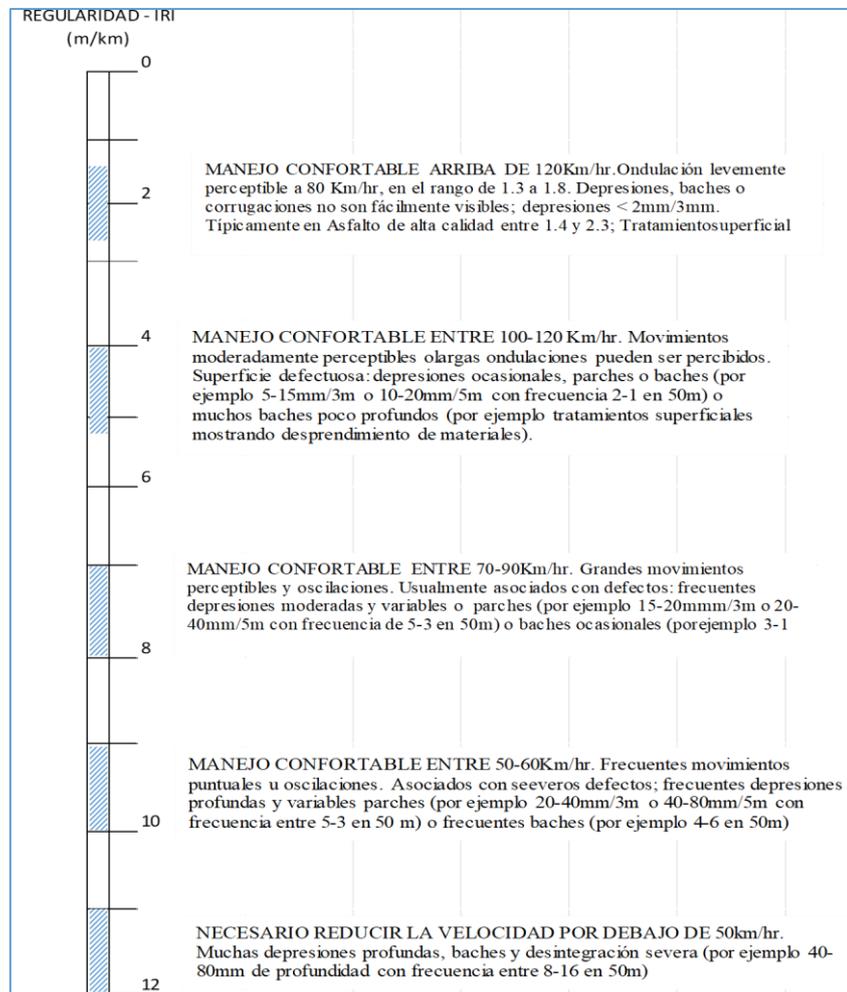


Figura 3. Escala de estimación de rugosidad para caminos pavimentados con concreto asfáltico o tratamiento superficial⁸.

⁸ ASTM Internacional. "Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements", (rev. 2009) Adaptación de ASTM E1926.

2.2.4.5. El IRI y la política de mantenimiento

(DGIP & MEF 2015) Cuando se define una política de mantenimiento, esta impone un límite al nivel de deterioro al que se permite que llegue el pavimento. La siguiente figura ilustra las tendencias previstas en el rendimiento de pavimentos representadas por la calidad de rodadura, que se suele medir en función del IRI. Como consecuencia, además de los costos de capital de la construcción (capex) de carreteras, los costos totales en que incurren los organismos implicados dependerán de las políticas de mantenimiento y de mejora aplicados a las redes de carreteras.

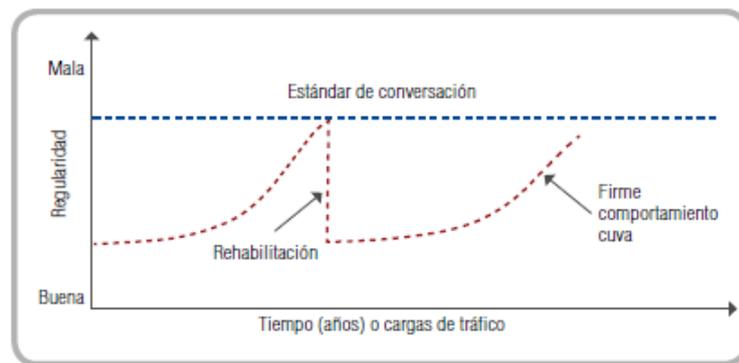


Figura 4. Concepto del análisis del ciclo de vida útil en HDM-4

Fuente: Publicación metodológica sobre el uso del HDM-4 (DGIP & MEF 2015)

La siguiente gráfica ilustra el impacto del estado de la carretera (representada en función del IRI) sobre el costo de los diferentes modos de transporte.

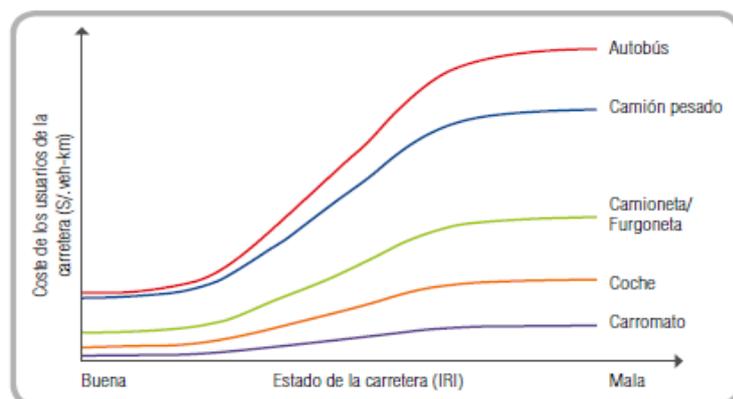


Figura 5. Efecto del estado de la carretera sobre los costos de operación vehicular para un terreno ondulado

Fuente: Publicación metodológica sobre el uso del HDM-4 (DGIP & MEF 2015).

Una red vial representa una gran parte de los activos de un país. La colocación de un valor financiero a los componentes de una red de carreteras destaca la importancia de un mantenimiento eficaz. Los usuarios pueden utilizar el HDM-4 para determinar en una red de carreteras el valor de los activos utilizando el análisis por estrategia, programa o proyectos.

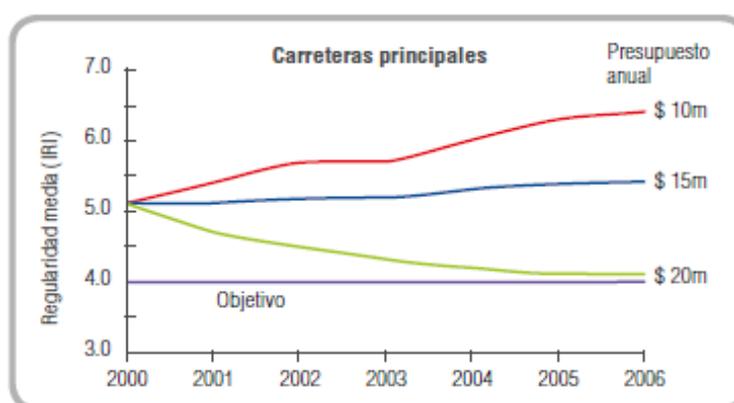


Figura 6. Efecto de los niveles de financiamiento en el comportamiento de la red de carreteras.

Fuente: Publicación metodológica sobre el uso del HDM-4 (DGIP & MEF 2015)

Los estándares de conservación periódica y mejora de carreteras definidos por la autoridad nacional requieren que se ejecuten los siguientes trabajos:

Estándares de mejora

- Pavimentar los caminos revestidos con TDPA (Tránsito Diario Promedio Anual) mayor a 150 vehículos diarios.
- Ampliar el ancho de las carreteras con una relación volumen/capacidad máxima superior a 0.85.

Estándares de conservación periódica

- Reconstruir los pavimentos con falla que presenten una irregularidad por encima de 9.5 IRI
- Reforzar los pavimentos en estado crítico con una irregularidad mayor a 5.0 IRI.
- Aplicar riegos de sello en los pavimentos donde se observe un deterioro superior al 30% del área superficial (agrietamiento, desprendimientos, baches, rotura de borde, etc.). Esto incluye

trabajos de preparación, por ejemplo, sellado de grietas, bacheo y reparación de bordes.

Mantenimiento de rutina cíclico y correctivo

- Reparación de baches, sellado de grietas y reparación de bordes, según sea necesario.
- Mantenimiento del drenaje, reparación de acotamientos, control de la vegetación, etc., especificados como costos fijos por kilómetro por año.

2.2.4.6. Factores que afectan al IRI

El IRI, puede ser afectado por algunos factores. De acuerdo a Sayers estos factores son: geométricos y a las singularidades.

a) Factores Geométricos⁹: Son aquellos relacionados con la geometría de la carretera, es decir, variaciones de pendiente y curvas horizontales.

- *Variaciones de pendiente:* Son menos influyentes que las curvas horizontales, sin embargo, si no se tiene un perfil plano o una pendiente suavizada y, por el contrario, se tiene una carretera sinusoidal (con ascensos, descensos y cambios de pendiente) es un factor a considerar.

- *Curvas horizontales:* Las curvas horizontales tienden a tener mayor influencia sobre los resultados de IRI. Esto sucede debido a que, en las curvas horizontales de las carreteras, el bombeo va incrementándose hasta alcanzar el peralte. En este tramo el IRI varía notoriamente, debido a este incremento y los resultados pueden llegar a sobrepasar los límites establecidos por las normativas. Los lugares donde el IRI tiende a incrementarse son en total 4: en donde el bombeo inicia su incremento; en donde el bombeo alcanza el valor del peralte de la carretera, en donde el peralte inicia su transición para volver a alcanzar el bombeo de la carretera; y, en donde el peralte alcanza el valor del bombeo.

⁹ MORENO, CELICIANO PATRICIA. DISEÑO DE VÍAS DE COMUNICACIÓN. 13 de 01 de 2019. <https://topoviasdecomunicacion.files.wordpress.com>.

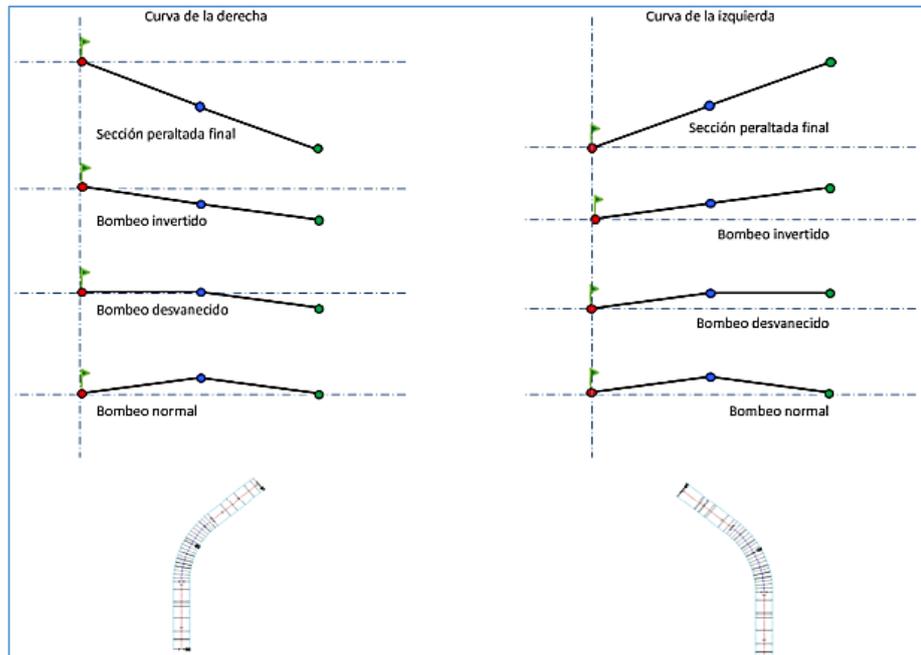


Figura 7. Variación de Bombeo a lo largo de una curva de carretera.

Fuente: Publicación acerca del diseño de vías de comunicación (MORENO 2019).

b) Singularidades: Singularidad es “Cualquier alteración del perfil Longitudinal del camino que no provenga de fallas constructivas y que incremente el valor del IRI. Entre ellas se pueden citar puentes, badenes, tapas de alcantarillas, cuñas, cruces de calles y otras, que por diseño geométrico alteren el perfil del camino”. (Rivera y Peña 2012). Las singularidades que se emplacen en dos tramos vecinos, ubicadas al final de un tramo y a comienzos del siguiente (ambas en la misma pista), afectan los dos tramos y no se consideran en la evaluación. Las singularidades son afecciones puntuales se pueden filtrar durante el análisis de los resultados. Algunos ejemplos son los rompemuelleres, badenes, tapas de alcantarillas, Tachas reflectivas, etc.



Figura 8. Singularidades: Tachas reflectivas.

Tomado de la tesis del análisis en la carretera Cuzco-Urcos (Hirparhuanca 2016).

2.2.4.7. MÉTODOS PARA LA MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD

El banco mundial en 1986 clasificó los diversos métodos para medir la rugosidad. Entre los métodos aceptados tenemos:

a) Métodos Clase 1.- Perfiles de precisión

Estos constituyen los más exactos para la determinación del IRI. Para métodos estáticos, el perfil longitudinal se debe medir en intervalos no mayores a 250 mm y la precisión en la elevación debe ser de 0.5 mm en pavimentos muy lisos. En 1986, sólo el método de la “mira y nivel” y el de la viga TRRL se habían aceptado para validar otros métodos.

b) Métodos Clase 2.- Otros métodos perfilométricos

Esta clase incluye a todos los otros equipos que no cumplen con los requerimientos de precisión y exactitud requeridos en la clase 1. Entre los perfilómetros de alta velocidad se tienen, el APL Trailer y GMRtype Inertial Profilometer. Tanto los métodos Clase 1, como los Clase 2, establecen la rugosidad haciendo uso de programas de cómputo, los cuales se basan en algoritmos matemáticos que simulan la respuesta dinámica que experimenta el sistema de suspensión de un vehículo modelo, al “transitar” por el perfil medido. Dicha respuesta se expresa en m/km y que recibe el nombre de IRI.

c) Métodos Clase 3.- IRI estimado a partir de ecuaciones de correlación.

En esta clase el IRI se estima a partir de ecuaciones de correlación. 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. Las mediciones efectuadas mediante los métodos Clase 3 dependen de las características dinámicas de un vehículo y se emplean diversos tipos de equipos, como el Mays Meter (Norteamericano), Bump Integrator (Inglés), NAASRA Meter (Australiano), etc.

d) Métodos Clase 4.- Evaluación subjetiva y equipos no calibrados

Hay casos en los que no se exige mucha exactitud en el resultado del IRI. En tales casos El IRI se obtiene a partir de una evaluación subjetiva (experiencia y evaluación visual) o mediciones no calibradas. De hecho, un equipo tipo respuesta que no está calibrado cae dentro de la categoría de Clase 4. (Gutierrez y Arce 2004)

- Adicionalmente, en esta investigación se presenta un nuevo método que es el 2/3, que contiene características de las clases 2 y 3:

e) Método clase 2/3 Roadroid.

(Larsof 2019) En esta clase se encuentra el Roadroid, debido a que agrupa características de los instrumentos de la clase 2 (posee un rendimiento sobresaliente y proporciona un IRI adecuado) y clase 3 (Se necesita de una fórmula de correlación para poder comparar el valor proporcionado por el Roadroid con el IRI).



Figura 9. Teléfono inteligente con la aplicación Roadroid, para medir el IRI.

Fuente: Manual Roadroid (Larsof 2019).

2.2.4.8. EQUIPOS PARA MEDIR LA RUGOSIDAD

A continuación, se resumen las principales características de los equipos utilizados por los métodos aceptados para medir la regularidad superficial.

Tabla 2.

Equipos Utilizados para la medición de la regularidad superficial de pavimentos.

Equipo	Grado de precisión	Implementación	Complejidad del equipo	Observaciones
Nivel y mira topográfica	Muy alto	Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos	Simple	Poco práctico y costos muy elevados para proyectos largos
Rugosímetro MERLIN	Muy alto	Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos	Simple	Equipo de alta precisión, pero con costos muy elevados para proyectos largos.
Dipstick	Muy alto	Mediciones de perfil y calibración de equipos más complejos	Muy Simple	Poco práctico y costos elevados para proyectos largos
Perfilógrafos	Medio	Control de calidad y recepción de obras.	Simple	No son prácticos para evaluar la condición a nivel de red.
Equipos tipo respuesta (RTRRMS)	Medio	Monitoreo de carreteras a nivel de red y recepción de proyectos viales	Compleja	Los resultados no son transportables ni estables en el tiempo, pues dependen de la dinámica particular del movimiento del vehículo
Perfilómetro inercial	Muy alto	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 red viales grandes

Fuente: Elaboración propia Adaptado de Badilla,2009.

2.2.5. NIVEL Y MIRA-SOFTWARE ProVAL

2.2.5.1. Nivel y Mira

Ya que el método de clase 1 NIVEL Y MIRA fue utilizado se profundizará un poco más con respecto a su uso en la presente investigación.

- El método más conocido para medir perfiles es el que emplea el equipo tradicional de topografía.
- Consiste en una mira de precisión marcada en unidades métricas y un nivel de anteojo.
- Es un equipo que determina el perfil real del perfil del pavimento; se consigue fácilmente y a bajo costo, pero el procedimiento de trabajo es muy lento.
- Es mejor emplearlo cuando se requiere medir longitudes reducidas
- Los valores obtenidos en el levantamiento se convierten a unidades IRI mediante la aplicación de un programa elemental de cómputo.



Figura 10. Medición de Perfil con nivel y mira.

Toma de datos sobre un pavimento flexible (UNPRG 2017).

2.2.5.2. Software ProVAL¹⁰

El software más recomendado para procesar la información recolectada por el método nivel y mira es el ProVAL ya que un producto patrocinado por el departamento de transporte de los Estados Unidos, la Administración Federal de Carreteras (FHWA) y el programa de desempeño de pavimentos a largo plazo (LTPP).



Figura 11. Ícono del software ProVAL.

Tomado de ProVAL 2019, www.roadprofile.com

ProVAL (Profile Viewing and AnaLysis) es un software de ingeniería que le permite visualizar y analizar perfiles de pavimentos de diversas maneras. Es fácil de usar y aún muy poderoso para diversos análisis de perfiles. Esta herramienta le permite optimizar sus operaciones de fresado (diamond grinding) para cumplir con el IRI especificado.

A) Filtros del ProVAL

Este software dispone de filtros necesarios para eliminar los datos muy por encima de la media o innecesarios (low pass y high pass), y el filtro

¹⁰ The Transtec Group. ProVAL Guía del Usuario. Austin Texas 2010. Traducido por el Instituto Boliviana del Cemento y Hormigón.

del cuarto de carro, que simula el movimiento de un automóvil. Estos filtros son necesarios para la obtención del IRI. El primero descarta aquellos valores muy por encima de la media y suaviza el perfil, mientras el otro se encarga de simular el movimiento de un automóvil a 80 Km/h sobre el perfil analizado.

Estos filtros en el programa ProVAL son denominados “250mm filter” (primer filtro), y el “IRI filter” (segundo filtro), explicados a detalle a continuación.

-Primer Filtro

En el Programa ProVAL existe una opción al momento de calcular el IRI que es la aplicación del filtro de 25 cm, la cual se debe de realizar si es que los datos recolectados por el equipo (mayormente perfilómetros) fueron obtenidos en un rango menor a 25 cm (por ejemplo, 5, 10, 15 cm). Si es que las cotas del perfil fueron obtenidas en un intervalo mayor o igual al de 25 cm, ya no es necesario aplicar el “250mm filter” (figura 22). Asimismo, cabe recalcar el este filtro promedia los valores de las cotas adyacentes en el rango de 25 cm.

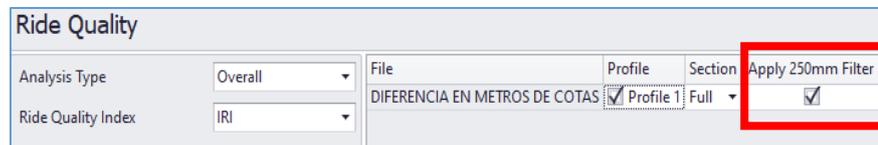


Figura 12. Filter 250mm del programa ProVAL

Captura de pantalla obtenida del software ProVAL

En el programa ProVAL se encuentran en los filtros Low Pass y High Pass. El primero sirve para suavizar las irregularidades que se presentan en el perfil, eliminando de esta manera el efecto de las ondas pequeñas mediante la determinación de una cota que sea igual al promedio de todas las cotas de las irregularidades adyacentes en un rango “B”. En la siguiente figura se puede observar el funcionamiento del low pass filter sobre el perfil estudiado; se ve un área sombreada y una recta horizontal con un ancho B. Si nos encontramos en cualquier punto de nuestro perfil y nos ubicamos en el perfil suavizado, la altura de este tiene que ser tal que al multiplicarlo por el ancho B, el área obtenida debe de ser igual al área del perfil original en un intervalo “B”. (Transtec 2010)

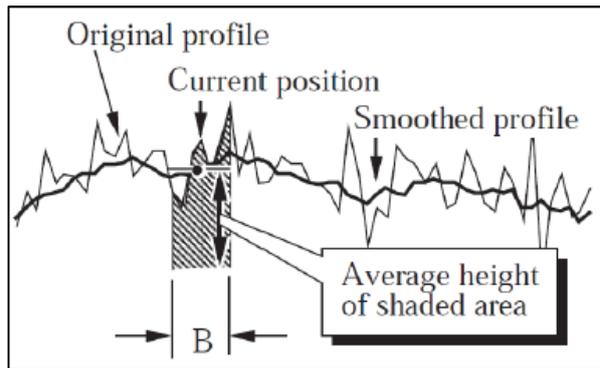


Figura 13. Filtro Low pass.

Nota. Filtros que provee el programa. Fuente: Montoya 2013.

El High pass filter funciona de manera parecida al low pass, sin embargo, en este caso el filtro se encarga de eliminar aquellas longitudes de onda. La unión de ambos filtros se conoce como el “Band pass Filter”, que restringe ondas menores y mayores a un intervalo escogido.

Cabe recalcar que los métodos de clase 1 captan en sus perfiles ondas con longitudes menores a 1.3 m y mayores a 30 m. Esto no es muy beneficioso al momento de calcular el IRI pues, según el Banco Mundial, valores fuera de este rango (1.3-30 m) no son perceptibles por el vehículo a 80 Km/h.

-Segundo Filtro

De igual manera existe otro filtro, denominado el IRI filter, el cual sirve para simular el modelo del cuarto de carro. Este se aplica automáticamente al momento de calcular el IRI.

B) Archivos aceptados por ProVAL

Algunos de los tipos de archivo aceptados por el ProVAL son, los de terminación ERD, KjLaw, ppf (profile pavement profile), rsp (Dynatest RSP file), etc. Como se puede observar, la mayoría de las terminaciones indica que los datos aceptados son aquellos recolectados por equipos dinámicos, y algunos del tipo estático, como el face dipstick.

Esto quiere decir que, si recolectamos los datos con el uso de mira y nivel, las cotas obtenidas y transcritas al Excel no podrán ser aceptadas por ProVAL, a menos que se realice una modificación. Para ello se tiene

que realizar una conversión del archivo Excel a un archivo .ERD a partir del programa bloc de notas (Transtec 2010).

C) Formas de exportación de ProVAL

Este programa puede exportar los resultados de los perfiles analizados en tres formatos: PDF, Excel, y en un archivo de texto. Asimismo, los resultados obtenidos se muestran a cabalidad en un cuadro o en una gráfica proporcionada por el programa.

2.2.6. ROADROID

La siguiente información se basa en los documentos proporcionados por la página www.roadroid.com (visitado 12/01/2019).

2.2.6.1. Definición:

Roadroid es un sistema para monitorear la condición de las vías, por medio de un teléfono inteligente. Esto consiste en:

- 1) Una aplicación que recoge las vibraciones de la vía con la función de acelerómetro del teléfono - y del GPS para posicionarlo.
- 2) Un servicio de internet para monitoreo y transferencia de los datos de la condición de la vía, esto para el sistema de gestión del mantenimiento de las vías.

Roadroid se correlaciona con la norma internacional IRI y puede proporcionar a los usuarios una imagen diaria de la calidad de las carreteras y ser una ayuda poderosa en los seguimientos operativos. No es un sustituto de los métodos avanzados o encuestas oculares, pero es un gran complemento, al ser capaz de generar grandes cantidades de datos, Roadroid crea estadísticas que ninguno de los otros métodos permite (Forslof y Lars 2012). La aplicación analiza las vibraciones de la vía 100 veces por segundo (en 90 km/h una señal cada 25 cm). Sobre estos 100 ejemplos, es calculado y guardada un valor de la condición de la vía con las coordenadas del GPS. El resultado se expresa en un parámetro global - Índice de rugosidad Internacional (IRI). Así que, cada segundo un valor de IRI se guarda en X, Y y Z según información del GPS.

2.2.6.2. IRI estimado (eIRI)

El IRI estimado se basa en:

- Fórmula lineal con un nuevo cálculo cada segundo.
- Disponer de un compensador de velocidad para carreteras pavimentadas.
- Es sensible para texturas macro en bruto y se calcula a partir de la fórmula de cuarto de coche

2.2.6.3. IRI calculado (cIRI)

Para el IRI calculado: La sensibilidad se debe configurar para un vehículo determinado y la velocidad de levantamiento, calcula los cambios verticales a lo largo de una longitud y utiliza un filtro suavizante, la longitud del segmento de cálculo se puede configurar desde 20 m - 200 m, dependiendo del tipo de caminos y longitud de tramos. Con la información obtenida de las organizaciones y de la investigación interna, se desarrolló un nuevo parámetro denominado IRI calculado (cIRI). Sin embargo, se necesita una velocidad estable de 60 - 80 km/h.

2.2.6.4. Índice Roadroid (IR)

Se llevaron a cabo estudios sobre el índice de rugosidad Internacional (IRI); usando el sistema cuarto de coche (QCS) para obtener el valor del cIRI, pero utilizar el medio más complejo como es el modelo de cuarto de coche tiene beneficios limitados, pero valores casi idénticos. Agregaron datos de varias mediciones a lo largo del tiempo y compararon los resultados de manera flexible. La solución fue utilizar el porcentaje de cada clase de carretera para los distintos puntos de muestreo que se han recogido dentro de un área. Llamamos a esto el Roadroid Índice (RI), y es un parámetro que puede ser usado para una parte del camino, un camino entero, una ciudad, una región o incluso el mundo entero (Forslof, Lars; Jones, Hans, 2014).

2.2.6.5. Actualidad Roadroid V2.1.4¹¹



Figura 14. Ícono de la aplicación Roadroid v2.1.4.

Fuente: Página web de Roadroid. www.roadroid.com

Esta versión es una mejora que se realiza cada año por la empresa, entre todas sus funciones permite lo siguiente:

- Analizar las vibraciones de la carrocería en 100-200 Hz.
- Calcula dos valores IRI y datos GPS

Exactitud

Roadroid es un sistema de encuesta tipo respuesta. Es según los bancos mundiales. La velocidad de la encuesta es importante para una buena correlación. La mejor correlación con el IRI es alcanzada en 70-80 km / h. Se calculan dos valores IRI.

Descripción del aplicativo

Sistema de Gestión de Datos Viales (RDMS):

- Los datos se cargan a internet donde tiene una buena conexión, los datos de la encuesta se pueden cargar fácilmente con 3G / 4G. Los archivos de foto / video son grandes y deben cargarse en un buen WiFi.
- El RDMS tiene una cuenta de usuario con ciertas unidades (IMEI) conectadas a él. Cada inicio / parada en la aplicación se importa como un archivo de encuesta al sistema.

Import date	User Name	Unit Name	File Name	Import Status	Measurement Length (m)
11/7/2014 1:00:37 AM	FultonHoganNZ01	FultonHogan01	353314056222589-20141107112700-05176eb7.zip	Import OK	5541
11/7/2014 1:00:34 AM	FultonHoganNZ01	FultonHogan01	353314056222589-20141107110206-026b16c.zip	Import OK	4030
11/7/2014 1:00:31 AM	FultonHoganNZ01	FultonHogan01	353314056222589-20141107105534-662436ed.zip	Import OK	2393
11/7/2014 1:00:29 AM	FultonHoganNZ01	FultonHogan01	353314056222589-20141107105236-29d51378.zip	Import OK	3546

Figura 15. Lista de importación en la cuenta Roadroid.

Captura obtenida de la cuenta privada en Roadroid, www.roadroid.com.

¹¹ Roadroid. 2019.Manual del Usuario.

A partir del historial de importación es posible ver detalles del archivo de la encuesta, Mostrar la encuesta específica en el mapa, Exportar archivos Shape o KML, Encuesta agregada en longitudes de sección preferidas.

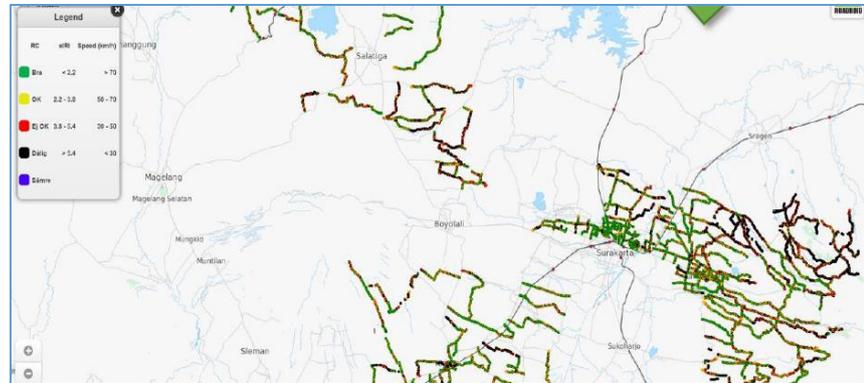


Figura 16. Mapa de IRI por colores de Roadroid. Fuente Manual de Usuario.

2.2.7. SERVICIABILIDAD DE PAVIMENTOS

La serviciabilidad fue definida como la capacidad de un pavimento para servir al tránsito para el cual fue diseñado. Los pavimentos fueron calificados con notas cuyos valores extremos variaban desde 0, para un camino intransitable, hasta 5 para una superficie en perfectas condiciones (Situación ideal). (MTC 2014).

2.2.7.1. ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE (PSI)

AASHTO (American Association of State Highways and Transportation Officials), fue la primera en sistematizar un procedimiento objetivo para establecer el nivel de deterioro de los pavimentos, procurando relacionar la condición funcional con la estructural. Para tal efecto introdujo el concepto de Present Serviciability Index (PSI). El índice de serviciabilidad de un pavimento, es un valor de apreciación con el cual se evalúan las condiciones de deterioro o confort de la superficie de rodadura de un pavimento; actualmente para medir este deterioro se utiliza el IRI. Y para correlacionar el índice de serviciabilidad y el IRI, se utilizan ecuaciones. (Coronado Iturbide, 2002).

Tabla 3.*Escala de Índice de Serviciabilidad.*

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

Nota. Serviciabilidad en escala numérica y descriptiva (MTC 2014)

La calificación de la condición funcional de un pavimento a través del PSI o el Índice de Serviciabilidad es el resultado de una apreciación visual de la Condición superficial de un pavimento. (MTC 2014)

Tabla 4.*Escala de calificaciones de la serviciabilidad según AASHTO 1962.*

CALIFICACIÓN		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 categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasifican como muy buenos
4.0-3.0	Buena	Los pavimentos de esta categoría, 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 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 incluir ahuellamientos, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamientos, escalonamiento y pumping.
2.0-1.0	Mala	Los pavimentos de esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad del tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamientos; y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconche de juntas escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
1.0-0.0	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.

Nota. Descripción de la escala de serviciabilidad. Fuente: (BADILLA, ELIZONDO y BARRANTES 2008)

2.2.7.2. RELACIÓN ENTRE PSI E IRI¹²

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. Los valores del PSI se evalúan mediante una escala que va de 0 a 5, en donde la condición óptima corresponde al máximo valor. En el Perú, la determinación analítica del PSI se efectúa utilizando la expresión establecida por Sayers, que relaciona la Rugosidad con el Índice de Serviciabilidad.

Donde:
$$IRI = 5.5 \operatorname{Ln} \left(\frac{5.0}{PSI} \right)$$

IRI: Rugosidad, IRI (International Roughness Index)

PSI: Índice de Serviciabilidad Presente

La Transitabilidad de la vía, es decir, la calidad de servicio que brinda en un momento determinado el pavimento, se evalúa en función de los valores de PSI calculados, de acuerdo a los siguientes rangos:

Tabla 5.

Escala de serviciabilidad

PSI	TRANSITABILIDAD
0-1	MUY MALA
1-2	MALA
2-3	REGULAR
3-4	BUENA
4-5	MUY BUENA

Nota. Relación de la serviciabilidad con la descripción de transitabilidad (*Del Águila Rodríguez, 1999*)

Se pueden establecer rangos para el IRI, cuyos límites van a estar determinados por los correspondientes valores del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), los cuales ya fueron definidos por la AASHO en 1962. (Barrantes Jiménez, 2011).

¹² Del Águila Rodríguez. Publicación de 1999-Acoplado de Barrantes Jiménez, 2011.

Tabla 6. Rangos y Valores característicos del 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.

2.2.8. NORMATIVA PERUANA

La normativa nos permitió analizar los parámetros de una manera más adecuada, se tuvo en cuenta los Manuales de Carreteras que nos proporciona el Ministerio de transportes y comunicaciones. A continuación, se presenta las secciones de cada manual que se tomaron en cuenta para el análisis de la investigación.

A) Manual de “Suelos, geología, geotécnia y pavimentos” 2014, en el capítulo XII PAVIMENTOS FLEXIBLES, en la sección 12.1.1 acápite (f) nos indica lo siguiente:

-Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

Es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario el valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

Este concepto se complementa en el capítulo XIV Pavimentos rígidos, en la sección 14.1.1. acápite (f) nos indica lo siguiente: El índice de serviciabilidad de un pavimento es un valor de apreciación con el cual se evalúan las condiciones de deterioro o confort de la superficie de rodadura de pavimento.

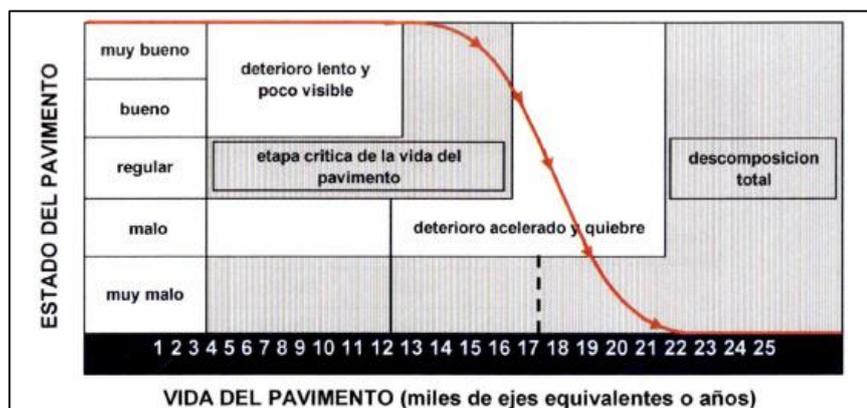


Figura 17. Gráfico del avance del deterioro de un camino respecto al tiempo.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones 2014.

-Serviciabilidad¹³

Se define como la capacidad del pavimento de servir al tránsito que circula por la vía, y se magnifica en una escala de 0 a 5, donde 0

¹³ MTC. Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotécnia y Pavimentos. Capítulo XIV. Perú, 2014.

significa una calificación de intransitable y 5 una calificación de excelente que es un valor ideal que en la práctica no se da. El valor de 0 es un indicador muy pesimista, pues AASHTO 93 emplea el valor de 1.5 como índice de serviciabilidad terminal del pavimento.

-Serviciabilidad Final o Terminal (Pt)

Es la condición de una vía que ha alcanzado la necesidad de algún tipo de rehabilitación o reconstrucción.

Tabla 7.

Índice de serviciabilidad final (Pt) Según rango de tráfico.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	2.00
	T _{P2}	300,001	500,000	2.00
	T _{P3}	500,001	750,000	2.00
	T _{P4}	750,001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	2.50
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	2.50
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	2.50
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	2.50
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	2.50
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	2.50
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	2.50
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	3.00
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	3.00
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	3.00
	T _{P15}	>30'000,000		3.00

Nota. Obtenido del Manual de Suelos, Geotécnia y Pavimentos (MTC 2014)

-En la sección 12.4.5 **Serviciabilidad-Regularidad Superficial** nos indica lo siguiente:

La satisfacción de los usuarios se manifiesta, fundamentalmente por la calidad en que se encuentra la superficie de rodadura y los elementos que constituyen la seguridad vial. Para establecer el nivel de deterioro de pavimentos, procurando relacionar la condición funcional con la estructural, se introdujo el concepto Present Serviciability Index(PSI) y fue definida como la capacidad de un pavimento para servir al tránsito para el cual fue diseñado. Los pavimentos fueron calificados con notas cuyos valores extremos variaban desde 0, para un camino intransitable, hasta 5 para una superficie en perfectas condiciones (situación ideal).

Tabla 8.

Escala de índice de serviciabilidad.

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

Fuente: MTC 2014-Guía AASHTO

A partir del estudio Brasil (GEIPOT, 1982; Paterson, 1987), se evaluaron y modelaron los efectos físicos de deterioro y mantenimiento, definiéndose un nuevo indicador, que se denominó índice de Rugosidad Internacional o IRI, que representa la regularidad superficial de un pavimento y afecta la operación vehicular, en cuanto a seguridad, confort, velocidad de viaje y desgaste de partes del vehículo. Los estudios del Banco Mundial permiten determinar la rugosidad tanto con equipos debidamente calibrados, como a partir de evaluaciones visuales que relacionan el tipo y estado general del pavimento con la velocidad de operación de los vehículos. 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. (MTC 2014).

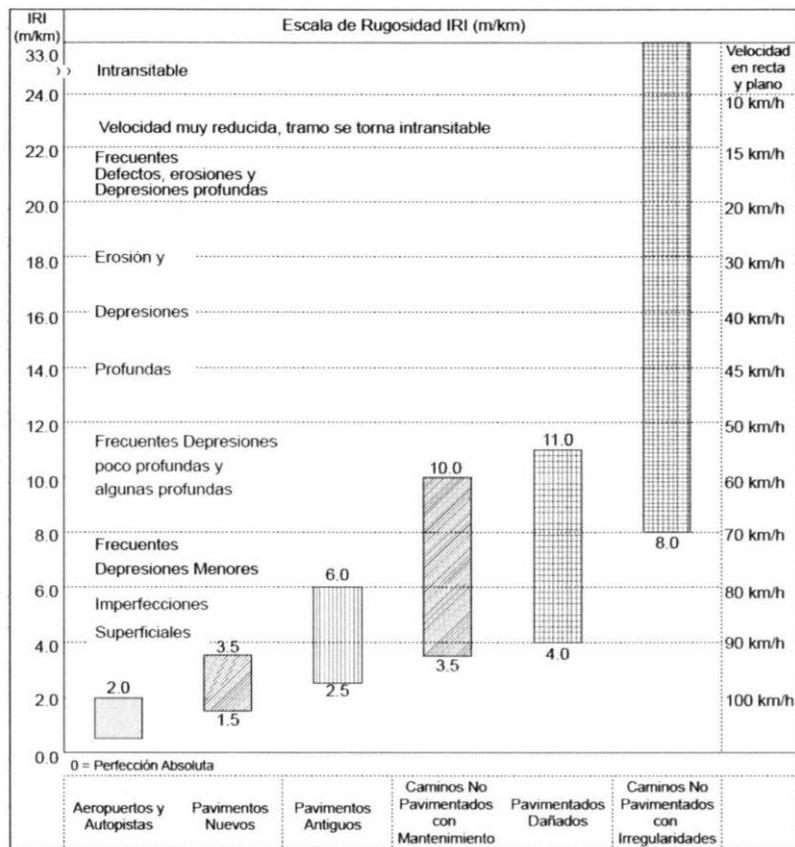


Figura 18. Escala de Rugosidad IRI y características de los pavimentos. MTC,2014.

Se recomienda los siguientes valores para la rugosidad inicial de un pavimento nuevo y de un pavimento existente reforzado:

Tabla 9.

Rugosidad IRI para carreteras con carpeta asfáltica en caliente.

Tipo de Carretera	Rugosidad Característica inicial Pavimento Nuevo IRI (m/km)	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Reforzado IRI (m/km)	Rugosidad Característica Durante el Periodo de Servicio IRI (m/km)	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 vehículos, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una Confabilidad de 95%
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 vehículos, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una Confabilidad de 95%
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 vehículos, de una calzada de dos carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una Confabilidad de 95%
Carreteras de Segunda Clase: caneleras con un IMDA entre 2000-401 vehículos, de una calzada de dos carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una Confabilidad de 90%
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 vehículos, de una calzada de dos carriles.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una Confabilidad de 90%
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 vehículos, de una calzada.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una Confabilidad de 85%

Nota. IRI en m/km la tabla expresa valores según el tipo de carretera (MTC 2014).

B) Así mismo, en el Manual de **Especificaciones Técnicas Generales para Construcción** (MTC, EG-2013 -) especifica lo siguiente:

- En la sección 418 **Tratamientos superficiales**, en la subsección 418.15 Aceptación de los trabajos (c) (3) **Rugosidad**, señala que el promedio por km o fracción tiene un valor de IRI igual o inferior a 2,5 m/km para decir que la superficie del pavimento tiene una rugosidad aceptable.
- De igual forma; en la sección 423 **Pavimento de concreto asfáltico en caliente**, en la subsección 423.18 (g) (5), indica que la rugosidad, en términos IRI, tendrá un valor máximo de 2,0 m/km.
- Asimismo, con lo que respecta a **Pavimentos Rígidos** en la sección 438. **Pavimento de Concreto Hidráulico**, en la subsección 438.26 Aceptación de Trabajos (d) (4) **Rugosidad**, se señala que la rugosidad superficial medida en unidades IRI no podrá ser mayor de 3,0 m/km.

C) Por último, la normativa peruana también nos brinda información sobre la conservación de carreteras, en el “**Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial**”, en el Capítulo 3: Niveles de Servicio, en el apéndice 3.b Niveles de servicio para calzada de concreto asfáltico y 4.a Niveles de Servicio para calzada de concreto Hidráulico.

A continuación se muestran las tablas que se utilizaron para comprobar los parámetros de acuerdo a los niveles de servicio, en las siguientes tablas se indican los valores que debe tener el IRI para cada tipo de carretera.

Tabla 10.

Parámetros globales por contratos por niveles de servicio para CONCRETO ASFÁLTICO.

Parámetro	Medida	Nivel de Servicio				
		Tipo de Via				
		Autopista 1ª clase	Autopista 2ª clase	Carretera 1ª clase	Segunda Clase	Tercera Clase
		IMD > 6000	4001 ≤ IMD ≤ 6000	2001 ≤ IMD ≤ 4000	400 ≤ IMD ≤ 2000	IMD < 400
Piel de Cocodrilo	Porcentaje máximo de área con piel de cocodrilo	0%	0%	0%	0%	0%
Fisuras Longitudinales	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	0%	0%	0%	0%	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor	3%	3%	3%	5%	5%
Deformación por deficiencia estructural	Porcentaje máximo de área con hundimientos mayores que 25 mm.	0%	0%	0%	0%	0%
Ahuellamiento	Porcentaje máximo de área con ahuellamiento mayor que 12 mm.	0%	0%	0%	0%	5%
Reparaciones o parchados	Porcentaje máximo de parches en mal estado	0%	0%	0%	0%	0%
Peladuras y Desprendimientos	Porcentaje máximo de áreas con peladuras	0%	0%	5%	5%	5%
	Porcentaje máximo de áreas con desprendimiento	0%	0%	0%	0%	0%
Baches (Huecos)	Porcentaje máximo de área con Baches (huecos)	0%	0%	0%	0%	0%
Fisuras Transversales	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	0%	0%	0%	0%	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm de grosor	2%	2%	2%	5%	5%
Desprendimiento de bordes	Porcentaje máximo de longitud con desprendimiento de bordes	0%	0%	0%	0%	5%
Rugosidad Obra Nueva	Rugosidad característica del tramo (nuevo)	2.0 IRI _c (1)	2.0 IRI _c (1)	2.2 IRI _c (2)	2.4 IRI _c (3)	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)	3.3 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)	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

(1) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 95%. IRI_c = IRIp + 1,645 x ds

(2) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 90%. IRI_c = IRIp + 1,282 x ds

(3) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 85%. IRI_c = IRIp + 1,036 x ds

(4) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 80%. IRI_c = IRIp + 0,842 x ds

(5) IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 75%. IRI_c = IRIp + 0,674 x ds

IRIp = IRI promedio

ds = desviación estándar

Nota. Tabla de parámetros tomado del Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial, (MTC 2016).

Tabla 11.

Parámetros globales por contratos por niveles de servicio para PAVIMENTOS RÍGIDOS.

Parámetro	Medida	Nivel de Servicio				
		Tipo de Via				
		Autopista 1ª clase	Autopista 2ª clase	Carretera 1ª clase	Segunda Clase	Tercera Clase
		IMD > 6000	4001 ≤ IMD ≤ 6000	2001 ≤ IMD ≤ 4000	401 ≤ IMD ≤ 2000	IMD < 400
Desnivel entre losas	Porcentaje máximo de longitud con desnivel ≥ 10 mm	0%	0%	0%	0%	5%
Fisuras Longitudinales	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	0%	0%	0%	0%	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm.	3%	3%	5%	5%	5%
Fisuras Transversales	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	0%	0%	0%	0%	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm.	2%	2%	5%	5%	5%
Fisuras de Esquina	Porcentaje máximo de área con fisuras en esquina	0%	0%	0%	0%	5%
Fisuras Oblicuas	Porcentaje máximo de área con fisuras mayores a 3 mm de grosor	0%	0%	0%	0%	0%
	Porcentaje máximo de área con fisuras entre 1 y 3 mm.	0%	0%	0%	5%	5%
Reparaciones o Parchados	Porcentaje máximo de parches en mal estado	0%	0%	0%	0%	0%
Despostillamiento de Juntas	Porcentaje máximo de área con despostillamiento de juntas	0%	0%	0%	5%	5%
Desprendimiento	Porcentaje máximo de área con desprendimiento	0%	0%	0%	0%	0%
Baches o Huecos	Porcentaje máximo de área con baches o huecos	0%	0%	0%	0%	0%
Tratamiento Superficial o Carpeta Asfáltica	Porcentaje máximo de área con desprendimiento de tratamiento superficial o de la carpeta asfáltica	0%	0%	0%	0%	0%
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)	2.8 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)	3.3 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)	4.1 IRI _c (5)
Fricción Superficial	Coefficiente de fricción medido en pavimento mojado	No menor de 0.55	No menor de 0.55	No menor de 0.55	No menor de 0.50	No menor de 0.50

(1) IRI característico (IRI_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

Nota. Tabla de parámetros tomado del Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial, (MTC 2016).

2.3. MARCO CONCEPTUAL (DEFINICIÓN DE TÉRMINOS)

Es necesario precisar algunos conceptos que se utilizarán en la investigación, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC 2018) nos brinda la definición de los siguientes términos:

Ahuellamiento: Surcos o huellas que se producen en la superficie de rodadura de una carretera pavimentada o no pavimentada y que son el resultado de la consolidación o movimiento lateral de los materiales por efectos del tránsito.

Bache: Depresión que se forma en la superficie de rodadura producto del desgaste originado por el tránsito vehicular y la desintegración localizada.

Bacheo: Actividad de mantenimiento rutinario que consiste en rellenar y compactar los baches o depresiones que pudieran presentarse en la superficie de rodadura.

Carretera Pavimentada: Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por mezcla bituminosa (flexible) o de concreto Portland (rígida).

HDM: Modelo de evaluación de transportes del Banco Mundial para la evaluación técnica y económica de inversiones y mantenimiento de carreteras.

Pavimento: Estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: subbase, base y capa de rodadura.

Red Vial Nacional: Corresponde a las carreteras de interés nacional conformada por los principales ejes longitudinales y transversales, que constituyen la base del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC). Sirve como elemento receptor de las carreteras Departamentales o Regionales y de las carreteras Vecinales o Rurales.

Superficie o carpeta de Rodadura: Plano superficial del pavimento, que soporta directamente las cargas del tráfico (calzada).

Transitabilidad: Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo.

Mantenimiento vial: Conjunto de actividades técnicas destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de la infraestructura vial, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario, puede ser de naturaleza rutinaria o periódica.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. PERSPECTIVA METODOLÓGICA

La presente investigación se orientó a determinar la relación entre las variables de conservación y regularidad superficial de la carretera pavimentada PE-3N Tramo Huaraz-Recuay Km 550+000 al Km 580+000 mediante la determinación del IRI con la recolección de datos y un análisis para establecer propuestas de conservación de acuerdo al manual de conservación Vial del MTC-2016.

De acuerdo al enfoque se trata de una investigación CUALITATIVA (evaluación e interpretación de resultados del IRI para establecer propuestas de conservación). Así mismo la presente investigación tiene una orientación APLICADA ya que su propósito fundamental es dar solución a problemas prácticos aplicando los manuales del MTC y así encontrar la relación entre las variables presentadas.

3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación es **DESCRIPTIVA**¹⁴, porque permite recolectar datos y medición precisa de las variables en estudio así mismo describir sus características y determinar la relación entre las variables estudiadas.

¹⁴ PUCP. Metodología de Investigación. <https://capacitacionesweb.pucp.edu.pe/posgrado/unidad3/>

3.3. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación según su nivel es de Tipo **DESCRIPTIVO**, porque permite especificar las propiedades, ordenar el resultado de las observaciones y de las características o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis (Hernandez 2014).

3.3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación muestra un diseño **NO EXPERIMENTAL** porque, considerando las definiciones de Fernández & Baptista 2014, las variables solo han sido observadas en su contexto real sin alterarlas intencionalmente es decir observar fenómenos en su contexto natural, para después analizarlos. Así mismo es **TRANSVERSAL** porque la recolección se realizó en fechas fijas en un momento dado y de acuerdo a UNIVAL 2014, “los datos se obtienen datos en un momento específico delimitando por cortes de tiempo”. Es **PROSPECTIVA** porque se toman los datos desde el momento de estudio de la investigación hacia adelante.

3.4. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se limitó a determinar la relación entre conservación y regularidad superficial de la carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz – Recuay Km 550+000 al Km 580+000, en base a la evaluación del parámetro IRI y el manual de carreteras de Mantenimiento o conservación vial; de esta manera se obtuvo los resultados que permitieron relacionar ambas variables. Esta investigación se llevó a cabo entre los meses de setiembre a noviembre.

3.5. CONTEXTO Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

La carretera pavimentada tramo Huaraz – Recuay Km 550+000 al Km 580+000 pertenece a la Carretera Longitudinal de la Sierra Norte del Perú PE-3N de la Red vial Nacional de acuerdo al D.S. N° 011-2016-MTC. Esta carretera pavimentada abarca una longitud total de 30 Km como se muestra en la siguiente figura.

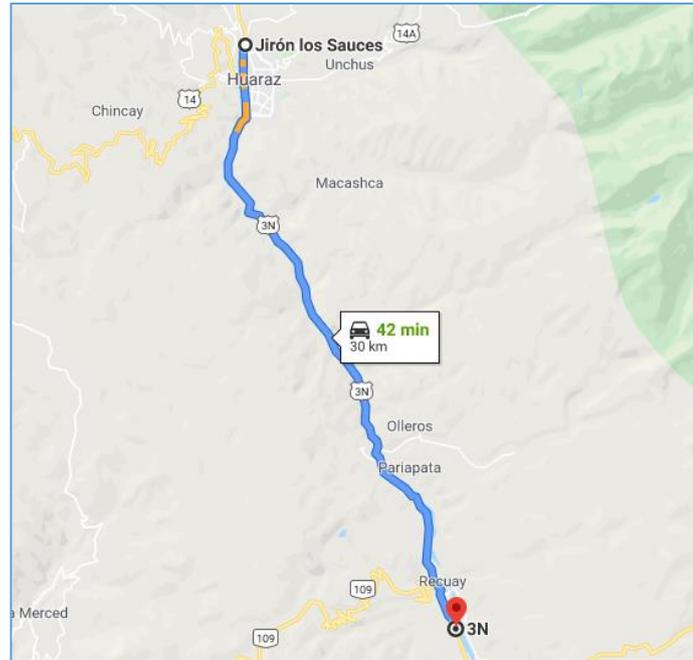


Figura 19. Mapa satelital de la Ruta para la Carretera en estudio Huaraz-Recuay.

Recorrido tomado del servidor de Alphabet Inc. (Google Maps, 2019).

La carretera en estudio está ubicada en la región Ancash entre las provincias de Huaraz y Recuay. La parte más baja de la carretera, en la progresiva Km 580+000 (Huaraz), se encuentra a una Altitud de 3052m.s.n.m y el punto más alto en progresiva Km 550+000 (Recuay) se encuentra a una altitud de 3422m.s.n.m El punto inicial de la toma de datos fue desde la ciudad de Huaraz en el Km 580+000 que queda en la intersección de la Av. Confraternidad internacional Oeste con la Av. Centenario, y el punto final fue el Hito 550+000 que está ubicado en la ciudad de Recuay.

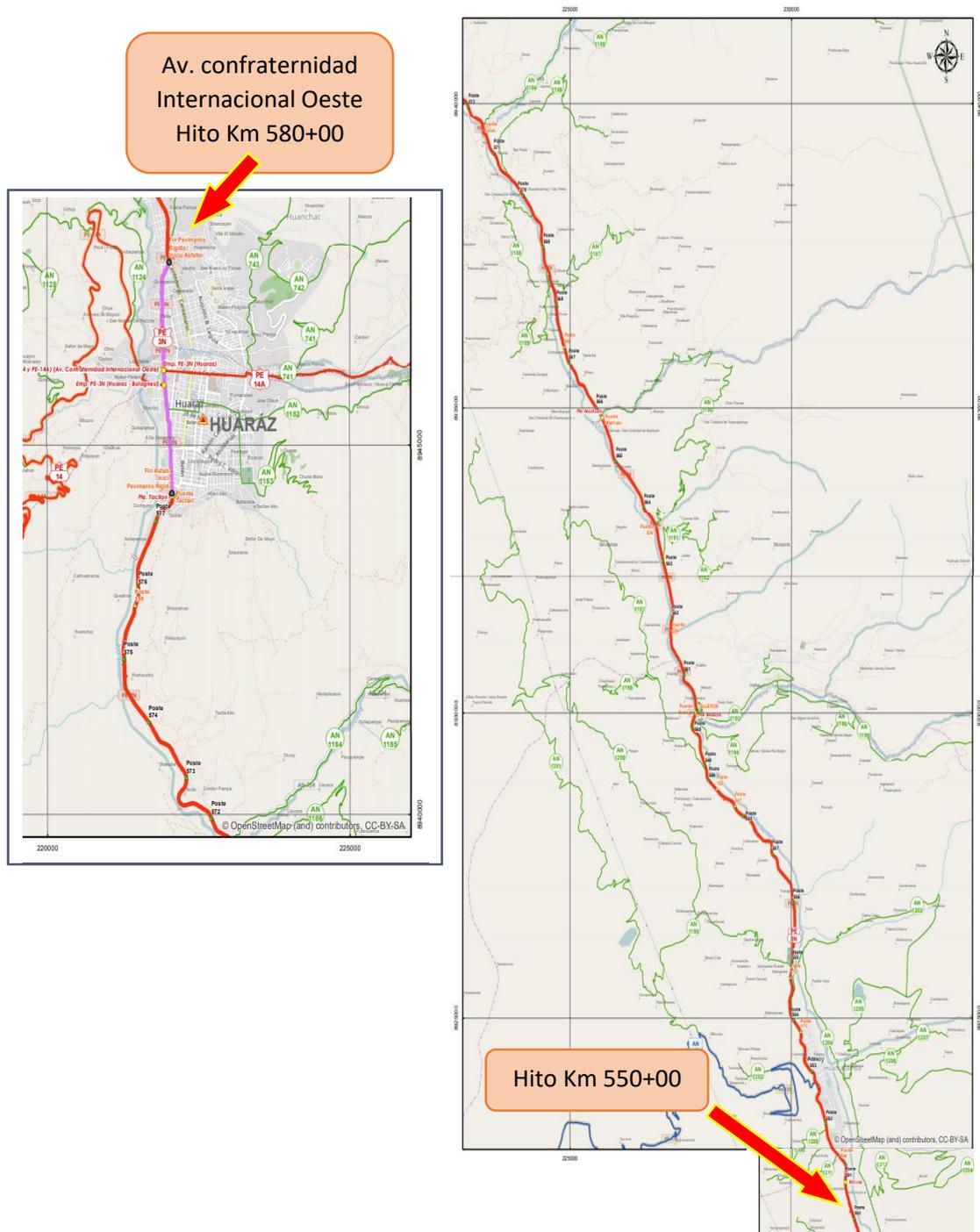


Figura 20. Mapa de la carretera Longitudinal sierra norte PE-3N Tramo Huaraz-Recuay Km 550+000 al Km 580+000.

Nota. Adaptado del Mapa vial de Ancash. Fuente: clasificador de rutas D.S. N° 011-2016-MTC.

3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.6.1. POBLACIÓN:

La carpeta de rodadura de la carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz-Recuay, perteneciente a La Red vial Nacional.

3.6.2. MUESTRA:

La carpeta de rodadura de la carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz-Recuay km 550+000 al km580+00, que abarca una longitud total de 30Km. La muestra seleccionada es no paramétrica, debido a que no se ha realizado un análisis estadístico.

3.6.3. MÉTODOS DE MUESTREO:

La presente investigación recurre al método **NO PROBABILÍSTICO** con fines especiales, ya que se realizó siguiendo las normas nacionales e internacionales para la medición de la regularidad superficial y la recolección de datos se realizó con herramientas específicas para su evaluación y para encontrar la relación de las variables mencionadas respectiva.

Según (Fernandez Collado y Baptista Lucio 2014) las muestras probabilísticas también reciben el nombre de muestras dirigidas, debido a que la elección de objetos o sujetos de estudio depende del criterio del investigador.

3.6.4. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE LA MUESTRA

La muestra se midió en su totalidad abarcando una distancia de 30 Km para la evaluación de la carretera pavimentada.

3.7. TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Observación de Campo: Personal-Directa

Se utilizó dispositivo electrónico (Smartphone) para el registro de datos sobre la regularidad superficial de la carretera Huaraz-Recuay. Se efectuaron las mediciones respectivas tomando fotografías y se llenaron los instrumentos metodológicos. Así mismo se utilizará instrumentos como Mira, Nivel, Cinta métrica del método Mira y Nivel para la recolección de información en campo. Los instrumentos utilizados para la observación de campo fueron las Fichas Técnicas, Registro fotográfico, Mapas, Recolección de Datos, Microsoft Word, Excel, Notas de campo.

3.8. MÉTODO E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

3.8.1. Método:

No Probabilístico.

Ficha 2. Formato de campo para el aforo vehicular.

	UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO" FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	TESIS: CONSERVACIÓN Y REGULARIDAD SUPERFICIAL DE LA CARRETERA PAVIMENTADA PE-3N TRAMO HUARAZ -RECUAY KM 550+000 AL KM 580+000, ANCASH-2019	HOJA Nº: 01																						
FORMATO DE AFORO VEHICULAR (VOLUMEN DE TRAFICO PROMEDIO DIARIO)																									
Tramo : Carretera PE-3N Huaraz-Recuay Km+550.000 al Km+580.000		Ubicación : Huaraz																							
Código de Estación : E-001		Fecha :																							
Estación : Comisaría de Tacllan (Salida sur de la ciudad de Huaraz)																									
FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR																								TOTAL	%
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER						TRAYLER						
Diagrama de vehiculos																									
07 - 08 am	ENTRADA																								
	SALIDA																								
08 - 09 am	ENTRADA																								
	SALIDA																								
09 - 10 pm	ENTRADA																								
	SALIDA																								
10 - 11 pm	ENTRADA																								
	SALIDA																								
11 - 12 am	ENTRADA																								
	SALIDA																								
12 - 13 am	ENTRADA																								
	SALIDA																								
13 - 14 pm	ENTRADA																								
	SALIDA																								
14 - 15 pm	ENTRADA																								
	SALIDA																								
15 - 16 pm	ENTRADA																								
	SALIDA																								
16 - 17 pm	ENTRADA																								
	SALIDA																								
17 - 18 pm	ENTRADA																								
	SALIDA																								
18 - 19 pm	ENTRADA																								
	SALIDA																								
TOTAL																									
%																									

Fuente: Elaboración propia.

3.9. PLAN DE RECOPIACIÓN DE DATOS

La recolección de datos se llevó a cabo entre los meses de setiembre a noviembre del 2019, abarcando así un periodo de 3 meses. Se realizó en este periodo debido a que tanto la licencia de la aplicación Roadroid como la disponibilidad de los equipos Nivel y Mira solo se encontraban disponibles en este lapso de tiempo.

Primero se realizó una visita previa a la carretera en estudio el día sábado 28 de setiembre del 2019; se hizo esta visita para obtener información más completa acerca de las características, singularidades, etc. Posterior a la actividad mencionada se procedió a recolectar los datos sobre Regularidad superficial de la carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz – Recuay, se aplicaron 2 métodos:

- El primero fue el Método Roadroid
- El segundo fue el método Nivel y Mira (Método aceptado al 2019).

3.9.1. Recolección de datos con el método Roadroid

• Planificación

Para realizar la recolección de datos se tuvo mantener ciertos parámetros como la velocidad en un rango de 20 a 80 km/h, ya que es lo recomendado para obtener resultados más precisos.

Se realizó la toma de datos el día domingo 06 de octubre del 2019, esta fecha el tránsito no fue muy saturado y se realizó de madrugada para evitar el tráfico, se empezó con la toma de datos a las 2:50 am.

Se utilizaron las siguientes herramientas para la recolección:

-Un automóvil Marca Suzuki, considerado para el Método Roadroid como un vehículo pequeño.



Figura 21. Automóvil Suzuki Ertiga.

Fuente: Propia.

-Un celular Samsung Galaxy J8 con su respectivo sujetador.

-La aplicación Roadroid versión 2.4.1.



Figura 22. Celular y Soporte para celular.

Fuente: fotografías propias.

• **Recopilación de Datos:**

El ensayo se realizó desde el Km 550+000, y se culminó en el Km 580+000 de la Red Vial Nacional PE-3N tramo Huaraz-Recuay. (Ambos carriles).

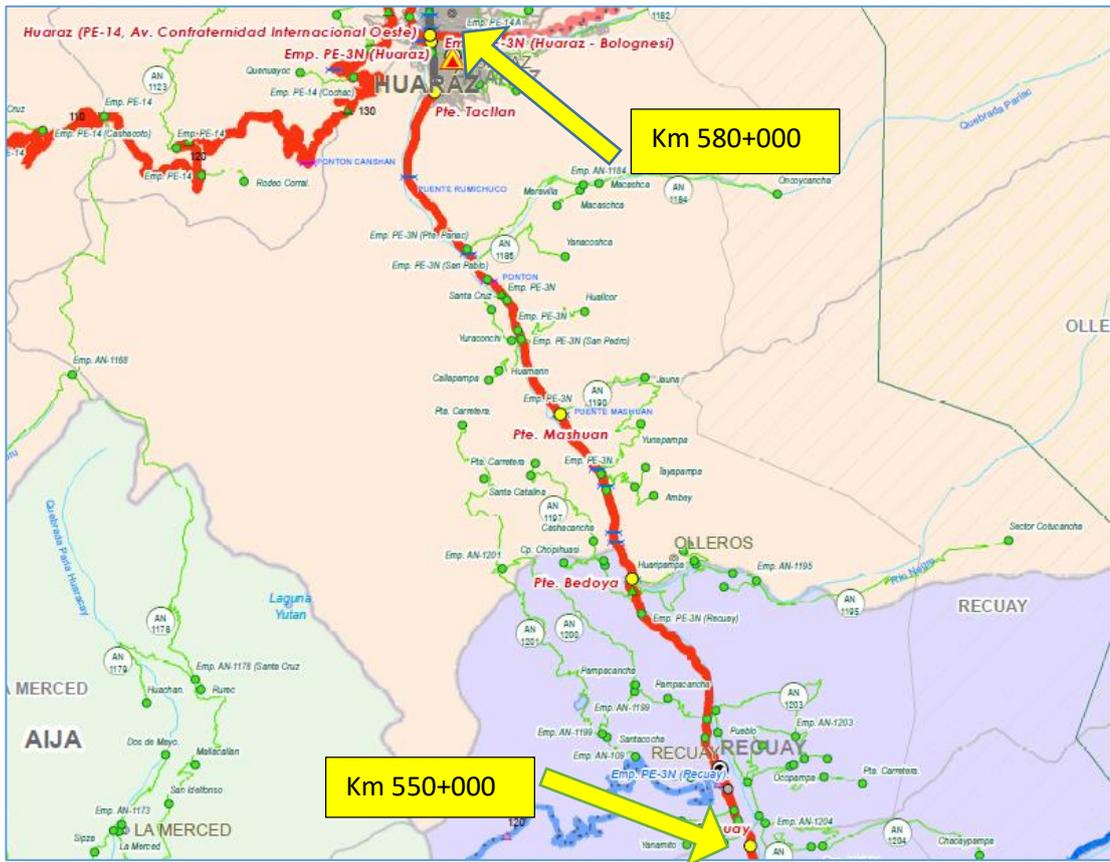


Figura 23. Recorrido realizado Huaraz –Recuay Km 550+000 al Km 580+000.

Nota. Figura obtenida del Mapa vial de Áncash. Fuente: clasificador de rutas D.S. N° 011-2016-MTC.

En el transcurso de esta recolección de datos se hizo uso del celular, y también de una ficha de observaciones (ver anexos) que nos permitió anotar los diferentes sucesos y datos que se presentaban en el recorrido

Para la recopilación de datos con el método Roadroid se presenta los pasos realizados en esta investigación:

- Contar con un celular de marca Samsung Galaxy, en este caso fue el Samsung J8 2018.
- Comprar la licencia de la aplicación Roadroid mediante la empresa Roadroid (teniendo en cuenta el tiempo que se va a utilizar)
- Registrar el número de IMEI del celular con la empresa, en este caso se registraron 2 celulares.

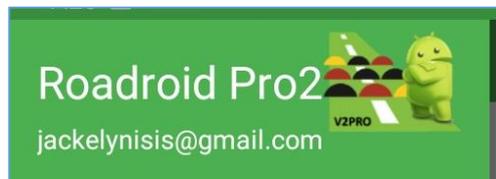


Figura 24. Ícono de Roadroid con usuario propio de Gmail.

Fuente: Aplicación Roadroid-página web.

- Crear una cuenta para acceder a la página <http://www.roadroid.com/Account/Login>, donde se encuentran todos los archivos subidos de las carreteras ensayadas.
- Ubicar el teléfono de manera Horizontal en el soporte adherido al vehículo (debido a que la aplicación capta mejor la función del GPS en esta posición).
- Procedemos a conectar al GPS y los datos móviles

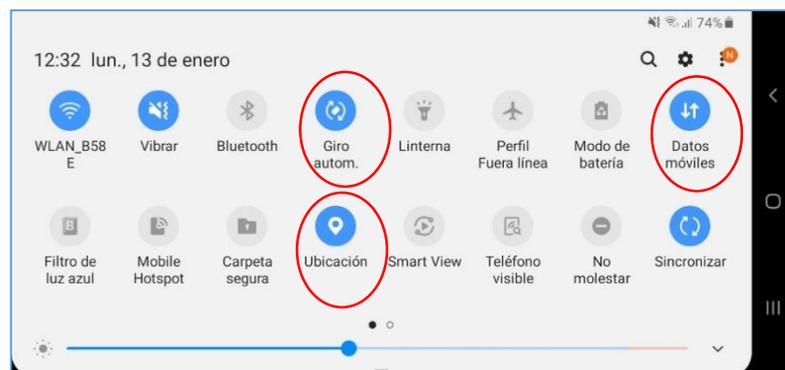


Figura 25. Activación de GPS y datos móviles.

Es necesario obtener un plan móvil para contar con internet y realizar la recolección y subida de datos a la red. Captura de pantalla obtenida del Smartphone. Fuente:

Propia

➤ Ingresamos a la aplicación presionando el ícono del programa y nos aparecerá la pantalla del menú para proceder con la calibración e ingreso de información requerida por este método.

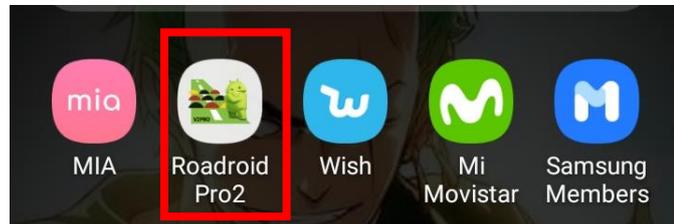


Figura 26. Aplicación Roadroid versión 2.4.1.

Captura de pantalla obtenida del Smartphone. Fuente: Propia.

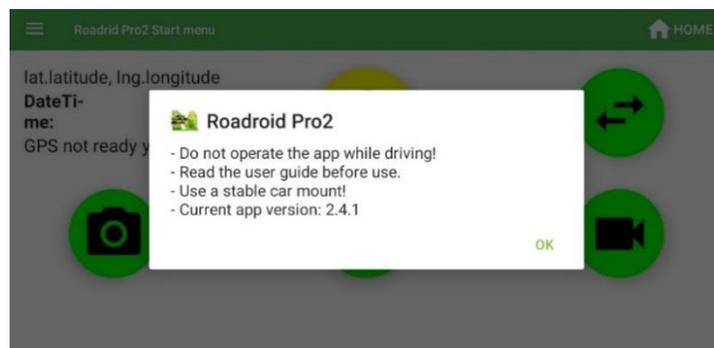


Figura 27. Start Menu Roadroid Pro 2.

Captura de pantalla obtenida del Smartphone. Fuente: Propia.

➤ Corremos la pantalla hacia el lado izquierdo para que nos aparezcan las opciones disponibles y damos clic en “settings”.

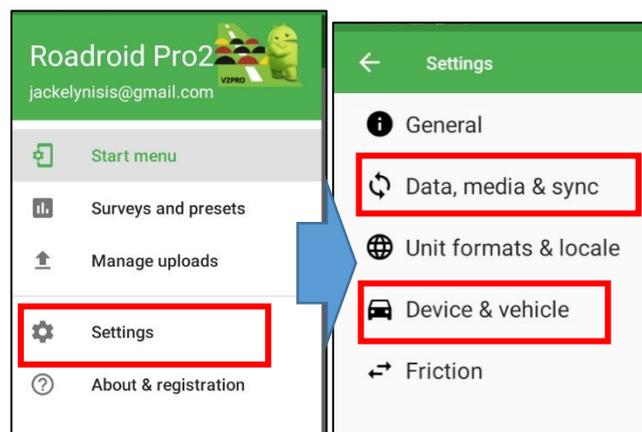


Figura 28. Configuración de settings.

Captura de pantalla obtenida del Smartphone. Fuente: Propia.

➤ Se abre la pantalla de configuraciones en donde podemos escoger el tipo de vehículo y también si deseamos que las fotografías se capturen automáticamente.

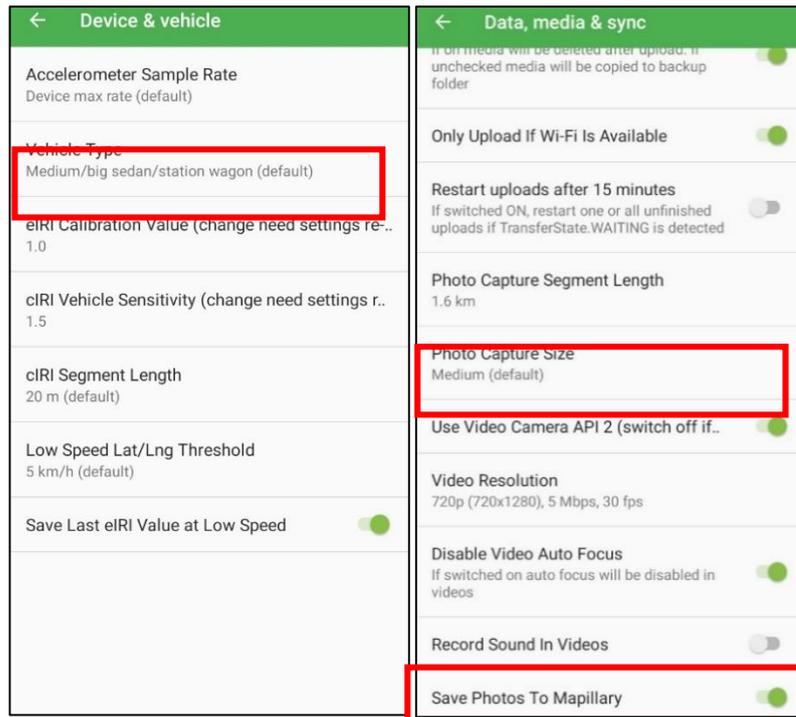


Figura 29. Configuración Vehicle type y Photo Capture Segment Length. Captura de pantalla obtenida del Smartphone. Fuente: Propia.

➤ Una vez ingresado a “vehicle type” aparecerá la siguiente pantalla (imagen del lado izquierdo), donde escogió la opción “Small car/ business van”, debido a que el auto ERTIGA Suzuki es considerado un auto pequeño. También ingresando a “Photo Capture Segment Length” (imagen del lado derecho) se puede escoger cada que longitud puede tomar las capturas de fotografías.

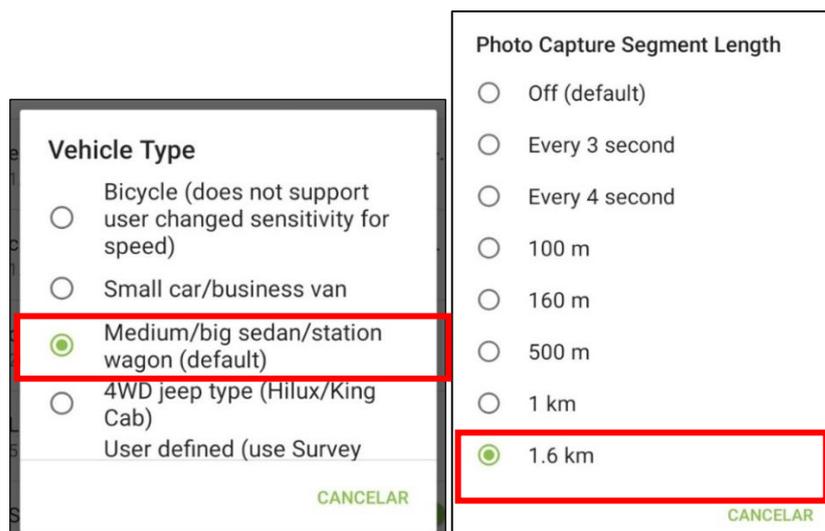


Figura 30. Configuración para el tipo de vehículo y foto. Captura de pantalla obtenida del Smartphone. Fuente. Propia.

- Después de realizar las configuraciones que nos interesan, procedemos a calibrar el celular, como todo instrumento de ingeniería se calibra para que los datos obtenidos sean los adecuados. Pulsamos la opción “Fitting adjustment”



Figura 31. Opción para calibración del móvil.

Captura de pantalla obtenida del Smartphone. Fuente. Propia.

- Luego nos aparecerá una pantalla que por medio de coordenadas X, Y, Z para centrar la posición del equipo hasta que la pantalla cambie a color verde.

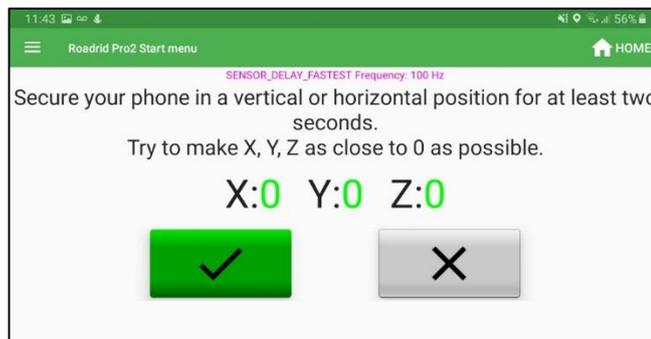


Figura 32. Calibración de la posición del móvil.

El sistema de coordenadas permite establecer una posición nivelada dentro del auto y así realizar las medidas del IRI. Captura de pantalla del Smartphone. Fuente. Propia.

- Una vez calibrado observaremos que la opción “Fitting adjustment” cambia a color verde y recién nos permite empezar a captar los datos.

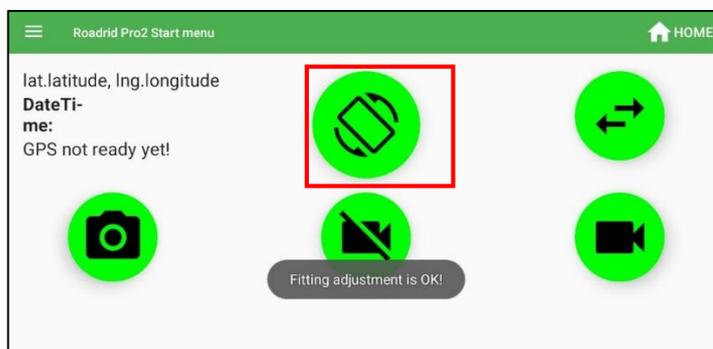


Figura 33. Correcta calibración del equipo.

Para empezar con la recolección de datos todos los íconos tienen que presentar un color verde. Captura de pantalla obtenida del Smartphone. Fuente. Propia.

➤ Procedemos a la recopilación de datos presionando “Start/stop sampling” tenemos 2 opciones, la de fotografías y la de video, en este caso se optará por el de fotografía.

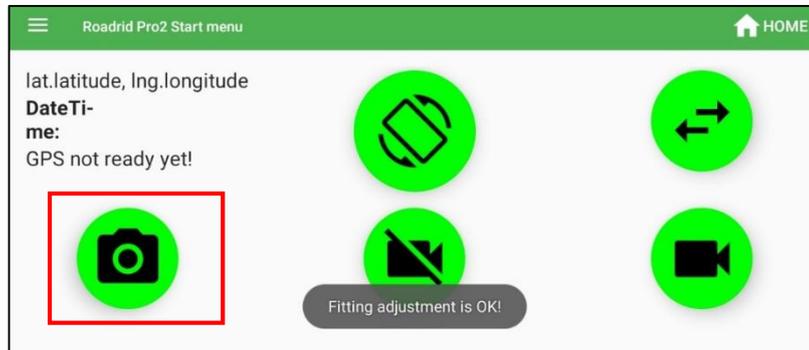


Figura 34. Procedimiento para tomar datos.

Se optó por el de fotografías ya que esta opción es más segura en cuanto a almacenamiento de datos. Fuente: Propia.

➤ Nos aparecerá la siguiente pantalla en la que presionamos el círculo rojo y procedemos a tomar los datos, en esta pantalla se observa si ya se conectó el GPS para iniciar el recorrido, se mantuvo una velocidad mínima de 60km/h.

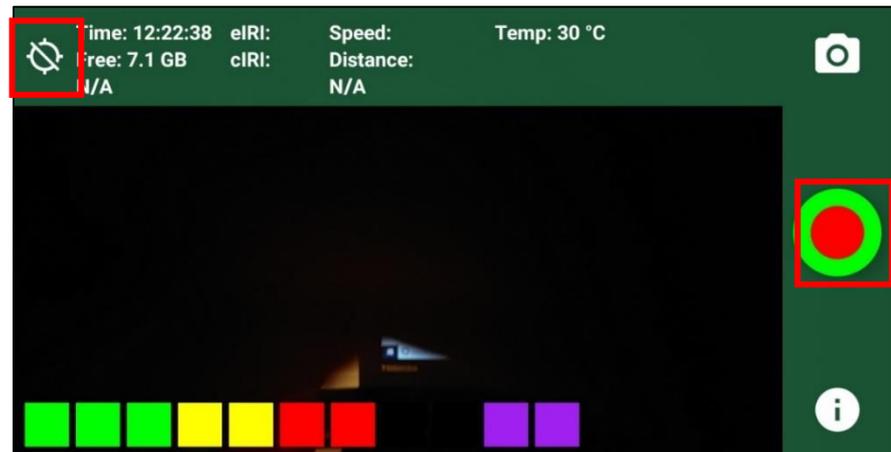


Figura 35. Toma de datos.

Es necesario que nos lleguemos a conectar a una red de internet para que los datos obtenidos se puedan guardar. Captura de pantalla del Smartphone. Fuente: Propia.

➤ Para finalizar la toma de datos presionamos nuevamente el círculo rojo (una vez recorrido todo el tramo en este caso desde el km+550 hasta el km+580 y viceversa ya que se analizaron ambos carriles).

➤ Procedemos a subir los datos al sistema Roadroid y a Mapillary que son webs en las que se almacenan datos de carreteras a nivel mundial.

➤ Ingresamos a la página Roadroid para descargarlos datos recopilados en una versión en la que podamos seguir con el desarrollo de esta tesis.



Figura 36. Ingreso a la cuenta creada en la página Roadroid.

Para obtener una cuenta es necesario contactarse con el Ingeniero Larsof para obtener una membresía. Captura de pantalla obtenida de la web. Fuente: Roadroid.com.

➤ Damos click en la opción importar historial, y nos aparecerá todos los datos de la carretera ensayada.



Figura 37. Historial Importado de la carretera ensayada.

Fuente: Roadroid.com.

➤ Hacemos click en “Detalles” y nos da un resumen de varios datos obtenidos y generamos un archivo en formato .txt. para poder descargarlo.

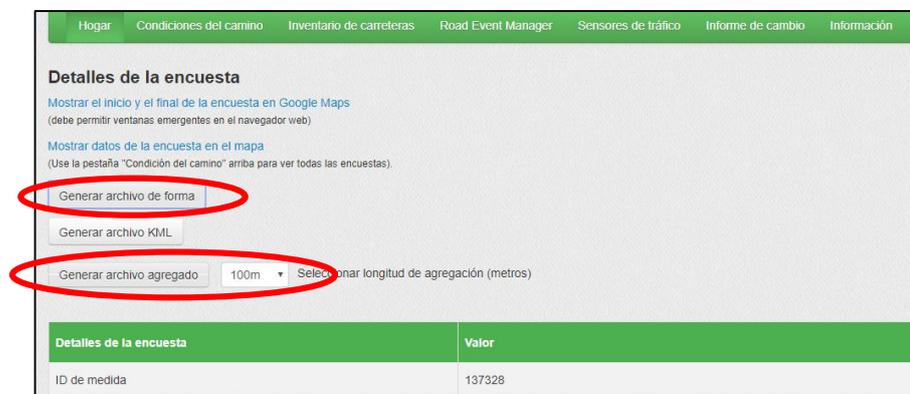


Figura 38. Detalles de los datos recopilados para descarga.

Fuente: Roadroid.com.

➤ Además, podemos visualizar en el mapa, la condición de la carretera en estudio, ingresamos a Inventario de carreteras y nos mostrará la siguiente imagen.

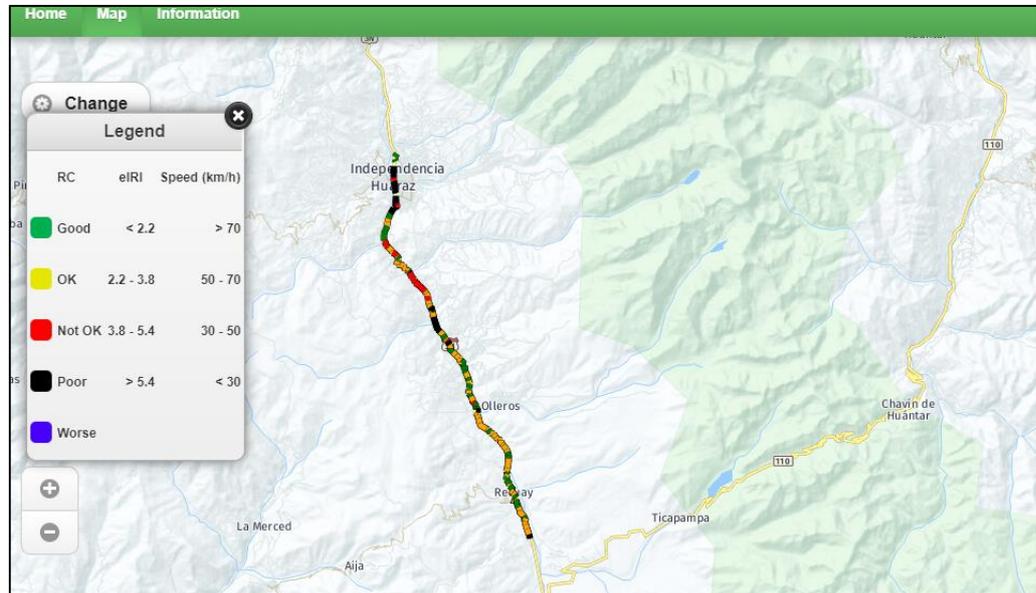


Figura 39. Visualización del estado de la carretera.

Los datos propios obtenidos durante el recorrido realizado, fueron directamente subidos a Roadroid.com. Fuente: Propia

➤ Hacemos click en “Change” para obtener más opciones y pulsamos “Create Reports” y luego “draw polygon”

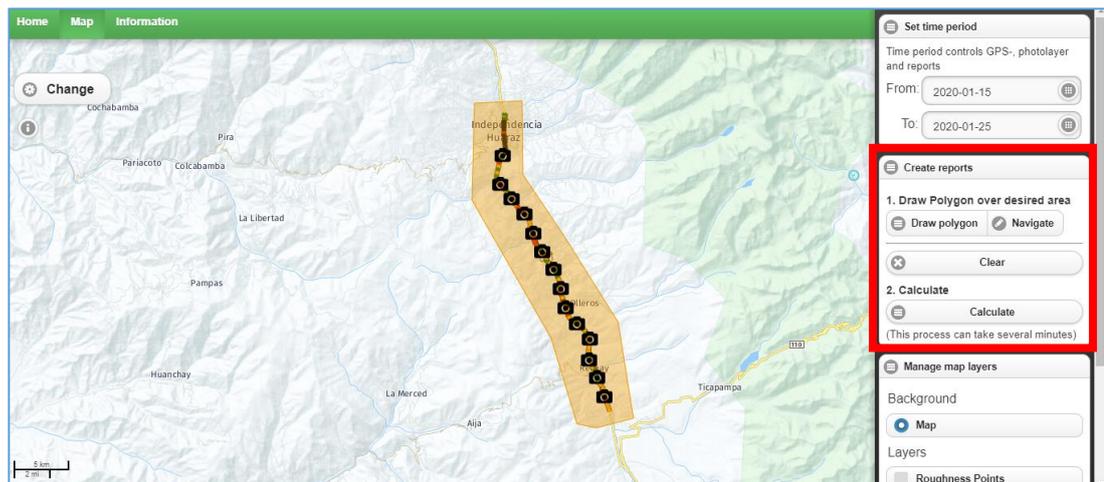


Figura 40. Creación del Polígono.

Fuente: Datos propios subidos a Roadroid.com.

➤ Una vez finalizado el polígono damos clic en “calculate” y nos saldrá cuadro con los resultados de la carretera.

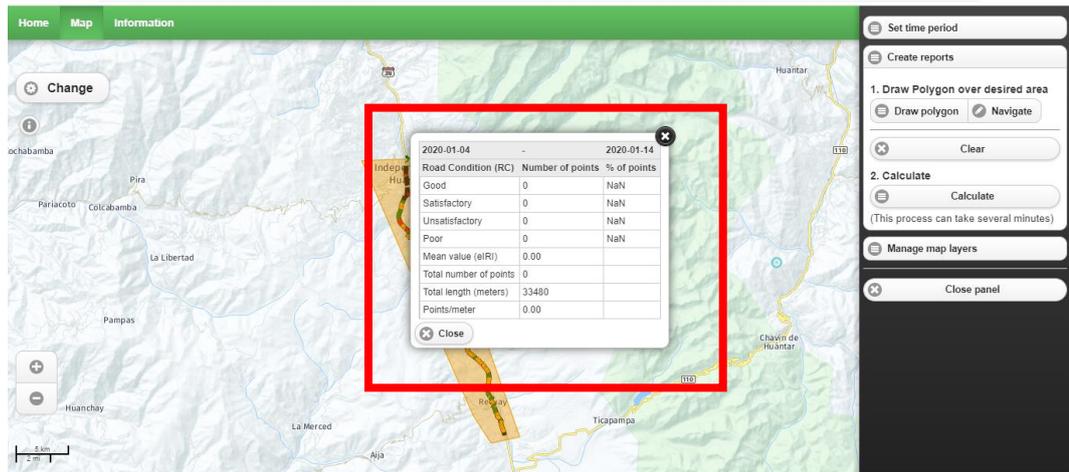


Figura 41. Visualización de resultados del eIRI, mediante mapa y cuadro de reporte.

Nota. Para analizar los resultados obtenidos en el recorrido, se realiza un proceso de selección, creación de áreas y creación de reportes. Fuente: Datos propios subidos a Roadroid.com.

➤ Por último, la página web de este método nos brinda una opción para mostrar las fotos instantáneas que toma a la carretera durante la recopilación de datos. Nos dirigimos a la opción “Change”, luego a “Manage map layers” y “Photos” como se muestra:

➤ Los datos recopilados de la página <http://www.roadroid.com> automáticamente son: (ver anexo para más detalle)

Tabla 13.

Datos proporcionados por Roadroid en formato ".txt."

```

351711100071882-20200125025827-4d07a756-RCP_aggr: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
cIRI-sensitivity: 1,5 | eIRI-sensitivity 1
DateTime Latitude Longitude Distance(m) Speed (km/h) Altitude (m) Grade (%) eIRI cIRI RoadId
25/01/2020 2:58:40 -9,508736 -77,53223 100 31,25 3042,8 0 1,56 0,9 h-recuay
25/01/2020 2:58:51 -9,50971542737887 -77,5322495640156 200 40,57 3042,52 -0,28 1,63 1,62 h-recuay
25/01/2020 2:59:00 -9,51064184410082 -77,5322738580945 300 41,5 3042,29 -0,23 1,22 1,61 h-recuay
25/01/2020 2:59:08 -9,51139817187647 -77,5322915451194 400 37 3041,31 -0,98 1,34 1,63 h-recuay
25/01/2020 2:59:18 -9,5123693609819 -77,5321797984115 500 28,05 3043,06 1,75 5,24 2,89 h-recuay
25/01/2020 2:59:31 -9,51314931788442 -77,5322942020372 600 35,29 3043,45 0,4 7,41 6,55 h-recuay
25/01/2020 2:59:41 -9,51390919986006 -77,5327570176383 700 28,19 3043,87 0,41 7,55 5,33 h-recuay
25/01/2020 2:59:55 -9,51475598997266 -77,5331004789026 800 31,44 3049,25 5,39 10,5 6,77 h-recuay
25/01/2020 3:00:06 -9,5156398735867 -77,5331438425972 900 32,77 3053,75 4,5 11,34 7,06 h-recuay
25/01/2020 3:00:17 -9,51656605165682 -77,5331539068488 1000 35,15 3058,11 4,36 10,29 9,8 h-recuay
25/01/2020 3:00:27 -9,51746576011347 -77,5331702105997 1100 31,34 3060,08 1,97 8,05 8,19 h-recuay
25/01/2020 3:00:39 -9,51841765925272 -77,5331311899466 1200 28,82 3062,25 2,17 6,57 4,94 h-recuay
25/01/2020 3:00:51 -9,51926048398195 -77,5331230068507 1300 27,48 3063,07 0,82 6,2 2,83 h-recuay
25/01/2020 3:01:08 -9,52026249527965 -77,5331118955525 1400 30,21 3061,95 -1,13 8,06 4,6 h-recuay
25/01/2020 3:01:19 -9,521070180990351 -77,5331126716918 1500 27,09 3061,37 -0,58 6,65 4,56 h-recuay
25/01/2020 3:01:32 -9,52196372817879 -77,5330938576913 1600 31,36 3061,83 0,46 8,85 5,6 h-recuay
25/01/2020 3:01:44 -9,52295897504826 -77,5330810962322 1700 29,51 3060,85 -0,97 7,31 7 h-recuay
25/01/2020 3:01:56 -9,52387958556136 -77,53299292691731 1800 29,51 3061,06 0,2 4,3 3,8 h-recuay
25/01/2020 3:02:08 -9,52470598336948 -77,5329660442797 1900 32,79 3060,65 -0,41 5,9 4,15 h-recuay
25/01/2020 3:02:18 -9,52555914624027 -77,532989 2000 35,34 3057,36 -3,29 7,66 6,14 h-recuay
25/01/2020 3:02:28 -9,52639824697984 -77,5329549728096 2100 40,34 3059,11 1,76 7,46 7,25 h-recuay
25/01/2020 3:02:38 -9,52747705368901 -77,5328055173738 2200 34,71 3064,17 5,05 10,48 8,09 h-recuay
25/01/2020 3:02:48 -9,52835576032083 -77,532696369622 2300 32,9 3067,34 3,17 8,64 6,78 h-recuay
25/01/2020 3:02:59 -9,5292320795538 -77,5325905137074 2400 28,55 3070,83 3,49 4,89 2,98 h-recuay
25/01/2020 3:03:15 -9,53017620289031 -77,5324946642522 2500 37,52 3072,78 1,94 6,39 6,53 h-recuay
25/01/2020 3:03:24 -9,53094982401614 -77,5323980781361 2600 32,19 3073,57 0,8 4,92 4,53 h-recuay
25/01/2020 3:03:35 -9,53180746368894 -77,5322848433483 2700 25,6 3072,27 -1,3 7,24 2,87 h-recuay
25/01/2020 3:03:54 -9,53275890289603 -77,5320312668422 2800 31,9 3068,81 -3,46 6,83 5,48 h-recuay
25/01/2020 3:04:05 -9,5336834109407 -77,5320348341589 2900 37,38 3064,99 -3,82 12,75 12,19 h-recuay
25/01/2020 3:04:14 -9,53447185355079 -77,5320133273048 3000 31,41 3062,77 -2,22 11,81 7,3 h-recuay
25/01/2020 3:04:26 -9,53542515012255 -77,5320100212469 3100 35,03 3062,95 0,18 7,96 7,34 h-recuay
25/01/2020 3:04:36 -9,53629541022922 -77,5320117035908 3200 32,07 3062,8 -0,15 7,94 5,44 h-recuay
25/01/2020 3:04:51 -9,53720474139262 -77,531995682205 3300 33,69 3063,94 1,15 5,94 4,96 h-recuay
25/01/2020 3:05:02 -9,53823318307421 -77,5319750557807 3400 37,86 3066,6 2,65 7,09 7,26 h-recuay

```

Nota. Los datos propios son recolección propia y fueron subidos a Roadroid.com.

3.9.2. Recolección de datos con el Nivel y Mira (Método aceptado)

• Planificación:

La planificación es de suma importancia antes de realizar la toma de datos; en este método fue necesario evitar el tráfico para poder operar adecuadamente los equipos y mantener la seguridad de las cuadrillas. El ensayo se inició en horas de la madrugada hasta las 10am, este procedimiento se realizó durante 2 días para completar la recolección de datos de los diferentes tramos. Esta recolección se realizó posterior a la que se hizo con el método Roadroid ya se necesitó conocer los tramos críticos para poder compararlos posteriormente.

Se realizó la toma de datos el día viernes 18 de octubre del 2019 y el sábado 19 de octubre, se escogió estos días por la disponibilidad de equipo y se realizó de madrugada hasta pocas horas de la mañana para evitar el tráfico, se empezó con la toma de datos a las 05:00 horas, así mismo se decidió optar por 2 cuadrillas para distribuir todas las jornadas.

Se decidió recolectar datos con Nivel y Mira espaciados 25cm en 320 metros de carretera como obliga el banco mundial para verificar, comprobar y correlacionar la efectividad del método Roadroid. Este tramo de 320 metros fue el más crítico obtenido con el Método Roadroid, y el comprendido entre el Km 577+020 y el Km 577+380.

Se utilizaron las siguientes herramientas para la recolección (Ver las figuras siguientes para mayor detalle):

- Nivel de Ingeniero y Mira para la recolección de datos.
- Tiza para marcar cada 25cm los puntos a medir.
- Cinta métrica
- Libreta Topográfica para la anotación de datos.
- Cámara fotográfica para registrar visualmente los pasos realizados.



Figura 42. Instrumentos utilizados en la recolección de datos con el Método Mira y Nivel.

Nota. En la parte superior izquierda se puede observar la cinta métrica de 50 metros utilizada en la recolección de datos, así mismo, se observa el nivel de ingeniero instalado en la zona de estudio.

• **Toma de Datos**

- Se siguieron los siguientes pasos:
- Se conformó una cuadrilla formada por 2 integrantes para poder realizar las mediciones de las cotas cada 25cm en 320 metros tal y como especifica el Banco mundial.
- Se conformaron 2 cuadrillas para poder intercambiar turnos ya que las mediciones son en tramos cortos y nos tomará un tiempo prolongado.
- Primero Se procedió a marcar con el GPS las coordenadas de nuestro punto de partida.
- Se procedió a instalar y nivelar el equipo de Nivel y mira para comenzar a tomar las medidas correspondientes.



Figura 43. Posicionamiento del trípode.

Nota. Se utilizaron varios bancos de nivel en los cuales se realizó el mismo procedimiento; este proceso se realizó desde tempranas horas hasta horas de la tarde. Fuente: Propia.

➤ Una vez ubicado el nivel de ingeniero, procedemos a tender nuestra cinta métrica paralela a la carretera (para evitar que los vehículos pasen por encima de la cinta), de esta forma podremos realizar las mediciones teniendo en cuenta nuestra distancia entre puntos que debe ser de 25 a 30cm.



Figura 44. Instalación del nivel de ingeniero y colocación de la cinta métrica.

Nota. Fotografías tomadas durante la toma de datos; la cinta métrica se utilizó para tomar los datos cada 25cm. Fuente: Propia.

- Se procedió a medir las cotas, teniendo como referencia la estación del nivel.
- Cada punto se anotó en un cuaderno de notas (formato presentado en anexos y en el ítem anterior) para que no existan problemas a la hora de juntar los datos de ambas cuadrillas.



Figura 45. Medición de las cotas de la carretera Huaraz-Recuay.

Nota. Debido a que el procedimiento fue extenso solo se consideraron las fotografías que indican las partes principales de la recolección. Fuente: Propia.

- La recolección de datos se realizó durante 2 días en los tramos que se consideraron críticos.



Figura 46. Instalación de los equipos en horas de la madrugada.

Nota. En la imagen se nota la presencia de la mira y el Nivel de Ingeniero en Horas de la Madrugada.

➤ Una vez recopilado los datos procedimos a colocar los datos en un archivo Excel para pasarlo a un block de notas y posteriormente convertirlo al formato .ERD, esto con la finalidad de trabajar con el software ProVAL.

Tabla 14.

Datos obtenidos en la libreta topográfica del método Nivel y Mira.

ESTACIÓN	PUNTO	VISTA ATRÁS	VISTA ADELANTE	COTA	COTA EN MM	DISTANCIA
E-1	BM	1.218	-	3058.000	3058000.00000	-
	1		1.348	3057.870	3057870.00000	0.25
	2		1.348	3057.870	3057870.00000	0.25
	3		1.348	3057.870	3057870.00000	0.25
	4		1.349	3057.869	3057869.00000	0.25
	5		1.357	3057.861	3057861.00000	0.25
	6		1.357	3057.861	3057861.00000	0.25
	7		1.359	3057.859	3057859.00000	0.25
	8		1.359	3057.859	3057859.00000	0.25
	9		1.365	3057.853	3057853.00000	0.25
	10		1.362	3057.856	3057856.00000	0.25
	11		1.365	3057.853	3057853.00000	0.25
	12		1.370	3057.848	3057848.00000	0.25
	13		1.375	3057.843	3057843.00000	0.25
	14		1.381	3057.837	3057837.00000	0.25
	15		1.380	3057.838	3057838.00000	0.25
	16		1.387	3057.831	3057831.00000	0.25
	17		1.390	3057.828	3057828.00000	0.25
	18		1.388	3057.830	3057830.00000	0.25
	19		1.388	3057.831	3057830.50000	0.25
	20		1.389	3057.829	3057829.00000	0.25
	21		1.388	3057.830	3057830.00000	0.25
	22		1.393	3057.825	3057825.00000	0.25
	23		1.400	3057.818	3057818.00000	0.25
	24		1.415	3057.803	3057803.00000	0.25
	25		1.427	3057.791	3057791.00000	0.25
	26		1.437	3057.781	3057781.00000	0.25
	27		1.435	3057.783	3057783.00000	0.25
	28		1.428	3057.790	3057790.00000	0.25
	29		1.429	3057.790	3057789.50000	0.25
	30		1.434	3057.784	3057784.00000	0.25
	31		1.427	3057.791	3057791.00000	0.25
	32		1.428	3057.790	3057790.00000	0.25
	33		1.437	3057.781	3057781.00000	0.25
	34		1.447	3057.771	3057771.00000	0.25
	35		1.444	3057.774	3057774.00000	0.25
	36		1.449	3057.769	3057769.00000	0.25
	37		1.453	3057.765	3057765.00000	0.25

Nota. Se utilizaron varias estaciones y como los datos fueron tomados cada 25cm todos los datos no se pueden presentar en una sola hoja es por ello que fueron puestos en la parte de los Anexos. Fuente: Propia.

➤ Para que el programa ProVAL pueda abrir el perfil analizado se tiene que realizar un proceso de conversión creando un archivo de texto con ciertas especificaciones y además se le añade las cotas recolectadas.

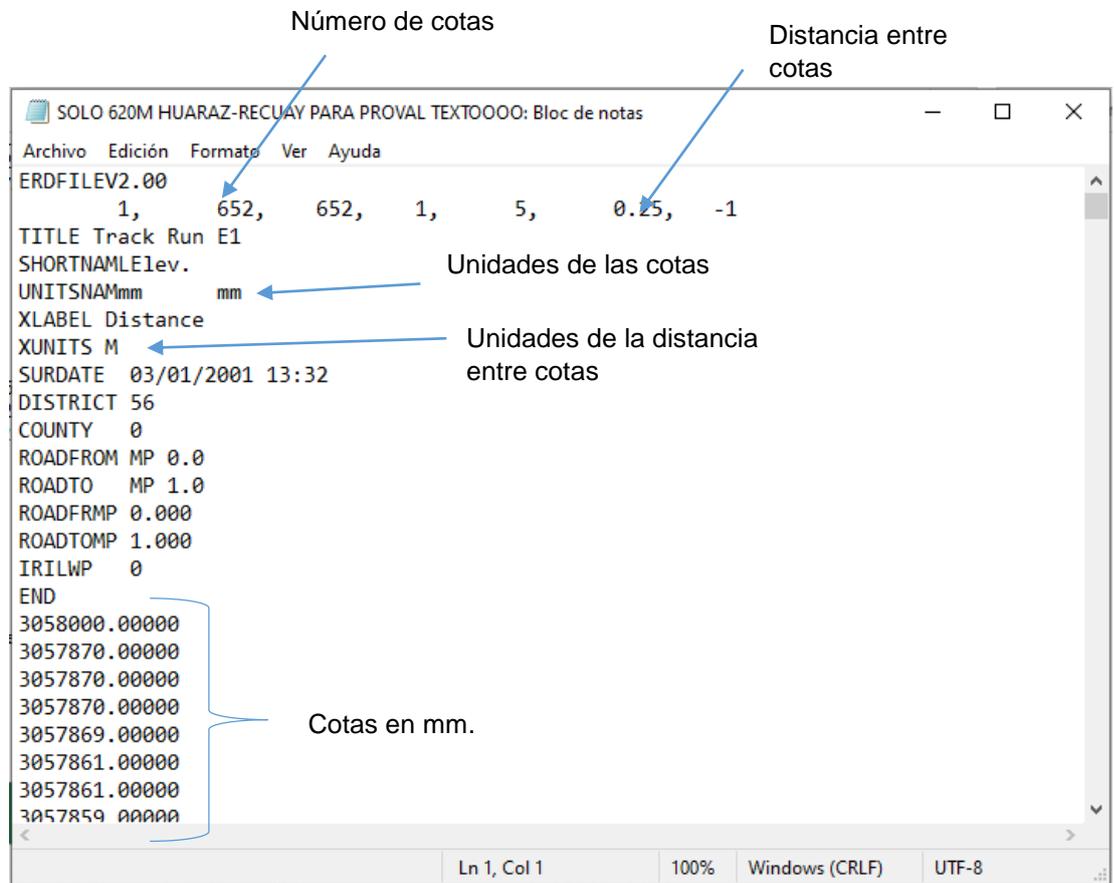


Figura 47. Formato de texto para que el programa ProVAL lo reconozca.

Para que el programa ProVAL reconozca el texto, es necesario emplear la estructura mostrada, dicho modelo fue tomado de la tesis de Asencios, 2016. Fuente: Elaboración Propia.

- Luego al archivo de block de notas se le colocó la terminación **.ERD** para que el ProVAL no tenga problemas al abrirlo.
- Una vez obtenido nuestro archivo procedemos a abrirlo en el programa ProVAL para su respectivo análisis que se explica con mayor detalle en el siguiente ítem.

3.9.3. Inspección visual de las fallas/deterioros

Para complementar la información obtenida, se decidió tomar fotografías que nos permitan referenciarlos a nivel visual sobre las fallas/deterioros que predominan en la carretera en su conjunto. Después de obtener los datos de

regularidad superficial se pudo interpretar y analizar el porqué de los valores obtenidos en cada tramo gracias a la ficha realizada en este Ítem.

Se planificó la salida a campo para esta inspección una vez finalizada la recolección por ambos métodos; esta inspección se desarrolló el día domingo 27 de octubre del 2019. Posteriormente una vez obtenidas las fotografías y videos, se procedió a elaborar una lista de inspección (ver resultados). Para esta lista de inspección se priorizó las fotografías de las fallas, pero también se consideraron imágenes de la carretera que fueron obtenidas el día 06 de octubre del 2019.

3.9.4. Aforo Vehicular de la carretera en Estudio.

Para realizar el conteo vehicular, se empleó el Reglamento Nacional de Vehículos D.S. N°058-2003-MTC; considerando el tipo de vehículos, peso, dimensiones y la disposición de sus ejes. Se realizó en conteo de acuerdo al peaje ubicado en la zona y el conteo visual que se llevará a cabo durante un día teniendo en cuenta el formato establecido en el ítem 10.4.

El conteo de vehículos se realizó durante 12 horas continuas en un lapso de 2 días, iniciando con el conteo el día sábado 16 de noviembre y el jueves 21 de noviembre del 2019. El punto de aforo fue la sede de control policial de Tacllan, ubicado a la salida sur de Huaraz.



Figura 48. Puntos donde se llevó a cabo el conteo vehicular.

Nota. En el lado izquierdo de la figura se observa el control policial de Tacllan y Estación Confraternidad internacional Fuente: Propia.

Para el conteo vehicular se consideró el tipo de vehículos, peso, dimensiones y la disposición de sus ejes. En el transcurso del conteo se tomaron las fotografías correspondientes:



Figura 49. Semi Trayler 3S3 circulando por la carretera en estudio.
Fuente: Propia.



Figura 50. Semi Trayler 2S3.
Fuente: Propia.



Figura 51. Trayler 2T2 circulando por la carretera en estudio.
Fuente: Propia.

Ficha 3. Datos del conteo vehicular de la carretera en estudio. (Ver datos restantes en los anexos)

HORA		SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS				CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	%			
				PICK UP	Rural combi		B2	B3-1	B4-1	C2	C3	C4	8X4	T2S1	T2S2	T2Se2	T2S3	T3S2	T3S1	T2Se3	2T2	2T3			3T2	3T3	
Diagrama de vehiculos																											
07 - 08	am	ENTRADA	87	27	30	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	146	2.97
		SALIDA	90	25	19	0	1	0	0	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143
08 - 09	am	ENTRADA	100	22	49	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	175	3.55
		SALIDA	92	23	33	1	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153	3.11
09 - 10	pm	ENTRADA	98	39	25	2	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	168	3.41
		SALIDA	103	36	15	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	159	3.23
10 - 11	pm	ENTRADA	96	24	32	4	0	4	0	8	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	173	3.51
		SALIDA	96	20	48	8	2	0	4	15	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	201	4.08
11 - 12	am	ENTRADA	122	48	36	6	2	2	0	36	4	2	0	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	264	5.36
		SALIDA	130	48	46	2	0	0	0	44	8	0	0	0	0	0	10	1	0	0	0	0	0	0	0	289	5.87
12 - 13	am	ENTRADA	138	57	21	1	1	1	0	33	10	4	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	1	273	5.55
		SALIDA	150	61	15	1	2	0	0	16	2	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	2	256	5.20
13 - 14	pm	ENTRADA	125	44	27	0	0	0	0	32	11	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	244	4.96
		SALIDA	143	48	24	1	0	0	0	24	6	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	251	5.10
14 - 15	pm	ENTRADA	98	30	26	3	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	164	3.33
		SALIDA	104	25	17	2	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	156	3.17
15 - 16	pm	ENTRADA	112	30	25	0	1	0	0	8	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	180	3.66
		SALIDA	110	30	32	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	181	3.68
16 - 17	pm	ENTRADA	108	28	37	0	2	1	0	10	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	189	3.84
		SALIDA	97	32	45	0	1	0	0	7	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	189	3.84
17 - 18	pm	ENTRADA	149	37	42	0	1	1	0	3	8	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	2	248	5.04
		SALIDA	135	35	40	1	0	1	0	6	5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	225	4.57
18 - 19	pm	ENTRADA	147	47	31	1	0	0	0	12	7	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	248	5.04
		SALIDA	133	59	34	0	3	0	0	9	6	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	248	5.04
TOTAL			2763	875	749	35	18	10	4	291	86	18	0	3	0	0	0	63	1	0	0	0	0	7	4923	100	
%			56.12	17.77	15.21	0.71	0.37	0.20	0.08	5.91	1.75	0.37	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	1.28	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	100.00	

Nota. Los datos restantes del conteo vehicular se encuentran en los anexos. Fuente: Elaboración propia

3.10. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE DATOS

3.10.1. Análisis de datos obtenidos por el Método Roadroid

La aplicación Roadroid nos proporcionó los datos recopilados en formato de texto, pero para su análisis se convirtieron al formato Microsoft Excel. Para poder analizar los datos, tenemos que saber que por el método Roadroid obtenemos la regularidad (rugosidad) de toda la carretera en forma continua, incluyendo las singularidades como se muestra en la Tabla 15; pero con el método Nivel y Mira no se miden estas singularidades, por lo tanto, todas las singularidades se identificaron mediante las coordenadas geográficas y se cambió por un promedio de los datos extremos a este.

Tabla 15.

Ubicación de Singularidades.

Latitude	Longitude	Distance (m)	Speed (km/h)	Altitude (m)	Grade (%)	eIRI	Singularidad	cIRI	RoadId
-958,754,969,022,038	-775,208,866,962,206	10200	38,63	3158,04	2,04	2.23		3.35	Huaraz-Recuay
-958,841,342,427,469	-775,202,654,136,382	10300	41,59	3158,91	0,88	3.09	ROMPEMUELLE	4.02	Huaraz-Recuay
-958,910,787,891,488	-775,200,164,279,747	10400	36,81	3158,6	-0,31	1.72		2.97	Huaraz-Recuay
-958,997,534,653,513	-775,196,286,098,471	10500	38,53	3158,03	-0,57	2.7	ROMPEMUELLE	4.94	Huaraz-Recuay
-959,047,423,127,826	-775,189,695,374,435	10600	41,04	3159,27	1,24	1.96		2.77	Huaraz-Recuay

Nota. La mayor cantidad de singularidades que se encontraron fueron los rompemuelles en los cuales se realizó un promedio para tener uniformidad de resultados. Fuente: Elaboración propia.

Se creó un archivo con el promedio del eIRI cada 100m, si bien la aplicación nos proporciona datos desde un rango de cada 5m, se prefirió optar por un promedio de 100m para hacer la investigación de forma más concreta y tener datos más manejables. Los valores obtenidos cada 5metros se utilizó para el análisis por ambos métodos. Se procedió a promediar los valores cada 100 metros para los análisis restantes.

En las siguientes tablas se muestra solo unos datos de la investigación, estos valores que se presenta corresponde a los eIRI cada 100 metros sin singularidades.

Tabla 16.*Valores del eIRI sin singularidades en promedios de 100m (Datos de Ida).*

MÉTODO ROADROID TRAMO DE IDA HUARAZ-RECUAY KM 580+000 AL KM 550+000 - eIRI promedio cada 100metros										
cIRI-sensitivity: 1,5 eIRI-sensitivity 1										
N°dato	DateTime	Latitude	Longitude	Distance (m)	Speed (km/h)	Altitude (m)	Grade (%)	eIRI	cIRI	RoadId
1	06/10/2019 3:00:51	-951,926,048,398,195	-775,331,230,068,507	100	27,48	3063,07	0,82	6.1	2.83	Huaraz-Recuay
2	06/10/2019 3:01:08	-952,026,249,527,965	-775,331,118,955,525	200	30,21	3061,95	-1,13	5.39	4.6	Huaraz-Recuay
3	06/10/2019 3:01:19	-952,107,018,090,351	-775,331,126,716,918	300	27,09	3061,37	-0,58	6.25	4.56	Huaraz-Recuay
4	06/10/2019 3:01:32	-952,196,372,817,879	-775,330,938,576,913	400	31,36	3061,83	0,46	5.9	5.6	Huaraz-Recuay
5	06/10/2019 3:01:44	-952,295,897,504,826	-775,330,810,962,322	500	29,51	3060,85	-0,97	6.1	7	Huaraz-Recuay
6	06/10/2019 3:01:56	-952,387,358,556,136	-775,329,992,691,731	600	29,51	3061,06	0,2	5.3	3.8	Huaraz-Recuay
7	06/10/2019 3:02:08	-952,470,598,336,948	-775,329,660,442,797	700	32,79	3060,65	-0,41	5.2	4.15	Huaraz-Recuay
8	06/10/2019 3:02:18	-952,555,914,624,027	-77,532,989	800	35,34	3057,36	-3,29	6.32	6.114	Huaraz-Recuay
9	06/10/2019 3:02:28	-952,639,824,697,984	-775,329,549,728,096	900	40,34	3059,11	1,76	5.26	7.25	Huaraz-Recuay

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17.*Valores del eIRI sin singularidades cada 100m. (Datos de vuelta)*

MÉTODO ROADROID TRAMO DE VUETA RECUAY-HUARAZ KM 550+000 AL KM 580+000 - eIRI promedio cada 100metros										
cIRI-sensitivity: 1,5 eIRI-sensitivity 1										
N°dato	DateTime	Latitude	Longitude	Distance(m)	Speed (km/h)	Altitude (m)	Grade (%)	eIRI	cIRI	RoadId
1	06/10/2019 3:58:26	-974,322,859,037,536	-774,490,987,336,896	100	31,65	3451,16	-0,11	1.46	1.56	Recuay-Huaraz
2	06/10/2019 3:58:39	-974,223,931,910,061	-774,492,019,530,532	200	35,35	3450,61	-0,54	1.6	1.97	Recuay-Huaraz
3	06/10/2019 03:58:48	-974,151,181,951,509	-774,492,028,344,362	300	41,82	3450,86	0,24	1.38	1.99	Recuay-Huaraz
4	06/10/2019 03:58:57	-974,051,848,669,775	-774,490,856,989,455	400	41,24	3454,6	3,75	2.64	2.15	Recuay-Huaraz
5	06/10/2019 03:59:06	-97,395,940,859,729	-774,490,568,297,829	500	35,22	3458,49	3,89	1.68	2.95	Recuay-Huaraz
6	06/10/2019 03:59:16	-973,889,745,229,866	-774,494,781,170,667	600	30,37	3462,2	3,71	2.58	1.85	Recuay-Huaraz
7	06/10/2019 03:59:28	-973,827,165,142,778	-774,501,795,836,615	700	35,35	3463,51	1,31	4.89	3.31	Recuay-Huaraz
8	06/10/2019 3:59:38	-973,766,560,398,382	-774,508,556,412,897	800	41,91	3462,88	-0,63	1.61	2.56	Recuay-Huaraz
9	06/10/2019 03:59:47	-973,698,385,456,392	-774,516,136,862,206	900	41,38	3461,2	-1,69	1.71	2.55	Recuay-Huaraz

Fuente: Elaboración propia.

Observamos que, con la aplicación Roadroid obtenemos 2 valores para el IRI por cada 100m de longitud de carretera, estos son el eIRI y el cIRI. El cIRI es un valor que aún se encuentra en estudios y perfeccionamientos por la empresa; de esta forma el valor del eIRI es el que mejor se ajusta al IRI real del pavimento. También, observamos las coordenadas geográficas de todos los puntos, lo cual nos permite ubicar los puntos que necesitan ser intervenidos en cuanto a las propuestas de conservación. De igual manera conocimos la velocidad en la que viajó el vehículo y otros datos adicionales que podemos utilizar para el análisis. Con los datos de la Tabla 16, tabla 17 y anexos, se realizó gráficos de dispersión

para así observar a la variación del eIRI tanto en el carril de ida (HUARAZ-RECUAY) como en el carril de vuelta (RECUAY-HUARAZ).

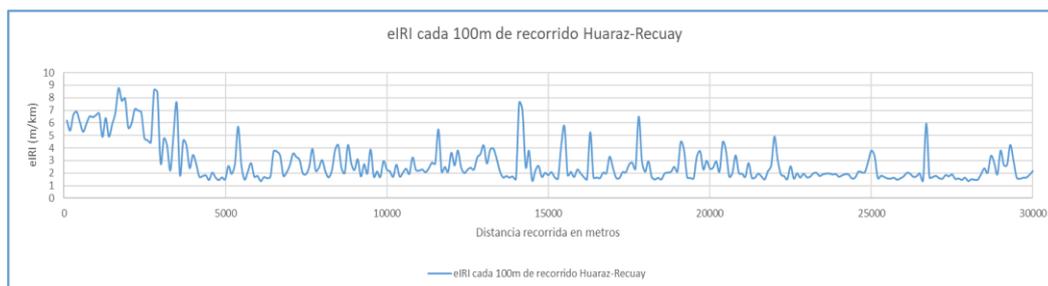


Figura 52. Gráfico de dispersión del eIRI vs Distancia recorrida (HUARAZ-RECUAY).

Fuente: Elaboración Propia.

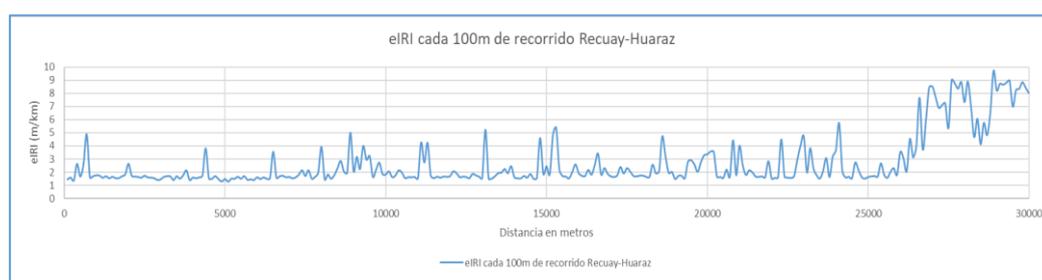


Figura 53. Gráfico de dispersión del eIRI vs Distancia recorrida (RECUAY-HUARAZ).

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 52 y 53 observamos que, la regularidad superficial a lo largo de la carretera es muy variable. Se identificaron diversos sectores como lo es la parte del pavimento rígido y pavimento flexible de la carretera. Con el análisis de datos obtenidos por el Método Roadroid podremos diferenciar distintos tramos de acuerdo a su regularidad superficial y su propuesta de conservación.

Existen valores del eIRI que se encuentran entre 1.22m/km y 5.63m/km lo que significa que el tramo desde el km 580+000 al Km 577 +480(Puente Tacllan) se encuentra con algunas imperfecciones como son los parches en la carretera y fisuración aleatoria y agrietamientos; por otro lado, el tramo comprendido entre el Km 577+480 y el Km 563+000 las altas velocidades se ven afectadas por la variación de la regularidad superficial que va desde 1.5m/km hasta 6.47m/km mostrando así signos de agrietamientos, parches deteriorados y ahuellamientos profundos en algunos tramos de carretera; por último el tramo comprendido entre el Km563+000 y el Km550+000 (Recuay) es el que presenta una regularidad superficial más estable, que varía entre 1.1m/km y 3.2 m/km presentando mejores condiciones que los dos tramos anteriores. Así mismo se pudo ubicar los picos más elevados mediante sus coordenadas geográficas y se comprobó

que estos valores elevados se deben a los parches de mantenimiento, agrietamientos y ahuellamientos profundos.

Siguiendo con el análisis de la tabla 16, 17 y anexos, podemos obtener un cuadro del estado de la carretera en su totalidad desde el Km 550 hasta el Km 580; en el siguiente cuadro se establece mediante colores y según el índice Roadroid Índice(RI) la condición de la carretera. La tabla 18 nos indica que el índice que predomina en la carretera es el de **condición buena con un 77.9%**.

Tabla 18.

Condición de la carretera en porcentaje y el eIRI promedio.

	Condición de la carretera (RC)	Número de Puntos	Porcentaje (%)	eIRI promedio (m/km)
	Bueno	4090	77.9%	2.65
	Satisfactorio	429	8.2%	
	No satisfactorio	211	4.0%	
	Pobre	521	9.9%	
	Número total de Puntos	5251	100%	
	Distancia Total (en metros)	30888		
	Puntos/metro	0.17		

Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis por el método Roadroid también se procedió a verificar las fotografías obtenidas cada 1km y también las fotografías de la ficha de inspección. De esta manera se logró ubicar los picos más altos de acuerdo a las coordenadas geográficas. A continuación, se muestran unas cuantas imágenes y las demás se muestran en los Anexos.



Figura 54. Carretera en estudio tramo de pavimento flexible.

Fuente: Propia.



Figura 55. Carretera en estudio tramo de pavimento rígido.

Fuente: Propia.



Figura 56. Fisuración en la carretera.

Fuente: Propia.

Seguidamente, para apreciar mejor los tramos establecidos de acuerdo a la variación de la regularidad superficial, se traspasaron las coordenadas obtenidas en la recopilación de datos al formato AutoCAD para obtener un plano del recorrido (ver resultados).

Con el análisis realizado hasta el momento se pudo identificar que, el tramo más crítico (correspondiente al pavimento flexible); este tramo crítico permitió establecer una relación con los datos del Método Nivel y Mira. Los valores críticos corresponden al tramo 2 y el subtramo elegido para analizarlo por el Método Nivel y Mira fue el comprendido entre el Km 577+020 al Km 577+380.

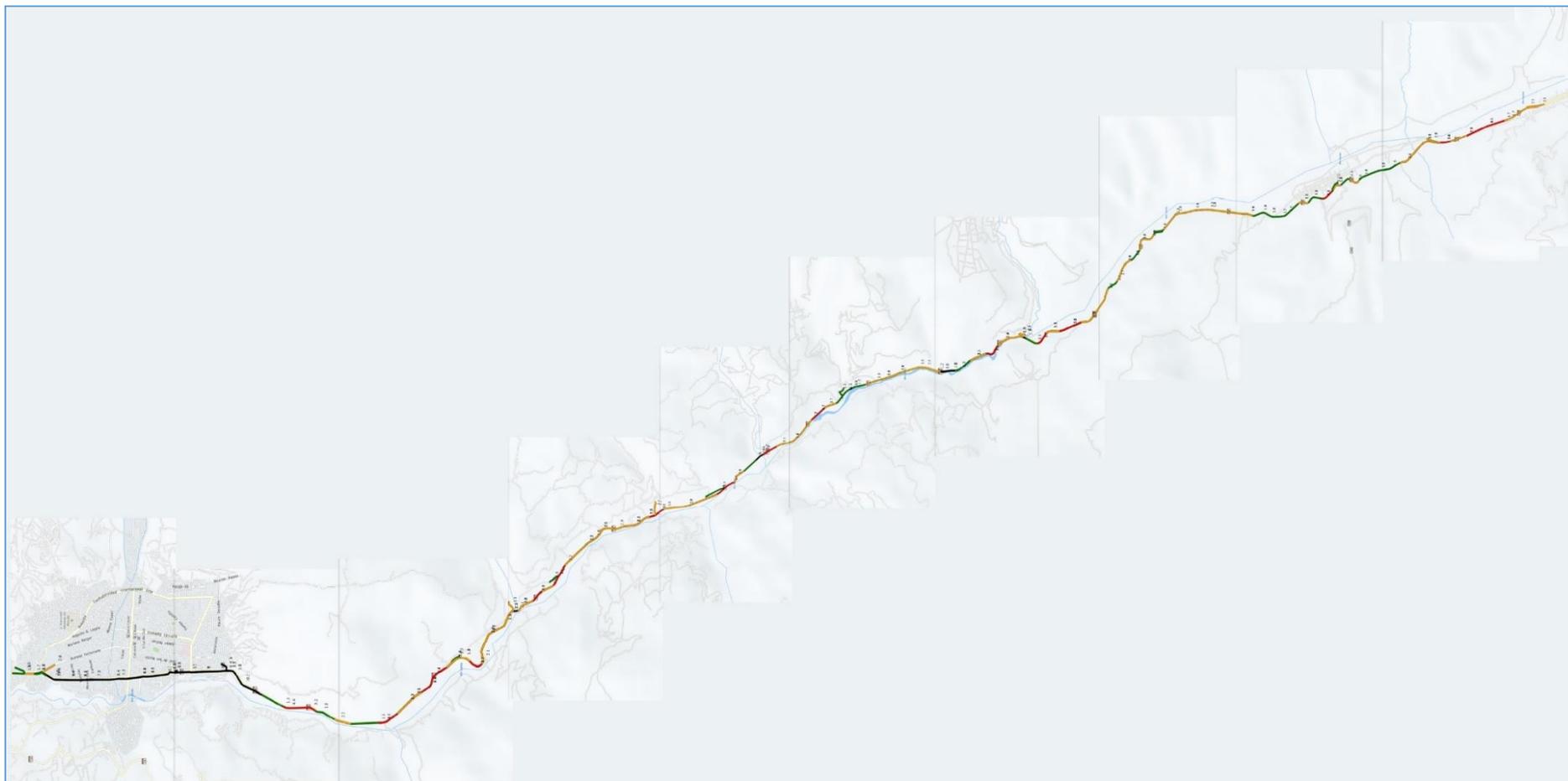


Figura 57. Mapa de colores obtenido por el Método Roadroid

Fuente: Base de datos Roadroid-datos recopilados.

3.10.2. Análisis de datos obtenidos por el Método Nivel y Mira

Como se especificó en la recolección de datos por este método se tuvo en cuenta una distancia de 320 metros perteneciente al tramo más crítico de la carretera Huaraz-Recuay (Tramo 2); se seleccionó el sub-tramo que es el correspondiente entre el Km 577+020 al 577+380.

Los datos que recolectamos en las hojas de campo con este método (ver anexos) fueron pasados al programa Excel para obtener primero el perfil siguiente.

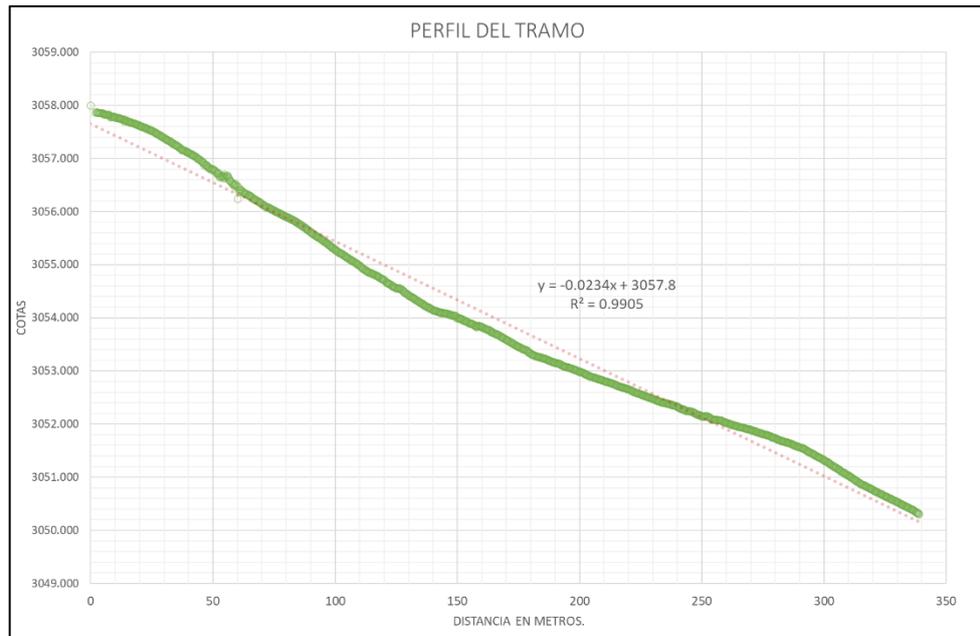


Figura 58. Gráfico del perfil del subtramo (Km577+020-Km577+380) de la carretera Huaraz-Recuay.

Fuente: Elaboración propia

A partir del perfil obtenido, se prosiguió el análisis con el programa ProVAL 3.61 ingresando los datos en formatos de texto, el procedimiento consistió en lo siguiente:

a) Ingresamos los datos obtenidos al software de ingeniería ProVAL

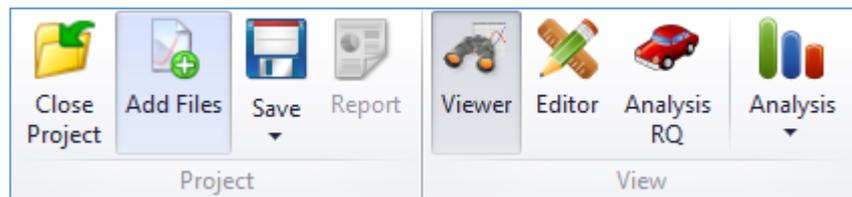


Figura 59. Ingreso de datos al software ProVAL 3.61.

Fuente: Propia-captura de pantalla tomada del programa.

File Import Wizard
Inputs

File	INTENTO.txt	Type	Text
Sample Interval	0.25	Unknown location	3058000.00000
Sample Interval Unit	m		
Elevation Unit	mm		
Decimal Symbol	Period		
Data Starting Row	20		

20	3058000.00000
21	3057870.00000

Figura 60. Imagen de importación de datos del formato .ERD.

Nota. Captura de pantalla propia con datos correspondientes a nuestro archivo de texto subido.

- b) Como se mencionó anteriormente, este programa nos proporciona 2 filtros que son necesarios para la obtención del IRI.
- c) Como se observa en el perfil (Figura 58), la carretera pavimentada cuenta con variaciones de pendiente al inicio y a lo largo del recorrido; por lo que se presume que pueden existir variaciones y alteraciones del IRI en esos puntos. Por ello que se aplicó el filtro BAND PASS (Moving Average low pass y high pass) restringiendo las longitudes de onda a un rango comprendido entre 1.30 a 30 metros ya que los vehículos no perciben las imperfecciones con longitudes fuera del intervalo mencionado a una velocidad mayor de 80km/h; se obtuvo el siguiente perfil:

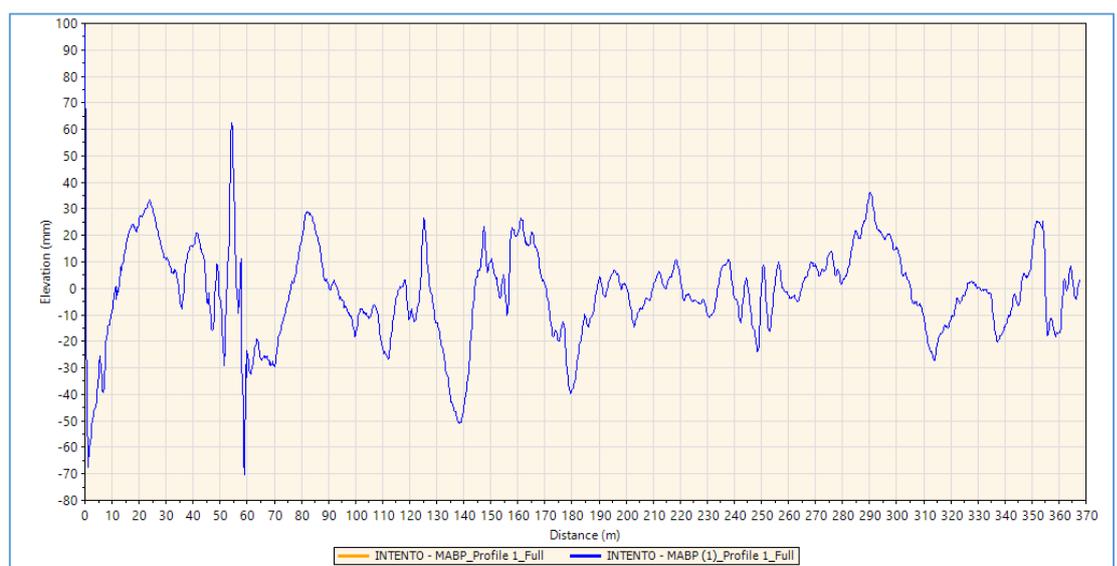


Figura 61. Perfil luego de aplicar el filtro del Band Pass.

Fuente: Propia, obtenido luego del procesamiento de datos.

- d) Para calcular el IRI se colocó una longitud de muestra cada 5m, esto se debe a que nuestro perfil contiene variaciones cada cierto tramo y si tomamos una muestra amplia (100 metros) puede alterar el cálculo del IRI.

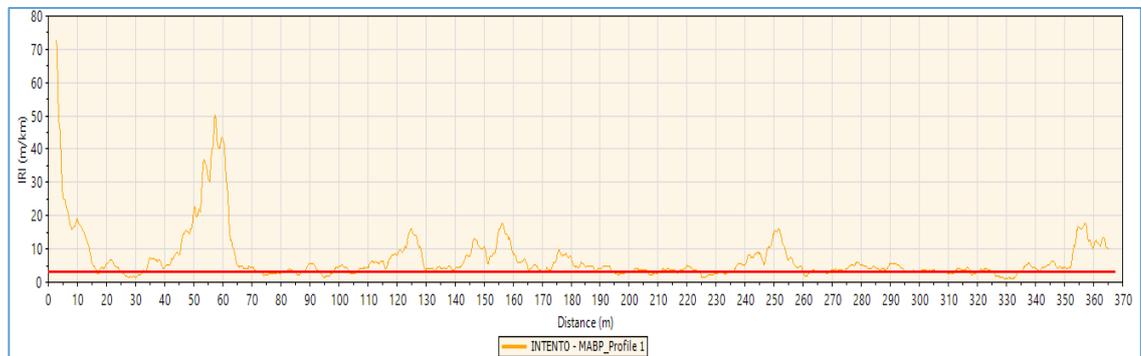


Figura 62. Valor del IRI a lo largo del perfil.

Fuente: Propia, obtenido luego del procesamiento de datos.

- e) En la figura anterior se pudo apreciar que el IRI posee algunos picos muy elevados y de ahí va decayendo hasta un valor similar a 4; este incremento del IRI se debe a la variación del perfil como ya se había mencionado, esto sumado a la irregularidad del propio subtramo de carretera produce que el IRI se incremente y poco a poco comience a bajar. Es decir, el IRI llega a estabilizarse adoptando un valor casi constante. Por las circunstancias mencionadas se optó por generar reportes desde el software ProVAL considerando el valor del IRI cada 5 metros, para poder elaborar en el formato Excel gráficos con los valores obtenidos del IRI sin añadirle las variaciones generadas por el perfil; la idea es no afectar el valor del IRI.

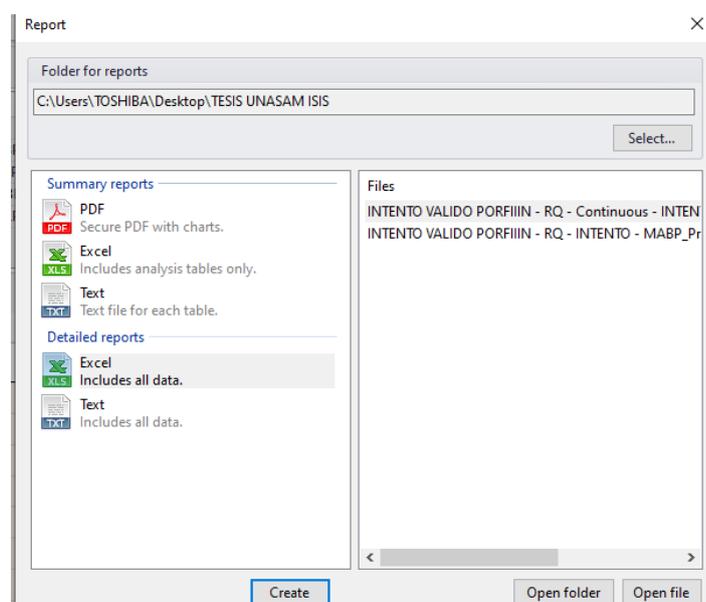


Figura 63. Generación de reportes en Excel desde el programa ProVAL. Fuente: Propia.

f) El análisis de datos nos proporcionó el IRI por cada dato obtenido topográficamente (cada 25cm) todos los resultados se encuentran en los **Anexos**; pero en resumen para seguir con los demás análisis se muestran a continuación el IRI cada 5 metro:

Tabla 19.

IRI obtenido con el Método Nivel y Mira.

Ensayo	PROGRESIVAS		IRI con el Nivel y Mira (m/km)	Ensayo	PROGRESIVAS		IRI con el Nivel y Mira (m/km)
	Desde	Hasta			Desde	Hasta	
1	577+020	577+025	1.99	37	577+200	577+205	10.62
2	577+025	577+030	3.16	38	577+205	577+210	8.79
3	577+030	577+035	3.27	39	577+210	577+215	14.73
4	577+035	577+040	2.18	40	577+215	577+220	14.27
5	577+040	577+045	2.34	41	577+220	577+225	18.92
6	577+045	577+050	2.75	42	577+225	577+230	13.02
7	577+050	577+055	3.55	43	577+230	577+235	9.74
8	577+055	577+060	3.53	44	577+235	577+240	7.92
9	577+060	577+065	8.83	45	577+240	577+245	5.47
10	577+065	577+070	6.88	46	577+245	577+250	5.47
11	577+070	577+075	7.46	47	577+250	577+255	9.26
12	577+075	577+080	3.08	48	577+255	577+260	7.26
13	577+080	577+085	3.08	49	577+260	577+265	5.92
14	577+085	577+090	2.98	50	577+265	577+270	5.95
15	577+090	577+095	3.98	51	577+270	577+275	4.77
16	577+095	577+100	3.94	52	577+275	577+280	4.49
17	577+100	577+105	2.64	53	577+280	577+285	4.88
18	577+105	577+110	2.52	54	577+285	577+290	4.82
19	577+110	577+115	2.68	55	577+290	577+295	3.82
20	577+115	577+120	2.25	56	577+295	577+300	3.28
21	577+120	577+125	2.46	57	577+300	577+305	1.83
22	577+125	577+130	1.55	58	577+305	577+310	3.21
23	577+130	577+135	3.51	59	577+310	577+315	3.44
24	577+135	577+140	2.54	60	577+315	577+320	15.49
25	577+140	577+145	1.77	61	577+320	577+325	22.19
26	577+145	577+150	2.72	62	577+325	577+330	22.87
27	577+150	577+155	1.86	63	577+330	577+335	14.83
28	577+155	577+160	2.99	64	577+335	577+340	9.48
29	577+160	577+165	2.25	65	577+340	577+345	9.06
30	577+165	577+170	2.63	66	577+345	577+350	4.07
31	577+170	577+175	2.96	67	577+350	577+355	4.37
32	577+175	577+180	3.31	68	577+355	577+360	13.37
33	577+180	577+185	1.89	69	577+360	577+365	9.25
34	577+185	577+190	4.23	70	577+365	577+370	12.32
35	577+190	577+195	4.17	71	577+370	577+375	18.51
36	577+195	577+200	6.65	72	577+375	577+380	19.07
						PROMEDIO	6.49

Nota. Se muestran los resultados de las progresivas cada 5 metros de recorrido. Fuente: Elaboración propia.

3.10.3. Análisis empleando datos obtenidos por Ambos Métodos.

Se realizó correlaciones estadísticas con el eIRI y el IRI para seguir con el análisis que necesitamos en la presente tesis. La correlación se realizó con los datos obtenidos del subtramo comprendido entre el Km577+020 al Km 577+380.

Tabla 20.

Similitud en porcentajes de los resultados del eIRI -IRI

Ensayo	Distancia	PROGRESIVAS		IRI (m/km)		% de similitud
		Desde	Hasta	Método Roadroid	Método Nivel y Mira	
1	577025	577+020	577+025	2.39	1.99	83.26%
2	577030	577+025	577+030	2.39	3.16	75.63%
3	577035	577+030	577+035	2.74	3.27	83.79%
4	577040	577+035	577+040	2.74	2.18	79.56%
5	577045	577+040	577+045	2.15	2.34	91.88%
6	577050	577+045	577+050	2.55	2.75	92.73%
7	577055	577+050	577+055	4.15	3.55	85.54%
8	577060	577+055	577+060	4.15	3.53	85.06%
9	577065	577+060	577+065	8.15	8.83	92.30%
10	577070	577+065	577+070	8.99	6.88	76.53%
11	577075	577+070	577+075	8.99	7.46	82.98%
12	577080	577+075	577+080	2.58	3.08	83.77%
13	577085	577+080	577+085	2.58	3.08	83.77%
14	577090	577+085	577+090	2.73	2.98	91.61%
15	577095	577+090	577+095	2.93	3.98	73.62%
16	577100	577+095	577+100	3.53	3.94	89.59%
17	577105	577+100	577+105	2.96	2.64	89.19%
18	577110	577+105	577+110	2.93	2.52	86.01%
19	577115	577+110	577+115	2.29	2.68	85.45%
20	577120	577+115	577+120	1.96	2.25	87.11%
21	577125	577+120	577+125	2.06	2.46	83.74%
22	577130	577+125	577+130	1.75	1.55	88.57%
23	577135	577+130	577+135	2.75	3.51	78.35%
24	577140	577+135	577+140	2.07	2.54	81.50%
25	577145	577+140	577+145	1.53	1.77	86.44%
26	577150	577+145	577+150	1.96	2.72	72.06%
27	577155	577+150	577+155	1.46	1.86	78.49%
28	577160	577+155	577+160	2.49	2.99	83.28%
29	577165	577+160	577+165	2.49	2.25	90.36%
30	577170	577+165	577+170	2.82	2.63	93.26%
31	577175	577+170	577+175	2.44	2.96	82.43%
32	577180	577+175	577+180	2.89	3.31	87.31%
33	577185	577+180	577+185	1.64	1.89	86.77%
34	577190	577+185	577+190	3.73	4.23	88.18%
35	577195	577+190	577+195	3.73	4.17	89.45%
36	577200	577+195	577+200	5.33	6.65	80.15%
37	577205	577+200	577+205	9.65	10.62	90.87%
38	577210	577+205	577+210	10.35	8.79	84.93%
39	577215	577+210	577+215	13.16	14.73	89.34%
40	577220	577+215	577+220	12.65	14.27	88.65%

Ensayo	Distancia	PROGRESIVAS		IRI (m/km)		% de similitud
		Desde	Hasta	Método Roadroid	Método Nivel y Mira	
41	577225	577+220	577+225	17.22	18.92	91.01%
42	577230	577+225	577+230	15.22	13.02	85.55%
43	577235	577+230	577+235	8.79	9.74	90.25%
44	577240	577+235	577+240	8.79	7.92	90.10%
45	577245	577+240	577+245	4.49	5.47	82.08%
46	577250	577+245	577+250	4.08	5.47	74.59%
47	577255	577+250	577+255	7.89	9.26	85.21%
48	577260	577+255	577+260	8.87	7.26	81.85%
49	577265	577+260	577+265	6.68	5.92	88.62%
50	577270	577+265	577+270	6.68	5.95	89.07%
51	577275	577+270	577+275	6.24	4.77	76.44%
52	577280	577+275	577+280	6.24	4.49	71.96%
53	577285	577+280	577+285	5.92	4.88	82.43%
54	577290	577+285	577+290	4.12	4.82	85.48%
55	577295	577+290	577+295	3.4	3.82	89.01%
56	577300	577+295	577+300	2.47	3.28	75.30%
57	577305	577+300	577+305	1.52	1.83	83.06%
58	577310	577+305	577+310	2.64	3.21	82.24%
59	577315	577+310	577+315	2.64	3.44	76.74%
60	577320	577+315	577+320	13.76	15.49	88.83%
61	577325	577+320	577+325	20.3	22.19	91.48%
62	577330	577+325	577+330	20.65	22.87	90.29%
63	577335	577+330	577+335	13.6	14.83	91.71%
64	577340	577+335	577+340	7.48	9.48	78.90%
65	577345	577+340	577+345	6.86	9.06	75.72%
66	577350	577+345	577+350	3.57	4.07	87.71%
67	577355	577+350	577+355	3.57	4.37	81.69%
68	577360	577+355	577+360	11.46	13.37	85.71%
69	577365	577+360	577+365	11.37	9.25	81.35%
70	577370	577+365	577+370	14.37	12.32	85.73%
71	577375	577+370	577+375	16.95	18.51	91.57%
72	577380	577+375	577+380	16.95	19.07	88.88%
			PROMEDIO	6.19	6.49	84.78%
			%Similitud	95.35%		

Nota. Se presenta la comparación de los resultados del IRI obtenido por ambos métodos.
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior observamos que existen puntos en los cuales el IRI y el eIRI llegan a tomar valores muy similares teniendo así una similitud de casi el 100%; también observamos que existen puntos en los que difiere obteniendo solo una similitud del 71.96%.

De acuerdo al análisis realizado observamos que el promedio del IRI es 6.49m/km y el promedio del eIRI con la aplicación Roadroid es 6.20m/km y obtuvimos un

promedio de similitudes del 84.78% y una similitud entre los promedios de 95.35%.

A continuación, se muestra un gráfico de dispersión con líneas rectas que se realizó con la finalidad de apreciar mejor la similitud entre los valores del IRI y el eIRI, este gráfico se realizó con los valores de la tabla anterior.

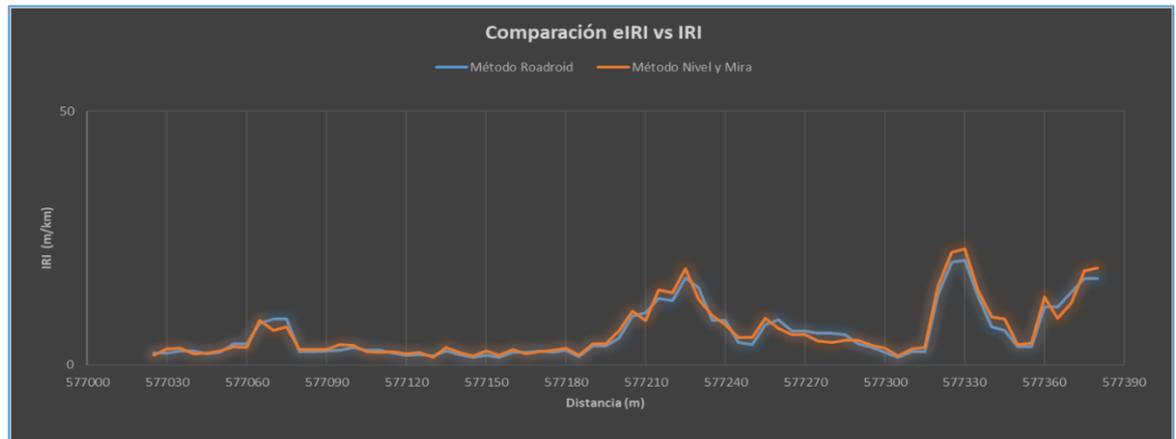


Figura 64. Gráfico de similitud entre datos obtenidos por el Método Roadroid y el Método nivel y Mira.

Fuente: Elaboración Propia.

De la tabla 20 y figura 64 podemos observar que el IRI obtenido por el Método Nivel y Mira es mayor que el obtenido por el Método Roadroid, es decir que la mayor parte de datos obtenidos por el Método Nivel y Mira se encuentran por encima de los datos obtenidos por el Método Roadroid. Estas variaciones se deben a la técnica que utiliza cada método para la recolección de datos, mientras que con el Nivel y Mira se tomaron los datos **directamente** midiendo las deformaciones, con el aplicativo Roadroid se tomaron los datos **indirectamente** capturándolas vibraciones del chasis mediante el acelerómetro del Smartphone.

El análisis de similitud realizado en la tabla 20 no será suficiente, analizaremos estadísticamente para determinar el grado de relación entre estos valores obtenidos. El primer análisis estadístico realizado fue el **Coefficiente de correlación de Pearson**, el cual se define como un coeficiente no paramétrico, el índice de Pearson tiene como objetivo medir la fuerza o grado de asociación entre dos variables aleatorias cuantitativas (Vila, y otros 2014). El procesamiento de todos los datos se presenta en los Anexos, pero el resumen de lo obtenido es:

Tabla 21.

Coefficiente de correlación Resumen de Análisis

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.978304913
Coefficiente de determinación R ²	0.957080502
R ² ajustado	0.956467366
Error típico	1.039194364
Observaciones	72

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 22.

Resultado Correlación de Pearson.

		<i>NIVEL Y MIRA</i>	<i>ROADROID</i>
<i>NIVEL Y MIRA</i>	Correlación de Pearson	1	0.978304913
	N	72	72
<i>ROADROID</i>		0.978304913	1
	N	72	72

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez obtenido el coeficiente de correlación se Pearson se procedió a su interpretación con el siguiente diagrama:

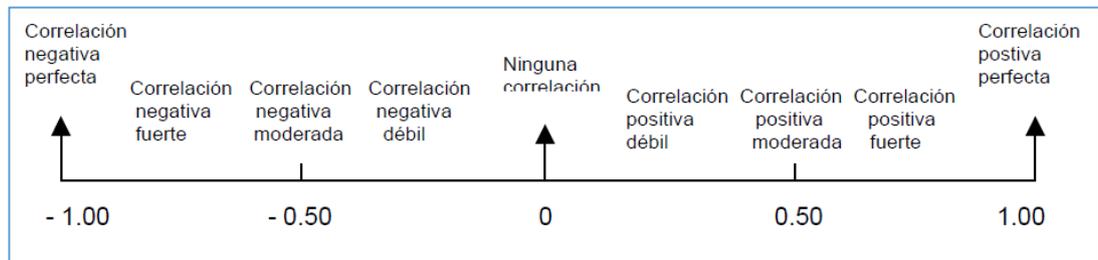


Figura 65.Resumen del análisis del coeficiente de correlación entre dos variables.

Fuente: (Vila, y otros 2014)

En la tabla 22 observamos que el coeficiente de **correlación de Pearson es de 0.978**, y con la figura 65 podemos interpretar que la relación entre el IRI y el eIRI es una **correlación positiva fuerte**; es decir se correlacionan en sentido directo.

El segundo análisis estadístico realizado fue el **Coefficiente de relación de Spearman**, (Fallas 2012) este coeficiente se utiliza para cuantificar la intensidad y dirección de la correlación cuando las variables se miden o se transforman a un nivel de medición ordinal.

El procesamiento de todos los datos se presenta en los Anexos, pero el resumen de lo obtenido es:

Tabla 23.
Correlación de Spearman

		NIVEL Y MIRA	ROADROID
NIVEL Y MIRA	Correlación de Spearman	1	0.95914528
	Observaciones	72	72
ROADROID	Correlación de Spearman	0.959145283	1
	Observaciones	72	72

Fuente: Elaboración Propia

Con los datos de la tabla 23 se procederá a la interpretación con los rangos que se maneja para este coeficiente.

Mala < 0.5 < Regular < 0.8 < Buena < 0.9 < Excelente < 1 = Perfecta

Figura 66. Interpretación de la correlación de Spearman.

Fuente: Adaptado de (Vila, y otros 2014).

Sabemos que el **coeficiente de correlación de Spearman resultó 0.95**; lo que según la figura 66 nos indicaría que posee una correlación excelente.

Una vez determinadas las correlaciones estadísticas y observando que la relación entre ambos métodos es **Positiva fuerte y excelente**; procederemos a realizar otro análisis para completar los valores que necesitamos y así llegar a la última parte que nos permitirá relacionar nuestros valores obtenidos con la variable conservación.

Siguiendo con el análisis por ambos métodos también se realizó un gráfico de dispersión para obtener una correlación entre el IRI y el eIRI por medio de **una ecuación**; esto se hizo con el objetivo de relacionar los valores de la aplicación Roadroid (eIRI) con el Nivel y Mira (IRI) para obtener (en unidades del Método nivel y mira) el IRI de los tramos restantes y del otro carril de la carretera en estudio. Esto se hará porque el análisis por el Método Nivel y Mira solo se realizó en el sub tramo crítico del carril de ida (Huaraz-Recuay), mas no de toda carretera ni del carril devuelta (Recuay-Huaraz), el cual es uno de los objetivos de la tesis.

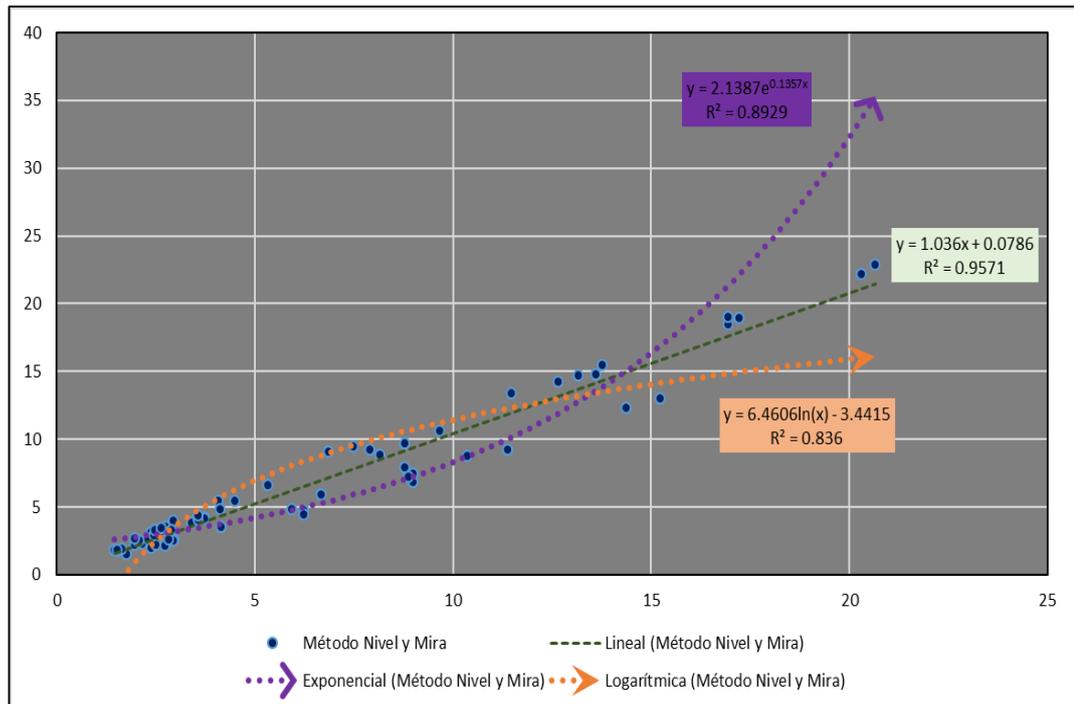


Figura 67. Gráfico de Dispersión.

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera con el gráfico anterior obtenemos las siguientes ecuaciones de las líneas de tendencia:

- Ecuación de Regresión Lineal: $y = 1.036x + 0.0786$
- Ecuación de Regresión Logarítmica: $y = 6.4606 \ln(x) - 3.4415$
- Ecuación de Regresión Exponencial: $y = 2.1387e^{0.1357x}$

Se procedió a organizar en una tabla los valores obtenidos por cada una de las ecuaciones y se muestra a continuación:

Tabla 24.*Valores obtenidos con las ecuaciones de las líneas de tendencia.*

Ensayo	PROGRESIVAS		IRI (m/km)		Ecuaciones de Regresión		
	Desde	Hasta	Método Roadroid	Método Nivel y Mira	Exponencial	Lineal	Logaritmica
1	577+020	577+025	2.39	1.99	2.96	2.55	2.19
2	577+025	577+030	2.39	3.16	2.96	2.55	2.19
3	577+030	577+035	2.74	3.27	3.10	2.92	3.07
4	577+035	577+040	2.74	2.18	3.10	2.92	3.07
5	577+040	577+045	2.15	2.34	2.86	2.31	1.50
6	577+045	577+050	2.55	2.75	3.02	2.72	2.61
7	577+050	577+055	4.15	3.55	3.76	4.38	5.75
8	577+055	577+060	4.15	3.53	3.76	4.38	5.75
9	577+060	577+065	8.15	8.83	6.46	8.52	10.11
10	577+065	577+070	8.99	6.88	7.24	9.39	10.75
11	577+070	577+075	8.99	7.46	7.24	9.39	10.75
12	577+075	577+080	2.58	3.08	3.04	2.75	2.68
13	577+080	577+085	2.58	3.08	3.04	2.75	2.68
14	577+085	577+090	2.73	2.98	3.10	2.91	3.05
15	577+090	577+095	2.93	3.98	3.18	3.11	3.50
16	577+095	577+100	3.53	3.94	3.45	3.74	4.71
17	577+100	577+105	2.96	2.64	3.20	3.15	3.57
18	577+105	577+110	2.93	2.52	3.18	3.11	3.50
19	577+110	577+115	2.29	2.68	2.92	2.45	1.91
20	577+115	577+120	1.96	2.25	2.79	2.11	0.91
21	577+120	577+125	2.06	2.46	2.83	2.21	1.23
22	577+125	577+130	1.75	1.55	2.71	1.89	0.17
23	577+130	577+135	2.75	3.51	3.11	2.93	3.09
24	577+135	577+140	2.07	2.54	2.83	2.22	1.26
25	577+140	577+145	1.53	1.77	2.63	1.66	-0.69
26	577+145	577+150	1.96	2.72	2.79	2.11	0.91
27	577+150	577+155	1.46	1.86	2.61	1.59	-1.00
28	577+155	577+160	2.49	2.99	3.00	2.66	2.45
29	577+160	577+165	2.49	2.25	3.00	2.66	2.45
30	577+165	577+170	2.82	2.63	3.14	3.00	3.26
31	577+170	577+175	2.44	2.96	2.98	2.61	2.32
32	577+175	577+180	2.89	3.31	3.17	3.07	3.41
33	577+180	577+185	1.64	1.89	2.67	1.78	-0.25
34	577+185	577+190	3.73	4.23	3.55	3.94	5.06
35	577+190	577+195	3.73	4.17	3.55	3.94	5.06
36	577+195	577+200	5.33	6.65	4.41	5.60	7.37
37	577+200	577+205	9.65	10.62	7.92	10.08	11.20
38	577+205	577+210	10.35	8.79	8.71	10.80	11.66
39	577+210	577+215	13.16	14.73	12.76	13.71	13.21
40	577+215	577+220	12.65	14.27	11.90	13.18	12.95
41	577+220	577+225	17.22	18.92	22.13	17.92	14.95

Ensayo	PROGRESIVAS		IRI (m/km)		Ecuaciones de Regresión		
	Desde	Hasta	Método Roadroid	Método Nivel y Mira	Exponencial	Lineal	Logarítmica
42	577+225	577+230	15.22	13.02	16.87	15.85	14.15
43	577+230	577+235	8.79	9.74	7.05	9.19	10.60
44	577+235	577+240	8.79	7.92	7.05	9.19	10.60
45	577+240	577+245	4.49	5.47	3.93	4.73	6.26
46	577+245	577+250	4.08	5.47	3.72	4.31	5.64
47	577+250	577+255	7.89	9.26	6.24	8.25	9.90
48	577+255	577+260	8.87	7.26	7.13	9.27	10.66
49	577+260	577+265	6.68	5.92	5.29	7.00	8.83
50	577+265	577+270	6.68	5.95	5.29	7.00	8.83
51	577+270	577+275	6.24	4.77	4.99	6.54	8.39
52	577+275	577+280	6.24	4.49	4.99	6.54	8.39
53	577+280	577+285	5.92	4.88	4.78	6.21	8.05
54	577+285	577+290	4.12	4.82	3.74	4.35	5.71
55	577+290	577+295	3.4	3.82	3.39	3.60	4.46
56	577+295	577+300	2.47	3.28	2.99	2.64	2.40
57	577+300	577+305	1.52	1.83	2.63	1.65	-0.74
58	577+305	577+310	2.64	3.21	3.06	2.81	2.83
59	577+310	577+315	2.64	3.44	3.06	2.81	2.83
60	577+315	577+320	13.76	15.49	13.84	14.33	13.50
61	577+320	577+325	20.3	22.19	33.61	21.11	16.01
62	577+325	577+330	20.65	22.87	35.25	21.47	16.12
63	577+330	577+335	13.6	14.83	13.54	14.17	13.42
64	577+335	577+340	7.48	9.48	5.90	7.83	9.56
65	577+340	577+345	6.86	9.06	5.43	7.19	9.00
66	577+345	577+350	3.57	4.07	3.47	3.78	4.78
67	577+350	577+355	3.57	4.37	3.47	3.78	4.78
68	577+355	577+360	11.46	13.37	10.13	11.95	12.32
69	577+360	577+365	11.37	9.25	10.01	11.86	12.26
70	577+365	577+370	14.37	12.32	15.03	14.97	13.78
71	577+370	577+375	16.95	18.51	21.33	17.64	14.84
72	577+375	577+380	16.95	19.07	21.33	17.64	14.84
		PROMEDIO	6.19	6.491	6.601	6.491	6.491

Nota. Cuadro comparativo de las ecuaciones de las líneas de tendencia. Fuente: Elaboración Propia.

Con los resultados de la tabla anterior determinamos que las ecuaciones que mejor relacionan los valores son las ecuaciones de regresión lineal y regresión logarítmica; esto porque se obtiene un valor promedio de IRI igual al obtenido por el método Nivel y Mira. Entonces observando cada uno de los 72 valores obtenidos se decidió usar la ecuación de la regresión lineal para obtener el IRI en los tramos faltantes y el IRI en el carril de Vuelta (Recuay-Huaraz) en función al eIRI de la aplicación Roadroid. A continuación, se muestran los valores obtenidos:

Tabla 25.

Obtención del IRI cada 5m mediante ecuación de Regresión Lineal.

RECORRIDO DE IDA HUARAZ-RECUAY				
cIRI-sensitivity: 1,5 eIRI-sensitivity 1				
Recorrido	Distance(m)	Altitude (m)	eIRI	IRI
Huaraz-Recuay	5	3043,15	3.27	3.46632
Huaraz-Recuay	10	3043,2	2.45	2.6168
Huaraz-Recuay	15	3043,04	1.48	1.61188
Huaraz-Recuay	20	3042,96	1.3	1.4254
Huaraz-Recuay	25	3042,96	1.3	1.4254
Huaraz-Recuay	30	3042,77	1.22	1.34252
Huaraz-Recuay	35	3042,77	1.22	1.34252
Huaraz-Recuay	40	3042,59	1.41	1.53936
Huaraz-Recuay	45	3042,66	1.7	1.8398
Huaraz-Recuay	50	3042,66	1.7	1.8398
Huaraz-Recuay	55	3042,66	1.7	1.8398
Huaraz-Recuay	60	3042,6	1.55	1.6844
Huaraz-Recuay	65	3042,6	1.55	1.6844
Huaraz-Recuay	70	3042,58	1.29	1.41504
Huaraz-Recuay	75	3042,58	1.29	1.41504
Huaraz-Recuay	80	3042,5	1.31	1.43576
Huaraz-Recuay	85	3042,5	1.31	1.43576
Huaraz-Recuay	90	3042,49	1.33	1.45648
Huaraz-Recuay	95	3042,49	1.33	1.45648
Huaraz-Recuay	100	3042,96	1.31	1.43576

Nota. La tabla muestra los primeros valores obtenidos con la ecuación de regresión lineal, de esta manera se finaliza la obtención del IRI por ambos métodos en los 30 Km analizados.

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior solo se muestran los resultados obtenidos mediante la ecuación de regresión lineal pero solo se muestran los primeros 100 metros de recorrido ya que los datos restantes se encuentran en anexos.

Una vez obtenida la correlación respectiva se procedió a promediar cada 100m los resultados del IRI del Método Nivel y Mira, para que tal y como se hizo en el Método Roadroid tener datos más manejables. En la siguiente tabla podemos apreciar los resultados del IRI tanto por el método Roadroid como por el método Nivel y Mira. En la tabla 26 se observa los valores en el carril de Ida (Huaraz-Recuay), y en la tabla 27 se observa los valores del carril de Vuelta (Recuay-Huaraz).

Tabla 26.

IRI obtenido por ambos métodos (HUARAZ-RECUAY)

RECORRIDO DE IDA HUARAZ-RECUAY DATOS CADA 100METROS								
cIRI-sensitivity: 1,5 eIRI-sensitivity 1								
N°	Método Roadroid eIRI	Método Nivel y Mira IRI	N°	Método Roadroid eIRI	Método Nivel y Mira IRI	N°	Método Roadroid eIRI	Método Nivel y Mira IRI
1	6.10	6.40	101	2.12	2.27	201	2.42	2.59
2	5.39	5.66	102	1.70	1.84	202	2.92	3.10
3	6.25	6.55	103	2.66	2.83	203	2.11	2.26
4	5.90	6.19	104	1.72	1.86	204	4.47	4.71
5	6.10	6.40	105	2.02	2.17	205	3.77	3.98
6	5.30	5.57	106	2.34	2.50	206	1.73	1.87
7	5.20	5.47	107	1.93	2.08	207	2.01	2.16
8	6.32	6.63	108	3.24	3.44	208	3.40	3.60
9	5.26	5.53	109	2.26	2.42	209	2.00	2.15
10	5.11	5.37	110	2.19	2.35	210	1.94	2.09
11	6.16	6.46	111	2.28	2.44	211	1.70	1.84
12	4.59	4.83	112	2.06	2.21	212	2.79	2.97
13	6.19	6.49	113	2.37	2.53	213	1.62	1.76
14	4.62	4.86	114	2.83	3.01	214	1.63	1.77
15	4.88	5.13	115	2.76	2.94	215	1.95	2.10
16	5.53	5.81	116	5.49	5.77	216	1.72	1.86
17	5.99	6.28	117	2.11	2.26	217	1.49	1.62
18	5.37	5.64	118	2.49	2.66	218	2.15	2.31
19	5.86	6.15	119	2.10	2.25	219	2.58	2.75
20	5.43	5.70	120	3.62	3.83	220	4.90	5.16
21	5.34	5.61	121	2.60	2.77	221	3.07	3.26
22	6.09	6.39	122	3.80	4.02	222	1.89	2.04
23	4.69	4.94	123	2.47	2.64	223	1.75	1.89
24	5.16	5.42	124	2.00	2.15	224	1.51	1.64
25	4.58	4.82	125	2.26	2.42	225	2.54	2.71
26	4.62	4.86	126	2.42	2.59	226	1.55	1.68
27	4.45	4.69	127	2.28	2.44	227	1.97	2.12
28	8.64	9.03	128	3.23	3.42	228	1.63	1.77
29	8.45	8.83	129	3.52	3.73	229	1.94	2.09
30	2.80	2.98	130	4.21	4.44	230	1.66	1.80
31	4.75	5.00	131	2.76	2.94	231	1.69	1.83
32	4.19	4.42	132	3.84	4.06	232	1.96	2.11
33	2.20	2.36	133	3.95	4.17	233	2.21	2.37
34	5.04	5.30	134	3.17	3.36	234	1.76	1.90
35	7.60	7.95	135	2.17	2.33	235	1.89	2.04
36	1.83	1.97	136	1.64	1.78	236	1.95	2.10
37	4.58	4.82	137	1.75	1.89	237	1.96	2.11
38	4.20	4.43	138	1.63	1.77	238	1.88	2.03
39	2.39	2.55	139	1.72	1.86	239	1.91	2.06
40	3.44	3.64	140	1.52	1.65	240	1.70	1.84
41	2.74	2.92	141	3.80	4.02	241	1.82	1.96
42	1.70	1.84	142	3.15	3.34	242	1.90	2.05
43	1.75	1.89	143	2.49	2.66	243	1.87	2.02
44	1.81	1.95	144	3.78	3.99	244	1.56	1.69
45	1.44	1.57	145	1.41	1.54	245	1.64	1.78
46	2.03	2.18	146	2.19	2.35	246	2.10	2.25
47	1.64	1.78	147	2.56	2.73	247	2.06	2.21
48	1.43	1.56	148	1.69	1.83	248	2.07	2.22
49	1.65	1.79	149	2.01	2.16	249	2.90	3.08
50	1.49	1.62	150	1.84	1.98	250	3.79	4.01

51	2.56	2.73	151	2.06	2.21	251	3.36	3.56
52	1.93	2.08	152	1.65	1.79	252	1.59	1.73
53	2.69	2.87	153	1.55	1.68	253	1.77	1.91
54	5.71	5.99	154	4.14	4.37	254	1.68	1.82
55	2.64	2.81	155	5.73	6.01	255	1.56	1.69
56	1.47	1.60	156	1.83	1.97	256	1.55	1.68
57	2.11	2.26	157	2.09	2.24	257	1.61	1.75
58	2.78	2.96	158	1.68	1.82	258	1.46	1.59
59	1.71	1.85	159	2.27	2.43	259	1.57	1.71
60	1.76	1.90	160	1.98	2.13	260	1.73	1.87
61	1.34	1.47	161	1.68	1.82	261	2.01	2.16
62	1.67	1.81	162	1.51	1.64	262	1.94	2.09
63	1.58	1.72	163	5.26	5.53	263	1.69	1.83
64	1.71	1.85	164	1.64	1.78	264	1.74	1.88
65	3.73	3.94	165	1.64	1.78	265	1.96	2.11
66	3.71	3.92	166	1.59	1.73	266	1.40	1.53
67	3.39	3.59	167	2.03	2.18	267	2.98	3.16
68	1.78	1.92	168	1.99	2.14	268	1.64	1.78
69	2.05	2.20	169	3.31	3.51	269	1.68	1.82
70	2.62	2.79	170	2.43	2.60	270	1.76	1.90
71	3.55	3.76	171	1.62	1.76	271	1.58	1.72
72	3.28	3.48	172	1.59	1.73	272	1.54	1.67
73	3.06	3.25	173	2.06	2.21	273	1.83	1.97
74	1.98	2.13	174	2.06	2.21	274	1.73	1.87
75	1.90	2.05	175	2.66	2.83	275	1.88	2.03
76	2.50	2.67	176	2.83	3.01	276	1.52	1.65
77	3.93	4.15	177	2.34	2.50	277	1.56	1.69
78	2.19	2.35	178	6.52	6.83	278	1.45	1.58
79	2.42	2.59	179	2.90	3.08	279	1.62	1.76
80	3.03	3.22	180	2.10	2.25	280	1.35	1.48
81	2.13	2.29	181	2.93	3.11	281	1.50	1.63
82	1.65	1.79	182	1.69	1.83	282	1.45	1.58
83	2.17	2.33	183	1.48	1.61	283	1.48	1.61
84	3.82	4.04	184	1.61	1.75	284	1.92	2.07
85	4.22	4.45	185	1.48	1.61	285	2.37	2.53
86	2.39	2.55	186	1.95	2.10	286	2.02	2.17
87	2.01	2.16	187	2.03	2.18	287	3.36	3.56
88	2.40	2.57	188	2.10	2.25	288	2.85	3.03
89	2.79	2.97	189	2.50	2.67	289	1.89	2.04
90	2.23	2.39	190	2.13	2.29	290	3.79	4.01
91	3.09	3.28	191	4.48	4.72	291	2.65	2.82
92	1.72	1.86	192	3.88	4.10	292	2.63	2.80
93	2.70	2.88	193	1.67	1.81	293	4.24	4.47
94	1.96	2.11	194	1.60	1.74	294	3.59	3.80
95	3.88	4.10	195	1.58	1.72	295	1.62	1.76
96	1.71	1.85	196	3.33	3.53	296	1.54	1.67
97	2.12	2.27	197	3.74	3.95	297	1.62	1.76
98	1.68	1.82	198	2.28	2.44	298	1.64	1.78
99	2.95	3.13	199	2.98	3.17	299	1.86	2.01
100	2.28	2.44	200	2.36	2.52	300	2.16	2.32
				PROMEDIO			2.70	2.88

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27.

IRI obtenido por ambos métodos (Recuay-Huaraz)

RECORRIDO DE VUELTA RECUAY-HUARAZ Km 550+000al Km 580+000 - DATOS CADA 100METROS								
cIRI-sensitivity: 1,5 eIRI-sensitivity 1								
N°	Método Roadroid eIRI	Método Nivel y Mira IRI	N°	Método Roadroid eIRI	Método Nivel y Mira IRI	N°	Método Roadroid eIRI	Método Nivel y Mira IRI
1	1.46	1.59	101	2.07	2.22	201	3.57	3.78
2	1.6	1.74	102	1.64	1.78	202	3.55	3.76
3	1.38	1.51	103	1.75	1.89	203	1.67	1.81
4	2.64	2.81	104	2.14	2.30	204	1.65	1.79
5	1.68	1.82	105	1.99	2.14	205	1.58	1.72
6	2.58	2.75	106	1.56	1.69	206	2.2	2.36
7	4.89	5.14	107	1.63	1.77	207	1.65	1.79
8	1.61	1.75	108	1.62	1.76	208	4.43	4.67
9	1.71	1.85	109	1.65	1.79	209	1.77	1.91
10	1.77	1.91	110	1.53	1.66	210	4.01	4.23
11	1.75	1.89	111	4.26	4.49	211	2.56	2.73
12	1.58	1.72	112	2.74	2.92	212	1.8	1.94
13	1.7	1.84	113	4.24	4.47	213	2.14	2.30
14	1.55	1.68	114	1.74	1.88	214	2	2.15
15	1.66	1.80	115	1.56	1.69	215	1.68	1.82
16	1.56	1.69	116	1.67	1.81	216	1.65	1.79
17	1.56	1.69	117	1.59	1.73	217	1.69	1.83
18	1.71	1.85	118	1.68	1.82	218	1.63	1.77
19	1.84	1.98	119	1.66	1.80	219	2.84	3.02
20	2.65	2.82	120	1.71	1.85	220	1.54	1.67
21	1.74	1.88	121	2.07	2.22	221	1.58	1.72
22	1.68	1.82	122	1.93	2.08	222	1.62	1.76
23	1.65	1.79	123	1.63	1.77	223	4.49	4.73
24	1.59	1.73	124	1.67	1.81	224	1.69	1.83
25	1.74	1.88	125	1.65	1.79	225	1.6	1.74
26	1.61	1.75	126	1.55	1.68	226	1.57	1.71
27	1.6	1.74	127	1.88	2.03	227	1.71	1.85
28	1.55	1.68	128	1.77	1.91	228	2.95	3.13
29	1.42	1.55	129	1.68	1.82	229	4.02	4.24
30	1.47	1.60	130	1.55	1.68	230	4.73	4.98
31	1.65	1.79	131	5.23	5.50	231	1.98	2.13
32	1.71	1.85	132	1.52	1.65	232	3.83	4.05
33	1.69	1.83	133	1.53	1.66	233	2.31	2.47
34	1.41	1.54	134	1.71	1.85	234	1.78	1.92
35	1.7	1.84	135	1.94	2.09	235	1.53	1.66
36	1.52	1.65	136	1.98	2.13	236	2.09	2.24
37	1.77	1.91	137	2.25	2.41	237	3.08	3.27
38	2.14	2.30	138	1.93	2.08	238	1.64	1.78
39	1.42	1.55	139	2.47	2.64	239	3.19	3.38
40	1.6	1.74	140	1.63	1.77	240	3.68	3.89
41	1.55	1.68	141	1.55	1.68	241	5.74	6.03
42	1.62	1.76	142	1.54	1.67	242	2.09	2.24
43	1.74	1.88	143	1.72	1.86	243	1.61	1.75
44	3.82	4.04	144	1.59	1.73	244	1.66	1.80
45	1.54	1.67	145	1.87	2.02	245	1.55	1.68
46	1.52	1.65	146	1.5	1.63	246	2.74	2.92
47	1.71	1.85	147	1.57	1.71	247	2.19	2.35
48	1.48	1.61	148	4.6	4.84	248	1.65	1.79
49	1.3	1.43	149	1.89	2.04	249	1.52	1.65
50	1.49	1.62	150	2.46	2.63	250	1.64	1.78

51	1.29	1.42	151	1.84	1.98	251	1.69	1.83
52	1.52	1.65	152	4.85	5.10	252	1.72	1.86
53	1.51	1.64	153	5.375	5.65	253	1.68	1.82
54	1.66	1.80	154	2.19	2.35	254	2.68	2.86
55	1.51	1.64	155	1.72	1.86	255	1.81	1.95
56	1.71	1.85	156	1.68	1.82	256	1.58	1.72
57	1.43	1.56	157	1.54	1.67	257	2.05	2.20
58	1.47	1.60	158	2.01	2.16	258	2.31	2.47
59	1.41	1.54	159	2.6	2.77	259	1.8	1.94
60	1.62	1.76	160	1.94	2.09	260	3.53	3.74
61	1.49	1.62	161	1.74	1.88	261	3.06	3.25
62	1.61	1.75	162	1.72	1.86	262	2.06	2.21
63	1.51	1.64	163	2.18	2.34	263	4.54	4.78
64	1.55	1.68	164	1.82	1.96	264	3.14	3.33
65	3.56	3.77	165	2.54	2.71	265	3.96	4.18
66	1.59	1.73	166	3.43	3.63	266	7.66	8.01
67	1.7	1.84	167	1.82	1.96	267	3.73	3.94
68	1.74	1.88	168	2.32	2.48	268	5.97	6.26
69	1.62	1.76	169	1.89	2.04	269	8.45	8.83
70	1.65	1.79	170	1.69	1.83	270	8.51	8.89
71	1.54	1.67	171	1.65	1.79	271	7.7	8.06
72	1.62	1.76	172	1.77	1.91	272	6.89	7.22
73	1.83	1.97	173	2.4	2.57	273	7.09	7.42
74	2.15	2.31	174	1.91	2.06	274	7.23	7.57
75	1.72	1.86	175	2.31	2.47	275	5.35	5.62
76	2.15	2.31	176	2.07	2.22	276	6	6.29
77	1.52	1.65	177	1.73	1.87	277	5.73	6.01
78	1.65	1.79	178	1.69	1.83	278	6.35	6.66
79	1.96	2.11	179	1.75	1.89	279	6.83	7.15
80	3.93	4.15	180	1.75	1.89	280	5.32	5.59
81	1.47	1.60	181	1.66	1.80	281	6.88	7.21
82	1.83	1.97	182	1.64	1.78	282	5.015	5.27
83	1.51	1.64	183	2.58	2.75	283	4.67	4.92
84	1.78	1.92	184	1.92	2.07	284	6.06	6.36
85	2.3	2.46	185	2.06	2.21	285	4.12	4.35
86	2.86	3.04	186	4.73	4.98	286	5.75	6.04
87	2.05	2.20	187	3.22	3.41	287	4.82	5.07
88	1.95	2.10	188	1.96	2.11	288	6.48	6.79
89	5.01	5.27	189	2.03	2.18	289	6.7	7.02
90	2.06	2.21	190	1.49	1.62	290	5.205	5.47
91	3.18	3.37	191	1.73	1.87	291	5.71	5.99
92	2.24	2.40	192	1.74	1.88	292	6.64	6.96
93	4	4.22	193	1.55	1.68	293	6.29	6.60
94	2.95	3.13	194	2.81	2.99	294	5.94	6.23
95	3.23	3.42	195	2.91	3.09	295	6.98	7.31
96	1.65	1.79	196	2.59	2.76	296	6.23	6.53
97	2.2	2.36	197	2.03	2.18	297	5.34	5.61
98	2.73	2.91	198	2.75	2.93	298	6.83	7.15
99	1.87	2.02	199	3.29	3.49	299	4.82	5.07
100	1.83	1.97	200	3.36	3.56	300	6.01	6.30
				PROMEDIO			2.59	2.76

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, con este análisis se pudo obtener el IRI del Método Nivel y Mira de los tramos restantes y del carril de vuelta (Recuay-Huaraz).

Tabla 29.

Valores del PSI en función a ambos métodos (RECUAY-HUARAZ)

SERVICIABILIDAD DEL RECORRIDO DE VUELTA RECUAY-HUARAZ										
N°	PROGRESIVA DESDE	PROGRESIVA HASTA	eIRI (m/km)	PSI		N°	PROGRESIVA DESDE	PROGRESIVA HASTA	IRI (m/km)	PSI
1	550+000	550+100	1.46	3.83		1	550+000	550+100	1.59	3.74
2	550+100	550+200	1.60	3.74		2	550+100	550+200	1.74	3.65
3	550+200	550+300	1.38	3.89		3	550+200	550+300	1.51	3.80
4	550+300	550+400	2.64	3.09		4	550+300	550+400	2.81	3.00
5	550+400	550+500	1.68	3.68		5	550+400	550+500	1.82	3.59
6	550+500	550+600	2.58	3.13		6	550+500	550+600	2.75	3.03
7	550+600	550+700	4.89	2.06		7	550+600	550+700	5.14	1.96
8	550+700	550+800	1.61	3.73		8	550+700	550+800	1.75	3.64
		•						•		
		•						•		
		•						•		
158	565+700	565+800	2.01	3.47		158	565+700	565+800	2.16	3.38
159	565+800	565+900	2.60	3.12		159	565+800	565+900	2.77	3.02
160	565+900	566+000	1.94	3.51		160	565+900	566+000	2.09	3.42
161	566+000	566+100	1.74	3.64		161	566+000	566+100	1.88	3.55
162	566+100	566+200	1.72	3.66		162	566+100	566+200	1.86	3.56
163	566+200	566+300	2.18	3.36		163	566+200	566+300	2.34	3.27
164	566+300	566+400	1.82	3.59		164	566+300	566+400	1.96	3.50
165	566+400	566+500	2.54	3.15		165	566+400	566+500	2.71	3.05
166	566+500	566+600	3.43	2.68		166	566+500	566+600	3.63	2.58
		•						•		
		•						•		
		•						•		
293	579+200	579+300	6.29	1.01		293	579+200	579+300	6.60	0.94
294	579+300	579+400	5.94	0.98		294	579+300	579+400	6.23	0.92
295	579+400	579+500	6.98	1.41		295	579+400	579+500	7.31	1.32
296	579+500	579+600	6.23	1.12		296	579+500	579+600	6.53	1.05
297	579+600	579+700	5.34	1.10		297	579+600	579+700	5.61	1.02
298	579+700	579+800	6.83	1.00		298	579+700	579+800	7.15	0.93
299	579+800	579+900	4.82	1.08		299	579+800	579+900	5.07	1.01
300	579+900	580+000	6.01	1.17		300	579+900	580+000	6.30	1.09
PROMEDIO				3.23		PROMEDIO				3.14

Nota. En la tabla solo se presentan unos cuantos valores porque a mayor detalle se especifica en los anexos. Fuente: Elaboración Propia.

En las tablas 28 y 29 se muestra el PSI para ambos carriles en función del eIRI y del IRI, pero solo se muestra a modo de resumen; para poder observar todos los valores obtenidos con este análisis se puede revisar en los anexos.

En la tabla 28 observamos que la serviciabilidad promedio (en el carril de ida HUARAZ-RECUAY) utilizando el eIRI es 3.12, mientras que utilizando el IRI es 3.08. En la tabla 29 la serviciabilidad (en el carril de vuelta RECUAY-HUARAZ) utilizando el eIRI es 3.19, mientras que con el IRI es de 3.10.

De esta forma se puede concluir con los valores mostrados que tanto el carril de ida como el carril de vuelta analizado por ambos métodos poseen una clasificación de un pavimento de **Transitabilidad Buena** a nivel general; en la parte de resultados discusión se mostrará a detalle lo obtenido para cada tramo definido.

3.10.5. Cálculo del índice Medio Diario Anual (IMDa)

Para realizar este análisis primero tenemos que realizar el conteo vehicular el cual se muestra a detalle en los anexos, pero a modo de resumen tenemos el siguiente cuadro:

Tabla 30.

Resumen de conteo vehicular realizado en 2 días.

DIA	TOTAL	AUTO	PICK UP	Rural combi	MICRO	B2	B3-1	B4-1	C2	C3	C4	T2S1	T3S2	T3S1	3T3
Sabado, 16 de Noviembre de 2019	4923	2763	875	749	35	18	10	4	291	86	18	3	63	1	7
Jueves, 21 de Noviembre de 2019	5240	3035	738	859	40	21	12	5	332	89	22	2	75	5	5
TOTAL	10163	5798	1613	1608	75	39	22	9	623	175	40	5	138	6	12

Nota. Los formatos llenados con el conteo vehicular a detalle se encuentran en los anexos. El presente cuadro nos muestra un resumen por tipo de vehículo. Fuente: Elaboración Propia.

Para calcular el IMDa se procederá a calcular con los factores de corrección mediante la siguiente fórmula: $IMDA = IMD * FCE$

Primero determinamos los factores de corrección estacional¹⁵ de una estación de peaje cercano al camino.

Tabla 31.

Factores de corrección estacional. Peaje de Catac.

Para hallar el IMDa se debe de multiplicar el IMD por el Factor de corrección estacional (FCE), del peaje más cercano a la localización del proyecto, o de otra zona que presente los mismos patrones de comportamiento, en nuestro caso trabajaremos con el peaje de Catac tanto para vehículos pesados como ligeros.

Factores de corrección promedio para vehículos ligeros (2010-2016)													
Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
		Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros
P013	CATAC	1.0992	1.0589	1.3534	1.0405	1.0772	1.0762	0.8316	0.8717	0.9632	0.9514	1.1690	0.9747
				Fuente: MTC, 2017									

Factores de corrección promedio para vehículos PESADOS (2010-2016)													
Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
		Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados
P013	CATAC	1.0538	1.0807	1.1606	1.0756	1.0119	0.9642	0.9591	0.9372	0.9719	0.9644	0.9958	0.9684
				Fuente: MTC, 2017									

Como el conteo se realizó en el mes de Noviembre el FCEP para vehículos ligeros y pesados es:

FCE _{ligero} =	1.16900
FCE _{pesado} =	0.99580

Nota. Los factores de corrección que se presentan son los más recientes de acuerdo a la publicación del MTC en el 2018. Fuente: Adaptado de (MTC 2018).

Analizando con todos los valores y datos obtenemos:

¹⁵ MTC, Metodología Especifica "Ficha Técnica Estándar, Instructivo y Líneas de Corte para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión en Carreteras Interurbanas", 20181Pag.15-18.

Tabla 32.

IMDa de la carretera Huaraz- Recuay.

Tipo de Vehículo	I.M.D.	FCE	I.M.D.A ₂₀₁₇	Porcentaje
	(1)	(2)	(3)=(1)*(2)	
AUTO	3411	1.16900	3987	58.01
PICK UP	949	1.16900	1109	16.14
Rural combi	946	1.16900	1106	16.09
MICRO	44	0.99580	44	0.64
B2	23	0.99580	23	0.33
B3-1	13	0.99580	13	0.19
B4-1	5	0.99580	5	0.07
C2	366	0.99580	365	5.31
C3	103	0.99580	103	1.50
C4	24	0.99580	23	0.33
T2S1	3	0.99580	3	0.04
T3S2	81	0.99580	81	1.18
T3S1	4	0.99580	4	0.06
3T3	7	0.99580	7	0.10
TOTAL	5978		6873	

Fuente: Propia

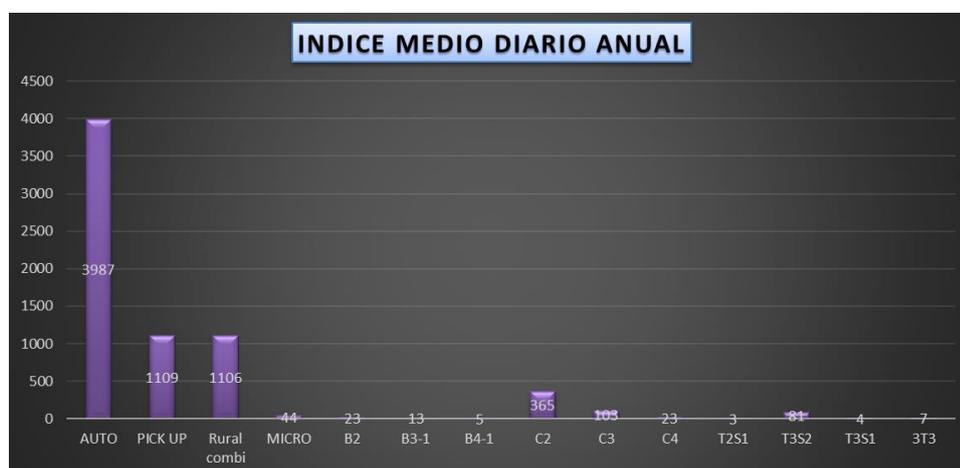


Figura 68. IMDa por tipo de vehículo. Fuente: Propia

A parte del cálculo del IMDa también se decidió determinar los ejes equivalentes para así tener información más completa en cuanto al tránsito de la carretera. Se calculó el ESAL de diseño (ver detalle en anexos), en resumen, tenemos:

Tabla 33.

ESAL de la carretera.

	ESAL DE DISEÑO (PAVIMENTOS FLEXIBLES Y SEMIRRÍGIDOS)	
	DISEÑO PARA 10 AÑOS	DISEÑO PARA 20 AÑOS
MÉTODO DEL MTC	3921751.965	8351113.348
MÉTODO AASHTO	3332857.577	7079354.690
MÉTODO DE IA	3466691.200	7363374.800

Nota. En resumen, como un cálculo adicional se presenta el ESAL de diseño para el pavimento.

Fuente: Propia.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1.1. Regularidad superficial con el Método Roadroid (Ambos carriles)

Se presentan los resultados obtenidos por este método; estos valores fueron muy importantes ya que nos permitió desde el primer momento definir tramos y subtramos para todos los análisis. En la siguiente imagen se presenta la condición de la carretera a nivel de colores:

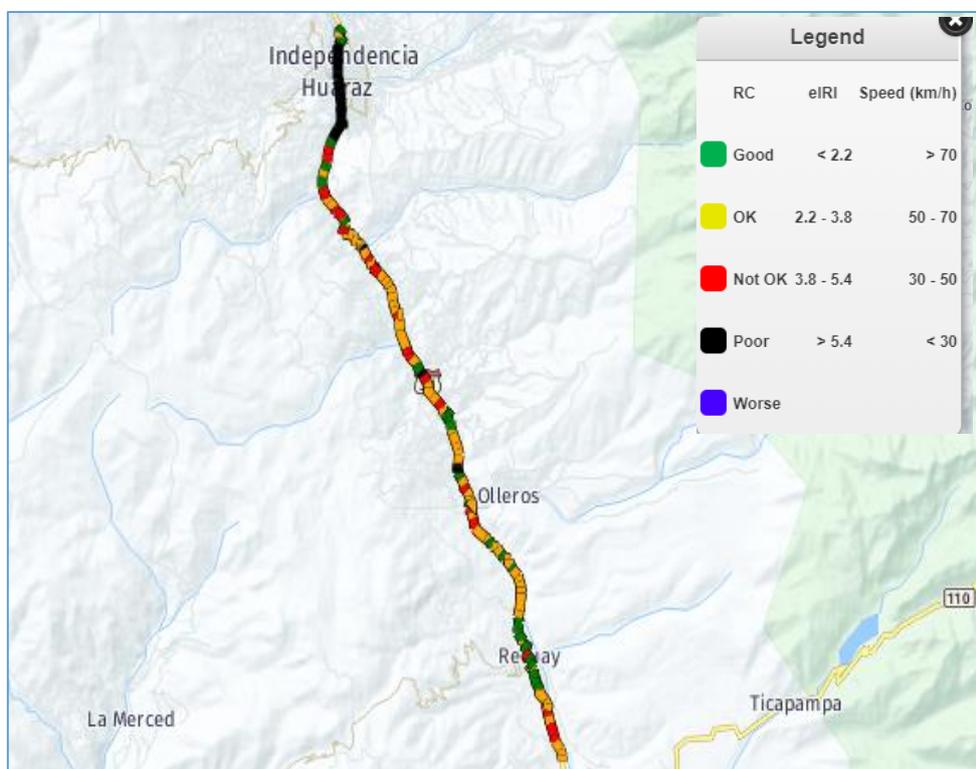


Figura 69. Mapa por colores que indican el IRI y condición de la carretera en estudio.

Fuente: Propia-Datos subidos a la web Roadroid

Con la figura 69 y el análisis realizado con la figura 53 se pudieron establecer los tramos de acuerdo a la variación del IRI a lo largo de la carretera y para ambos carriles. Estos tramos establecidos son 3:

- **TRAMO N°01** comprendido desde el Km577+480 al Km580+000 con un eIRI variable entre 1.22m/km a 5.63m/km.
- **TRAMO N°02** comprendido desde el Km563+000 al Km577+480 con un eIRI variable entre 1.5m/km a 6.47m/km.
- **TRAMO N°03** comprendido desde el Km550+000 al Km 563+000 con un eIRI variable entre 1.1m/km a 3.2m/km.

Así mismo con la figura 69 se puede establecer a nivel visual, la condición que predomina en cada tramo de acuerdo a los colores que se presenta en la leyenda.

A Nivel General

Tabla 34.

eIRI promedio de la carretera y porcentajes de condición.

TODA LA CARRETERA				
	Condición de la carretera (RC)	Número de Puntos	Porcentaje (%)	eIRI promedio (m/km)
	Bueno	4090	77.9%	2.65
	Satisfactorio	429	8.2%	
	No satisfactorio	211	4.0%	
	Pobre	521	9.9%	
	Número total de Puntos	5251	100%	
	Distancia Total (en metros)	30888		
	Puntos/metro	0.17		

Fuente: Propia.

Para detallar la carretera estudiada se presentarán los valores obtenidos por carriles:

Tabla 35.*eIRI - Ambos carriles toda la carretera estudiada.*

A NIVEL GENERAL	eIRI (m/km)
Carril de Ida HUARAZ-RECUAY	2.70
Carril de Vuelta RECUAY-HUARAZ	2.59
Promedio	2.65

Fuente: Propia.

A continuación, se detalla el eIRI obtenido en cada tramo definido anteriormente; estos tramos también se separaron en sectores de pavimento rígido y pavimento flexible.

Pavimento Rígido:

Se determinó como **Tramo N°01** el que se encuentra desde el Km 577+480(Puente Tacllan) al Km 580+000, encontramos un tramo deteriorado que a nivel visual-promedio posee una condición pobre; presentando deterioros y fallas que conllevan a una reducción significativa de velocidad en ciertas partes; sin embargo, se detalla a continuación la condición de este tramo:

Tabla 36.*Condición del Tramo N°01 Y eIRI promedio.*

	Condición de la carretera (RC)	Número de Puntos	Porcentaje	eIRI promedio (m/km)
	Bueno	78	18.1%	5.67
	Satisfactorio	54	12.6%	
	No satisfactorio	138	32.1%	
	Pobre	160	37.2%	
	Número total de Puntos	430	100.0%	
	Distancia Total (en metros)	2520		
	Puntos/metro	0.17		

Fuente: Propia

Para detallar el tramo de mejor manera se presentarán los datos por carriles. Entonces con la recopilación de datos y el análisis realizado se obtuvo:

Tabla 37.*Ambos carriles Tramo N°01-Pav.Rígido.*

TRAMO N°01	eIRI (m/km)
Carril de Ida HUARAZ-RECUAY	5.46
Carril de Vuelta RECUAY-HUARAZ	5.87
Promedio	5.67

Fuente: Propia

Pavimento Flexible:

Como **Tramo N°02** se determinó al comprendido entre el Km 563+000 al Km577+480 en este tramo a nivel visual-promedio posee una condición Satisfactoria, con una regularidad que permite un manejo con una reducción ligera de velocidad en ciertas partes; a continuación, se detalla el resultado obtenido:

Tabla 38.*Condición del Tramo N°02 y eIRI Promedio.*

	Condición de la carretera (RC)	Número de Puntos	Porcentaje	eIRI promedio (m/km)
	Bueno	1901	77.2%	2.67
	Satisfactorio	309	12.6%	
	No satisfactorio	110	4.5%	
	Pobre	142	5.8%	
	Número total de Puntos	2462	100.0%	
	Distancia Total (en metros)	14480		
	Puntos/metro	0.17		

Fuente: Propia.

Para detallar el tramo de mejor manera se presentarán los datos por carriles. Entonces con la recopilación de datos y el análisis realizado se obtuvo:

Tabla 39.*eIRI ambos carriles Tramo N°02-Pav. Flexible.*

TRAMO N°02	eIRI (m/km)
Carril de Ida HUARAZ-RECUAY	2.69
Carril de Vuelta RECUAY-HUARAZ	2.63
Promedio	2.66

Fuente: Propia.

Se definió como **Tramo N°03** al que se encuentra comprendido entre el Km550+000 al Km 563+000 en este tramo a nivel visual promedio posee una condición Buena y satisfactoria, con una velocidad la cual no necesita reducción; a continuación, se detalla el resultado obtenido:

Tabla 40.*Condición del Tramo N°03 y eIRI Promedio.*

	Condición de la carretera (RC)	Número de Puntos	Porcentaje	eIRI promedio (m/km)
	Bueno	1983	80.5%	2.05
	Satisfactorio	105	4.3%	
	No satisfactorio	40	1.6%	
	Pobre	82	3.3%	
	Número total de Puntos	2210	89.8%	
	Distancia Total (en metros)	13000		
	Puntos/metro	0.17		

Fuente: Propia.

Para detallar el tramo de mejor manera se presentarán los datos por carriles. Entonces con la recopilación de datos y el análisis realizado se obtuvo:

Tabla 41.

eIRI ambos carriles Tramo N°03-Pav Flexible.

TRAMO N°03	eIRI (m/km)
Carril de Ida HUARAZ-RECUAY	2.18
Carril de Vuelta RECUAY-HUARAZ	1.92
Promedio	2.05

Fuente: Propia.

4.1.2. Regularidad superficial con el Método Nivel y Mira (Ambos carriles)

Se presentan los resultados obtenidos para interpretarlos posteriormente:

A Nivel General

La carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz-Recuay Km550+000 al Km 580+000 en promedio presenta:

Tabla 42.

IRI promedio y en ambos carriles – Toda la carretera en estudio.

A NIVEL GENERAL	IRI (m/km)
Carril de Ida HUARAZ-RECUAY	2.88
Carril de Vuelta RECUAY-HUARAZ	2.76
Promedio	2.82

Fuente: Propia

Para la aplicación del Manual de Mantenimiento y conservación vial se tuvo que calcular el IRI característico (IRI_c) y se obtuvo lo siguiente:

IRI característico (IRI_c) a la confiabilidad de 95%

$$IRI_c = IRI_p + 1.645 \times ds$$

$$IRI_p = IRI \text{ promedio} \quad ds = \text{desviación estándar}$$

Tabla 43.

IRIc con el IRI Promedio a nivel de toda la carretera en estudio.

IRIp	2.82
ds	1.42
IRIc	5.15

Fuente: Propia

Pavimento Rígido:

El **Tramo N°01** que comprende desde el Km 577+480(Puente Tacllan) al Km 580+000 presenta los siguientes valores de regularidad superficial tanto a nivel de promedio como por carriles:

Tabla 44.

IRI promedio y por carriles-Tramo N°01 Pav. Rígido.

TRAMO N°01	IRI (m/km)
Carril de Ida HUARAZ-RECUAY	5.74
Carril de Vuelta RECUAY-HUARAZ	6.16
Promedio	5.95

Fuente: Propia

IRI característico (IRIc) a la confiabilidad de 95% $IRIc = IRIp + 1.645 \times ds$

$IRIp = IRI \text{ promedio}$ $ds = \text{desviación estándar}$

Tabla 45.

IRIc con el IRI Promedio en el Tramo N°01.

IRIp	5.95
ds	0.58
IRIc	6.90

Fuente: Propia

Pavimento Flexible:

El **Tramo N°02** que comprende desde el Km 563+000 al Km577+480 presenta los siguientes valores de regularidad superficial tanto a nivel de promedio como por carriles:

Tabla 46.

IRI Promedio y por carriles-Tramo N°02 Pav. Flexible.

TRAMO N°02	IRI (m/km)
Carril de Ida HUARAZ-RECUAY	2.86
Carril de Vuelta RECUAY-HUARAZ	2.86
Promedio	2.86

Fuente: Propia.

IRI característico (IRIc) a la confiabilidad de 95% $IRIc = IRIp + 1.645ds$

$IRIp = IRI$ promedio

$ds =$ desviación estándar

Tabla 47.

IRIc con el IRI Promedio en el Tramo N°02.

IRIp	2.86
ds	1.31
IRIc	5.03

Fuente: Propia

El **Tramo N°03** que comprende desde el Km550+000 al Km 563+000 presenta los siguientes valores de regularidad superficial tanto a nivel de promedio como por carriles:

Tabla 48.*IRI promedio y por carriles-Tramo N°03-Pav Flexible.*

TRAMO N°03	IRI (m/km)
Carril de Ida HUARAZ-RECUAY	2.33
Carril de Vuelta RECUAY-HUARAZ	2.06
Promedio	2.20

Fuente: Propia.

IRI característico (IRIc) a la confiabilidad de 95% $IRIc = IRIp + 1.645ds$ $IRIp = IRI \text{ promedio}$ $ds = \text{desviación estándar}$ **Tabla 49.***IRIc con el IRI Promedio en el Tramo N°03.*

IRIp	2.20
ds	0.86
IRIc	3.61

Fuente: Propia

4.1.3. Resultado de Regularidad comparando ambos métodos.**Tabla 50.***eIRI a lo largo de la carretera pavimentada en estudio.*

<u>METODO ROADROID</u>				
	TRAMO N°01	TRAMO N°02	TRAMO N°03	EN TODO EL CARRIL
CARRIL DE IDA HUARAZ-RECUAY	5.46	2.69	2.18	2.70
CARRIL DE VUELTA RECUAY-HUARAZ	5.87	2.63	1.92	2.59
PROMEDIO DEL TRAMO	5.67	2.66	2.05	2.65

Fuente: Propia

Tabla 51.

IRI a lo largo de la carretera pavimentada en estudio.

METODO NIVEL Y MIRA					
		TRAMO N°01	TRAMO N°02	TRAMO N°03	EN TODO EL CARRIL
CARRIL DE IDA HUARAZ-RECUAY		5.74	2.86	2.33	2.88
CARRIL DE VUELTA RECUAY-HUARAZ		6.16	2.86	2.06	2.76
PROMEDIO DEL TRAMO		5.95	2.86	2.20	2.82

Fuente: Propia

Como se mencionó en el ítem de análisis se realizó un plano en AutoCAD de toda la carretera estudiada, y se le colocaron los resultados tanto del método Roadroid como del método nivel y mira para hacer una comparación entre valores y visualmente entre estos resultados.

A continuación, solo se coloca en partes uno de los planos elaborados en AutoCAD; para mayor detalle se colocaron en los anexos los respectivos planos. En los planos se podrá observar un resumen de los datos obtenidos encada tramo y así mismo los colores de acuerdo a la variación de la calidad del pavimento.

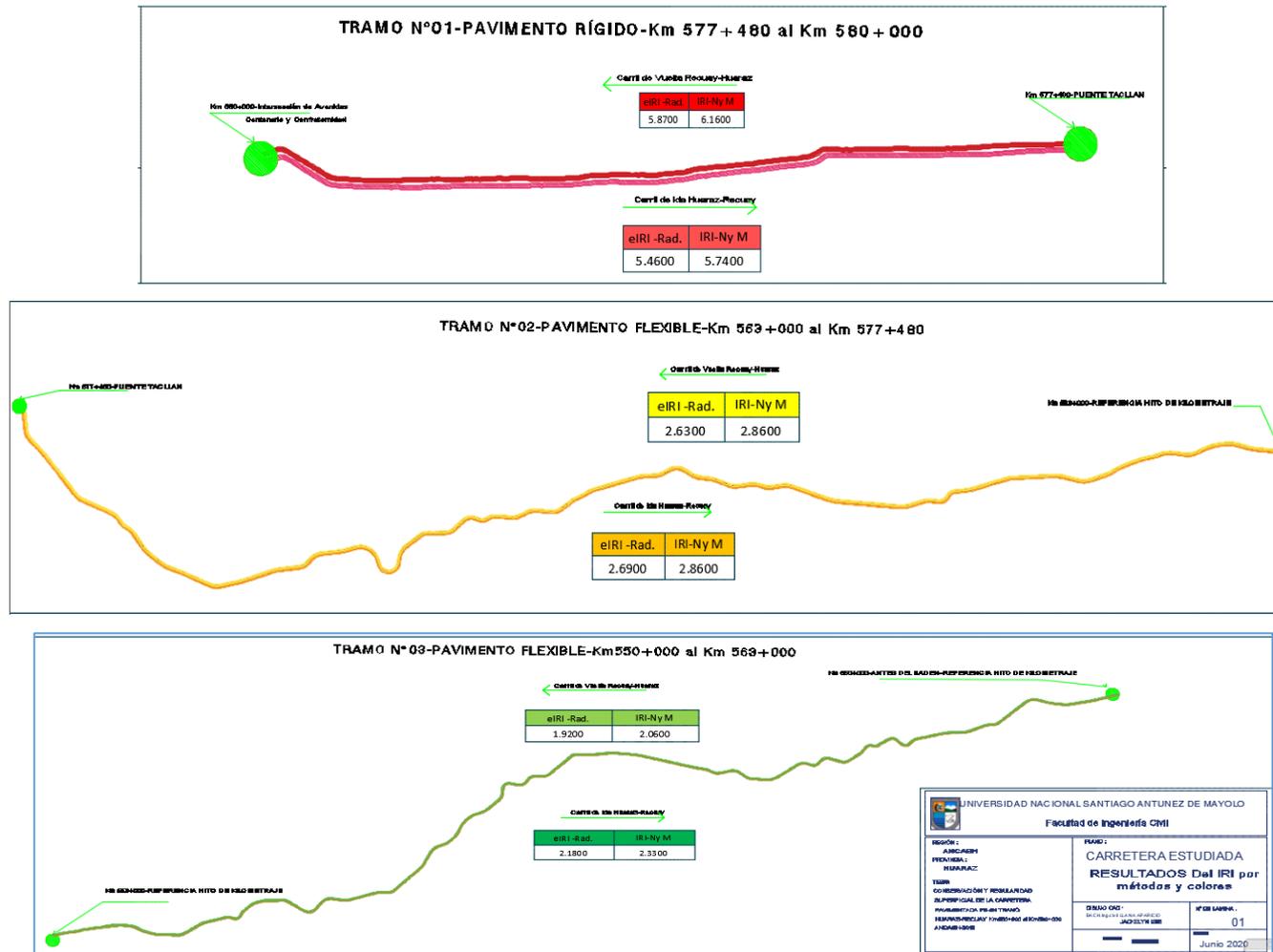


Figura 70. Capturas de pantalla del plano elaborado-Tramos variación IRI ambos métodos por colores.

Fuente: Elaboración propia realizado en AutoCAD, se adjunta planos en la sección de Anexos.

4.1.4. Índice de Serviciabilidad (PSI) con el IRI y eIRI

Se muestran los valores del PSI utilizando ambos datos de regularidad superficial:

Para El Carril De Ida Km580+000 Al Km 550+000

Tabla 52.

PSI promedio para el carril de ida y por tramos.

	CARRIL DE IDA HUARAZ-RECUAY			
	Todo el carril	Tramo N°01	Tramo N°02	Tramo N°03
PSI con eIRI	3.14	1.89	3.19	3.40
PSI con IRI	3.05	1.80	3.10	3.30

Fuente: Propia

Para El Carril De Vuelta Km550+000 al Km580+000

Tabla 53.

PSI promedio para el carril de vuelta y por tramos.

	CARRIL DE VUELTA RECUAY-HUARAZ			
	Todo el Carril	Tramo N°01	Tramo N°02	Tramo N°03
PSI con eIRI	3.23	1.74	3.18	3.55
PSI con IRI	3.14	1.65	3.09	3.46

Fuente: Propia

RESUMEN PARA AMBOS CARRILES

Tabla 54. *PSI con los valores del eIRI y el IRI para ambos carriles.*

	Tramo N°01		Tramo N°02		Tramo N°03		Todo el Carril	
	PSI con eIRI	PSI con IRI	PSI con eIRI	PSI con IRI	PSI con eIRI	PSI con IRI	PSI con eIRI	PSI con IRI
Carril de Ida	1.85	1.76	3.14	3.04	3.40	3.31	3.14	3.05
Carril de Vuelta	1.74	1.65	3.18	3.09	3.55	3.46	3.23	3.14
PROMEDIO	1.79	1.70	3.16	3.06	3.48	3.39	3.19	3.10

Fuente: Propia

4.1.5. Lista de Inspección de Fallas/Deterioros De La Carretera En Estudio

Cabe resaltar que esta lista de inspección se hace para complementar la información del IRI ya que en la tabla 5 tenemos una relación entre IRI y fallas, es por ello que a modo de verificación de realiza la siguiente lista.

Como se mencionó anteriormente estas fallas se recopilaban a nivel de fotografías para complementar la información de la regularidad superficial,

mas no para analizar falla por falla. En este cuadro solo se consideraron unas cuantas imágenes representativas de las fallas y deterioros, otras imágenes correspondientes a la carretera se pueden encontrar en los Anexos. Se muestran a continuación las fallas y/o deterioros encontrados en el recorrido realizado, otras.

Ficha 4.

Lista de Inspección fotográfica correspondiente a fallas y deterioros.

<u>LISTA DE INSPECCIÓN</u>	
<u>FALLAS Y DETERIOROS</u>	
	
<p>Foto 1: Tramo N°01 - Km 579+800 al Km580+000- Podemos apreciar desnivel entre losas gravedad 1, y distintos tipo de fisuras ramificadas.</p>	<p>Foto2: Tramo N°01-Ubicación km579+900. Presencia de Fisuras oblicuas, transversales de gravedad 2.Fisuras ramificadas</p>
	
<p>Foto 3: Tramo N°01, ubicación km579+900. Presencia de reparaciones continuas debido a las instalaciones de servicios basicos.</p>	<p>Foto 4: Tramo N°01, ubicación Km578+650. Presenta deterioros y fallas tipo Fisura de esquina gravedad 2.</p>



Foto 5: Tramo N°01, ubicación km 578+100. Fallas de tipo fisuras oblicuas y transversales gravedad 2.



Foto 6: Tramo N°01, ubicación km578+600- inicio de puente. Presencia de despostillamiento de juntas gravedad 1.



Foto 7: Tramo N°01,ubicación km577+680. Ligera presencia de desintegración de juntas.



Foto8: Tramo N°02, ubicación km577+460. Presencia de peladura-desprendimiento superficial de gravedad 1.



Foto 9: Tramo N°02-Ubicación km577+280. Presencia de Baches rellenos con tierra y peladuras de gravedad 3.



Foto10: Tramo N°02-ubicaciónkm577+690- Presencia de baches(huecos) de gravedad 2 y 3.



Foto 11: Tramo N°02, ubicación Km577+570. Presencia de desprendimiento superficial nivel 2 y baches rellenados con tierra gravedad 2.



Foto 12: Tramo N°02, ubicación Km577+565. Presencia de desprendimiento superficial gravedad 3 y baches rellenados con tierra gravedad 3.



Foto 13: Tramo N°02-Ubicación km577+050- Desprendimiento y peladura de gravedad 2.



Foto 14: Tramo N°02, ubicación km568+420. Presencia de parches nivel 1 a lo largo del recorrido en curvas.



Foto 15: Tramo N°03-Pav Flexible ubicación Km562+990. Presencia de Reparaciones y parchado nivel 1.



Foto 16: Tramo N°03-Ubicación km560+190. Presencia de parchado.

	
<p>Foto 17: Tramo N°02, ubicación km 577+560. Presencia de deterioro en forma de Baches de gravedad 2 y 3.</p>	<p>Foto 18: TramoN°03, ubicación Km558+200. Presencia de baches gravedad 2.</p>
	
<p>Foto 19: Tramo N°03ubicación Km 561+300 -Piel de cocodrilo gravedad 1, fisuras longitudinales gravedad 2.</p>	<p>Foto 20: Tramo N°03-ubicación Km 559+000. Presencia de Baches gravedad 1 y 2.</p>
	
<p>Foto 21: Tramo N°03 - pavimento flexible ubicación: km 562+520; presenta fisuras longitudinales de gravedad 1 .</p>	<p>Foto 22: Tramo N°03-Pav Flexible-Ubicación km556+000-Peladura superficialmínima de gravedad 1.</p>

Nota. La ficha tipo tabla fue elaborada tomando en cuenta la fotografía para poder describir el deterioro/falla que se presenta a lo largo del recorrido de la carretera en estudio. Fuente: Elaboración Propia.

4.1.6. Medidas correctivas para la conservación

Para proponer las medidas de conservación se realizó un análisis de la condición funcional de la carretera, como se mencionó en la parte teórica en este caso se analizó el IRI y el PSI y de acuerdo a las tablas utilizadas se obtuvo lo siguiente:

Tabla 55.

Análisis y propuestas de conservación para el tramo N°01.

TRAMO N°01	Del Km 577+480 al Km580+000	PAVIMENTO RÍGIDO	
VALORES ANALIZADOS		PROPUESTAS DE MEDIDAS CORRECTIVAS	EN BASE A:
eIRI (m/km)	5.67	-REFORZAR los pavimentos en estado crítico con una irregularidad mayor a 5.0IRI	SNIP-Publicación en relación a proyectos de Inversión pública en transportes.
IRI (m/km)	5.95		
IRIc (m/km)	6.9		
PSI	1.80		
Condición Funcional	Mala		
DETERIOROS Y FALLAS		PROPUESTAS DE MEDIDAS CORRECTIVAS	EN BASE A:
(1) Desnivel entre losas: 1. Sensible al usuario sin reducción de velocidad. 2. Resulta en una reducción significativa de la velocidad.		-Reparación con mezcla asfáltica en caliente -Resello de juntas y sellado de fisuras -Microfresado de losas -Resello de juntas y sellado de fisuras -Estabilización de Losas -Reconstrucción de losas	Manual de Mantenimiento o conservación vial MTC 2014
(2) Fisuras Longitudinales: 1. Fisuras finas 2. Fisuras Medias		-Resello de juntas y sellado de fisuras. -Colocación de barras de traspaso de cargas -Estabilización de losas -Reconstrucción de losa o reparación de espesor de losa.	
(3) Fisuras transversales: 1. Fisuras finas 2. Fisuras Medias			
(5) Fisuras oblicuas: 1. Fisuras finas 2. Fisuras Medias			
(7) Despostillamiento de juntas: Fracturamiento o desintegración de bordes.		-Resello de juntas y sellado de fisuras -Reposición de espesor parcial de losa.	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56.

Análisis y propuestas de conservación para el tramo N°02.

TRAMO N°02	Del Km 563+000 al Km 577+480	PAVIMENTO FLEXIBLE	
VALORES ANALIZADOS		PROPUESTAS DE MEDIDAS CORRECTIVAS	EN BASE A:
eIRI (m/km)	2.67	-REFORZAR los pavimentos en estado crítico con una irregularidad mayor a 5.0IRI	SNIP-Publicación en relación a proyectos de Inversión pública en transportes.
IRI (m/km)	2.86		
IRIc (m/km)	5.03		
PSI	3.16		
Condición Funcional	Buena		
DETERIOROS Y FALLAS		PROPUESTAS DE MEDIDAS CORRECTIVAS	EN BASE A:
(1) Piel de cocodrilo: 1. Malla pequeña.		-Reparación por sello o carpeta asfáltica -Rehabilitación o reconstrucción	Manual de Mantenimiento o conservación vial MTC 2014
(2) Fisuras Longitudinales: 1. Fisuras finas 2. Fisuras Medias		-Reparación por sello o carpeta asfáltica con mezcla caliente. -Sello o carpeta asfáltica -Rehabilitación o reconstrucción	
(6) Peladura o desprendimiento: 1. Puntuales sin aparición de base granular 2. Continuas sin aparición de base granular		-Reparación por sello o carpeta asfáltica con mezcla caliente. -Carpeta asfáltica, tratamiento superficial.	
(7) Baches/Huecos: 1. Diámetro entre 0.2 y 0.5m 2. Diámetro >0.5m		-Reparación por sello o carpeta asfáltica con mezcla caliente. -Rehabilitación o reconstrucción	
(8) Fisuras Transversales: 1. Fisuras finas 2. Fisuras Medias		-Reparación por sello o carpeta asfáltica con mezcla caliente. -Sello o carpeta asfáltica -Rehabilitación o reconstrucción	

Fuente: Elaboración propia

a nivel de puntos predomina la condición buena con 77.9%. Se puede observar a nivel general que el **carril de ida Huaraz-Recuay (2.70 m/km)** es el que se encuentra más deteriorado al **carril de vuelta Recuay-Huaraz (2.59 m/km)**.

Tramo N°01-Pavimento Rígido

Se tiene que para el tramo comprendido entre Km 577+480 al Km 580+000; las condiciones que predominan a nivel de puntos son: pobre con un 37.2% y la de no satisfactoria con 32.1%. La regularidad superficial promedio adquiere un valor de **5.67 m/km** es decir que este tramo posee una **condición Pobre**; así mismo se aprecia que la velocidad de manejo se ve reducida significativamente a 30km/h.

Pero también podemos apreciar a cómo se diferencia el resultado en ambos carriles, el carril de vuelta (Recuay-Huaraz) es el que se encuentra más deteriorado con respecto al carril de ida (Huaraz-Recuay); ya que el primero presenta un IRI de **5.87m/km** indicando una **condición pobre**, mientras que la segunda presenta un IRI de **5.46m/km** indicando una **condición no satisfactoria**.

Tramo N°02-Pavimento Flexible

Para el tramo comprendido entre el Km 563+000 al Km 577+480, la condición que predomina a nivel de puntos es bueno con 77.2%. La regularidad promedio es de **2.67m/km** es decir que este tramo posee una **condición satisfactoria**.

El carril de ida (Huaraz-Recuay) y el carril de vuelta (Recuay-Huaraz) se encuentran en la misma condición; esto porque el primero posee un IRI de **2.69 m/km** y el segundo un IRI de **2.63m/km** indicando ambos valores una **condición satisfactoria**. Solo varía un poco el deterioro de un carril respecto al otro.

Tramo N°03-Pavimento Flexible

Para el tramo comprendido entre el Km 550+000 al Km563+000, la condición que predomina a nivel de puntos es Bueno con 80.5%. La regularidad promedio es de **2.05 m/km**, es decir que este tramo posee una **condición Buena**.

El carril de ida (Huaraz-Recuay) y el carril de vuelta (Recuay-Huaraz) se encuentran en la misma condición; ya que el primer carril presenta un IRI de **2.18 m/km** y el segundo carril presenta un IRI de **1.92 m/km** indicando ambos una **condición Buena**. Solo varía un poco el deterioro de un carril respecto a otro.

4.2.2. De la Regularidad superficial con el Método Nivel y Mira

Para la interpretación de estos resultados se utilizó la normativa peruana mencionada en el marco teórico específicamente la figura 18, las tablas 9, 10 y 11. A modo de resumen tenemos la siguiente información para interpretar los resultados:

Tabla 59.

Resumen de la información utilizada para la interpretación de la Regularidad superficial.

MTC 2014 Manual de suelos geología y geotecnia		
Parámetro	Para	Indica
Escala IRI	IRI comprendido entre 1.5-3.5	El pavimento posee imperfecciones superficiales
	IRI comprendido entre 2.5-6.0	El pavimento presenta frecuentes depresiones menores.
	IRI comprendido entre 3.5-10.0	El pavimento presenta frecuentes depresiones poco profundas y algunas profundas.
Parámetro	Para	Límite
IRIc (Rugosidad característica)	carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día	3.5 m/km
MTC 2018 Manual de Conservación vial		
Parámetro	Para	Límite
IRIc (Rugosidad característica)	carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día	3.3 m/km

Fuente: Elaboración propia

A nivel General

El IRI promedio obtenido por este método es 2.82m/km y nos indica que el pavimento en su conjunto y también por carriles (2.88m/km -2.76 m/km) presenta imperfecciones superficiales y frecuentes depresiones menores.

Así mismo observamos que el IRIc es 5.15m/km el cual nos indica, a nivel de toda la carretera estudiada, que ya sobrepasó los límites (3.3-3.5m/km) que debe presentar el pavimento durante el periodo de servicio y requiere servicio de conservación.

Tramo N°01-Pavimento Rígido

Se tiene que para el tramo comprendido entre Km 577+480 al Km 580+000; El IRI promedio s 5.95m/km y nos indica que el pavimento presenta frecuentes

depresiones menores; sin embargo, el carril de vuelta con 6.16 IRI (Recuay – Huaraz) se encuentra más deteriorado que el carril de ida con 5.74 IRI (Huaraz-Recuay) ya que el primero nos indica que el pavimento en este carril presenta frecuentes depresiones poco profundas y algunas profundas (pavimento viejo). Así mismo observamos que el IRIC es 5.90 m/km lo cual nos indica que ya sobrepasó los límites (3.3-3.5m/km) que debe presentar el pavimento durante el periodo de servicio y por lo tanto requiere servicios de conservación.

Tramo N°02-Pavimento Flexible

Para el tramo comprendido entre el Km 563+000 al Km 577+480, se tiene que el IRI promedio es 2.86 m/km, lo cual nos indica que el pavimento presenta frecuentes depresiones menores.

Con respecto al IRIC (5.03m/km) nos indica que ya sobrepasó los límites (3.3-3.5m/km) que debe presentar el pavimento durante el periodo de servicio y por lo tanto requiere servicios de conservación.

Tramo N°03-Pavimento Flexible

Para el tramo comprendido entre el Km 550+000 al Km563+000, el IRI promedio es 2.20 m/km el cual nos indica que el pavimento en todo el tramo y por carriles (2.33,2.06m/km) posee imperfecciones superficiales.

Así mismo el IRIC (3.61 m/km) nos indica que el pavimento está pasando los límites (3.3-3.5 m/km) que debe presentar durante el periodo de servicio y por lo tanto requiere servicios de conservación.

4.2.3. De la Regularidad superficial comparando ambos métodos.

De los resultados obtenidos por ambos métodos podemos observar que el Método Nivel y Mira nos proporciona valores más grandes que los presentados por el Método Roadroid, como se mencionó anteriormente esto se debe por la forma en la que cada método realiza sus mediciones.

Interpretando los resultados numéricos observamos que a nivel de carriles el que se encuentra más deteriorado es el carril de ida (Huaraz-Recuay). El tramo con mayor deterioro es el Tramo N°01 y el que se encuentra con menos fallas es el Tramo N°03. También podemos decir que a nivel de la representación visual brindada por el AutoCAD es más entendible ya que nos presenta tramo por tramo y por colores como se encuentra a nivel de regularidad superficial.

4.2.4. Del Índice de serviciabilidad Presente (PSI)

Para poder interpretar los resultados del PSI se recurrió al marco teórico a la tabla 3 que nos brinda una escala, a la tabla 4 y 6 que nos brindas descripciones y una escala de la condición funcional del pavimento y la tabla 7 que no indica la serviciabilidad final del pavimento.

Tabla 60.

Información utilizada de la tabla 7 para la interpretación del PSI.

MTC 2014 Manual de suelos geología, geotecnia y pavimentos		
Parámetro	Para	Valor Límite
Serviciabilidad Final	ESAL entre 3,000,001 - 5,000,000.	2.5

Fuente: Propia.

A nivel General

Para la carretera estudiada en su conjunto obtenemos que el PSI es 3.10 y 3.19 lo cual nos indica que aún no llega al valor límite de serviciabilidad final, pero requiere medidas de conservación.

Según la tabla 3: La serviciabilidad es Buena.

Según la tabla 4: En la escala pertenece a una serviciabilidad **Buena** y 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 signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de Ahuellamiento y fisuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un leve deterioro superficial, como desprendimientos y fisuras.

Según la tabla 6: Según la clasificación y relación entre los resultados obtenidos nos indica que la **condición funcional** de la carretera estudiada es **Buena**.

Tramo N°01-Pavimento Rígido

Se tiene que para el tramo comprendido entre Km 577+480 al Km 580+000, el promedio del PSI es 1.79 y 1.70, lo cual nos indica que ya bajó del límite establecido para una serviciabilidad final, es decir ha alcanzado la necesidad de algún tipo de rehabilitación o reconstrucción.

Según la tabla 3: La serviciabilidad es Mala

Según la tabla 4: En la escala pertenece a una serviciabilidad **Mala** y Los pavimentos de esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde pueden afectar la velocidad de tránsito de flujo libre. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconches de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.

Según la tabla 6: Según la clasificación y relación entre los resultados obtenidos nos indica que la **condición funcional** de la carretera estudiada es **Mala**

Tramo N°02-Pavimento Flexible

Para el tramo comprendido entre el Km 563+000 al Km 577+480, el promedio del PSI es 3.16 y 3.06, lo cual nos indica que aún no llega al límite del valor de serviciabilidad final, pero requiere medidas de conservación.

Según la tabla 3: La serviciabilidad es Buena.

Según la tabla 4: En la escala pertenece a una serviciabilidad **Buena** y 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 signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles muestran signos de Ahuellamientos y fisuración aleatoria.

Según la tabla 6: Según la clasificación y relación entre los resultados obtenidos nos indica que la **condición funcional** de la carretera estudiada es **Buena**.

Tramo N°03-Pavimento Flexible

Para el tramo comprendido entre el Km 550+000 al Km563+000, el promedio del PSI es 3.19 y 3.10, lo cual nos indica que aún no llega al valor límite de serviciabilidad final, pero requiere medidas de conservación.

Según la tabla 3: La serviciabilidad es Buena.

Según la tabla 4: En la escala pertenece a una serviciabilidad **Buena** y 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 signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de Ahuellamientos y fisuración aleatoria.

Según la tabla 6: Según la clasificación y relación entre los resultados obtenidos nos indica que la **condición funcional** de la carretera estudiada es **Buena**.

4.2.5. De las propuestas de Medidas correctivas para la Conservación

Para esta sección se tuvo que hacer un análisis de la condición funcional, es decir se analizó los valores del IRI y del PSI junto con la lista de inspección para determinar una propuesta de conservación para cada tramo, se observa que se plantean propuestas de conservación por tramos y no a nivel general, esto se debe a que cada tramo posee características diferentes de regularidad superficial, Serviciabilidad y condición funcional.

Podemos interpretar de las tablas 55, 56 y 57 que el tramo que necesita mayor cantidad de propuestas de medidas correctivas para la conservación es el Tramo N°01-Pavimento de Concreto, presentando así medidas correctivas a nivel de Reconstrucción o Rehabilitación. Mientras que el Tramo N°02-Pavimento flexible necesita medidas correctivas a nivel de conservación periódica y el Tramo N°03-Pav. Flexible necesita medidas correctivas a nivel de conservación periódica y conservación rutinaria.

4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

De acuerdo a los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis planteada, donde se establece que, **“Existe una relación entre conservación y regularidad superficial de la carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz-Recuay Km550+000 al Km580+000”**, debido a que, una vez obtenida la Regularidad superficial se pudo analizar, por medio del PSI, la condición funcional del pavimento y de esta forma con los resultados obtenidos se pudo plantear propuestas de conservación. Sí existe una relación entre las 2 variables y es por medio del cálculo del índice de serviciabilidad Presente.

4.4. DISCUSIÓN

- En esta investigación se muestra los resultados, los cuales resaltan las deducciones de trabajos previos en este tema, que guardan relación con lo que sostienen los autores (Martinez 2008), (Muñoz 2012), (HIRPAHUANCA 2016), (Rodriguez 1999), (Napaico 2019), (FERNANDEZ 2018); ellos concuerdan con que se puede establecer una **relación** entre regularidad superficial y conservación, llegan a concluir que se debe determinar solo el IRI y mediante rangos genéricos plantean medidas correctivas para el mantenimiento de la carretera; si bien concuerdan en

determinar una relación entre estas 2 variables llegan a diferenciarse un poco con respecto a esta investigación ya que en esta tesis se determinó la relación entre Regularidad superficial y conservación por medio del PSI para poder obtener la condición funcional y así establecer las propuestas que observamos en los resultados; es decir que no solo se calculó el IRI e inmediatamente se establecieron las medidas de conservación, sino, que también se realizó un inventario en base al PSI y, recién ahí, con esta variable interviniente obtuvimos las propuestas de conservación para la carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz-Recuay Km 550+000 al Km 580+000.

- En lo que respecta a la **determinación** del índice de regularidad internacional (IRI), este debe ser determinado por métodos que permitan obtener resultados confiables y relacionables con los métodos tradicionales de clase 1; los autores (VIDAL 2016), (Hirparhuanca 2016), (Almenara 2015), (QUISPE. 2016), (UDDIN 2015), concuerdan que, para obtener el IRI es necesario aplicar 2 métodos siempre y cuando uno de ellos sea relativamente nuevo(Método de clase 2/3-Roadroid) , pero más favorable a nivel dinámico, para poder así compararlo con un método de clase 1 y de esta manera obtener una similitud entre los IRI obtenidos; es decir el IRI se puede obtener con mayor ventaja y rendimiento con un método nuevo como es el Roadroid pero se tiene que establecer una correlación con lo obtenido por un método tradicional para así proseguir con el análisis de la normativa peruana. Es por ello que esta investigación guarda concordancia con los autores mencionados ya que se determina el IRI por el método Roadroid, pero también por el Método nivel y Mira; y esto se realiza para la carretera Pavimentada PE-3N Tramo Huaraz-Recuay en ambos carriles.
- En lo que respecta a identificar y **establecer tramos** de acuerdo a la variación de regularidad superficial, los autores (Napaico 2019), (FERNANDEZ 2018), (HIRPAHUANCA 2016), (Almenara 2015), (VIDAL 2016) concuerdan que, para dar una mejor solución y análisis en cuanto a la conservación del pavimento, es necesario identificar por sectores y tramos (variación del IRI) los pavimentos estudiados. Esta investigación se basó en establecer tramos de acuerdo a la variación de regularidad superficial, diferenciando los sectores de pavimento

rígido y pavimento flexible, para así poder realizar un estudio adecuado. También cabe recalcar que los manuales del MTC nos establecen rangos de variación del IRI; es por ello que esta tesis también tiene concordancia con la normativa peruana ya que se establecieron 3 tramos en función a la variación de la regularidad superficial de la carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz-Recuay Km 550+000 al Km 580+000, para así determinar qué medidas correctivas se deben tomar en cada tramo. Fue necesario también identificar dentro de los tramos cualquier aspecto que pudiese influir en la variación de la regularidad superficial, como fueron las singularidades.

- En lo que respecta a la **serviciabilidad** del pavimento como variable para conocer la condición funcional del pavimento, los autores (LLUNCOR y SALCEDO 2015), (FERNANDEZ 2018) concuerdan que, el cálculo de esta variable ayuda a la gestión de conservación vial y es una herramienta efectiva para saber qué acciones tomar en cada parte deteriorada de la carretera, concluyendo de esta forma el PSI enfoca en mantener una buena calidad de rodadura. Esta investigación concilia con lo mencionado ya que se determinó la serviciabilidad de la carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz-Recuay Km 550+000 al Km 580+000 usando el eIRI y el IRI en ambos carriles, para poder relacionar la regularidad superficial con la conservación. Cabe recalcar que adicionalmente se elaboró una lista de inspección en base al PSI obtenido, esta se usó como herramienta de apoyo para diagnosticar de manera adecuada la condición funcional del pavimento estudiado. Los manuales del MTC nos permitieron determinar la serviciabilidad de la carretera y de esta forma obtuvimos, con ayuda de la lista de inspección, las fallas/deterioros que presenta cada tramo. La serviciabilidad se estableció en esta tesis como una variable interviniente que nos permitió tener en cuenta más aspectos para la evaluación de la carretera, como nos indica el Manual de Suelos, geología, geotecnia y pavimentos el concepto de serviciabilidad presente nos relaciona la condición funcional con la estructural.
- En lo que respecta al **análisis de condición funcional** para determinar las propuestas de conservación, el autor (Muñoz 2012) nos indica que para las políticas de conservación de pavimentos no solo se debe de considerar el IRI, sino también se debe considerar otras variables como la condición estructural,

peligrosidad del camino, entre otras; en concordancia con esta investigación, la presente tesis también consideró (a parte del índice de regularidad internacional) el índice de serviciabilidad presente que nos permitió relacionar la condición funcional con la estructural y así determinar con mayor detalle las propuestas de medidas de conservación para la carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz-Recuay Km 550+000 al Km 580+000. Los autores (Napaico 2019), (QUISPE. 2016) establecen propuestas de mantenimiento directamente en función al IRI; en discordancia con estas investigaciones no solo se consideró el índice de regularidad internacional para establecerla condición funcional del pavimento, sino también se consideró el índice de serviciabilidad presente (PSI) que nos permitió analizar adecuadamente y con mayor cantidad de datos la condición funcional del pavimento para determinar las propuestas de conservación.

CONCLUSIONES

- Se determinó la existencia de una relación entre la conservación y la regularidad superficial de la carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz-Recuay Km 550+000 al Km 580+000, contrastando de esta manera la hipótesis planteada.
- Se determinó el índice de regularidad internacional de la carretera Pavimentada PE-3N Tramo Huaraz-Recuay en ambos carriles; para esto se utilizaron 2 métodos, el método Roadroid de clase 2/3 y el método Nivel y Mira de clase 1. Con el método Roadroid se obtuvo un eIRI promedio de 2.70 m/km en el carril de ida y de 2.59 m/km en el carril de vuelta; y con el método Nivel y Mira se obtuvo un IRI promedio de 2.88 m/km en el carril de ida y de 2.96 m/km en el carril de vuelta.
- Se establecieron tramos de acuerdo a la variación de regularidad superficial de la carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz-Recuay Km 550+000 al Km 580+000. Estos tramos son 3 en total; el tramo N°01 comprendido entre Km 577+480-Km 580+000 con presencia de pavimento rígido, el tramo N°02 desde Km 563+000 al Km 577+480 con pavimento flexible y el tramo N°03 desde el km 550+000 al Km 563+000 también con pavimento flexible.
- Se determinó la serviciabilidad de la carretera pavimentada PE-3N tramo Huaraz-Recuay Km 550+000 al Km 580+000. Con el eIRI se obtuvo un PSI promedio de 3.14 en el carril de ida y un PSI promedio de 3.23 en el carril de vuelta; mientras que con el IRI se obtuvo un PSI promedio de 3.05 en el carril de ida y un PSI promedio de 3.14 en el carril de vuelta.
- Se analizó la condición funcional del pavimento tomando en cuenta los valores del IRI, del PSI y considerando también la lista de inspección de fallas; concluyendo así que la condición funcional del primer tramo es “Mala” y es por ello que se propone medidas correctivas a nivel de Reconstrucción o Rehabilitación; el segundo tramo presenta una condición funcional “Buena” por eso se propone medidas correctivas a nivel de conservación periódica y el tercer tramo presenta una condición funcional “Buena” proponiendo así medidas correctivas a nivel de conservación rutinaria y conservación periódica.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar las mediciones en las madrugadas tanto para el método Roadroid con el método nivel y mira, ya que el tráfico vehicular afecta las mediciones, impide el manejo a una velocidad constante (aplicación Roadroid) y el manejo de equipos sobre la carretera (nivel y mira).
- Se recomienda establecer tramos de la carretera a estudiar ya que, esto nos permitirá un análisis más específico porque si se analiza solo a nivel global se encontrará un promedio que en sí no representa las características que poseen ciertos sectores.
- Es recomendable obtener una variable adicional al IRI para que, al momento de relacionarlo con las medidas de conservación, esta relación resulte adecuada para la carretera estudiada.
- Se recomienda al ministerio de Transportes y comunicaciones tener en cuenta las propuestas de conservación planteadas en la presente tesis, para que de esta forma se pueda realizar más estudios que incluyan la relación entre las variables presentadas y se pueda encontrar soluciones técnicas más apropiadas, en beneficio de todos los usuarios de la vía.

BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO. *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. Whashington DC., 1993.
- Almanza, Mendoza Diego Arthur. “*EVALUACIÓN DEL MODELO “QUARTER CAR” PARA LA ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL (IRI) DEL TRAMO HUANCAVELICA - SANTA INÉS*”. Tesis de Pregrado., Puno: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, 2014.
- Almenara, Carlos Cueto. *APLICACIÓN DE TELEFONOS INTELIGENTES PARA DETERMINAR LA RUGOSIDAD DE PAVIMENTOS URBANOS EN LIMA*. LIMA: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU, 2015.
- ASTM E867-06. *E867-06*. American Society for Testing and Materials, 2012.
- BADILLA, GUSTAVO VARGAS, FABIAN ARRIETA ELIZONDO, and ROY JIMENEZ BARRANTES. *DETERMINACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO DE ENSAYO PARA EL CÁLCULO DEL IRI*. COSTA RICA: LANAMME. UNIVERSIDAD DE COSTA RICA, 2008.
- Del Águila Rodríguez, Pablo. “Metodología para la determinación de la Rugosidad de los pavimentos con equipos de bajo costo y gran precisión.” In *Ponencia presentada al X Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto*. Sevilla, España, 1999, Lima., 1999.
- DGIP & MEF, Viceministerio de economía. *Pautas metodológicas para el uso y aplicación del HDM-4 en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de transportes*. Perú.: Ministerio de Economía y Finanzas-DGIP, 2015.
- Fallas, Jorge. “Correlación lineal.” *ucipfg.com*. 2012. *ucipfg.com* (accessed Febrero 27, 2020).
- Fernandez Collado, Carlos, and Pilar Baptista Lucio. “Diseño de Investigación.” In *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill Education, 2014.
- Fernandez, Valero Yony. In *Aplicación del sistema de gestión de pavimentos para mejorar la conservación y serviciabilidad del pavimento*. Universidad Nacional del Antiplano., 2018.

- FERNANDEZ, VALERO Yony. In *Aplicación del sistema de gestión de pavimentos para mejorar la conservación y serviciabilidad del pavimento*. Universidad Nacional del Antiplano., 2018.
- Forslof, and Lars. “Referencias de Roadroid.” Suecia., 2012.
- Gutierrez, Tracy, and Mario Arce. *ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL*. Costa Rica: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LANAMME, 2004.
- Hernandez, Sampieri. *Metodología de la Investigación*. Sexta edición, México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA, 2014.
- HIRPAHUANCA, DEYSE LAURA. “DETERMINACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERACUSCO-URCOS, USANDO TELÉFONOS INTELIGENTES Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN-2016.” CUSCO, 2016.
- Hirparhuanca, Deyse Laura. “DETERMINACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA REGULARIDAD SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERACUSCO-URCOS, USANDO TELÉFONOS INTELIGENTES Y EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN-2016.” CUSCO, 2016.
- IMT, Instituto Mexicano del Transporte. “ÍNDICE INTERNACIONAL DE RUGOSIDAD EN LA RED CARRETERA DE MEXICO.” *Publicación Técnica No.108*, 1998.
- International, ASTM. ““Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements”.” *ASTM E1926*, 2009.
- Larsof. *Roadroid*. 20 01 2019.
<http://www.roadroid.com/common/References/Roadroid%20User%20Guide%20-%20Version%202%20Pro.pdf>.
- LLUNCOR, GALLO Robert, and BARRIOS Richard SALCEDO. “Propuesta de gestión paramantener la Rugosidad dentro de los niveles de servicio del contrato de concesión.” Lima-Perú: Universidad Ricardo Palma. Facultad de Ingeniería., 2015.
- Martinez Obando, Pedro Nicolás. “Definición de un índice de Rugosidad Intensivo de pavimentos orientado a mantenimiento.” Chile: Universidad de Chile-Departamento de Ingeniería Civil, 2008.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC. “Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura.” Lima, 2018.
- MORENO, CELICIANO PATRICIA. *DISEÑO DE VÍAS DE COMUNICACIÓN*. 13 01 2019. <https://topoviasdecomunicacion.files.wordpress.com>.
- MTC. “*Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial*”. Perú: Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2016.
- MTC. “EG-2013.” In *Especificaciones Técnicas Generales para la construcción*, by Ministerio de transportes y comunicaciones, 506-520. Perú, -.
- MTC. “Glosario de términos.” In *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018.*, by Ministerio de Transporte y Comunicaciones., 10-12. 2018.
- MTC. “Metodología Específica "Ficha técnica estándar, Instructivo y Líneas de corte para la Formulación y evaluación de Proyectos de Inversión en Carreteras Interurbanas.” In *Resolución Ministerial*, 15-18. 2018.
- MTC. “Sección Suelos y Pavimentos.” In *MANUAL DE CARRETERAS: SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS*, by Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2014.
- Mundial, Banco. “Publicaciones técnicas N°45 y N°46.” *Paterson, Sayers y Gillespie*, 1986.
- Muñoz Suarez, Sebastian Andres. *Optimización de Políticas de conservación de pavimentos asfálticos en la zona central de Chile*. Chile: Universidad de Chile-Departamento de Ingeniería civil, 2012.
- Napaico Santillán, Karla Isabel. “Aplicación del Índice de Rugosidad Internacional "IRI" en la gestión de conservación vial urbana.” Huancayo: Universidad Peruana Los Andes, 2019.
- PRADERA, Miguel MAURICIO. *Análisis de Regularidad Superficial en Caminos Pavimentados*. Revista de la Construcción., Concepción.: Departamento de Ingeniería Civil Universidad de Concepción, 2006.
- QUISPE., Jaime Emilio Napoleón SACHÚN. “*Estudio del Índice de Rugosidad Internacional de la Panamericana Norte-Zona Trujillo, para su mantenimiento.*”. Tesis para obtener el grado de maestro en Transportes y conservación Vial., Trujillo.: Universidad Privada Antenor Orrego., 2016.
- Rivera, Caro F., and Castro G.A. Peña. “Análisis y criterios para el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en vías urbanas colombianas que orientes la elaboración de una especificación técnica.” 57-72. Inteknia, 2012.

- Rodriguez, Pablo Del Águila. “Experiencias y resultados obtenidos en la evaluación de la rugosidad de más de 3000km de pavimentos en el Perú y otros países.” In *X Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto*, (1-2). Sevilla, España, 1999.
- SANCHEZ, Ignacio, and HERNAN SOLMINIHAC. “El IRI: un indicador de la regularidad superficial.” *Revista de Ingeniería de Construcción*, 1989.
- SAYERS, M.W, T.D GILLESPIE, and A.V QUEIROZ. *The International Road Roughness Experiment: A Basis for Establishing a Standard Scale for*. BANCO MUNDIAL, 1982.
- SCT, Secretaría de Comunicaciones y transporte. “Evaluación de Pavimentos. Determinación del índice de Regularidad Internacional (IRI).” In *CSV. CONSERVACIÓN. CAR. CARRETERAS.*, by SCT-México, 30. México, 2016.
- STC, Secretaría de Transportes y Comunicaciones. “LIBRO BLANCO.” *Programa de Reconstrucción y Conservación de Carreteras*, 2018.
- Transtec, The Transtec Group. *ProVAL guía del usuario*. Traducción, Instituto Boliviano del cemento y Hormigón, 2010.
- UDDIN, MOHAMMED JUNAID. «Pavement performance measures using Android based smartphone application.» Tesis, India, 2015.
- UNPRG. *Informe de Rugosidad en paavimentos*. Escuela profesional de Ingeniería Civil.: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2017.
- VIDAL, ASENCIOS David. “Medición y comparación de larugosidad en pavimentos de la ciudad de Huánuco: Mediante Smartphone y método tradicional.” Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.
- Vila, Alicia, Máximo Sedano, Ana López, and Ángel A. Juan. *UOC*. 2014. www.uoc.edu (accessed Febrero 28, 2020).

ANEXOS

Anexo 01: Panel fotográfico del proceso de recolección de datos y lista de Inspección.

Anexo 02: Ficha de recolección/obtención de datos, Hojas de cálculo PSI y Análisis estadísticos detallados.

Anexo 03: Hojas de cálculo del Análisis de tráfico vehicular y ESAL de diseño

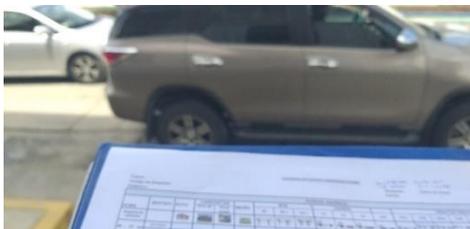
Anexo 04: Planos

**Anexo 01: Panel fotográfico del proceso de recolección de
datos y lista de Inspección.**

**PANEL FOTOGRÁFICO DE LOS
PROCESOS REALIZADO PARA LA
TOMA DE DATOS**



Fotografía 1. Instalación del dispositivo para la toma de datos por el método Roadroid.



Fotografía 2. Conteo vehicular realizado con los formatos de la normativa peruana.



Fotografía 3. Camión C3 transitando mientras se realizaba el conteo vehicular.



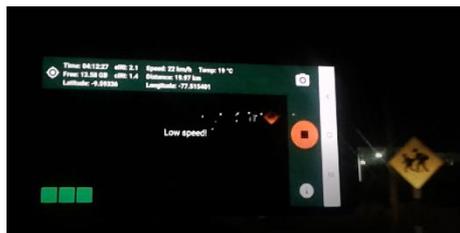
Fotografía 4. Semi Trayler 3S3 transitando durante el conteo. Fuente: Propia.



Fotografía 5. Semi Trayler 3S3 transitando por la carretera en estudio.



Fotografía 6. Semi Trayler 3S2 transitando por la carretera en estudio. Fuente: Propia.



Fotografía 7. Dispositivo celular recopilando información en recorrido vehicular.



Fotografía 8. Visualización de la carretera estudiada desde el interior del vehículo

Ficha 5. Lista de Inspección que complementa al Ítem 4.1.5.

<u>LISTA DE INSPECCIÓN</u>	
<u>FALLAS Y DETERIOROS</u>	
 <p style="text-align: right; color: red; font-size: small;">27/10/2019</p>	 <p style="text-align: right; color: red; font-size: small;">27/10/2019</p>
<p>Foto 1: Tramo N°01 - Km 579+800 al Km580+000- Podemos apreciar desnivel entre losas gravedad 1, y distintos tipo de fisuras ramificadas.</p>	<p>Foto2: Tramo N°01-Ubicación km579+900. Presencia de Fisuras oblicuas, transversales de gravedad 2. Fisuras ramificadas</p>
 <p style="text-align: left; color: red; font-size: small;">27/10/2019</p>	 <p style="text-align: left; color: red; font-size: small;">27/10/2019</p>
<p>Foto 3: Tramo N°01, ubicación km579+900. Presencia de reparaciones continuas debido a las instalaciones de servicios basicos.</p>	<p>Foto 4: Tramo N°01, ubicación Km578+650. Presenta deterioros y fallas tipo Fisura de esquina gravedad 2.</p>
 <p style="text-align: right; color: red; font-size: small;">27/10/2019</p>	 <p style="text-align: right; color: red; font-size: small;">27/10/2019</p>
<p>Foto 5: Tramo N°01, ubicación km 578+100. Fallas de tipo fisuras oblicuas y transversales gravedad 2.</p>	<p>Foto 6: Tramo N°01, ubicación km578+600- inicio de puente. Presencia de despostillamiento de juntas gravedad 1.</p>



Foto 7: Tramo N°01, ubicación km577+680. Ligera presencia de desintegración de juntas.



Foto 8: Tramo N°02, ubicación km577+460. Presencia de peladura-desprendimiento superficial de gravedad 1.



Foto 9: Tramo N°02-Ubicación km577+280. Presencia de Baches rellenados con tierra y peladuras de gravedad 3.



Foto 10: Tramo N°02-ubicación km577+690- Presencia de baches (huecos) de gravedad 2 y 3.



Foto 11: Tramo N°02, ubicación Km577+570. Presencia de desprendimiento superficial nivel 2 y baches rellenados con tierra gravedad 2.



Foto 12: Tramo N°02, ubicación Km577+565. Presencia de desprendimiento superficial gravedad 3 y baches rellenados con tierra gravedad 3.

LISTA DE INSPECCIÓN

FOTOGRAFÍAS DEL RECORRIDO-SINGULARIDADES-CARACTERÍSTICAS



Foto 23: Hito de kilometraje referencial para la toma de datos ya que el Hito de kilometraje 580 no se encuentra en la carretera.



Foto 24: Kilometro 580+000 intersección de la avenida confraternidad internacional oeste con av. Centenario.

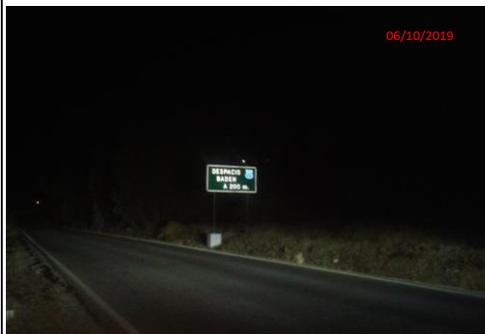


Foto 25: Kilometro 550+000 Recuay-toma de datos de madrugada imagen final del recorrido.



Foto 26: Hito de Kilometraje que nos definió el final de nuestra carretera pavimentada estudiada.



Foto 27: Tramo N°03-Presencia de un desgaste mínimo en la carretera.



Foto 28: Tramo N°03-Punto de referencia a falta de Hitos de Kilometraje-Gasolinera.

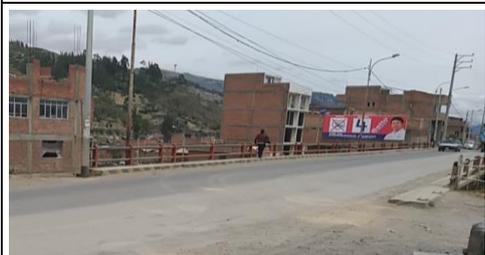


Foto 29: Tramo N°02-Presencia de singularidades, en este caso el puente Tacllan.



Foto 30: Tramo N°03-Singularidad presente puente Bailey.

Nota. Para la ficha se tuvo en cuenta un resumen de las fotografías realizadas, y se muestran las fallas y deterioros más resaltantes que se repiten a lo largo del recorrido. Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 02: Datos recolectados-obtenidos, PSI y Análisis estadísticos
detallados.**

Ficha 6. Ficha de datos obtenidos con el método Roadroid.

MÉTODO ROADROID TRAMO DE IDA HUARAZ-RECUAY KM 580+000 AL KM 550+000 - eIRI promedio cada 100metros											
eIRI-sensitivity: 1.5 eIRI-sensitivity 1											
N°dato	DateTime	Latitude	Longitude	Distance(m)	Speed (km/h)	Altitude (m)	Grade (%)	eIRI	cIRI	RoadId	
1	06/10/2019 3:00:51	-951,926,048,398,195	-775,331,230,068,507	100	27,48	3063,07	0,82	6.1	2.83	Huaraz-Recuay	
2	06/10/2019 3:01:08	-952,026,249,527,965	-775,331,118,955,525	200	30,21	3061,95	-1,13	5.39	4.6	Huaraz-Recuay	
3	06/10/2019 3:01:19	-952,107,018,090,351	-775,331,126,716,918	300	27,09	3061,37	-0,58	6.25	4.56	Huaraz-Recuay	
4	06/10/2019 3:01:32	-952,196,372,817,879	-775,330,938,576,913	400	31,36	3061,83	0,46	5.9	5.6	Huaraz-Recuay	
5	06/10/2019 3:01:44	-952,295,897,504,826	-775,330,810,962,322	500	29,51	3060,85	-0,97	6.1	7	Huaraz-Recuay	
6	06/10/2019 3:01:56	-952,387,358,556,136	-775,329,992,691,731	600	29,51	3061,06	0,2	5.3	3.8	Huaraz-Recuay	
7	06/10/2019 3:02:08	-952,470,598,336,948	-775,329,660,442,797	700	32,79	3060,65	-0,41	5.2	4.15	Huaraz-Recuay	
8	06/10/2019 3:02:18	-952,555,914,624,027	-77,532,989	800	35,34	3057,36	-3,29	6.32	6.114	Huaraz-Recuay	
9	06/10/2019 3:02:28	-952,639,824,697,984	-775,329,549,728,096	900	40,34	3059,11	1,76	5.26	7.25	Huaraz-Recuay	
10	06/10/2019 3:02:38	-952,747,705,368,901	-775,328,055,173,738	1000	34,71	3064,17	5,05	5.11	8.09	Huaraz-Recuay	
11	06/10/2019 3:02:48	-952,835,576,032,083	-77,532,696,369,622	1100	32,9	3067,34	3,17	6.16	6.78	Huaraz-Recuay	
12	06/10/2019 3:02:59	-95,292,320,795,538	-775,325,905,137,074	1200	28,55	3070,83	3,49	4.59	2.98	Huaraz-Recuay	
13	06/10/2019 3:03:15	-953,017,620,289,031	-775,324,946,642,522	1300	37,52	3072,78	1,94	6.19	6.53	Huaraz-Recuay	
14	06/10/2019 3:03:24	-953,094,982,401,614	-775,323,980,781,361	1400	32,19	3073,57	0,8	4.62	4.53	Huaraz-Recuay	
15	06/10/2019 3:03:35	-953,180,746,368,894	-775,322,848,433,483	1500	23,6	3072,27	-1,3	4.88	2.87	Huaraz-Recuay	
16	06/10/2019 3:03:44	-953,275,890,289,603	-775,320,312,668,422	1600	31,9	3068,81	-3,46	5.53	5.48	Huaraz-Recuay	
17	06/10/2019 3:04:05	-95,336,834,109,407	-775,320,348,341,589	1700	37,38	3064,99	-3,82	5.99	8.19	Huaraz-Recuay	
18	06/10/2019 3:04:14	-953,447,185,355,079	-775,320,133,273,048	1800	31,41	3062,77	-2,22	5.37	7.3	Huaraz-Recuay	
19	06/10/2019 3:04:26	-953,542,515,012,255	-775,320,100,212,469	1900	35,03	3062,95	0,18	5.86	7.34	Huaraz-Recuay	
20	06/10/2019 3:04:36	-953,629,541,022,922	-775,320,117,035,908	2000	32,07	3062,8	-0,15	5.43	5.44	Huaraz-Recuay	
21	06/10/2019 3:04:51	-953,720,474,139,262	-77,531,995,682,205	2100	33,69	3063,94	1,15	5.34	4.96	Huaraz-Recuay	
22	06/10/2019 3:05:02	-953,823,318,307,421	-775,319,750,557,807	2200	37,86	3066,6	2,65	6.09	7.26	Huaraz-Recuay	
23	06/10/2019 3:05:11	-953,901,568,006,975	-775,319,140,391,148	2300	30,13	3069,24	2,65	4.69	4.98	Huaraz-Recuay	
24	06/10/2019 3:05:26	-953,995,520,800,383	-775,318,582,296,999	2400	33,13	3071,51	2,27	5.16	5.99	Huaraz-Recuay	
25	06/10/2019 3:05:37	-954,090,005,080,974	-775,318,236,953,112	2500	33,09	3073,24	1,72	4.58	3.78	Huaraz-Recuay	
26	06/10/2019 3:05:48	-954,178,163,334,425	-775,319,229,483,393	2600	26,76	3072,03	-1,2	4.62	4.65	Huaraz-Recuay	
27	06/10/2019 3:06:00	-954,224,446,787,546	-775,326,058,399,009	2700	27,77	3070,12	-1,91	4.45	1.92	Huaraz-Recuay	
28	06/10/2019 3:06:16	-954,274,491,932,448	-775,334,369,796,399	2800	26,31	3069,45	-0,67	8.64	3.51	Huaraz-Recuay	
29	06/10/2019 3:06:31	-954,342,618,515,677	-775,340,344,381,715	2900	34,62	3066,27	-3,18	8.45	7.1	Huaraz-Recuay	
30	06/10/2019 3:06:41	-954,426,416,370,935	-775,343,449,682,609	3000	37,62	3063,94	-2,33	2.8	2.85	Huaraz-Recuay	
31	06/10/2019 3:06:50	-954,501,725,423,853	-775,346,492,388,612	3100	40,1	3065,48	1,54	4.75	5.36	Huaraz-Recuay	
32	06/10/2019 3:06:59	-954,585,275,411,022	-775,350,467,209,484	3200	39,64	3067,55	2,06	4.19	2.99	Huaraz-Recuay	
33	06/10/2019 3:07:08	-954,665,263,715,238	-775,354,470,003,856	3300	41,64	3068,69	1,14	2.2	3.61	Huaraz-Recuay	
34	06/10/2019 3:07:17	-954,750,771,591,612	-775,358,928,333,367	3400	39,69	3069,58	0,88	5.04	2.9	Huaraz-Recuay	
35	06/10/2019 3:07:26	-954,831,575,843,811	-775,363,136,395,299	3500	40,29	3069,91	0,34	7.6	5.21	Huaraz-Recuay	
36	06/10/2019 3:07:35	-954,913,233,909,196	-775,367,217,141,824	3600	38,85	3071,06	1,15	1.83	3.25	Huaraz-Recuay	
37	06/10/2019 3:07:44	-954,991,730,465,508	-77,537,008,994,754	3700	29,59	3072,58	1,52	4.58	3.29	Huaraz-Recuay	
38	06/10/2019 3:07:58	-955,086,342,227,594	-775,370,144,045,509	3800	33,09	3076,05	3,48	4.2	2.91	Huaraz-Recuay	
39	06/10/2019 3:08:09	-955,180,023,528,823	-775,369,796,662,262	3900	30,82	3076,86	0,81	2.39	1.81	Huaraz-Recuay	
40	06/10/2019 3:08:23	-95,526,591,481,882	-775,369,614,680,941	4000	35,44	3078,62	1,76	3.44	2.78	Huaraz-Recuay	
41	06/10/2019 3:08:33	-955,353,678,097,003	-775,370,341,093,017	4100	34,95	3082,1	3,48	2.74	3.39	Huaraz-Recuay	
42	06/10/2019 3:08:43	-955,429,603,211,814	-775,374,285,294,292	4200	36,58	3084,93	2,82	1.7	2.24	Huaraz-Recuay	
43	06/10/2019 3:08:53	-955,519,974,608,365	-775,376,114,559,512	4300	37,5	3087,24	2,32	1.75	2.42	Huaraz-Recuay	
44	06/10/2019 3:09:03	-955,608,896,854,401	-775,380,544,861,154	4400	35,9	3089,76	2,52	1.81	2.51	Huaraz-Recuay	
45	06/10/2019 3:09:13	-955,689,045,312,237	-775,385,124,730,098	4500	42,15	3089,36	-0,4	1.44	2.63	Huaraz-Recuay	
46	06/10/2019 3:09:21	-955,757,445,914,935	-77,538,821,913,707	4600	37,69	3089,38	0,02	2.03	2.49	Huaraz-Recuay	
47	06/10/2019 3:09:31	-955,854,315,851,727	-775,390,693,126,232	4700	40,78	3089,01	-0,37	1.64	2.65	Huaraz-Recuay	
48	06/10/2019 3:09:40	-955,948,886,139,135	-775,392,417,119,011	4800	39,41	3089,8	0,79	1.43	1.96	Huaraz-Recuay	
49	06/10/2019 3:09:49	-956,034,860,807,772	-775,392,109,447,202	4900	38,48	3090,78	0,98	1.65	2.35	Huaraz-Recuay	
50	06/10/2019 03:09:58	-956,115,654,419,266	-775,391,352,454,111	5000	37,15	3091,25	0,47	1.49	1.94	Huaraz-Recuay	
51	06/10/2019 03:10:08	-956,211,772,359,186	-775,391,175,030,044	5100	37,67	3089,6	-1,65	2.56	2.51	Huaraz-Recuay	
52	06/10/2019 03:10:17	-956,293,095,894,056	-775,391,099,084,864	5200	38,49	3089,11	-0,49	1.93	2.24	Huaraz-Recuay	
53	06/10/2019 03:10:27	-95,639,590,849,213	-775,390,889,064,887	5300	37,99	3090,3	1,19	2.69	2.99	Huaraz-Recuay	
54	06/10/2019 03:10:36	-956,476,445,902,325	-775,388,752,536,005	5400	36,79	3094,49	4,19	5.71	3.27	Huaraz-Recuay	
55	06/10/2019 03:10:46	-956,552,607,049,759	-775,383,301,673,908	5500	34,83	3098,27	3,78	2.64	2.98	Huaraz-Recuay	
56	06/10/2019 3:10:56	-956,619,354,417,746	-77,537,811,459,358	5600	33	3102,85	4,58	1.47	1.91	Huaraz-Recuay	
57	06/10/2019 3:11:07	-956,687,908,487,078	-775,372,144,514,939	5700	35,72	3108,12	5,27	2.11	2.15	Huaraz-Recuay	
58	06/10/2019 03:11:17	-956,755,621,545,615	-775,365,771,832,558	5800	37,1	3112,81	4,69	2.78	3.71	Huaraz-Recuay	
59	06/10/2019 03:11:27	-956,829,565,904,986	-77,535,896,395,871	5900	39,44	3115,32	2,51	1.71	2.56	Huaraz-Recuay	
60	06/10/2019 03:11:36	-956,896,717,426,454	-775,353,015,102,337	6000	41,5	3114,85	-0,48	1.76	2.2	Huaraz-Recuay	
61	06/10/2019 03:11:44	-956,963,338,338,703	-775,348,842,277,983	6100	44,61	3114,11	-0,74	1.34	1.65	Huaraz-Recuay	
62	06/10/2019 3:11:52	-957,038,372,594,312	-775,344,145,897,193	6200	40,83	3114,54	0,44	1.67	2.16	Huaraz-Recuay	
63	06/10/2019 3:12:01	-957,110,555,050,844	-775,338,530,551,546	6300	35,44	3116,49	1,95	1.58	2.4	Huaraz-Recuay	
64	06/10/2019 3:12:12	-957,152,007,171,583	-775,329,068,386,394	6400	33,53	3117,59	1,1	1.71	2.07	Huaraz-Recuay	
65	06/10/2019 3:12:22	-957,194,958,959,996	-775,322,857,188,299	6500	28,37	3120,32	2,73	3.73	1.65	Huaraz-Recuay	
66	06/10/2019 3:12:37	-957,282,887,042,904	-77,531,724,405,464	6600	34,17	3122,73	2,41	3.71	2.19	Huaraz-Recuay	
67	06/10/2019 3:12:47	-957,350,794,807,928	-775,313,194,782,341	6700	33,2	3124,77	2,04	3.39	2.6	Huaraz-Recuay	
68	06/10/2019 3:12:58	-957,430,011,584,189	-77,530,696,756,032	6800	41,25	3128,02	3,24	2.78	2.46	Huaraz-Recuay	
69	06/10/2019 3:13:06	-957,489,322,442,363	-775,302,168,600,653	6900	39,4	3129,17	1,16	2.05	3.06	Huaraz-Recuay	
70	06/10/2019 3:13:16	-957,591,653,700,811	-775,299,745,330,007	7000	41,38	3132,42	3,25	2.62	4.4	Huaraz-Recuay	
71	06/10/2019 3:13:24	-957,662,860,225,364	-775,302,252,013,988	7100	39,07	3136,65	4,22	3.55	4.25	Huaraz-Recuay	
72	06/10/2019 3:13:34	-957,735,830,045,451	-775,309,200,482,279	7200	36,81	3140,93	4,28	3.28	4.69	Huaraz-Recuay	
73	06/10/2019 3:13:44	-957,824,085,674,461	-775,311,275,177,454	7300	36,4	3141,75	0,83	3.06	3.47	Huaraz-Recuay	
74	06/10/2019 3:13:53	-957,879,916,584,145	-77,530,665,672,362	7400	38,26	3140,83	-0,93	1.98	2.82	Huaraz-Recuay	
75	06/10/2019 3:14:03	-95,787,627,658,106	-775,296,512,974,318	7500	38,46	3139,91	-0,92	1.9	2.01	Huaraz-Recuay	
76	06/10/2019 3:14:12	-95,786,756,293,028	-775,288,426,311,606	7600	39,25	3140,48	0,57	2.5	2.03	Huaraz-Recuay	
77	06/10/2019 3:14:21	-957,903,631,852,681	-775,279,793,166,141	7700	43,76	3142,03	1,55	3.93	2.91	Huaraz-Recuay	
78	06/10/2019 3:14:29	-957,942,493,903,558	-775,272,241,219,289	7800	40	3143,48	1,46	2.19	2.66	Huaraz-Recuay	
79	06/10/2019 3:14:38	-957,996,088,255,501	-77,526,490,560,711	7900	43,81	3144,02	0,54	2.42	3.69	Huaraz-Recuay	
80	06/10/2019 3:14:46	-958,077,039,789,163	-775,260,571,618,246	8000	42,23	3144,49	0,47	3.03	2.18	Huaraz-Recuay</	

101	06/10/2019 03:18:10	-95,948,267,886,975	-775,141,679,124,778	10100	38,49	3162,8	-0,67	2.12	2.88	Huaraz-Recuay
102	06/10/2019 03:18:19	-959,545,051,956,066	-775,136,296,750,895	10200	41,37	3164,06	1,26	1.7	2.27	Huaraz-Recuay
103	06/10/2019 3:18:27	-959,613,833,065,544	-775,131,871,698,481	10300	41,93	3164,16	0,09	2.66	3.99	Huaraz-Recuay
104	06/10/2019 3:18:36	-959,699,627,096,728	-775,127,311,526,885	10400	37,25	3165,05	0,9	1.72	2.34	Huaraz-Recuay
105	06/10/2019 03:18:46	-959,765,067,816,019	-775,120,328,970,036	10500	37,55	3166,03	0,98	2.02	3.23	Huaraz-Recuay
106	06/10/2019 03:18:55	-959,816,539,823,036	-775,114,627,832,417	10600	32,18	3166,79	0,75	2.34	3.24	Huaraz-Recuay
107	06/10/2019 03:19:07	-959,916,034,174,515	-775,112,756,717,395	10700	30,46	3169,29	2,5	1.93	1.81	Huaraz-Recuay
108	06/10/2019 3:19:20	-960,005,116,775,008	-775,113,656,857,989	10800	35,66	3171,36	2,07	3.24	3.57	Huaraz-Recuay
109	06/10/2019 03:19:30	-960,098,867,680,542	-775,111,699,471,038	10900	40,29	3170,81	-0,55	2.26	3.19	Huaraz-Recuay
110	06/10/2019 03:19:39	-960,186,486,575,576	-775,108,994,144,164	11000	42,33	3171,43	0,62	2.19	3.76	Huaraz-Recuay
111	06/10/2019 3:19:47	-960,264,432,419,548	-77,510,831,153,492	11100	43,55	3175	3,57	2.28	3.32	Huaraz-Recuay
112	06/10/2019 03:19:55	-960,352,028,571,483	-775,107,545,934,065	11200	41,9	3176,61	1,61	2.06	3.08	Huaraz-Recuay
113	06/10/2019 03:20:04	-960,439,185,724,773	-775,103,426,409,504	11300	35,93	3180,86	4,25	2.37	3.74	Huaraz-Recuay
114	06/10/2019 3:20:14	-9,605,155,574,619	-775,098,565,630,871	11400	31,05	3184,59	3,73	2.83	3.02	Huaraz-Recuay
115	06/10/2019 3:20:25	-960,595,074,545,582	-775,096,122,028,599	11500	35,12	3189,5	4,91	2.76	3.86	Huaraz-Recuay
116	06/10/2019 3:20:36	-960,693,664,579,032	-775,093,288,533,376	11600	30,03	3193,4	3,9	5.49	3.82	Huaraz-Recuay
117	06/10/2019 3:20:47	-960,754,100,233,473	-775,089,249,983,537	11700	41,11	3193,72	0,32	2.11	3.01	Huaraz-Recuay
118	06/10/2019 3:20:56	-960,845,153,706,852	-775,084,969,165,115	11800	45,02	3194,17	0,45	2.49	4.65	Huaraz-Recuay
119	06/10/2019 3:21:04	-960,928,031,872,025	-77,508,395,732,051	11900	37,07	3198,65	4,49	2.1	3.45	Huaraz-Recuay
120	06/10/2019 3:21:14	-961,022,678,488,035	-775,083,102,335,587	12000	37,33	3202,93	4,28	3.62	4.95	Huaraz-Recuay
121	06/10/2019 3:21:24	-961,117,697,612,079	-775,082,210,240,773	12100	34,46	3206,23	3,3	2.6	3.29	Huaraz-Recuay
122	06/10/2019 3:21:34	-961,199,864,714,361	-775,081,366,446,999	12200	38,88	3208,51	2,28	3.8	4.17	Huaraz-Recuay
123	06/10/2019 3:21:43	-961,285,839,816,421	-775,079,763,837,183	12300	42,18	3210,57	2,07	2.47	3.32	Huaraz-Recuay
124	06/10/2019 3:21:52	-961,381,998,428,528	-775,076,334,547,524	12400	40,7	3211,6	1,03	2	3.07	Huaraz-Recuay
125	06/10/2019 3:22:01	-961,468,237,531,996	-775,073,136,649,857	12500	43,29	3211,89	0,29	2.26	2.6	Huaraz-Recuay
126	06/10/2019 3:22:09	-961,547,168,358,171	-775,070,201,844,351	12600	31,71	3213,92	2,03	2.42	2.65	Huaraz-Recuay
127	06/10/2019 3:22:22	-961,638,590,714,435	-775,066,917,020,402	12700	36,11	3218,19	4,27	2.28	3.23	Huaraz-Recuay
128	06/10/2019 3:22:31	-961,709,479,417,587	-7,750,642,802,272	12800	32,93	3220,98	2,79	3.23	3.18	Huaraz-Recuay
129	06/10/2019 3:22:43	-961,806,147,775,706	-775,060,648,987,746	12900	32,92	3222,21	1,23	3.52	3.62	Huaraz-Recuay
130	06/10/2019 3:22:53	-96,187,466,320,424	-7,750,575,561,626	13000	41,45	3225,55	3,34	4.21	4.89	Huaraz-Recuay
131	06/10/2019 3:23:02	-961,952,863,108,246	-77,505,124,997,775	13100	39,7	3230,78	5,23	2.76	4.27	Huaraz-Recuay
132	06/10/2019 3:23:11	-962,015,736,868,896	-775,045,636,615,472	13200	35,71	3235,53	4,75	3.84	5.02	Huaraz-Recuay
133	06/10/2019 3:23:21	-962,097,346,331,569	-775,041,812,146,737	13300	34,32	3242,48	6,95	3.95	3.71	Huaraz-Recuay
134	06/10/2019 3:23:32	-962,184,301,479,462	-775,036,941,511,087	13400	35	3249,24	6,76	3.17	3.2	Huaraz-Recuay
135	06/10/2019 3:23:42	-96,220,761,741,431	-775,028,693,286,076	13500	38,91	3250,6	1,37	2.17	2.71	Huaraz-Recuay
136	06/10/2019 3:23:51	-962,278,635,107,045	-77,502,306,648,819	13600	42,24	3252,78	2,18	1.64	2.17	Huaraz-Recuay
137	06/10/2019 3:24:00	-962,362,580,822,355	-775,017,716,007,356	13700	41,68	3255,76	2,99	1.75	2.4	Huaraz-Recuay
138	06/10/2019 3:24:08	-962,420,708,062,431	-775,012,702,905,465	13800	40,82	3258,03	2,27	1.63	2.53	Huaraz-Recuay
139	06/10/2019 3:24:17	-962,489,541,538,281	-775,006,525,011,607	13900	39,09	3259,53	1,49	1.72	2.15	Huaraz-Recuay
140	06/10/2019 3:24:26	-962,556,750,370,303	-775,000,644,155,561	14000	42,13	3258,35	-1,18	1.52	2.05	Huaraz-Recuay
141	06/10/2019 3:24:34	-962,619,622,365,217	-774,995,219,922,864	14100	43,56	3256,38	-1,97	3.8	6.47	Huaraz-Recuay
142	06/10/2019 3:24:43	-96,270,854,035,084	-774,989,654,559,597	14200	39,74	3253,03	-3,35	3.15	5.82	Huaraz-Recuay
143	06/10/2019 3:24:52	-96,278,479,800,905	-774,985,660,772,851	14300	39,09	3250,41	-2,62	2.49	2.07	Huaraz-Recuay
144	06/10/2019 03:25:01	-962,861,221,047,764	-774,981,646,257,559	14400	39,52	3247,6	-2,82	3.78	2.5	Huaraz-Recuay
145	06/10/2019 03:25:10	-962,940,940,048,719	-774,977,419,307,825	14500	40,72	3244,54	-3,06	1.41	1.93	Huaraz-Recuay
146	06/10/2019 03:25:19	-963,027,117,492,515	-774,973,433,389,445	14600	44,93	3241,79	-2,75	2.19	2.52	Huaraz-Recuay
147	06/10/2019 03:25:27	-963,114,943,654,092	-774,971,038,111,178	14700	45,62	3242,01	0,22	2.56	4.6	Huaraz-Recuay
148	06/10/2019 03:25:35	-963,202,057,900,216	-774,969,292,077,122	14800	39,07	3240,4	-1,61	1.69	2.25	Huaraz-Recuay
149	06/10/2019 3:25:44	-963,287,545,414,237	-774,966,287,844,419	14900	41,73	3243,89	3,5	2.01	3.25	Huaraz-Recuay
150	06/10/2019 03:25:53	-96,336,324,546,002	-774,959,801,655,779	15000	41,6	3247,34	3,44	1.84	3.21	Huaraz-Recuay
151	06/10/2019 03:26:01	-963,421,571,669,378	-774,954,192,833,062	15100	45,57	3250,24	2,91	2.06	3.12	Huaraz-Recuay
152	06/10/2019 3:26:09	-963,481,028,082,296	-774,946,973,573,437	15200	40,33	3253,34	3,1	1.65	2.25	Huaraz-Recuay
153	06/10/2019 3:26:18	-963,536,161,872,336	-774,939,732,078,228	15300	43,21	3255	1,66	1.55	2.61	Huaraz-Recuay
154	06/10/2019 3:26:26	-963,594,686,939,572	-774,933,725,250,796	15400	45,18	3256,35	1,35	4.14	3.83	Huaraz-Recuay
155	06/10/2019 03:26:34	-963,660,021,366,094	-774,927,310,274,641	15500	44,1	3259,8	3,45	5.73	5.13	Huaraz-Recuay
156	06/10/2019 03:26:42	-963,728,900,626,074	-774,921,887,729,083	15600	39,48	3262,22	2,42	1.83	3.17	Huaraz-Recuay
157	06/10/2019 03:26:51	-963,795,366,290,518	-77,491,609,187,072	15700	41,02	3262,1	-0,12	2.09	2.26	Huaraz-Recuay
158	06/10/2019 03:27:00	-963,873,360,758,235	-774,910,617,284,412	15800	44,22	3260,67	-1,43	1.68	2.18	Huaraz-Recuay
159	06/10/2019 03:27:08	-963,958,410,732,796	-774,907,672,613,742	15900	44,03	3258,25	-2,42	2.27	3.28	Huaraz-Recuay
160	06/10/2019 03:27:16	-964,041,541,778,742	-774,904,716,168,412	16000	45,87	3258,8	0,55	1.98	3.04	Huaraz-Recuay
161	06/10/2019 03:27:24	-964,109,782,911,515	-77,489,845,035,475	16100	40,79	3262,56	3,76	1.68	2.6	Huaraz-Recuay
162	06/10/2019 3:27:33	-964,168,683,740,846	-774,891,783,074,671	16200	39,02	3263,68	1,12	1.51	2.34	Huaraz-Recuay
163	06/10/2019 03:27:42	-964,234,963,671,034	-774,886,017,943,731	16300	37,66	3264,64	0,96	5.26	3.01	Huaraz-Recuay
164	06/10/2019 03:27:52	-964,318,309,729,765	-774,880,880,999,999	16400	40,29	3268,13	3,49	1.64	3.19	Huaraz-Recuay
165	06/10/2019 03:28:01	-964,409,829,843,087	-774,878,023,993,051	16500	42,97	3270,04	1,9	1.64	2.58	Huaraz-Recuay
166	06/10/2019 03:28:09	-964,488,481,943,348	-774,876,591,152,423	16600	42,68	3270,95	0,91	1.59	2.51	Huaraz-Recuay
167	06/10/2019 03:28:18	-964,587,777,664,611	-774,874,153,337,068	16700	39,44	3273,56	2,61	2.03	2.86	Huaraz-Recuay
168	06/10/2019 03:28:27	-964,670,014,798,834	-774,871,227,422,613	16800	40,85	3277,02	3,46	1.99	3.09	Huaraz-Recuay
169	06/10/2019 3:28:36	-964,757,854,868,477	-774,868,280,022,351	16900	34,35	3280,77	3,75	3.31	4.21	Huaraz-Recuay
170	06/10/2019 3:28:46	-964,836,774,319,626	-77,486,646,552,528	17000	35,6	3286,36	5,59	2.43	3.13	Huaraz-Recuay
171	06/10/2019 3:28:56	-964,922,720,719,797	-774,863,698,108,146	17100	37,94	3291,35	4,99	1.62	2.36	Huaraz-Recuay
172	06/10/2019 3:29:06	-965,019,857,396,134	-774,860,270,399,883	17200	39,95	3291,5	0,15	1.59	2.33	Huaraz-Recuay
173	06/10/2019 3:29:15	-965,107,366,583,443	-77,485,759,650,008	17300	45,35	3293,19	1,69	2.06	3.06	Huaraz-Recuay
174	06/10/2019 3:29:22	-965,173,117,589,318	-774,855,216,332,076	17400	39,81	3295,46	2,27	2.06	2.63	Huaraz-Recuay
175	06/10/2019 03:29:32	-965,272,337,307,329	-774,852,411,475,122	17500	32,92	3300,12	4,66	2.66	2.61	Huaraz-Recuay
176	06/10/2019 03:29:43	-965,358,225,374,189	-77,485,006,231,341	17600	35,98	3305,05	4,94	2.83	2.71	Huaraz-Recuay
177	06/10/2019 3:29:52	-965,435,488,724,271	-774,847,982,007,538	17700	43,59	3306,75	1,69	2.34	2.88	Huaraz-Recuay
178	06/10/2019 3:30:01	-965,541,727,785,887	-774,846,715,649,596	17800	44,79	3306,16	-0,58	6.52	4.78	Huaraz-Recuay
179	06/10/2019 3:30:09	-96,562,468,180,642	-774,847,267,914,515	17900	42,66	3307,46	1,29	2.9	4.48	Huaraz-Recuay
180	06/10/2019 03:30:18	-965,719,546,386,264	-774,850,656,841,587	18000	44,31	3305,55	-1,9	2.1	3.29	H

201	06/10/2019 03:33:29	-967,363,720,821,642	-774,802,019,682,231	20100	37,91	3328,39	5,76	2.42	4.35	Huaraz-Recuay
202	06/10/2019 3:33:39	-967,427,064,460,577	-77,479,387,701,914	20200	36,64	3336,26	7,87	2.92	4.1	Huaraz-Recuay
203	06/10/2019 3:33:48	-967,504,738,555,353	-774,792,207,985,868	20300	37,62	3341,15	4,89	2.11	2.86	Huaraz-Recuay
204	06/10/2019 3:33:58	-967,602,838,317,206	-774,792,284,956,025	20400	40,54	3346,96	5,81	4.47	4.72	Huaraz-Recuay
205	06/10/2019 3:34:07	-967,696,336,938,952	-774,789,529,448,564	20500	44,44	3352,19	5,23	3.77	4.38	Huaraz-Recuay
206	06/10/2019 03:34:15	-967,778,718,185,314	-774,785,877,059,805	20600	40,26	3356,74	4,55	1.73	2.77	Huaraz-Recuay
207	06/10/2019 3:34:24	-967,862,691,905,372	-774,782,252,563,082	20700	43,3	3360,62	3,88	2.01	3.48	Huaraz-Recuay
208	06/10/2019 3:34:32	-967,944,976,043,341	-774,779,111,228,941	20800	42,31	3364,17	3,55	3.4	4.15	Huaraz-Recuay
209	06/10/2019 3:34:40	-968,016,833,213,336	-774,778,535,612,818	20900	39,29	3369,16	4,99	2	3.39	Huaraz-Recuay
210	06/10/2019 3:34:50	-968,099,746,499,625	-774,772,362,009,893	21000	40,77	3373,93	4,77	1.94	3.07	Huaraz-Recuay
211	06/10/2019 3:34:59	-968,159,992,944,636	-774,765,063,011,344	21100	42,18	3376,84	2,92	1.7	2.32	Huaraz-Recuay
212	06/10/2019 3:35:07	-968,210,272,030,616	-774,758,812,546,301	21200	44,59	3378,19	1,35	2.79	3.42	Huaraz-Recuay
213	06/10/2019 03:35:15	-968,269,707,123,301	-774,751,622,517,459	21300	45,35	3376,88	-1,32	1.62	2.84	Huaraz-Recuay
214	06/10/2019 03:35:23	-968,321,055,255,857	-774,744,008,409,756	21400	46,45	3376,72	-0,15	1.63	2.51	Huaraz-Recuay
215	06/10/2019 03:35:31	-968,354,522,145,161	-774,734,854,094,624	21500	39,36	3377,31	0,58	1.95	2.91	Huaraz-Recuay
216	06/10/2019 3:35:40	-968,386,989,445,383	-77,472,732,044,652	21600	41,39	3375,36	-1,95	1.72	2.39	Huaraz-Recuay
217	06/10/2019 3:35:48	-968,450,428,526,979	-774,721,795,100,498	21700	45,85	3371,94	-3,42	1.49	2.49	Huaraz-Recuay
218	06/10/2019 3:35:56	-968,528,581,983,159	-774,716,734,941,949	21800	43,73	3370,67	-1,27	2.15	2.62	Huaraz-Recuay
219	06/10/2019 3:36:04	-968,584,088,377,942	-774,710,338,125,872	21900	42,89	3369,83	-0,84	2.58	2.19	Huaraz-Recuay
220	06/10/2019 3:36:13	-968,623,369,502,991	-774,700,937,238,963	22000	41,58	3371,78	1,96	4.9	4.62	Huaraz-Recuay
221	06/10/2019 3:36:22	-968,660,207,012,882	-774,692,042,737,681	22100	41,04	3375,37	3,58	3.07	4.95	Huaraz-Recuay
222	06/10/2019 3:36:30	-968,712,101,434,917	-774,686,188,448,436	22200	44,22	3375,89	0,52	1.89	2.76	Huaraz-Recuay
223	06/10/2019 3:36:38	-968,787,820,747,847	-774,681,585,965,484	22300	46,56	3374,43	-1,46	1.75	3.01	Huaraz-Recuay
224	06/10/2019 3:36:46	-968,866,373,656,889	-774,676,036,936,102	22400	40,81	3372,8	-1,63	1.51	2.31	Huaraz-Recuay
225	06/10/2019 3:36:55	-968,926,703,042,881	-774,668,907,373,845	22500	42,62	3372,83	0,02	2.54	2.19	Huaraz-Recuay
226	06/10/2019 3:37:03	-968,976,143,799,511	-774,662,105,755,568	22600	42,3	3374,26	1,43	1.55	2.61	Huaraz-Recuay
227	06/10/2019 3:37:12	-9,689,824,853,083	-774,652,232,322,766	22700	38,39	3377,96	3,7	1.97	2.83	Huaraz-Recuay
228	06/10/2019 3:37:21	-969,025,666,227,719	-774,645,947,427,851	22800	41,6	3376,76	-1,2	1.63	2.54	Huaraz-Recuay
229	06/10/2019 3:37:30	-969,124,474,289,663	-774,646,412,615,982	22900	40,27	3375,7	-1,06	1.94	3.49	Huaraz-Recuay
230	06/10/2019 3:37:39	-969,196,618,919,205	-774,642,031,740,989	23000	38,26	3375,7	0	1.66	2.37	Huaraz-Recuay
231	06/10/2019 03:37:48	-969,246,974,713,121	-774,635,725,101,045	23100	40,34	3377,6	1,9	1.69	2.55	Huaraz-Recuay
232	06/10/2019 3:37:57	-969,340,294,131,346	-774,634,108,763,477	23200	40,67	3381,78	4,18	1.96	2.79	Huaraz-Recuay
233	06/10/2019 03:38:06	-96,942,009,599,224	-774,629,804,406,319	23300	44,55	3385,92	4,14	2.21	2.97	Huaraz-Recuay
234	06/10/2019 03:38:14	-969,478,525,168,413	-774,622,841,467,369	23400	45,38	3389,08	3,16	1.76	3.26	Huaraz-Recuay
235	06/10/2019 03:38:22	-96,953,877,275,612	-774,615,819,693,765	23500	34,8	3390,91	1,83	1.89	2.48	Huaraz-Recuay
236	06/10/2019 03:38:32	-969,592,104,323,645	-774,609,641,041,762	23600	37,73	3391,92	1,01	1.95	2.92	Huaraz-Recuay
237	06/10/2019 03:38:41	-969,665,194,512,575	-774,606,090,331,551	23700	48,77	3390,24	-1,67	1.96	3.84	Huaraz-Recuay
238	06/10/2019 03:38:49	-969,770,495,331,223	-774,604,772,987,382	23800	46,75	3389,16	-1,09	1.88	3.28	Huaraz-Recuay
239	06/10/2019 03:38:56	-969,841,714,169,889	-774,603,592,611,516	23900	44,18	3389,51	0,35	1.91	3.03	Huaraz-Recuay
240	06/10/2019 03:39:05	-969,948,005,008,487	-774,601,055,635,377	24000	49,1	3389,96	0,45	1.7	2.55	Huaraz-Recuay
241	06/10/2019 3:39:12	-970,033,118,697,808	-774,600,001,264,899	24100	50,69	3390,96	1	1.82	3.5	Huaraz-Recuay
242	06/10/2019 03:39:19	-97,011,889,995,443	-774,599,636,209,861	24200	48,93	3391,44	0,48	1.9	3.67	Huaraz-Recuay
243	06/10/2019 03:39:26	-970,199,747,946,371	-774,599,358,282,055	24300	48,72	3391,77	0,33	1.87	3.44	Huaraz-Recuay
244	06/10/2019 3:39:34	-970,306,235,384,727	-774,600,063,142,114	24400	44,73	3393,69	1,92	1.56	2.55	Huaraz-Recuay
245	06/10/2019 3:39:42	-970,390,663,429,618	-774,601,110,378,786	24500	42,26	3396,91	3,22	1.64	2.08	Huaraz-Recuay
246	06/10/2019 03:39:50	-970,470,850,570,986	-774,602,060,241,527	24600	44,92	3400,09	3,18	2.1	2.75	Huaraz-Recuay
247	06/10/2019 03:39:58	-970,561,861,896,261	-774,603,177,130,214	24700	47,23	3406,47	6,38	2.06	3.03	Huaraz-Recuay
248	06/10/2019 3:40:06	-970,659,851,973,533	-774,604,320,246,121	24800	41,15	3412,23	5,76	2.07	2.9	Huaraz-Recuay
249	06/10/2019 3:40:15	-970,751,067,151,898	-774,605,285,583,544	24900	33,9	3413,82	1,59	2.9	3.2	Huaraz-Recuay
250	06/10/2019 3:40:26	-970,839,135,555,885	-77,460,622	25000	22,6	3412,24	-1,58	3.79	1.53	Huaraz-Recuay
251	06/10/2019 03:40:42	-970,928,564,788,125	-774,606,930,279,021	25100	32,52	3412,02	-0,23	3.36	2.23	Huaraz-Recuay
252	06/10/2019 03:40:52	-97,101,263,692,592	-774,609,223,565,614	25200	43,38	3412,27	0,25	1.59	2.55	Huaraz-Recuay
253	06/10/2019 03:41:00	-971,095,611,104,697	-774,606,940,161,838	25300	47,25	3410,16	-2,1	1.77	2.78	Huaraz-Recuay
254	06/10/2019 03:41:08	-971,193,311,797,396	-774,604,337,705,991	25400	46,14	3409,45	-0,71	1.68	2.9	Huaraz-Recuay
255	06/10/2019 03:41:16	-97,127,743,496,585	-774,608,031,190,939	25500	44,55	3409,69	0,24	1.56	2.37	Huaraz-Recuay
256	06/10/2019 03:41:24	-971,357,639,576,273	-77,461,077	25600	47,42	3411,14	1,45	1.55	2.61	Huaraz-Recuay
257	06/10/2019 03:41:31	-971,436,217,963,991	-774,610,470,046,138	25700	47,83	3415,38	4,24	1.61	2.19	Huaraz-Recuay
258	06/10/2019 03:41:39	-971,534,487,228,893	-774,609,660,701,473	25800	41,8	3421,49	6,11	1.46	1.99	Huaraz-Recuay
259	06/10/2019 03:41:48	-971,620,469,978,807	-774,605,186,366,376	25900	42,22	3427,77	6,28	1.57	2.01	Huaraz-Recuay
260	06/10/2019 03:41:56	-971,683,240,011,477	-774,599,751,817,138	26000	48,32	3428,44	0,68	1.73	2.73	Huaraz-Recuay
261	06/10/2019 3:42:03	-971,744,981,183,831	-774,594,131,672,548	26100	49,33	3426,3	-2,14	2.01	3.85	Huaraz-Recuay
262	06/10/2019 03:42:11	-971,828,126,165,608	-774,587,924,724,111	26200	44,25	3426,61	0,31	1.94	3.83	Huaraz-Recuay
263	06/10/2019 03:42:19	-971,907,344,810,433	-774,588,498,142,126	26300	35,82	3429,51	2,9	1.69	2.22	Huaraz-Recuay
264	25/01/2020 3:42:29	-971,984,792,729,965	-774,586,158,211,107	26400	32,82	3434,41	4,9	1.74	2.01	Huaraz-Recuay
265	25/01/2020 3:42:40	-972,048,650,959,569	-774,579,859,110,647	26500	35,62	3436,05	1,64	1.96	2.11	Huaraz-Recuay
266	06/10/2019 03:42:50	-972,142,170,251,877	-774,580,479,667,855	26600	44,71	3438	1,95	1.4	1.9	Huaraz-Recuay
267	06/10/2019 03:42:58	-97,223,551,012,394	-774,581,485,799,908	26700	42,75	3437,59	-0,41	2.975	4.03	Huaraz-Recuay
268	06/10/2019 03:43:06	-972,300,020,029,568	-774,577,224,822,524	26800	42,13	3437,45	-0,15	1.64	2.07	Huaraz-Recuay
269	06/10/2019 3:43:15	-972,373,262,858,367	-774,570,529,118,588	26900	38,36	3441,27	3,82	1.68	2.27	Huaraz-Recuay
270	06/10/2019 03:43:24	-972,417,733,159,631	-774,563,577,334,531	27000	35,7	3445,9	4,62	1.76	2.26	Huaraz-Recuay
271	06/10/2019 03:43:34	-972,494,584,199,249	-774,560,480,090,537	27100	36,4	3449,84	3,94	1.58	1.64	Huaraz-Recuay
272	06/10/2019 03:43:44	-972,573,702,062,976	-774,556,096,966,031	27200	38,15	3453,32	5,48	1.54	2.25	Huaraz-Recuay
273	06/10/2019 03:43:54	-972,658,677,810,401	-774,550,227,478,215	27300	35,84	3458,7	3,38	1.83	2.36	Huaraz-Recuay
274	06/10/2019 03:44:04	-972,737,531,347,275	-774,553,466,967,322	27400	32,63	3460,58	1,89	1.73	2.05	Huaraz-Recuay
275	06/10/2019 03:44:15	-972,812,640,043,701	-77,455,573,135,371	27500	31,57	3463,47	2,88	1.88	1.83	Huaraz-Recuay
276	06/10/2019 3:44:26	-972,875,319,062,645	-774,549,148,332,019	27600	38,74	3466,64	3,17	1.52	2.02	Huaraz-Recuay
277	06/10/2019 03:44:35	-972,954,057,962,967	-774,545,517,681,481	27700	41,5	3470,03	3,39	1.56	2.21	Huaraz-Recuay
278	06/10/2019 03:44:44	-97,304,721,780,837	-774,542,052,336,234	27800	44,08	3471,57	1,54	1.45	2.04	Huaraz-Recuay
279	06/10/2019 03:44:52	-973,128,336,340,574	-774,539,096,313,264	27900	43,58	3470,26	-1,31	1.62	2.6	Huaraz-Recuay
280	06/10/2019 03:45:00	-97,321,154,451,107	-774,536,744,813,538	28000	47,52	3470,27	0,01	1.35	2.1	Huaraz-Recuay
281	06/10/2019 03:45:08	-973,312,033,560,455	-774,							

Ficha 7. Recolección Descriptiva de datos con el Método Roadroid.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DESCRIPTIVOS (MÉTODO ROADROID)				
TRAMO:	Huaraz-Recuay Km +580.000-+550.000-RECORRIDO DE IDA	FECHA:	06/10/2019	
UBICACIÓN:	Carretera PE-3N Huaraz-Recuay			
HORA DE INICIO:	2:50	HORA DE TÉRMINO:	3:51	
DISTANCIA RECORRIDA EN Km	VELOCIDAD DE MANEJO EN	OBSERVACIÓN DEL RECORRIDO	OBSERVACIÓN CLIMÁTICA	UBICACIÓN
0	0	Inicio de recorrido grifo Petroperu para poder agarrar velocidad	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Huaraz (sierra hermosa)
1.25	40	1ER rompemueye	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Huaraz (sierra hermosa)
1.3	40	Colegio simón Bolívar	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Centenario
1.77	45	Rompemueye	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Centenario
2.32	40	Rompemueye	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Centenario
3.15	60	A partir de esta distancia las juntas del pavimento rígido provocan las irregularidades	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Centenario
3.6	70	Empieza tramo de pavimento flexible- Puente Tacllan	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Taclán
3.83	70	Rompemueye	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Taclán
3.93	70	Rompemueye	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Taclán
4.07	68	Presencia de baches profundos	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Taclán
4.59	65	Presencia de baches profundos	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Taclán
4.84	50	Rompemueye y presencia de baches se tuvo que reducir la velocidad	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Taclán
5.05	65	Pórtico de salida de Huaraz hacia el sur	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Huaraz
6.05	65	Hito de kilometraje N°575	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Huaraz
7.47	60	Singularidad - Tachas reflectivas	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Huaraz
8.27	65	Bache -se redujo la velocidad	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Huaraz
7.47	50	Tramo con ahuellamientos	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Huaraz
8.27	65	Bache -se redujo la velocidad	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Huaraz
8.82-8.95	60	Tramo con ahuellamientos	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Huaraz
9.38	65	Puente	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Huaraz
10.24	65	Bache -se redujo la velocidad	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Huaraz
10.48	60	Falla geológica	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Huaraz
11.02	60	Singularidad - Tachas reflectivas	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Huaraz
11.84	68	Singularidad-rompemueye	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Huaraz
12.7	70	Singularidad-rompemueye	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Huaraz
13.71	70	Singularidad-rompemueye	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Huaraz
13.91	70	Singularidad-rompemueye	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Huaraz
15.18	72	Puente Maishuan longitud 90metros.	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Huaraz
15.53	75	Singularidad-Tachas Reflectivas	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Huaraz
17.36-17.46	75	Puente	Clima frío seco-sin presencia de lluvia	Huaraz
19.17-19.23		Puente	Clima frío con presencia de lluvia	Huaraz
20.75	75	Puente Bedoya 63 metros	Clima frío con presencia de lluvia	Huaraz
20.79	72	Olleros	Clima frío con presencia de lluvia	Huaraz
22	70	Hito de kilometraje N°559	Clima frío con presencia de lluvia	Huaraz
26.07	62	Puente Ayacama	Clima frío con presencia de lluvia	Recuay
29.48	58	Bache -se redujo la velocidad	Clima frío con presencia de lluvia	Recuay
29.81	55	Puente	Clima frío con presencia de lluvia	Recuay
31.12	60	Hito de Kilometraje 550	Clima frío con presencia de lluvia	Recuay

Nota. Los datos descriptivos se realizaron para poder conocer a detalle el contexto de la carretera en estudio. Fuente: Elaboración Propia.

Ficha 8. Recolección de datos con el método Nivel y mira

 TESIS: "DETERMINACIÓN Y REGULARIDAD SUPERFICIAL DE LA CARRETERA PAVIMENTADA PE-3N TRAMO HUARAZ-RECUAY Km 550+000 al Km 580+000 ANCASH-2019" 						
RECOLECCIÓN CON EL NIVEL Y MIRA						
Carretera: PE-3N TRAMO HUARAZ-RECUAY Km 550+000 al Km 580+000				Progresivas:		Km 577+020 al Km 577+380
Carril: De ida Huaraz-Recuay				Tipo de Pavimento:		Flexible
Fecha/Hora: 18 de octubre del 2019-05:30						
ESTACIÓN	PUNTO	VISTA ATRÁS	VISTA ADELANTE	COTA	COTA EN MM	DISTANCIA
E-1	BM	1.218	-	3058.000	3058000.00000	-
	1		1.348	3057.870	3057870.00000	0.25
	2		1.348	3057.870	3057870.00000	0.25
	3		1.348	3057.870	3057870.00000	0.25
	4		1.349	3057.869	3057869.00000	0.25
	5		1.357	3057.861	3057861.00000	0.25
	6		1.357	3057.861	3057861.00000	0.25
	7		1.359	3057.859	3057859.00000	0.25
	8		1.359	3057.859	3057859.00000	0.25
	9		1.365	3057.853	3057853.00000	0.25
	10		1.362	3057.856	3057856.00000	0.25
	11		1.365	3057.853	3057853.00000	0.25
	12		1.370	3057.848	3057848.00000	0.25
	13		1.375	3057.843	3057843.00000	0.25
	14		1.381	3057.837	3057837.00000	0.25
	15		1.380	3057.838	3057838.00000	0.25
	16		1.387	3057.831	3057831.00000	0.25
	17		1.390	3057.828	3057828.00000	0.25
	18		1.388	3057.830	3057830.00000	0.25
	19		1.388	3057.831	3057830.50000	0.25
	20		1.389	3057.829	3057829.00000	0.25
	21		1.388	3057.830	3057830.00000	0.25
	22		1.393	3057.825	3057825.00000	0.25
	23		1.400	3057.818	3057818.00000	0.25
	24		1.415	3057.803	3057803.00000	0.25
	25		1.427	3057.791	3057791.00000	0.25
	26		1.437	3057.781	3057781.00000	0.25
	27		1.435	3057.783	3057783.00000	0.25
	28		1.428	3057.790	3057790.00000	0.25
	29		1.429	3057.790	3057789.50000	0.25
	30		1.434	3057.784	3057784.00000	0.25
	31		1.427	3057.791	3057791.00000	0.25
	32		1.428	3057.790	3057790.00000	0.25
	33		1.437	3057.781	3057781.00000	0.25
	34		1.447	3057.771	3057771.00000	0.25
	35		1.444	3057.774	3057774.00000	0.25
	36		1.449	3057.769	3057769.00000	0.25
	37		1.453	3057.765	3057765.00000	0.25
	38		1.454	3057.765	3057764.50000	0.25
	39		1.465	3057.753	3057753.00000	0.25
	40		1.464	3057.754	3057754.00000	0.25
	41		1.466	3057.752	3057752.00000	0.25
	42		1.471	3057.747	3057747.00000	0.25
	43		1.470	3057.748	3057748.00000	0.25
	44		1.475	3057.743	3057743.00000	0.25
	45		1.479	3057.739	3057739.00000	0.25
	46		1.486	3057.732	3057732.00000	0.25
	47		1.495	3057.723	3057723.00000	0.25
	48		1.520	3057.698	3057698.00000	0.25
	49		1.486	3057.732	3057732.00000	0.25
	50		1.505	3057.713	3057713.00000	0.25
	51		1.509	3057.709	3057709.00000	0.25
	52		1.510	3057.708	3057708.00000	0.25
	53		1.514	3057.704	3057704.00000	0.25
	54		1.521	3057.697	3057697.00000	0.25
	55		1.529	3057.689	3057689.00000	0.25
	56		1.525	3057.693	3057693.00000	0.25
	57		1.533	3057.685	3057685.00000	0.25
	58		1.538	3057.680	3057680.00000	0.25
	59		1.540	3057.678	3057678.00000	0.25
	60		1.545	3057.673	3057673.00000	0.25
	61		1.546	3057.672	3057672.00000	0.25
	62		1.550	3057.668	3057668.00000	0.25
	63		1.556	3057.662	3057662.00000	0.25
	64		1.559	3057.659	3057659.00000	0.25
	65		1.564	3057.654	3057654.00000	0.25
	66		1.566	3057.652	3057652.00000	0.25
	67		1.570	3057.648	3057648.00000	0.25
	68		1.575	3057.643	3057643.00000	0.25
	69		1.580	3057.638	3057638.00000	0.25
	70		1.585	3057.633	3057633.00000	0.25

		71		1.588	3057.630	3057630.00000	0.25
		72		1.593	3057.625	3057625.00000	0.25
		73		1.604	3057.614	3057614.00000	0.25
		74		1.605	3057.613	3057613.00000	0.25
		75		1.612	3057.606	3057606.00000	0.25
		76		1.618	3057.600	3057600.00000	0.25
		77		1.620	3057.598	3057598.00000	0.25
		78		1.621	3057.597	3057597.00000	0.25
		79		1.630	3057.588	3057588.00000	0.25
		80		1.633	3057.585	3057585.00000	0.25
		81		1.635	3057.583	3057583.00000	0.25
		82		1.640	3057.578	3057578.00000	0.25
		83		1.649	3057.569	3057569.00000	0.25
		84		1.655	3057.563	3057563.00000	0.25
		85		1.660	3057.558	3057558.00000	0.25
		86		1.665	3057.553	3057553.00000	0.25
		87		1.660	3057.558	3057558.00000	0.25
		88		1.672	3057.546	3057546.00000	0.25
		89		1.679	3057.539	3057539.00000	0.25
		90		1.684	3057.534	3057534.00000	0.25
		91		1.690	3057.528	3057528.00000	0.25
		92		1.689	3057.529	3057529.00000	0.25
		93		1.695	3057.523	3057523.00000	0.25
		94		1.701	3057.517	3057517.00000	0.25
		95		1.708	3057.510	3057510.00000	0.25
		96		1.714	3057.504	3057504.00000	0.25
		97		1.720	3057.498	3057498.00000	0.25
		98		1.725	3057.493	3057493.00000	0.25
		99		1.734	3057.484	3057484.00000	0.25
		100		1.740	3057.478	3057478.00000	0.25
		101		1.748	3057.470	3057470.00000	0.25
		102		1.754	3057.464	3057464.00000	0.25
		103		1.760	3057.458	3057458.00000	0.25
		104		1.769	3057.449	3057449.00000	0.25
		105		1.775	3057.443	3057443.00000	0.25
		106		1.780	3057.438	3057438.00000	0.25
		107		1.790	3057.428	3057428.00000	0.25
		108		1.795	3057.423	3057423.00000	0.25
		109		1.802	3057.416	3057416.00000	0.25
		110		1.809	3057.409	3057409.00000	0.25
		111		1.820	3057.398	3057398.00000	0.25
E-2		112	1.324	1.327	3057.395	3057395.00000	0.25
		113		1.335	3057.387	3057387.00000	0.25
		114		1.341	3057.381	3057381.00000	0.25
		115		1.350	3057.372	3057372.00000	0.25
		116		1.357	3057.365	3057365.00000	0.25
		117		1.365	3057.357	3057357.00000	0.25
		118		1.372	3057.350	3057350.00000	0.25
		119		1.374	3057.348	3057348.00000	0.25
		120		1.384	3057.338	3057338.00000	0.25
		121		1.390	3057.332	3057332.00000	0.25
		122		1.397	3057.325	3057325.00000	0.25
		123		1.403	3057.319	3057319.00000	0.25
		124		1.412	3057.310	3057310.00000	0.25
		125		1.420	3057.302	3057302.00000	0.25
		126		1.430	3057.292	3057292.00000	0.25
		127		1.432	3057.290	3057290.00000	0.25
		128		1.441	3057.281	3057281.00000	0.25
		129		1.454	3057.268	3057268.00000	0.25
		130		1.455	3057.267	3057267.00000	0.25
		131		1.463	3057.259	3057259.00000	0.25
		132		1.470	3057.252	3057252.00000	0.25
		133		1.475	3057.247	3057247.00000	0.25
		134		1.482	3057.240	3057240.00000	0.25
		135		1.492	3057.230	3057230.00000	0.25
		136		1.501	3057.221	3057221.00000	0.25
		137		1.508	3057.214	3057214.00000	0.25
		138		1.522	3057.200	3057200.00000	0.25
		139		1.527	3057.195	3057195.00000	0.25
		140		1.536	3057.186	3057186.00000	0.25
		141		1.547	3057.175	3057175.00000	0.25
		142		1.553	3057.169	3057169.00000	0.25
		143		1.564	3057.158	3057158.00000	0.25
		144		1.570	3057.152	3057152.00000	0.25
		145		1.564	3057.158	3057158.00000	0.25
		146		1.570	3057.152	3057152.00000	0.25
		147		1.575	3057.147	3057147.00000	0.25
		148		1.581	3057.141	3057141.00000	0.25
		149		1.588	3057.134	3057134.00000	0.25
		150		1.595	3057.127	3057127.00000	0.25
		151		1.599	3057.123	3057123.00000	0.25
		152		1.605	3057.117	3057117.00000	0.25
		153		1.611	3057.111	3057111.00000	0.25
		154		1.620	3057.102	3057102.00000	0.25
		155		1.628	3057.094	3057094.00000	0.25
		156		1.630	3057.092	3057092.00000	0.25
		157		1.639	3057.083	3057083.00000	0.25
		158		1.647	3057.075	3057075.00000	0.25
		159		1.655	3057.067	3057067.00000	0.25
		160		1.664	3057.058	3057058.00000	0.25
		161		1.664	3057.058	3057058.00000	0.25
		162		1.672	3057.050	3057050.00000	0.25
		163		1.680	3057.042	3057042.00000	0.25
		164		1.686	3057.036	3057036.00000	0.25
		165		1.690	3057.032	3057032.00000	0.25
		166		1.700	3057.022	3057022.00000	0.25
		167		1.710	3057.012	3057012.00000	0.25
		168		1.721	3057.001	3057001.00000	0.25
		169		1.730	3056.992	3056992.00000	0.25
		170		1.735	3056.987	3056987.00000	0.25
		171		1.745	3056.977	3056977.00000	0.25
		172		1.755	3056.967	3056967.00000	0.25
		173		1.760	3056.962	3056962.00000	0.25
		174		1.773	3056.949	3056949.00000	0.25
		175		1.780	3056.942	3056942.00000	0.25
		176		1.790	3056.932	3056932.00000	0.25
		177		1.796	3056.926	3056926.00000	0.25
		178		1.810	3056.912	3056912.00000	0.25
		179		1.856	3056.866	3056866.00000	0.25
		180		1.830	3056.892	3056892.00000	0.25
		181		1.840	3056.882	3056882.00000	0.25
		182		1.847	3056.875	3056875.00000	0.25
		183		1.855	3056.867	3056867.00000	0.25
		184		1.875	3056.847	3056847.00000	0.25
		185		1.883	3056.839	3056839.00000	0.25
		186		1.899	3056.823	3056823.00000	0.25
		187		1.901	3056.821	3056821.00000	0.25
		188		1.916	3056.806	3056806.00000	0.25
		189		1.920	3056.802	3056802.00000	0.25
		190		1.920	3056.802	3056802.00000	0.25
		191		1.935	3056.787	3056787.00000	0.25
		192		1.920	3056.802	3056802.00000	0.25
		193		1.922	3056.800	3056800.00000	0.25
		194		1.932	3056.790	3056790.00000	0.25
		195		1.945	3056.777	3056777.00000	0.25
		196		1.951	3056.771	3056771.00000	0.25
		197		1.960	3056.762	3056762.00000	0.25
		198		1.984	3056.738	3056738.00000	0.25
		199		2.005	3056.717	3056717.00000	0.25
		200		1.990	3056.732	3056732.00000	0.25

		201		1.988	3056.734	3056734.00000	0.25
		202		2.010	3056.712	3056712.00000	0.25
		203		2.042	3056.680	3056680.00000	0.25
		204		2.067	3056.655	3056655.00000	0.25
		205		2.070	3056.652	3056652.00000	0.25
		206		2.053	3056.669	3056669.00000	0.25
		207		2.060	3056.662	3056662.00000	0.25
		208		2.045	3056.677	3056677.00000	0.25
		209		2.054	3056.668	3056668.00000	0.25
		210		2.095	3056.627	3056627.00000	0.25
		211		2.015	3056.707	3056707.00000	0.25
		212		2.094	3056.628	3056628.00000	0.25
		213		2.070	3056.652	3056652.00000	0.25
		214		2.050	3056.672	3056672.00000	0.25
		215		2.049	3056.673	3056673.00000	0.25
		216		2.036	3056.686	3056686.00000	0.25
		217		2.055	3056.667	3056667.00000	0.25
		218		2.085	3056.637	3056637.00000	0.25
		219		2.100	3056.622	3056622.00000	0.25
		220		2.130	3056.592	3056592.00000	0.25
		221		2.145	3056.577	3056577.00000	0.25
		222		2.155	3056.567	3056567.00000	0.25
		223		2.174	3056.548	3056548.00000	0.25
		224		2.183	3056.539	3056539.00000	0.25
		225		2.200	3056.522	3056522.00000	0.25
		226		2.210	3056.512	3056512.00000	0.25
		227		2.215	3056.507	3056507.00000	0.25
		228		2.230	3056.492	3056492.00000	0.25
		229		2.200	3056.522	3056522.00000	0.25
		230		2.195	3056.527	3056527.00000	0.25
		231		2.229	3056.493	3056493.00000	0.25
		232		2.241	3056.481	3056481.00000	0.25
		233		2.480	3056.242	3056242.00000	0.25
		234		2.251	3056.471	3056471.00000	0.25
		235		2.305	3056.417	3056417.00000	0.25
		236		2.354	3056.368	3056368.00000	0.25
		237		2.309	3056.413	3056413.00000	0.25
		238		2.310	3056.412	3056412.00000	0.25
		239		2.320	3056.402	3056402.00000	0.25
		240		2.334	3056.388	3056388.00000	0.25
		241		2.345	3056.377	3056377.00000	0.25
		242		2.355	3056.367	3056367.00000	0.25
		243		2.361	3056.361	3056361.00000	0.25
		244		2.370	3056.352	3056352.00000	0.25
		245		2.380	3056.342	3056342.00000	0.25
		246		2.385	3056.337	3056337.00000	0.25
		247		2.386	3056.336	3056336.00000	0.25
		248		2.390	3056.332	3056332.00000	0.25
		249		2.397	3056.325	3056325.00000	0.25
		250		2.412	3056.310	3056310.00000	0.25
		251		2.409	3056.313	3056313.00000	0.25
		252		2.415	3056.307	3056307.00000	0.25
		253		2.421	3056.301	3056301.00000	0.25
		254		2.431	3056.291	3056291.00000	0.25
		255		2.440	3056.282	3056282.00000	0.25
		256		2.447	3056.275	3056275.00000	0.25
		257		2.456	3056.266	3056266.00000	0.25
		258		2.468	3056.254	3056254.00000	0.25
		259		2.476	3056.246	3056246.00000	0.25
		260		2.485	3056.237	3056237.00000	0.25
E-3		261	1.026	1.030	3056.233	3056233.00000	0.25
		262		1.035	3056.228	3056228.00000	0.25
		263		1.042	3056.221	3056221.00000	0.25
		264		1.051	3056.212	3056212.00000	0.25
		265		1.058	3056.205	3056205.00000	0.25
		266		1.064	3056.199	3056199.00000	0.25
		267		1.070	3056.193	3056193.00000	0.25
		268		1.080	3056.183	3056183.00000	0.25
		269		1.085	3056.178	3056178.00000	0.25
		270		1.090	3056.173	3056173.00000	0.25
		271		1.105	3056.158	3056158.00000	0.25
		272		1.108	3056.155	3056155.00000	0.25
		273		1.117	3056.146	3056146.00000	0.25
		274		1.128	3056.135	3056135.00000	0.25
		275		1.128	3056.135	3056135.00000	0.25
		276		1.138	3056.125	3056125.00000	0.25
		277		1.148	3056.115	3056115.00000	0.25
		278		1.155	3056.108	3056108.00000	0.25
		279		1.160	3056.103	3056103.00000	0.25
		280		1.173	3056.090	3056090.00000	0.25
		281		1.178	3056.085	3056085.00000	0.25
		282		1.182	3056.081	3056081.00000	0.25
		283		1.187	3056.076	3056076.00000	0.25
		284		1.187	3056.076	3056076.00000	0.25
		285		1.194	3056.069	3056069.00000	0.25
		286		1.200	3056.063	3056063.00000	0.25
		287		1.208	3056.055	3056055.00000	0.25
		288		1.216	3056.047	3056047.00000	0.25
		289		1.221	3056.042	3056042.00000	0.25
		290		1.225	3056.038	3056038.00000	0.25
		291		1.232	3056.031	3056031.00000	0.25
		292		1.238	3056.025	3056025.00000	0.25
		293		1.244	3056.019	3056019.00000	0.25
		294		1.250	3056.013	3056013.00000	0.25
		295		1.256	3056.007	3056007.00000	0.25
		296		1.261	3056.002	3056002.00000	0.25
		297		1.265	3055.998	3055998.00000	0.25
		298		1.271	3055.992	3055992.00000	0.25
		299		1.278	3055.985	3055985.00000	0.25
		300		1.288	3055.975	3055975.00000	0.25
		301		1.292	3055.971	3055971.00000	0.25
		302		1.295	3055.968	3055968.00000	0.25
		303		1.299	3055.964	3055964.00000	0.25
		304		1.305	3055.958	3055958.00000	0.25
		305		1.313	3055.950	3055950.00000	0.25
		306		1.320	3055.943	3055943.00000	0.25
		307		1.326	3055.937	3055937.00000	0.25
		308		1.331	3055.932	3055932.00000	0.25
		309		1.343	3055.920	3055920.00000	0.25
		310		1.343	3055.920	3055920.00000	0.25
		311		1.350	3055.913	3055913.00000	0.25
		312		1.355	3055.908	3055908.00000	0.25
		313		1.360	3055.903	3055903.00000	0.25
		314		1.365	3055.898	3055898.00000	0.25
		315		1.371	3055.892	3055892.00000	0.25
		316		1.376	3055.887	3055887.00000	0.25
		317		1.382	3055.881	3055881.00000	0.25
		318		1.389	3055.874	3055874.00000	0.25
		319		1.395	3055.868	3055868.00000	0.25
		320		1.401	3055.862	3055862.00000	0.25
		321		1.405	3055.858	3055858.00000	0.25
		322		1.410	3055.853	3055853.00000	0.25
		323		1.416	3055.847	3055847.00000	0.25
		324		1.420	3055.843	3055843.00000	0.25
		325		1.427	3055.836	3055836.00000	0.25
		326		1.434	3055.829	3055829.00000	0.25
		327		1.440	3055.823	3055823.00000	0.25
		328		1.446	3055.817	3055817.00000	0.25
		329		1.455	3055.808	3055808.00000	0.25
		330		1.461	3055.802	3055802.00000	0.25
		331		1.470	3055.793	3055793.00000	0.25
		332		1.476	3055.787	3055787.00000	0.25
		333		1.485	3055.778	3055778.00000	0.25
		334		1.490	3055.773	3055773.00000	0.25
		335		1.496	3055.767	3055767.00000	0.25
		336		1.508	3055.755	3055755.00000	0.25
		337		1.515	3055.748	3055748.00000	0.25
		338		1.525	3055.738	3055738.00000	0.25
		339		1.530	3055.733	3055733.00000	0.25
		340		1.539	3055.724	3055724.00000	0.25
		341		1.550	3055.713	3055713.00000	0.25
		342		1.555	3055.708	3055708.00000	0.25
		343		1.565	3055.698	3055698.00000	0.25
		344		1.570	3055.693	3055693.00000	0.25
		345		1.580	3055.683	3055683.00000	0.25
		346		1.589	3055.674	3055674.00000	0.25
		347		1.600	3055.663	3055663.00000	0.25
		348		1.605	3055.658	3055658.00000	0.25
		349		1.615	3055.648	3055648.00000	0.25
		350		1.624	3055.639	3055639.00000	0.25

			351	1.635	3055.628	3055628.00000	0.25
			352	1.645	3055.618	3055618.00000	0.25
			353	1.655	3055.608	3055608.00000	0.25
			354	1.660	3055.603	3055603.00000	0.25
			355	1.668	3055.595	3055595.00000	0.25
			356	1.675	3055.588	3055588.00000	0.25
			357	1.680	3055.583	3055583.00000	0.25
			358	1.690	3055.573	3055573.00000	0.25
			359	1.700	3055.563	3055563.00000	0.25
			360	1.708	3055.555	3055555.00000	0.25
			361	1.715	3055.548	3055548.00000	0.25
			362	1.723	3055.540	3055540.00000	0.25
			363	1.730	3055.533	3055533.00000	0.25
			364	1.737	3055.526	3055526.00000	0.25
			365	1.741	3055.522	3055522.00000	0.25
			366	1.750	3055.513	3055513.00000	0.25
			367	1.758	3055.505	3055505.00000	0.25
			368	1.766	3055.497	3055497.00000	0.25
			369	1.770	3055.493	3055493.00000	0.25
			370	1.783	3055.480	3055480.00000	0.25
			371	1.788	3055.475	3055475.00000	0.25
			372	1.800	3055.463	3055463.00000	0.25
			373	1.804	3055.459	3055459.00000	0.25
			374	1.815	3055.448	3055448.00000	0.25
			375	1.825	3055.438	3055438.00000	0.25
			376	1.835	3055.428	3055428.00000	0.25
			377	1.840	3055.423	3055423.00000	0.25
			378	1.849	3055.414	3055414.00000	0.25
			379	1.850	3055.413	3055413.00000	0.25
			380	1.868	3055.395	3055395.00000	0.25
			381	1.875	3055.388	3055388.00000	0.1
			382	1.880	3055.383	3055383.00000	0.25
			383	1.890	3055.373	3055373.00000	0.25
			384	1.900	3055.363	3055363.00000	0.25
			385	1.905	3055.358	3055358.00000	0.25
			386	1.912	3055.351	3055351.00000	0.25
			387	1.923	3055.340	3055340.00000	0.25
			388	1.935	3055.328	3055328.00000	0.25
			389	1.940	3055.323	3055323.00000	0.25
			390	1.950	3055.313	3055313.00000	0.25
			391	1.952	3055.311	3055311.00000	0.25
			392	1.966	3055.297	3055297.00000	0.25
			393	1.975	3055.288	3055288.00000	0.25
			394	1.980	3055.283	3055283.00000	0.25
			395	1.990	3055.273	3055273.00000	0.25
			396	2.000	3055.263	3055263.00000	0.25
			397	2.012	3055.251	3055251.00000	0.25
			398	2.020	3055.243	3055243.00000	0.25
			399	2.025	3055.238	3055238.00000	0.25
	E-4	1.265	400	1.273	3055.225	3055225.00000	0.25
			401	1.278	3055.225	3055225.00000	0.25
			402	1.285	3055.218	3055218.00000	0.25
			403	1.290	3055.213	3055213.00000	0.25
			404	1.296	3055.207	3055207.00000	0.25
			405	1.300	3055.203	3055203.00000	0.25
			406	1.312	3055.191	3055191.00000	0.25
			407	1.317	3055.186	3055186.00000	0.25
			408	1.324	3055.179	3055179.00000	0.25
			409	1.334	3055.169	3055169.00000	0.25
			410	1.339	3055.164	3055164.00000	0.25
			411	1.350	3055.153	3055153.00000	0.25
			412	1.360	3055.143	3055143.00000	0.25
			413	1.363	3055.140	3055140.00000	0.25
			414	1.371	3055.132	3055132.00000	0.25
			415	1.381	3055.122	3055122.00000	0.25
			416	1.384	3055.119	3055119.00000	0.25
			417	1.399	3055.104	3055104.00000	0.25
			418	1.404	3055.099	3055099.00000	0.25
			419	1.411	3055.092	3055092.00000	0.25
			420	1.419	3055.084	3055084.00000	0.25
			421	1.425	3055.078	3055078.00000	0.25
			422	1.435	3055.068	3055068.00000	0.25
			423	1.439	3055.064	3055064.00000	0.25
			424	1.446	3055.057	3055057.00000	0.25
			425	1.452	3055.051	3055051.00000	0.25
			426	1.459	3055.044	3055044.00000	0.25
			427	1.466	3055.037	3055037.00000	0.25
			428	1.474	3055.029	3055029.00000	0.25
			429	1.484	3055.019	3055019.00000	0.25
			430	1.492	3055.011	3055011.00000	0.25
			431	1.500	3055.003	3055003.00000	0.25
			432	1.508	3054.995	3054995.00000	0.25
			433	1.514	3054.989	3054989.00000	0.25
			434	1.531	3054.972	3054972.00000	0.25
			435	1.538	3054.965	3054965.00000	0.25
			436	1.546	3054.957	3054957.00000	0.25
			437	1.557	3054.946	3054946.00000	0.25
			438	1.564	3054.939	3054939.00000	0.25
			439	1.573	3054.930	3054930.00000	0.25
			440	1.579	3054.924	3054924.00000	0.25
			441	1.589	3054.914	3054914.00000	0.25
			442	1.599	3054.904	3054904.00000	0.25
			443	1.604	3054.899	3054899.00000	0.25
			444	1.604	3054.899	3054899.00000	0.25
			445	1.616	3054.887	3054887.00000	0.25
			446	1.627	3054.876	3054876.00000	0.25
			447	1.641	3054.862	3054862.00000	0.25
			448	1.638	3054.865	3054865.00000	0.25
			449	1.645	3054.858	3054858.00000	0.25
			450	1.649	3054.854	3054854.00000	0.25
			451	1.655	3054.848	3054848.00000	0.25
			452	1.660	3054.843	3054843.00000	0.25
			453	1.664	3054.839	3054839.00000	0.25
			454	1.668	3054.835	3054835.00000	0.25
			455	1.675	3054.828	3054828.00000	0.25
			456	1.680	3054.823	3054823.00000	0.25
			457	1.684	3054.819	3054819.00000	0.25
			458	1.689	3054.814	3054814.00000	0.25
			459	1.695	3054.808	3054808.00000	0.25
			460	1.702	3054.801	3054801.00000	0.25
			461	1.708	3054.795	3054795.00000	0.25
			462	1.714	3054.789	3054789.00000	0.25
			463	1.720	3054.783	3054783.00000	0.25
			464	1.725	3054.778	3054778.00000	0.25
			465	1.734	3054.769	3054769.00000	0.25
			466	1.740	3054.763	3054763.00000	0.25
			467	1.747	3054.756	3054756.00000	0.25
			468	1.758	3054.745	3054745.00000	0.25
			469	1.760	3054.743	3054743.00000	0.25
			470	1.768	3054.735	3054735.00000	0.25
			471	1.775	3054.728	3054728.00000	0.25
			472	1.780	3054.723	3054723.00000	0.25
			473	1.785	3054.718	3054718.00000	0.25
			474	1.795	3054.708	3054708.00000	0.25
			475	1.804	3054.699	3054699.00000	0.25
			476	1.825	3054.678	3054678.00000	0.25
			477	1.830	3054.673	3054673.00000	0.25
			478	1.839	3054.664	3054664.00000	0.25
			479	1.847	3054.656	3054656.00000	0.25
			480	1.849	3054.654	3054654.00000	0.25
			481	1.855	3054.648	3054648.00000	0.25
			482	1.865	3054.638	3054638.00000	0.25
			483	1.866	3054.637	3054637.00000	0.25
			484	1.877	3054.626	3054626.00000	0.25
			485	1.888	3054.615	3054615.00000	0.25
			486	1.900	3054.603	3054603.00000	0.25
			487	1.904	3054.599	3054599.00000	0.25
			488	1.907	3054.596	3054596.00000	0.25
			489	1.911	3054.592	3054592.00000	0.25
			490	1.920	3054.583	3054583.00000	0.25
			491	1.925	3054.578	3054578.00000	0.25
			492	1.935	3054.568	3054568.00000	0.25
			493	1.934	3054.569	3054569.00000	0.25
			494	1.945	3054.558	3054558.00000	0.25
			495	1.945	3054.558	3054558.00000	0.25
			496	1.951	3054.552	3054552.00000	0.25
			497	1.945	3054.558	3054558.00000	0.25
			498	1.944	3054.559	3054559.00000	0.25
			499	1.945	3054.558	3054558.00000	0.25
			500	1.950	3054.553	3054553.00000	0.25

Nota. La cantidad de datos se debe a que la recolección se hizo cada 25cm. Con los datos obtenidos por el método Nivel y Mira se pudo establecer la relación con los datos del Método Roadroid y así de esta manera se pudo aplicar la normativa peruana. Fuente: Elaboración Propia.

Ficha 9. Cálculos y Resultados PSI por cada 100 metros de recorrido carril de Ida Huaraz-Recuay (Elaborado en Hojas Excel)

SERVICIABILIDAD DEL RECORRIDO DE IDA HUARAZ-RECUAY										
N°	PROGRESIVA DESDE	PROGRESIVA HASTA	eIRI (m/km)	PSI		N°	PROGRESIVA DESDE	PROGRESIVA HASTA	IRI (m/km)	PSI
1	579+900	580+000	6.10	1.65		1	579+900	580+000	6.40	1.56
2	579+800	579+900	5.39	1.88		2	579+800	579+900	5.66	1.79
3	579+700	579+800	6.25	1.60		3	579+700	579+800	6.55	1.52
4	579+600	579+700	5.90	1.71		4	579+600	579+700	6.19	1.62
5	579+500	579+600	6.10	1.65		5	579+500	579+600	6.40	1.56
6	579+400	579+500	5.30	1.91		6	579+400	579+500	5.57	1.82
7	579+300	579+400	5.20	1.94		7	579+300	579+400	5.47	1.85
8	579+200	579+300	6.32	1.58		8	579+200	579+300	6.63	1.50
9	579+100	579+200	5.26	1.92		9	579+100	579+200	5.53	1.83
10	579+000	579+100	5.11	1.97		10	579+000	579+100	5.37	1.88
11	578+900	579+000	6.16	1.63		11	578+900	579+000	6.46	1.54
12	578+800	578+900	4.59	2.17		12	578+800	578+900	4.83	2.08
13	578+700	578+800	6.19	1.62		13	578+700	578+800	6.49	1.54
14	578+600	578+700	4.62	2.16		14	578+600	578+700	4.86	2.06
15	578+500	578+600	4.88	2.06		15	578+500	578+600	5.13	1.97
16	578+400	578+500	5.53	1.83		16	578+400	578+500	5.81	1.74
17	578+300	578+400	5.99	1.68		17	578+300	578+400	6.28	1.59
18	578+200	578+300	5.37	1.88		18	578+200	578+300	5.64	1.79
19	578+100	578+200	5.86	1.72		19	578+100	578+200	6.15	1.63
20	578+000	578+100	5.43	1.86		20	578+000	578+100	5.70	1.77
21	577+900	578+000	5.34	1.89		21	577+900	578+000	5.61	1.80
22	577+800	577+900	6.09	1.65		22	577+800	577+900	6.39	1.57
23	577+700	577+800	4.69	2.13		23	577+700	577+800	4.94	2.04
24	577+600	577+700	5.16	1.96		24	577+600	577+700	5.42	1.86
25	577+500	577+600	4.58	2.17		25	577+500	577+600	4.82	2.08
26	577+400	577+500	4.62	2.16		26	577+400	577+500	4.86	2.06
27	577+300	577+400	4.45	2.23		27	577+300	577+400	4.69	2.13
28	577+200	577+300	8.64	1.04		28	577+200	577+300	9.03	0.97
29	577+100	577+200	8.45	1.08		29	577+100	577+200	8.83	1.00
30	577+000	577+100	2.80	3.01		30	577+000	577+100	2.98	2.91
31	576+900	577+000	4.75	2.11		31	576+900	577+000	5.00	2.01
32	576+800	576+900	4.19	2.33		32	576+800	576+900	4.42	2.24
33	576+700	576+800	2.20	3.35		33	576+700	576+800	2.36	3.26
34	576+600	576+700	5.04	2.00		34	576+600	576+700	5.30	1.91
35	576+500	576+600	7.60	1.26		35	576+500	576+600	7.95	1.18
36	576+400	576+500	1.83	3.58		36	576+400	576+500	1.97	3.49
37	576+300	576+400	4.58	2.17		37	576+300	576+400	4.82	2.08
38	576+200	576+300	4.20	2.33		38	576+200	576+300	4.43	2.23
39	576+100	576+200	2.39	3.24		39	576+100	576+200	2.55	3.14
40	576+000	576+100	3.44	2.68		40	576+000	576+100	3.64	2.58
41	575+900	576+000	2.74	3.04		41	575+900	576+000	2.92	2.94
42	575+800	575+900	1.70	3.67		42	575+800	575+900	1.84	3.58
43	575+700	575+800	1.75	3.64		43	575+700	575+800	1.89	3.54
44	575+600	575+700	1.81	3.60		44	575+600	575+700	1.95	3.51
45	575+500	575+600	1.44	3.85		45	575+500	575+600	1.57	3.76
46	575+400	575+500	2.03	3.46		46	575+400	575+500	2.18	3.36
47	575+300	575+400	1.64	3.71		47	575+300	575+400	1.78	3.62
48	575+200	575+300	1.43	3.86		48	575+200	575+300	1.56	3.77
49	575+100	575+200	1.65	3.70		49	575+100	575+200	1.79	3.61
50	575+000	575+100	1.49	3.81		50	575+000	575+100	1.62	3.72
51	574+900	575+000	2.56	3.14		51	574+900	575+000	2.73	3.04
52	574+800	574+900	1.93	3.52		52	574+800	574+900	2.08	3.43
53	574+700	574+800	2.69	3.07		53	574+700	574+800	2.87	2.97
54	574+600	574+700	5.71	1.77		54	574+600	574+700	5.99	1.68
55	574+500	574+600	2.64	3.09		55	574+500	574+600	2.81	3.00
56	574+400	574+500	1.47	3.83		56	574+400	574+500	1.60	3.74
57	574+300	574+400	2.11	3.41		57	574+300	574+400	2.26	3.31
58	574+200	574+300	2.78	3.02		58	574+200	574+300	2.96	2.92
59	574+100	574+200	1.71	3.66		59	574+100	574+200	1.85	3.57
60	574+000	574+100	1.76	3.63		60	574+000	574+100	1.90	3.54
61	573+900	574+000	1.34	3.92		61	573+900	574+000	1.47	3.83
62	573+800	573+900	1.67	3.69		62	573+800	573+900	1.81	3.60
63	573+700	573+800	1.58	3.75		63	573+700	573+800	1.72	3.66
64	573+600	573+700	1.71	3.66		64	573+600	573+700	1.85	3.57
65	573+500	573+600	3.73	2.54		65	573+500	573+600	3.94	2.44
66	573+400	573+500	3.71	2.55		66	573+400	573+500	3.92	2.45
67	573+300	573+400	3.39	2.70		67	573+300	573+400	3.59	2.60
68	573+200	573+300	1.78	3.62		68	573+200	573+300	1.92	3.52
69	573+100	573+200	2.05	3.44		69	573+100	573+200	2.20	3.35
70	573+000	573+100	2.62	3.11		70	573+000	573+100	2.79	3.01
71	572+900	573+000	3.55	2.62		71	572+900	573+000	3.76	2.53
72	572+800	572+900	3.28	2.75		72	572+800	572+900	3.48	2.66
73	572+700	572+800	3.06	2.87		73	572+700	572+800	3.25	2.77
74	572+600	572+700	1.98	3.49		74	572+600	572+700	2.13	3.39
75	572+500	572+600	1.90	3.54		75	572+500	572+600	2.05	3.45
76	572+400	572+500	2.50	3.17		76	572+400	572+500	2.67	3.08
77	572+300	572+400	3.93	2.45		77	572+300	572+400	4.15	2.35
78	572+200	572+300	2.19	3.36		78	572+200	572+300	2.35	3.26
79	572+100	572+200	2.42	3.22		79	572+100	572+200	2.59	3.12
80	572+000	572+100	3.03	2.88		80	572+000	572+100	3.22	2.79
81	571+900	572+000	2.13	3.39		81	571+900	572+000	2.29	3.30
82	571+800	571+900	1.65	3.70		82	571+800	571+900	1.79	3.61
83	571+700	571+800	2.17	3.37		83	571+700	571+800	2.33	3.28
84	571+600	571+700	3.82	2.50		84	571+600	571+700	4.04	2.40
85	571+500	571+600	4.22	2.32		85	571+500	571+600	4.45	2.23
86	571+400	571+500	2.39	3.24		86	571+400	571+500	2.55	3.14
87	571+300	571+400	2.01	3.47		87	571+300	571+400	2.16	3.38
88	571+200	571+300	2.40	3.23		88	571+200	571+300	2.57	3.14
89	571+100	571+200	2.79	3.01		89	571+100	571+200	2.97	2.91
90	571+000	571+100	2.23	3.33		90	571+000	571+100	2.39	3.24

91	570+900	571+000	3.09	2.85	91	570+900	571+000	3.28	2.75
92	570+800	570+900	1.72	3.66	92	570+800	570+900	1.86	3.56
93	570+700	570+800	2.70	3.06	93	570+700	570+800	2.88	2.96
94	570+600	570+700	1.96	3.50	94	570+600	570+700	2.11	3.41
95	570+500	570+600	3.88	2.47	95	570+500	570+600	4.10	2.37
96	570+400	570+500	1.71	3.66	96	570+400	570+500	1.85	3.57
97	570+300	570+400	2.12	3.40	97	570+300	570+400	2.27	3.31
98	570+200	570+300	1.68	3.68	98	570+200	570+300	1.82	3.59
99	570+100	570+200	2.95	2.92	99	570+100	570+200	3.13	2.83
100	570+000	570+100	2.28	3.30	100	570+000	570+100	2.44	3.21
101	569+900	570+000	2.12	3.40	101	569+900	570+000	2.27	3.31
102	569+800	569+900	1.70	3.67	102	569+800	569+900	1.84	3.58
103	569+700	569+800	2.66	3.08	103	569+700	569+800	2.83	2.99
104	569+600	569+700	1.72	3.66	104	569+600	569+700	1.86	3.56
105	569+500	569+600	2.02	3.46	105	569+500	569+600	2.17	3.37
106	569+400	569+500	2.34	3.27	106	569+400	569+500	2.50	3.17
107	569+300	569+400	1.93	3.52	107	569+300	569+400	2.08	3.43
108	569+200	569+300	3.24	2.77	108	569+200	569+300	3.44	2.68
109	569+100	569+200	2.26	3.32	109	569+100	569+200	2.42	3.22
110	569+000	569+100	2.19	3.36	110	569+000	569+100	2.35	3.26
111	568+900	569+000	2.28	3.30	111	568+900	569+000	2.44	3.21
112	568+800	568+900	2.06	3.44	112	568+800	568+900	2.21	3.34
113	568+700	568+800	2.37	3.25	113	568+700	568+800	2.53	3.15
114	568+600	568+700	2.83	2.99	114	568+600	568+700	3.01	2.89
115	568+500	568+600	2.76	3.03	115	568+500	568+600	2.94	2.93
116	568+400	568+500	5.49	1.84	116	568+400	568+500	5.77	1.75
117	568+300	568+400	2.11	3.41	117	568+300	568+400	2.26	3.31
118	568+200	568+300	2.49	3.18	118	568+200	568+300	2.66	3.08
119	568+100	568+200	2.10	3.41	119	568+100	568+200	2.25	3.32
120	567+1000	568+100	3.62	2.59	120	567+1000	568+100	3.83	2.49
121	567+900	567+1000	2.60	3.12	121	567+900	567+1000	2.77	3.02
122	567+800	567+900	3.80	2.51	122	567+800	567+900	4.02	2.41
123	567+700	567+800	2.47	3.19	123	567+700	567+800	2.64	3.10
124	567+600	567+700	2.00	3.48	124	567+600	567+700	2.15	3.38
125	567+500	567+600	2.26	3.32	125	567+500	567+600	2.42	3.22
126	567+400	567+500	2.42	3.22	126	567+400	567+500	2.59	3.12
127	567+300	567+400	2.28	3.30	127	567+300	567+400	2.44	3.21
128	567+200	567+300	3.23	2.78	128	567+200	567+300	3.42	2.68
129	567+100	567+200	3.52	2.64	129	567+100	567+200	3.73	2.54
130	567+000	567+100	4.21	2.33	130	567+000	567+100	4.44	2.23
131	566+900	567+000	2.76	3.03	131	566+900	567+000	2.94	2.93
132	566+800	566+900	3.84	2.49	132	566+800	566+900	4.06	2.39
133	566+700	566+800	3.95	2.44	133	566+700	566+800	4.17	2.34
134	566+600	566+700	3.17	2.81	134	566+600	566+700	3.36	2.71
135	566+500	566+600	2.17	3.37	135	566+500	566+600	2.33	3.28
136	566+400	566+500	1.64	3.71	136	566+400	566+500	1.78	3.62
137	566+300	566+400	1.75	3.64	137	566+300	566+400	1.89	3.54
138	566+200	566+300	1.63	3.72	138	566+200	566+300	1.77	3.63
139	566+100	566+200	1.72	3.66	139	566+100	566+200	1.86	3.56
140	566+000	566+100	1.52	3.79	140	566+000	566+100	1.65	3.70
141	565+900	566+000	3.80	2.51	141	565+900	566+000	4.02	2.41
142	565+800	565+900	3.15	2.82	142	565+800	565+900	3.34	2.72
143	565+700	565+800	2.49	3.18	143	565+700	565+800	2.66	3.08
144	565+600	565+700	3.78	2.51	144	565+600	565+700	3.99	2.42
145	565+500	565+600	1.41	3.87	145	565+500	565+600	1.54	3.78
146	565+400	565+500	2.19	3.36	146	565+400	565+500	2.35	3.26
147	565+300	565+400	2.56	3.14	147	565+300	565+400	2.73	3.04
148	565+200	565+300	1.69	3.68	148	565+200	565+300	1.83	3.59
149	565+100	565+200	2.01	3.47	149	565+100	565+200	2.16	3.38
150	565+000	565+100	1.84	3.58	150	565+000	565+100	1.98	3.49
151	564+900	565+000	2.06	3.44	151	564+900	565+000	2.21	3.34
152	564+800	564+900	1.65	3.70	152	564+800	564+900	1.79	3.61
153	564+700	564+800	1.55	3.77	153	564+700	564+800	1.68	3.68
154	564+600	564+700	4.14	2.36	154	564+600	564+700	4.37	2.26
155	564+500	564+600	5.73	1.76	155	564+500	564+600	6.01	1.68
156	564+400	564+500	1.83	3.58	156	564+400	564+500	1.97	3.49
157	564+300	564+400	2.09	3.42	157	564+300	564+400	2.24	3.32
158	564+200	564+300	1.68	3.68	158	564+200	564+300	1.82	3.59
159	564+100	564+200	2.27	3.31	159	564+100	564+200	2.43	3.21
160	564+000	564+100	1.98	3.49	160	564+000	564+100	2.13	3.39
161	563+900	564+000	1.68	3.68	161	563+900	564+000	1.82	3.59
162	563+800	563+900	1.51	3.80	162	563+800	563+900	1.64	3.71
163	563+700	563+800	5.26	1.92	163	563+700	563+800	5.53	1.83
164	563+600	563+700	1.64	3.71	164	563+600	563+700	1.78	3.62
165	563+500	563+600	1.64	3.71	165	563+500	563+600	1.78	3.62
166	563+400	563+500	1.59	3.74	166	563+400	563+500	1.73	3.65
167	563+300	563+400	2.03	3.46	167	563+300	563+400	2.18	3.36
168	563+200	563+300	1.99	3.48	168	563+200	563+300	2.14	3.39
169	563+100	563+200	3.31	2.74	169	563+100	563+200	3.51	2.64
170	563+000	563+100	2.43	3.21	170	563+000	563+100	2.60	3.12
171	562+900	563+000	1.62	3.72	171	562+900	563+000	1.76	3.63
172	562+800	562+900	1.59	3.74	172	562+800	562+900	1.73	3.65
173	562+700	562+800	2.06	3.44	173	562+700	562+800	2.21	3.34
174	562+600	562+700	2.06	3.44	174	562+600	562+700	2.21	3.34
175	562+500	562+600	2.66	3.08	175	562+500	562+600	2.83	2.99
176	562+400	562+500	2.83	2.99	176	562+400	562+500	3.01	2.89
177	562+300	562+400	2.34	3.27	177	562+300	562+400	2.50	3.17
178	562+200	562+300	6.52	1.53	178	562+200	562+300	6.83	1.44
179	562+100	562+200	2.90	2.95	179	562+100	562+200	3.08	2.85
180	562+000	562+100	2.10	3.41	180	562+000	562+100	2.25	3.32
181	561+900	562+000	2.93	2.94	181	561+900	562+000	3.11	2.84
182	561+800	561+900	1.69	3.68	182	561+800	561+900	1.83	3.59
183	561+700	561+800	1.48	3.82	183	561+700	561+800	1.61	3.73
184	561+600	561+700	1.61	3.73	184	561+600	561+700	1.75	3.64
185	561+500	561+600	1.48	3.82	185	561+500	561+600	1.61	3.73
186	561+400	561+500	1.95	3.51	186	561+400	561+500	2.10	3.41
187	561+300	561+400	2.03	3.46	187	561+300	561+400	2.18	3.36
188	561+200	561+300	2.10	3.41	188	561+200	561+300	2.25	3.32
189	561+100	561+200	2.50	3.17	189	561+100	561+200	2.67	3.08
190	561+000	561+100	2.13	3.39	190	561+000	561+100	2.29	3.30
191	560+900	561+000	4.48	2.21	191	560+900	561+000	4.72	2.12
192	560+800	560+900	3.88	2.47	192	560+800	560+900	4.10	2.37
193	560+700	560+800	1.67	3.69	193	560+700	560+800	1.81	3.60
194	560+600	560+700	1.60	3.74	194	560+600	560+700	1.74	3.65
195	560+500	560+600	1.58	3.75	195	560+500	560+600	1.72	3.66
196	560+400	560+500	3.33	2.73	196	560+400	560+500	3.53	2.63
197	560+300	560+400	3.74	2.53	197	560+300	560+400	3.95	2.44
198	560+200	560+300	2.28	3.30	198	560+200	560+300	2.44	3.21
199	560+100	560+200	2.98	2.91	199	560+100	560+200	3.17	2.81
200	560+000	560+100	2.36	3.26	200	560+000	560+100	2.52	3.16

201	559+900	560+000	2.42	3.22	201	559+900	560+000	2.59	3.12
202	559+800	559+900	2.92	2.94	202	559+800	559+900	3.10	2.84
203	559+700	559+800	2.11	3.41	203	559+700	559+800	2.26	3.31
204	559+600	559+700	4.47	2.22	204	559+600	559+700	4.71	2.12
205	559+500	559+600	3.77	2.52	205	559+500	559+600	3.98	2.42
206	559+400	559+500	1.73	3.65	206	559+400	559+500	1.87	3.56
207	559+300	559+400	2.01	3.47	207	559+300	559+400	2.16	3.38
208	559+200	559+300	3.40	2.69	208	559+200	559+300	3.60	2.60
209	559+100	559+200	2.00	3.48	209	559+100	559+200	2.15	3.38
210	559+000	559+100	1.94	3.51	210	559+000	559+100	2.09	3.42
211	558+900	559+000	1.70	3.67	211	558+900	559+000	1.84	3.58
212	558+800	558+900	2.79	3.01	212	558+800	558+900	2.97	2.91
213	558+700	558+800	1.62	3.72	213	558+700	558+800	1.76	3.63
214	558+600	558+700	1.63	3.72	214	558+600	558+700	1.77	3.63
215	558+500	558+600	1.95	3.51	215	558+500	558+600	2.10	3.41
216	558+400	558+500	1.72	3.66	216	558+400	558+500	1.86	3.56
217	558+300	558+400	1.49	3.81	217	558+300	558+400	1.62	3.72
218	558+200	558+300	2.15	3.38	218	558+200	558+300	2.31	3.29
219	558+100	558+200	2.58	3.13	219	558+100	558+200	2.75	3.03
220	558+000	558+100	4.90	2.05	220	558+000	558+100	5.16	1.96
221	557+900	558+000	3.07	2.86	221	557+900	558+000	3.26	2.76
222	557+800	557+900	1.89	3.55	222	557+800	557+900	2.04	3.45
223	557+700	557+800	1.75	3.64	223	557+700	557+800	1.89	3.54
224	557+600	557+700	1.51	3.80	224	557+600	557+700	1.64	3.71
225	557+500	557+600	2.54	3.15	225	557+500	557+600	2.71	3.05
226	557+400	557+500	1.55	3.77	226	557+400	557+500	1.68	3.68
227	557+300	557+400	1.97	3.49	227	557+300	557+400	2.12	3.40
228	557+200	557+300	1.63	3.72	228	557+200	557+300	1.77	3.63
229	557+100	557+200	1.94	3.51	229	557+100	557+200	2.09	3.42
230	557+000	557+100	1.66	3.70	230	557+000	557+100	1.80	3.61
231	556+900	557+000	1.69	3.68	231	556+900	557+000	1.83	3.59
232	556+800	556+900	1.96	3.50	232	556+800	556+900	2.11	3.41
233	556+700	556+800	2.21	3.35	233	556+700	556+800	2.37	3.25
234	556+600	556+700	1.76	3.63	234	556+600	556+700	1.90	3.54
235	556+500	556+600	1.89	3.55	235	556+500	556+600	2.04	3.45
236	556+400	556+500	1.95	3.51	236	556+400	556+500	2.10	3.41
237	556+300	556+400	1.96	3.50	237	556+300	556+400	2.11	3.41
238	556+200	556+300	1.88	3.55	238	556+200	556+300	2.03	3.46
239	556+100	556+200	1.91	3.53	239	556+100	556+200	2.06	3.44
240	556+000	556+100	1.70	3.67	240	556+000	556+100	1.84	3.58
241	555+900	556+000	1.82	3.59	241	555+900	556+000	1.96	3.50
242	555+800	555+900	1.90	3.54	242	555+800	555+900	2.05	3.45
243	555+700	555+800	1.87	3.56	243	555+700	555+800	2.02	3.47
244	555+600	555+700	1.56	3.77	244	555+600	555+700	1.69	3.67
245	555+500	555+600	1.64	3.71	245	555+500	555+600	1.78	3.62
246	555+400	555+500	2.10	3.41	246	555+400	555+500	2.25	3.32
247	555+300	555+400	2.06	3.44	247	555+300	555+400	2.21	3.34
248	555+200	555+300	2.07	3.43	248	555+200	555+300	2.22	3.34
249	555+100	555+200	2.90	2.95	249	555+100	555+200	3.08	2.85
250	555+000	555+100	3.79	2.51	250	555+000	555+100	4.01	2.41
251	554+900	555+000	3.36	2.71	251	554+900	555+000	3.56	2.62
252	554+800	554+900	1.59	3.74	252	554+800	554+900	1.73	3.65
253	554+700	554+800	1.77	3.62	253	554+700	554+800	1.91	3.53
254	554+600	554+700	1.68	3.68	254	554+600	554+700	1.82	3.59
255	554+500	554+600	1.56	3.77	255	554+500	554+600	1.69	3.67
256	554+400	554+500	1.55	3.77	256	554+400	554+500	1.68	3.68
257	554+300	554+400	1.61	3.73	257	554+300	554+400	1.75	3.64
258	554+200	554+300	1.46	3.83	258	554+200	554+300	1.59	3.74
259	554+100	554+200	1.57	3.76	259	554+100	554+200	1.71	3.67
260	554+000	554+100	1.73	3.65	260	554+000	554+100	1.87	3.56
261	553+900	554+000	2.01	3.47	261	553+900	554+000	2.16	3.38
262	553+800	553+900	1.94	3.51	262	553+800	553+900	2.09	3.42
263	553+700	553+800	1.69	3.68	263	553+700	553+800	1.83	3.59
264	553+600	553+700	1.74	3.64	264	553+600	553+700	1.88	3.55
265	553+500	553+600	1.96	3.50	265	553+500	553+600	2.11	3.41
266	553+400	553+500	1.40	3.88	266	553+400	553+500	1.53	3.79
267	553+300	553+400	2.98	2.91	267	553+300	553+400	3.16	2.81
268	553+200	553+300	1.64	3.71	268	553+200	553+300	1.78	3.62
269	553+100	553+200	1.68	3.68	269	553+100	553+200	1.82	3.59
270	553+000	553+100	1.76	3.63	270	553+000	553+100	1.90	3.54
271	552+900	553+000	1.58	3.75	271	552+900	553+000	1.72	3.66
272	552+800	552+900	1.54	3.78	272	552+800	552+900	1.67	3.69
273	552+700	552+800	1.83	3.58	273	552+700	552+800	1.97	3.49
274	552+600	552+700	1.73	3.65	274	552+600	552+700	1.87	3.56
275	552+500	552+600	1.88	3.55	275	552+500	552+600	2.03	3.46
276	552+400	552+500	1.52	3.79	276	552+400	552+500	1.65	3.70
277	552+300	552+400	1.56	3.77	277	552+300	552+400	1.69	3.67
278	552+200	552+300	1.45	3.84	278	552+200	552+300	1.58	3.75
279	552+100	552+200	1.62	3.72	279	552+100	552+200	1.76	3.63
280	552+000	552+100	1.35	3.91	280	552+000	552+100	1.48	3.82
281	551+900	552+000	1.50	3.81	281	551+900	552+000	1.63	3.72
282	551+800	551+900	1.45	3.84	282	551+800	551+900	1.58	3.75
283	551+700	551+800	1.48	3.82	283	551+700	551+800	1.61	3.73
284	551+600	551+700	1.92	3.53	284	551+600	551+700	2.07	3.43
285	551+500	551+600	2.37	3.25	285	551+500	551+600	2.53	3.15
286	551+400	551+500	2.02	3.46	286	551+400	551+500	2.17	3.37
287	551+300	551+400	3.36	2.71	287	551+300	551+400	3.56	2.62
288	551+200	551+300	2.85	2.98	288	551+200	551+300	3.03	2.88
289	551+100	551+200	1.89	3.55	289	551+100	551+200	2.04	3.45
290	551+000	551+100	3.79	2.51	290	551+000	551+100	4.01	2.41
291	550+900	551+000	2.65	3.09	291	550+900	551+000	2.82	2.99
292	550+800	550+900	2.63	3.10	292	550+800	550+900	2.80	3.00
293	550+700	550+800	4.24	2.31	293	550+700	550+800	4.47	2.22
294	550+600	550+700	3.59	2.60	294	550+600	550+700	3.80	2.51
295	550+500	550+600	1.62	3.72	295	550+500	550+600	1.76	3.63
296	550+400	550+500	1.54	3.78	296	550+400	550+500	1.67	3.69
297	550+300	550+400	1.62	3.72	297	550+300	550+400	1.76	3.63
298	550+200	550+300	1.64	3.71	298	550+200	550+300	1.78	3.62
299	550+100	550+200	1.86	3.57	299	550+100	550+200	2.01	3.47
300	0	550+100	2.16	3.38	300	0	550+100	2.32	3.28
PROMEDIO				3.14	PROMEDIO				3.05

Nota. Para el cálculo se utilizó las fórmulas del método de Sayers y en la ficha se muestra la organización de los resultados obtenidos en las Hojas Excel. Fuente: Elaboración Propia.

Ficha 10. Cálculos y Resultados PSI por cada 100 metros de recorrido carril de Vuelta Recuay-Huaraz (Elaborado en Hojas Excel)

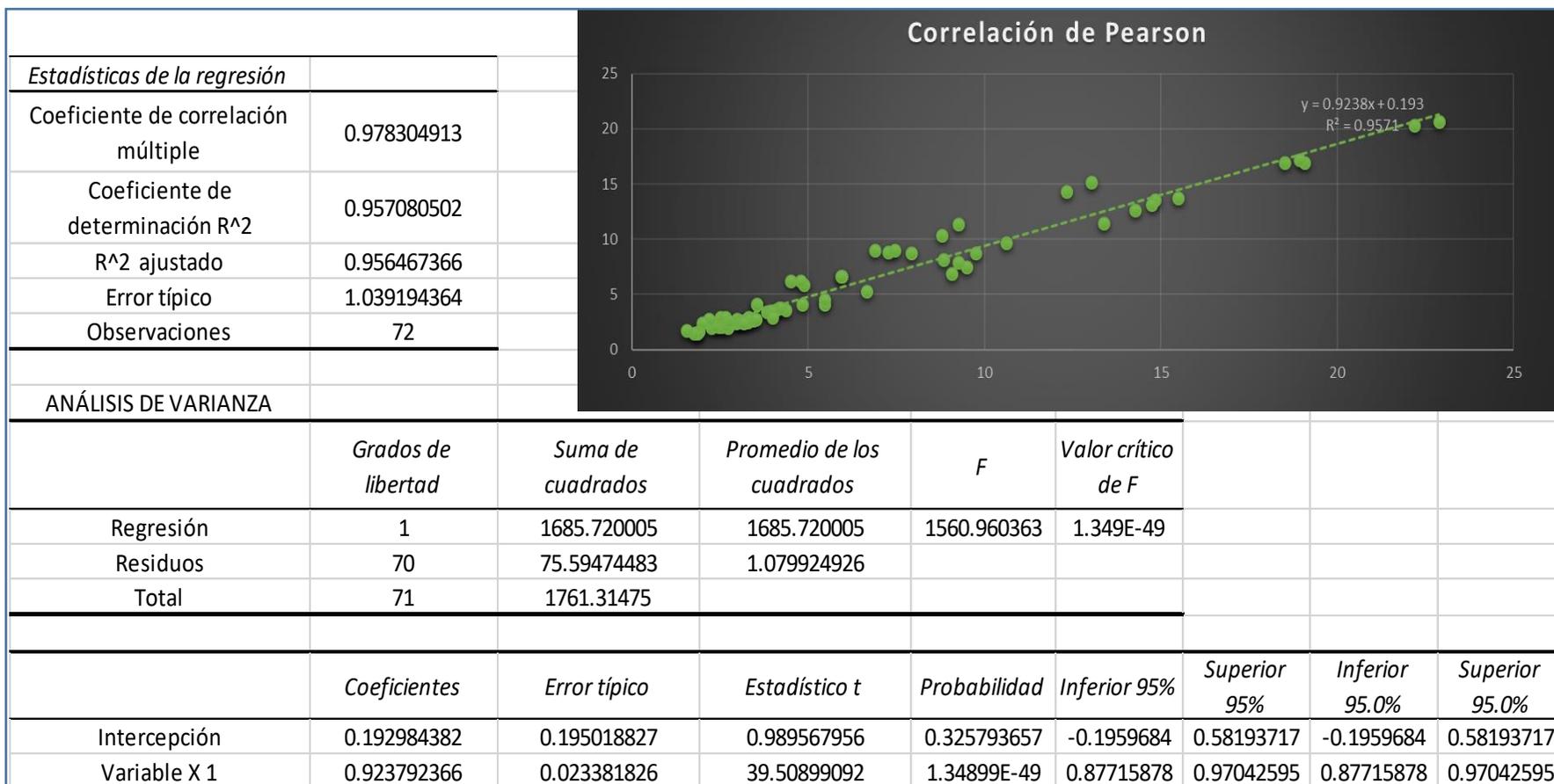
SERVICIABILIDAD DEL RECORRIDO DE VUELTA RECUAY-HUARAZ										
N°	PROGRESIV A DESDE	PROGRESIV A HASTA	eIRI (m/km)	PSI		N°	PROGRESIV A DESDE	PROGRESIV A HASTA	IRI (m/km)	PSI
1	550+000	550+100	1.46	3.83		1	550+000	550+100	1.59	3.74
2	550+100	550+200	1.60	3.74		2	550+100	550+200	1.74	3.65
3	550+200	550+300	1.38	3.89		3	550+200	550+300	1.51	3.80
4	550+300	550+400	2.64	3.09		4	550+300	550+400	2.81	3.00
5	550+400	550+500	1.68	3.68		5	550+400	550+500	1.82	3.59
6	550+500	550+600	2.58	3.13		6	550+500	550+600	2.75	3.03
7	550+600	550+700	4.89	2.06		7	550+600	550+700	5.14	1.96
8	550+700	550+800	1.61	3.73		8	550+700	550+800	1.75	3.64
9	550+800	550+900	1.71	3.66		9	550+800	550+900	1.85	3.57
10	550+900	551+000	1.77	3.62		10	550+900	551+000	1.91	3.53
11	551+000	551+100	1.75	3.64		11	551+000	551+100	1.89	3.54
12	551+100	551+200	1.58	3.75		12	551+100	551+200	1.72	3.66
13	551+200	551+300	1.70	3.67		13	551+200	551+300	1.84	3.58
14	551+300	551+400	1.55	3.77		14	551+300	551+400	1.68	3.68
15	551+400	551+500	1.66	3.70		15	551+400	551+500	1.80	3.61
16	551+500	551+600	1.56	3.77		16	551+500	551+600	1.69	3.67
17	551+600	551+700	1.56	3.77		17	551+600	551+700	1.69	3.67
18	551+700	551+800	1.71	3.66		18	551+700	551+800	1.85	3.57
19	551+800	551+900	1.84	3.58		19	551+800	551+900	1.98	3.49
20	551+900	552+000	2.65	3.09		20	551+900	552+000	2.82	2.99
21	552+000	552+100	1.74	3.64		21	552+000	552+100	1.88	3.55
22	552+100	552+200	1.68	3.68		22	552+100	552+200	1.82	3.59
23	552+200	552+300	1.65	3.70		23	552+200	552+300	1.79	3.61
24	552+300	552+400	1.59	3.74		24	552+300	552+400	1.73	3.65
25	552+400	552+500	1.74	3.64		25	552+400	552+500	1.88	3.55
26	552+500	552+600	1.61	3.73		26	552+500	552+600	1.75	3.64
27	552+600	552+700	1.60	3.74		27	552+600	552+700	1.74	3.65
28	552+700	552+800	1.55	3.77		28	552+700	552+800	1.68	3.68
29	552+800	552+900	1.42	3.86		29	552+800	552+900	1.55	3.77
30	552+900	553+000	1.47	3.83		30	552+900	553+000	1.60	3.74
31	553+000	553+100	1.65	3.70		31	553+000	553+100	1.79	3.61
32	553+100	553+200	1.71	3.66		32	553+100	553+200	1.85	3.57
33	553+200	553+300	1.69	3.68		33	553+200	553+300	1.83	3.59
34	553+300	553+400	1.41	3.87		34	553+300	553+400	1.54	3.78
35	553+400	553+500	1.70	3.67		35	553+400	553+500	1.84	3.58
36	553+500	553+600	1.52	3.79		36	553+500	553+600	1.65	3.70
37	553+600	553+700	1.77	3.62		37	553+600	553+700	1.91	3.53
38	553+700	553+800	2.14	3.39		38	553+700	553+800	2.30	3.29
39	553+800	553+900	1.42	3.86		39	553+800	553+900	1.55	3.77
40	553+900	554+000	1.60	3.74		40	553+900	554+000	1.74	3.65
41	554+000	554+100	1.55	3.77		41	554+000	554+100	1.68	3.68
42	554+100	554+200	1.62	3.72		42	554+100	554+200	1.76	3.63
43	554+200	554+300	1.74	3.64		43	554+200	554+300	1.88	3.55
44	554+300	554+400	3.82	2.50		44	554+300	554+400	4.04	2.40
45	554+400	554+500	1.54	3.78		45	554+400	554+500	1.67	3.69
46	554+500	554+600	1.52	3.79		46	554+500	554+600	1.65	3.70
47	554+600	554+700	1.71	3.66		47	554+600	554+700	1.85	3.57
48	554+700	554+800	1.48	3.82		48	554+700	554+800	1.61	3.73
49	554+800	554+900	1.30	3.95		49	554+800	554+900	1.43	3.86
50	554+900	555+000	1.49	3.81		50	554+900	555+000	1.62	3.72
51	555+000	555+100	1.29	3.95		51	555+000	555+100	1.42	3.87
52	555+100	555+200	1.52	3.79		52	555+100	555+200	1.65	3.70
53	555+200	555+300	1.51	3.80		53	555+200	555+300	1.64	3.71
54	555+300	555+400	1.66	3.70		54	555+300	555+400	1.80	3.61
55	555+400	555+500	1.51	3.80		55	555+400	555+500	1.64	3.71
56	555+500	555+600	1.71	3.66		56	555+500	555+600	1.85	3.57
57	555+600	555+700	1.43	3.86		57	555+600	555+700	1.56	3.77
58	555+700	555+800	1.47	3.83		58	555+700	555+800	1.60	3.74
59	555+800	555+900	1.41	3.87		59	555+800	555+900	1.54	3.78
60	555+900	556+000	1.62	3.72		60	555+900	556+000	1.76	3.63
61	556+000	556+100	1.49	3.81		61	556+000	556+100	1.62	3.72
62	556+100	556+200	1.61	3.73		62	556+100	556+200	1.75	3.64
63	556+200	556+300	1.51	3.80		63	556+200	556+300	1.64	3.71
64	556+300	556+400	1.55	3.77		64	556+300	556+400	1.68	3.68
65	556+400	556+500	3.56	2.62		65	556+400	556+500	3.77	2.52
66	556+500	556+600	1.59	3.74		66	556+500	556+600	1.73	3.65
67	556+600	556+700	1.70	3.67		67	556+600	556+700	1.84	3.58
68	556+700	556+800	1.74	3.64		68	556+700	556+800	1.88	3.55
69	556+800	556+900	1.62	3.72		69	556+800	556+900	1.76	3.63
70	556+900	557+000	1.65	3.70		70	556+900	557+000	1.79	3.61
71	557+000	557+100	1.54	3.78		71	557+000	557+100	1.67	3.69
72	557+100	557+200	1.62	3.72		72	557+100	557+200	1.76	3.63
73	557+200	557+300	1.83	3.58		73	557+200	557+300	1.97	3.49
74	557+300	557+400	2.15	3.38		74	557+300	557+400	2.31	3.29
75	557+400	557+500	1.72	3.66		75	557+400	557+500	1.86	3.56
76	557+500	557+600	2.15	3.38		76	557+500	557+600	2.31	3.29
77	557+600	557+700	1.52	3.79		77	557+600	557+700	1.65	3.70
78	557+700	557+800	1.65	3.70		78	557+700	557+800	1.79	3.61
79	557+800	557+900	1.96	3.50		79	557+800	557+900	2.11	3.41
80	557+900	558+000	3.93	2.45		80	557+900	558+000	4.15	2.35
81	558+000	558+100	1.47	3.83		81	558+000	558+100	1.60	3.74
82	558+100	558+200	1.83	3.58		82	558+100	558+200	1.97	3.49
83	558+200	558+300	1.51	3.80		83	558+200	558+300	1.64	3.71
84	558+300	558+400	1.78	3.62		84	558+300	558+400	1.92	3.52
85	558+400	558+500	2.30	3.29		85	558+400	558+500	2.46	3.20
86	558+500	558+600	2.86	2.97		86	558+500	558+600	3.04	2.88
87	558+600	558+700	2.05	3.44		87	558+600	558+700	2.20	3.35
88	558+700	558+800	1.95	3.51		88	558+700	558+800	2.10	3.41
89	558+800	558+900	5.01	2.01		89	558+800	558+900	5.27	1.92
90	558+900	559+000	2.06	3.44		90	558+900	559+000	2.21	3.34
91	559+000	559+100	3.18	2.80		91	559+000	559+100	3.37	2.71
92	559+100	559+200	2.24	3.33		92	559+100	559+200	2.40	3.23
93	559+200	559+300	4.00	2.42		93	559+200	559+300	4.22	2.32
94	559+300	559+400	2.95	2.92		94	559+300	559+400	3.13	2.83
95	559+400	559+500	3.23	2.78		95	559+400	559+500	3.42	2.68
96	559+500	559+600	1.65	3.70		96	559+500	559+600	1.79	3.61
97	559+600	559+700	2.20	3.35		97	559+600	559+700	2.36	3.26
98	559+700	559+800	2.73	3.04		98	559+700	559+800	2.91	2.95
99	559+800	559+900	1.87	3.56		99	559+800	559+900	2.02	3.47
100	559+900	560+000	1.83	3.58		100	559+900	560+000	1.97	3.49

101	560+000	560+100	2.07	3.43		101	560+000	560+100	2.22	3.34
102	560+100	560+200	1.64	3.71		102	560+100	560+200	1.78	3.62
103	560+200	560+300	1.75	3.64		103	560+200	560+300	1.89	3.54
104	560+300	560+400	2.14	3.39		104	560+300	560+400	2.30	3.29
105	560+400	560+500	1.99	3.48		105	560+400	560+500	2.14	3.39
106	560+500	560+600	1.56	3.77		106	560+500	560+600	1.69	3.67
107	560+600	560+700	1.63	3.72		107	560+600	560+700	1.77	3.63
108	560+700	560+800	1.62	3.72		108	560+700	560+800	1.76	3.63
109	560+800	560+900	1.65	3.70		109	560+800	560+900	1.79	3.61
110	560+900	561+000	1.53	3.79		110	560+900	561+000	1.66	3.69
111	561+000	561+100	4.26	2.30		111	561+000	561+100	4.49	2.21
112	561+100	561+200	2.74	3.04		112	561+100	561+200	2.92	2.94
113	561+200	561+300	4.24	2.31		113	561+200	561+300	4.47	2.22
114	561+300	561+400	1.74	3.64		114	561+300	561+400	1.88	3.55
115	561+400	561+500	1.56	3.77		115	561+400	561+500	1.69	3.67
116	561+500	561+600	1.67	3.69		116	561+500	561+600	1.81	3.60
117	561+600	561+700	1.59	3.74		117	561+600	561+700	1.73	3.65
118	561+700	561+800	1.68	3.68		118	561+700	561+800	1.82	3.59
119	561+800	561+900	1.66	3.70		119	561+800	561+900	1.80	3.61
120	561+900	562+000	1.71	3.66		120	561+900	562+000	1.85	3.57
121	562+000	562+100	2.07	3.43		121	562+000	562+100	2.22	3.34
122	562+100	562+200	1.93	3.52		122	562+100	562+200	2.08	3.43
123	562+200	562+300	1.63	3.72		123	562+200	562+300	1.77	3.63
124	562+300	562+400	1.67	3.69		124	562+300	562+400	1.81	3.60
125	562+400	562+500	1.65	3.70		125	562+400	562+500	1.79	3.61
126	562+500	562+600	1.55	3.77		126	562+500	562+600	1.68	3.68
127	562+600	562+700	1.88	3.55		127	562+600	562+700	2.03	3.46
128	562+700	562+800	1.77	3.62		128	562+700	562+800	1.91	3.53
129	562+800	562+900	1.68	3.68		129	562+800	562+900	1.82	3.59
130	562+900	563+000	1.55	3.77		130	562+900	563+000	1.68	3.68
131	563+000	563+100	5.23	1.93		131	563+000	563+100	5.50	1.84
132	563+100	563+200	1.52	3.79		132	563+100	563+200	1.65	3.70
133	563+200	563+300	1.53	3.79		133	563+200	563+300	1.66	3.69
134	563+300	563+400	1.71	3.66		134	563+300	563+400	1.85	3.57
135	563+400	563+500	1.94	3.51		135	563+400	563+500	2.09	3.42
136	563+500	563+600	1.98	3.49		136	563+500	563+600	2.13	3.39
137	563+600	563+700	2.25	3.32		137	563+600	563+700	2.41	3.23
138	563+700	563+800	1.93	3.52		138	563+700	563+800	2.08	3.43
139	563+800	563+900	2.47	3.19		139	563+800	563+900	2.64	3.10
140	563+900	564+000	1.63	3.72		140	563+900	564+000	1.77	3.63
141	564+000	564+100	1.55	3.77		141	564+000	564+100	1.68	3.68
142	564+100	564+200	1.54	3.78		142	564+100	564+200	1.67	3.69
143	564+200	564+300	1.72	3.66		143	564+200	564+300	1.86	3.56
144	564+300	564+400	1.59	3.74		144	564+300	564+400	1.73	3.65
145	564+400	564+500	1.87	3.56		145	564+400	564+500	2.02	3.47
146	564+500	564+600	1.50	3.81		146	564+500	564+600	1.63	3.72
147	564+600	564+700	1.57	3.76		147	564+600	564+700	1.71	3.67
148	564+700	564+800	4.60	2.17		148	564+700	564+800	4.84	2.07
149	564+800	564+900	1.89	3.55		149	564+800	564+900	2.04	3.45
150	564+900	565+000	2.46	3.20		150	564+900	565+000	2.63	3.10
151	565+000	565+100	1.84	3.58		151	565+000	565+100	1.98	3.49
152	565+100	565+200	4.85	2.07		152	565+100	565+200	5.10	1.98
153	565+200	565+300	5.38	1.88		153	565+200	565+300	5.65	1.79
154	565+300	565+400	2.19	3.36		154	565+300	565+400	2.35	3.26
155	565+400	565+500	1.72	3.66		155	565+400	565+500	1.86	3.56
156	565+500	565+600	1.68	3.68		156	565+500	565+600	1.82	3.59
157	565+600	565+700	1.54	3.78		157	565+600	565+700	1.67	3.69
158	565+700	565+800	2.01	3.47		158	565+700	565+800	2.16	3.38
159	565+800	565+900	2.60	3.12		159	565+800	565+900	2.77	3.02
160	565+900	566+000	1.94	3.51		160	565+900	566+000	2.09	3.42
161	566+000	566+100	1.74	3.64		161	566+000	566+100	1.88	3.55
162	566+100	566+200	1.72	3.66		162	566+100	566+200	1.86	3.56
163	566+200	566+300	2.18	3.36		163	566+200	566+300	2.34	3.27
164	566+300	566+400	1.82	3.59		164	566+300	566+400	1.96	3.50
165	566+400	566+500	2.54	3.15		165	566+400	566+500	2.71	3.05
166	566+500	566+600	3.43	2.68		166	566+500	566+600	3.63	2.58
167	566+600	566+700	1.82	3.59		167	566+600	566+700	1.96	3.50
168	566+700	566+800	2.32	3.28		168	566+700	566+800	2.48	3.18
169	566+800	566+900	1.89	3.55		169	566+800	566+900	2.04	3.45
170	566+900	567+000	1.69	3.68		170	566+900	567+000	1.83	3.59
171	567+000	567+100	1.65	3.70		171	567+000	567+100	1.79	3.61
172	567+100	567+200	1.77	3.62		172	567+100	567+200	1.91	3.53
173	567+200	567+300	2.40	3.23		173	567+200	567+300	2.57	3.14
174	567+300	567+400	1.91	3.53		174	567+300	567+400	2.06	3.44
175	567+400	567+500	2.31	3.29		175	567+400	567+500	2.47	3.19
176	567+500	567+600	2.07	3.43		176	567+500	567+600	2.22	3.34
177	567+600	567+700	1.73	3.65		177	567+600	567+700	1.87	3.56
178	567+700	567+800	1.69	3.68		178	567+700	567+800	1.83	3.59
179	567+800	567+900	1.75	3.64		179	567+800	567+900	1.89	3.54
180	567+900	568+000	1.75	3.64		180	567+900	568+000	1.89	3.54
181	568+000	568+100	1.66	3.70		181	568+000	568+100	1.80	3.61
182	568+100	568+200	1.64	3.71		182	568+100	568+200	1.78	3.62
183	568+200	568+300	2.58	3.13		183	568+200	568+300	2.75	3.03
184	568+300	568+400	1.92	3.53		184	568+300	568+400	2.07	3.43
185	568+400	568+500	2.06	3.44		185	568+400	568+500	2.21	3.34
186	568+500	568+600	4.73	2.12		186	568+500	568+600	4.98	2.02
187	568+600	568+700	3.22	2.78		187	568+600	568+700	3.41	2.69
188	568+700	568+800	1.96	3.50		188	568+700	568+800	2.11	3.41
189	568+800	568+900	2.03	3.46		189	568+800	568+900	2.18	3.36
190	568+900	569+000	1.49	3.81		190	568+900	569+000	1.62	3.72
191	569+000	569+100	1.73	3.65		191	569+000	569+100	1.87	3.56
192	569+100	569+200	1.74	3.64		192	569+100	569+200	1.88	3.55
193	569+200	569+300	1.55	3.77		193	569+200	569+300	1.68	3.68
194	569+300	569+400	2.81	3.00		194	569+300	569+400	2.99	2.90
195	569+400	569+500	2.91	2.95		195	569+400	569+500	3.09	2.85
196	569+500	569+600	2.59	3.12		196	569+500	569+600	2.76	3.03
197	569+600	569+700	2.03	3.46		197	569+600	569+700	2.18	3.36
198	569+700	569+800	2.75	3.03		198	569+700	569+800	2.93	2.94
199	569+800	569+900	3.29	2.75		199	569+800	569+900	3.49	2.65
200	569+900	570+000	3.36	2.71		200	569+900	570+000	3.56	2.62

201	570+000	570+100	3.57	2.61	201	570+000	570+100	3.78	2.52
202	570+100	570+200	3.55	2.62	202	570+100	570+200	3.76	2.53
203	570+200	570+300	1.67	3.69	203	570+200	570+300	1.81	3.60
204	570+300	570+400	1.65	3.70	204	570+300	570+400	1.79	3.61
205	570+400	570+500	1.58	3.75	205	570+400	570+500	1.72	3.66
206	570+500	570+600	2.20	3.35	206	570+500	570+600	2.36	3.26
207	570+600	570+700	1.65	3.70	207	570+600	570+700	1.79	3.61
208	570+700	570+800	4.43	2.23	208	570+700	570+800	4.67	2.14
209	570+800	570+900	1.77	3.62	209	570+800	570+900	1.91	3.53
210	570+900	571+000	4.01	2.41	210	570+900	571+000	4.23	2.32
211	571+000	571+100	2.56	3.14	211	571+000	571+100	2.73	3.04
212	571+100	571+200	1.80	3.60	212	571+100	571+200	1.94	3.51
213	571+200	571+300	2.14	3.39	213	571+200	571+300	2.30	3.29
214	571+300	571+400	2.00	3.48	214	571+300	571+400	2.15	3.38
215	571+400	571+500	1.68	3.68	215	571+400	571+500	1.82	3.59
216	571+500	571+600	1.65	3.70	216	571+500	571+600	1.79	3.61
217	571+600	571+700	1.69	3.68	217	571+600	571+700	1.83	3.59
218	571+700	571+800	1.63	3.72	218	571+700	571+800	1.77	3.63
219	571+800	571+900	2.84	2.98	219	571+800	571+900	3.02	2.89
220	571+900	572+000	1.54	3.78	220	571+900	572+000	1.67	3.69
221	572+000	572+100	1.58	3.75	221	572+000	572+100	1.72	3.66
222	572+100	572+200	1.62	3.72	222	572+100	572+200	1.76	3.63
223	572+200	572+300	4.49	2.21	223	572+200	572+300	4.73	2.12
224	572+300	572+400	1.69	3.68	224	572+300	572+400	1.83	3.59
225	572+400	572+500	1.60	3.74	225	572+400	572+500	1.74	3.65
226	572+500	572+600	1.57	3.76	226	572+500	572+600	1.71	3.67
227	572+600	572+700	1.71	3.66	227	572+600	572+700	1.85	3.57
228	572+700	572+800	2.95	2.92	228	572+700	572+800	3.13	2.83
229	572+800	572+900	4.02	2.41	229	572+800	572+900	4.24	2.31
230	572+900	573+000	4.73	2.12	230	572+900	573+000	4.98	2.02
231	573+000	573+100	1.98	3.49	231	573+000	573+100	2.13	3.39
232	573+100	573+200	3.83	2.49	232	573+100	573+200	4.05	2.40
233	573+200	573+300	2.31	3.29	233	573+200	573+300	2.47	3.19
234	573+300	573+400	1.78	3.62	234	573+300	573+400	1.92	3.52
235	573+400	573+500	1.53	3.79	235	573+400	573+500	1.66	3.69
236	573+500	573+600	2.09	3.42	236	573+500	573+600	2.24	3.32
237	573+600	573+700	3.08	2.86	237	573+600	573+700	3.27	2.76
238	573+700	573+800	1.64	3.71	238	573+700	573+800	1.78	3.62
239	573+800	573+900	3.19	2.80	239	573+800	573+900	3.38	2.70
240	573+900	574+000	3.68	2.56	240	573+900	574+000	3.89	2.46
241	574+000	574+100	5.74	1.76	241	574+000	574+100	6.03	1.67
242	574+100	574+200	2.09	3.42	242	574+100	574+200	2.24	3.32
243	574+200	574+300	1.61	3.73	243	574+200	574+300	1.75	3.64
244	574+300	574+400	1.66	3.70	244	574+300	574+400	1.80	3.61
245	574+400	574+500	1.55	3.77	245	574+400	574+500	1.68	3.68
246	574+500	574+600	2.74	3.04	246	574+500	574+600	2.92	2.94
247	574+600	574+700	2.19	3.36	247	574+600	574+700	2.35	3.26
248	574+700	574+800	1.65	3.70	248	574+700	574+800	1.79	3.61
249	574+800	574+900	1.52	3.79	249	574+800	574+900	1.65	3.70
250	574+900	575+000	1.64	3.71	250	574+900	575+000	1.78	3.62
251	575+000	575+100	1.69	3.68	251	575+000	575+100	1.83	3.59
252	575+100	575+200	1.72	3.66	252	575+100	575+200	1.86	3.56
253	575+200	575+300	1.68	3.68	253	575+200	575+300	1.82	3.59
254	575+300	575+400	2.68	3.07	254	575+300	575+400	2.86	2.98
255	575+400	575+500	1.81	3.60	255	575+400	575+500	1.95	3.51
256	575+500	575+600	1.58	3.75	256	575+500	575+600	1.72	3.66
257	575+600	575+700	2.05	3.44	257	575+600	575+700	2.20	3.35
258	575+700	575+800	2.31	3.29	258	575+700	575+800	2.47	3.19
259	575+800	575+900	1.80	3.60	259	575+800	575+900	1.94	3.51
260	575+900	576+000	3.53	2.63	260	575+900	576+000	3.74	2.54
261	576+000	576+100	3.06	2.87	261	576+000	576+100	3.25	2.77
262	576+100	576+200	2.06	3.44	262	576+100	576+200	2.21	3.34
263	576+200	576+300	4.54	2.19	263	576+200	576+300	4.78	2.10
264	576+300	576+400	3.14	2.83	264	576+300	576+400	3.33	2.73
265	576+400	576+500	3.96	2.43	265	576+400	576+500	4.18	2.34
266	576+500	576+600	7.66	1.24	266	576+500	576+600	8.01	1.16
267	576+600	576+700	3.73	2.54	267	576+600	576+700	3.94	2.44
268	576+700	576+800	5.97	1.69	268	576+700	576+800	6.26	1.60
269	576+800	576+900	8.45	1.08	269	576+800	576+900	8.83	1.00
270	576+900	577+000	8.51	1.06	270	576+900	577+000	8.89	0.99
271	577+000	577+100	7.70	1.23	271	577+000	577+100	8.06	1.16
272	577+100	577+200	6.89	1.43	272	577+100	577+200	7.22	1.35
273	577+200	577+300	7.09	1.38	273	577+200	577+300	7.42	1.30
274	577+300	577+400	7.23	1.34	274	577+300	577+400	7.57	1.26
275	577+400	577+500	5.35	1.89	275	577+400	577+500	5.62	1.80
276	577+500	577+600	6.00	1.68	276	577+500	577+600	6.29	1.59
277	577+600	577+700	5.73	1.76	277	577+600	577+700	6.01	1.68
278	577+700	577+800	6.35	1.58	278	577+700	577+800	6.66	1.49
279	577+800	577+900	6.83	1.44	279	577+800	577+900	7.15	1.36
280	577+900	578+000	5.32	1.90	280	577+900	578+000	5.59	1.81
281	578+000	578+100	6.88	1.43	281	578+000	578+100	7.21	1.35
282	578+100	578+200	5.02	2.01	282	578+100	578+200	5.27	1.92
283	578+200	578+300	4.67	2.14	283	578+200	578+300	4.92	2.05
284	578+300	578+400	6.06	1.66	284	578+300	578+400	6.36	1.57
285	578+400	578+500	4.12	2.36	285	578+400	578+500	4.35	2.27
286	578+500	578+600	5.75	1.76	286	578+500	578+600	6.04	1.67
287	578+600	578+700	4.82	2.08	287	578+600	578+700	5.07	1.99
288	578+700	578+800	6.48	1.54	288	578+700	578+800	6.79	1.45
289	578+800	578+900	6.70	1.48	289	578+800	578+900	7.02	1.40
290	578+900	579+000	5.21	1.94	290	578+900	579+000	5.47	1.85
291	579+000	579+100	5.71	1.77	291	579+000	579+100	5.99	1.68
292	579+100	579+200	6.64	1.50	292	579+100	579+200	6.96	1.41
293	579+200	579+300	6.29	1.59	293	579+200	579+300	6.60	1.51
294	579+300	579+400	5.94	1.70	294	579+300	579+400	6.23	1.61
295	579+400	579+500	6.98	1.41	295	579+400	579+500	7.31	1.32
296	579+500	579+600	6.23	1.61	296	579+500	579+600	6.53	1.52
297	579+600	579+700	5.34	1.89	297	579+600	579+700	5.61	1.80
298	579+700	579+800	6.83	1.44	298	579+700	579+800	7.15	1.36
299	579+800	579+900	4.82	2.08	299	579+800	579+900	5.07	1.99
300	579+900	580+000	6.01	1.68	300	579+900	580+000	6.30	1.59
PROMEDIO				3.23	PROMEDIO				3.14

Nota. Para el cálculo se utilizó las fórmulas del método de Sayers y en la ficha se muestra la organización de los resultados obtenidos en las Hojas Excel. Fuente: Elaboración Propia.

Ficha 11. Cálculos, análisis y gráficos estadísticos del coeficiente de correlación de PEARSON (Ítem 3.7.3)



Nota. Los cálculos se realizaron tomando en cuenta los valores obtenidos por ambos métodos, siendo estos un total de 72 datos que se mostraron en la tabla 27. Fuente: Elaboración Propia.

Ficha 12. Cálculos, análisis y gráficos estadísticos del coeficiente de correlación de SPEARMAN (Ítem 3.10.3)

CORRELACIÓN DE SPEARMAN						
Distancia recorrida(m)	NYM	ROADR	Rango (x) dx	Rango(y) dy	d	d ²
5	1.86	1.46	4	1	3	9
10	1.83	1.52	3	2	1	1
15	1.77	1.53	2	3	-1	1
20	1.89	1.64	5	4	1	1
25	1.55	1.75	1	5	-4	16
30	2.25	1.96	8.5	6.5	2	4
35	2.72	1.96	17	6.5	10.5	110.25
40	2.46	2.06	11	8	3	9
45	2.54	2.07	13	9	4	16
50	2.34	2.15	10	10	0	0
55	2.68	2.29	16	11	5	25
60	1.99	2.39	6	12.5	-6.5	42.25
65	3.16	2.39	24	12.5	11.5	132.25
70	2.96	2.44	19	14	5	25
75	3.28	2.47	27	15	12	144
80	2.25	2.49	8.5	16.5	-8	64
85	2.99	2.49	21	16.5	4.5	20.25
90	2.75	2.55	18	18	0	0
95	3.08	2.58	22.5	19.5	3	9
100	3.08	2.58	22.5	19.5	3	9
105	3.21	2.64	25	21.5	3.5	12.25
110	3.44	2.64	29	21.5	7.5	56.25
115	2.98	2.73	20	23	-3	9
120	2.18	2.74	7	24.5	-17.5	306.25
125	3.27	2.74	26	24.5	1.5	2.25
130	3.51	2.75	30	26	4	16
135	2.63	2.82	14	27	-13	169
140	3.31	2.89	28	28	0	0
145	2.52	2.93	12	29.5	-17.5	306.25
150	3.98	2.93	35	29.5	5.5	30.25
155	2.64	2.96	15	31	-16	256
160	3.82	3.4	33	32	1	1
165	3.94	3.53	34	33	1	1
170	4.07	3.57	36	34.5	1.5	2.25
175	4.37	3.57	39	34.5	4.5	20.25
180	4.17	3.73	37	36.5	0.5	0.25
185	4.23	3.73	38	36.5	1.5	2.25
190	5.47	4.08	44.5	38	6.5	42.25
195	4.82	4.12	42	39	3	9
200	3.53	4.15	31	40.5	-9.5	90.25
205	3.55	4.15	32	40.5	-8.5	72.25
210	5.47	4.49	44.5	42	2.5	6.25
215	6.65	5.33	48	43	5	25
220	4.88	5.92	43	44	-1	1

220	4.88	5.92	43	44	-1	1
225	4.49	6.24	40	45.5	-5.5	30.25
230	4.77	6.24	41	45.5	-4.5	20.25
235	5.92	6.68	46	47.5	-1.5	2.25
240	5.95	6.68	47	47.5	-0.5	0.25
245	9.06	6.86	55	49	6	36
250	9.48	7.48	58	50	8	64
255	9.26	7.89	57	51	6	36
260	8.83	8.15	54	52	2	4
265	7.92	8.79	52	53.5	-1.5	2.25
270	9.74	8.79	59	53.5	5.5	30.25
275	7.26	8.87	50	55	-5	25
280	6.88	8.99	49	56.5	-7.5	56.25
285	7.46	8.99	51	56.5	-5.5	30.25
290	10.62	9.65	60	58	2	4
295	8.79	10.35	53	59	-6	36
300	9.25	11.37	56	60	-4	16
305	13.37	11.46	63	61	2	4
310	14.27	12.65	64	62	2	4
315	14.73	13.16	65	63	2	4
320	14.83	13.6	66	64	2	4
325	15.49	13.76	67	65	2	4
330	12.32	14.37	61	66	-5	25
335	13.02	15.22	62	67	-5	25
340	18.51	16.95	68	68.5	-0.5	0.25
345	19.07	16.95	70	68.5	1.5	2.25
350	18.92	17.22	69	70	-1	1
355	22.19	20.3	71	71	0	0
360	22.87	20.65	72	72	0	0
					SUMA	2541
					N	72

$\rho=0$ No hay correlación

$\rho \neq 0$ Hay correlación

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Rho	0.95914528
Z	8.08190181
Op	0.11867817

		NIVEL Y MIRA	ROADROID
NIVEL Y MIRA	Correlación de Spearman	1	0.95914528
	Observaciones	72	72
ROADROID	Correlación de Spearman	0.959145283	1
	Observaciones	72	72

Nota. La ficha fue elaborada en una hoja de cálculo en Excel. Fuente: Elaboración Propia

Anexo 03: Análisis de tráfico vehicular y ESAL de diseño

Ficha 13. Resultados del conteo vehicular realizado.



UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: CONSERVACIÓN Y REGULARIDAD SUPERFICIAL DE LA CARRETERA PAVIMENTADA PE-3N TRAMO HUARAZ -RECUAY KM 550+000 AL KM 580+000, ANCASH-
2019

HOJA Nº : 01

FORMATO DE AFORO VEHICULAR (VOLUMEN DE TRAFICO PROMEDIO DIARIO)

Tramo : Carretera PE-3N Huaraz-Recuay Km+550.000 al Km+580.000
Código de Estación : E-001
Estación : Comisaría de Tacllan (Salida sur de la ciudad de Huaraz)

Ubicación : Huaraz
Fecha : Sabado, 16 de Noviembre de 2019

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR

HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER						TRAYLER				TOTAL	%		
			PICK UP	Rural combi		B2	B3-1	B4-1	C2	C3	C4	8X4	T2S1	T2S2	T2Se2	T2S3	T3S2	T3S1	T2Se3	2T2	2T3	3T2			3T3	
07 - 08 am	ENTRADA	87	27	30	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	146	2.97
	SALIDA	90	25	19	0	1	0	0	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143	2.90
08 - 09 am	ENTRADA	100	22	49	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	175	3.55
	SALIDA	92	23	33	1	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153	3.11
09 - 10 pm	ENTRADA	98	39	25	2	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	168	3.41
	SALIDA	103	36	15	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	159	3.23
10 - 11 pm	ENTRADA	96	24	32	4	0	4	0	8	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	173	3.51
	SALIDA	96	20	48	8	2	0	4	15	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	201	4.08
11 - 12 am	ENTRADA	122	48	36	6	2	2	0	36	4	2	0	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	264	5.36
	SALIDA	130	48	46	2	0	0	0	44	8	0	0	0	0	0	10	1	0	0	0	0	0	0	0	289	5.87
12 - 13 am	ENTRADA	138	57	21	1	1	1	0	33	10	4	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	1	273	5.55
	SALIDA	150	61	15	1	2	0	0	16	2	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	2	256	5.20
13 - 14 pm	ENTRADA	125	44	27	0	0	0	0	32	11	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	244	4.96
	SALIDA	143	48	24	1	0	0	0	24	6	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	251	5.10
14 - 15 pm	ENTRADA	98	30	26	3	1	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	164	3.33
	SALIDA	104	25	17	2	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	156	3.17
15 - 16 pm	ENTRADA	112	30	25	0	1	0	0	8	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	180	3.66
	SALIDA	110	30	32	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	181	3.68
16 - 17 pm	ENTRADA	108	28	37	0	2	1	0	10	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	189	3.84
	SALIDA	97	32	45	0	1	0	0	7	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	189	3.84
17 - 18 pm	ENTRADA	149	37	42	0	1	1	0	3	8	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	2	248	5.04
	SALIDA	135	35	40	1	0	1	0	6	5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	225	4.57
18 - 19 pm	ENTRADA	147	47	31	1	0	0	0	12	7	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	248	5.04
	SALIDA	133	59	34	0	3	0	0	9	6	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	248	5.04
TOTAL		2763	875	749	35	18	10	4	291	86	18	0	3	0	0	0	63	1	0	0	0	0	0	7	4923	100
%		56.12	17.77	15.21	0.71	0.37	0.20	0.08	5.91	1.75	0.37	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	1.28	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14		100.00



UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: CONSERVACIÓN Y REGULARIDAD SUPERFICIAL DE LA CARRETERA PAVIMENTADA PE-3N TRAMO HUARAZ -RECUAY KM 550+000 AL KM 580+000, ANCASH-2019

HOJA N° : 02

FORMATO DE AFORO VEHICULAR (VOLUMEN DE TRAFICO PROMEDIO DIARIO)

Tramo : Carretera PE-3N Huaraz-Recuay Km+550.000 al Km+580.000
Código de Estación : E-002
Estación : Hidrandina (Av. Confraternidad internacional Este)

Ubicación : Huaraz
Fecha : Jueves, 21 de Noviembre de 2019

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR																								TOTAL	%
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS			CAMION			TRACTOR-TRAYLER						TRAYLER							
			PICK UP	Rural combi		B2	B3-1	B4-1	C2	C3	C4	8X4	T2S1	T2S2	T2Se2	T2S3	T3S2	T3S1	T2Se3	2T2	2T3	3T2	3T3		
Diagrama de vehiculos																									
07 - 08 am	ENTRADA	103	30	49	1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	187	3.57
	SALIDA	112	22	38	1	0	0	0	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	181	3.45
08 - 09 am	ENTRADA	120	28	30	2	1	0	0	8	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	194	3.70
	SALIDA	136	21	27	2	0	0	0	13	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	201	3.84
09 - 10 pm	ENTRADA	129	31	40	1	1	2	0	6	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	214	4.08
	SALIDA	140	16	35	1	2	1	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	209	3.99
10 - 11 pm	ENTRADA	115	21	42	1	1	3	1	13	8	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	212	4.05
	SALIDA	162	17	38	5	1	1	4	27	3	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	264	5.04
11 - 12 am	ENTRADA	135	47	38	4	0	2	0	28	5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	264	5.04
	SALIDA	152	52	43	1	0	0	0	33	9	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	2	302	5.76
12 - 13 pm	ENTRADA	140	37	40	1	1	0	0	25	6	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	258	4.92
	SALIDA	127	38	45	1	1	0	0	22	7	1	0	1	0	0	6	2	0	0	0	0	0	0	251	4.79
13 - 14 pm	ENTRADA	153	29	33	1	2	0	0	20	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	243	4.64
	SALIDA	124	20	34	2	1	0	0	17	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	199	3.80
14 - 15 pm	ENTRADA	107	32	21	0	0	0	0	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	171	3.26
	SALIDA	113	26	26	2	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	174	3.32
15 - 16 pm	ENTRADA	97	24	23	1	0	0	0	11	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	158	3.02
	SALIDA	82	20	28	3	0	0	0	8	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	143	2.73
16 - 17 pm	ENTRADA	109	28	33	2	1	0	0	12	2	2	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	193	3.68
	SALIDA	112	22	40	1	0	0	0	10	2	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	193	3.68
17 - 18 pm	ENTRADA	128	40	27	1	2	0	0	7	9	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	220	4.20
	SALIDA	139	38	34	3	1	0	0	13	11	1	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	247	4.71
18 - 19 pm	ENTRADA	143	49	47	1	2	3	0	12	10	4	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	277	5.29
	SALIDA	157	50	48	2	2	0	0	10	6	1	0	0	0	0	8	1	0	0	0	0	0	0	285	5.44
TOTAL		3035	738	859	40	21	12	5	332	89	22	0	2	0	0	75	5	0	0	0	0	0	5	5240	
%		57.92	14.08	16.39	0.76	0.40	0.23	0.10	6.34	1.70	0.42	0.00	0.04	0.00	0.00	1.43	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	100	

Nota. En las fichas se puede observar los datos del día en que se llevó a cabo la recolección y también los datos numéricos obtenidos. Fuente: Elaboración Propia.

Ficha 14. Resumen por Horas y tipo de vehículo del conteo realizado, Ficha perteneciente al primer día de conteo.



UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: CONSERVACIÓN Y REGULARIDAD SUPERFICIAL DE LA CARRETERA PAVIMENTADA PE-3N TRAMO HUARAZ -RECUAY KM 550+000 AL KM 580+000, ANCASH-2019

FORMATO DE AFORO VEHICULAR (VOLUMEN DE TRAFICO PROMEDIO DIARIO)

Tramo : Carretera PE-3N Huaraz-Recuay Km+550.000 al Km+580.000
Código de Estación : E-001
Estación : Comisaría de Tacllan (Salida sur de la ciudad de Huaraz)

Ubicación : Huaraz
Fecha : Sabado, 16 de Noviembre de 2019

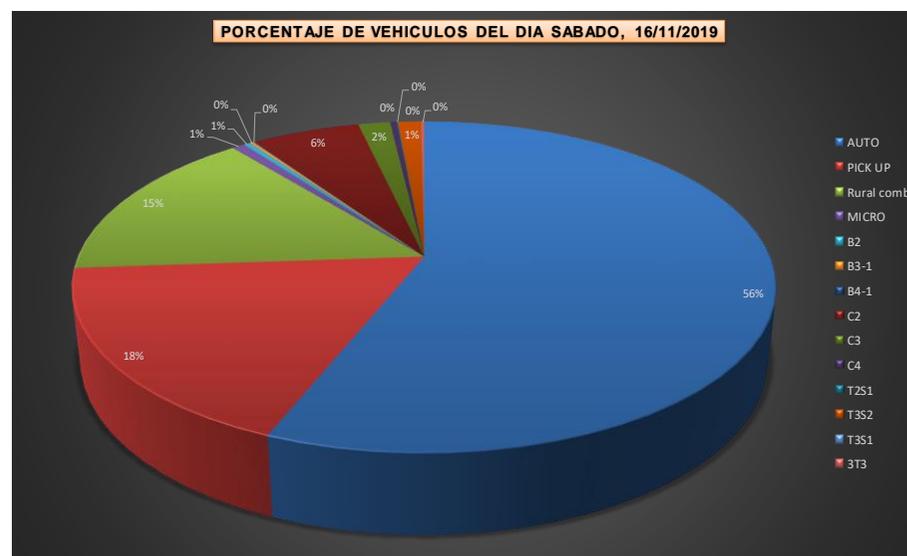
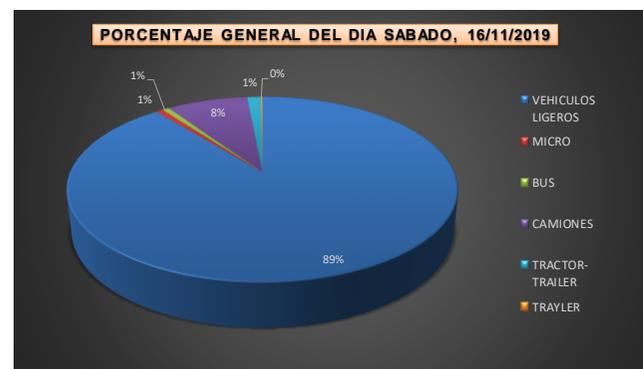
FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR																								TOTAL	%
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS			CAMION				TRACTOR-TRAYLER						TRAYLER						
Diagrama de vehiculos			PICK UP	Rural combi		B2	B3-1	B4-1	C2	C3	C4	8X4	T2S1	T2S2	T2Se2	T2S3	T3S2	T3S1	T2Se3	2T2	2T3	3T2	3T3		
07 - 08 am	AMBOS	177	52	49	0	2	0	0	5	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	289	5.87
08 - 09 am	AMBOS	192	45	82	2	0	0	0	5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	328	6.66
09 - 10 pm	AMBOS	201	75	40	3	0	0	0	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	327	6.64
10 - 11 pm	AMBOS	192	44	80	12	2	4	4	23	5	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	374	7.60
11 - 12 pm	AMBOS	252	96	82	8	2	2	0	80	12	2	0	2	0	0	0	14	1	0	0	0	0	0	553	11.23
12 - 13 pm	AMBOS	288	118	36	2	3	1	0	49	12	4	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	3	529	10.75
13 - 14 am	AMBOS	268	92	51	1	0	0	0	56	17	3	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	495	10.05
14 - 15 am	AMBOS	202	55	43	5	1	0	0	5	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	320	6.50
15 - 16 am	AMBOS	222	60	57	0	1	0	0	14	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	361	7.33
16 - 17 pm	AMBOS	205	60	82	0	3	1	0	17	4	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	1	378	7.68
17 - 18 pm	AMBOS	284	72	82	1	1	2	0	9	13	2	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	2	473	9.61
18 - 19 pm	AMBOS	280	106	65	1	3	0	0	21	13	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	496	10.08
TOTAL		2763	875	749	35	18	10	4	291	86	18	0	3	0	0	0	63	1	0	0	0	0	7	4923	
%		56.12	17.77	15.21	0.71	0.37	0.20	0.08	5.91	1.75	0.37	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	1.28	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14		100

Nota. En la ficha se muestra el total y el porcentaje de la cantidad de vehículos que transitan la carretera en estudio. Fuente: Elaboración propia.

Ficha 15. Cálculos y gráficos de porcentaje representativo de cada tipo de vehículo en el primer día de conteo

CUADRO N° 01: TOTAL DE VEHICULOS CONTABILIZADOS EL DIA SÁBADO, 16 de Noviembre del 2019

	TIPO DE VEHICULO	Cantidad	%	
VEHICULOS LIGEROS	AUTO	2763	56.12	89.11
	PICK UP	875	17.77	
	Rural combi	749	15.21	
MICRO	MICRO	35	0.71	0.71
BUS	B2	18	0.37	0.65
	B3-1	10	0.20	
	B4-1	4	0.08	
CAMIONES	C2	291	5.91	8.02
	C3	86	1.75	
	C4	18	0.37	
TRACTOR-TRAILER	T2S1	3	0.06	1.36
	T3S2	63	1.28	
	T3S1	1	0.02	
TRAYLER	3T3	7	0.14	0.14
TOTAL		4923	100	100



Fuente: Elaboración Propia.

Ficha 16. Resumen por Horas y tipo de vehículo del conteo realizado, Ficha perteneciente segundo día de conteo.



UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: CONSERVACIÓN Y REGULARIDAD SUPERFICIAL DE LA CARRETERA PAVIMENTADA PE-3N TRAMO HUARAZ -RECUAY KM 550+000 AL KM 580+000, ANCASH-2019

FORMATO DE AFORO VEHICULAR (VOLUMEN DE TRAFICO PROMEDIO DIARIO)

Tramo : Carretera PE-3N Huaraz-Recuay Km+550.000 al Km+580.000
Código de Estación : E-002
Estación : Hidrandina (Av. Confraternidad internacional Este)

Ubicación : Huaraz
Fecha : Jueves, 21 de Noviembre de 2019

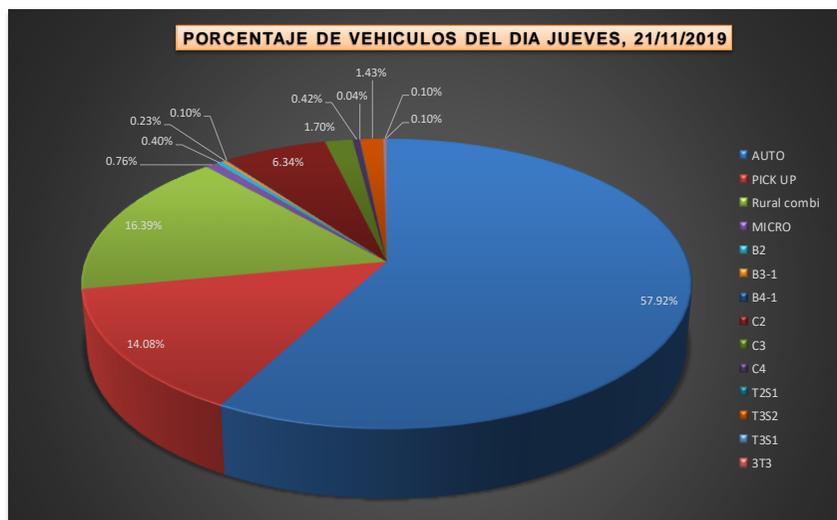
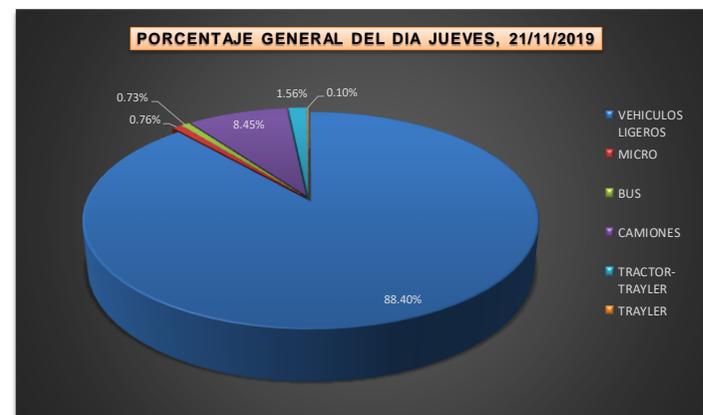
FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR																								TOTAL	%	
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS			CAMION				TRACTOR-TRAYLER						TRAYLER							
Diagrama de vehiculos																										
07 - 08 am	AMBOS	215	52	87	2	2	0	0	6	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	368	7.02
08 - 09 am	AMBOS	256	49	57	4	1	0	0	21	3	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	395	7.54
09 - 10 pm	AMBOS	269	47	75	2	3	3	0	20	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	423	8.07
10 - 11 pm	AMBOS	277	38	80	6	2	4	5	40	11	5	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	2	476	9.08	
11 - 12 pm	AMBOS	287	99	81	5	0	2	0	61	14	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	2	566	10.80	
12 - 13 pm	AMBOS	267	75	85	2	2	0	0	47	13	1	0	1	0	0	0	14	2	0	0	0	0	0	509	9.71	
13 - 14 am	AMBOS	277	49	67	3	3	0	0	37	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	442	8.44	
14 - 15 am	AMBOS	220	58	47	2	0	0	0	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	345	6.58	
15 - 16 am	AMBOS	179	44	51	4	0	0	0	19	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	301	5.74	
16 - 17 pm	AMBOS	221	50	73	3	1	0	0	22	4	3	0	0	0	0	0	8	1	0	0	0	0	0	386	7.37	
17 - 18 pm	AMBOS	267	78	61	4	3	0	0	20	20	4	0	0	0	0	0	9	1	0	0	0	0	0	467	8.91	
18 - 19 pm	AMBOS	300	99	95	3	4	3	0	22	16	5	0	0	0	0	0	14	1	0	0	0	0	0	562	10.73	
TOTAL		3035	738	859	40	21	12	5	332	89	22	0	2	0	0	0	75	5	0	0	0	0	5	5240		
%		57.92	14.08	16.39	0.76	0.40	0.23	0.10	6.34	1.70	0.42	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	1.43	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10		100	

Nota. En la ficha se muestra el total y el porcentaje de la cantidad de vehículos que transitan la carretera en estudio. Fuente: Elaboración propia.

Ficha 17. Cálculos y gráficos de porcentaje representativo de cada tipo de vehículo en el segundo día de conteo

CUADRO N° 02: TOTAL DE VEHICULOS CONTABILIZADOS EL DIA JUEVES, 21 DE NOVIEMBRE DE 2019

	TIPO DE VEHICULO	Cantidad	%	
VEHICULOS LIGEROS	AUTO	3035	57.92	88.40
	PICK UP	738	14.08	
	Rural combi	859	16.39	
MICRO	MICRO	40	0.76	0.76
BUS	B2	21	0.40	0.73
	B3-1	12	0.23	
	B4-1	5	0.10	
CAMIONES	C2	332	6.34	8.45
	C3	89	1.70	
	C4	22	0.42	
TRACTOR-TRAYLER	T2S1	2	0.04	1.56
	T3S2	75	1.43	
	T3S1	5	0.10	
TRAYLER	3T3	5	0.10	0.10
TOTAL		5240	100	100



Fuente: Elaboración Propia

Ficha 18. Resumen organizado por tipo de vehículo y por Horario de conteo de tránsito vehicular.

DIA	TOTAL	AUTO	PICK UP	Rural combi	MICRO	B2	B3-1	B4-1	C2	C3	C4	T2S1	T3S2	T3S1	3T3
Sabado, 16 de Noviembre de 2019	4923	2763	875	749	35	18	10	4	291	86	18	3	63	1	7
Jueves, 21 de Noviembre de 2019	5240	3035	738	859	40	21	12	5	332	89	22	2	75	5	5
TOTAL	10163	5798	1613	1608	75	39	22	9	623	175	40	5	138	6	12

RESUMEN Y HORARIO DE CONTEO DE TRANSITO CLASIFICADO																TOTAL	%
CLASIFICACION DE VEHICULOS			VARIACION HORARIA														
			07:00 - 08:00a.m	08:00 - 09:00a.m	09:00 - 10:00a.m	10:00 - 11:00a.m	11:00 - 12:00a.m	12:00 - 13:00p.m	13:00 - 14:00p.m	14:00 - 15:00p.m	15:00 - 16:00p.m	16:00 - 17:00p.m	17:00 - 18:00p.m	18:00 - 19:00p.m			
1	AUTO		177	192	201	192	252	288	268	202	222	205	284	280	2763	56.12	
2	PICK UP		52	45	75	44	96	118	92	55	60	60	72	106	875	17.77	
	RURAL COMBI		49	82	40	80	82	36	51	43	57	82	82	65	749	15.21	
3	MICRO		0	2	3	12	8	2	1	5	0	0	1	1	35	0.71	
4	B2		2	0	0	2	2	3	0	1	1	3	1	3	18	0.37	
5	B3-1		0	0	0	4	2	1	0	0	0	1	2	0	10	0.20	
6	B4-1		0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.08	
7	C2		5	5	7	23	80	49	56	5	14	17	9	21	291	5.91	
	C3		2	1	0	5	12	12	17	4	3	4	13	13	86	1.75	
	C4		2	0	1	4	2	4	3	0	0	0	2	0	18	0.37	
8	T2S1		0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	0.06	
9	T3S2		0	0	0	4	14	13	7	4	4	5	5	7	63	1.28	
10	T3S1		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.02	
11	3T3		0	0	0	0	0	3	0	1	0	1	2	0	7	0.14	
AMBOS SENTIDOS	TOTAL DE VEHICULOS		289	328	327	374	553	526	495	319	361	377	471	496	4923		
	%		5.87	6.66	6.64	7.60	11.23	10.68	10.05	6.48	7.33	7.66	9.57	10.08		100	
	VEHICULOS LIGEROS =		4387	OBSERVACIONES :													
	VEHICULOS PESADOS =		536														
PORCENTAJES :			VL =	89.11 %	VP =	10.89 %											

TESIS: CONSERVACIÓN Y REGULARIDAD SUPERFICIAL DE LA CARRETERA PAVIMENTADA PE-3N TRAMO HUARAZ -RECUAY KM 550+000 AL KM 580+000, ANCASH-2019

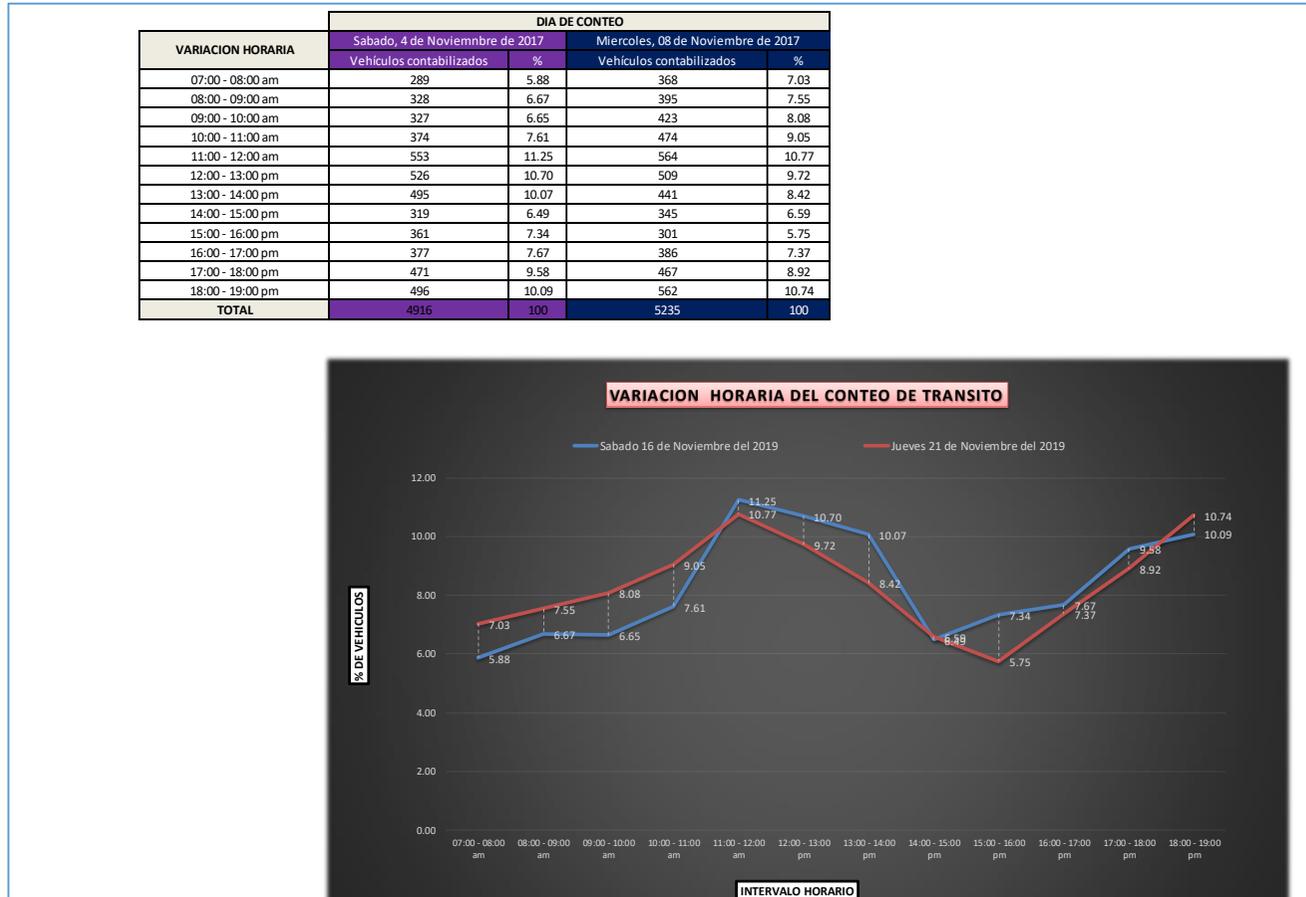
CONTEO MANUAL Y CLASIFICACION DE VEHICULOS

Tramo : Av. Antonio Raymondi
 Código de Estación : E-002
 Estación : Ministerio de Agricultura (interseccion Av Confraternidad Este)

CLASIFICACION DE VEHICULOS		RESUMEN Y HORARIO DE CONTEO DE TRANSITO CLASIFICADO												TOTAL	%	
		VARIACION HORARIA														
		07:00 - 08:00a.m	08:00 - 09:00a.m	09:00 - 10:00a.m	10:00 - 11:00a.m	11:00 - 12:00a.m	12:00 - 13:00p.m	13:00 - 14:00p.m	14:00 - 15:00p.m	15:00 - 16:00p.m	16:00 - 17:00p.m	17:00 - 18:00p.m	18:00 - 19:00p.m			
1	AUTO		215	256	269	277	287	267	277	220	179	221	267	300	3035	57.92
2	PICK UP		52	49	47	38	99	75	49	58	44	50	78	99	738	14.08
	RURAL COMBI		87	57	75	80	81	85	67	47	51	73	61	95	859	16.39
3	MICRO		2	4	2	6	5	2	3	2	4	3	4	3	40	0.76
4	B2		2	1	3	2	0	2	3	0	0	1	3	4	21	0.40
5	B3-1		0	0	3	4	2	0	0	0	0	0	0	3	12	0.23
6	B4-1		0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.10
7	C2		6	21	20	40	61	47	37	17	19	22	20	22	332	6.34
	C3		2	3	2	11	14	13	2	1	1	4	20	16	89	1.70
	C4		2	0	1	5	0	1	0	0	1	3	4	5	22	0.42
8	T2S1		0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0.04
9	T3S2		0	4	0	6	15	14	3	0	2	8	9	14	75	1.43
10	T3S1		0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1	1	5	0.10
11	3T3		0	0	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	5	0.10
AMBOS SENTIDOS	TOTAL DE VEHICULOS		368	395	423	474	564	509	441	345	301	386	467	562	5240	
	%		7.02	7.54	8.07	9.05	10.76	9.71	8.42	6.58	5.74	7.37	8.91	10.73		100
	VEHICULOS LIGEROS =		4632	OBSERVACIONES :												
	VEHICULOS PESADOS =		608													
PORCENTAJES :		VL =	88.40	%	VP =	11.60	%									

Fuente: Elaboración Propia.

Ficha 19. Resumen de Variación horaria del conteo de tránsito.



Nota. En la ficha se muestra el cuadro y el gráfico de cómo varía el conteo en cada uno de los días en los que se realizó. Se observa que el día sábado hubo mayor cantidad de flujo que el día jueves. Fuente: Elaboración Propia.

Ficha 20. Hoja de cálculo del índice Medio Diario (IMD)

1 - CALCULO DEL I.M.D.						
Hallamos el IMD para cada tipo de vehículo para el año (2017), usando la siguiente expresión:						
$I.M.D. = \frac{V_{d1} + V_{d2} + \dots + V_{dn}}{\frac{n}{PT}} = \frac{\text{Promedio}}{PT}$						
Donde:						
PT: porcentaje de tránsito = 0.85			PT	0.85		
Vd,...,Vdn: Volúmenes de tráfico registrado						
n: Número de días de conteo.						
De donde obtenemos los siguientes IMD's para cada tipo de vehículo:						
Tipo de Vehículo	1º día	2º día	Total	Promedio	I.M.D.	Porcentaje
AUTO	2763	3035	5798	2899	3411	57.05
PICK UP	875	738	1613	807	949	15.87
Rural combi	749	859	1608	804	946	15.82
MICRO	35	40	75	38	44	0.74
B2	18	21	39	20	23	0.38
B3-1	10	12	22	11	13	0.22
B4-1	4	5	9	5	5	0.09
C2	291	332	623	312	366	6.13
C3	86	89	175	88	103	1.72
C4	18	22	40	20	24	0.39
T2S1	3	2	5	3	3	0.05
T3S2	63	75	138	69	81	1.36
T3S1	1	5	6	3	4	0.06
3T3	7	5	12	6	7	0.12
TOTAL	4916	5235	10163		5978	

2 - CALCULO DEL I.M.D.A.													
Para hallar el IMDA se debe de multiplicar el IMD por el Factor de corrección estacional (FCE), del peaje más cercano a la localización del proyecto, o de otra zona que presente los mismos patrones de comportamiento, en nuestro caso trabajaremos con el peaje de Catac tanto para vehículos pesados como ligeros.													
Factores de corrección promedio para vehículos ligeros (2010-2016)													
Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
P013	CATAC	1.0992	1.0589	1.3534	1.0405	1.0772	1.0762	0.8316	0.8717	0.9632	0.9514	1.1690	0.9747
Fuente: MTC, 2017													
Factores de corrección promedio para vehículos PESADOS (2010-2016)													
Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
P013	CATAC	1.0538	1.0807	1.1606	1.0756	1.0119	0.9642	0.9591	0.9372	0.9719	0.9644	0.9958	0.9684
Fuente: MTC, 2017													
Como el conteo se realizó en el mes de Noviembre el FCEP para vehículos ligeros y pesados es:													
FCE _{ligero} =		1.16900											
FCE _{pesado} =		0.99580											

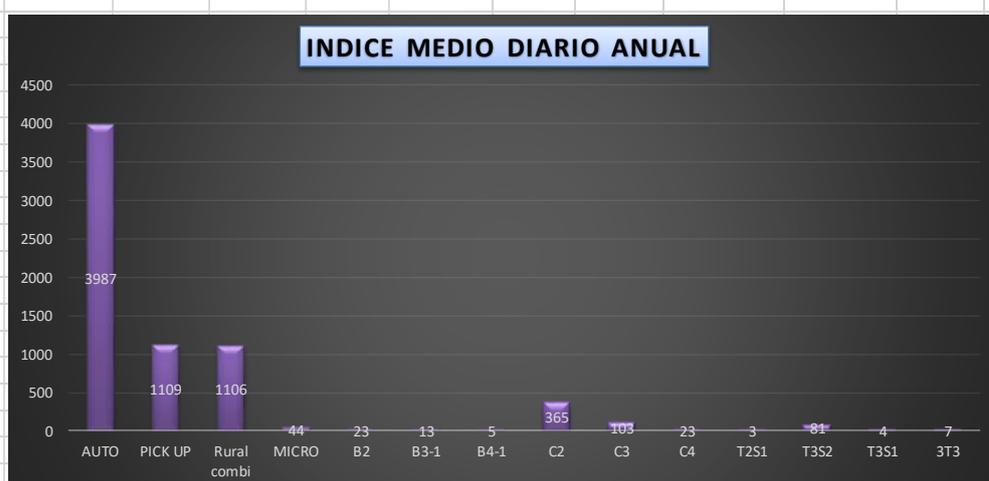
Nota. Para los cálculos realizados en la ficha, se tuvo en cuenta los valores proporcionados por el MTC en su publicación "Ficha técnica estándar para la formulación y evaluación de Proyectos de inversión de carreteras interurbanas 2018.

Ficha 21. Hoja de cálculo del IMDA.

Entonces el procedimiento de cálculo es el siguiente:

$$IMDA = IMD * FCE$$

Tipo de Vehículo	I.M.D. (1)	FCE (2)	I.M.D.A ₂₀₁₇ (3)=(1)*(2)	Porcentaje
AUTO	3411	1.16900	3987	58.01
PICK UP	949	1.16900	1109	16.14
Rural combi	946	1.16900	1106	16.09
MICRO	44	0.99580	44	0.64
B2	23	0.99580	23	0.33
B3-1	13	0.99580	13	0.19
B4-1	5	0.99580	5	0.07
C2	366	0.99580	365	5.31
C3	103	0.99580	103	1.50
C4	24	0.99580	23	0.33
T2S1	3	0.99580	3	0.04
T3S2	81	0.99580	81	1.18
T3S1	4	0.99580	4	0.06
3T3	7	0.99580	7	0.10
TOTAL	5978		6873	



Nota. Para los cálculos realizados en la ficha, se tuvo en cuenta los valores proporcionados por el MTC en su publicación “Ficha técnica estándar para la formulación y evaluación de Proyectos de inversión de carreteras interurbanas 2018. Los cálculos se efectuaron en Hojas de cálculo Excel.

Ficha 22. Cálculo de la Tasa de crecimiento del Tránsito Normal para vehículos ligeros y pesados.

3 - TASA DE CRECIMIENTO DEL TRANSITO NORMAL

3.1 - Para vehículos ligeros y Omnibus ($i = r_{VP}$)

$$r_{VP} = [(1 + r_{PB/b})(1 + r_b) - 1] * E_{VP} \dots\dots\dots(I)$$

Donde:

r_{VP} : Tasa de crecimiento anual de vehículos de pasajeros.
 $r_{PB/b}$: Tasa de crecimiento anual del PBI per cápita.
 r_b : Tasa de crecimiento anual de la población.
 E_{VP} : Elasticidad de la demanda de tráfico de vehículos de pasajeros con relación al PBI.

i) Cálculo de $r_{PB/b}$
 Obtenemos la tasa de crecimiento anual del PBI per cápita del INEI (2014-2018)

$r_{PB/b} = 1.80\%$
 Fuente: Instituto nacional de estadística e informática.

ii) Cálculo de r_b

Tasa de Crecimiento de Vehículos Ligeros		Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados	
	TC		PBI
Amazonas	0.62%	Amazonas	3.42%
Ancash	0.59%	Ancash	1.05%
Apurímac	0.59%	Apurímac	6.65%

La tasa de crecimiento anual de la población lo obtuvimos del MTC.

$r_b = 0.59\%$

iii) Cálculo de E_{VP}
 Según el estudio que realizó el Plan Intermodal del Perú-Ministerio de Transportes y Comunicaciones/OGPP, en su Informe Final - Parte 2, Capítulo 5. Consorcio BCEOM-GMI-WSA. Junio 2005, indica que las elasticidades futuras del tránsito de vehículos de pasajeros en relación al PBI son:

Periodo	Pasajeros	Carga
2004-2013	1.0	1.2
2013-2023	1.0	1.0

$E_{VP} = 1.0$

Reemplazando los valores en la expresión I obtenemos lo siguiente:

$r_{VP} = 2.40$ *Para vehículos ligeros y ómnibus*

3.2 - Para vehículos de carga ($i = r_{VC}$)

$$r_{VC} = r_{PBI} * E_{VC} \dots\dots\dots(II)$$

Donde:

r_{VC} : Tasa de crecimiento anual de vehículos de carga
 r_{PBI} : Tasa de crecimiento anual del PBI
 E_{VC} : Elasticidad de la demanda de tráfico de vehículos de carga con relación al PBI.

i) Cálculo de r_{PBI}
 Obtenemos este dato a nivel de variación regional del PBI

$r_{PBI} = 1.05\%$

ii) Cálculo de E_{VC}
 Según el estudio que realizó el Plan Intermodal del Perú-Ministerio de Transportes y Comunicaciones/OGPP, en su Informe Final - Parte 2, Capítulo 5. Consorcio BCEOM-GMI-WSA. Junio 2005, indica que las elasticidades futuras del tránsito de vehículos de carga en relación al PBI son:

Periodo	Pasajeros	Carga
2004-2013	1.0	1.2
2013-2023	1.0	1.0

$E_{VC} = 1.0$

Reemplazando estos valores en la expresión (II) se obtiene lo siguiente:

$r_{VC} = 1.05\%$ *Para vehículos de carga*

Nota. Para los cálculos realizados en la ficha, se tuvo en cuenta los valores proporcionados por el Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC, Metodología Específica "Ficha técnica estándar, Instructivo y Líneas de corte para la Formulación y evaluación de Proyectos de Inversión en Carreteras Interurbanas 2018).

Ficha 23. Cálculo del EAL de diseño.

5 - CALCULO DEL EAL DE DISEÑO SEGÚN EL MTC - 2014						
1.- Tasas						
Vehículos ligeros:	ryp=	0.02				
Vehículos de carga:	rvc=	0.01				
2.- Índice Medio Diario Anual						
$IMDA_{Año(n)} = IMDA_{Año(0)} * 365 * \frac{(1+r)^Y - 1}{r}$						
IMDA _{Año(0)} : Índice Medio Diario Anual acumulado para el período de análisis "Y" IMDA _{Año(n)} : Índice Medio Diario Anual acumulado para el año de inicio del proyecto						
3.- Factor de Crecimiento						
Según el MTC -2014		Según PCA		donde:	Período de análisis (Y)= 10 años 20 años	
$G = \frac{1}{2} [1 + (1+r)^Y]$		$G = (1+r)^{0.5Y}$		G= Factor de crecimiento	Factor de crecimiento (G)= 2.40% 2.40%	
				r= Tasa anual de crecimiento de tráfico	Factor de crecimiento (G)= 1.13 MTC 1.30 MTC	
				Y= Numero de años	Factor de crecimiento (G)= 1.13 PCA 1.27 PCA	
4.- Factor de Crecimiento acumulado						
$Factor\ Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$						
donde:						
				Factor Fca=	Factor de crecimiento acumulado	
				r=	tasa anual de crecimiento	
				n=	período de diseño	
5.- Numero de vehículos hasta el año 2030 con datos de obtenidos de la primera formula de la hoja T.P						
Tipos de vehículos	I.M.D.A 2019	Tasas (r) (%/100)	I.M.D.A ₀ 2020	Factor de Crecimiento Fc	I.M.D.A n 2030	Numero de vehículos hasta 2030
	(1)	(2)	(3)	(4)	5)=(3) ⁿ (4)	(6)=(5) ⁿ (365)
AUTO	3987	0.0240	4083	11.1524	45.535	16.620,275
PICK UP	1109	0.0240	1136	11.1524	12.669	4,624,185
Rural combi	1106	0.0240	1133	11.1524	12.636	4,612,140
MICRO	44	0.0240	45	11.1524	502	183,230
B2	23	0.0240	24	11.1524	268	97,820
B3-1	13	0.0240	13	11.1524	145	52,925
B4-1	5	0.0240	5	11.1524	56	20,440
C2	365	0.0105	369	10.4860	3.869	1,412,185
C3	103	0.0105	104	10.4860	1.091	398,215
C4	23	0.0105	23	10.4860	241	87,965
T2S1	3	0.0105	3	10.4860	31	11,315
T3S2	81	0.0105	82	10.4860	860	313,900
T3S1	4	0.0105	4	10.4860	42	15,330
3T3	7	0.0105	7	10.4860	73	26,645
Todos los vehículos	6873		7031		78,018	28,476,570
6.- Numero de vehículos hasta el año 2040 con datos de obtenidos de la primera formula de la hoja T.P						
Tipos de vehículos	I.M.D.A 2019	Tasas (r) (%/100)	I.M.D.A ₀ 2020	Factor de Crecimiento Fc	I.M.D.A n 2040	Numero de vehículos hasta 2040
	(1)	(2)	(3)	(4)	5)=(3) ⁿ (4)	(6)=(5) ⁿ (365)
AUTO	3987	0.0240	4083	25.2907	103,262	37,690,630
PICK UP	1109	0.0240	1136	25.2907	28,730	10,486,450
Rural combi	1106	0.0240	1133	25.2907	28,654	10,458,710
MICRO	44	0.0240	45	25.2907	1,138	415,370
B2	23	0.0240	24	25.2907	607	221,555
B3-1	13	0.0240	13	25.2907	329	120,085
B4-1	5	0.0240	5	25.2907	126	45,990
C2	365	0.0105	369	22.1265	8.165	2,980,225
C3	103	0.0105	104	22.1265	2.301	839,865
C4	23	0.0105	23	22.1265	509	185,785
T2S1	3	0.0105	3	22.1265	66	24,090
T3S2	81	0.0105	82	22.1265	1,814	662,110
T3S1	4	0.0105	4	22.1265	89	32,485
3T3	7	0.0105	7	22.1265	155	56,575
Todos los vehículos	6873		7031		175,945	64,219,925
7.- Numero de vehículos hasta el año 2030 con datos de obtenidos de la formula del MTC -2014 de la hoja T.P						
Tipos de vehículos	I.M.D.A 2019	Tasas (r) (%/100)	I.M.D.A ₀ 2020	Factor de Crecimiento Fc	I.M.D.A n 2030	Numero de vehículos hasta 2030
	(1)	(2)	(3)	(4)	5)=(3) ⁿ (4)	(6)=(5) ⁿ (365)
AUTO	3987	0.0240	3987	11.1524	44,465	16,229,725
PICK UP	1109	0.0240	1109	11.1524	12,368	4,514,320
Rural combi	1106	0.0240	1106	11.1524	12,335	4,502,275
MICRO	44	0.0240	44	11.1524	491	179,215
B2	23	0.0240	23	11.1524	257	93,805
B3-1	13	0.0240	13	11.1524	145	52,925
B4-1	5	0.0240	5	11.1524	56	20,440
C2	365	0.0105	365	10.4860	3,827	1,396,855
C3	103	0.0105	103	10.4860	1,080	394,200
C4	23	0.0105	23	10.4860	241	87,965
T2S1	3	0.0105	3	10.4860	31	11,315
T3S2	81	0.0105	81	10.4860	849	309,885
T3S1	4	0.0105	4	10.4860	42	15,330
3T3	7	0.0105	7	10.4860	73	26,645
Todos los vehículos	6873		6873		76,260	27,834,900
8.- Numero de vehículos hasta el año 2040 con datos de obtenidos de la formula del MTC -2014 de la hoja T.P						
Tipos de vehículos	I.M.D.A 2019	Tasas (r) (%/100)	I.M.D.A ₀ 2020	Factor de Crecimiento Fc	I.M.D.A n 2040	Numero de vehículos hasta 2040
	(1)	(2)	(3)	(4)	5)=(3) ⁿ (4)	(6)=(5) ⁿ (365)
AUTO	3987	0.0240	3987	25.2907	100,834	36,804,410
PICK UP	1109	0.0240	1109	25.2907	28,047	10,237,155
Rural combi	1106	0.0240	1106	25.2907	27,971	10,209,415
MICRO	44	0.0240	44	25.2907	1,113	406,245
B2	23	0.0240	23	25.2907	582	212,430
B3-1	13	0.0240	13	25.2907	329	120,085
B4-1	5	0.0240	5	25.2907	126	45,990
C2	365	0.0105	365	22.1265	8,076	2,947,740
C3	103	0.0105	103	22.1265	2,279	831,835
C4	23	0.0105	23	22.1265	509	185,785
T2S1	3	0.0105	3	22.1265	66	24,090
T3S2	81	0.0105	81	22.1265	1,792	654,080
T3S1	4	0.0105	4	22.1265	89	32,485
3T3	7	0.0105	7	22.1265	155	56,575
Todos los vehículos	6873		6873		171,968	62,768,320

Nota. Se tomaron en cuenta las fórmulas especificadas por el manual del MTC-2014. Fuente: Elaboración propia.

Ficha 24. Cálculo de ESAL para pavimentos rígidos y flexibles.

9.- Determinar los pesos por ejes, factor camión para cada tipo de vehículo

$$Nrep \text{ de EE } 8.2 \text{ tn} = \sum (EE_{dia} - carril \times Fca \times 365)$$

$$EE_{dia} - carril = IMDp_i \times Fd \times Fc \times Fvpi \times Fpi$$

9.1.- MTC - 2014 - pavimentos rígidos para el 2030

Tipo de vehículo	Eje delantero	FEC	Eje posterior 1	FEE1	Eje posterior 2	FEE2	Eje posterior 3	FEE3	Factor camión	Fvp	Fc	Fd	Fp	IMDp	EE _{dia} -carril	Fca	Nrep de EE 8.2 tn
AUTO	1.5	0.0023	1.5	0.0023					0.0046	0.0046	0.8	0.5	1	3987	7.3380	11.1524	29,870.4964
PICK UP	1.5	0.0023	1.5	0.0023					0.0046	0.0046	0.8	0.5	1	1109	2.0411	11.1524	8,308.5981
Rural combi	1.5	0.0023	1.5	0.0023					0.0046	0.0046	0.8	0.5	1	1106	2.0356	11.1524	8,286.1222
MICRO	7	1.2728	7	1.2728					2.5457	2.5457	0.8	0.5	1	44	44.8038	11.1524	182,379.7781
B2	7	1.2728	11	3.3348					4.6077	4.6077	0.8	0.5	1	23	42.3905	11.1524	172,556.1673
B3-1	7	1.2728	16	2.3427					3.6156	3.6156	0.8	0.5	1	13	18.8010	11.1524	76,531.9661
B4-1	7	1.2728	16	2.3427					3.6156	3.6156	0.8	0.5	1	5	7.2311	11.1524	29,435.3716
C2	6	0.6765	11	3.3348					4.0114	4.0114	0.8	0.5	1	365	585.6587	10.4860	2,241.539.0954
C3	6	0.6765	18	3.4580					4.1345	4.1345	0.8	0.5	1	103	170.3430	10.4860	651,967.6369
C4	6	0.6765	23	3.6854					4.3619	4.3619	0.8	0.5	1	23	40.1294	10.4860	153,590.3537
T2S1	6	0.6765	11	3.3348	11	3.3348			7.3462	7.3462	0.8	0.5	1	3	8.8154	10.4860	33,739.9911
T2S2	6	0.6765	18	3.4580	18	3.4580			7.5925	7.5925	0.8	0.5	1	81	245.9984	10.4860	941,529.7006
T2S1	6	0.6765	18	3.4580	11	3.3348			7.4694	7.4694	0.8	0.5	1	4	11.9510	10.4860	45,740.9743
T3T	7	1.2728	18	3.4580	11	3.3348	18	3.4580	11.5237	11.5237	0.8	0.5	1	7	32.2663	10.4860	123,495.3339
ESAL de Diseño=																	4,698,971.5857

9.2.- MTC - 2014 - para afirmados, pavimentos flexibles y pavimento semirígido para el 2030

Tipo de vehículo	Eje delantero	FEC	Eje posterior 1	FEE1	Eje posterior 2	FEE2	Eje posterior 3	FEE3	Factor camión	Fvp	Fc	Fd	Fp	IMDp	EE _{dia} -carril	Fca	Nrep de EE 8.2 tn
AUTO	1.5	0.0027	1.5	0.0027					0.0053	0.0053	0.8	0.5	1	3987	8.5099	11.1524	34,640.7836
PICK UP	1.5	0.0027	1.5	0.0027					0.0053	0.0053	0.8	0.5	1	1109	2.3671	11.1524	9,635.4725
Rural combi	1.5	0.0027	1.5	0.0027					0.0053	0.0053	0.8	0.5	1	1106	2.3607	11.1524	9,609.4072
MICRO	7	1.2654	7	1.2654					2.5307	2.5307	0.8	0.5	1	44	44.5409	11.1524	181,309.7974
B2	7	1.2654	11	3.2383					4.5037	4.5037	0.8	0.5	1	23	41.4336	11.1524	168,661.1310
B3-1	7	1.2654	16	1.3659					2.6313	2.6313	0.8	0.5	1	13	13.6828	11.1524	55,697.7646
B4-1	7	1.2654	16	1.3659					2.6313	2.6313	0.8	0.5	1	5	5.2626	11.1524	21,422.2171
C2	6	0.6830	11	3.2383					3.9213	3.9213	0.8	0.5	1	365	572.5099	10.4860	2,191.213.5406
C3	6	0.6830	18	2.0192					2.7022	2.7022	0.8	0.5	1	103	111.3317	10.4860	426,109.0540
C4	6	0.6830	23	1.5082					2.1912	2.1912	0.8	0.5	1	23	20.1590	10.4860	77,156.2291
T2S1	6	0.6830	11	3.2383	11	3.2383			7.1596	7.1596	0.8	0.5	1	3	8.5915	10.4860	32,882.9651
T2S2	6	0.6830	18	2.0192	18	2.0192			4.7214	4.7214	0.8	0.5	1	81	152.9747	10.4860	585,492.3843
T2S1	6	0.6830	18	2.0192	11	3.2383			5.9405	5.9405	0.8	0.5	1	4	9.5048	10.4860	36,378.5788
T3T	7	1.2654	18	2.0192	11	3.2383	18	2.0192	8.5421	8.5421	0.8	0.5	1	7	23.9178	10.4860	91,542.6392
ESAL de Diseño=																	3,921,751.9647

9.3.- MTC - 2014 - pavimentos rígidos para el 2040

Tipo de vehículo	Eje delantero	FEC	Eje posterior 1	FEE1	Eje posterior 2	FEE2	Eje posterior 3	FEE3	Factor camión	Fvp	Fc	Fd	Fp	IMDp	EE _{dia} -carril	Fca	Nrep de EE 8.2 tn
AUTO	1.5	0.0023	1.5	0.0023					0.0046	0.0046	0.8	0.5	1	3987	7.3380	25.2907	67,738.1418
PICK UP	1.5	0.0023	1.5	0.0023					0.0046	0.0046	0.8	0.5	1	1109	2.0411	25.2907	18,841.6351
Rural combi	1.5	0.0023	1.5	0.0023					0.0046	0.0046	0.8	0.5	1	1106	2.0356	25.2907	18,790.6659
MICRO	7	1.2728	7	1.2728					2.5457	2.5457	0.8	0.5	1	44	44.8038	25.2907	413,587.6118
B2	7	1.2728	11	3.3348					4.6077	4.6077	0.8	0.5	1	23	42.3905	25.2907	391,310.3409
B3-1	7	1.2728	16	2.3427					3.6156	3.6156	0.8	0.5	1	13	18.8010	25.2907	173,553.6330
B4-1	7	1.2728	16	2.3427					3.6156	3.6156	0.8	0.5	1	5	7.2311	25.2907	66,751.3973
C2	6	0.6765	11	3.3348					4.0114	4.0114	0.8	0.5	1	365	585.6587	22.1265	4,729,877.8094
C3	6	0.6765	18	3.4580					4.1345	4.1345	0.8	0.5	1	103	170.3430	22.1265	1,375,718.7036
C4	6	0.6765	23	3.6854					4.3619	4.3619	0.8	0.5	1	23	40.1294	22.1265	324,091.4278
T2S1	6	0.6765	11	3.3348	11	3.3348			7.3462	7.3462	0.8	0.5	1	3	8.8154	22.1265	71,194.8480
T2S2	6	0.6765	18	3.4580	18	3.4580			7.5925	7.5925	0.8	0.5	1	81	245.9984	22.1265	1,986,724.4104
T2S1	6	0.6765	18	3.4580	11	3.3348			7.4694	7.4694	0.8	0.5	1	4	11.9510	22.1265	96,518.1557
T3T	7	1.2728	18	3.4580	11	3.3348	18	3.4580	11.5237	11.5237	0.8	0.5	1	7	32.2663	22.1265	260,587.8437
ESAL de Diseño=																	9,995,286.6244

9.4.- MTC - 2014 - para afirmados, pavimentos flexibles y pavimento semirígido para el 2040

Tipo de vehículo	Eje delantero	FEC	Eje posterior 1	FEE1	Eje posterior 2	FEE2	Eje posterior 3	FEE3	Factor camión	Fvp	Fc	Fd	Fp	IMDp	EE _{dia} -carril	Fca	Nrep de EE 8.2 tn
AUTO	1.5	0.0027	1.5	0.0027					0.0053	0.0053	0.8	0.5	1	3987	8.5099	25.2907	78,555.8526
PICK UP	1.5	0.0027	1.5	0.0027					0.0053	0.0053	0.8	0.5	1	1109	2.3671	25.2907	21,850.6247
Rural combi	1.5	0.0027	1.5	0.0027					0.0053	0.0053	0.8	0.5	1	1106	2.3607	25.2907	21,791.5157
MICRO	7	1.2654	7	1.2654					2.5307	2.5307	0.8	0.5	1	44	44.5409	25.2907	411,161.1872
B2	7	1.2654	11	3.2383					4.5037	4.5037	0.8	0.5	1	23	41.4336	25.2907	382,477.4605
B3-1	7	1.2654	16	1.3659					2.6313	2.6313	0.8	0.5	1	13	13.6828	25.2907	126,307.3443
B4-1	7	1.2654	16	1.3659					2.6313	2.6313	0.8	0.5	1	5	5.2626	25.2907	48,579.7478
C2	6	0.6830	11	3.2383					3.9213	3.9213	0.8	0.5	1	365	572.5099	22.1265	4,623,685.7180
C3	6	0.6830	18	2.0192					2.7022	2.7022	0.8	0.5	1	103	111.3317	22.1265	899,133.8867
C4	6	0.6830	23	1.5082					2.1912	2.1912	0.8	0.5	1	23	20.1590	22.1265	162,807.5713
T2S1	6	0.6830	11	3.2383	11	3.2383			7.1596	7.1596	0.8	0.5	1	3	8.5915	22.1265	69,386.4351
T2S2	6	0.6830	18	2.0192	18	2.0192			4.7214	4.7214	0.8	0.5	1	81	152.9747	22.1265	1,235,449.0902
T2S1	6	0.6830	18	2.0192	11	3.2383			5.9405	5.9405	0.8	0.5	1	4	9.5048	22.1265	76,762.5392
T3T	7	1.2654	18	2.0192	11	3.2383	18	2.0192	8.5421	8.5421	0.8	0.5	1	7	23.9178	22.1265	193,164.3746
ESAL de Diseño=																	8,351,113.3479

Nota. Se calculó el ESAL para ambos tipos de pavimentos ya que la carretera en estudio presentaba tramos de pavimento rígido y flexible.

Ficha 25. Cálculo del ESAL por el método AASHTO para Pavimentos Asfálticos

PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

1.- Según el método AASHTO tenemos:

$$\log \left(\frac{1}{EALF} \right) = 4,79 * \log (18 + 1) - 4,79 * \log (L_x + L_2) + 4,33 * \log (L_2) + \frac{G_i}{\beta_x} - \frac{G_i}{\beta_{18}}$$

$$G = \log \left(\frac{4,2 - p_i}{4,2 - 1,5} \right)$$

$$\beta_x = 0.40 + \frac{0.08F^k (L_x + L_2)^{3,23}}{(SN+1)^{5,19} * L_2^{3,23}}$$

DONDE:

L_x :	Carga en kips de un eje simple, tandem o tridem
L_2 :	Código del eje. 1, sencillo; 2, tandem; 3, tridem.
D :	Esores de la losa en pulgadas, usar 9.
Pt :	Índice de servicio final.
β_{18} :	β_x cuando $L_x = 18$ y $L_2 = 1$
SN :	Número estructural SN-5
k :	Factor de conversión de toneladas a kips

Calculo de los parámetros anteriores

$Pt =$	2.5	
$D =$	9	pulg
$G_i =$	-0.20091	
$\beta_{18} =$	0.50006	
$L_x =$	18	
$L_2 =$	1	
$SN =$	5	
$k =$	2.203	

2.- Cálculo del EALF:

$$LEF = EALF$$

EJE (Tn)	L_x	L_2	β_x	$\log (1/EALF)$	EALF	EJE
1.5	3.3045	1	0.4008	2.98927	0.0010	SIMPLE (Rodadura Simple)
6	13.218	1	0.4392	0.54748	0.2835	SIMPLE (Rodadura Simple)
7	15.421	1	0.4625	0.27080	0.5360	SIMPLE (Rodadura Simple)
11	24.233	1	0.6502	-0.49744	3.1437	SIMPLE (Rodadura Doble)
16	35.248	2	0.4938	-0.10198	1.2647	TANDEM
18	39.654	2	0.5346	-0.30351	2.0114	TANDEM
23	50.669	3	0.4824	-0.10894	1.2851	TRIDEM
25	55.075	3	0.5063	-0.25340	1.7923	TRIDEM

3.- Cálculo del Factor Camión

Tipo de vehículo	Eje delantero	FEC	Eje posterior 1	FEE1	Eje posterior 2	FEE2	Eje posterior 3	FEE3	Factor camión
AUTO	1.5	0.0010	1.5	0.0010					0.0021
PICK UP	1.5	0.0010	1.5	0.0010					0.0021
Rural combi	1.5	0.0010	1.5	0.0010					0.0021
MICRO	7	0.5360	7	0.5360					1.0721
B2	7	0.5360	11	3.1437					3.6797
B3-1	7	0.5360	16	1.2647					1.8007
B4-1	7	0.5360	16	1.2647					1.8007
C2	6	0.2835	11	3.1437					3.4271
C3	6	0.2835	18	2.0114					2.2949
C4	6	0.2835	23	1.2851					1.5686
T2S1	6	0.2835	11	3.1437	11	3.1437			6.5708
T3S2	6	0.2835	18	2.0114	18	2.0114			4.3063
T3S1	6	0.2835	18	1.2851	11	3.1437			4.7123
3T3	7	0.5360	18	1.7923	11	3.1437	18.0000	2.0114	7.4834

Fuente: Elaboración propia.

Ficha 26. Cálculo del ESAL - AASHTO para un periodo de 10 y 20 años Pavimento Asfáltico.

<u>4.-Cálculo del Factor de Crecimiento Acumulado</u>					
$(G)(Y) = \frac{(1+r)^Y - 1}{r}$					
<u>PARA 10 AÑOS</u>					
<u>VEHICULOS LIVIANOS</u>					
Periodo de Analisis (Y) =		10			
Razon Anual de Crecimiento (r) =		2.40%		Tasa de crecimiento para vehiculos ligeros	
(G)(Y) =		11.15			
<u>VEHICULOS PESADOS</u>					
Periodo de Analisis (Y) =		10			
Razon Anual de Crecimiento (r) =		1.05%		Tasa de crecimiento para vehiculos pesados	
(G)(Y) =		10.49			
<u>4.-Cálculo del E.S.A.L DE DISEÑO para el 2030</u>					
TIPO DE VEHICULO	TRAFICO ACTUAL (2018)	FACTOR DE CRECIMIENTO	TRAFICO DE DISEÑO (2028)	FACTOR E.S.A.L	E.S.A.L DE DISEÑO
		0.0240			
AUTO	4083	11.15	16619931	0.002	34071.20644
PICK UP	1136	11.15	4624110	0.002	9479.522292
RURAL COMBI	1133	11.15	4611899	0.002	9454.489486
MICRO	45	11.15	183173	1.072	196376.113
B2	24	11.15	97692	3.680	359477.7961
B3-1	13	11.15	52917	1.801	95289.1464
B4-1	5	11.15	20353	1.801	36650.22576
		0.0105			
C2	369	10.49	1412304	3.427	4840165.253
C3	104	10.49	398048	2.295	913485.1294
C4	23	10.49	88030	1.569	138082.9176
T2S1	3	10.49	11482	6.571	75446.0034
T3S2	82	10.49	313845	4.306	1351525.89
T3S1	4	10.49	15310	4.712	72144.62211
3T3	7	10.49	26792	7.483	200495.6268
TOTAL	7031.00		28475886	E.S.A.L de Diseño	8332143.941
FACTOR DIRECCIONAL (Fd)				0.5	
FACTOR CARRIL (Fc)				0.80	
ESAL DE DISEÑO				3,332,857.577	
<u>PARA 20 AÑOS</u>					
<u>VEHICULOS LIVIANOS</u>					
Periodo de Analisis (Y) =		20			
Razon Anual de Crecimiento (r) =		2.40%			
(G)(Y) =		25.289			
<u>VEHICULOS PESADOS</u>					
Periodo de Analisis (Y) =		20			
Razon Anual de Crecimiento (r) =		1.05%			
(G)(Y) =		22.126			
<u>4.-Cálculo del E.S.A.L DE DISEÑO para el 2038</u>					
TIPO DE VEHICULO	TRAFICO ACTUAL (2018)	FACTOR DE CRECIMIENTO	TRAFICO DE DISEÑO	FACTOR E.S.A.L	E.S.A.L DE DISEÑO
		0.0240			
AUTO	4083	25.289	37688197	0.002	77261.59274
PICK UP	1136	25.289	10485866	0.002	21496.24479
RURAL COMBI	1133	25.289	10458175	0.002	21439.47766
MICRO	45	25.289	415373	1.072	445313.0931
B2	24	25.289	221532	3.680	815172.5332
B3-1	13	25.289	119997	1.801	216082.0096
B4-1	5	25.289	46153	1.801	83109.01929
		0.0105			
C2	369	22.126	2980106	3.427	10213244.11
C3	104	22.126	839921	2.295	1927544.777
C4	23	22.126	185752	1.569	291368.6028
T2S1	3	22.126	24229	6.571	159204.0774
T3S2	82	22.126	662246	4.306	2851861.953
T3S1	4	22.126	32305	4.712	152229.3937
3T3	7	22.126	56533	7.483	423059.8413
TOTAL	7031.00		64216385	E.S.A.L de Diseño	17698386.73

Fuente: Elaboración Propia.

Ficha 27. Cálculo del ESAL por el método AASHTO para Pavimentos Rígidos.

PAVIMENTOS RIGIDOS

1.- Según el método AASHTO tenemos:

$$\log\left(\frac{1}{EALF}\right) = 4,62 * \log(18 + 1) - 4,62 * \log(L_x + L_2) + 3,28 * \log(L_2) + \frac{G_i}{\beta_x} - \frac{G_i}{\beta_{18}}$$

$$G_i = \log\left(\frac{4,5 - P_i}{4,5 - 1,5}\right)$$

$$\beta_x = 1,00 + \frac{3,63 * (L_x + L_2)^{5,20}}{(D + 1)^{8,46} * L_2^{5,52}}$$

DONDE:

- L_x : Carga en kips de un eje simple, tandem o triden
- L_2 : Código del eje. 1, sencillo; 2, tandem; 3, tridem.
- D : Esesor de la losa en pulgadas, usar 9.
- Pt : Índice de servicio final.
- β_{18} : β_x cuando $L_x = 18$ y $L_2 = 1$
- k : Factor de conversión de toneladas a kips

Cálculo de los parámetros anteriores

$Pt =$	2.5	
$D =$	9	pulg
$G_i =$	-0.17609	
$\beta_{18} =$	1.05616	
$L_x =$	18	
$L_2 =$	1	
$k =$	2.203	

2.- Cálculo del EALF:

$$LEF = EALF$$

EJE (Tn)	L_x	L_2	β_x	$\log(1/EALF)$	EALF	EJE
1.5	3.3045	1	1.0000	2.96976	0.0011	SIMPLE (Rodadura Simple)
6	13.218	1	1.0124	0.57453	0.2664	SIMPLE (Rodadura Simple)
7	15.421	1	1.02630	0.28784	0.5154	SIMPLE (Rodadura Simple)
11	24.233	1	1.24555	-0.54390	3.4987	SIMPLE (Rodadura Doble)
16	35.248	2	1.16219	-0.34806	2.2288	TANDEM
18	39.654	2	1.29007	-0.55736	3.6088	TANDEM
23	50.669	3	1.26002	-0.49155	3.1013	TRIDEM
25	55.075	3	1.39191	-0.63661	4.3313	TRIDEM

3.- Cálculo del Factor Camión

Tipo de vehículo	Eje delantero	FEC	Eje posterior 1	FEE1	Eje posterior 2	FEE2	Eje posterior 3	FEE3	Factor camión
AUTO	1.5	0.0011	1.5	0.0011					0.0021
PICK UP	1.5	0.0011	1.5	0.0011					0.0021
Rural combi	1.5	0.0011	1.5	0.0011					0.0021
MICRO	7	0.5154	7	0.5154					1.0308
B2	7	0.5154	11	3.4987					4.0141
B3-1	7	0.5154	16	2.2288					2.7442
B4-1	7	0.5154	16	2.2288					2.7442
C2	6	0.2664	11	3.4987					3.7650
C3	6	0.2664	18	3.6088					3.8752
C4	6	0.2664	23	3.1013					3.3677
T2S1	6	0.2664	11	3.4987	11	3.4987			7.2637
T3S2	6	0.2664	18	3.6088	18	3.6088			7.4840
T3S1	6	0.2664	18	3.1013	11	3.4987			6.8664
3T3	7	0.5154	18	4.3313	11	3.4987	18.0000	3.6088	11.9541

Fuente: Elaboración Propia.

Ficha 28. Cálculo del ESAL - AASHTO para un periodo de 10 y 20 años Pavimento Rígido.

<u>4.-Cálculo del Factor de Crecimiento Acumulado</u>					
$(G)(Y) = \frac{(1+r)^Y - 1}{r}$					
<u>PARA 10 AÑOS</u>					
VEHICULOS LIVIANOS					
Periodo de Analisis (Y) =		10			
Razon Anual de Crecimiento (r) =		2.40%		Tasa de crecimiento para vehiculos ligeros	
(G)(Y) =		11.15			
VEHICULOS PESADOS					
Periodo de Analisis (Y) =		10			
Razon Anual de Crecimiento (r) =		1.05%		Tasa de crecimiento para vehiculos pesados	
(G)(Y) =		10.49			
<u>4.-Cálculo del E.S.A.L DE DISEÑO para el 2030</u>					
TIPO DE VEHICULO	TRAFICO ACTUAL (2018)	FACTOR DE CRECIMIENTO	TRAFICO DE DISEÑO (2028)	FACTOR E.S.A.L	E.S.A.L DE DISEÑO
		0.0240			
AUTO	4083	11.15	16619931	0.002	35636.86724
PICK UP	1136	11.15	4624110	0.002	9915.131065
RURAL COMBI	1133	11.15	4611899	0.002	9888.947937
MICRO	45	11.15	183173	1.031	188819.3773
B2	24	11.15	97692	4.014	392143.5897
B3-1	13	11.15	52917	2.744	145213.8236
B4-1	5	11.15	20353	2.744	55852.31498
		0.0105			
C2	369	10.49	1412304	3.765	5317367.642
C3	104	10.49	398048	3.875	1542504.731
C4	23	10.49	88030	3.368	296458.2408
T2S1	3	10.49	11482	7.264	83401.78846
T3S2	82	10.49	313845	7.484	2348810.654
T3S1	4	10.49	15310	6.866	105124.0292
3T3	7	10.49	26792	11.954	320275.475
TOTAL	7031.00		28475886	E.S.A.L de Diseño	10851412.61
FACTOR DIRECCIONAL (Fd)				0.5	
FACTOR CARRIL (Fc)				0.80	
ESAL DE DISEÑO				4,340,565.045	
<u>PARA 20 AÑOS</u>					
VEHICULOS LIVIANOS					
Periodo de Analisis (Y) =		20			
Razon Anual de Crecimiento (r) =		2.40%			
(G)(Y) =		25.289			
VEHICULOS PESADOS					
Periodo de Analisis (Y) =		20			
Razon Anual de Crecimiento (r) =		1.05%			
(G)(Y) =		22.126			
<u>4.-Cálculo del E.S.A.L DE DISEÑO para el 2038</u>					
TIPO DE VEHICULO	TRAFICO ACTUAL (2018)	FACTOR DE CRECIMIENTO	TRAFICO DE DISEÑO	FACTOR E.S.A.L	E.S.A.L DE DISEÑO
		0.0240			
AUTO	4083	25.289	37688197	0.002	80811.96444
PICK UP	1136	25.289	10485866	0.002	22484.0533
RURAL COMBI	1133	25.289	10458175	0.002	22424.67758
MICRO	45	25.289	415373	1.031	428177.0306
B2	24	25.289	221532	4.014	889247.3664
B3-1	13	25.289	119997	2.744	329293.4821
B4-1	5	25.289	46153	2.744	126652.1836
		0.0105			
C2	369	22.126	2980106	3.765	11220190
C3	104	22.126	839921	3.875	3254838.905
C4	23	22.126	185752	3.368	625556.1871
T2S1	3	22.126	24229	7.264	175992.1558
T3S2	82	22.126	662246	7.484	4956237.827
T3S1	4	22.126	32305	6.866	221817.8813
3T3	7	22.126	56533	11.954	675803.726
TOTAL	7031.00		64216385	E.S.A.L de Diseño	23029527.44

Fuente: Elaboración propia realizada en hojas de cálculo Excel.

Ficha 29. Cálculo del EAL de acuerdo al Instituto del Asfalto.

CALCULO DEL EAL DE DISEÑO - INSTITUTO DEL ASFALTO				
Se tienen las siguientes Tasas, obtenidas previamente				
Vehículos ligeros:	2.40%			
Vehículos de carga:	1.05%			
Indice Medio Diario Anual acumulado para el año de inicio del proyecto				
Usando la expresión:				
$IMDA_{\text{año de inicio proyecto}(0)} = IMDA_{\text{año de medición}} * (1 + r)^Y$				
Donde:				
Año de medición: 2019				
Año de inicio de proyecto: 2020				
Y : 1				
Tipo de Vehículo	(1) I.M.D.A _n 2019	(2) r	(3) (1 + r) ^Y	(1)*(3) I.M.D.A _n 2020
AUTO	3987	0.0240	1.0240	4083
PICK UP	1109	0.0240	1.0240	1136
Rural combi	1106	0.0240	1.0240	1133
MICRO	44	0.0240	1.0240	45
B2	23	0.0240	1.0240	24
B3-1	13	0.0240	1.0240	13
B4-1	5	0.0240	1.0240	5
C2	365	0.0105	1.0105	369
C3	103	0.0105	1.0105	104
C4	23	0.0105	1.0105	23
T2S1	3	0.0105	1.0105	3
T3S2	81	0.0105	1.0105	82
T3S1	4	0.0105	1.0105	4
3T3	7	0.0105	1.0105	7
Indice Medio Diario Anual acumulado para el período de análisis Y				
Con los datos de la primera expresión:				
Usando la expresión:				
$IMDA_{\text{Año}(n)} = IMDA_{\text{año}(0)} * 365 * \frac{(1+r)^Y - 1}{r}$				
Donde:				
IMDA _{Año(n)}	: Indice Medio Diario Anual acumulado para el período de análisis "Y"			
IMDA _{año(0)}	: Indice Medio Diario Anual acumulado para el año de inicio del proyecto			
Año 0: 2020	(Año de inicio de proyecto)			
Año n: 2030	(Año de fin de proyecto)			
Y: 10	(Proyección de tránsito)			
Tipo de Vehículo	(1) I.M.D.A.(0) 2020	(2) r	(3) $\frac{(1+r)^Y - 1}{r}$	(1)*(3) I.M.D.A.(n) 2030
AUTO	4083	0.0240	11.15	16,620,275
PICK UP	1136	0.0240	11.15	4,624,185
Rural combi	1133	0.0240	11.15	4,612,140
MICRO	45	0.0240	11.15	183,230
B2	24	0.0240	11.15	97,820
B3-1	13	0.0240	11.15	52,925
B4-1	5	0.0240	11.15	20,440
C2	369	0.0105	10.49	1,412,185
C3	104	0.0105	10.49	398,215
C4	23	0.0105	10.49	87,965
T2S1	3	0.0105	10.49	11,315
T3S2	82	0.0105	10.49	313,900
T3S1	4	0.0105	10.49	15,330
3T3	7	0.0105	10.49	26,645
IMDA _{Año(n)} : Indice Medio Diario Anual acumulado para el período de análisis "Y"				
IMDA _{año(0)} : Indice Medio Diario Anual acumulado para el año de inicio del proyecto				
Año 0: 2020	(Año de inicio de proyecto)			
Año n: 2040	(Año de fin de proyecto)			
Y: 20	(Proyección de tránsito)			
Tipo de Vehículo	(1) I.M.D.A.(0) 2020	(2) r	(3) $\frac{(1+r)^Y - 1}{r}$	(1)*(3) I.M.D.A.(n) 2040
AUTO	4083	0.0240	25.29	37,690,630
PICK UP	1136	0.0240	25.29	10,486,450
Rural combi	1133	0.0240	25.29	10,458,710
MICRO	45	0.0240	25.29	415,370
B2	24	0.0240	25.29	221,555
B3-1	13	0.0240	25.29	120,085
B4-1	5	0.0240	25.29	45,990
C2	369	0.0105	22.13	2,980,225
C3	104	0.0105	22.13	839,865
C4	23	0.0105	22.13	185,785
T2S1	3	0.0105	22.13	24,090
T3S2	82	0.0105	22.13	662,110
T3S1	4	0.0105	22.13	32,485
3T3	7	0.0105	22.13	56,575

Fuente: Elaboración Propia

Ficha 30. Resultados de EAL de diseño por el método del Instituto del Asfalto

Tipo de Vehículo	Carga bruta por eje								Factor de equivalencia de carga FEE (según el Instituto del asfalto)				Factor EAL (factor camión)
	Eje delantero		Eje posterior						Eje delantero	Eje posterior			
	Tn	Lb	Eje 1		Eje 2		Eje 3			Eje 1	Eje 2	Eje 3	
			Tn	Lb	Tn	Lb	Tn	Lb					
(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)=(11)+(12)+(13)+(14)					
AUTO	1.5	3304	1.5	3304					0.0011	0.0011			0.0023
PICK UP	1.5	3304	1.5	3304					0.0011	0.0011			0.0023
Rural combi	1.5	3304	1.5	3304					0.0011	0.0011			0.0023
MICRO	7	15419	7	15419					0.5388	0.5388			1.0775
B2	7	15419	11	24229					0.5388	3.1445			3.6833
B3-1	7	15419	16	35242					0.5388	1.2663			1.8051
B4-1	7	15419	16	35242					0.5388	1.2663			1.8051
C2	6	13216	11	24229					0.4211	3.1445			3.5656
C3	6	13216	18	39648					0.4211	2.0131			2.4343
C4	6	13216	23	50661					0.4211	1.2861			1.7072
T2S1	6	13216	11	24229	11	24229			0.4211	3.1445	3.1445		6.7101
T3S2	6	13216	18	39648	18	39648			0.4211	2.0131	2.0131		4.4474
T3S1	6	13216	18	39648	11	24229			0.4211	2.0131	3.1445		5.5788
3T3	7	15419	18	39648	11	24229	18	39648	0.5388	2.0131	3.1445	2.0131	7.7095
PARA 10 AÑOS													
Tipo de Vehículo	Número de vehículos por año (2030)	Factor EAL	EAL de diseño										
	(1)	(2)	(3)=(1)*(2)										
AUTO	16,620,275	0.0023	37,777										
PICK UP	4,624,185	0.0023	10,511										
Rural combi	4,612,140	0.0023	10,483										
MICRO	183,230	1.0775	197,432										
B2	97,820	3.6833	360,296										
B3-1	52,925	1.8051	95,533										
B4-1	20,440	1.8051	36,895										
C2	1,412,185	3.5656	5,035,357										
C3	398,215	2.4343	969,363										
C4	87,965	1.7072	150,178										
T2S1	11,315	6.7101	75,925										
T3S2	313,900	4.4474	1,396,036										
T3S1	15,330	5.5788	85,523										
3T3	26,645	7.7095	205,419										
EAL DE DISEÑO =			8,666,728.000										
			FC =	0.8									
			FD =	0.5									
EAL DE DISEÑO =			3,466,691.200										
PARA 20 AÑOS													
Tipo de Vehículo	Número de vehículos por año (2040)	Factor EAL	EAL de diseño										
	(1)	(2)	(3)=(1)*(2)										
AUTO	37,690,630	0.0023	85,669										
PICK UP	10,486,450	0.0023	23,835										
Rural combi	10,458,710	0.0023	23,772										
MICRO	415,370	1.0775	447,565										
B2	221,555	3.6833	816,044										
B3-1	120,085	1.8051	216,760										
B4-1	45,990	1.8051	83,014										
C2	2,980,225	3.5656	10,626,439										
C3	839,865	2.4343	2,044,458										
C4	185,785	1.7072	317,181										
T2S1	24,090	6.7101	161,648										
T3S2	662,110	4.4474	2,944,661										
T3S1	32,485	5.5788	181,226										
3T3	56,575	7.7095	436,165										
EAL DE DISEÑO =			18,408,437.000										
			FC =	0.8									
			FD =	0.5									
EAL DE DISEÑO =			7,363,374.800										

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 61.*Resumen de ESAL de diseño obtenido para pavimento rígidos*

	ESAL DE DISEÑO (PAVIMENTOS RIGIDOS)	
	DISEÑO PARA 10 AÑOS	DISEÑO PARA 20 AÑOS
METODO DEL MTC	4,698,971.586	9,995,286.624
METODO AASHTO	4,340,565.045	9,211,810.975
METODO DE IA	3,466,691.200	7,363,374.800

Nota. Se muestra los resultados obtenidos por cada uno de los métodos empleados en los cálculos. Fuente: Elaboración Propia.

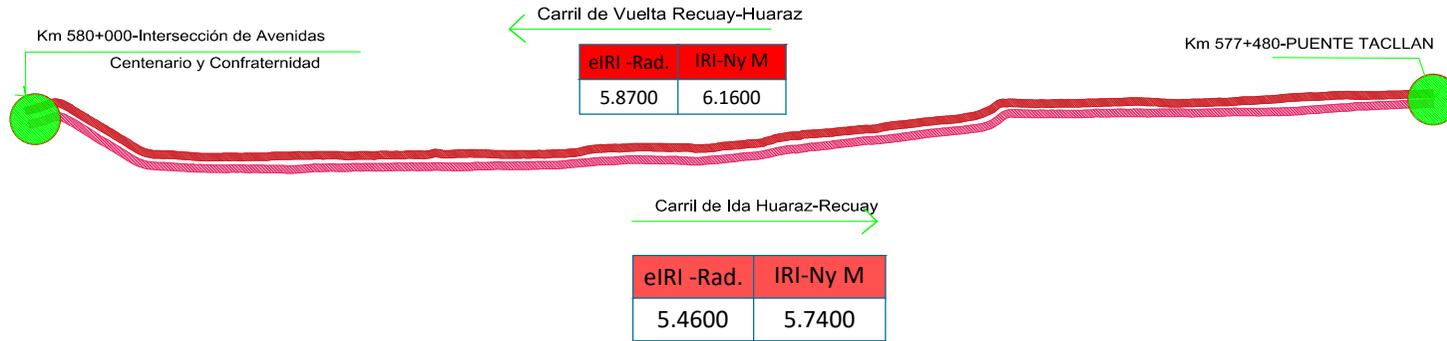
Tabla 62.*Resumen de ESAL de diseño obtenido para pavimento flexibles*

	ESAL DE DISEÑO (PAVIMENTOS FLEXIBLES Y SEMIRRÍGIDOS)	
	DISEÑO PARA 10 AÑOS	DISEÑO PARA 20 AÑOS
MÉTODO DEL MTC	3921751.965	8351113.348
MÉTODO AASHTO	3332857.577	7079354.690
MÉTODO DE IA	3466691.200	7363374.800

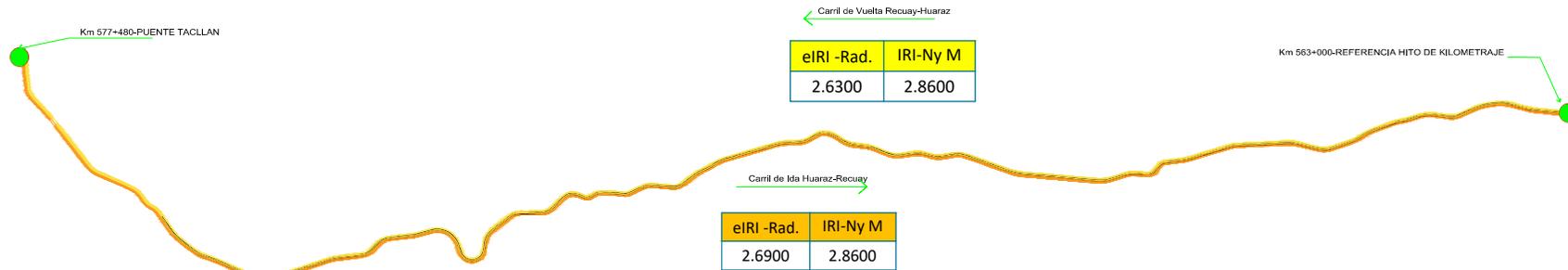
Nota. Se muestra los resultados obtenidos por cada uno de los métodos empleados en los cálculos. Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 04: PLANOS

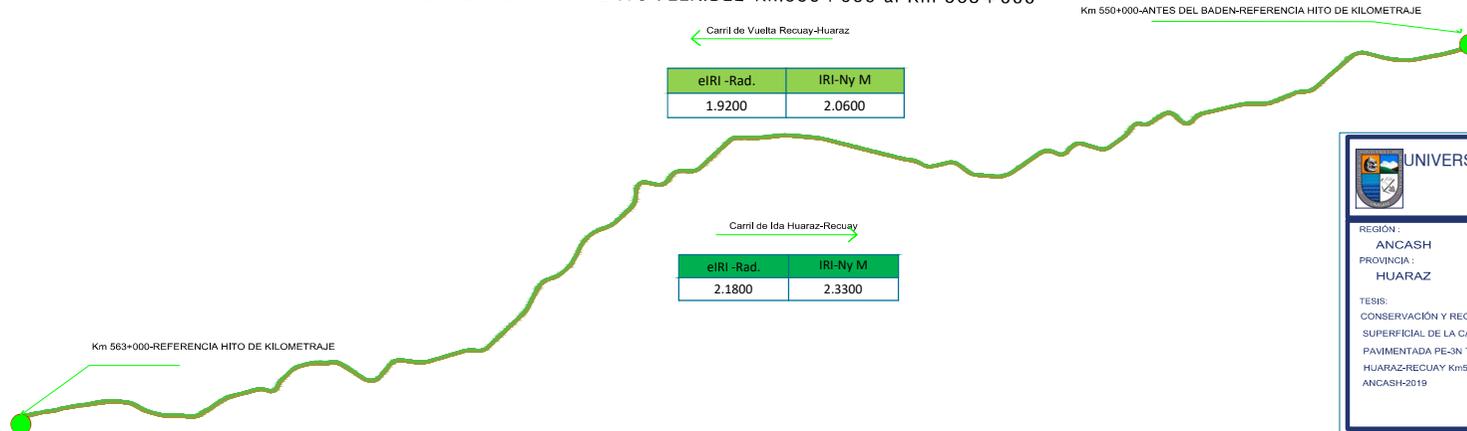
TRAMO N°01-PAVIMENTO RÍGIDO-Km 577+480 al Km 580+000



TRAMO N°02-PAVIMENTO FLEXIBLE-Km 563+000 al Km 577+480

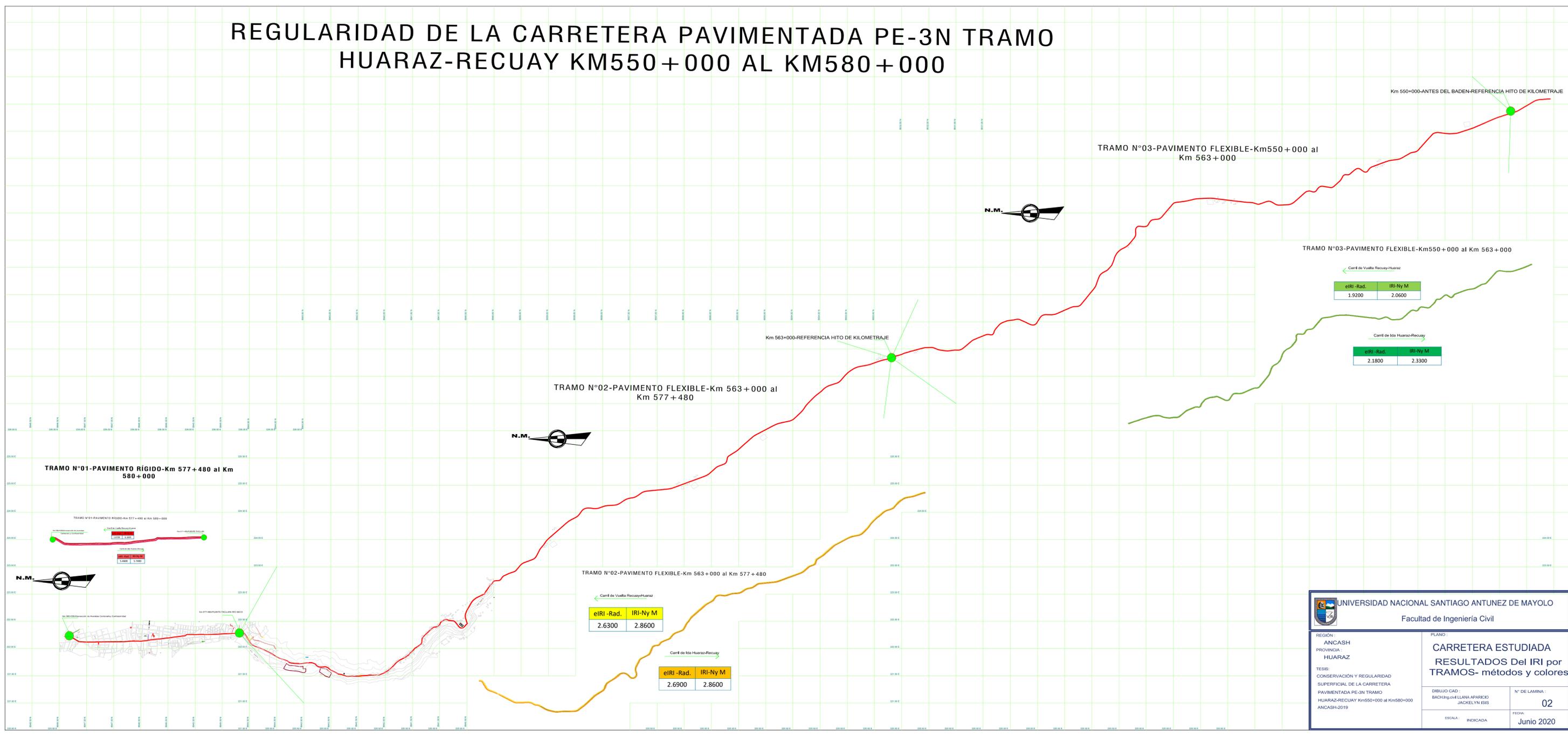


TRAMO N°03-PAVIMENTO FLEXIBLE-Km550+000 al Km 563+000



 UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO Facultad de Ingeniería Civil	
REGION : ANCASH PROVINCIA : HUARAZ TESIS: CONSERVACIÓN Y REGULARIDAD SUPERFICIAL DE LA CARRETERA PAVIMENTADA PE-3N TRAMO HUARAZ-RECUAY Km550+000 al Km580+000 ANCASH-2019	PLANO : CARRETERA ESTUDIADA RESULTADOS Del IRI por métodos y colores DIBUJO CAD : BACH,Ing.civil,LLANA APARICIO JACKELYN ISIS ESCALA : INDICADA
N° DE LAMINA : 01 FECHA: Junio 2020	

REGULARIDAD DE LA CARRETERA PAVIMENTADA PE-3N TRAMO HUARAZ-RECUAY KM550+000 AL KM580+000



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO
Facultad de Ingeniería Civil

REGIÓN : ANCASH
PROVINCIA : HUARAZ

PLANO : CARRETERA ESTUDIADA
RESULTADOS Del IRI por TRAMOS- métodos y colores

TESIS: CONSERVACIÓN Y REGULARIDAD SUPERFICIAL DE LA CARRETERA PAVIMENTADA PE-3N TRAMO HUARAZ-RECUAY km550+000 al Km580+000 ANCASH-2019

DIBUJO CAD : BACHINGO VILLANA APARICIO JACKELYN ISIS
N° DE LAMINA : 02

ESCALA : INDICADA
FECHA : Junio 2020