



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL
MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES



**MEJORAMIENTO EN LA VIA DESVIO INCHUPALLA HASTA EL
EMPALME EN HUATASANI POR NIVELES DE SERVICIO COMO
ALTERNATIVA PARA SU CRECIMIENTO PAULATINO
DE ACUERDO AL AUMENTO DE TRÁNSITO**

TESIS PRESENTADA POR:
CARLOS RONALD MURILLO PEZO

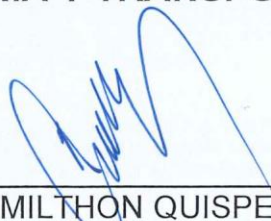
PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE:
MAGISTER EN INGENIERIA CIVIL
MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES


JULIACA – PERÚ
2024




UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL
MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES
MEJORAMIENTO EN LA VIA DESVIO INCHUPALLA HASTA EL
EMPALME EN HUATASANI POR NIVELES DE SERVICIO COMO
ALTERNATIVA PARA SU CRECIMIENTO PAULATINO DE
ACUERDO AL AUMENTO DE TRÁNSITO

TESIS PRESENTADA POR:
CARLOS RONALD MURILLO PEZO
PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE:
MAGÍSTER EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

PRESIDENTE DEL JURADO : 
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

MIEMBRO DEL JURADO : 
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES

MIEMBRO DEL JURADO : 
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

ASESOR DE TESIS : 
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" ESCUELA DE POSGRADO



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 157-2024-D-EPG-UANCV/J

Juliaca, 17 de junio del 2024

VISTOS:

El expediente N° 2024-06076, presentado por el (la) Bachiller **MURILLO PEZO CARLOS RONALD**, con número de DNI. **01288594**, asignado (a) con código de matrícula **21329024**, de la Maestría en **INGENIERIA CIVIL, Mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" de la Sede Central Juliaca.

CONSIDERANDO:

Que, el (a) Bach. **MURILLO PEZO CARLOS RONALD**, con número de DNI. **01288594**, asignado (a) con código de matrícula **21329024**, de la Maestría en **INGENIERIA CIVIL, Mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, ha solicitado fecha, hora y modalidad de sustentación de la Tesis titulada: **MEJORAMIENTO EN LA VIA DESVIO INCHUPALLA HASTA EL EMPALME EN HUATASANI POR NIVELES DE SERVICIO COMO ALTERNATIVA PARA SU CRECIMIENTO PAULATINO DE ACUERDO AL AUMENTO DE TRÁNSITO** La misma que pertenece a la Línea de Investigación: **TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50** y:

Que, el (a) referido (a) Dictamen de Tesis aprobado por los jurados el 29 de abril del 2024. Establece la fecha de sustentación; habiendo para el efecto cumplido los requisitos establecidos en el reglamento para la Obtención del Grado Académico de Magister/Maestro y Doctor de la Escuela de Posgrado de la UANCV;

Que, en el Artículo 66 del Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la sustentación de Tesis de Posgrado es un trabajo de investigación original y crítico, de actualidad y de alto valor científico;

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "J" del artículo 17° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado, y el Art. 76 del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - DECLARAR EXPEDITO para la Sustentación de la Tesis titulada: **MEJORAMIENTO EN LA VIA DESVIO INCHUPALLA HASTA EL EMPALME EN HUATASANI POR NIVELES DE SERVICIO COMO ALTERNATIVA PARA SU CRECIMIENTO PAULATINO DE ACUERDO AL AUMENTO DE TRÁNSITO** Elaborado por el (la) Bachiller **MURILLO PEZO CARLOS RONALD**. Integrado por los siguientes docentes:

- Presidente del Jurado : Mgtr. **MILTHON QUISPE HUANCA**
- Miembro del Jurado : Mgtr. **ARNALDO YANA TORRES**
- Miembro del Jurado : Dr. **EFRAIN PARILLO SOSA**
- Asesor de Tesis : Dr. **LEONEL SUASACA PELINCO**

ARTÍCULO SEGUNDO. - El proceso de la Sustentación de la Tesis en mención, se llevará a cabo:

- Fecha : **Miércoles 26 de junio del 2024**
- Hora : **11:00 a.m.**
- Lugar : **Aula N° 309 EPG - UANCV - JULIACA**

A cuya finalización el Jurado registrará los resultados en el Libro de Actas de Sustentación de Tesis de Maestría con el grado **MAGISTER** de los estudiantes que ingresaron antes a la aprobación de la ley Universitaria N° 30220.

ARTÍCULO TERCERO. - Elévese la presente Resolución al Rectorado, Vicerrectorado Académico, Vicerrectorado Administrativo y Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento.

Regístrese, comuníquese y Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO
Dr. Leopoldo Wenceslao Colón Carr
DIRECTOR (E)

Of. And. EPG (55)
Rectorado (51)
Cargos (51)
Juliaca (47)
Rectoría (27)
Expediente (45)
13022024



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" ESCUELA DE POSGRADO



RESOLUCION DIRECTORAL N° 992-2023-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 17 de octubre del 2023.

VISTOS:

El expediente N° 2023-09866, de fecha 05 de octubre del 2023, presentado por el (la) Bachiller **CARLOS RONALD MURILLO PEZO** con DNI N° **01288594** código de matrícula **21329024**, quien solicita resolución de aprobación de proyecto de tesis titulado: **MEJORAMIENTO EN LA VIA DESVIO INCHUPALLA HASTA EL EMPALME EN HUATASANI POR NIVELES DE SERVICIO COMO ALTERNATIVA PARA SU CRECIMIENTO PAULATINO DE ACUERDO AL AUMENTO DE TRÁNSITO** línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**, para optar el grado de **MAGISTER en INGENIERIA CIVIL**, mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez Sede Central Juliaca.

CONSIDERANDO:

Que, en el Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la sustentación de tesis de Posgrado es un trabajo de investigación original y único de actualidad de alto valor científico.
Que, según Resolución N° 0555-2019-UANCV-CU-R, de fecha 08 de noviembre del 2019, se aprueba el Reglamento para la obtención del grado académico de Magister, Maestro, Doctor y Titulación de los Programas de Segunda Especialidad Profesional de la Escuela de Posgrado.
Que, el **Art. 17**, establece que la aprobación del proyecto de investigación de tesis para la obtención de grados académicos de Magister, Maestro, Doctor se inicia con la presentación del proyecto de investigación de tesis según corresponda, en forma individual y conforme a las recomendaciones de la Escuela de Posgrado y estándares de la investigación científica, tecnológica y humanística.
Que, en el **Art.60**, señala que la fecha límite para la presentación del borrador de tesis es de 02 años contados desde la emisión de la resolución de aprobación del proyecto de tesis, vencido el plazo máximo el candidato a Magister, Maestro o Doctor deberá presentar un nuevo proyecto de investigación de tesis.
Que, el **Art. 21**, establece que el Director de la Escuela de Posgrado y el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, nominarán por sorteo a 03 docentes miembros del comité de investigación.
Que, mediante oficio circular N° 697-2023 USA-EPG/UANCV-J, de fecha 20 de setiembre del 2023, se nombra al Comité de Investigación del proyecto de tesis conformado por los siguientes docentes:

- Presidente : Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA
- Primer miembro : Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
- Segundo miembro : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- Asesor : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

Que, con registro N° 003704 de fecha 04 de octubre del 2023, el Comité de Investigación del proyecto de tesis titulado: **MEJORAMIENTO EN LA VIA DESVIO INCHUPALLA HASTA EL EMPALME EN HUATASANI POR NIVELES DE SERVICIO COMO ALTERNATIVA PARA SU CRECIMIENTO PAULATINO DE ACUERDO AL AUMENTO DE TRÁNSITO** cumple con los lineamientos y contenidos establecidos en reglamento de grado de investigación conducentes al grado académico de Magister/Maestro y Doctor de la Escuela de Posgrado de la UANCV.
En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "j" del artículo 17 del Reglamento General de la Escuela de Posgrado y en el artículo 76 del Estatuto Universitario:

SE RESUELVE:

PRIMERO: APROBAR, el Proyecto de investigación de Tesis de maestría y **AUTORIZAR** el desarrollo de la Tesis, titulado: **MEJORAMIENTO EN LA VIA DESVIO INCHUPALLA HASTA EL EMPALME EN HUATASANI POR NIVELES DE SERVICIO COMO ALTERNATIVA PARA SU CRECIMIENTO PAULATINO DE ACUERDO AL AUMENTO DE TRÁNSITO** para obtener el grado académico de **MAGISTER en INGENIERIA CIVIL**, mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, de la UANCV.

SEGUNDO: ELEVAR al Rectorado, Vicerrectorado Académico, Vicerrectorado Administrativo, Vicerrectorado de Investigación, Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento y cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, Comuníquese y Archívese



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO
Dr. Leonidas Yllescas Condori Curi
DIRECTOR (e)



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
Mgtr. Percy Gozalo Puma Puma
SECRETARIO ACADEMICO

4. 10.2023
ARGUMENTOS EPG 2023 (02)
INVESTIGACION (02)
UNIVERSIDAD



MEJORAMIENTO EN LA VIA DESVIO INCHUPALLA HASTA EL EMPALME EN HUATASANI POR NIVELES DE SERVICIO COMO ALTERNATIVA PARA SU CRECIMIENTO PAULATINO DE ACUERDO AL AUMENTO DE TRÁNSITO

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

21 %

FUENTES DE INTERNET

2 %

PUBLICACIONES

10 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4 %
2	www.pvn.gob.pe Fuente de Internet	2 %
3	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1 %
4	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	pdfcoffee.com Fuente de Internet	1 %
6	zonasegura.seace.gob.pe Fuente de Internet	1 %
7	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
8	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	1 %



Metadatos complementarios - UANCV

TITULO	
MEJORAMIENTO EN LA VIA DESVIO INCHUPALLA HASTA EL EMPALME EN HUATASANI POR NIVELES DE SERVICIO COMO ALTERNATIVA PARA SU CRECIMIENTO PAULATINO DE ACUERDO AL AUMENTO DE TRÁNSITO	
Datos de autor	
Nombres y Apellidos	CARLOS RONALD MURILLO PEZO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01288594
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0006-6529-3133
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	40865558
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-6657-665X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres Y Apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-4219-1007
Miembro del jurado 1	
Nombres Y Apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024



Nombres Y Apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7567-039X
Datos de investigación	
Línea de investigación	TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p>Dirección: DESVIO INCHUPALLA País: Perú Departamento: Puno Provincia: Huancané Distrito: Huatasani -15.05507, -69.80236 https://goo.su/zLXp6ph</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2023 - 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSTGRADO

Dr. Segundo Cansaya
DIRECTOR
DE INVESTIGACIÓN - IPG



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo Carlos Ronald Murillo Pezo, identificado con DNI Nro. 01208594 en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
Programa de Segunda Especialidad,
Programa de Maestría o Doctorado

Maestría en Ingeniería Civil

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

Mejoramiento en la via desvío InchuPalla hasta el empalme en Huatasani Por riveles de Servicio como alternativa Para Su Crecimiento Paulatino de acuerdo al aumento de tránsito

Asesorado por: Dr. Leonel Suasaca Pelinco

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 25 de Julio del 2024

[Handwritten signature of the advisor]

FIRMA (ASESOR)

[Handwritten signature of the student]

FIRMA (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Este proyecto lo dedico con especial cariño a mis padres que desde niño me inculcaron la responsabilidad, confianza, esfuerzo y sobre todo la perseverancia para ser cada día una mejor persona, ellos que ya no se encuentran a mi lado, donde estén espero se sientan orgullosos de su hijo.

A mis hermanos que gracias a ellos y su apoyo siempre incondicional ayudaron de gran manera a que pueda culminar este proyecto.

Y por último y muy en especial a mi querida Esposa y compañera de vida, ella por sobre todo estuvo siempre a mi lado apoyándome, motivándome con su paciencia, amor, comprensión y dedicación, lo cual me ayudo a que no flaquee ni me dé por vencido.

A todos mis seres queridos mencionados las infinitas gracias de corazón a todos ellos dedico esta tesis.



AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a esta casa de estudios, que me abrió las puertas y dio una oportunidad para avanzar en esta carrera profesional.

Agradezco con especial fervor a la facultad de Ingeniería Civil, conté con su constante apoyo. Siempre demostraron tener fe en mis habilidades y mostraron buena disposición para ayudarme, fueron fundamentales en la finalización de la tesis.

Asimismo, deseo expresar mi reconocimiento a todas las personas que ayudaron con el avance de mi investigación. Agradezco a todos aquellos que ayudaron a recopilar datos y también a aquellos que emplearon su tiempo y espacio para examinar mi trabajo.

Las observaciones de mejora, recomendaciones de bibliografía, las reuniones y diálogos en los que pudimos revisar conceptos, investigación y exploración son la base para el desarrollo de estas páginas.

Sin sus recomendaciones esta tesis no sería la que se logró.



INDICE

INDICE DE TABLASiv
INDICE DE FIGURASvi
ABREVIATURAS.....viii
RESUMENix
ASBTRACTxi
INTRODUCCIÓNxii

**CAPITULO I
EL PROBLEMA**

1.1. ANTECEDENTES..... 1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 3
1.3. OBJETIVO 4
1.3.1. Objetivo General. 4
1.3.2. Objetivos Específicos. 4
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA..... 5
1.5. ALCANCES Y LIMITACIÓN..... 6
1.6. VIABILIDAD..... 7

**CAPITULO II
MARCO TEORICO**

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN. 8
2.2. BASE TEÓRICA 9
2.2.1. Contratos De Mantenimiento De Vías Por Niveles De Servicio. 9
2.2.2. Concepción General..... 9
2.2.3. Fase Pre Operativa. 11
2.2.4. Fase Operativa..... 11
2.2.5. Entregables Contractuales. 12
2.2.6. Gestión De La Ejecución De La Conservación Rutinaria. 13
2.2.7. Gestión De La Ejecución De Los Trabajos De Mejoramiento. 15
2.2.8. Gestión De La Realización De Los Trabajos De Conservación Periódica. 17
2.2.9. Evaluaciones No Programadas..... 21
2.2.10. Evaluaciones Programadas. 22



2.2.11. Mediciones De Los Niveles De Servicios.....	23
2.2.12. Procedimientos Para Los Cálculos De Los Porcentajes De Incumplimientos De Los Niveles De Servicio.	25
2.2.13. Penalidades Por Niveles De Servicio.....	27
2.2.14. Estudio de Tráfico y Cargas.....	35
2.2.15. Condición Funcional Del Pavimento.....	45
2.2.16. Condición Estructural Del Pavimento.....	49
2.2.17. CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO (PCI).....	59
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	63
2.4. HIPÓTESIS GENERAL.....	67

CAPITULO III

METODO DE LA INVESTIGACION

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	68
3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	68
3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	68
3.4. VARIABLES.....	69
3.5. CASO DE ESTUDIO.....	72
3.6. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	72

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE TRAFICO.....	73
4.1.1. Antecedentes.....	73
4.1.2. Definición De Los Tramos Homogéneos Y Ubicación De Estaciones De Conteo, Velocidad, Encuesta Y Censo De Carga.....	75
4.1.3. Obtención de IMDa.....	78
4.1.4. Conteo Y Clasificación Vehicular.....	80
4.1.5. Determinación De Tasas De Crecimiento Vehicular.....	93
4.1.6. Porcentaje De Generación De Viaje.....	98
4.1.7. Cálculo De Las Tasas De Crecimiento.....	99
4.1.8. Proyecciones De Tráfico Vehicular.....	100
4.1.9. Encuestas Origen Destino.....	104
4.1.10. Factor De Expansión.....	108
4.1.11. Matrices origen – destino de vehículos de carga.....	109



4.1.12. Matrices origen – destino de vehículos Autos y Station Wagon	113
4.1.13. Estadísticas complementarias.....	122
4.1.14. Censos De Carga.....	133
4.1.15. Obtención De Repeticiones De Ejes Equivalentes De Carga.	137
4.1.16. Control De Velocidad Y Capacidad.....	140
4.2. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO.....	145
4.2.1. Personal Y Equipos Empleados.....	145
4.2.2. Evaluación De La Rugosidad (IRI).....	147
4.2.3. Trabajos De Campo.	147
4.3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO.....	163
4.3.1. Definición de Carriles	165
4.3.2. Esquema de Evaluación.....	166
4.3.3. Metodología Aplicada.....	166
4.3.4. Retrocálculo – Análisis De Datos	171
4.4. Resultados y análisis de la condición superficial del pavimento	194
4.4.1. Desarrollo De La Metodología PCI.....	195
4.4.2. Trabajos De Campo	196
4.4.3. Trabajos De Gabinete	199
4.4.4. Cálculo De Pci Utilizando Software Evalpav. -.....	205
4.4.5. Determinación de tramos	211
4.4.6. Evaluación de daños Superficiales	211
4.4.7. Resultados finales	218
4.5. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	219
4.5.1. Hipótesis Especifica 1	219
4.5.2. Hipótesis Especifica 2	219
4.5.3. Hipótesis Especifica 3	220
4.5.4. Hipótesis Específica 4	221
4.5.5. Hipótesis General.....	221
4.6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.	222
CONCLUSIONES.	223
RECOMENDACIONES.	224



INDICE DE TABLAS

Tabla 1	10
Tabla 2	12
Tabla 3	18
Tabla 4	19
Tabla 5	21
Tabla 6	23
Tabla 7	26
Tabla 8	28
Tabla 9	42
Tabla 10	44
Tabla 11	48
Tabla 12	58
Tabla 13	60
Tabla 14	70
Tabla 15	73
Tabla 16	76
Tabla 17	76
Tabla 18	77
Tabla 19	77
Tabla 20	78
Tabla 21	79
Tabla 22	79
Tabla 23	81
Tabla 24	83
Tabla 25	84
Tabla 26	85
Tabla 27	86
Tabla 28	88
Tabla 29	92
Tabla 30	95
Tabla 31	96
Tabla 32	97
Tabla 33	99
Tabla 34	99
Tabla 35	102
Tabla 36	103
Tabla 37	104
Tabla 38	105
Tabla 39	109
Tabla 40	111
Tabla 41	112
Tabla 42	114
Tabla 43	115
Tabla 44	117
Tabla 45	118
Tabla 46	120
Tabla 47	121
Tabla 48	122
Tabla 49	123



Tabla 50	124
Tabla 51	124
Tabla 52	125
Tabla 53	128
Tabla 54	128
Tabla 55	129
Tabla 56	129
Tabla 57	130
Tabla 58	132
Tabla 59	133
Tabla 60	133
Tabla 61	135
Tabla 62	135
Tabla 63	136
Tabla 64	137
Tabla 65	137
Tabla 66	138
Tabla 67	140
Tabla 68	141
Tabla 69	142
Tabla 70	144
Tabla 71	151
Tabla 72	151
Tabla 73	156
Tabla 74	159
Tabla 75	161
Tabla 76	178
Tabla 77	185
Tabla 78	188
Tabla 79	190
Tabla 80	192
Tabla 81	193
Tabla 82	194
Tabla 83	195
Tabla 84	198
Tabla 85	208
Tabla 86	209
Tabla 87	210
Tabla 88	212
Tabla 89	214
Tabla 90	217
Tabla 91	218
Tabla 92	218
Tabla 93	220



INDICE DE FIGURAS

Figura 1	39
Figura 2	40
Figura 3	41
Figura 4	45
Figura 5	47
Figura 6	50
Figura 7	51
Figura 8	52
Figura 9	54
Figura 10	54
Figura 11	63
Figura 12	74
Figura 13	87
Figura 14	89
Figura 15	90
Figura 16	90
Figura 17	91
Figura 18	92
Figura 19	106
Figura 20	107
Figura 21	108
Figura 22	110
Figura 23	113
Figura 24	116
Figura 25	119
Figura 26	126
Figura 27	126
Figura 28	127
Figura 29	130
Figura 30	131
Figura 31	132
Figura 32	134
Figura 33	136
Figura 34	138
Figura 35	143
Figura 36	146
Figura 37	149
Figura 38	152
Figura 39	153
Figura 40	154
Figura 41	157
Figura 42	160
Figura 43	160
Figura 44	162
Figura 45	165
Figura 46	165
Figura 47	166
Figura 48	168
Figura 49	169



Figura 50	170
Figura 51	172
Figura 52	173
Figura 53	174
Figura 54	177
Figura 55	178
Figura 56	179
Figura 57	181
Figura 58	182
figura 59	183
Figura 60	184
Figura 61	186
Figura 62	187
Figura 63	191
Figura 64	197
Figura 65	201
Figura 66	202
Figura 67	204
Figura 68	204
Figura 69	205
Figura 70	206
Figura 71	207
Figura 72	212
Figura 73	213
Figura 74	216



ABREVIATURAS

PCI	Índice de Condición del Pavimento (Pavement Condition Index)
PSI	Índice De Serviciabilidad Presente Del Pavimento (Present Serviceability Index)
Imds	Índice Medio Diario Semanal
Imda	Índice Medio Diario Anual.
Ep	Estructura Del Pavimento
Tdrs	TDRs
IRI:	Índice De Rugosidad Internacional
IRIc:	Índice De Rugosidad Internacional Característico
IRIp:	Índice De Rugosidad Internacional Promedio
MTC:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
IVC:	Inventario Vial Calificado



RESUMEN

La presente tesis tiene como fin evaluar el estado situacional de la vía al finalizar un contrato por Niveles y verificar si este tipo de contratos responden de buena manera en sectores donde las solicitudes de tránsito necesitan una serviciabilidad adecuada la misma que acceda contar con una infraestructura vial en la que se garantice la continuidad del tránsito, fluidez y seguridad al usuario en todo el corredor vial, reduciendo costos operativos vehiculares y tiempos de viaje en beneficio de la población y se además esto permite que la vía de acuerdo al incremento de tráfico pueda llegar a su construcción definitiva.

Para determinar lo dicho se efectuará evaluaciones a la condición funcional, condición estructural, condición superficial complementando esto con un estudio de tráfico,

La vía en estudio es la ruta Nacional PE-34T desde el empalme con la PE-34H en el desvío a Inchupalla hasta el empalme con la P-34h en Huatasani en la provincia de Azángaro Región Puno. La misma tiene una longitud de 36.7 Km.

Para el estudio de tráfico se tomará en cuenta lo estipulado en Resolución Directoral N.º 006-2008-EF/68.01, que aprueba la Aplicación de los Contenidos Mínimos a Nivel de Perfil para los Proyectos de Inversión Pública de Rehabilitación de Carreteras.

Para la condición funcional del pavimento se determinará a través de la medición de Índice de Rugosidad Internacional (IRI) e índice presente de servicio (PSI) utilizando el equipo denominado perfilómetro Laser

Para la condición estructural se efectuará la medición de deflexiones del pavimento utilizando el equipo denominado deflectómetro de impacto (Falling



Weight Deflectometer), para luego aplicando la metodología del retro cálculo ASSTHO 1993 determinar el módulo equivalente del pavimento y consecuentemente el número estructural efectivo (S_{Neff}).

Finalmente se evaluará la condición superficial del pavimento aplicando la metodología PCI.

Palabras Claves: *Niveles de servicio, evaluación del pavimento*



ASBTRACT

The purpose of this thesis is to evaluate the situational state of the road at the end of a Tiered contract and to verify whether this type of contract responds well in sectors where traffic requests require adequate serviceability, the same as having access to road infrastructure. in which the continuity of traffic, fluidity and safety for the user is guaranteed throughout the road corridor, reducing vehicle of the population and this also allows the road to reach the road according to the increase in traffic. to its final construction.

To determine what has been said, evaluations will be carried out on the functional condition, structural condition, and surface condition, complementing this with a traffic study,

The road under study is the National Route PE-34T from the junction with the PE-34H at the detour to Inchupalla to the junction with the P-34h in Huatasani in the province of Azángaro, Puno Region. It has a length of

For the traffic study, the provisions of Directorial Resolution No. 006-2008-EF/68.01 will be taken into account, which approves the Application of the Minimum Contents at the Profile.

The functional condition of the pavement will be determined through the measurement of the (IRI) and present service index (PSI) using equipment called Laser profilometer.

For the structural condition, the measurement of pavement deflections will be carried out using the equipment called impact deflectometer (Falling Weight Deflectometer), and then applying the ASSTHO 1993 retro calculation methodology to determine the equivalent module of the pavement and consequently the effective structural number (SN_{eff}).

Finally, the surface condition of the pavement will be evaluated applying the methodology PCI.

Keywords: *Service levels, pavement evaluation*



INTRODUCCIÓN

El sistema vial del Perú consta de 95,112 km, mientras que el sistema vial nacional comprende 26,377 km, de ellos sólo 1,370 km están pavimentados debido a su alto costo.

Con el objetivo de optimizar el mantenimiento de la red vial manteniendo bajos gastos, PROVIAS NACIONAL ha adoptado una novedosa forma de contratación que incorpora todos los aspectos, a saber: gestión, mejoras, conservación basada en niveles de servicio y atención de emergencias; asegurando así el correcto estado funcional de nuestras carreteras. De esta manera, se logra que las carreteras en ciclo virtuoso se implementen mediante soluciones económicas que respondan a demandas bien establecidas sobre su flujo de tráfico y carga vial.

El presente trabajo se ejecuta dentro del esquema técnico del contrato por Niveles de servicio para el mejoramiento de la Carretera ruta Nacional PE-34T desde el empalme con la PE-34H en el desvío a Inchupalla hasta el empalme con la P-34h en Huatasani en la provincia de Azángaro Región Puno, teniendo como primordial propósito, comprobar si esta forma de contratación se adapta perfectamente en regiones donde los volúmenes de tráfico requieren una capacidad de servicio suficiente que garantice la continuidad del flujo de tráfico, la fluidez y la seguridad para los usuarios finales en todo el corredor de la carretera, disminuyendo los gastos de operatividad de los vehículos, facilitando el transporte para los beneficios de la comunidad.

Debido a esto es necesario evaluar si al finalizar los contratos de niveles de servicio estos responden a las expectativas de serviciabilidad esperadas para la vía y si estos contratos permiten que la vía de acuerdo al incremento de tráfico pueda llegar a su construcción definitiva.



CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1. ANTECEDENTES

Uno de los elementos clave que impulsan la economía de una nación es la red vial nacional y regional, en particular, las vías transversales o de penetración que facilitan el crecimiento y desarrollo en áreas como regiones montañosas y cinturones forestales, donde los centros económicos generalmente están ubicados en regiones costeras distantes. de estas zonas.

Hasta el año 2007 los mantenimientos rutinarios de las vías se ejecutaban vía, administración directa, se tercerizaba a través de PYMES mientras que los mantenimientos periódicos y mejoramiento se realizan mediante contratos de obra, PROVIAS NACIONAL conservaba para si la atención de suministros para las PYMES que desarrollaban el mantenimiento, cada insumo que requería la PYME debía ser sometido a un proceso de contratación los cual permitía que la ejecución del mantenimiento tenga una gestión poco dinámica, además de esto se privilegiaba a las vías asfaltadas, solo se intervenía sectores de 50 km, este tipo de gestión impedía ver al camino como un vehículo de integración.

En 2007, el MTC estableció un programa conocido como "Proyecto Perú" destinado a implementar una nueva visión de Gestión Vial. El sistema abarcó



en Construcción, Rehabilitación, Mejoramiento, Conservación, atención de Emergencias Viales, Relevamiento de Información y Operación de la Red Vial Nacional. Desde su lanzamiento en 2007 hasta 2009, el desempeño global del Programa "Proyecto Perú" ha sido exitoso, resultando en la aseguración e intervención de una red de 8.000 kilómetros de vías de la Red Vial Nacional implementando contratos de servicios de gestión y mantenimiento de carreteras. Estos contratos son por un período que generalmente oscila entre tres y cinco años, durante el cual los contratistas asumen el riesgo, pero disfrutan de autoridad sobre los controles, mientras que el pago depende de su logro o nivel de servicio, así como de la rápida respuesta a emergencias viales.

A partir del año 2009 PROVIAS NACIONAL efectúa la gestión de los corredores viales a través de la Subdirección de Conservación, quien hasta la fecha tiene bajo su responsabilidad la convocatoria y el control de la realización de los contratos por niveles de servicio.

El comité de selección del MTC eligió al Consorcio Vial Pro como ganador del CONCURSO PÚBLICO N° 0067-2017-MTC/20, el cual es para Gestión, Mejoramiento y Conservación Vial por niveles de servicio en el corredor vial regional Puno PAQUETE 02: "PE-34Q, PE-34S, PE-34T, PE-3SO, PE-3SP, PE-3SS, PE-3SÑ".

El presente trabajo se desarrolla dentro del marco técnico del contrato por Niveles de servicio para el mejoramiento de la Carretera Ruta Nacional se analizará una de las rutas del Paquete 02 mencionado líneas arriba.



1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El M.T.C con el fin de tener un desarrollo vial continuo plantea desarrollar la red vial considerando como prioridad la conservación porque es la única actividad que tiene a toda la red como referencia a largo plazo y para esto se vienen ejecutando contratos por niveles de servicio, los cuales tienen financiamientos que superan los presupuestos anuales (contratos de 5 años) y abarcan corredores viales.

Con esto se pretende tener un desarrollo vial trascendiendo el concepto de conservación y Rehabilitación por uno, de carreteras en permanente buen estado o con adecuados niveles de servicio y mejoramiento continuo.

Con el objetivo de garantizar una mejor transitabilidad y control en los tres niveles de la red vial -nacional, departamental y local- PROVIAS NACIONAL terceriza su gestión a través de contratos de conservación basados en niveles de servicio. El objetivo es mantener las carreteras nacionales en buenas condiciones para intervenir rápida y metódicamente en acciones como obras de mejoramiento, mantenimiento rutinario, mantenimiento periódico, reparaciones menores y atención urgente.

Debido a esto es necesario evaluar si al finalizar los contratos de niveles de servicio estos responden a las expectativas de serviciabilidad esperadas para la vía y si estos contratos permiten que la vía de acuerdo al incremento de tráfico pueda llegar a su construcción definitiva.

¿EL mejoramiento en la vía PE-34H desvío Inchipalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani a través de contrato por niveles de servicio es la alternativa para su crecimiento de acuerdo al aumento de tránsito?



¿El tráfico que actualmente tiene la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani al finalizar el contrato por niveles de servicio es el adecuado para la solución propuesta al finalizar el contrato por niveles de servicio?

¿En la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani el comportamiento funcional del pavimento a solicitudes de rugosidad brinda, el confort del paso de los vehículos?

¿La condición estructural la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani es la adecuada para soportar las cargas de tránsito al finalizar el contrato por niveles de servicio?

¿La condición superficial del pavimento en la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani es la adecuada al finalizar el contrato por niveles de servicio?

1.3. OBJETIVO

1.3.1. Objetivo General.

Determinar si el mejoramiento en la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani a través de un contrato por niveles de servicio es una alternativa para su crecimiento paulatino de acuerdo al aumento de tránsito.

1.3.2. Objetivos Específicos.

Determinar el tráfico que actualmente tiene la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani al finalizar el contrato por niveles de servicio.



Evaluar la condición funcional, la vía PE-34H desvió Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani mediante la medición de Índice de Rugosidad Internacional, Índice de servicialidad presente (PSI).

Evaluar la condición estructural la vía PE-34H desvió Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani al finalizar el contrato por niveles de servicio.

Evaluar la condición Superficial la vía PE-34H desvió Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani al finalizar el contrato por niveles de servicio.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.

Las políticas viales en el sector del transporte se desarrollan para ampliar y mejorar los beneficios de mejores redes viales, con especial atención al aumento de la transitabilidad y la restauración del patrimonio de las carreteras del país. Se utiliza un enfoque holístico para garantizar que los servicios en estas carreteras mejoren y alcancen niveles razonables de transitabilidad y gestión en tres niveles que son carreteras nacionales, departamentales y vecinales. Los contratos de conservación basados en niveles de servicio PROVIAS NACIONAL garantizan que las carreteras nacionales tengan una servidumbre adecuada mediante intervenciones oportunas y sistemáticas que incluyen obras de mejoramiento, mantenimiento rutinario, mantenimiento periódico, reparaciones menores y tratamiento de emergencias viales.

Debido a esto es necesario evaluar si al finalizar los contratos de niveles de servicio estos responden a las expectativas de serviciabilidad esperadas para la vía y si estos contratos permiten que la vía de acuerdo con el incremento de tráfico pueda llegar a su construcción definitiva.



1.5. ALCANCES Y LIMITACIÓN.

Se analizará los alcances de los contratos por niveles de servicio como una nueva forma de gestionar las carreteras nacionales y regionales de nuestro país, principalmente las carreteras transversales o de penetración.

Se determinará la evolución del tráfico durante el periodo de un contrato por niveles de servicio.

Se efectuará mediciones a la calidad de la rodadura del pavimento de la carretera a través de la determinación del IRI.

Se evaluará la capacidad estructural del pavimento mediante la medición de las deflexiones al aplicar una carga equivalente de 40 KN posteriormente se hará el retro cálculo para encontrar el número estructural efectivo

Se utilizará el método del PCI para establecer las condiciones superficiales del pavimento a través de inspección visual, identificando clase, severidad y cantidad de falla encontrada.

Con base en los resultados obtenidos, podemos determinar si la mejora de la carretera PE-34H desviada de Inchupalla al cruce PE-34H en Huatasani será lo suficientemente viable y sostenible para un flujo de tráfico de alto volumen y sostenible para mejorar su capacidad a través de una ampliación de la vía e iniciar un ciclo proyecto de inversión (perfil, factibilidad y estudios definitivos) mejorando su estructura mediante su construcción a nivel de asfalto con todos los elementos de drenaje, obras de arte, señalización, etc., especificados en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras y de acuerdo con la normativa vigente.

La investigación solo se limita a la vía PE-34H desvió Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani.



1.6. VIABILIDAD.

Para la ejecución de la investigación se cuenta con los equipos necesarios para la medición del IRI, Deflectometría, personal para la elaboración del estudio de tráfico y software para los cálculos a efectuarse, asimismo se ha previsto el presupuesto para cubrir los gastos que la investigación demanda.



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

PROVIAS NACIONAL desde al año 2007 viene gestionando el mantenimiento de las carreteras de la red nacional y regional a través de contratos por niveles de servicio cambiando de esta forma la organización tradicional del mantenimiento de carreteras con contratos de mediano plazo.

La implementación de estos contratos no consiste en rehabilitación y mejora, sino que es una solución de actualización con el nivel de servicio básico proporcionado que garantiza la mejora del tránsito. El 2 de agosto de 2018 se declaró la Buena Pro del CONCURSO PÚBLICO N° 0067-2017-MTC/20 donde el Consorcio Vial Pro logro superar la oferta del "Servicio de Mejoramiento y Conservación Vial por niveles de servicio del corredor vial Pro-Región Puno – PAQUETE 02.

El contrato en mención culminara el presente año 2023 por lo que mediante el presente trabajo de investigación se examinara si la vía PE-34H desvió Inchupalla hasta el empalme PE- 34H en Huatasani a través de los trabajos de mejoramiento ejecutados tiene un incremento de tráfico que permita pasar a la etapa de inversión pública para su construcción definitiva.



2.2. BASE TEÓRICA

2.2.1. Contratos De Mantenimiento De Vías Por Niveles De Servicio.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones ha establecido sus políticas para el mantenimiento y preservación de la Red Vial Nacional de la siguiente forma: en materia de vías de bajo flujo vehicular, que han sido más descuidadas en cuanto a su cuidado, PROVIAS NACIONAL subcontratará su administración y conservación a través de un contrato de nivel de servicio. De esta manera, pretende mantener las carreteras en buenas condiciones trabajando rápida y sistemáticamente con iniciativas como programas de mejora, mantenimiento rutinario, procedimientos de mantenimiento periódico, tareas de reparación menor y atención de emergencia vial.

2.2.2. Concepción General.

Un contrato de nivel de servicio es diferente a los contratos de obra, que se regulan con la ayuda de expedientes técnicos y metrados. Estos se controlan mediante indicadores que definen el nivel de servicio que puede considerarse aceptable para una carretera, proporcionando así límites razonables dentro de los cuales pueden evolucionar sus condiciones superficiales, operativas, estructurales y de seguridad, así como maximizar el uso de los recursos disponibles, permitiendo la creación de un sistema completo de gestión de carreteras. Por gestión entendemos estudios de programación, construcción, rehabilitación, mejora, mantenimiento, obras de restauración de emergencia y operación.

Este tipo de contrato no tiene por finalidad ejecutar Rehabilitación y mejoramiento, sino que se trata de un servicio a nivel de soluciones básicas con el fin de incrementar el tráfico para el crecimiento paulatino de la vía.

Tabla 1

Diferencias principales entre contratos por niveles de servicio y contratos de obra.

Niveles de Servicio	Contratos de Obra
El contrato es por la Gestión y conservación Vial	El objeto del contrato es un entregable final
Se supervisan por nivel de servicio, resultado o estándar de Calidad	Se supervisan por metrados y calidad
El contratista elabora el plan de gestión vial	El contratista ejecuta un expediente técnico
Introduce el concepto de transferencia de riesgo al contratista	El Contratista no asume todo el riesgo
El contrato continuo después de ejecutar los mejoramientos siendo el contratista responsable del mantenimiento (contratos de 5 años)	El contratista concluido las actividades del expediente se retira
Se introduce el concepto de Gerente Vial como responsable de la gestión de la carretera	Se ejecuta a través de Residente de obra

Nota: elaboración propia

El contrato especifica que los procesos y procedimientos técnicos del Contratista en la Fase Preoperacional y la Fase Operativa se basarán en medidas de Nivel de Servicio como se describe en el Contrato de Mantenimiento de Carreteras.



2.2.3. Fase Pre Operativa.

Actividad que desarrollará el Contratista en esta Fase:

- ✓ Elaboración del Plan de Gestión Vial.
- ✓ El diseño y desarrollo del Programa de Conservación de Carreteras cae dentro del ámbito de prestación de servicios. La sanción por incumplimiento de los plazos, es decir, no entrega a tiempo, es igual a seis meses después de iniciado el servicio y también incluye la responsabilidad.
- ✓ La elaboración del Plan de Gestión Socioambiental se realiza previo a la ejecución de los servicios. En este caso, la elaboración del Plan de Calidad también se considera un paso importante para lograr el éxito en la ejecución de los servicios.
- ✓ Para iniciar el contrato de conservación vial por niveles de servicio, se deberá evaluar el estado inicial de los caminos, puentes y obras de arte en un tramo específico mediante la elaboración de un inventario vial calificado documentado.

2.2.4. Fase Operativa.

Actividad que desarrollará el Contratista en esta Fase:

- ✓ ✓ Mantenimiento periódico, el cual deberá realizarse para lograr el nivel de servicio requerido durante todo el período del contrato; en este caso, un (01) año.
- ✓ Implementación y lanzamiento del Plan de Conservación Vial.
- ✓ Mejoramiento.
- ✓ Atención de Emergencias
- ✓ Conservación Rutinaria.
- ✓ Elaboración de Informes Mensuales e Informes Finales del Proyecto



- ✓ Relevamiento de Información.
- ✓ Reforzamiento de la Seguridad Vial
- ✓ El plan de manejo ambiental y social.

2.2.5. Entregables Contractuales.

Durante el plazo del contrato por niveles de servicio el contratista conservador está obligado a presentar diferentes entregables que responden a la gestión vial estos se resumen.

Tabla 2

Entregables Contractuales

INFORME		DETALLE
Informe de Conservación		05 de cada mes
Valorización de Conservación		05 de cada mes
Informe de Mejoramiento		05 de cada mes
Valorización de Mejoramiento		05 de cada mes
Informe Anual		Primer día útil del mes 14, 26, 38 y 50 de iniciado el servicio
Informes de evaluaciones de las condiciones del corredor vial al término de los servicios y planteamientos de alternativas de conservación de los siguientes períodos	Cronograma de trabajo	Primer día útil del mes 52 de iniciado el servicio
	Primer informe	Día 15 del mes 54 de iniciado el servicio
	Segundo informe	01 día útil del mes 56 de iniciado el servicio
Informe final de Mejoramiento		10 días calendario de efectuado el pago.



Informe final de Conservación Periódica		En el componente de Conservación, 10 días desde el pago de la última valoración, pero contados en días naturales.
Informe final del Servicio		En un plazo no mayor a 15 días de dada la aprobación por parte de la casa matriz, se deberá presentar el Informe y Valoración Mensual más reciente.
Presentación y aprobación del plan de Mejoramiento	Primer informe	El CONTRATISTA CONSERVADOR presentará a los 90 días.
	Segundo informe	El CONTRATISTA CONSERVADOR presentará a los 180 días.

Nota: elaboración propia

2.2.6. Gestión De La Ejecución De La Conservación Rutinaria.

El mantenimiento rutinario de las carreteras significa a una serie de medidas implementadas de forma regular, destinadas a de mantener su capacidad de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y, por lo general, implican limpieza, parchado, perfilado, tratamiento de superficies y también se aplican en la eliminación de pequeños colapsos. En el caso de los puentes, estos también se ejecutan con el objetivo de preservar y mantener su condición operativa; algunos ejemplos incluyen trabajos de limpieza general, reparación de superficies de concreto desprendido y/o delaminado, pintura de estructuras metálicas, reparación/reemplazo de barandillas, reparación/reemplazo de juntas de dilatación, trabajos de mejoramiento de drenajes, así como aquellos trabajos que se requieran en los niveles de superestructura y subestructura de puentes.



Las actividades más comunes en la conservación rutinaria son:

- ✓ Eliminación de derrumbes y escombros con equipo
- ✓ Limpieza General.
- ✓ Tratamientos de fisuras con sellante elastomérico de $> 6\text{mm}$
- ✓ Tratamiento de fisuras con sellante elastomérico de $> 3\text{mm}$ y $< 6\text{mm}$.
- ✓ Parchado con emulsión asfáltica
- ✓ Bacheo de bermas
- ✓ Sello con arena
- ✓ Limpieza de alcantarillas
- ✓ Limpieza de cunetas
- ✓ Limpieza de hitos
- ✓ Limpieza de señales
- ✓ Reposiciones de señales preventivas incluye poste y cimentación
- ✓ Reposición de hitos kilométricos cimentación $0.30 \times 0.30 \times 0.40$
- ✓ Reposición de señales informativas (incluye pórtico y cimentación)
- ✓ Reposición de señales reglamentarias incluye poste y cimentación
- ✓ Reposición de postes delineadores cimentación $0.30 \times 0.30 \times 0.30$
- ✓ Reposición de guardavías (incluye postes y terminal)
- ✓ Marcas en el pavimento
- ✓ Repintado de muros y parapetos
- ✓ Vigilancia y control
- ✓ Control de tráfico vehicular

La actividad de Mantenimiento Rutinario considerada en los puentes emplazados en los Tramos Viales son:

- ✓ Hidrolimpieza.



- ✓ Limpieza
- ✓ Pintado de estructura metálica (incluye preparación de superficie).
- ✓ Reparaciones de concreto delaminado c/s exposición de armadura
- ✓ Pintado de baranda de concreto
- ✓ Pintado de baranda metálica
- ✓ Limpieza de cauce
- ✓ Reposición de sello de juntas
- ✓ Ajuste de conexiones.
- ✓ Desobstrucción de drenajes.

Según las obligaciones de conservación, el contratista de conservación no está liberado de ningún otro trabajo, sino únicamente de aquellas actividades que están influenciadas por factores externos como conflictos sociales y daños relacionados con el clima, como tormentas, inundaciones o terremotos que causan deterioro. Esto se debe a que se establecerá el procedimiento de emergencias viales.

2.2.7. Gestión De La Ejecución De Los Trabajos De Mejoramiento.

Este tipo de contratos permiten proyectos de mejora, donde el Contratista-Conservador utilizará la propuesta técnica y los datos del estudio de factibilidad para desarrollar las opciones de diseño básicas y, a su vez, buscará la aprobación de la parte contratante.

El contratista deberá tener carácter conservador y ser responsable de la ejecución del diseño técnico de acuerdo con el proyecto de construcción, el cual deberá ser parte del Plan de Mejoramiento. Deberán sustentar plenamente la solución de diseño acordada en el estudio de perfil y basada en alternativas



elegidas y razonables. Además, se espera que cumplan estrictamente todos los estándares y procedimientos del MTC sin la libertad de "cambiar sustancialmente" el plan.

El contratista puede introducir nuevas tecnologías durante la construcción de la alternativa, siempre que demuestren su eficacia y tengan una vida útil de al menos diez años después de la finalización de la obra. Además, estas tecnologías deben ayudar a mejorar la calidad del trabajo, el cumplimiento de las normas y exigencias del servicio de mantenimiento acordados en el contrato. Esta última debe ser mejor que la proporcionada por la solución alternativa previamente seleccionada en base al estudio de viabilidad.

Al considerar la selección de alternativas descritas en el estudio del perfil del proyecto, es importante estimar los costos reales en los que se incurrirá. Esto deberá realizarse con base en costos de mercado respaldados y alineados en la fecha de presentación de la Propuesta Económica. Estos costos también forman parte de un plan de mejora. Además, es imperativo que el contratista conservador establezca las mejoras técnicas y económicas propuestas en relación con las alternativas viables y técnicamente superiores seleccionadas del estudio de perfil del proyecto, sin cambios significativos.

La tasa del precio por kilómetro no debería cambiar. Sin embargo, si el volumen de trabajo en el modo elegido y el modo alternativo identificado en el estudio preliminar como más efectivo requiere cantidades mayores, entonces el contratista lo evaluará. En caso afirmativo, se tramitará como un costo adicional, siendo responsabilidad de presentar la documentación requerida para ser



asumida por el contratista de manera conservadora. Se aclara que este aumento debe justificarse exclusivamente por el aumento de carga de trabajo.

Hasta el 20% de la duración del proyecto, el plan de mejora posibilita cambios en el diseño geométrico de la vía.

2.2.8. Gestión De La Realización De Los Trabajos De Conservación Periódica.

El Contratista-Conservador deberá ejecutar una serie de actividades esenciales encaminadas a restaurar el camino a sus condiciones iniciales de servicio para que sea apto para su uso según lo establecido en las Especificaciones Técnicas Generales del Contrato de Conservación de Caminos, y de acuerdo con su estado en la etapa de entrega. descrito en el informe técnico de situación inicial. También deben garantizar que no se produzcan defectos importantes o que no empeoren, que las características de la superficie permanezcan intactas y que la propia superficie de la carretera permanezca intacta.

Estos trabajos periódicos de conservación se iniciarán tras la aprobación del Plan de Conservación Vial y tendrán una duración de un año. Se centrará únicamente en secciones específicas mencionadas en el plan.

El pago se fija mensualmente y estará basado en los kilómetros de intervención finalizados y el cronograma desarrollado por el Contratista de Conservación en su Plan de Conservación de la Carretera. De esta forma, para evitar demoras, si el cronograma de ejecución no cumple con los niveles establecidos, entonces se producirá la suspensión sin posibilidad de reclamo por



el tramo no intervenido. Sin embargo, aún se puede implementar una sanción debido al incumplimiento del acuerdo de nivel de servicio.

Km es la unidad de medida. La actividad se contabilizará únicamente cuando se cumpla todo lo necesario para el nivel del servicio requerido; Las actividades pendientes no se contabilizarán.

Tabla 3

Actividades más comunes en la conservación periódica

DESCRIPCION
Desmovilización y Movilización
Cartel de Obra
Eliminación de pasivos ambientales
Base reciclada con emulsión
Mortero asfáltico
Riego de liga (c)
Limpieza de señales
Mantenimiento de postes delineadores
Limpieza de cunetas
Mantenimiento de postes kilométricos
Marcas en el pavimento
Repintado de muros y parapetos
Reposición de Tachas bidireccionales
Reposición de Delineadores de Guardavías
Reposición de señal informativa inc. Pórtico y cimentación
Reposición de señal preventiva, inc. poste y ciment.
Reposición de señal reglamentaria inc. poste y ciment.
Reposición de postes delineadores cimentación 0.30x0.30x0.30
Reposición de guardavías (incluye poste y terminal)



- Reposición de Hitos kilométricos cimentación**
- 0.30x0.30x0.40**
- Mantenimiento de Guardavías**
- Control de tráfico vehicular**
- Limpieza de alcantarillas**
- Reparaciones menores**
- Excavación masiva con retroexcavadora**

Nota: elaboración propia

De manera similar, los puentes tendrán que ser tratados para garantizar que se alcance el nivel del servicio requerido y que haya una disminución natural de las capacidades estructurales y funcionales debido al uso previsto en la etapa de diseño se mantenga o se revierta sin demora. Además, otro aspecto clave es que esta actividad aumenta su vida útil para la que fueron diseñados originalmente.

Comenzará inmediatamente después de que se haya adoptado el Programa de conservación de carreteras. Durará un año y se implementará en la totalidad de puentes y pontones de los tramos mencionados en el Pliego de Condiciones.

Tabla 4

Actividades más comunes para conservación periódica de puentes

DESCRIPCION
Limpieza, roce y desbroce
Hidro limpieza
Calzaduras de subestructuras
Tratamiento de fisuras y grietas con inyección de adhesivos epóxicos



**Reparación de concreto delaminado c/s exposición
armadura**

**Arenado de estructura metálica (preparación superficial
mayor grado)**

**Reparación de desprendimientos de concreto en vigas,
losas y arcos**

Arenado y pintado de barandas metálicas

Pintado de estructura metálica (tres capas)

**Reposición de elementos deteriorados de barandas
metálicas**

Pintado de barandas de concreto

**Reemplazo y/o reparación de juntas de dilatación no
funcionales**

**Reposición de elementos deteriorados de barandas de
concreto**

Limpieza de cauce

Demolición de estructuras mayores en cause

Ampliación de drenajes

Reemplazo de drenajes

Topes sísmicos

Reposición de mampostería de piedra

Conformación de carpeta asfáltica

Muro anti impacto

Reposición de gaviones

Reforzamiento con fibra de carbono 0.33 mm.

Nota: elaboración propia

Evaluaciones. Para que los indicadores de nivel de servicio siempre se mantengan dentro de los límites definidos en los TDRs, es importante un seguimiento continuo a través de una supervisión permanente a lo largo de todo el corredor vial y durante todo el período del contrato. Entre otras cosas se realizará evaluaciones en forma periódica y no periódica, así como una

evaluación al final del servicio. Todos ellas se basan en el cumplimiento de los Indicadores de Nivel de Servicios que deben dar lugar a la identificación de incumplimientos de acuerdo a lo siguiente:

2.2.9. Evaluaciones No Programadas.

La Supervisión realizará un mínimo de dos (2) inspecciones no programadas cada mes, cubriendo cada una de ellas toda la longitud del corredor vial. Además, realizara inspecciones adicionales no programadas con regularidad de cualquier segmento que considere necesario para garantizar que el responsable del mantenimiento cumpla el nivel de servicio. Cada kilómetro inspeccionado genera Órdenes de Defectos No Admitidos debido a violaciones de los niveles de servicio o deficiencias descubiertas durante cualquier inspección de nivel de servicio no programada.

Al emitir una Orden de Defectos No Admitidos, el Supervisor, en el proceso identificará los defectos principales asociados a cada indicador y podrá proporcionar vistas fotográficas georreferenciadas.

Tabla 5

Tolerancias para Subsanaciones de Defectos En Carreteras Asfaltadas, Soluciones Básicas, Tratamientos Superficiales Bituminosos

VARIABLE	INDICADORES	Plazo (días calendario)	Porcentaje de Penalidad (%)
Calzada y bermas	Baches, peladuras, desprendimiento, exudación, desprendimientos de bordes	2	6
	Fisuras >1mm y <3 mm	5	2.5
	Fisuras > 3mm	3	4



	Piel de cocodrilo	5	5
	IRlc	7	5
Calzada y bermas	Limpieza	1	2.5
Obras de arte y drenaje	Limpieza de cunetas, alcantarilla, zanjias de coronación, canales de bajadas	3	3
	Limpieza de badenes	1	2.5
	Fallas estructurales e hidráulicas en cunetas, zanjias, canales.	4	2.5
	Falla estructural e hidráulicas en alcantarillas, gaviones y muros	8	3
Señalización	Vertical	3	4
	Horizontal	4	4
	Tachas, Postes kilométricos	4	2.5
Elementos de seguridad	Guardavías y/o barreras de seguridad	7	3
	Postes delineadores, captafaros, reductor de velocidad, parapetos o muros	4	2.5
Estructuras viales	Puentes y pontones	4	3
Zonas laterales (derecho de vía)	Roce	2	2
	Talud inferior, aguas empozadas	3	3
DME o botaderos	Material excedente o de derrumbes en DME o botaderos	3	3

2.2.10. Evaluaciones Programadas.

El supervisor realiza una evaluación mensual de desempeño de las rutas contractuales del corredor vial, durante la cual se utilizan como criterios de evaluación los niveles de servicio especificados en los TDRs. Esta evaluación

se realizará dentro los últimos cinco días, contados a partir del último día útil de cada mes, y abarca todo el corredor vial según un procedimiento definido para el cálculo del porcentaje de incumplimiento de los niveles de servicio.

Esta evaluación se lleva a cabo afín de garantizar el cumplimiento de los niveles, así como revelar cualquier interrupción localizada que pueda provocar que el servicio caiga fuera de los parámetros predefinidos. De lo contrario, en caso de incumplimiento de los criterios establecidos, se impondría una sanción por incumplimiento del nivel de servicios establecido en el contrato.

2.2.11. Mediciones De Los Niveles De Servicios.

Mejora por avance, variables e indicadores en la tabla 6:

Tabla 6

Medición Niveles de servicio

Variable	Indicador	Forma de Medición	Tolerancia
Calzada	Limpieza	Inspección Visual	Siempre Limpia
	Baches	Inspección Visual	Cero Baches
	Fisuras > 3mm y < 6 mm	Odómetro	10% de tolerancia – área
	Fisuras > 6mm	Odómetro	0% de tolerancia – área
Bermas	Limpieza	Inspección	Siempre Limpia
	Baches	visual	Cero Baches
Zonas Laterales	Roce	Inspección visual	Altura Máxima. 0.30 M.



(Derecho de via)	Taludes		Deberán presentarse sin deformaciones, asentamiento o erosión alguna.
	Terraplenes		
Drenaje	Cunetas	Inspección	Siempre limpias, libres de residuos sólidos, vegetación y cualquier otro elemento.
	Alcantarillas	visual	
	Bajadas de Agua		
	Badenes		
Estructuras Viales	Puentes y Pontones	Inspección visual	<ul style="list-style-type: none"> - Juntas de dilatación funcionales (completas sin restricciones). - Siempre Limpios y libre de obstáculos en puentes y entorno (accesos y cauce) - Estructuras metálicas sin oxido. - Apoyos libres de restricciones al desplazamiento y rotación. - Estructuras de concreto sin delaminación ni disgregación. - Barandas pintadas y completas. - Drenes completos y abiertos - Conexiones completas y ajustadas.
	Muros		
Señalización	Verticales	Retroreflectómetro	Completas y Limpias, Amarillo: 250cd/lux/m2, Blanco: 320cd/lux/m2, Naranja: 60cd/lux/m2
	Horizontales	Retroreflectómetro	Amarillo: 150 mcd/lux/m2, Blanco: 150 mcd/lux/m2
Hitos kilométricos	Inspección visual	Completos, Limpios y pintados	
Guardavías	Inspección Visual	Completos, Limpios, pintados y sin deformaciones	

Nota: elaboración propia



2.2.12. Procedimientos Para Los Cálculos De Los Porcentajes De Incumplimientos De Los Niveles De Servicio.

La vía a evaluar se dividirá en bloques de 10 km, y la evaluación se realiza con "Formatos de relevamiento y cálculo del nivel de servicio" cada 10 km. Las evaluaciones se realizarán cada 10 km, marcado mediante hito kilométrico (aleatorio o definido por el Supervisor), que a su vez se divide en tramos de 100 m cada uno.

Las variables en cada uno de los tramos de 100 m serán evaluadas por el supervisor con base en los indicadores y tolerancias preestablecidas, y luego se colocará una cruz (X) en aquellas áreas donde se violen los niveles de servicio.

Se colocan las aspas (x) en la columna (1), y se suman, luego se multiplican por el factor de peso de la columna (2) y se dividen por 10. Este es el porcentaje (columna 3) de cada variable. La tasa del error porcentual general es simplemente la suma de todos los errores individuales. - El nivel de servicio del tramo es el NST obtenido por el CONTRATISTA CONSERVADOR, se obtiene realizando la sumatoria de todas las planillas del tramo con incumplimiento y dividiendo por el número de planillas total para obtener un promedio. Este valor se restará al 100%, es decir:

Nivel de Servicio del Tramo = $100\% - (\% \text{promedio de violaciones de nivel de servicio en el tramo})$.

El pago mensual del mantenimiento del tramo se basa en función al Nivel del Servicio del Tramo (NST) logrado, empleando la siguiente fórmula:

Pago Mensual del tramo = Monto ofertado en el tramo por Mes x NST



El informe mensual debe incluir el Nivel de Servicio del Contrato alcanzado por el CONTRATISTA CONSERVADOR en el mes determinado como una medida de desempeño de todas las actividades implementadas y los resultados alcanzados para resumir la eficiencia general de la gestión y el nivel de prestación del servicio.

Tabla 7

Planilla De Relevamiento y Cálculo El Nivel De Servicio Prestado Por Km

Aspecto Inspeccionado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Numero Sectores Con Fallas	Factor De Peso	Porcentaje De Incumplimiento
											(1)	(2)	(3)=(1)*(2)/10
Calzada												50	
Bermas												10	
Zonas Laterales												5	
(Derecho de via)													
Drenaje												15	
Estructuras												10	
Viales													
Señalización												10	
PORCENTAJE DE INCUMPLIMIENTO EN EL Km.												Máximo	

Nota: En las celdas numeradas del 1 al 10 se pondrá una "X" para indicar que existe al menos un incumplimiento con el nivel de servicio.

Este formulario constituye el documento de registro utilizado para verificar el nivel de servicio prestado o el nivel de incumplimiento.



El Nivel de Servicio del Contrato (NSC) sujeto durante el mes se establecerá en función del nivel de servicio de cada tramo afectado por la duración de cada uno de ellos. Así, tendremos: Si el Nivel de Servicio de la Sección (NST) es inferior al 96%, se aplicará multa por deficiencia en el cumplimiento de los Niveles de Servicio, según la siguiente fórmula:

$$\text{Penalidad x Def. NS} = 30\% \text{ UIT} \times \text{Long. del tramo} \times (100\% - \text{NST})$$

Los informes mensuales deben basarse en el Nivel de Servicio del CONTRATISTA que el contratista conservador alcanzo durante el periodo mensual. Esto serviría como una indicación notable en forma resumida de las actividades ejecutadas durante el periodo mensual, así como del nivel de servicio prestado. El Nivel de Servicio del Contrato (NSC) para cada tramo afectado se determinará mensualmente teniendo en cuenta los niveles medios de servicio y los periodos contables:

$$\text{NSC} = \frac{\text{NST1} \times \text{L1} + \text{NST2} \times \text{L2} + \text{NST3} \times \text{L3}}{\text{L1} + \text{L2} + \text{L3}}$$

2.2.13. Penalidades Por Niveles De Servicio.

Se han previsto de acuerdo con lo estipulado en el Artículo 134° del Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado.

A continuación, se indica la relación de penalidades:

Tabla 8

Relación de penalidades en el servicio

Penalidad por retraso injustificado en el término del Mejoramiento	<p>Si hay un retraso inexcusable en la realización del proyecto, se impondrá una tarifa por día de retraso, determinada mediante la siguiente fórmula:</p> $\text{Penalidad diaria} = 0.10 \times \text{Monto del Mejoramiento} \times 540 \text{ días}$ <p>Nota: el "Monto del Mejoramiento" corresponde al monto total ofertado para el Mejoramiento en todo el contrato.</p>
Penalidad por retraso injustificado en el término de la Conservación Periódica	<p>En caso de que no se cumpla el plazo para la realización del CP y el retraso sea injustificable, se impondrá una multa diaria según la fórmula de cálculo mencionada anteriormente.:</p> $\text{Penalidad diaria} = 0.10 \times \text{Monto de la CP} \times 365 \text{ días}$ <p>Nota: el "Monto de la CP" corresponde al monto total ofertado para la Conservación Periódica en todo el contrato.</p>
Penalidad por retraso en el cumplimiento de la actividad Transitabilidad	<p>En caso de aplazamiento indebido de la ejecución de la Transitabilidad (T), se cobrará una indemnización por cada día en un importe calculado según esta relación matemática.:</p> $\text{Penalidad diaria} = 0.10 \times \text{Monto de la (T)} \times 180 \text{ días}$ <p>Nota: el "Monto de la (T)" corresponde al monto total ofertado para la Transitabilidad en todo el contrato, es decir la sumatoria de los montos de todos los tramos.</p>



Penalidad por deficiencia en el cumplimiento de Niveles de Servicio (Resultado del nivel de servicio)	<p>El incumplimiento de los niveles de servicio es el desacuerdo entre el estándar especificado en el contrato para cada momento o parte del mismo, y medido posteriormente. Para ello se utilizan las acciones señaladas en los TDRs.</p> <p>Uno de los resultados que se obtienen de esta medición es el Nivel de Servicio de la Sección alcanzado durante el mes por los incumplimientos detectados. Por otro lado, esto genera una penalidad que debe aplicarse según la metodología indicada en los TDRs porque, en cada ocasión, el monto pagado por EL CONTRATANTE corresponde al nivel de servicio que presenta la ruta.</p>
Penalidad por no atención de emergencias y/o retraso en el término de atención de la situación de riesgo potencial	<p>En caso de que surjan emergencias, el CONTRATISTA CONSERVADOR tendrá el deber de atender las emergencias con prontitud utilizando los equipos necesarios. Este contrato garantiza que habrá un nivel aceptable de transportabilidad en carretera. Se prevén multas en caso de incumplimiento por parte del CONTRATISTA CONSERVADOR en respuesta a emergencias, las cuales pueden retrasarse o no estar preparadas según la siguiente fórmula:</p> $\text{Penalidad diaria} = 0.10 \times \text{Monto anual de la Partida de Emergencias}$ $0.125 \times 365 \text{ días}$ <p>NOTA: En este caso, el "Monto Anual de la Partida de Emergencia" se refiere al monto destinado anualmente para atender emergencias viales durante la vigencia.</p> <p>En cuanto a eventos especiales como fenómenos terrestres, como terremotos y tsunamis, o fenómenos climáticos que ocurren de vez en cuando como El Niño o La Niña, se evaluará la posibilidad y los factores a considerar para el manejo de emergencias concurrentes. En esa situación, esta ecuación puede no ser siempre aplicable excepto cuando se demuestre que el CONTRATISTA CONSERVADOR atiende el máximo número posible de emergencias al mismo tiempo.</p>



Durante la fase de reconocimiento del riesgo que se produce respecto de los problemas que puedan surgir con los contratistas, se impondrá una penalización sobre una base porcentual del precio de los bienes. Asimismo, si no se desempeñan según lo especificado en el cronograma, es decir cuando el cronograma de ejecución de obra fijado por el CONTRATISTA CONSERVADOR no se ha cumplido por alguna razón, pero esta situación difícilmente es razonable para escapar o evitar tales consecuencias indeseables: por cada día pasado más allá de este límite, habrá un importe de multa específico:

$$\text{Penalidad diaria} = 0.10 \times \text{Monto de la atención SRP} \\ 0.40 \times \text{plazo en días}$$

NOTA: El monto de atención del SRP se refiere al nivel de atención para situaciones de riesgo que pueden surgir pero que no son inmediatas. El plazo en días es el tiempo acordado en el plan de trabajo del SRP.

Penalidad por no atención de la Orden de Servicio por Defectos No Admitidos

Cuando la Orden de Servicio por Defectos No Admitidos obtenida de revisiones no programadas o aleatorias no sea emitida dentro de las tablas de niveles de tolerancia mostradas en la sección 3.10.1 dentro de los plazos establecidos, se cobrará una penalidad por retraso (en días calendario) al CONTRATISTA CONSERVADOR hasta dicha observación. se rectifica para cada métrica de nivel de servicio omitida.

$$\text{Penalidad diaria} = 0.10 \times \text{Monto por Km. Conserv. Rut.} \times (\text{PP}) \\ \times 50$$

$$0.25 \times 365 \text{ días}$$

El "Monto por Km. Conservación Rutinaria" es el Monto por kilómetro - año ofertado de la conservación rutinaria del tramo evaluado.

(PP): Es el porcentaje de penalidad de cada indicador, de acuerdo con los cuadros señalados en el numeral 3.10.1.



Penalidad por no participación de Personal Técnico Mínimo

El no disponer de un personal mínimo durante la prestación del servicio sin motivo válido supondrá la penalización del CONTRATISTA por no cumplir con la participación obligatoria del personal necesario para la supervisión del contrato, según el baremo siguiente, y sin restar ninguna deducción diaria. por ausencia del personal:

Multas diarias por ausencia del Residente = 20% de la U.I.T. vigente

Multas diarias por ausencia del Especialista= 20% de la U.I.T. vigente

Multas diarias por ausencia del Gerente Vial = 25% de la U.I.T. vigente

Penalidad por incumplimiento en tiempo y forma de la presentación del Plan de Mejoramiento

En caso de que el Plan de Mejora no se presente dentro del plazo especificado y no cumpla con el contenido requerido, se impondrá una multa después de 180 días de acuerdo con el apartado.

2.7.1. Esto se debe a que los retrasos en la implementación de los niveles de servicio resultan en daños y deterioros de mayor magnitud:

Penalidad diaria = 0.10 x Monto total del Plan de Mejoramiento
0.25 x 180 días

El "Monto Total del Plan de Mejoramiento" es el Monto Total ofertado por el Plan de Mejoramiento para todo el contrato.

Penalidad por incumplimiento en tiempo y forma de la presentación del Plan de Conservación Vial

En caso de que el Plan de Mejora no se presente dentro del plazo especificado y no cumpla con el contenido requerido, se impondrá una multa después de 180 días de acuerdo con el apartado 2.7.1. Esto se debe a que los retrasos en la implementación de los niveles de servicio resultan en daños y deterioros de mayor magnitud:

Penalidad día = 0.10 x Monto Anual de la Partida de RI tipo I x
0.50

0.25 x 180 días



Nota: "Monto Anual de la Partida de RI tipo I" equivale al monto anual ofertado por el Relevamiento de Información tipo I.

Penalidad por retraso en la presentación satisfactoria del Informe Anual e Informe Final

- En caso de incumplimiento de los plazos de presentación, se impondrán las siguientes penalizaciones diarias de acuerdo con las cláusulas 1.13.2, 1.13.4, 1.13.5 y 1.13.6 hasta que la entrega sea plenamente satisfactoria.

Penalidad diaria = 0.10 x Monto Anual de la Partida de RI tipo I
0.25 x 365 días

Nota: "Monto Anual de la Partida de RI tipo I" equivale al monto anual ofertado por el Relevamiento de Información tipo I.

Penalidad por la presentación extemporánea de los entregables de los Relevamientos de Información e información técnica socioeconómica

- La no presentación de los documentos correspondientes en tiempo (fecha límite de presentación) y forma (con contenido requerido) estará sujeto a las siguientes penalizaciones hasta que la entrega sea totalmente satisfactoria:

Penalidad diaria = 0.10 x Monto Anual de la Partida de RI tipo I
0.25 x 365 días

Nota: "Monto Anual de la Partida de RI tipo I" equivale al monto anual ofertado por el Relevamiento de Información tipo I.

Penalidad por incumplimiento en tiempo y forma de la presentación del Informe de evaluación de la condición del corredor vial al

En caso de que la documentación relativa al informe de evaluación y estrategia de conservación no sea entregada en los plazos (plazo de presentación) y forma (según lo solicitado) estipulados, entonces hasta que no sea entregada íntegra y satisfactoriamente, se impondrá la siguiente multa. ser impuesto:

Penalidad diaria = 0.10 x Monto Anual de la Partida de RI tipo I
0.25 x 365 días



término del servicio y planteamiento de alternativas de conservación del siguiente periodo	Nota: "Monto Anual de la Partida de RI tipo I" equivale al monto anual ofertado por el Relevamiento
Penalidad por inicio tardío o suspensión del Control de Pesos Vehiculares	<p>Si el control de peso de carga de la cabina no se inicia como se indica o si se detiene por acciones resultantes del CONTRATISTA CONSERVADOR, se calculará una multa diaria de acuerdo con la fórmula:</p> $\text{Penalidad día} = \text{Monto Total de Partida de Gestión y Control de Pesos} \times 0.50 \times 1,095 \text{ días}$
Penalidad por falta de vestuario o vestuario inadecuado y/o falta de Equipo de Protección para el Personal	<p>El incumplimiento de los requisitos de vestimenta y equipo de protección personal de los empleados del CONTRATISTA CONSERVADOR o de los Subcontratistas, en su caso, ameritará una penalización diaria con base en la siguiente fórmula.:</p> <p>Multa diaria = 3% de la U.I.T vigente</p> <p>Nota: la multa será aplicada por cada trabajador que incumpla lo estipulado en relación con el uniforme e implementos de seguridad.</p>
Penalidad por faltas a la Seguridad Vial en los Frentes de Trabajo y Zonas Críticas	<p>El contratista de conservación tiene el deber legal de mantener la seguridad vial para todos los usuarios de la vía y el personal involucrado en su trabajo. Esto implica el uso de señales y equipos de seguridad adecuados según lo especificado por la normativa. Además, cuando exista un punto crítico donde no haya señal disponible y se ponga en riesgo a los usuarios (por ejemplo, zonas con erosión o pérdida de plataforma), o cuando el tiempo de entrega de los dispositivos de control de tráfico o seguridad vial supere las tres horas después de la respuesta a la emergencia. solicitud conforme a lo dispuesto en este</p>



documento, tal incumplimiento conllevará la imposición de una multa calculada de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Multa diaria} = 40\% \text{ de la U.I.T. vigente}$$

Penalidad por incumplimiento de la obligación de proveer Camionetas Operadas para la Supervisión

Respecto de la obligación del contratista conservador de utilizar los vehículos especificados en estos TDRs para servicios contractuales con fines de supervisión; su falta de disponibilidad, por cualquier motivo, al inicio efectivo de los servicios o durante el período de los servicios, constituirá un incumplimiento. Se impondrán sanciones por cada día que exista dicho defecto, calculadas de la siguiente forma:

$$\text{Multa diaria} = 80\% \text{ de la U.I.T. vigente}$$

Notas:

Las multas será aplicadas por cada camioneta que no esté al servicio de la Supervisión.

En caso de incumplimiento en el plazo de presentación del informe mensual, se le aplicará la siguiente penalidad diaria hasta que se entregue plenamente satisfactorio:

Penalidad por retraso en la presentación del Informe Mensual

$$\text{Penalidad diaria} = 0.10 \times \text{Monto Anual de la Partida de RI tipo I} \times 0.50 \times 365 \text{ días}$$

Nota: "Monto Total de la Partida de RI tipo I" equivale al monto total ofertado por el Relevamiento de Información tipo I.



2.2.14. Estudio de Tráfico y Cargas.

El estudio del tráfico vehicular tiene como objetivo cuantificar, clasificar y comprender la cantidad de vehículos en la vía. Este estudio juega un papel importante en la decisión de las características de diseño del pavimento y la evaluación de los aspectos económicos de los proyectos de carreteras. El tráfico se refiere al transporte de mercancías y/o personas utilizando diversos medios de transporte, mientras que el tráfico vehicular se refiere específicamente al movimiento de vehículos en las carreteras.

Hay tres etapas claramente definidas en el desarrollo del Estudio de Tráfico,:

- ✓ Recopilación de la información
- ✓ Tabulación de la información.
- ✓ Análisis de las informaciones y alcance de resultados.

a) Recopilación de información. Los datos fundamentales del estudio se derivan de dos fuentes distintas: referencial y directa. Las fuentes oficiales de referencia relativas a las informaciones del IMD y Factores de Corrección se obtienen el documento oficial del MTC, accesibles en el sitio web. Por otro lado, los datos directos se recogen directamente de la vía en estudio.

Para recabar los datos necesarios es imprescindible realizar tareas de Conteo y Clasificación de Vehículos, así como levantamientos de Origen-Destino. Estos levantamientos se realizarán en estaciones de control, utilizando Formatos de Clasificación de Vehículos que incluyendo la hora, día de la semana y fecha de cada conteo de vehículos conforme a su su eje. Es importante señalar que la Resolución Directoral N° 006-2008-EF/68.01 aprueba la



Aplicación de los Contenidos Mínimos a Nivel de Perfil para Proyectos de Inversión Pública para Rehabilitación Vial y Proyectos de Inversión Pública para Rehabilitación de Vías Pavimentadas. Esta resolución estipula que los conteos de tráfico de vehículos deberán realizarse por al menos 7 días en las estaciones principales y 5 días en las estaciones de cobertura, abarcando un período completo de 24 horas. Cada tramo homogéneo de demanda tendrá designada una estación de recuento. Los conteos de tránsito deben ceñirse al formato dispuesto por el Ministerio de Transporte.

- b) Tabulación de información.** Una vez finalizado el trabajo de campo, los datos recopilados serán tabulados en Excel utilizando hojas de cálculo como parte de las tareas de oficina. Los recuentos de tráfico recopilados durante el trabajo de campo se organizarán en formatos resumidos para cada sección designada, categorizados por día y dirección. Esto incluirá un desglose hora por hora de la distribución para cada día laborable, así como el promedio semanal para cada sentido y un resumen general para ambos sentidos en cada estación predeterminada.
- c) Análisis de Información y Alcance de Resultados.** Tienen como propósito comprender la cantidad de tráfico que soporta la carretera que se está evaluando.

se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{IMDs} = \frac{\text{Vi Conteo de 7 días}}{7}$$
$$\text{IMDa} = \text{IMDs} \times \text{FC}$$

Donde:

IMDs=Índice Medio Diario Semanal de la Muestra vehicular tomada

IMDa= Índice Medio Diario Anual.



V_i =Volumen vehicular diario de cada uno de los 7 días de conteo.

F.C. =Factor de Corrección Estacional

Factores de Corrección Estacional. Es mitigar las fluctuaciones en los patrones de tráfico en un periodo anual. Estas variables abarcan diversos eventos, incluidos días festivos nacionales, períodos escolares y otros acontecimientos anuales recurrentes.

El cálculo de los factores de corrección estacional implica analizar un conjunto de datos históricos completo de los últimos años, centrándose en el período más reciente. En este estudio es importante considerar los años con información total y minuciosa, específicamente obtenida de los peajes de la red vial nacional.

Para tener en cuenta la imposibilidad de recopilar datos diariamente en todas las estaciones de conteo durante el año, es necesario recopilar datos de muestra de estaciones seleccionadas dentro de la red de carreteras. A partir de estos recuentos periódicos se pueden realizar estimaciones sobre los volúmenes de tráfico anuales. Este proceso implica establecer la menor cantidad de muestra o la cantidad de estaciones de conteo necesarias para obtener el nivel deseado de precisión. Además, se deben determinar factores de expansión de la red vial, tomando en cuenta las variaciones diarias, mensuales, estacionales o generales.

La definición de factores de corrección estacionales, con el fin de ajustar los conteos periódicos, se basa en datos recopilados de estaciones de conteo continuo o estaciones de conteo de control, como los peajes. El cálculo del factor de corrección estacional tanto para vehículos pesados como ligeros sigue una fórmula específica:



$$FC = \frac{IMD_{AÑO}}{IMD_{MES}}$$

Luego se determina el IMDa como el producto del ÍMD por el Factor de Corrección Estacional para el mes.

Obtención de Ejes Equivalentes de Carga. Para determinar los ejes equivalentes de carga, las actividades a realizar constan de realizar pesajes vehiculares, mediante una balanza electrónica que mide el peso del vehículo que circula por la vía investigada, para posteriormente realizar sus cálculos del mismo y determinar los siguientes parámetros:

- Factor de Carga o Factor destructivo (Metodología AASHTO)
- Factor por presión Neumática (Metodología Instituto de ASFALTO)

Factor Destructivo (Metodología AASHTO). Para determinar este valor, será imperativo realizar un estudio de carga completo y evaluar la presión de inflado de las llantas. Esto nos permitirá conocer los factores equivalentes asociados con el impacto perjudicial causado por las diferentes categorías de vehículos pesados, incluidos los interprovinciales y los vehículos de carga de transporte, que están presentes en la carretera especificada.

La medición del inflado de los neumáticos (llantas) y pesos se realizará con personal de la brigada de campo, durante 7 días por tramo en un total de 14 horas por día, captando el 100 % de los vehículos que circulan durante ese periodo tomando la ubicación de la margen derecha para colocar la balanza y tomando vehículos de ambos sentidos de circulación.

Después de realizar una revisión exhaustiva a la información recopilada de campo, la información relativa a la clasificación de vehículo, tipo de eje, medida del eje y presión de inflado de las llantas se utilizará de base para calcular

los factores equivalentes de carga. Estos factores se determinarán para cada unidad que registro peso en la estación, teniendo en cuenta la combinación específica de ejes y la clasificación de vehículo.

Para establecer los EE se empleará el criterio simplificado de la metodología AASHTO, centrándose específicamente en la aplicación de las relaciones proporcionadas para vehículos pesados, como autobuses y camiones:

Figura 1

Metodología del AASHTO

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8.2 tn})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.1}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.1}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	$EE_{TA1} = [P / 13.0]^{4.1}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	$EE_{TA2} = [P / 13.3]^{4.1}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	$EE_{TR1} = [P / 16.6]^{4.0}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	$EE_{TR2} = [P / 17.5]^{4.0}$
P = peso real por eje en toneladas	

Nota: Fuente Información del Manual del HDM. Publicado por el MTC- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles en la "Sección de Suelo y Pavimentos del Manual de Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos" (2012).

Con el fin de determinar los factores de equivalencias de cargas por tipo de vehículo (FECV) para diferentes clasificaciones, se suma el FEC de cada clasificación de vehículo. Este valor acumulado representa el impacto de destrucción del vehículo, expresado como un número de equivalencia repetitivo de ejes simples estándar de 8,2 toneladas de peso.

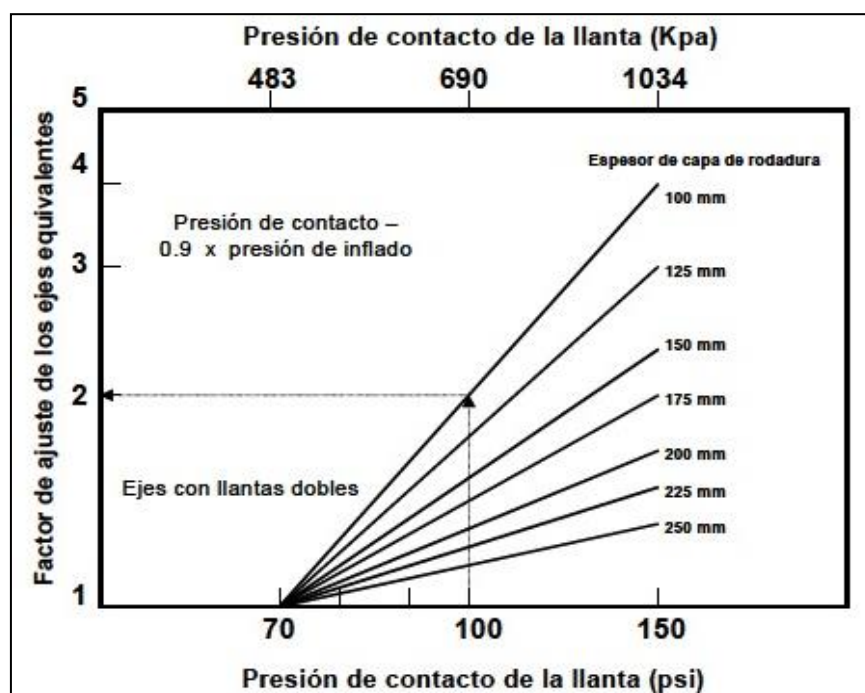
Para determinar la presión de contacto, se utilizará la expresión proporcionada para convertir la presión promedio de inflado de las llantas según el tipo y clase de la unidad:

$$\text{Presión de contacto} = 0.90 * \text{Presión de llantas promedio}$$

Con el fin de establecer el factor de ajuste (FA) aplicado al factor de carga equivalente del vehículo (VFE), se utiliza la tabla preparada por H.F Southgate y R.C Deen en el Kentucky Transportation Research Program (1985) publicado por el Asphalt Institute (MS- 1), según el espesor y la presión en contacto del hormigón asfáltico.

Figura 2

Factor de ajuste de los EE por presión de Neumático (llantas)



De esta metodología se obtiene como resultado:

- ✓ Factor destructivo por tipo de vehículo
- ✓ Estimación del EE por tramo

Factor por Presión Neumática (Metodología Instituto de Asfalto). El

Instituto del Asfalto incorpora un factor llamado presión del aire como un efecto ocasional en todo el espesor del pavimento que varía de acuerdo a la propia presión del aire y del espesor de la calzada (la capa de asfalto).

En la que la presión de inflado = presión de contacto / 0.90.

Figura 3

Factores de Ajustes por Presión de Neumáticos

FACTOR DE AJUSTE POR PRESIÓN DE NEUMÁTICO (Fp) PARA EJES EQUIVALENTES (EE)							
Espesor de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contacto del Neumático (PCN) en psi PCN = 0.90x[Presión de inflado del neumático] (psi)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.36	1.80	2.31	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1.00	1.30	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1.00	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
90	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1.00	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1.00	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1.00	1.19	1.38	1.59	1.80	2.02	2.25
130	1.00	1.17	1.34	1.52	1.70	1.89	2.09
140	1.00	1.15	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1.00	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1.00	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1.00	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1.00	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1.00	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1.00	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Nota:

- EE = Ejes Equivalentes
- Presión de inflado del neumático (Pin): está referido al promedio de presiones de inflado de neumáticos por tipo de vehículo pesado.
- Presión de Contacto del neumático (PCN): igual al 90% del promedio de presiones de inflado de neumáticos por tipo de vehículo pesado.
- Para espesores menores de capa de rodadura asfáltica, se aplicará el Factor de Ajuste igual al espesor de 50 mm.

Fuente : Elaboración propia, en base a correlaciones con la Figura IV-4 EAL Adjustment Factor for Tire Pressures del Manual MS-1 del Instituto del Asfalto.

Nota: Tomado de Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos (2013) – pág. 85

Tabla 9 se presenta los factores de carga o factores destructivos (por carga y presión de neumático), normados por la Norma Nacional de Vehículos:

Tabla 9

Factores de Ajustes por Presiones de Neumáticos (Fp) para Ejes Equivalentes (EE)

ESTACIÓN	FACTOR DESTRUCTIVO SEGÚN NORMATIVA D.S. N° 058-2003-MTC	
	Sin Presión	Con Presión
Ómnibus B2E	4.5037	6.125
Ómnibus B3E	2.6313	3.5786
Ómnibus B4E	3.8967	5.2995
Camión C2E	4.5037	6.125
Camión C3E	3.2846	4.467
Camión C4E	2.7736	3.772
Camión 8x4	4.5499	6.1879
Semitrayler 2S1 ó T2S1	7.7419	10.529
Semitrayler 2S2 ó T2S2	6.5229	8.8711
Semitrayler 2S3 ó T2S3	6.2097	8.4452
Semitrayler 3S1 ó T3S1	6.5229	8.8711
Semitrayler 3S2 ó T3S2	5.3038	7.2132
Semitrayler \geq 3S3 ó T3S3	4.9906	6.7872
Trayler 2T2 ó C2R2	10.9802	14.9331
Trayler 2T3 ó C2R3	9.7612	13.2752
Trayler 3T2 ó C3R2	9.7612	13.2752
Trayler 3T3 ó C3R3	8.5421	11.6172
Trayler 3T4 ó C3R4	7.323	9.9593
Trayler 4T2 ó C4R2	9.2501	12.5802
Trayler 4T3 ó C4R3	8.0311	10.9222



Nota: Tomado de Reglamento Nacional de Vehículos / D.S. N° 058-2003
y Manual de Carreteras MTC2013

Determinación ejes Equivalentes (ESAL).

Los ejes de equivalencia, que se derivan mediante ecuaciones de regresión, dan una estimación de cuántas veces pasaría un eje que pesa 18 kips (8,16 t = 80 kN) en un tiempo determinado. Esta carga es utilizada para el cálculo ya que diferentes vehículos contribuyen al tráfico con diferentes tamaños, pesos y números de ejes.

Factores Distribuciones Direccionales y Factor de Carril. Se representa como la relación que corresponde a la proporción de vehículos de carga pesada que viajan en una dirección o carril con respecto al flujo de tráfico total en esa dirección, generalmente alrededor de la mitad del volumen de tráfico por carril en ambas direcciones, pero puede variar entre carriles según recuentos de tráfico. El carril de diseño se refiere al carril que transporta el mayor número de ESAL. En el caso de una vía con doble carril, uno en cada sentido, cualquiera de ellos puede ser el carril de diseño ya que todo el tráfico de cada sentido tiene que utilizar ese carril en particular; sin embargo, para carreteras de varios carriles, el carril de diseño generalmente se toma como el más externo, ya que los camiones y, por lo tanto, la mayoría de las ESAL lo usarán.

Tabla 10

Factor por Distribución Direccional y de Carril para establecer el tránsito en el Carril de Diseño)

Número de calzadas	de Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor		Factor Ponderado (FdxFc) para carril de diseño
			Direccional (Fd)	Carril (Fc)	
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1	1	1
	1 sentido	2	1	0.8	0.8
	1 sentido	3	1	0.6	0.6
	1 sentido	4	1	0.5	0.5
	2 sentidos	1	0.5	1	0.5
	2 sentidos	2	0.5	0.8	0.4
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.5	1	0.5
	2 sentidos	2	0.5	0.8	0.4
	2 sentidos	3	0.5	0.6	0.3
	2 sentidos	4	0.5	0.5	0.25

Nota: Sección Suelos y Pavimentos (2013) – pág. 75

Cálculos del número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL).

Eje de carga estándar equivalente (ESAL), basado en datos de informes de conteo y pesaje realizados en la sección temática de este estudio.

Para establecer los ejes equivalentes se utilizó la siguiente expresión según clasificación de vehículo:

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

Donde:

Figura 4

Parámetros para establecer el Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes

Parámetros	Descripción
Nrep de EE 8.2t	Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn
EE _{dia-carril}	<p>EE_{dia-carril} = Ejes Equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, por día para el carril de diseño. Resulta del IMD por cada tipo de vehículo pesado, por el Factor Direccional, por el Factor Carril de diseño, por el Factor Vehículo Pesado del tipo seleccionado y por el Factor de Presión de neumáticos. Para cada tipo de vehículo pesado, se aplica la siguiente relación:</p> $EE_{\text{dia-carril}} = \text{IMD}_i \times F_d \times F_c \times F_{vp_i} \times F_p$ <p>donde:</p> <p>IMD_i: corresponde al Índice Medio Diario según tipo de vehículo pesado seleccionado (i)</p> <p>F_d: Factor Direccional, según Cuadro N°6.1.</p> <p>F_c: Factor Carril de diseño, según Cuadro N°6.1.</p> <p>F_{vp}: Factor vehículo pesado del tipo seleccionado (i) calculado según su composición de ejes. Representa el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el promedio se obtiene dividiendo el total de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado.</p> <p>F_p: Factor de Presión de neumáticos, según Cuadro N° 6.13.</p>
Fca	Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado (según cuadro 6.2)
365	Número de días del año
Σ	Sumatoria de Ejes Equivalentes de todos los tipos de vehículo pesado, por día para el carril de diseño por Factor de crecimiento acumulado por 365 días del año.

Nota: Tomado de Manual Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos (2013) – pág. 86

2.2.15. Condición Funcional Del Pavimento.

Tiene por objetivo dar a conocer el estado del pavimento funcionalmente mediante la medición de la Rugosidad la misma que se analizará con sus parámetros de IRI e Índice presente de Servicio (PSI), los cuales darán una perspectiva de cómo es el comportamiento del pavimento superficial a solicitaciones de rugosidad para el confort del paso del vehículo.

Índice de Rugosidad Internacional (IRI). Información esencial con el fin de evaluar la operatividad y el control de una vía y se considera como la



desviación de la altura promedio de la superficie que dificulta el movimiento eficiente, la comodidad de conducción, la seguridad del usuario y el mantenimiento del vehículo. Cabe señalar que estas variaciones o irregularidades afectan no solamente a la dinámica de su impacto negativo sobre los vehículos sino también la estructura de la capa del pavimento al cambiar el estado de tensiones y deformaciones en la misma, generando así también la necesidad de gastos adicionales relacionados con futuras actividades de conservación.

Para lograr este objetivo, se creó una medida única a nivel internacional, que mostraría el nivel de percepción promedio de los conductores de vehículos en términos de percepción de los usuarios: el IRI. El IRI es la medición de cuán rugosa es la superficie de una carretera, lo que permite determinar qué tan buena o mala es la condición de la carretera en función de ese valor y del hecho de que se expresa en m/km.

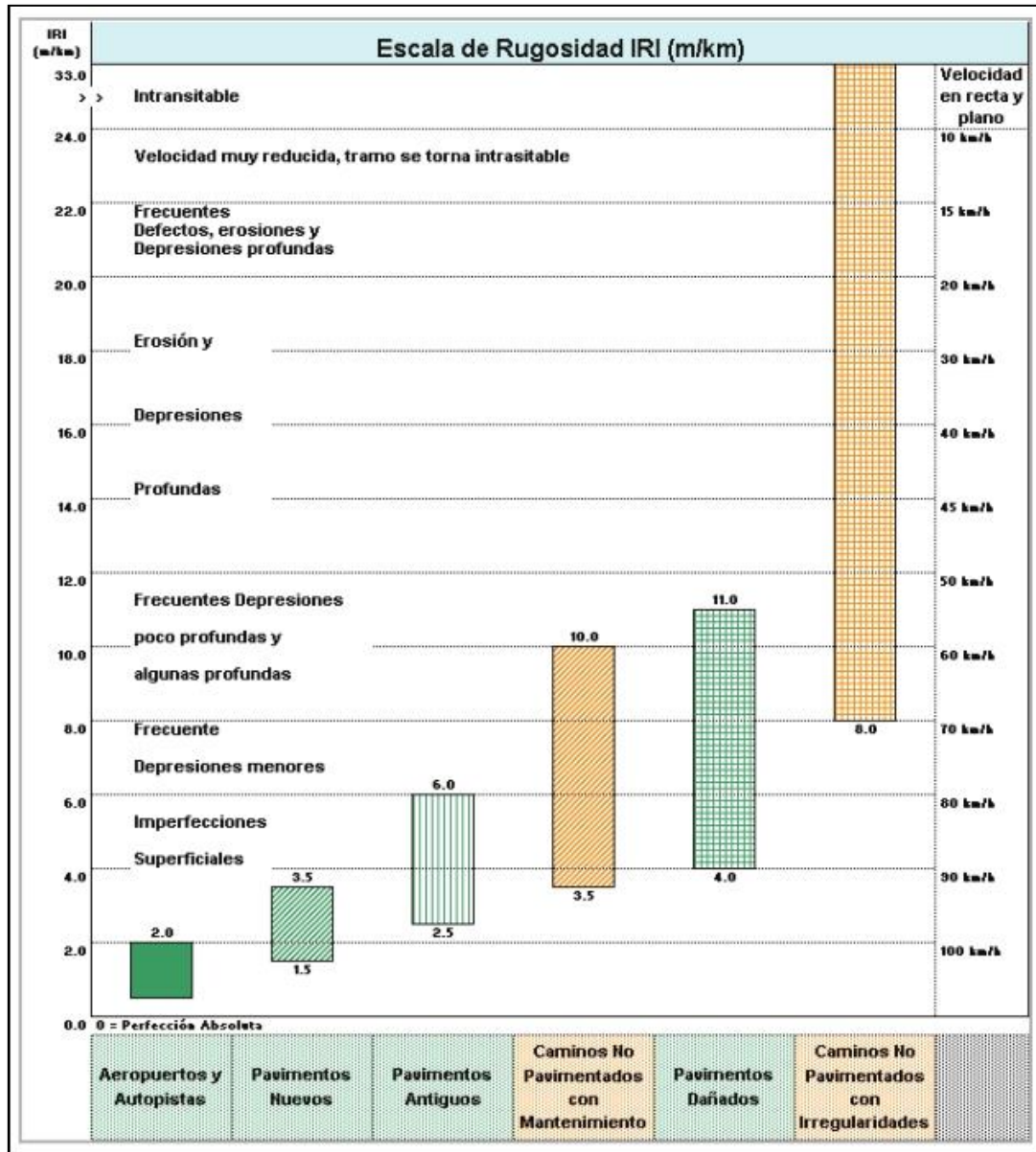
El Laser Profiler es un dispositivo que proporciona un seguimiento continuo del perfil longitudinal estableciendo un marco de referencia inercial con acelerómetros fijados al vehículo. Estos acelerómetros se utilizan para detectar el movimiento de la suspensión, mientras que sensores láser se utilizan para cuantificar el desplazamiento relativo de la carrocería de la unidad móvil y la superficie de la carretera.

Es posible medir la rugosidad de la carretera mediante instrumentos calibrados o mediante evaluación visual, que considera el tipo de superficie de la carretera, así como su estado general y la velocidad del tráfico. Los valores de medida de rugosidad para varios tipos de calzada y su estado se presentan en la Figura 5 (traducida y adoptada de "Guías para realizar y calibrar mediciones

de rugosidad de carreteras” por M.W. Sayers, T.D. Gillespie, W.D. Paterson; Documento técnico del Banco Mundial No. 46, 1986).

Figura 5

Escalas de Rugosidades IRI (m/Km)



Índice de Serviciabilidad presente (PSI) Es la amplitud que tiene el pavimento para atender el tránsito, el PSI varía entre 5.0 (excelente) a 1.0 (pésimo).

Utilizando el valor IRI representativo de cada segmento de la carretera, se calcula el índice de servicio actual (PSI) de la superficie de la carretera, que indica el grado de seguridad o comodidad a los usuarios al conducir en la carretera, y también se transforma en un parámetro de seguridad.

La ecuación de PSI es:

$$PSI_{HDM-III} = 5 * e^{\left(\frac{-IRI}{5.5}\right)}$$

Dónde:

IRI en m/km; Modelo HDM-III Paterson, 1987

Tabla 11

Clasificación de Serviciabilidad

Valor PSI	Clasificación Serviciabilidad - PSI
4 – 5	Muy Buena
3 – 4	Buena
2 – 3	Regular
1 – 2	Mala
0 - 1	Muy Mala

Nota: Fuente Guía AASHTO

Con el fin de realizar la medición del IRI se emplea un método basado en lo establecido en el Manual de Carreteras para Mantenimiento o Conservación de Carreteras

No habrá influencias de reductores de velocidad, baches, puentes, badenes, puntos críticos u otros elementos que puedan afectar de alguna forma la superficie de la calzada. La característica IRI se da de la siguiente forma:

$$IRI_c = IRI_p + Z_R * d_s$$



Donde,

IRI_c: IRI característico

IRI_P: IRI promedio

d_s: Desviación Estándar

Z_R: Factor Correlación

2.2.16. Condición Estructural Del Pavimento.

Para conocer el estado de una carretera pavimentada era necesario aplicar procedimientos destructivos en el pavimento, lo que provocaba un cambio en el equilibrio entre el pavimento y la subrasante. Sin embargo, gracias a las nuevas tecnologías o también denominados equipos de prueba avanzados hoy utilizan métodos modernos de ensayos no destructivos (NonDestructive Test, NDT), se ha mejorado la auscultación, y ahora se usan equipos como la viga benkelman y el FWD para la determinación de la capacidad estructural

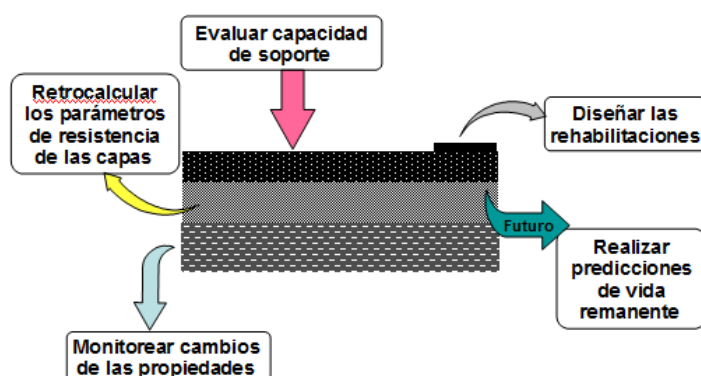
La amplitud estructural del pavimento está determinada por las fuerzas aplicadas y los volúmenes de tránsito. Esta definición de capacidad estructural permite considerarla como la capacidad del paquete estructural para soportar cargas de tráfico durante su vida útil y las cargas por eje esperadas, incluidas aquellas para las que fue diseñado originalmente.

La adopción del deflectómetro de impacto para calcular la calidad estructural del pavimento es ahora un método mucho más popular para realizar este tipo de actividad. Esto se debe a sus enormes beneficios en términos de tiempo, que es crucial cuando se requieren actividades de mantenimiento, y también desde una perspectiva de costos, ya que es menos costoso que métodos como la extracción de núcleos o la excavación de calicatas. Además,

con su ayuda se pueden identificar incluso aquellas debilidades estructurales que aún no muestran síntomas, lo que significa que puede ser una gran ventaja si alguien quiere implementar reparaciones extensas o recomendar un espesor de recubrimiento basado en el análisis ejes equivalente remanentes.

Figura 6

Esquema de utilización de resultados de deflectometría



En un sentido amplio, la prueba consiste en soltar un objeto en caída libre sobre la superficie del pavimento a diferentes alturas predeterminadas. Algunas deformaciones elásticas provocadas por esta fuerza se miden a través de un sistema de geófonos distribuidos por diferentes puntos de la estructura. Estos incluyen el punto de deformación, que normalmente estaría en o cerca del área de carga (dentro de la placa de carga). Los datos de prueba generalmente incluyen detalles sobre la fuerza aplicada y las deformaciones recibidas, con información adicional como las condiciones de temperatura en un período de tiempo determinado tanto para el clima del aire como para los pavimentos.

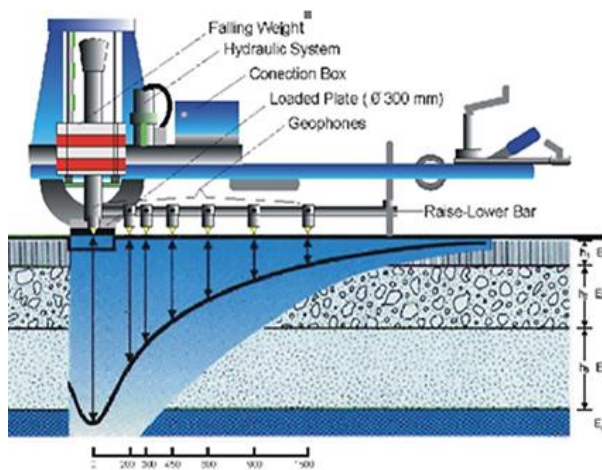
Evaluación Deflectométrica con Deflectómetro de Impacto. Una herramienta de prueba para pruebas no destructivas de pavimentos, el deflectómetro de impacto aplica una fuerza de impacto a la superficie de la carretera, midiendo la magnitud de las deflexiones verticales producidas en él.

Esta prueba simula cómo se comportaría una carretera al ser sometida a una carga de tráfico pesado sin destruir ni dañar la carretera. Se puede utilizar para cualquier tipo de capa, incluidos asfalto, hormigón y pavimentos compuestos, así como otras capas en una obra de construcción de carreteras.

En cuanto a la evaluación del nivel de rigidez de la estructura del pavimento y del suelo de fundación, este proceso es integral para definir qué tan rígida o inestable puede ser una estructura durante la vida del proyecto. Toda la información mencionada anteriormente es crucial para la evaluación de cualquier actividad relacionada con la gestión vial.

Figura 7

Deflectómetro de Impacto



Retro cálculo

El proceso y análisis se realiza con el método AASHTO 93, este considera una serie de pasos:

Paso 1: Normalización deflexión máxima.

Paso 2: Determinación del Módulo Resiliente

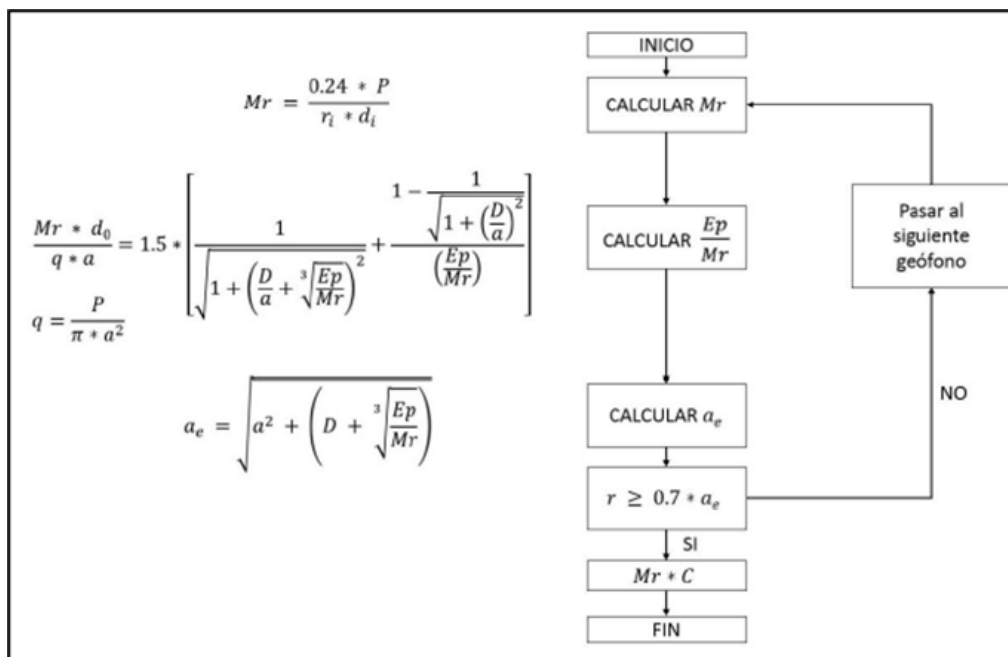
Paso 3: Cálculo Módulo Equivalente de la Estructura del Pavimento

Paso 4: Cálculo Radio del bulbo de esfuerzos en la interfaz pavimento-subrasante

Paso 5: Corrección Módulo Resiliente mediante el factor C.

Figura 8

Flujograma del Retrocálculo



Nota: Fuente elaboración propia

Deflexión máxima normalizada a 40 KN y 20 °C. La deflexión normalizada, o la deformación vertical de la superficie del paquete estructural en respuesta a la acción de carga puntual, se puede expresar como un valor máximo. Estos datos de deflexión extraídos de los estudios FWD de campo están normalizados por la carga aplicada (alrededor de 40 KN), teniendo en cuenta que esta carga utilizada para la normalización no es una constante fija cuando se recopilaron. Este ajuste se realiza proporcionalmente con la ayuda de una ecuación:



$$D_{p_0} = d_{c_0} \times \frac{P_r}{P_0}$$

Dónde:

D_{p_0} : Deflexión sensor "i", corregida a la carga P_r .

d_{c_0} : Deflexión en el plato de carga, medida en campo.

P_r : Carga a la cual se normalizarán las mediciones (KN)

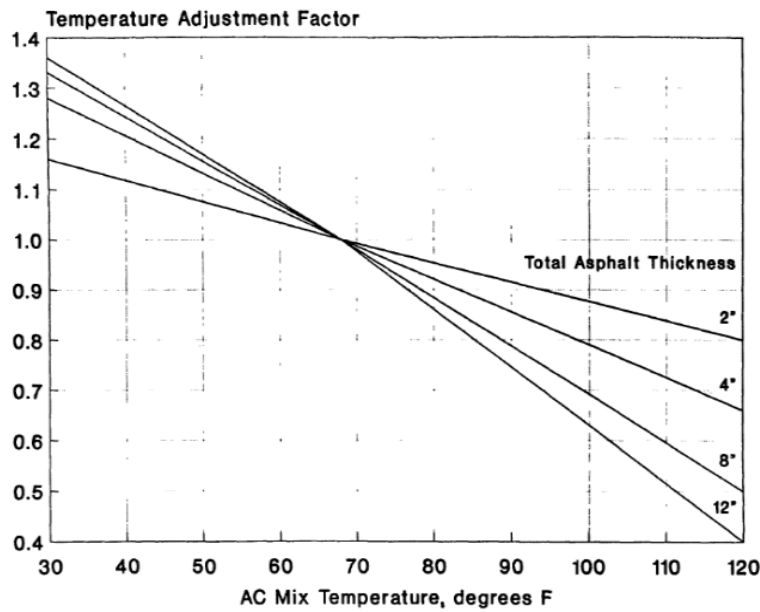
P_0 : Carga (en kN) aplicada en las mediciones de campo.

Se debe tener en cuenta una corrección de temperatura cuando la estructura del pavimento es de naturaleza flexible. Esta corrección debe seguir la metodología AASHTO 93. Se realizará implementando la corrección a una temperatura de referencia de 20 °C (68 °F) y apoyándose en la deflexión central (d_0). En este caso, el factor de corrección (T) diferirá según el espesor de la calzada, su temperatura y el material base.

La gráfica representada en la figura (a) o (b) se puede utilizar para conocer el factor de ajuste o corrección, dependiendo de si la base del pavimento es granular, estabilizada con emulsión asfáltica o estabilizada con cemento portland con puzolanas.

Figura 9

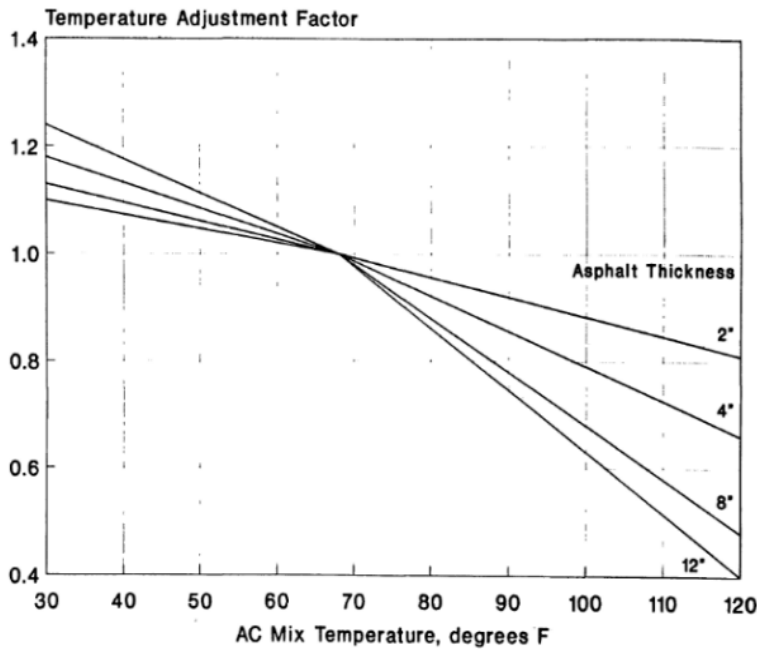
Ajuste de Deflexión Central por Temperatura 1



Nota: Base granular o estabilizada con emulsión asfáltica

Figura 10

Ajuste de Deflexión Central por Temperatura 2



Nota: Base estabilizada con cemento portland y/o puzolanas.

Una vez determinado nuestro factor de corrección por temperatura, este será multiplicado por la deflexión normalizada por carga como se muestra en la ecuación siguiente:

$$Dn_0 = Dp_0 \times T$$

Dónde:

Dn0: Deflexión máxima normalizada por carga (40 kN) y temperatura (20 C°)

Dp0: Deflexión máxima normalizada por carga.

T: Factor de corrección por temperatura.

Módulo Equivalente de la Estructura del Pavimento. (E_p). El primer paso para determinar el módulo equivalente del pavimento es encontrar el módulo resiliente a cierta distancia del centro de carga. Las deflexiones provocadas por la deformación de la subrasante se miden en la superficie del pavimento y no dependen del tamaño de la placa de carga. Esto nos permite estimar el módulo resiliente (MR) de la subrasante inversamente del nivel de carga impuesto y la medición de la deflexión.

$$M_R = \frac{0.24 \times P}{d_r \times r}$$

Dónde:

MR: Módulo Resiliente retrocalculado.

r: Distancia desde el centro de carga.

dr: Deflexión a la distancia "r" medida desde el centro de la carga.

P: Carga aplicada.



La distancia a partir de la cual el valor medido por los geófonos en el retrocálculo de deflexión para calcular el módulo del suelo de fundación debe estar desde la placa de carga de modo que se aproxima a su valor independiente, pero no tan lejos como para que sea demasiado pequeño para medir con precisión, debe determinarse a través de la relación "r":

$$r \geq 0.7 \times a_e$$

Dónde:

$$a_e = \sqrt{\left[a^2 + \left(D \times \sqrt[3]{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2 \right]}$$

ae: Radio del bulbo de esfuerzos en la interface pavimento-subrasante.

a: Radio del plato de carga.

Ep: Módulo efectivo de todas las capas del pavimento por encima de la subrasante.

D: Espesor total del pavimento por encima de la subrasante

MR: Módulo resiliente de la subrasante.

Obtenido el módulo resiliente de la subrasante y conociendo las alturas de todas las capas que están por encima de la subrasante, entonces el módulo efectivo de toda la estructura del pavimento (Ep) podrá ser determinado de las deflexiones medidas en el centro del plato de carga (d0), mediante la solución iterativa de la siguiente ecuación:

$$d_0 = 1.5 \times p \times a \left[\frac{1}{M_R \sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \sqrt{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2}} + \frac{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \right)^2}}}{E_p} \right]$$

Dónde:

d_0 :Deflexión medida en el centro del plato de carga y ajustada a una temperatura standard de 20°C.

p :Presión en el plato de carga.

a :Radio del plato de carga.

M_R :Módulo resiliente de la subrasante.

E_p :Módulo equivalente de la estructura del pavimento

D :Espesor total de las capas del pavimento por encima de la subrasante.

Módulo Resiliente (M_r). Es un valor utilizado por el método AASHTO para caracterizar el suelo de fundación en el diseño de pavimento asfáltico. Mediante el proceso de retroanálisis, se obtiene el módulo elástico de la subrasante con los datos de carga y deflexión que se obtienen mediante el FWD. Para ajustar el módulo elástico retroanalizado a módulo resiliente, se usa el factor C calculado en base a la relación que esta en la Tabla 12.

Tabla 12*Factor de corrección C*

PLATAFORMA DE FUNDACIÓN	DE FACTOR C
Suelos finos	0.33
Suelos granulares	1
Terraplén granular sobre suelo fino	$C = 0.33 + 0.33 \square h$ $0 < h < 2$ m
Terraplén fino sobre suelo granular	$C = 1.0 - 0.33 \square h$ $0 < h < 2$ m

Altura de terraplén. Para $h > 2$ m., se usa 0.33 o 1.00 según corresponda, esto es, de acuerdo con el tipo de terraplén existente.

CBR de la subrasante (%) Para establecer el Número de CBR de la subrasante en Porcentaje se ha empleado una correlación de acuerdo con el módulo resiliente:

De acuerdo con el Manual de Carreteras: $Mr(\text{psi})=2555*(\text{CBR}^{0.64})$

Dónde:

Mr (psi):Módulo resiliente en psi.

CBR:Número de CBR en porcentaje.

Número Estructural Efectivo. El número de estructural efectivo (SNeff) se calcula mediante el retroanálisis del pavimento asfáltico, teniendo en cuenta las capas asfálticas y granulares.

Para la evaluación estructural se utiliza el valor de número estructural efectivo (SNeff) determinado en las evaluaciones con equipo deflectómetro de impacto FWD. Este valor de número estructural proviene del retrocálculo de las deflexiones según el método indicado en la guía AASHTO 1993, en el cual se

asume la capacidad del paquete estructural es una función de su espesor y rigidez totales mediante la siguiente fórmula:

$$SN_{\text{eff}} = 0.0045 \times D(E_p)^{\frac{1}{3}}$$

Dónde:

SN_{eff} : Número estructural efectivo (pulg).

D : Espesor total del paquete estructural (pulg).

E_p : Módulo efectivo de todas las capas del pavimento por encima de la subrasante

2.2.17. CONDICIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO (PCI).

Consiste en calcular un índice de la integridad estructural de la calzada y de la condición operacional de la superficie. Esto se logra utilizando el método del PCI.

Definición de daños En el manual del PCI se especifican 19 tipos de daños a inventariar, sus características y las severidades que a cada uno de ellos le corresponde.

En la siguiente tabla se observan los deterioros que pueden presentarse en la calzada y su respectivas unidades.

Metodología PCI. El Método PCI consiste en la determinación de la condición de la superficie de rodadura a través de inspecciones visuales, determinando clase, severidad y cantidad de fallas o daños encontrados



Tabla 13

Fallas y Código de la Metodología PCI

CÓDIGO	NOMBRE FALLA	UNIDAD
1	Piel de cocodrilo	m ²
2	Exudación	m ²
3	Agrietamiento en bloque	m ²
4	Abultamientos (Bumps) y Hundimientos (Sags)	m
5	Depresión	m ²
6	Corrugación	m ²
7	Grieta de reflexión de juntas (De losas de concreto)	m
8	Grieta de borde	m
9	Grietas Longitudinales y Transversales	m
10	Desnivel Carril / Berma	m
11	Pulimiento de Agregados	m ²
12	Parcheos	m ²
13	Huecos	Unidades
14	Cruce de vía Férrea	m ²
15	Desplazamiento (Shoving)	m ²
16	Ahuellamiento (Rutting)	m ²
17	Hinchamiento (Swell)	m ²
18	Grietas Parabólicas (Slippage Cracking)	m ²
19	Meteorización / Desprendimiento de agregados (Weathering and Raveling)	m ²

Cálculo del Valor PCI.

Para el cálculo del PCI se deberán seguir las etapas siguientes:

Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos:



1.a. Calcule y complete la suma de daños por tipo y nivel de daño en la columna total del formulario PCI-01. El daño se mide según el tipo, ya sea por área, longitud o número.

1.b. Sin embargo, la CANTIDAD de cada clase de daño que ocurre en cada nivel de gravedad debe dividirse por el ÁREA TOTAL de la unidad de muestreo y registrarse como porcentaje. La cifra resultante representa la DENSIDAD de la clase de daño en cuestión, con respecto a su nivel de gravedad declarado, en toda la unidad en cuestión.

1.c. Examine las curvas de "Valor Deducido del Daño" de la metodología PCI para establecer el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y nivel de gravedad siguiendo la identificación del pavimento.

Etapa 2. Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m)

2.a. El número máximo de valores deducibles, m (Cálculo), es importante utilizar una fórmula única y lógica.

2.b. Sin embargo, cuando ninguno o sólo un "Valor Deducido" sea superior a 2, se tomará el "Valor Deducido Total" en lugar del "Valor Deducido Corregido" más alto, CDV, obtenido en el Paso 4. En caso contrario, se continuará con los pasos

2.b. y 2.c.

2.c. Organice los valores determinados en orden descendente de mayor a menor.

2.d. Utilice la siguiente fórmula para calcular el "Número máximo admisible de valores deducidos" (m):



$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i) \text{ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.}$$

Donde:

m_i : Número máximo admisible de "valores deducidos", incluyendo fracción, para la unidad de muestreo i .

HDV_i : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo i .

2.e. El número de valores individuales deducidos. se reduce a m , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan todos los que se tengan.

Etapa 3.

El cálculo del "Valor Máximo Deducido Corregido", CDV, implica un procedimiento iterativo de la siguiente forma:

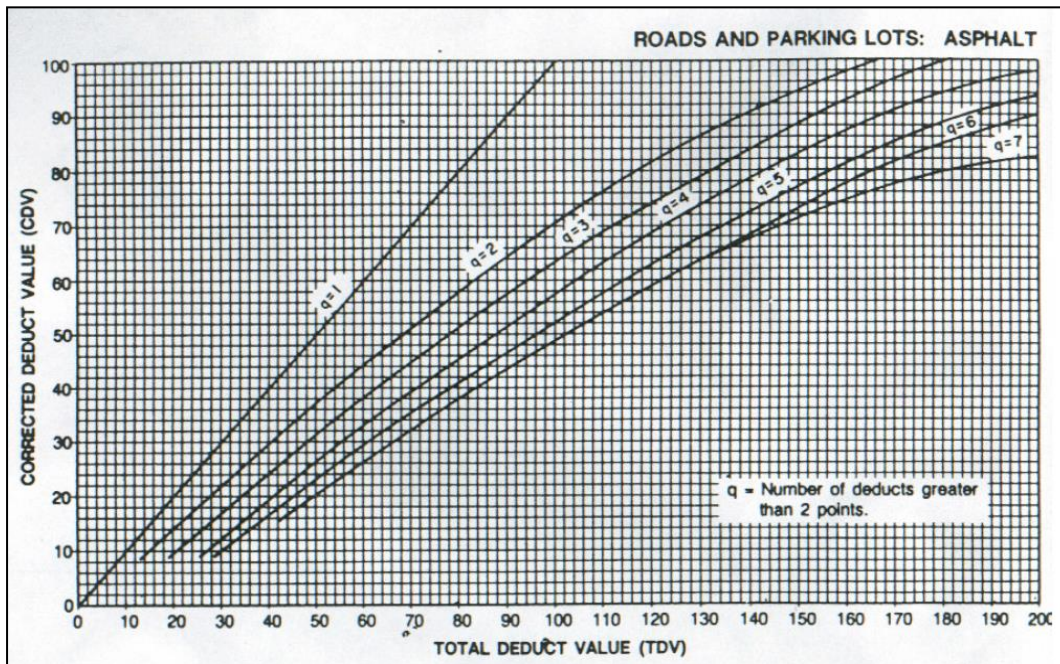
3.a. El valor de q debe establecerse en mayor que 2,0 para especificar el número de valores derivados.

3.b. El siguiente paso consiste en determinar el "Valor total deducido" sumando todas las deducciones realizadas a partir de los valores individuales.

3.c. Obtener el CDV utilizando q y el "Valor Total Deducido" de la curva de corrección que corresponda para el tipo de pavimento.

3.d. Reduzca a 2.0 el menor de los "Valores Deducidos" individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que q sea igual a 1.

3.e. El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

Figura 11*Metodología PCI. Curva CDV – TDV*

Etapa 4.

Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV logrado en la Etapa 3.

2.3. MARCO CONCEPTUAL.

Gestión de Conservación Vial: Significa el uso de fondos, el fácil flujo del tráfico, el movimiento seguro del tráfico y la comodidad de los usuarios de la carretera se logra a través de una serie de actividades armonizadas que incluyen la determinación de políticas, la planificación, el ordenamiento, el financiamiento, la ejecución y la operación. control.

Niveles de Servicio: Habitualmente, los indicadores se basan en factores de carácter técnico y económico que difieren según la ruta en particular y reflejan la satisfacción del usuario (facilidad, tiempo, seguridad y asequibilidad) y la eficiencia de los recursos disponibles.



Patrimonio Vial: Valor económico de la infraestructura vial del país.

Contratista conservador: Un proveedor que satisfaga las condiciones de un procedimiento de licitación está obligado a cumplir con los servicios acordados e implementar las medidas apropiadas relativas a la gestión, desarrollo, actualización y mantenimiento imprescindibles para alcanzar el nivel deseado de calidad de serviciabilidad de servicio estipulados en los TDRs. La exigencia durará por el período de vigencia del presente acuerdo y quedará automáticamente incorporada al contrato correspondiente.

Corredor vial: Conjunto de dos o más rutas seguidas una detrás de la otra.

Mantenimiento periódico: Las actividades programables de mantenimiento vial son un conjunto de acciones que se implementan periódicamente para garantizar la serviciabilidad de las vías. El trabajo puede ser manual o mecánico.

Mantenimiento rutinario: El mantenimiento vial se puede indicar como el conjunto de operaciones que se ejecutan sobre la calzada de la vía para garantizar su funcionamiento y servicio. Estas tareas pueden ser manuales o mecánicas y consisten primariamente en limpiar, rellenar baches, cepillar, desbastar y eliminar pequeñas fallas.

Módulo resiliente (suelos): En una muestra de prueba adecuadamente preparada y acondicionada, se aplica continuamente un esfuerzo de deflexión axial de magnitud fija a frecuencias definidas.

Mejoramiento: El trabajo necesario para mejorar la calidad de las carreteras involucra actividades que incluyen cambios importantes en el diseño geométrico y estructura del pavimento, como la ejecución o modificación de



puentes, túneles, sistemas de drenaje, muros y la instalación de señales esenciales.

Mantenimiento vial: Con el fin de garantizar un excelente rendimiento de las vías a los usuarios, las actividades de mantenimiento viario se plantean como una cantidad de actuaciones técnicas que se ejecutan de manera periódica y no periódica.

Obra: En la mayoría de los casos, un proyecto de construcción de una infraestructura se lleva a cabo dentro de una zona de trabajo establecida y se implementa de acuerdo con un documento técnico autorizado con datos de entrada y otros recursos como mano de obra, materiales y equipos.

Red vial Departamental o Regional: La red vial dentro de la jurisdicción de un Gobierno Regional incluye aquellas vías que componen la Red Vial Nacional y al mismo tiempo sirven para conectarla con las redes viales vecinales o rurales.

Red vial: La clasificación funcional de las vías se puede dividir en dos categorías principales: Nacional y Departamental, o Regional y Vecinal, o Rural.

Red Vial Nacional: Esto es consistente con las vías nacionales de los principales ejes longitudinales y transversales que forman el marco del Sistema de la Red Vial Nacional (SINAC). También se usa como alimentador de caminos departamentales o regionales, así como de caminos vecinales o rurales.

Red Vial Vecinal o Rural: Consiste en vías que forman una red vial limitada al nivel local y cuya función es conectar capitales de provincia con capitales



regionales, entre capitales de provincia y regionales, centros densamente poblados o áreas de influencia local, y con la vía nacional.

Rugosidad (Pavimento): El indicador clave destinado a describir el estado de funcionalidad de un pavimento de carretera con respecto a su capa de superficie rodante se llama IRI.

Rehabilitación: Realizar las obras necesarias con el fin de restaurar la infraestructura vial a su carácter original y adaptarla para un nuevo período de servicio, relacionando principalmente la reparación y/o construcción de firmes, puentes, túneles, obras de drenaje (si corresponde), movimiento de tierras en áreas específicas, etc.

Superficie de Rodadura: Es la capa que está diseñada para la circulación de vehículos y tiene uno o más carriles.

Términos de referencia: Este documento ha sido desarrollado por la entidad responsable de la contratación con el fin de definir los propósitos, alcance, tecnicismos y todos los demás criterios, incluidos los resultados esperados, de los servicios que se contratan a través de consultoría.

Tercerización: Uno de los términos utilizados para denotar las actividades de gestión de vías realizadas a través de un contrato con terceros.

Usuario: Cualquier persona natural o jurídica, que utilice el sistema vial público.

Tránsito: Actividades de vehículos y personas que circulan por una vía

Tratamiento Superficial: Aplicar una o más capas compuestas por aspersores asfálticos, que podrán contener aditivos y áridos, cuyas propiedades se definan de acuerdo a especificaciones técnicas. Suelen ser de una, dos y tres capas (simple y doble capa).



2.4. HIPÓTESIS GENERAL.

El mejoramiento de la en la vía PE-34H desvió Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani a través de contrato por niveles de servicio es la alternativa para su crecimiento paulatino de acuerdo al aumento de tránsito



CAPITULO III

METODO DE LA INVESTIGACION

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Es del tipo aplicado en razón de que se busca conocer si a través de la ejecución de un contrato por niveles de servicio, se puede incrementar el tráfico hasta alcanzar que la vía pase a un siguiente nivel como es el de su ejecución definitiva.

De igual manera adopta el enfoque cuantitativo ya que se busca evaluar las condiciones básicas del pavimento que son: Estructural, funcional y superficial, al concluir un contrato por niveles de servicio

3.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Es del nivel descriptivo, en razón a que describe el estado actual de la vía después de la ejecución de un contrato por niveles de servicio, además definir el procedimiento de evaluación de pavimentos.

3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Es de tipo no experimental en vista que en el desarrollo de la misma no se manejan variables independientes, sino que la muestra de datos se realizó



efectuando el estudio de tráfico al final del servicio y con la realización de ensayos no destructivos para determinar las condiciones del pavimento.

También se aclara que según el tiempo y secuencia de la investigación esta corresponde al tipo transversal, debido a que en la toma de datos de campo se realizó una sola vez.

3.4. VARIABLES.

Las variables en la presente investigación son 4: Estudio de tráfico, condición funcional, condición estructural y condición superficial de la vía.



Tabla 14

Operacionalización de Variables

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores
Problema General	Objetivo General	Hipótesis general		
¿EL mejoramiento en la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani a través de contrato por niveles de servicio es la alternativa para su crecimiento de acuerdo al aumento de tránsito?	Determinar si el mejoramiento en la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani a través de contratos por niveles de servicio es una alternativa para su crecimiento paulatino de acuerdo al aumento de tránsito	El mejoramiento de la en la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani a través de contrato por niveles de servicio es la alternativa para su crecimiento de acuerdo al aumento de tránsito		
Problema Especifico 1	Objetivo específico 1	Hipótesis específica 1		
¿El tráfico que actualmente tiene la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani al finalizar el contrato por niveles de servicio es el adecuado para la solución propuesta al finalizar el contrato por niveles de servicio?	Determinar el tráfico que actualmente tiene la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani al finalizar el contrato por niveles de servicio	El tráfico que actualmente tiene la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani al finalizar el contrato por niveles de servicio es el adecuado para la solución propuesta al finalizar el contrato por niveles de servicio	Estudio de trafico	IMD y ejes equivalentes de 8.2 Tan
Problema Especifico 2	Objetivo Especifico 2	Hipótesis específica 2		
¿En la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani el comportamiento funcional del pavimento a solicitaciones de rugosidad brinda, el	Evaluar la condición funcional, la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani mediante la medición de Índice de Rugosidad Internacional, Índice de	En la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani el comportamiento funcional del pavimento a solicitaciones de rugosidad brinda, el	Condición funcional	IRI, PSI,



confort del paso de los vehículos al finalizar el contrato por niveles de servicio??

¿En la vía PE-34H desvío Achupalla hasta el empalme PE-34H en H presente (PSI) al finalizar el contrato por niveles de servicio

confort del paso de los vehículos al finalizar el contrato por niveles de servicio.

Problema Especifico 3

Objetivo Especifico 3

Hipótesis especifica 3

¿La condición estructural la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani es la adecuada para para soportar las cargas de tránsito al finalizar el contrato por niveles de servicio?

Evaluar la condición estructural la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani al finalizar el contrato por niveles de servicio

La condición estructural la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani es la adecuada para para soportar las cargas de tránsito al finalizar el contrato por niveles de servicio.

Condición estructural y Numero Deflexiones y Numero estructural

Problema Especifico 4

Objetivo Especifico 4

Hipótesis especifica 4

¿La condición superficial del pavimento en la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani es la adecuada al finalizar el contrato por niveles de servicio?

Evaluar la condición superficial del pavimento en la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani al finalizar el contrato por niveles de servicio

La condición superficial del pavimento en la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani es la adecuada al finalizar el contrato por niveles de servicio

Condición Superficial M2, UND (PCI)

Nota: elaboración propia



3.5. CASO DE ESTUDIO

La investigación es, en definitiva, un examen detallado al tramo la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani luego de su intervención a través de un contrato por niveles de servicio, se evaluará sí al finalizar los contratos estos responden a las expectativas de serviciabilidad esperadas para la vía y si estos contratos permiten que la vía de acuerdo con el incremento de tráfico pueda llegar a su construcción definitiva.

3.6. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Para el estudio de tráfico se efectuaron encuestas a los usuarios y se realizó el inventario de las unidades que hacen uso de la carretera, para el caso de la evaluación funcional se utilizó el equipo denominado perfilómetro laser el mismo que tiene su propio software para la recopilación de datos, de igual manera para la evaluación estructural se empleó el equipo denominado deflectómetro de impacto (FWD) que también cuenta con software para el procesamiento de los datos, para la evaluación superficial del pavimento se empleó la metodología PCI el mismo que para recolección de datos emplea el método visual, y para su procesamiento se empleó el software EVALPAV; el uso de Excel fue de ayuda importante para analizar los resultados..

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE TRAFICO

4.1.1. Antecedentes.

Para poder calcular el crecimiento del tráfico es necesario conocer los resultados del estudio del tráfico al iniciar el contrato por niveles de servicio, en la tabla N° 15, se aprecia los resultados del IMDa logrados en noviembre del 2018.

Tabla 15

Resultados del IMDa obtenidos en noviembre del 2018

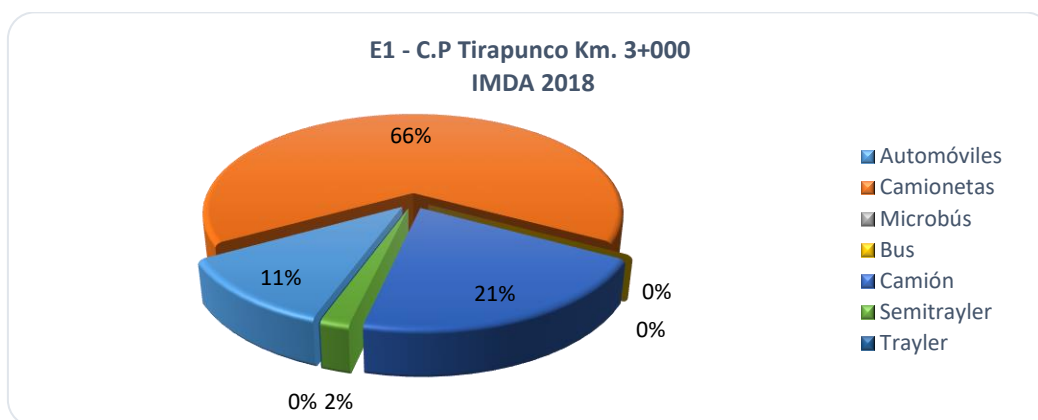
Tipología	E1 - C.P Tirapunco Km. 3+000			E2 - Dv. Munaypa Km. 24+200		
	Emp. PE- 34H (Dv. Inchupalla) -	Inchupalla - Emp. PE- 34H (Dv. Inchupalla)	IMDA	Inchupalla - Emp. PE- 34H (Huatasani)	Emp. PE- 34H (Huatasani) -	IMDA
Automóvil	2	2	4	4	4	8
Station Wagon	1	1	2	4	3	7
Camioneta	12	13	25	12	11	23
Pick Up						
Camioneta	0	0	0	1	1	2
Panel						
Camioneta	5	5	10	8	9	17
Rural						
Microbús	0	0	0	1	1	2

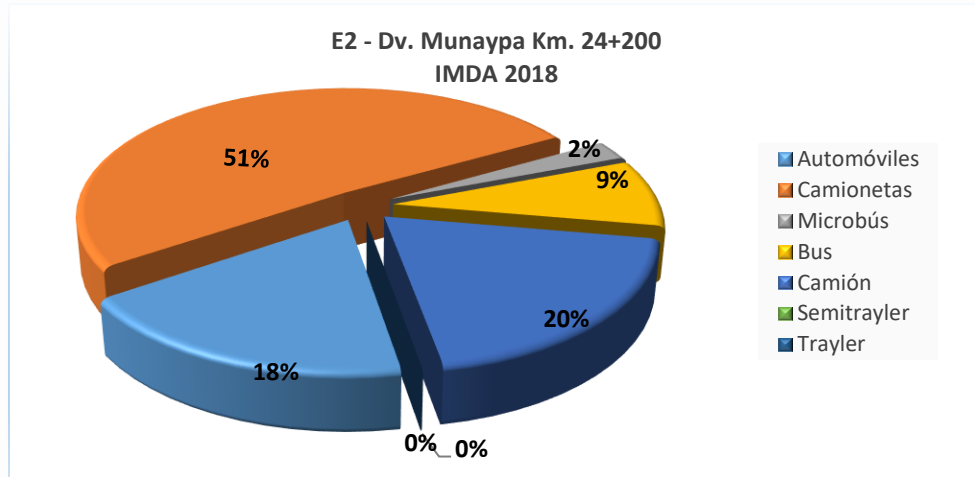
Bus 2E	0	0	0	2	5	7
Bus 3E	0	0	0	0	0	0
Camión 2E	3	3	6	7	7	14
Camión 3E	3	2	5	1	1	2
Camión 4E	0	0	0	0	0	0
Semitrayler	0	1	1	0	0	0
2S1/2S2						
Semitrayler	0	0	0	0	0	0
2S3						
Semitrayler	0	0	0	0	0	0
3S1/3S2						
Semitrayler	0	0	0	0	0	0
>=3S3						
Trayler 2T2	0	0	0	0	0	0
Trayler 2T3	0	0	0	0	0	0
Trayler 3T2	0	0	0	0	0	0
Trayler 3T3	0	0	0	0	0	0
TOTAL	26	27	53	40	42	82

Nota: Fuente Estudio de Tráfico del proyecto: realizado el mes noviembre del 2018

Figura 12

Gráfico Resultados del IMDa obtenidos en noviembre del 2018





4.1.2. Definición De Los Tramos Homogéneos Y Ubicación De Estaciones De Conteo, Velocidad, Encuesta Y Censo De Carga.

Los Tramos Homogéneos se distribuyen por la variación del IMDA que se pueda generar en cada tramo a lo largo de la vía en estudio.

Conceptualmente, si no hubiera grandes discrepancias, cada localidad y cada parada de descanso tendría un tramo homogéneo para establecer las estadísticas de tráfico, por lo que sería inviable medir en base a dichos tramos; por lo tanto, la sección homogénea se determinaría cuando hay cambios llamativos.

Se han identificado los “tramos homogéneos” de la demanda; los nodos y su naturaleza que generan estos tramos homogéneos, tomando como base el Estudio efectuado por el Contratista conservador en el año 2018 estos son:



Tabla 16

Identificación de tramos Homogéneos

Tramo	Tramos Homogéneos	Distrito	Provincia	Departamento
Tramo 1	Emp. PE-34 H (Dv. Inchupalla) - Inchupalla	Quilcapuncu Inchupalla	San Antonio de Putina Huancane	Puno
Tramo 2	Inchupalla - Emp. PE-34 H (Huatasani)	Huatasani	Huancane	Puno

Nota: elaboración propia

Ubicación de estación de conteo, velocidad, encuestas y censos de carga:

Los trabajos de conteo vehicular se ejecutaron en 2 estaciones durante 07 días por 24 horas, y la ubicación de las estaciones son:

Tabla 17

Ubicación de Estaciones Conteo Vehicular

Tramo	Estaciones		Inicio		Fin		Distancia (KM)	Días
	N°	Ubicación	Progresiva	Ubicación	Progresiva	Ubicación		
1	E1	C.P Tirapunco Km. 3+000	00+000	Emp. PE-34 H (Dv. Inchupalla)	13+800	Inchupalla	13.8	7
2	E2	Dv. Munaypa Km. 24+200	13+800	Inchupalla	36+709	Emp. PE - 34 H (Huatasani)	22.909	7

Los trabajos de Encuesta Origen – Destino se realizaron en 1 estación durante 03 días por 24 horas cada día



Tabla 18

Ubicación Estaciones de Encuesta Origen – Destino

Tramo	Intervención	N°	Estaciones		Días
			Ubicación		
1	Mejoramiento	OD1	C.P Tirapunco Km. 3+000		3
2					

Nota: elaboración propia

Los trabajos de Censo de carga se realizaron en 1 estación durante 02 días por 24 horas cada día.

Tabla 19

Ubicación de Estaciones de Censo de Carga

Tramo	Estaciones		Inicio		Fin		Distancia (KM)	Días
	N°	Ubicación	Progresiva	Ubicación	Progresiva	Ubicación		
1	CC1	C.P	00+000	Emp. PE-	13+800	Emp. PE-	13.8	2
2		Tirapunco Km. 3+000	13+800	34H (Dv. Inchupalla)	36+709	34H (Huatasani)	22.909	

Nota: elaboración propia

Las actividades de Medición de Velocidad se ejecutaron en todas las estaciones del estudio durante 01 día de la semana, por 12 horas, aplicando la técnica de plaqueo vehicular, la cual consiste en ubicar a un clasificador en cada punto de control para efectuar las observaciones de placas y tipo de vehículo, anotando los tiempos de cruce del vehículo en las estaciones de control.

Tabla 20

Medición de Velocidad

Estaciones		Inicio		Fin		Distancia	Días
N°	Ubicación	Progresiva	Ubicación	Progresiva	Ubicación	(KM)	
1	C.P Tirapunco Km. 3+000	00+000	Emp. PE- 34 H (Dv. Inchupalla)	13+800	Inchupalla	13.8	1
2	Dv. Munaypa Km. 24+200	13+800	Inchupalla	36+709	Emp. PE - 34 H (Huatasani)	22.909	1

Nota: elaboración propia

4.1.3. Obtención de IMDa

Los datos de clasificación y conteo de vehículos se extrajeron, verificaron y procesaron en planillas Excel para garantizar el volumen de tráfico por clase de unidad, hora y dirección para codificarlos en tablas. Luego de obtener el volumen de tránsito promedio para cada clase de vehículo, se calculó su variabilidad horaria, la clasificación de los vehículos, así como el IMDA semanal y el IMDS Anual con base en las fórmulas siguientes:

$$IMD_A = FC \times IMD_S$$

Donde:

IMDS=Volumen clasificado promedio de la semana.

IMDA=Índice Medio Diario Anual.

FC=Factor de corrección estacional.

Determinación del Factor de corrección estacional. Para establecer el factor de corrección estacional (FC) se empleó la cantidad de vehículos logrado en las unidades de peaje cercanas a la zona del proyecto, en esta ocasión de

la unidad de peaje de ILLPA de los años de mayor Factor Corrección Estacional.

Tabla 21

Factor de Corrección – Peaje Caracoto (noviembre)

Unidad de Peaje Illpa - Mes de noviembre		
Año	Factor de Corrección	
	Ligeros	Pesados
2014	1.0314	1.015
2015	0.9533	0.927
2016	1.0428	1.0652
Promedio	1.0092	1.0024

Nota: Fuente Oficina General de Planeamiento y Presupuesto. N° 193-2017-MTC/09.02

Tabla 22 se presenta la distribución considerada de las unidades de peajes con sus respectivos factores de corrección de acuerdo con la temporada de trabajo y sus estaciones de conteo vehicular:

Tabla 22

Factor de corrección por estación de conteo

Código de Estación	Ubicación	Tramo Homogéneo		Unidad de Peaje	Factor de Corrección	
		Inicio	Fin		Ligeros	Pesados
E1	C.P Tirapunco Km. 3+000	Emp. PE- 34H (Dv. Inchupalla)	Inchupalla	Peaje Caracoto	1.0092	1.0024
E2	Dv. Munaypa Km. 24+200	Inchupalla	Emp. PE - 34H (Huatasani)	Peaje Caracoto	1.0092	1.0024



4.1.4. Censo Y Clasificación Vehicular

Las informaciones de los censos de vehículos conseguidos en campo fueron procesadas por tipo de unidad, por hora, por día y por sentido, los cuales se muestran a continuación

E1 – C.P Tirapunco Km. 3+000 Tramo: Emp. PE-34H (Dv. Inchupalla) – Inchupalla.

En la tabla N° 23 se puede apreciar que el vehículo liviano de mayor representatividad es la camioneta rural y el vehículo pesado de mayor representatividad es el camión de 02 ejes.



Tabla 23

Conteo y clasificación vehicular de la estación E1 - C.P Tirapunco Km. 3+000 | Tramo: Emp. PE-34H (Dv. Inchupalla) - Inchupalla

Fecha	Sentido	Auto	Station			Micro	Ómnibus			Camión				Semi Tráiler			Tráiler				Total	%		
			Wagon	Pick Up	Rural		2E	3E	4E	2E	3E	4E	8x4	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3	
dom 25-Junio	Ida	15	2	15	11	0	0	0	0	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	51%
	Vuelta	21	1	14	8	0	0	0	0	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	49%
	Ambos	36	3	29	19	0	0	0	0	20	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	114	100%
lun 26-Junio	Ida	12	3	9	7	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	59%
	Vuelta	6	0	12	3	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	41%
	Ambos	18	3	21	10	1	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	100%
mar 27-Junio	Ida	8	1	10	5	0	0	0	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	53%
	Vuelta	6	1	5	8	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	47%
	Ambos	14	2	15	13	0	0	0	0	10	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	100%
mié 28-Junio	Ida	4	1	14	10	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	51%
	Vuelta	6	2	14	6	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	49%
	Ambos	10	3	28	16	0	0	0	0	9	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	100%
jue 29-Junio	Ida	2	7	11	9	0	0	0	0	9	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	43	51%
	Vuelta	5	0	14	12	0	0	0	0	7	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	42	49%
	Ambos	7	7	25	21	0	0	0	0	16	7	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	85	100%
vie 30-Junio	Ida	6	5	14	9	0	0	0	0	2	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	42	50%
	Vuelta	11	4	13	7	0	0	0	0	2	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	42	50%
	Ambos	17	9	27	16	0	0	0	0	4	7	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	84	100%
sáb 1-Julio	Ida	11	2	7	11	0	0	0	0	5	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	42	46%
	Vuelta	16	5	8	10	0	0	0	0	7	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	50	54%
	Ambos	27	7	15	21	0	0	0	0	12	8	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	92	100%

Nota: Elaboración propia



Ida: Emp. PE-34H (Dv. Inchupalla) – Inchupalla

Vuelta: Inchupalla - Emp. PE-34H (Dv. Inchupalla)

E2 - Dv. Munaypa Km. 24+200 | Tramo: Inchupalla - Emp. PE - 34H

(Huatasani)

En tabla 24 se puede apreciar que el vehículo liviano de mayor representatividad es la camioneta Pickup y el vehículo pesado de mayor representatividad es el camión de 02 ejes



Tabla 24

Conteo y clasificación vehicular de la estación E2 - Dv. Munaypa Km. 24+200 | Tramo: Inchupalla - Emp. PE - 34H (Huatasani)

Fecha	Sentido	Auto	Camionetas			Micro	Ómnibus			Camion				Semi Tráiler				Tráiler				Total	%
			Wagon	PICK UP	RURAL		2E	3E	4E	2E	3E	4E	8x4	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
dom 25- Junio	Ida	15	2	15	11	0	0	0	0	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	51%
	Vuelta	21	1	14	8	0	0	0	0	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	49%
	Ambos	36	3	29	19	0	0	0	0	20	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	114	100%
lun 26- Junio	Ida	12	3	9	7	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	59%
	Vuelta	6	0	12	3	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	41%
	Ambos	18	3	21	10	1	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	100%
mar 27- Junio	Ida	8	1	10	5	0	0	0	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	53%
	Vuelta	6	1	5	8	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	47%
	Ambos	14	2	15	13	0	0	0	0	10	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	100%
mié 28- Junio	Ida	4	1	14	10	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	51%
	Vuelta	6	2	14	6	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	49%
	Ambos	10	3	28	16	0	0	0	0	9	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	100%
jue 29- Junio	Ida	2	7	11	9	0	0	0	0	9	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	43	51%
	Vuelta	5	0	14	12	0	0	0	0	7	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	42	49%
	Ambos	7	7	25	21	0	0	0	0	16	7	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	85	100%
vie 30- Junio	Ida	6	5	14	9	0	0	0	0	2	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	42	50%
	Vuelta	11	4	13	7	0	0	0	0	2	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	42	50%
	Ambos	17	9	27	16	0	0	0	0	4	7	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	84	100%
sáb 1- Julio	Ida	11	2	7	11	0	0	0	0	5	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	42	46%
	Vuelta	16	5	8	10	0	0	0	0	7	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	50	54%
	Ambos	27	7	15	21	0	0	0	0	12	8	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	92	100%

Nota: Elaboración propia

Ida: Inchupalla - Emp. PE - 34H (Huatasani) Vuelta: Emp. PE - 34H (Huatasani) - Inchupalla

Tráfico vehicular promedio diario semanal

El índice medio diario semanal (ó promedio diario semanal) de la estación E1 - C.P Tirapunco Km. 3+000, es de 82

vehículos.



Tabla 25

Conteo y clasificación vehicular semanal de la estación E1 - C.P Tirapunco Km. 3+000

Senti do	Aut o	Stati on Wag on	Camionetas		Micr o	Ómnibus			Camion				Semi Tráiler				Tráiler		Tota l	%		
			PIC K UP	RUR AL		2 E	3 E	4 E	2 E	3 E	4 E	8x 4	2S1/2 S2	2S 3	3S1/3 S2	>=3 S3	2T 2	2T 3			3T 2	>=3 T3
Ida	8	3	11	9	0	0	0	0	6	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	42	51%
Vuel ta	10	2	11	8	0	0	0	0	5	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	40	49%
Ambo s	18	5	22	17	0	0	0	0	1 1	7	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	82	100 %

Nota: Elaboración Propia.

El índice medio diario semanal (ó promedio diario semanal) de la estación E2 - Dv. Munaypa Km. 24+200, es de 156 vehículos.



Tabla 26

Tráfico vehicular promedio diario semanal estación E2 - Dv. Munaypa Km. 24+200

Senti do	Au to	Stati on Wag on	Camioneta s		Mic ro	Ómnibus			Camion				Semi Tráiler				Tráiler				Tot al	%
			PIC K UP	RUR AL		2 E	3 E	4 E	2 E	3 E	4 E	8x 4	2S1/2 S2	2S 3	3S1/3 S2	>=3 S3	2T 2	2T 3	3T 2	>=3 T3		
Ida	21	5	14	23	1	3	1	0	7	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84	54%
Vuel ta	17	5	13	19	1	3	0	0	7	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	46%
Amb os	38	10	27	42	2	6	1	0	1 4	1 4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	156	100 %

Nota: Elaboración Propia.



Índice Medio Diario Anual – IMDA

Estación E1 - C.P Tirapunco Km. 3+000

En la estación E1 el IMDA es de 82 vehículos, de los cuales 62 son vehículos ligeros que simbolizan el 75.6% y 20 son vehículos pesados que presentan el 24.4%.

Tabla 27

Índice Medio Diario Anual estación E1 - C.P Tirapunco Km. 3+000

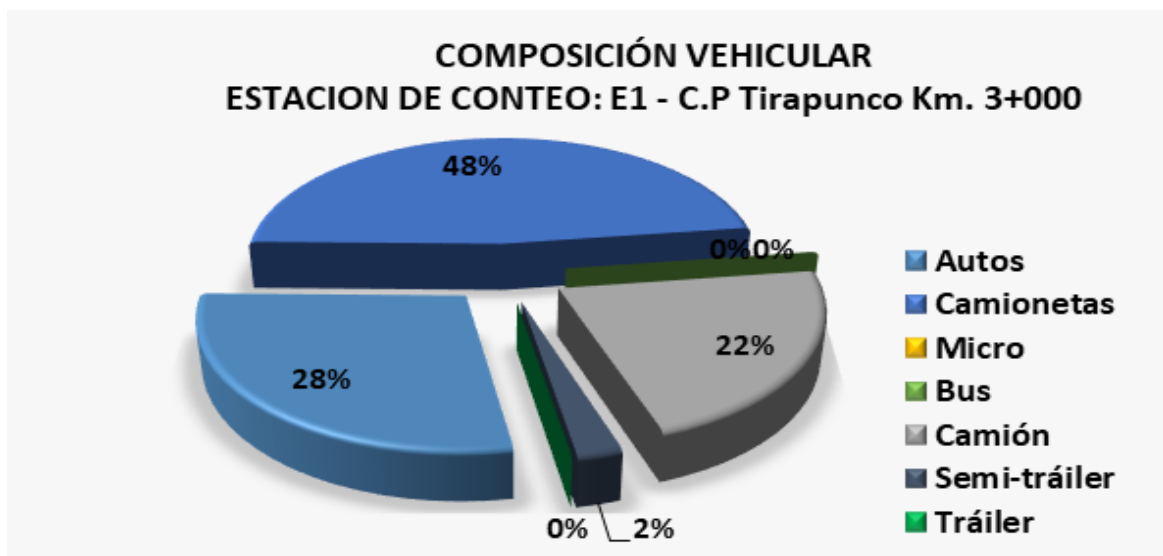
E1 - C.P Tirapunco Km. 3+000					
Vehículo	Emp. PE-34H (Dv. Inchupalla) - Inchupalla	Inchupalla - Emp. PE-34H (Dv. Inchupalla)	IMDa	Distribución Por Tipo De Vehículo	Distribución Por Capacidad De Vehículo
Automóvil	8	10	18	22.00%	75.60%
Station Wagon	3	2	5	6.10%	
Camioneta Pick Up	11	11	22	26.80%	
Camioneta Rural	9	8	17	20.70%	
Microbús	0	0	0	0.00%	
Ómnibus 2E	0	0	0	0.00%	24.40%
Ómnibus 3E	0	0	0	0.00%	
Ómnibus 4E	0	0	0	0.00%	
Camión 2E	6	5	11	13.40%	
Camión 3E	4	3	7	8.50%	
Camión 4E	0	0	0	0.00%	
Camión 8x4	0	0	0	0.00%	
Semi-tráiler 2S1/2S2	1	1	2	2.40%	
Semi-tráiler 2S3	0	0	0	0.00%	
Semi-tráiler 3S1/3S2	0	0	0	0.00%	
Semi-tráiler >=3S3	0	0	0	0.00%	
Tráiler 2T2	0	0	0	0.00%	
Tráiler 2T3	0	0	0	0.00%	
Tráiler 3T2	0	0	0	0.00%	
Tráiler 3T3	0	0	0	0.00%	
TOTAL	42	40	82	100%	100%

Nota: Elaboración Propia

De acuerdo con la composición vehicular del IMDa de la estación E1, se observó que los vehículos con mayor incidencia son las camionetas (pick up + rural) con 48%, seguido de los autos (autos + station wagon) con 28%; y en menor incidencia se hallan los camiones con 22%, seguido de los semi-tráiler con 2%.

Figura 13

Composición Vehicular Índice Medio Diario Anual E1



Nota: Elaboración propia

Estación E 2- Dv. Munaypa Km. 24+200

En la estación E2 el IMDA es de 156 vehículos, de los cuales 119 son vehículos ligeros que presentan el 76.3% y 37 son vehículos pesados que representa el 23.7%.



Tabla 28

Índice Medio Diario Anual estación E2 - Dv. Munaypa Km. 24+200

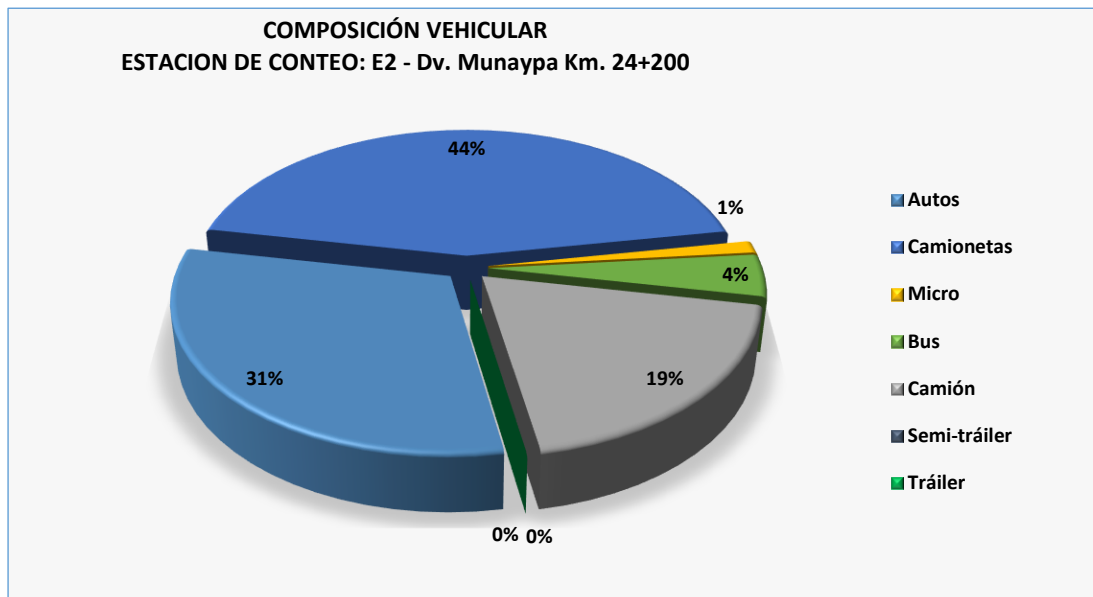
E2 - Dv. Munaypa Km. 24+200					
Vehículo	Inchupalla - Emp. PE - 34H (Huatasani)	Emp. PE - 34H (Huatasani) - Inchupalla	IMDA	Distribución por Tipo de Vehículo	Distribución por Capacidad de Vehículo
Automóvil	21	17	38	24.40%	76.30%
Station Wagon	5	5	10	6.40%	
Camioneta Pick Up	14	13	27	17.30%	
Camioneta Rural	23	19	42	26.90%	
Microbús	1	1	2	1.30%	
Ómnibus 2E	3	3	6	3.80%	23.70%
Ómnibus 3E	1	0	1	0.60%	
Ómnibus 4E	0	0	0	0.00%	
Camión 2E	7	7	14	9.00%	
Camión 3E	8	6	14	9.00%	
Camión 4E	1	1	2	1.30%	
Camión 8x4	0	0	0	0.00%	
Semi-tráiler 2S1/2S2	0	0	0	0.00%	
Semi-tráiler 2S3	0	0	0	0.00%	
Semi-tráiler 3S1/3S2	0	0	0	0.00%	
Semi-tráiler >=3S3	0	0	0	0.00%	
Tráiler 2T2	0	0	0	0.00%	
Tráiler 2T3	0	0	0	0.00%	
Tráiler 3T2	0	0	0	0.00%	
Tráiler 3T3	0	0	0	0.00%	
TOTAL	84	72	156	100%	100%

Nota: Elaboración propia

De acuerdo con la distribución de unidades del IMDa de la estación E2, se observó que los vehículos con mayor incidencia son las camionetas (pick up + rural) con 44%, seguido de los autos (autos + station wagon) con 31%; y en menor incidencia se hallan los camiones con 19%, seguido de los buses con 4% y micro con 1%.

Figura 14

Composición Vehicular | Índice Medio Diario Anual E2.



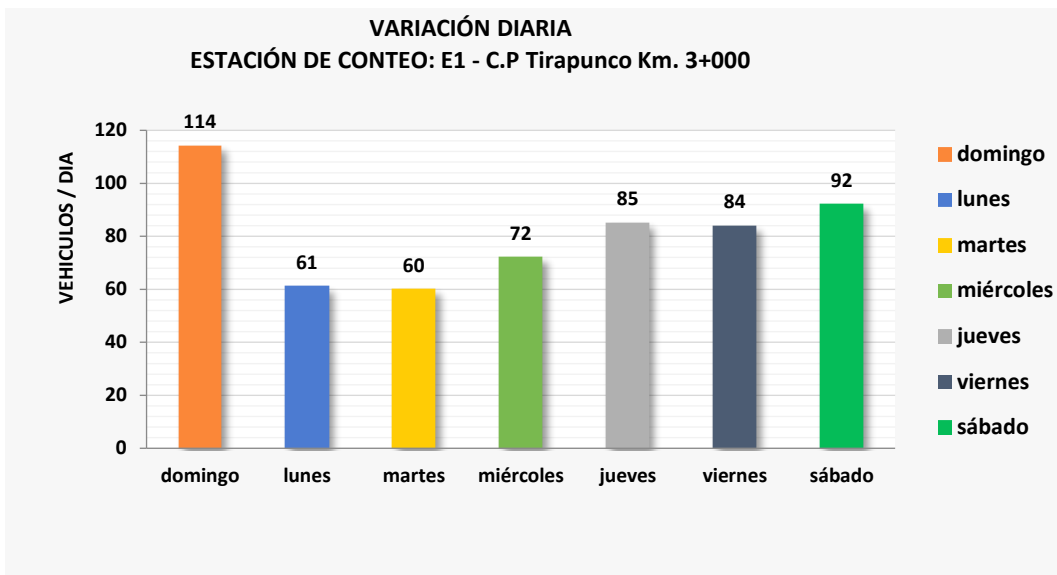
Nota: Elaboración propia

Análisis de variación horaria y diaria

En la estación E1, los días con elevado flujo vehicular durante la semana del conteo fueron el domingo y sábado con 114 y 92 vehículos respectivamente, y los días de bajo flujo vehicular durante la semana de conteo fueron lunes y martes con 61 y 60 vehículos respectivamente.

Figura 15

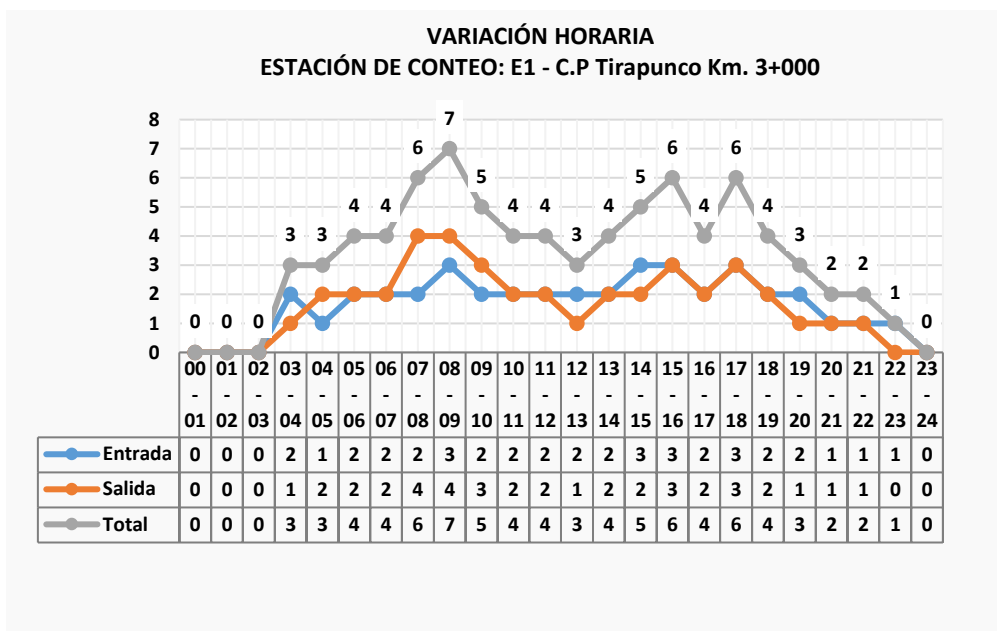
Variación diaria E1



En la estación E1, la variación horaria con mayor tráfico se presentó en el rango de 08:00 – 09:00 con 07 vehículos por hora entre ambos sentidos.

Figura 16

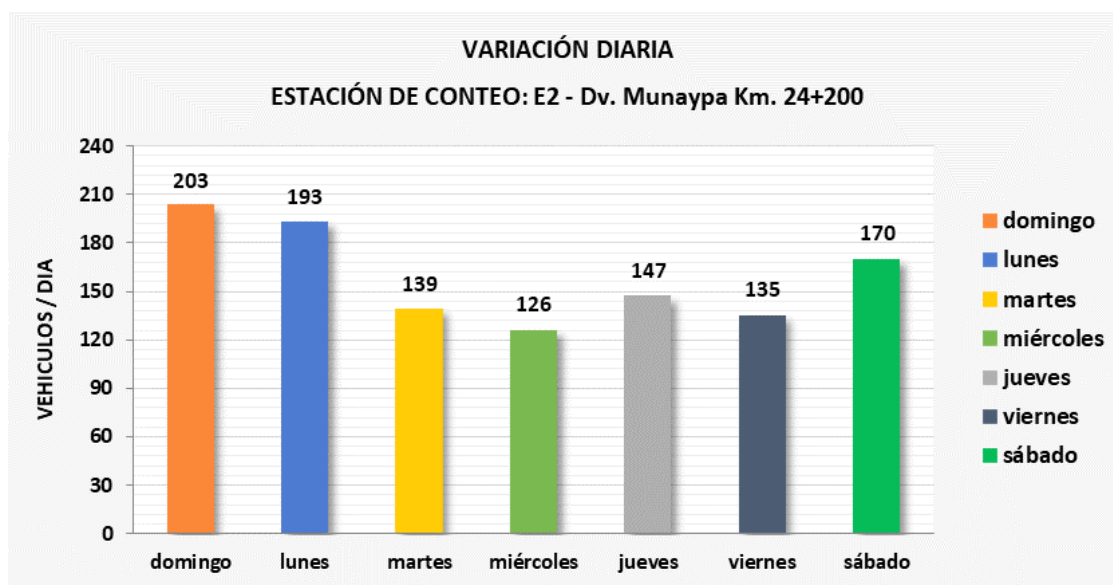
Variación Horaria E1



En la estación E2, los días de elevado flujo de unidades durante la semana de conteo fueron el domingo y lunes con 203 y 193 vehículos respectivamente, y los días de bajo flujo de unidades durante la semana de conteo fueron el viernes y miércoles con 135 y 126 vehículos respectivamente.

Figura 17

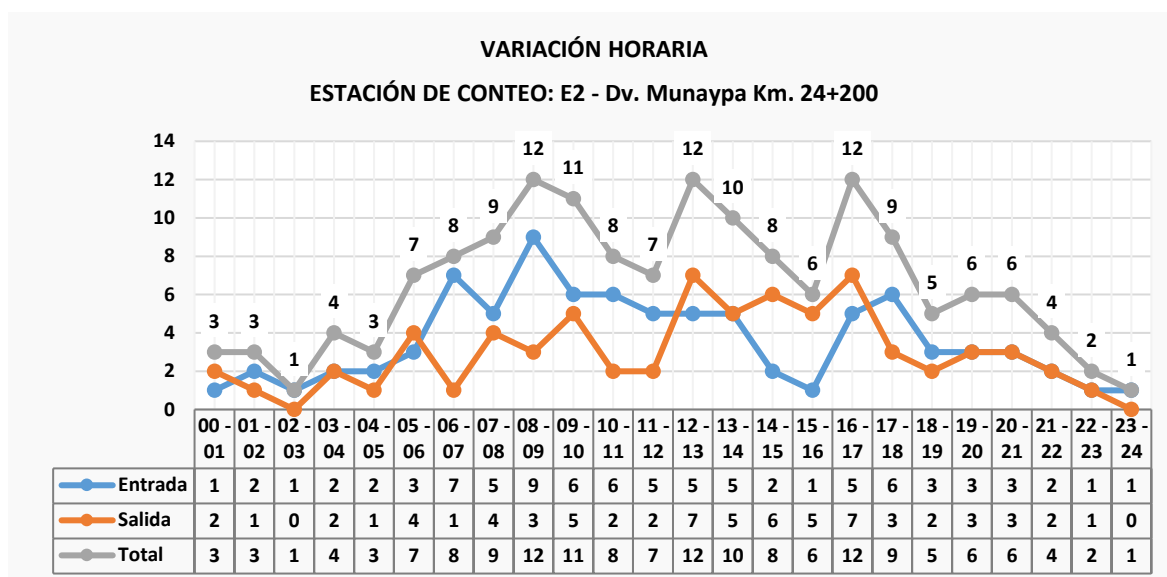
Variación diaria E2



En la estación E2, la variación horaria con mayor tráfico se presentó en el rango de 08:00 – 09:00, 12:00 – 13:00 y 16:00 – 17:00 con 12 vehículos por hora entre ambos sentidos.

Figura 18

Variación horaria E2



En la Tabla N°29 se presenta el consolidado de IMDa pertenecientes a las estaciones que pertenecen a la investigación.

Tabla 29

Consolidado IMDa Ruta PE-34T

Ruta	PE-34T		
Tramo	Tramo 1	Tramo 2	
Cód. y estación	E1 - C.P Tirapunco Km. 3+000	E2 - Dv. Munaypa Km. 1+300	
Trayectoria del tramo	Emp. PE-34H (Dv. Inchupalla) - Inchupalla	Inchupalla - Emp. PE - 34H (Huatasani)	
Progresivas de tramo	00+000 - 13+800	13+800 - 36+709	
Longitud	13,800 m	22,909 m	
Vehículo	Automóvil	18	38
	Station Wagon	5	10
	Camioneta Pick Up	22	27
	Camioneta Rural	17	42
	Microbús	0	2



Ómnibus B2E	0	6
Ómnibus B3E	0	1
Ómnibus B4E	0	0
Camión C2E	11	14
Camión C3E	7	14
Camión C4E	0	2
Camión 8x4	0	0
Semi-tráiler 2S1/2S2	2	0
Semi-tráiler 2S3	0	0
Semi-tráiler 3S1/3S2	0	0
Semi-tráiler >=3S3	0	0
Tráiler 2T2	0	0
Tráiler 2T3	0	0
Tráiler 3T2	0	0
Tráiler 3T3	0	0
TOTAL	82	156
Vehículos Ligeros	62	119
Vehículos Ligeros (%)	75.61%	76.28%
Ómnibus	0	7
Ómnibus (%)	0.00%	4.49%
Vehículos Pesados	20	30
Vehículos Pesados (%)	24.39%	19.23%

Nota: Elaboración propia

4.1.5. Determinación De Tasas De Crecimiento Vehicular

Al no contar con datos históricos de tráfico, las proyecciones de crecimiento en el tiempo se basarán en parámetros macroeconómicos como el PBI y la población en los sectores donde se generan viajes en los segmentos del estudio de intervención.



La tasa de crecimiento se obtendrá como valor medio ponderado de las tasas de crecimiento de los respectivos indicadores socioeconómicos de cada departamento afectadas por la incidencia del departamento en los orígenes y destinos de los usuarios del corredor vial.

De acuerdo con las matrices de origen y destino, los principales departamentos que generan viajes a la vía son: Arequipa y Puno.

Así, las tasas de crecimiento por tipo de unidad se obtendrán considerando las siguientes fórmulas:

$$T_{vl} = \sum T_{PBIpc,dep} \times F_{vl,dep}$$

T_{vl} : Tasa Crecimiento Vehículos Ligeros Pasajeros.

$T_{PBIpc,dep}$: Tasa Crecimiento PBI per cápita por Departamento.

$F_{vl,dep}$: Factor de Generación de Viajes de Vehículos Ligeros por Departamento

$$T_{ob} = \sum T_{POB,dep} \times F_{ob,dep}$$

T_{ob} : Tasa Crecimiento Vehículos Pesados Pasajeros (Ómnibus).

$T_{POB,dep}$: Tasa Crecimiento Población por Departamento.

$F_{ob,dep}$: Factor de Generación de Viajes de Ómnibus por Departamento.

$$T_{vp} = \sum T_{PBI,dep} \times F_{vp,dep}$$

T_{vp} : Tasa crecimiento Vehículos Pesados Carga .

$T_{PBI,dep}$: Tasa Crecimiento PBI por Departamento.

$F_{vp,dep}$: Factor de Generación de Viajes de Vehículos Pesados por Departamento

4.1.5.1. Tasas De Crecimiento Del Producto Bruto Interno

El INEI tiene calculado el Producto Bruto Interno del año 2007 al 2021.



Tabla 30

Tasas de Crecimiento PBI

DEPARTAMENTO / PAIS	Producto Bruto Interno		Tc PBI (%)
	Miles (s/ - €)		
	2007	2021	
Amazonas	1,778,775	3,135,501	4.13%
Áncash	15,672,771	21,297,400	2.21%
Apurímac	1,824,181	6,580,442	9.60%
Arequipa	16,991,831	29,897,324	4.12%
Argentina	210,364,000	415,568,000	4.98%
Ayacucho	2,975,676	5,717,700	4.78%
Bolivia	9,656,000	34,418,000	9.50%
Brasil	1,020,775,000	1,360,869,000	2.08%
Cajamarca	8,159,499	11,468,693	2.46%
Chile	128,852,000	267,869,000	5.37%
Colombia	150,678,000	265,675,000	4.13%
Cusco	10,913,725	20,508,967	4.61%
Ecuador	37,268,000	89,750,000	6.48%
Huancavelica	2,475,279	3,486,567	2.48%
Huánuco	3,200,861	5,918,883	4.49%
Ica	8,793,956	19,434,835	5.83%
Junín	9,240,435	15,948,120	3.98%
La Libertad	14,615,612	23,403,009	3.42%
Lambayeque	6,880,023	13,072,161	4.69%
Lima	136,238,703	242,143,160	4.19%
Loreto	6,910,964	8,886,191	1.81%
Madre de Dios	1,864,543	1,738,171	-0.50%
Moquegua	7,525,100	9,010,514	1.30%
Pasco	5,486,459	5,258,978	-0.30%
Perú	293,189,822	499,945,636	3.89%
Piura	12,651,720	20,870,378	3.64%



Prov. Const. del Callao	13,386,423	22,199,686	3.68%
Puno	5,888,474	9,696,575	3.63%
San Martín	3,266,254	6,307,479	4.81%
Tacna	5,143,137	8,852,701	3.96%
Tumbes	1,637,185	2,744,790	3.76%
Ucayali	3,054,659	4,567,097	2.91%

Nota: INEI.

4.1.5.2. Tasas de Crecimiento de Población

Se ha calculado la población sustentándose en la proyección del INEI, para el periodo 2007 al 2021.

Tabla 31

Tasas de Crecimiento Población

Departamento / País	Población		Tc POB (%)
	Habitantes		
	2007	2021	
Amazonas	375,993	428,512	0.94%
Áncash	1,063,459	1,188,391	0.80%
Apurímac	404,190	430,609	0.45%
Arequipa	1,152,303	1,526,669	2.03%
Argentina	39,684,303	45,808,747	1.03%
Ayacucho	612,489	669,979	0.64%
Bolivia	9,558,438	11,832,936	1.54%
Brasil	190,130,445	213,993,441	0.85%
Cajamarca	1,387,809	1,455,245	0.34%
Chile	16,530,201	19,212,362	1.08%
Colombia	43,737,512	51,265,841	1.14%
Cusco	1,171,403	1,369,932	1.12%
Ecuador	14,296,554	17,888,474	1.61%
Huancavelica	454,797	358,356	-1.69%



Huánuco	762,223	758,416	-0.04%
Ica	711,932	998,144	2.44%
Junín	1,225,474	1,369,003	0.79%
La Libertad	1,617,050	2,048,492	1.70%
Lambayeque	1,112,868	1,325,912	1.26%
Lima	8,445,211	10,814,450	1.78%
Loreto	891,732	1,037,055	1.08%
Madre de Dios	109,555	179,688	3.60%
Moquegua	161,533	195,185	1.36%
Pasco	280,449	270,842	-0.25%
Piura	1,676,315	2,077,039	1.54%
Prov. Const. del Callao	876,877	1,151,480	1.97%
Puno	1,268,441	1,233,277	-0.20%
San Martín	728,808	912,674	1.62%
Tacna	288,781	377,842	1.94%
Tumbes	200,306	255,712	1.76%
Ucayali	432,159	602,400	2.40%

Nota: INEI.

4.1.5.3. Tasas De Crecimiento De PBI Per Cápita

Se ha calculado la población sustentándose en la proyección del INEI, para el periodo 2007 al 2021.

Tabla 32

Tasas de Crecimiento PBI per capital

Departamento / País	PBI per-cápita		Tc PBIpc (%)
	(Miles s/. / hab.)		
	2007	2021	
Amazonas	4.73	7.32	3.16%
Áncash	14.74	17.92	1.41%
Apurímac	4.51	15.28	9.10%
Arequipa	14.75	19.58	2.05%



Argentina	5.3	9.07	3.91%
Ayacucho	4.86	8.53	4.11%
Bolivia	1.01	2.91	7.85%
Brasil	5.37	6.36	1.22%
Cajamarca	5.88	7.88	2.11%
Chile	7.79	13.94	4.24%
Colombia	3.45	5.18	2.96%
Cusco	9.32	14.97	3.45%
Ecuador	2.61	5.02	4.79%
Huancavelica	5.44	9.73	4.24%
Huánuco	4.2	7.8	4.53%
Ica	12.35	19.47	3.30%
Junín	7.54	11.65	3.16%
La Libertad	9.04	11.42	1.69%
Lambayeque	6.18	9.86	3.39%
Lima	16.13	22.39	2.37%
Loreto	7.75	8.57	0.72%
Madre de Dios	17.02	9.67	-3.96%
Moquegua	46.59	46.16	-0.06%
Pasco	19.56	19.42	-0.05%
Piura	7.55	10.05	2.07%
Prov. Const. del	15.27	19.28	1.68%
Callao			
Puno	4.64	7.86	3.84%
San Martín	4.48	6.91	3.14%
Tacna	17.81	23.43	1.98%
Tumbes	8.17	10.73	1.97%
Ucayali	7.07	7.58	0.50%

Nota: Fuente INEI.

4.1.6. Porcentaje De Generación De Viaje.

De las matrices Origen – Destino de los vehículos de pasajeros y carga se han obtenido los Porcentajes de Generación de Viajes. A continuación, se

presentan los factores de generación de viajes por estación de encuesta origen destino:

Tabla 33*Generación de Viaje OD1*

Departamento	Generación De Viaje		
	Vehículos Ligeros	Ómnibus	Vehículos Pesados
AREQUIPA	0.30%	0.00%	0.00%
PUNO	99.70%	0.00%	100.00%
Total	100.00%	0.00%	100.00%

Nota: Elaboración propia

4.1.7. Cálculo De Las Tasas De Crecimiento

Se determinaron teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- ✓ Producto Bruto Interno per cápita
- ✓ Producto Bruto interno
- ✓ Población
- ✓ Generación De Viaje

Tabla 34, se muestran el resumen de los resultados de las tasas de crecimiento según la estación de encuesta origen destino:

Tabla 34*Tasas de Crecimiento por tipo de vehículo OD1*

Estación OD1 - C.P Tirapunco Km. 3+000									
Departamento	Tasas de Crecimiento								
	Vehículos Ligeros			Ómnibus			Vehículos Pesados		
	% Inc.	Tc	Pond.	%	Tc	Pond.	% Inc.	Tc	Pond.
Dep.		PBIpc		Inc.	POB		Dep.	PBI	
	(%)			Dep.	(%)			(%)	



Arequipa	0.30%	2.05%	0.01%	-	2.03%	-	0.00%	4.12%	0.00%
Puno	99.70%	3.84%	3.82%	-	3.84%	-	100.00%	3.63%	3.63%
Total	100.00%		3.83%	0.00%		0.00%	100.00%		3.63%

Nota: Elaboración propia

Seguido de procesar los datos de la estación de encuesta origen destino, se asignó la tasa de crecimiento a la mencionada estación de conteo de acuerdo con la influencia de las estaciones de origen destino.

4.1.8. Proyecciones De Tráfico Vehicular

Las proyecciones del tráfico se establecen para 3 tipos diferentes de tráfico según su origen, es decir:

Tráfico normal: se refiere a aquel que circula por la vía, cuyo crecimiento es independiente.

Tráfico desviado: La elección de ruta es un problema de perfeccionamiento multipropósito. Es uno que aún dará como resultado una mejor eficiencia del transporte manteniendo el origen y el destino de la ruta. Se sentirá fuertemente atraído por el mejoramiento de la vía , pero en razón a un factor de minimización de costos.

Tráfico generado: Ha resultado de la mejora y restauración de una vía. No es posible sin la mejora de la carretera que éste se produzca como principal consecuencia de la ejecución de un contrato de carretera.

a) Proyección de tráfico normal

Se ha descubierto que existen muchas formas de diseñar el tráfico de vehículos, pero debido a la falta de datos, la aplicación se limita a su método.

Por lo tanto, para esta vez se utilizará lo siguiente:

$$T_{Tn} = T_o (1 + R_i)^n$$

Donde:

T_{Tn}	=	Tráfico en el tramo T, en el año n.
T_o	=	Tráfico en el tramo T, en el año base.
R_i	=	Tasa de crecimiento.
n	=	Tiempo en años.

b) Proyección del Tráfico Generado

En este estudio se han considerado las mejoras realizadas en la carretera.

La presente investigación, se considera un flujo vehicular generado de 0%, debido a que en los próximos años la vía no tendrá ningún tipo de intervención.

c) Proyección del Tráfico Desviado

Se define como el tránsito que emplea diferentes vías pero que, manteniendo su origen y destino, será atraído por la carretera mejorada por un razonamiento de disminución de costos y tiempo. En esta investigación no se consideró tráfico desviado.

d) Proyección del Tráfico Total

Tal como se indicó, el tráfico total en la autopista se compone por el tráfico normal, el tráfico generado por el proyecto y el tráfico desviado de otras vías.

Por lo tanto, el flujo ultimo previsto es la suma del flujo normal, el flujo generado, el flujo de desvío y el flujo previsto.

A continuación, se detalla las proyecciones por cada una de las estaciones analizadas, en un horizonte de 10 años (se precisa al año 2023 como año 1 para el cálculo de proyecciones):

Tabla 35

E1 - C.P Tirapunco Km. 3+000 | Tramo: Emp. PE-34H (Dv. Inchupalla) –

Inchupalla

E1 - C.P Tirapunco Km. 3+000 Tramo: Emp. PE-34H (Dv. Inchupalla) - Inchupalla												
Tráfico Normal Proyectado												
Tasa de Crecimiento Vehículos Livianos												3.83%
Tasa de Crecimiento Vehículos Ómnibus												3.83%
Tasa de Crecimiento Vehículos Pesados												3.63%
Trafico Generado												0.00%
Vehículo	Tasa Crec.	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Automóvil	3.83%	18	19	19	20	21	22	23	23	24	25	26
Station Wagon	3.83%	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7
Camioneta Pick Up	3.83%	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Camioneta Rural	3.83%	17	18	18	19	20	21	21	22	23	24	25
Microbús	3.83%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ómnibus 2E	3.83%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ómnibus 3E	3.83%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ómnibus 4E	3.63%	11	11	12	12	13	13	14	14	15	15	16
Camión 2E	3.63%	7	7	8	8	8	8	9	9	9	10	10
Camión 3E												



Camión 4E	3.63%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 8x4	3.63%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semi-tráiler 2S1/2S2	3.63%	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
Semi-tráiler 2S3	3.63%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semi-tráiler 3S1/3S2	3.63%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semi-tráiler >=3S3	3.63%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tráiler 2T2	3.63%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tráiler 2T3	3.63%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tráiler 3T2	3.63%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tráiler 3T3	3.63%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		82	85	88	92	96	99	103	107	111	115	119

Nota: propia

Tabla 36

E2 - Dv. Munaypa Km. 24+200 | Tramo: Inchupalla - Emp. PE - 34H

(Huatasani)

E2 - Dv. Munaypa Km. 24+200 Tramo: Inchupalla - Emp. PE - 34H (Huatasani)												
Tráfico Normal Proyectado												
Tasa de Crecimiento Vehículo Livianos											3.83%	
Tasa de Crecimiento Vehículo Ómnibus											3.83%	
Tasa de Crecimiento Vehículo Pesados											3.63%	
Trafico Generado											0.00%	
Vehículo	Tasa Crec.	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Automóvil	3.83%	38	39	41	43	44	46	48	49	51	53	55
Station Wagon	3.83%	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15
Camioneta Pick Up	3.83%	27	28	29	30	31	33	34	35	36	38	39
Camioneta Rural	3.83%	42	44	45	47	49	51	53	55	57	59	61
Microbús	3.83%	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
Ómnibus 2E	3.83%	6	6	6	7	7	7	8	8	8	8	9



Ómnibus 3E	3.83%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ómnibus 4E	3.83%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión 2E	3.63%	14	15	15	16	16	17	17	18	19	19	20
Camión 3E	3.63%	14	15	15	16	16	17	17	18	19	19	20
Camión 4E	3.63%	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
Camión 8x4	3.63%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semi-tráiler 2S1/2S2	3.63%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semi-tráiler 2S3	3.63%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semi-tráiler 3S1/3S2	3.63%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semi-tráiler >=3S3	3.63%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tráiler 2T2	3.63%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tráiler 2T3	3.63%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tráiler 3T2	3.63%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tráiler 3T3	3.63%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		156	162	167	175	180	188	196	203	211	217	226

Nota: elaboración propia

4.1.9. Encuestas Origen Destino

OD1 - C.P Tirapunco Km. 3+000

Tabla 37 se presenta el resumen con el número de encuestas por tipo de vehículo:

Tabla 37

Número de encuestas estación OD1 - C.P Tirapunco Km. 3+000

Tipo De Vehículo	Od1 - C.P Tirapunco Km. 3+000			Total Vehículo	Por (%) Vehículo
	03/07/2023	04/07/2023	05/07/2023		
Auto	31	14	9	54	26.60%
Station Wagon	5	1	2	8	3.94%
Camioneta Pick Up	25	19	16	60	29.56%
Camioneta Rural	19	14	9	42	20.69%
Camión C2e	19	3	8	30	14.78%



Camión C3e	5	4	0	9	4.43%
Total, Por Día	104	55	44	203	100.00%
(%) Por Día	51.23%	27.09%	21.67%	100.00%	

Nota: Elaboración propia

Asimismo, en la tabla 38 se presenta las encuestas totales diferenciadas por vehículos de pasajeros y vehículos de carga:

Tabla 38

Número de encuestas diferenciado pasajeros y carga | OD1

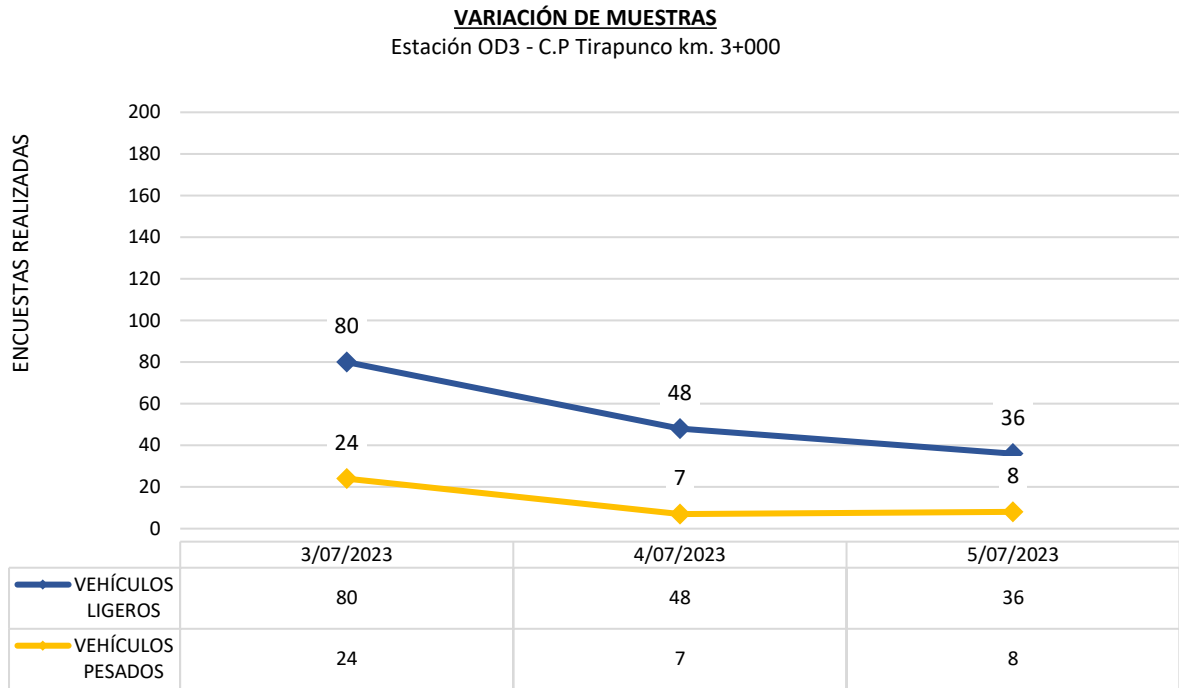
Tipo De Vehículo	Od1 - C.P Tirapunco Km. 3+000			Total, Por Vehículo	(% Por Vehículo
	03/07/2023	04/07/2023	05/07/2023		
Vehículos Ligeros	80	48	36	164	80.79%
Vehículos Pesados	24	7	8	39	19.21%
Total, Por Día	104	55	44	203	100.00%
(%) Por Día	51.23%	27.09%	21.67%	100.00%	

Nota Elaboración propia

Figura 18 durante los días de encuesta, los vehículos de pasajeros en total tuvieron mayor incidencia en comparación a los vehículos de carga.

Figura 19

Variación de muestras | OD1

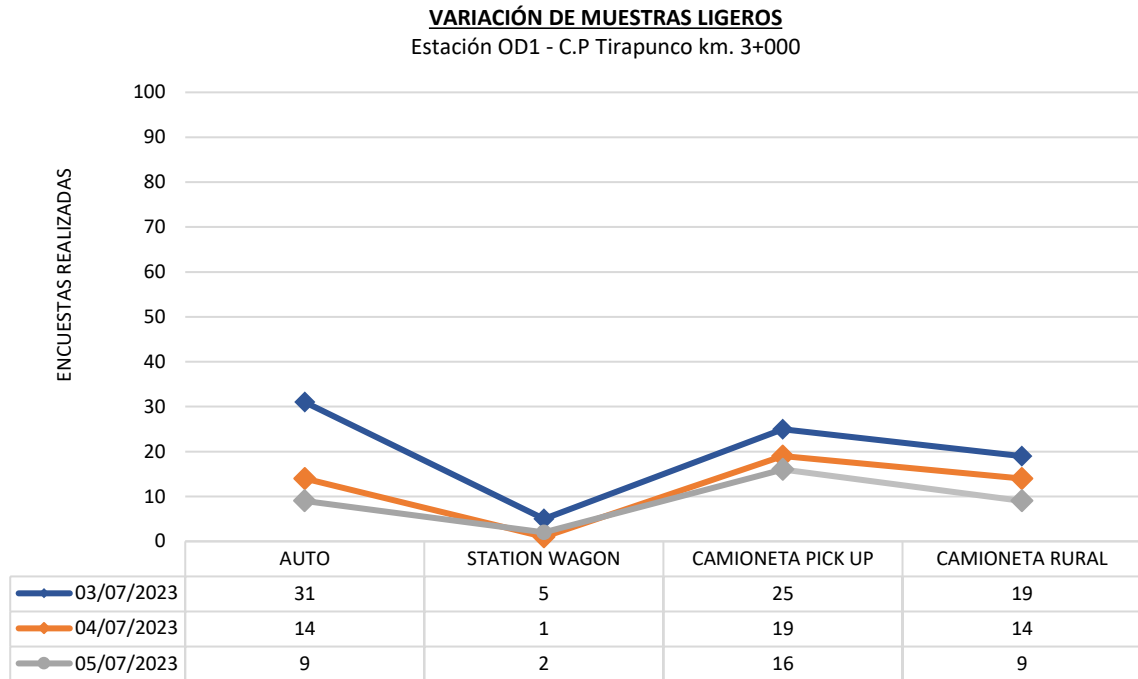


Nota Elaboración propia

Figura 19, el vehículo de pasajeros de mayor incidencia es la camioneta pick up con 60 encuestas en total, seguido del auto con 54 encuestas en total.

Figura 20

Variación de muestras – Pasajeros | OD1

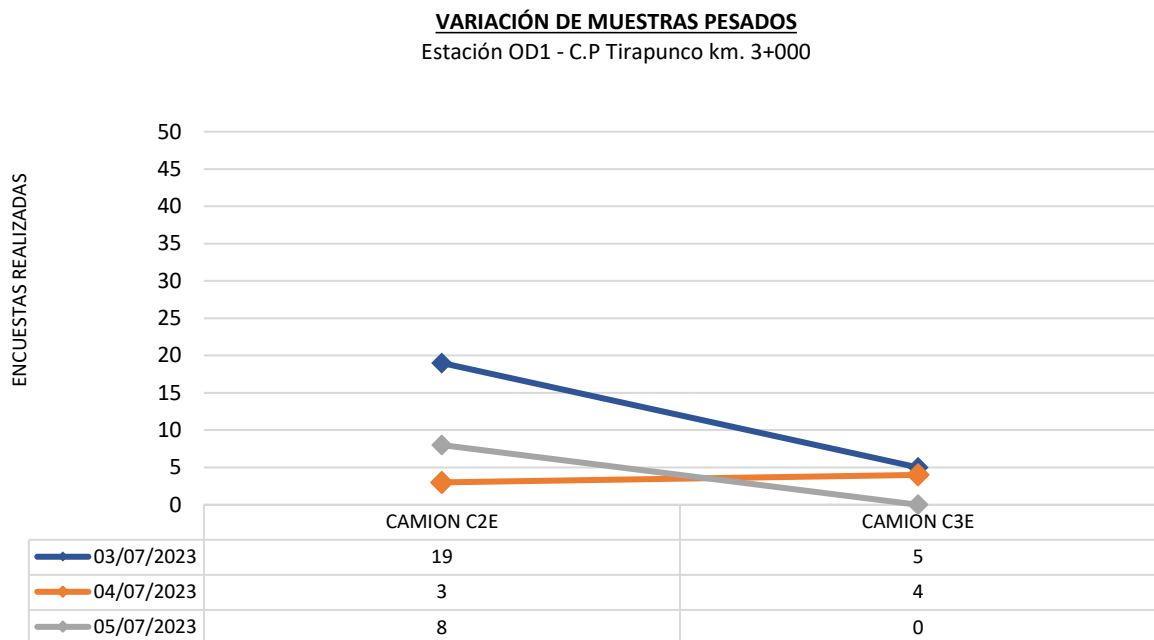


Nota: Elaboración propia

Por el contrario, en la figura 20 el vehículo de carga de mayor incidencia es el camión C2E con 30 encuestas en total.

Figura 21

Variación de muestras – Carga | OD1



Nota: Elaboración propia

4.1.10. Factor De Expansión.

El procedimiento para establecer el factor de expansión se detalla a continuación:

Se determina el IMDA y el número de encuestas obtenidas por tipología vehicular.

Obtenido los datos mencionados en el punto anterior, se procede a realizar una división que se detalla a continuación:

$$\frac{\text{Nº de Encuestas por tipo de vehiculo}}{\text{IMDA (tipo de vehiculo)}}$$

El valor obtenido nos da el factor de expansión de cada tipología vehicular hallada en campo.

El factor de expansión utilizado para determinar las matrices expandidas se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 39

Factor de Expansión – OD1

TIPOLOGIA VEHICULAR	FACTOR DE EXPANSIÓN
Auto	2.696
Station Wagon	
Camioneta Pick Up	2.727
Camioneta Rural	2.471
Camión	2.167

Nota: Elaboración Propia

4.1.11. Matrices origen – destino de vehículos de carga.

a) Matriz Expandida.

El procedimiento para determinar las matrices expandidas se detalla a continuación:

- ✓ Se realiza las matrices por tipología vehicular de las encuestas relevadas en campo.
- ✓ Una vez realizado el paso anterior, se procede a dividir los valores de los pares origen destino entre el factor de expansión antes hallado.

$$\frac{\text{Valores de los pares origen destino (Tipología Vehicular)}}{\text{Factor de Expansion (Tipología Vehicular)}}$$

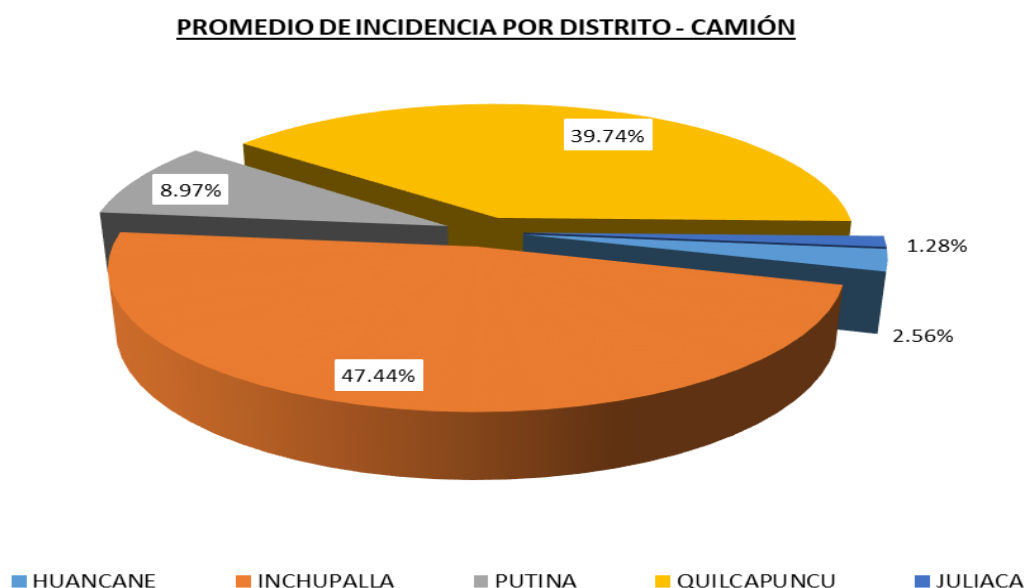
- ✓ Los valores obtenidos después de realizar la operación antes mencionada nos proporcionan las matrices origen destino expandidas por tipología vehicular.

✓ En la tabla 39 se presentan el análisis de las encuestas origen – destino, realizadas en la Estación OD1 - C.P Tirapunco Km. 3+000.

Se obtuvo los siguientes resultados para el transporte en Camiones a nivel de porcentaje:

Figura 22

Incidencia de viaje - Camiones | OD1



Nota: Elaboración propia

Tabla 40 podemos apreciar que:

A nivel de departamento, la muestra total es igual a 39 unidades; realizándose el mayor número de viajes dentro del departamento de Puno.

A nivel de distrito, Inchupalla y Quilcapuncu son los principales origen - destino que se tuvo durante los días de encuesta con 47.44% y 39.74% de incidencia respectivamente.



Tabla 40

Promedio De Incidencia Por Distrito - Camión

<u>INCIDENCIA DE VIAJE DISTRITAL</u>		DEPARTAMENTO		PUNO					TOTAL ORIGEN	% DE INCIDENCIA ORIGEN	% DE INCIDENCIA DESTINO	% DE INCIDENCIA PROMEDIO
DEPARTAMENTO	PROVINCIA	PROVINCIA	HUANCANE	SAN ANTONIO DE PUTINA		SAN ROMAN						
		D	HUANCANE	INCHUPALLA	PUTINA	QUILCAPUNCU	JULIACA					
PUNO	HUANCANE	HUANCANE	0	0	0	1	0	1	2.56%	2.56%	2.56%	
		INCHUPALLA	0	0	4	14	0	18	46.15%	48.72%	47.44%	
	SAN	PUTINA	0	3	0	0	0	3	7.69%	10.26%	8.97%	
	ANTONIO DE	QUILCAPUNCU	1	15	0	0	0	16	41.03%	38.46%	39.74%	
	PUTINA											
	SAN ROMAN	JULIACA	0	1	0	0	0	1	2.56%	0.00%	1.28%	
	TOTAL DESTINO		1	19	4	15	0	39	100.00%	100.00%	100.00%	
	% DE INCIDENCIA DESTINO		2.56%	48.72%	10.26%	38.46%	0.00%	100.00%				

Nota: Elaboración propia



Tabla 41

Matriz Expandida Origen – Destino de Camiones | OD1

<u>INCIDENCIA DE VIAJE DISTRITAL</u>		DEPARTAMENTO		PUNO					TOTAL	ORIGEN	% DE	INCIDENCIA	% DE	INCIDENCIA	% DE	INCIDENCIA
DEPARTAMENTO	PROVINCIA	PROVINCIA	HUANCANE		SAN ANTONIO DE		SAN									
		DO	HUANCAN	INCHUPALLA	PUTINA	QUILCAP	ROMAN									
					PUTIN	QUILCAP	JULIACA									
PUNO	HUANCANE	HUANCANE	0	0	0	0	0	0	0	2.56%	2.56%	2.56%				
		INCHUPALLA	0	0	2	6	0	8	46.15%	48.72%	47.44%					
	SAN ANTONIO DE PUTINA	PUTINA	0	1	0	0	0	1	7.69%	10.26%	8.97%					
		QUILCAPUNCU	0	7	0	0	0	7	41.03%	38.46%	39.74%					
	SAN ROMAN	JULIACA	0	0	0	0	0	0	2.56%	0.00%	1.28%					
	TOTAL DESTINO		0	9	2	7	0	18	100.00%	100.00	100.00					
% DE INCIDENCIA DESTINO			2.56%	48.72%	10.26%	38.46%	0.00%	100.00								

Nota: Elaboración propia

4.1.12. Matrices origen – destino de vehículos Autos y Station Wagon

Wagon

OD1 - C.P Tirapunco Km. 3+000

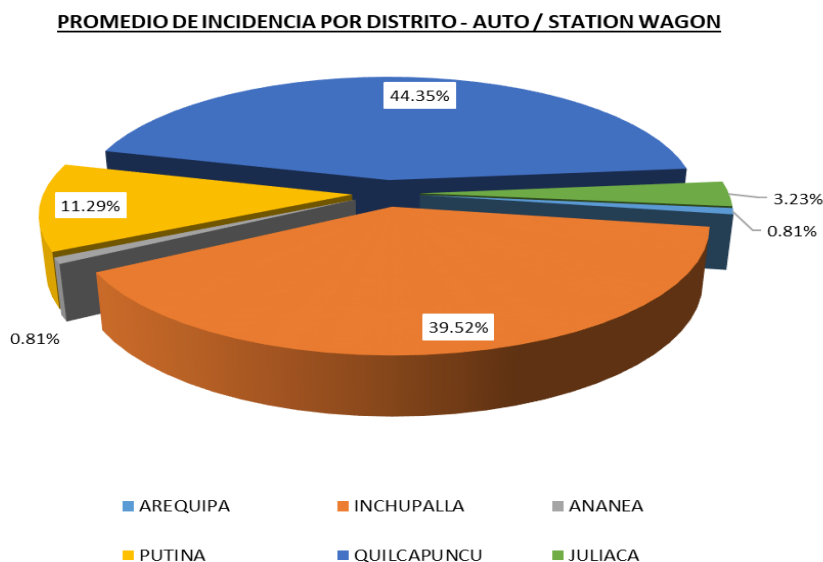
En las siguientes tablas se muestran el análisis de las encuestas origen – destino, realizadas en la Estación OD1 - C.P Tirapunco Km. 3+000.

Se obtuvo los siguientes resultados para el transporte en Autos y Station

Wagon a nivel de porcentaje:

Figura 23

Incidencia de viaje - Autos y Station Wagon | OD1



Nota: Elaboración propia

Tabla 42 podemos apreciar que:

A nivel de departamento, la muestra total es igual a 62 unidades; realizándose el mayor número de viajes dentro del departamento de Puno.

A nivel de distrito, Quilcapuncu y Inchupalla son los principales origen - destino que se tuvo durante los días de encuesta con 44.35 y 39.52% de incidencias respectivamente.



Tabla 42

Matriz Origen – Destino de Autos y Station Wagon | OD1

<u>Incidencia De Viaje</u>		Departamen to	Arequip a		Puno				Total Origen	% De Incidencia Origen	% De Incidencia Destino	% De Incidencia Promedio
<u>Distrital</u>			Provincia	Arequip a	Huancan e	San Antonio De Putina		San Roman				
Departamento	Provincia	D O	Arequipa	Inchupalla	Ananea	Putina	Quilca puncu	Juliaca				
Arequipa	Arequipa	Arequipa	0	1	0	0	0	0	1	1.61%	0.00%	0.81%
Puno	Huancane	Inchupalla	0	0	1	5	24	2	32	51.61%	27.42%	39.52%
	San	Ananea	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	1.61%	0.81%
	Antonio	Putina	0	2	0	0	3	0	5	8.06%	14.52%	11.29%
	De Putina	Quilcapuncu	0	13	0	4	5	0	22	35.48%	53.23%	44.35%
	San	Juliaca	0	1	0	0	1	0	2	3.23%	3.23%	3.23%
	Román											
	Total Destino		0	17	1	9	33	2	62	100.00	100.00	100.00
										%	%	%
	% De Incidencia Destino		0.00%	27.42%	1.61%	14.52	53.23	3.23%	100.00			
						%	%		%			

Nota: Elaboración propia

Tabla 43

Matriz Expandida Origen – Destino de Autos y Station Wagon | OD1

Incidencia De Viaje		Departamento	Arequipa		Puno				Total Origen	% De Incidencia Origen	% De Incidencia Destino	% De Incidencia Promedio
Distrital		Provincia	Arequipa	Huancane	San Antonio De Putina			San Roman				
Departamento	Provincia	D	Arequipa	Inchupalla	Ananea	Putina	Quilcapuncu	Juliaca				
Arequipa	Arequipa	Arequipa	0	0	0	0	0	0	0	1.61%	0.00%	0.81%
Puno	Huancané	Inchupalla	0	0	0	2	9	1	12	51.61%	27.42%	39.52%
	San	Ananea	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	1.61%	0.81%
	Antonio De Putina	Putina	0	1	0	0	1	0	2	8.06%	14.52%	11.29%
		Quilcapuncu	0	5	0	1	2	0	8	35.48%	53.23%	44.35%
	San Román	Juliaca	0	0	0	0	0	0	1	3.23%	3.23%	3.23%
Total, Destino			0	6	0	3	12	1	23	100.00%	100.00%	100.00%
% De Incidencia Destino			0.00%	27.42%	1.61%	14.52%	53.23%	3.23%	100.00%			

Nota: Elaboración propia

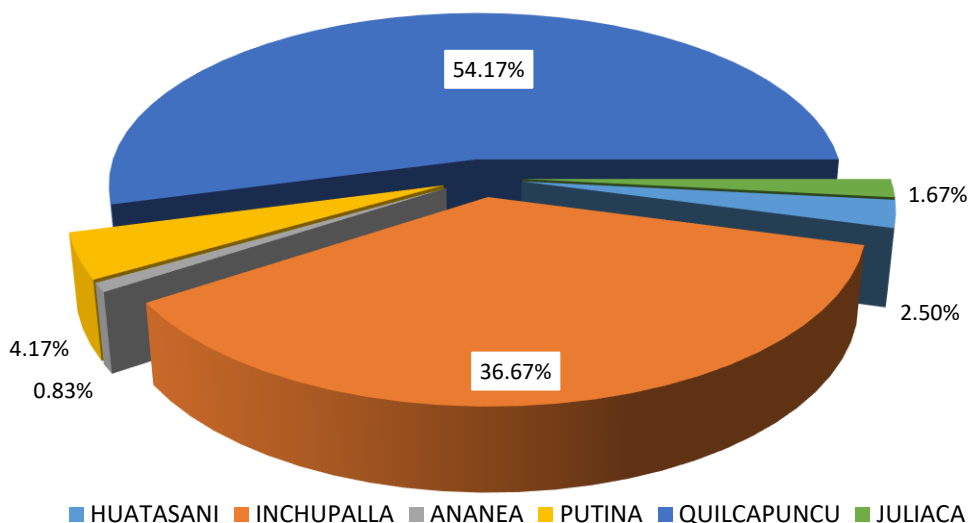
Se obtuvo los siguientes resultados para el transporte en Camioneta

Pick Up a nivel de porcentaje:

Figura 24

Incidencia de viaje - Camioneta Pick Up | OD1

PROMEDIO DE INCIDENCIA POR DISTRITO - CAMIONETA PICK UP



Nota: Elaboración propia

Tabla 44 podemos apreciar que:

A nivel de departamento, la muestra total es igual a 60 unidades; realizándose el mayor número de viajes dentro del departamento de Puno.

A nivel de distrito, Quilcapuncu y Inchupalla son los principales origen - destino que se tuvo durante los días de encuesta con 54.17% y 36.67% de incidencias respectivamente.



Tabla 44

Matriz Origen – Destino de Camioneta Pick Up | OD1

Incidencia De Viaje		Departamento		Puno					Total Origen	% De Incidencia Origen	% De Incidencia Destino	% De Incidencia Promedio
Distrital		Provincia	Huancane	San Antonio De Putina			San Roman					
Departamento	Provincia	D	Huatasani	Inchupalla	Ananea	Putina	Quilcapuncu	Juliaca				
Puno	Huancane	Huatasani	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	5.00%	2.50%
		Inchupalla	0	0	0	1	20	1	22	36.67%	36.67%	36.67%
	San	Ananea	1	0	0	0	0	0	1	1.67%	0.00%	0.83%
	Antonio	Putina	0	1	0	0	2	0	3	5.00%	3.33%	4.17%
	De Putina	Quilcapuncu	2	20	0	1	10	0	33	55.00%	53.33%	54.17%
	San	Juliaca	0	1	0	0	0	0	1	1.67%	1.67%	1.67%
	Roman											
Total Destino			3	22	0	2	32	1	60	100.00%	100.00%	100.00%
% De Incidencia Destino			5.00%	36.67%	0.00%	3.33%	53.33%	1.67%	100.00%			

Nota: Elaboración propia



Tabla 45

Matriz Expandida Origen – Destino de Camioneta Pick Up | OD1

<u>Incidencia De Viaje</u>		<u>Departamento</u>		<u>Puno</u>					<u>Total Origen</u>	<u>% De Incidencia Origen</u>	<u>% De Incidencia Destino</u>	<u>% De Incidencia Promedio</u>	
<u>Distrital</u>		<u>Provincia</u>		<u>Huancane</u>		<u>San Antonio De Putina</u>							<u>San Roman</u>
<u>Departamento</u>	<u>Provincia</u>	<u>D</u>	<u>O</u>	<u>Huatasani</u>	<u>Inchupalla</u>	<u>Ananea</u>	<u>Putina</u>	<u>Quilcapuncu</u>					<u>Juliaca</u>
Puno	Huancane	Huatasani		0	0	0	0	0	0	0	0.00%	5.00%	2.50%
		Inchupalla		0	0	0	0	7	0	8	36.67%	36.67%	36.67%
	San Antonio De Putina	Ananea		0	0	0	0	0	0	0	1.67%	0.00%	0.83%
	Putina		0	0	0	0	1	0	1	5.00%	3.33%	4.17%	
	San Roman	Quilcapuncu		1	7	0	0	4	0	12	55.00%	53.33%	54.17%
	Juliaca		0	0	0	0	0	0	0	1.67%	1.67%	1.67%	
	Total Destino				1	8	0	1	12	0	22	100.00%	100.00%
% De Incidencia Destino				5.00%	36.67%	0.00%	3.33%	53.33%	1.67%	100.00%			

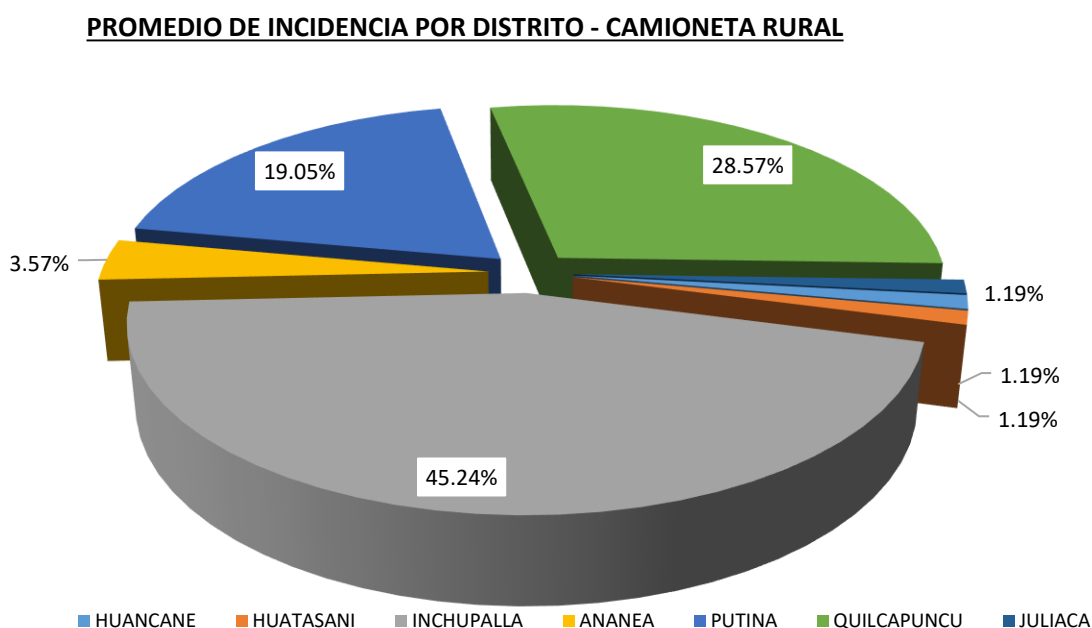
Nota: Elaboración propia

Se obtuvo los siguientes resultados para el transporte en Camioneta

Rural a nivel de porcentaje:

Figura 25

Incidencia de viaje – Camioneta Rural | OD1



Nota: Elaboración propia

Tabla 46 podemos apreciar que:

A nivel de departamento, la muestra total es igual a 42 unidades; realizándose el mayor número de viajes dentro del departamento de Puno.

A nivel de distrito, Inchupalla y Quilcapuncu son los principales origen - destino que se tuvo durante los días de encuesta con 45.24% y 28.57% de incidencias respectivamente.



Tabla 46

Matriz Origen – Destino de Camioneta Rural | OD1

<u>Incidencia De Viaje</u>		<u>Departamento Puno</u>							<u>Total Origen</u>	<u>% De Incidencia Origen</u>	<u>% De Incidencia Destino</u>	<u>% De Incidencia Promedio</u>
<u>Distrital</u>		<u>Provincia</u>	<u>Huancane</u>		<u>San Antonio De Putina</u>			<u>San Roman</u>				
<u>Departamento</u>	<u>Provincia</u>		<u>Huatasani</u>	<u>Inchupalla</u>	<u>Ananea</u>	<u>Putina</u>	<u>Quilcapuncu</u>	<u>Juliaca</u>				
		D O										
Puno	Huancane	Huatasani	0	0	0	0	0	0	0	0.00%	5.00%	2.50%
		Inchupalla	0	0	0	0	7	0	8	36.67%	36.67%	36.67%
	San Antonio De Putina	Ananea	0	0	0	0	0	0	0	1.67%	0.00%	0.83%
		Putina	0	0	0	0	1	0	1	5.00%	3.33%	4.17%
		Quilcapuncu	1	7	0	0	4	0	12	55.00%	53.33%	54.17%
	San Roman	Juliaca	0	0	0	0	0	0	0	1.67%	1.67%	1.67%
Total Destino			1	8	0	1	12	0	22	100.00%	100.00%	100.00%
% De Incidencia Destino			5.00%	36.67%	0.00%	3.33%	53.33%	1.67%	100.00%			

Nota: Elaboración propia



Tabla 47

Matriz Expandida Origen – Destino de Camioneta Rural | OD1

<u>Incidencia De Viaje</u>		Departamento								Total Origen	% De Incidencia Origen	% De Incidencia Destino	% De Incidencia Promedio	
<u>Distrital</u>		Puno												
Departamento	Provincia	Provincia	Huancane			San Antonio De Putina			San Roman					
		D	Huancane	Huatasani	Inchupalla	Ananea	Putina	Quilcapuncu	Juliaca					
Puno	Huancane	O	Huancane	0	0	0	0	0	0	0	0	2.38%	0.00%	1.19%
		Huatasani	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.38%	0.00%	1.19%
		Inchupalla	0	0	0	0	3	4	0	0	7	42.86%	47.62%	45.24%
	San Antonio De Putina	Ananea	0	0	1	0	0	0	0	0	1	4.76%	2.38%	3.57%
		Putina	0	0	2	0	0	0	0	0	2	14.29%	23.81%	19.05%
	San Roman	Quilcapuncu	0	0	5	0	0	0	0	0	5	30.95%	26.19%	28.57%
		Juliaca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.38%	0.00%	1.19%
Total Destino			0	0	8	0	4	4	0	17	100.00%	100.00%	100.00%	
% De Incidencia Destino			0.00%	0.00%	47.62%	2.38%	23.81%	26.19%	0.00%	100.00%				

Nota: Especialidad de Tráfico, 2022

4.1.13. Estadísticas complementarias

OD - C.P Tirapunco Km. 3+000

a) Encuestas a Vehículos de Pasajeros.

En estadísticas complementarias de las encuestas realizadas a vehículos de pasajeros tenemos los siguientes resultados:

El motivo de viaje con mayor incidencia para vehículos de pasajeros es:

TRABAJO.

Tabla 48

Motivo de viaje – Pasajeros| OD1

Motivo De Viaje							Total	Total	
	Auto	Station	Wagon	Camioneta	Pick Up	Camioneta	Rural	General	General (%)
Compras	5	2		6		3		16	9.76%
Emergencia	2	0		0		0		2	1.22%
No Respondió	0	0		1		0		1	0.61%
Paseo / Visita	13	3		15		9		40	24.39%
Salud	1	0		1		0		2	1.22%
Trabajo	33	3		37		30		103	62.80%
Total Vehículos	54	8		60		42		164	100.00%

Nota: Elaboración propia

La frecuencia de viaje con mayor incidencia para vehículos de pasajeros es: 1 POR DÍA y 1 POR SEMANA.



Tabla 49

Frecuencia de viaje – Pasajeros | OD1

Frecuencia De Viaje	Frecuencia De Viaje						Total General	Total General (%)
	Auto	Station	Wagon	Camionet	a Pick Up	Camionet a Rural		
1 Por Dia	11	2	8	4	25	15.24%		
2 Por Dia	4	0	8	8	20	12.20%		
3 Por Dia	0	0	5	1	6	3.66%		
4 Por Dia	0	0	5	1	6	3.66%		
5 Por Dia	1	0	1	0	2	1.22%		
6 Por Dia	1	0	0	0	1	0.61%		
1 por Semana	5	2	11	7	25	15.24%		
2 Por Semana	4	2	5	9	20	12.20%		
3 Por Semana	6	0	2	4	12	7.32%		
4 Por Semana	0	1	2	1	4	2.44%		
7 Por Semana	0	0	0	1	1	0.61%		
1 Por Mes	4	0	3	3	10	6.10%		
2 Por Mes	3	0	3	0	6	3.66%		
4 Por Mes	1	0	0	0	1	0.61%		
5 Por Mes	1	0	1	0	2	1.22%		
6 Por Mes	1	0	0	0	1	0.61%		
1 Por Año	2	0	1	0	3	1.83%		
Diario	10	1	5	3	19	11.59%		

Nota: Elaboración propia

El tipo de combustible con mayor incidencia para vehículos de pasajeros es: GASOLINA.

Tabla 50

Tipo de combustible – Pasajeros | OD1

Tipo De Combustible							Total	Total
	Auto	Station	Wagon	Camioneta	Pick Up	Camioneta Rural	General	General (%)
Diesel	0	0		29	12		41	25.00%
Dual	3	0		0	0		3	1.83%
Gas	2	0		0	0		2	1.22%
Gasolina	49	7	3		16		75	45.73%
Petróleo	0	1		28	14		43	26.22%
Total Vehículos	54	8		60	42		164	100.00%

Nota: Elaboración propia

La marca de vehículo con mayor incidencia para vehículos de pasajeros es: TOYOTA.

Tabla 51

Marca de vehículo – Pasajeros | OD1

Marca De Vehículo							Total	Total
	Auto	Station	Wagon	Camioneta	Pick Up	Camioneta Rural	General	General (%)
Changan	2	0	0		4		6	3.66%
Chevrolet	1	0	0		7		8	4.88%
Hyundai	3	0	0		3		6	3.66%
Kia	4	0	1		0		5	3.05%
Mercedes Benz	0	0	0		8		8	4.88%
Nissan	8	1	2		2		13	7.93%
Toyota	25	7	52		8		92	56.10%
Otros	11	0	5		10		26	15.85%
Total Vehículos	54	8		60	42		164	100.00%

Nota: Elaboración propia



El mayor porcentaje de ocupabilidad vehicular es para: CAMIONETA

PICK UP.

Tabla 52

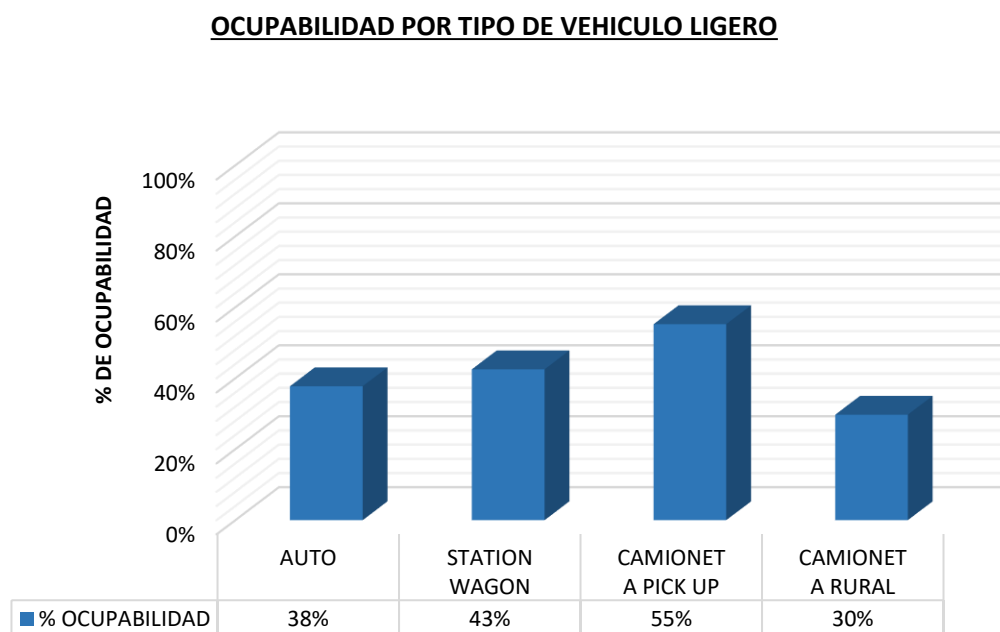
Ocupabilidad vehicular – Pasajeros | OD1

Tipología Vehicular	N° De Veh.	Suma De Asientos	Asiento / N° De Veh.	Suma De Ocupantes	Ocup / N° Vehic	% Ocupabilidad
Auto	54	265	5	100	2	38%
Station Wagon	8	40	5	17	2	43%
Camioneta Pick Up	60	297	5	164	3	55%
Camioneta Rural	42	525	13	156	4	30%
Camioneta Panel	0	0	-	0	-	-
Microbús	0	0	-	0	-	-
Total General	164	1127	7	437	3	39%

Nota: Elaboración propia

Figura 26

Ocupabilidad vehicular – Pasajeros | OD1

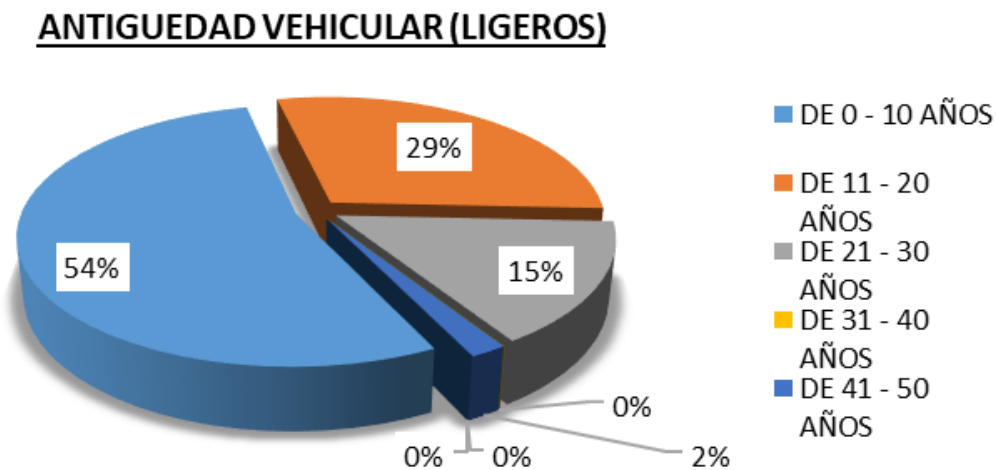


Nota: Elaboración propia

La antigüedad vehicular de la mayoría de las unidades encuestadas se encuentra en el rango de: 0 – 10 años.

Figura 27

Antigüedad vehicular – Pasajeros | OD1

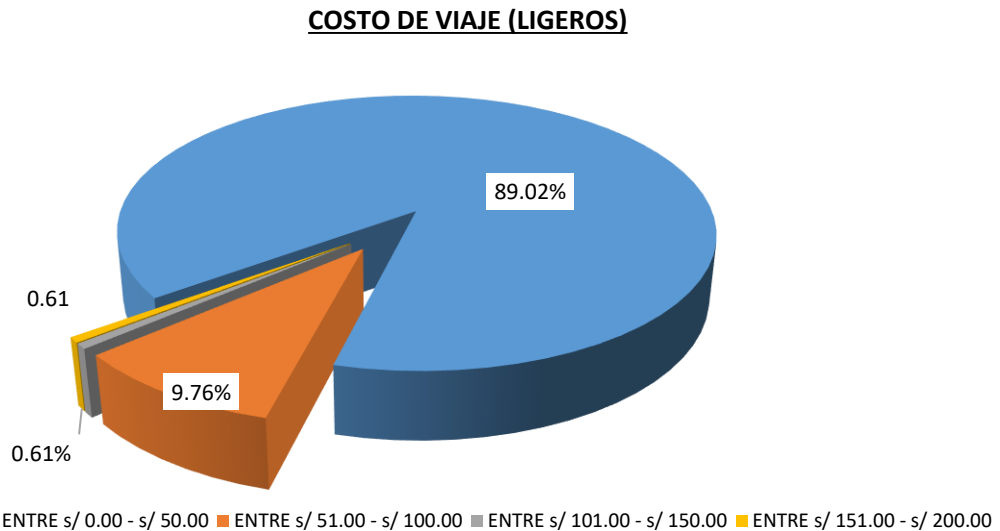


Nota: Elaboración propia

El costo de viaje de la mayoría de las unidades vehiculares encuestadas está entre: s/ 0.00 – s/ 50.00.

Figura 28

Costo de viaje – Pasajeros | OD1



Nota: Elaboración propia

b) Encuestas a Vehículos de Carga

En estadísticas complementarias de las encuestas realizadas a vehículos de carga tenemos los siguientes resultados:

El motivo de viaje con mayor incidencia para vehículos de carga es:

TRABAJO.

Tabla 53*Motivo de viaje – Carga | OD1*

Motivo De Viaje	Camión C2e	Camión C3e	Total General	Total General (%)
Trabajo	30	9	39	100.00%
Total Vehículos	30	9	39	100.00%

Nota: Elaboración propia

La frecuencia de viaje con mayor incidencia para vehículos de carga es:

2 POR SEMANA.

Tabla 54*Frecuencia de viaje – Carga | OD1*

Frecuencia De Viaje	Camión C2e	Camión C3e	Total General	Total General (%)
1 Por Dia	2	0	2	5.13%
2 Por Dia	1	5	6	15.38%
3 Por Dia	1	0	1	2.56%
4 Por Dia	0	1	1	2.56%
1 Por Semana	5	0	5	12.82%
2 Por Semana	9	0	9	23.08%
3 Por Semana	5	1	6	15.38%
4 Por Semana	2	0	2	5.13%
1 Por Mes	3	0	3	7.69%
Diario	2	2	4	10.26%

Nota: Elaboración propia

El tipo de combustible con mayor incidencia para vehículos de carga es:

DIESEL.

Tabla 55

Tipo de combustible – Carga | OD1

Tipo De Combustible	Camión C2e	Camión C3e	Total General	Total General (%)
Diesel	26	9	35	89.74%
Petróleo	4	0	4	10.26%
Total	30	9	39	100.00%

Vehículos

Nota: Elaboración propia

La marca de vehículo con mayor incidencia para vehículos de carga es:

MITSUBISHI.

Tabla 56

Marca de vehículo – Carga | OD1

Marca De Vehículo	Camion C2e	Camion C3e	Total General	Total General (%)
Hyundai	4	0	4	10.26%
Mitsubishi	15	0	15	38.46%
Toyota	6	0	6	15.38%
Volvo	0	8	8	20.51%
Otros	5	1	6	15.38%
Total Vehículos	30	9	39	100.00%

Nota: Elaboración propia

El mayor porcentaje de ocupabilidad vehicular es para: TRAYLER 3T2.

Tabla 57

Ocupabilidad vehicular – Carga | OD1

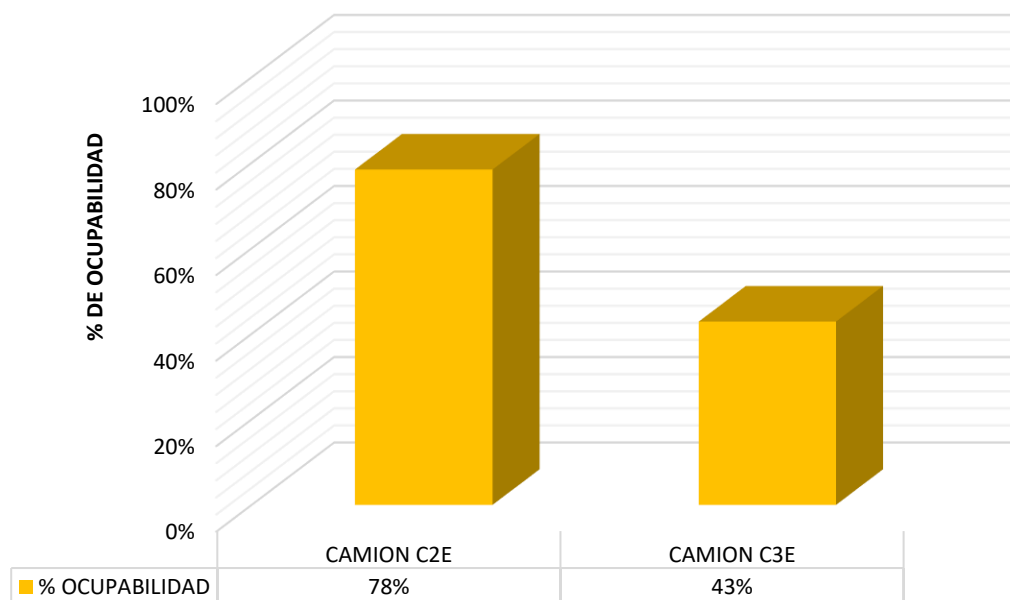
Tipología Vehicular	N° De Veh.	Suma De Asientos	Asiento / N° De Veh.	Suma De Ocupantes	Ocup / N° Vehic	% Ocupabilidad
Camion C2e	30	88	3	69	2	78%
Camion C3e	9	28	3	12	1	43%
Total General	39	116	2.97	81	2.08	70%

Nota: Elaboración propia

Figura 29

Ocupabilidad vehicular – Carga | OD1

OCUPABILIDAD POR TIPO DE VEHICULO PESADO

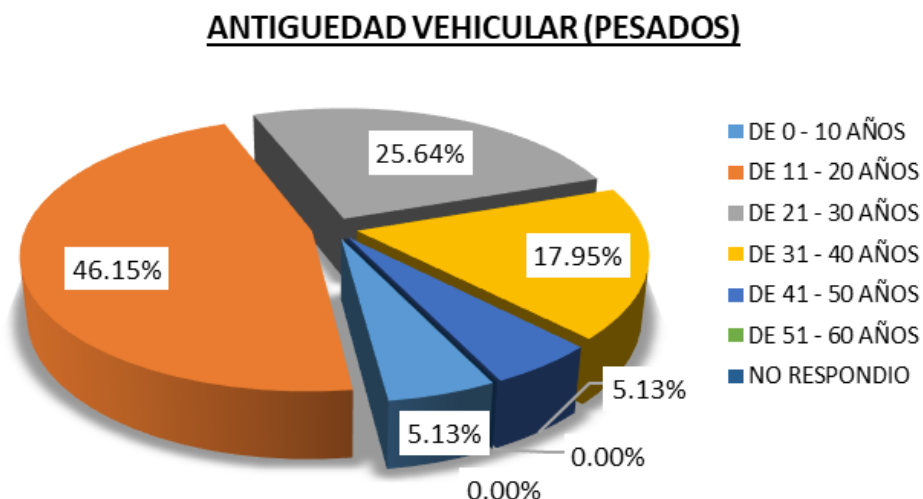


Nota: Elaboración propia

La antigüedad vehicular de la mayoría de las unidades encuestadas se encuentra en el rango de: 11 – 20 años.

Figura 30

Antigüedad vehicular – Carga | OD1

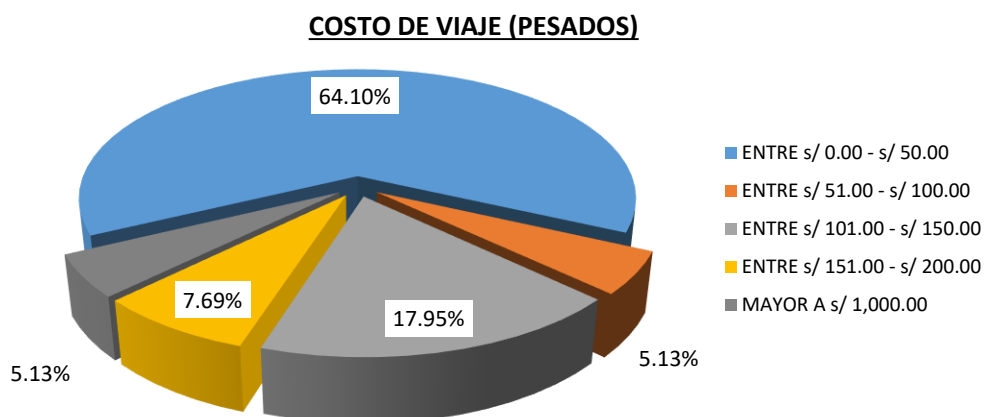


Nota: Elaboración propia

El costo de viaje de la mayoría de las unidades vehiculares encuestadas está entre: s/ 0.00 – s/ 50.00.

Figura 31

Costo de viaje – Carga | OD1



Nota: Elaboración propia

Los vehículos encuestados, en su mayoría, se encuentran con sus unidades vacías, sin carga alguna.

Tabla 58

Carga transportada – Carga | OD1

Producto Transportado	Camión		Total General	Total General (%)
	C2e	C3e		
Arena / Hormigón	0	4	4	10.26%
Frutas	1	0	1	2.56%
Ganado	5	1	6	15.38%
Mercadería / Abarrotes	5	0	5	12.82%
Productos Variados	1	0	1	2.56%
Vacío	16	4	20	51.28%
Verduras	2	0	2	5.13%
Total, Vehículos	30	9	39	100.00%

Nota: Elaboración propia

4.1.14. Censos De Carga

a) Tamaño y características de la muestra

CC1 - C.P Tirapunco Km. 3+000

Tabla 59, se presenta una tabla resumen con el número de muestras realizadas por tipo de vehículo:

Tabla 59

Número de muestras estación CC1 - C.P Tirapunco Km. 3+000

Tipo De Vehículo	Cc1		Total Por Vehículo	(%) Por Vehículo
	18/08/202	19/08/202		
Camión C2e	3	3	22	70.97%
Camión C3e	19	3	9	29.03%
Total Por Día	5	4	31	100.00%
(%) Por Día	77.42%	22.58%	100.00%	

Nota: Elaboración propia

Tabla 60, se puede apreciar la distribución según el tipo de vehículo de carga presentado durante el periodo de pesaje:

Tabla 60

Composición vehículos de carga | CC1

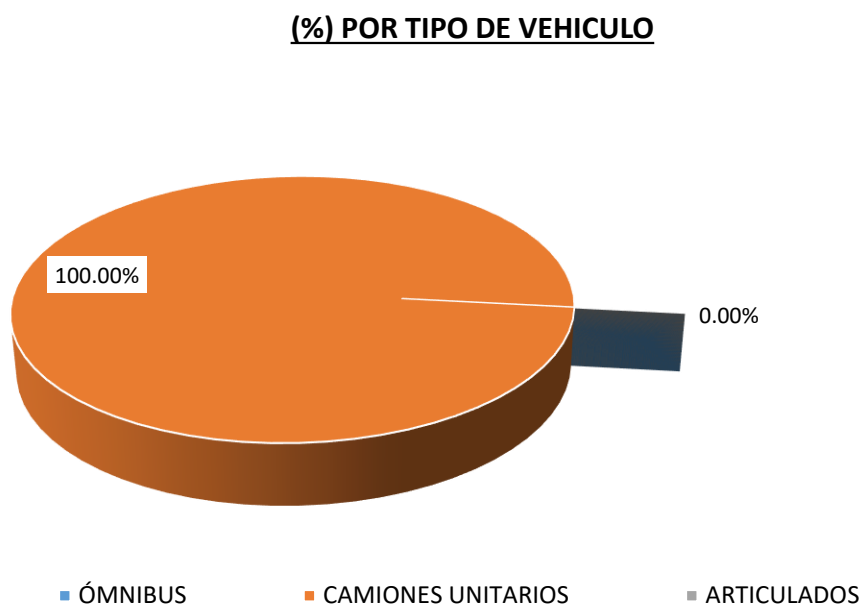
Tipo De Vehículo	(%) Por Tipo De Vehículo
Ómnibus	0.00%
Camiones Unitarios	100.00%
Articulados	0.00%
Total	100.00%

Nota: Elaboración propia

Se observa que el 100% de los vehículos pesados corresponden a camiones unitarios conformados por camiones de 02 y 03 ejes, los cuales tienen mayor incidencia en la zona.

Figura 32

Composición vehículos de carga | CC1



Nota: Elaboración propia

b) Estadísticas y análisis de pesos y sobrecargas

CC1 - C.P Tirapunco Km. 3+000

En la Tabla 61 se puede diferenciar a los vehículos encuestados según la ocupación de su carga dentro de las unidades, donde se puede apreciar que el 38.71% de los vehículos que participaron de este censo de carga llevaban sus unidades vacías, mientras que el 61.29% de vehículos tenían carga dentro de sus unidades.

Tabla 61*Encuestas según carga – CC1*

Tipología Vehicular	Vehículos Vacíos	Vehículos Con Carga	Vehículos Encuestados	Total (%)
Camión C2e	9	13	22	70.97%
Camión C3e	3	6	9	29.03%
Total	12	19	31	100.00%
Total (%)	38.71%	61.29%	100.00%	

Nota: Elaboración propia

En la Tabla 62 se puede apreciar los vehículos con sobrecarga y sin sobrecarga que se hallaron en la Estación CC1- C.P Tirapunco Km. 3+000:

Tabla 62*Encuestas con sobrecarga y sin sobrecarga – CC1*

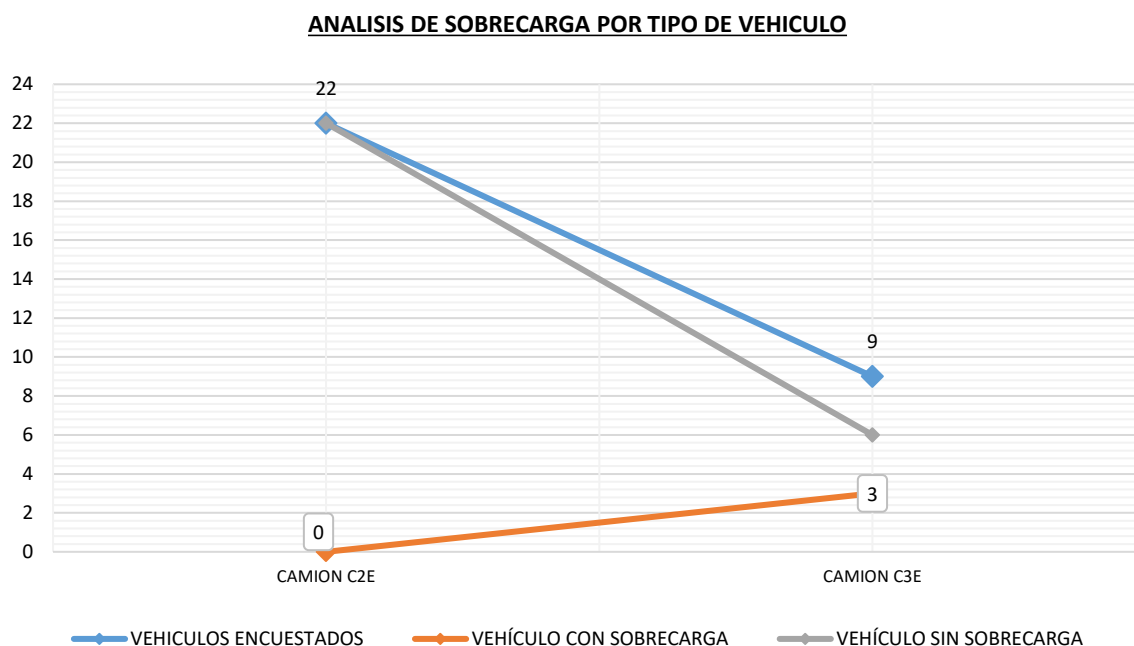
Tipología Vehicular	Vehículo Con Sobrecarga	Vehículo Sin Sobrecarga
Camion C2e	0	22
Camion C3e	3	6
Total	3	28

Nota: Elaboración propia

La figura 32, de las 31 encuestas de censo de carga realizadas solo 3 llevan sobrecarga dentro de sus unidades.

Figura 33

Análisis de sobrecarga – CC1



Nota: Elaboración propia

c) Análisis Peso Promedio

En la tabla 63 se puede apreciar el peso promedio total por tipo de vehículo:

Tabla 63

Peso promedio total – CC1

Tipología Vehicular	Peso Promedio Total
Camión C2e	5,977 Kg
Camión C3e	19,848 Kg
Total	25,825 Kg

Nota: Elaboración propia

Asimismo, en la tabla 64, el peso promedio según la condición de la unidad, con sobrecarga o sin sobrecarga:

Tabla 64*Peso promedio con sobrecarga y sin sobrecarga – CC1*

Tipología Vehicular	Vehículo Con Sobrecarga	Vehículo Sin Sobrecarga	Peso Normativo (D.S. N° 058-2003)
Camión C2e	Sin Incidencia	5,977 kg	30,000 kg
Camión C3e	26,593 kg	16,475 kg	18,000 kg
Total	26,593 Kg	22,452 kg	-

Nota: Elaboración propia

Por último, en la siguiente tabla se puede apreciar el peso promedio por tipo de eje vehicular:

Tabla 65*Peso promedio por Eje – CC1*

Tipología Vehicular	Peso Promedio (Eje Simple)	Peso Promedio (Eje Tandem)	Peso Promedio (Eje Tridem)
Camion C2e	5,977 Kg	0 Kg	0 Kg
Camion C3e	5,161 Kg	14,687 Kg	0 Kg
Total	11,138 Kg	14,687 Kg	0 Kg

Nota: Elaboración propia

4.1.15. Obtención De Repeticiones De Ejes Equivalentes De Carga.

Para determinar los ejes equivalentes de carga, las actividades a realizar constan de realizar pesajes vehiculares, mediante una balanza electrónica a los vehículos de carga que circulan por la carretera en estudio, para posteriormente realizar los cálculos del mismo y determinar los siguientes parámetros:

- ✓ Factor de Carga o Factor destructivo (Metodología AASHTO)

- ✓ Factor por presión Neumática (Metodología Instituto de ASFALTO)

Los trabajos de censo de carga se realizaron con una Balanza Electrónica Portátil Móvil Marca PRECIX WEIGHT y Modelo Axle Weigh IV, de una capacidad de pesaje hasta de 20 Toneladas por eje equivalente del vehículo que fue pesado.

Figura 34

Control de peso y medición de presión en neumático de Camión C2



Factor Destructivo (Metodología AASHTO)

En la tabla 66 se aprecian los Factores Destructivos para Pavimento Flexible halladas en la estación de Censo de Carga.

Tabla 66

Factores Destructivos Flexible hallados en campo | CC1

Factores Destructivos Totales Por Tipo De Vehículo - Pavimento Flexible

Estación: CC1 - C.P Tirapunco Km. 3+000

Tipo De Vehículo	Factor Destructivo Total	Factor Destructivo Total
	Fxc	Fxcxpn (90 Psi)
Bus 2e	4.5037	6.125
Bus 3e	2.6313	3.5786
Bus 4e	3.8967	5.2995
Camión 2e	0.2281	0.245



Camión 3e	0.7691	1.0459
Camión 4e	2.7736	3.772
Camión 8x4	4.5499	6.1879
Semitrayler 2s1 Ó T2s1	7.7419	10.529
Semitrayler 2s2 Ó T2s2	6.5229	8.8711
Semitrayler 2s3 Ó T2s3	6.2097	8.4452
Semitrayler 3s1 Ó T3s1	6.5229	8.8711
Semitrayler 3s2 Ó T3s2	5.3038	7.2132
Semitrayler >=3s3 Ó T3s3	4.9906	6.7872
Trayler 2t2 Ó C2r2	10.9802	14.9331
Trayler 2t3 Ó C2r3	9.7612	13.2752
Trayler 3t2 Ó C3r2	9.7612	13.2752
Trayler 3t3 Ó C3r3	8.5421	11.6172
Trayler 3t4 Ó C3r4	7.323	9.9593
Trayler 4t2 Ó C4r2	9.2501	12.5802
Trayler 4t3 Ó C4r3	8.0311	10.9222

Nota: Elaboración propia

Estimación de ESAL

Los Ejes Equivalentes es una medida que estima el número de repeticiones de ejes con una carga equivalente de 18 kips (8,16 t = 80 kN) durante un período específico. El uso de esta carga equivalente es necesario debido a que el tráfico incluye unidades de diferentes tamaños, pesos y números de ejes.

Tabla 67

ESAL's por pavimento flexible calculado por cada tramo analizado para el presente estudio

Ruta		PE-34T			
Tramo	Tramo 1		Tramo 2		
Estación	E1 - C.P Tirapunco Km. 3+000		E2- Dv. Munaypa Km. 24+200		
Tramo Homogeneo	Emp. PE-34H (Dv. Inchupalla) - Inchupalla		Inchupalla - Emp. PE - 34H (Huatasani)		
Año	Pavimento Flexible		Pavimento Flexible		
	Con Presión	Sin Presión	Con Presión	Sin Presión	
2023	2.31E+04	1.74E+04	4.90E+04	3.66E+04	
2024	3.53E+04	2.65E+04	7.50E+04	5.59E+04	
2025	4.79E+04	3.60E+04	1.02E+05	7.59E+04	
2026	6.10E+04	4.59E+04	1.30E+05	9.67E+04	
2027	7.45E+04	5.61E+04	1.59E+05	1.18E+05	
2028	8.86E+04	6.66E+04	1.89E+05	1.41E+05	
2029	1.03E+05	7.76E+04	2.20E+05	1.64E+05	
2030	1.18E+05	8.89E+04	2.52E+05	1.88E+05	
2031	1.34E+05	1.01E+05	2.86E+05	2.13E+05	
2032	1.50E+05	1.13E+05	3.20E+05	2.39E+05	
2033	1.67E+05	1.25E+05	3.57E+05	2.66E+05	

Nota: elaboración propia

4.1.16. Control De Velocidad Y Capacidad.

Tamaño y características de muestra.

La medición de velocidad se realizó en los dos tramos



Tabla 68

Tamaño de muestra por sentidos

Tramo	RUTA PE-34T	
	Tramo: 1-2	
Tipo De Vehículo	Entrada	Salida
Automóvil	10	6
Station Wagon	2	0
Camioneta Pick	7	4
Up		
Camioneta Rural	5	6
Microbús	0	0
Camión C2E	3	4
Camión C3E	0	0
Total Veh. Ligeros	24	16
Total Ómnibus	0	0
Total Veh. Pesados	3	4
Total	27	20

Nota: elaboración propia

De la tabla 68 mostrada se puede apreciar lo siguiente:

La Ruta PE-34T, conformado por los tramos 1 y 2: Presenta un tamaño muestral de 27 vehículos en el sentido entrada y de 20 vehículos en el sentido salida.



Tabla 69

Resultados medición de velocidad | V1 – V2

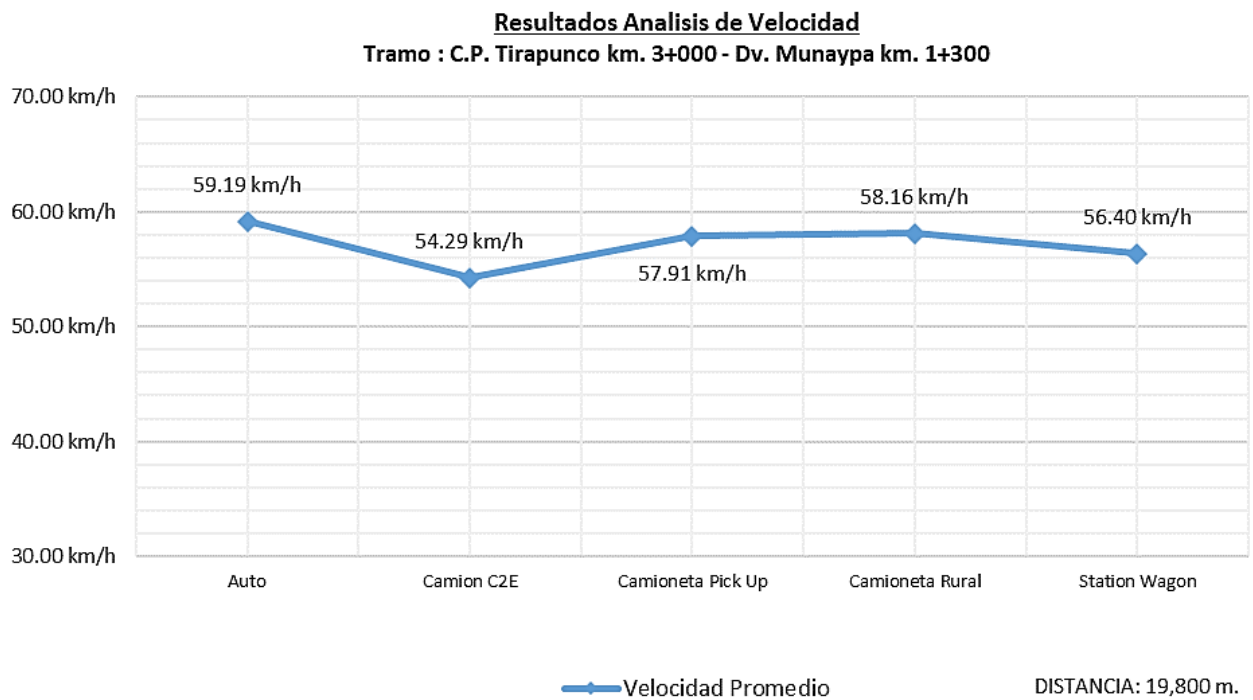
V1 – V2					
Tramo: C.P. Tirapunco Km. 3+000 - Dv. Munaypa Km. 24+200					
Tipo De Vehículo	Tiempo	Tiempo (Segundos)	Distancia (Metros)	Velocidad (M/S)	Velocidad (Km/H)
Auto	00:21:29	1,289 S	21,200 M	16.44 M/S	59.19 Km/H
Camión C2e	00:23:25	1,405 S	21,200 M	15.08 M/S	54.29 Km/H
Camioneta Pick Up	00:21:57	1,317 S	21,200 M	16.09 M/S	57.91 Km/H
Camioneta Rural	00:21:51	1,311 S	21,200 M	16.16 M/S	58.16 Km/H
Station Wagon	00:22:32	1,352 S	21,200 M	15.67 M/S	56.40 Km/H

Nota: elaboración propia

Tabla 69 se observó el promedio de velocidad por tipología vehicular en toda la hora de toma de datos correspondiente al tramo 1 y 2.

Figura 35

Resultados medición de velocidad | V1 – V2



Nota: Fuente Elaboración propia.

De la figura 35 se demuestra que las tipologías con mayor velocidad promedio es el Auto y la Camioneta Rural 59.19 km/h y 58.16 km/h respectivamente.

a) Comparación de resultados obtenidos con respecto al primer estudio de tráfico del 2018

Tabla 70, se presenta la variación de los conteos vehiculares y ejes equivalentes entre el primer relevamiento (2018) y el actual estudio.

Tabla 70

Comparación de resultados primer estudio de tráfico 2018 – y estudio actual 2023 (E1 – E2)

Tipología	E1 - C.P Tirapunco		E2 - Dv. Munaypa	
	Km. 3+000		Km. 24+200	
Vehicular	Estudio 2018 (Imda 2018)	Imda 2023	Estudio 2018 (Imda 2018)	Imda 2023
Automóvil	6	18	12	38
Station Wagon	2	5	11	10
Camioneta Pick Up	38	22	34	27
Camioneta Panel	0		2	
Camioneta Rural	16	17	27	42
Microbús	0	0	2	2
Bus 2e	0	0	8	6
Bus 3e	0	0	0	1
Bus 4e		0		0
Camión 2e	10	11	18	14
Camión 3e	7	7	2	14
Camión 4e	0	0	0	2
Camión 8x4		0		0
Semitrayler 2s1/2s2	1	2	0	0
Semitrayler 2s3	0	0	0	0
Semitrayler 3s1/3s2	0	0	0	0
Semitrayler >=3s3	0	0	0	0
Trayler 2t2	0	0	0	0
Trayler 2t3	0	0	0	0



Trayler 3t2	0	0	0	0
Trayler 3t3	0	0	0	0
Total	80	82	116	156

Nota: elaboración propia

4.2. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO.

A través del presente ítem se dará conocer el estado funcional del pavimento mediante la medición de la Rugosidad, esta se analiza con sus parámetros de IRI e Índice presente de Servicio (PSI), los cuales darán una perspectiva de cómo es el comportamiento superficial del pavimento a solicitudes de rugosidad para el confort del paso de los vehículos.

Los levantamientos y procesamientos efectuados obedecen a las normativa del MTC, cumpliendo con el manual de inventarios viales y el manual del subsistema de inventario vial calificado (IVC).

4.2.1. Personal Y Equipos Empleados

Para esta evaluación se contó con 01 técnico de campo; además de 01 chofer, los trabajos se realizaron una vez concluido la charla de inducción.

Para la evaluación de IRI el su utilizo el Perfilómetro laser Kuntur clase I.

Figura 36*Equipo Perfilómetro Laser*

Las características generales del perfilómetro son las siguientes

- ✓ Muestreo simultaneo de perfiles Laser longitudinal, de profundidad y transversal
- ✓ Velocidades de operación: 30 a 120 Km/h.
- ✓ Cálculo del IRI con reporte de medias variables (10 m, 50 m, 100 m, 150 m etc.)
- ✓ Información con GPS
- ✓ Sistema de procesamiento de datos digital.

El equipo consta de los siguientes componentes:

- ✓ Se cuenta con Perfilómetros láser longitudinal para el IRI, con un sistema de sensores, los cuales son de alta precisión y velocidad para la toma de muestras, acelerómetros para medir la referencia inercial, y un ondímetro (encoder óptico) para medir el desplazamiento horizontal de la camioneta.
- ✓ Sistema alimentación DC para los sensores, alimentación AC (con conversor DC/AC) para el preprocesador y computadora portátil.
- ✓ Las líneas de transmisión de datos sirven como canales directos entre los sensores y el sistema de adquisición de datos.



- ✓ Existe un sistema de adquisición y preprocesamiento de datos, que incluye un sistema de tarjeta integrado para digitalizar los datos con un procesador integrado que lo hace adecuado para aplicaciones en tiempo real.
- ✓ Como el IRI necesitaría algún tipo de recopilación de datos, se recomienda una computadora portátil para registrar y almacenar los datos calculados.

4.2.2. Evaluación De La Rugosidad (IRI)

El perfilómetro utilizado para medir la rugosidad de las carreteras debe poder realizar inspecciones ininterrumpidas de la calzada durante una determinada distancia con errores de precisión mínimos. Además, debe tener una alta velocidad operativa de al menos 30 km/h. El índice IRI se calculó siguiendo las directrices del Banco Mundial. El perfil logrado cumple con los requisitos de precisión y polarización de un instrumento Clase 1 según lo definido por ASTM E-950. Los instrumentos de Clase 1 son reconocidos como el método más preciso para determinar el IRI midiendo puntos específicos en pequeños intervalos a lo largo de un tramo de carretera.

De acuerdo con los requerimientos de los equipos de Clase 1, las mediciones se realizan a intervalos inferiores a 250 mm y con una precisión de 0,1 mm o mejor. Los datos IRI capturados por Laser Profiler se recopilan de manera continua y se registran cada 20 m; Estas lecturas se procesan posteriormente a intervalos de cada 200 m.

4.2.3. Trabajos De Campo.

El perfilómetro láser se utiliza para la determinación de diferentes IRI en las carreteras, lo que permite realizar una vigilancia rutinaria de la red de carreteras. También permite detectar desniveles transversales de la vía y



determinar continuamente su profundidad. Las mediciones se realizan en el tráfico donde un vehículo forma parte del flujo en curso, y su amplitud depende no sólo de la topografía sino también del estado, la suspensión y los neumáticos de un vehículo determinado.

En la actualidad, entre las diversas medidas que se utilizan para el control de la calidad de la recepción vial, el IRI es una de ellas que lo expresa con una medida de regularidad y se indica en relación al estándar de confort, seguridad, costos involucrados en el uso de las vías y reducción de los efectos dinámicos sobre un pavimento.

Los beneficios de hacer mediciones de rugosidad y ahuellamientos con este equipo son:

- ✓ El IRI de cada pista del carril se monitorea continuamente. El vehículo utilizado para la recopilación de datos viaja a velocidades entre 30 y 70 km/h.
- ✓ Determinación continua de parámetros que describen la capacidad de servicio y confort de la carretera. Monitoreo de la profundidad de la rodera en ambos carriles a lo largo de la vía.
- ✓ Para mantener el flujo de tráfico normal, se recomienda tomar mediciones a velocidades de conducción regulares.

Es significativo notar que para las tomas de mediciones se consideró cuenta lo siguiente:

- ✓ La medición comenzó después de asegurarse de que se respetaran las distancias mínimas para poder alcanzar la velocidad deseada.
- ✓ Recomendaciones indicadas en la norma ASTM E 950.

- ✓ Con el fin de asegurarse de que todo estuviera en funcionamiento antes del inicio de la jornada laboral, se realizó una prueba de funcionamiento de los equipos.

Resultados:

La vía en estudio está consignada con la Ruta PE -34T, el punto de inicio corresponde Emp. PE-34H (Dv. Inchupalla) – Dv. Janansaya – Inchupalla – Paccha – Emp Pe-34H (Huatasani) con unos 36.709 Km.

Figura 37

Vista de la vía obtenida del Google Earth





Los resultados de la evaluación funcional se obtuvieron luego de procesar los datos de campo y la información adquirida de los equipos y metodologías utilizadas en el estudio.

Cálculo del IRI característico.

Se realizaron cálculos sin considerar las modificaciones provocadas por elementos como reductores de velocidad, badenes, pontones, puentes, badenes y otros puntos que sobresalen de la calzada. El índice de rugosidad se define mediante la siguiente fórmula:

$$IRI_C = IRI_P + Z_R * d_s$$

Donde,

IRI_C: IRI característico

IRI_P: IRI promedio

d_s : Desviación Estándar

Z_R : Factor de Correlación = 0.524

Cálculo del PSI

Es la capacidad que tiene el pavimento para atender el tránsito, el PSI varía de 5.0 (excelente) a 1.0 (pésimo).

Con los valores de IRI representativo por sección, se calcula el Índice de Serviciabilidad Presente del pavimento (Present Serviceability Index - PSI), que presenta el grado de seguridad o confort que siente el usuario al transitar por la vía, traduciéndose además en un parámetro de seguridad. La ecuación que se empleó para el cálculo de PSI es:

$$PSI_{HDM-III} = 5 * e^{\left(\frac{-IRI}{5.5}\right)}$$

Dónde:

IRI en m/km; Modelo HDM-III Paterson, 1987

Tabla 71

Clasificación de Serviabilidad

Valor PSI	Clasificación Serviabilidad - PSI
4 – 5	Muy Buena
3 – 4	Buena
2 – 3	Regular
1 – 2	Mala
0 - 1	Muy Mala

Nota: Fuente Guía AASHTO

Resultados de la rugosidad y PSI tramo 1 Km 0+00 al Km 13+800

Tabla 72

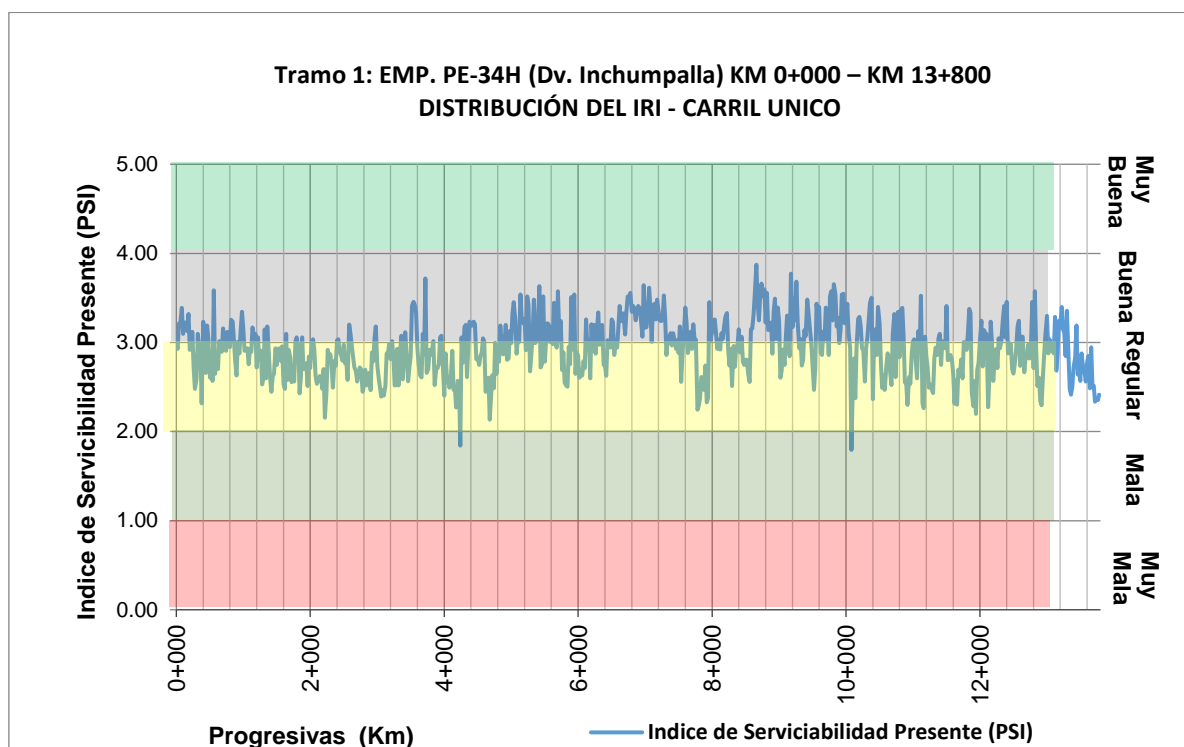
Valor de IRI Tramo 1

	HUELLA IZQUIERDA	HUELLA DERECHA	Promedio De IRI	Índice De Serviabilidad Presente (PSI)
	(M/Km)	(M/Km)	(M/Km)	(M/Km)
Máximo	7.87	7.28	5.78	3.87
Mínimo	1.02	0.81	1.41	1.75
Promedio	2.99	3.08	3.03	2.9
Desviación Estándar	0.89	1.06	0.7	0.36
Valor Característico	3.45	3.64	3.4	3.09

En la Tabla 72 se expresa los valores resumen del Tramo 1, donde el IRI promedio es: 3.03 m/Km, una Desviación Estándar de 0.70 m/Km y un Valor Característico de 3.40 m/Km, el cual ha sido evaluado con equipo Perfilómetro Laser Clase I donde el promedio del PSI es de 2.90 m/Km por lo que se considera que su condición es **Regular**.

Figura 39

Valores de PSI – Tramo 1



Determinación de sectores homogéneos y cálculo de parámetros

promedio por sector

Las secciones de carretera homogéneas diseñadas pueden describirse como aquellas que tienen patrones similares en términos de sus propiedades de ingeniería, incluidos los materiales y espesores de las capas, el grado de desgaste y las características del material de cimentación, etc. La diferencia finita acumulativa fue el método seguido para dividir el corredor.

Un método analítico para las diferencias acumulativas tiene una base matemática. Z_x se grafica como una función de la distancia a través del proyecto, donde Z_x representa la diferencia entre el área bajo la curva a la distancia "x" y la cubierta por la curva a la misma distancia determinada a partir del valor medio de este parámetro. Posteriormente se pueden definir aristas de

subsecciones homogéneas en los puntos donde la pendiente de esta curva cambia de signo. El procedimiento para calcular las diferencias acumuladas se presenta a continuación.

Figura 40

Solución tabular método diferencias acumuladas

Distancia	Valor Parámetro (P _i)	Número de intervalo (n)	Intervalo de distancia (DX _i)	Distancia acumulada (ΣDX _i)	Promedio de Parámetro en el intervalo (Π _i)	Area del intervalo (A _i)	Area acumulada (ΣA _i)	Zx= (ΣA _i) - F*(ΣDX _i)
10	P ₁	1	DX ₁	DX ₁	Π ₁ =P ₁	A ₁ =Π ₁ DX ₁	A ₁	A ₁ - F* DX ₁
20	P ₂	2	DX ₂	DX ₁ +DX ₂	Π ₂ =(P ₁ +P ₂)/2	A ₂ =Π ₂ DX ₂	A ₁ +A ₂	(A ₁ +A ₂) - F*(DX ₁ +DX ₂)
30	P ₃	3	DX ₃	DX ₁ +DX ₂ +DX ₃	Π ₃ =(P ₂ +P ₃)/2	A ₃ =Π ₃ DX ₃	A ₁ +A ₂ +A ₃	(A ₁ +A ₂ +A ₃) - F*(DX ₁ +DX ₂ +DX ₃)
.....								
L _p	P _n	N _t	DX _{nt}	DX ₁ +.....+DX _n	Π _{nt} =(P _{n-1} +P _n)/2	A _{nt} =Π _{nt} DX _{nt}	A ₁ +...+A _{nt}	(A ₁ +...+A _{nt}) - F*(DX ₁ +.....+DX _n)
							At= A ₁ +..+A _{nt}	
							F=At / L _p	

Nota: Fuente AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Para el cálculo de la variable Z_x de acuerdo con la metodología AASHTO 93, se determinará mediante las expresiones:

$$A_i = \frac{(P_{i-1} + P_i) DX_i}{2}$$

$$L_p = \sum_{i=1}^n DX_i$$

$$A_t = \sum_{i=1}^n A_i$$

Donde:

Z_x : Variable diferencia acumulada.



P_i : Valor del Parámetro
analizado.

Dx_i : La distancia entre ensayos.

A_i : Área del Intervalo.

L_p : Longitud total del tramo
analizado.

A_t : Sumatoria de los valores de A_i

n : Número de Intervalo.

$$Z_x = \sum_{i=1}^n A_i - \frac{A_t}{L_p} \sum_{i=1}^n Dx_i$$

Una de las formas de determinar la sectorización de acuerdo con el índice IRI es el procesamiento estadístico de la información, el cual consiste en calcular los valores promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación para cada sector homogéneo determinado, visualizando con líneas naranjas la gráfica correspondiente a la variable IRI. indicando fronteras entre ellos.

En la tabla N°73, se muestra la sectorización por diferencias acumuladas; de los parámetros Funcionales que se obtuvieron para el **Ruta Nacional PE-34T** con un nivel de confiabilidad del 70%. para el valor característico.

Tabla 73

Sectorización de IRI - Ruta 11 – Tramo 1

Sector	Progr. Inicial	Progr. Final	Promedio X (M/Km)	Desviación Estándar S (M/Km)	Valor Característico ¹ X+0.524*S (M/Km)	Índice De Serviciabilidad Presente (Psi) (M/Km)
1	0+000	1+960	3.02	0.48	3.26	2.9
2	1+960	4+780	3.41	0.64	3.74	2.71
3	4+780	7+720	2.62	0.47	2.87	3.12
4	7+720	10+460	2.77	0.68	3.13	3.04
5	10+460	13+800	3.31	0.75	3.7	2.76

En términos generales, **el tramo 1 del Km 00+000 al Km 13+800** en la sectorización presentan 05 sectores el IRI Promedio entre 2.62 y 3.41 m/km, con un valor promedio de 3.02 m/km. el valor Característico entre 2.87 y 3.74 m/Km, con un valor promedio de 3.34 m/Km. y el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) entre 2.71 y 3.12 m/Km., con un valor Promedio de 2.90, está en la condición de **Regular**. Los valores de la evaluación se presentan en los anexos correspondientes.

En los resultados de regularidad **del tramo 1 del Km 00+000 al Km 13+800**, existen puentes, bados y otros elementos ajenos a la superficie de la calzada, que afectan negativa la condición funcional. En la figura 41 se muestra la distribución de IRI para el presente tramo.

Figura 41

Sectores Homogéneos de IRI – Tramo 1

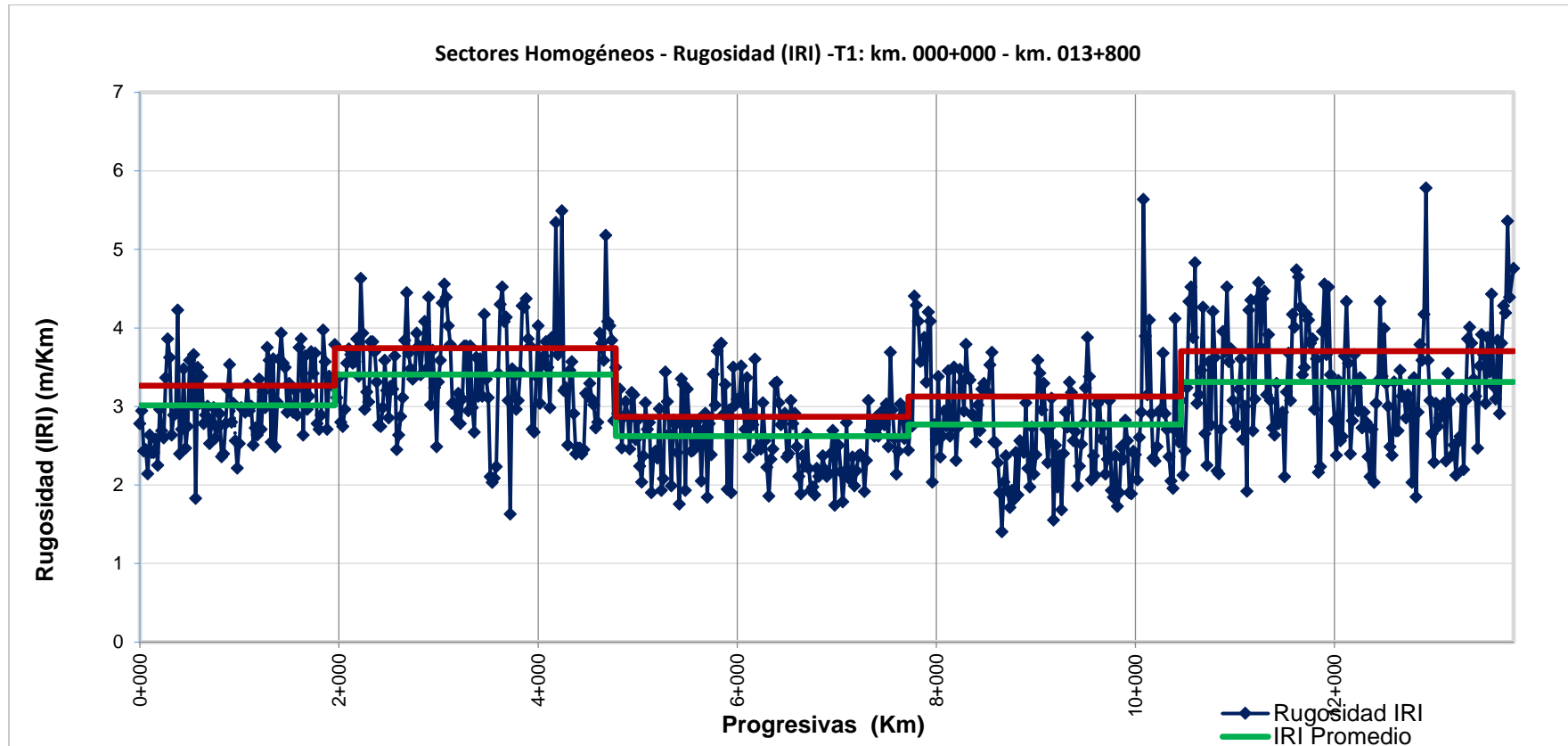
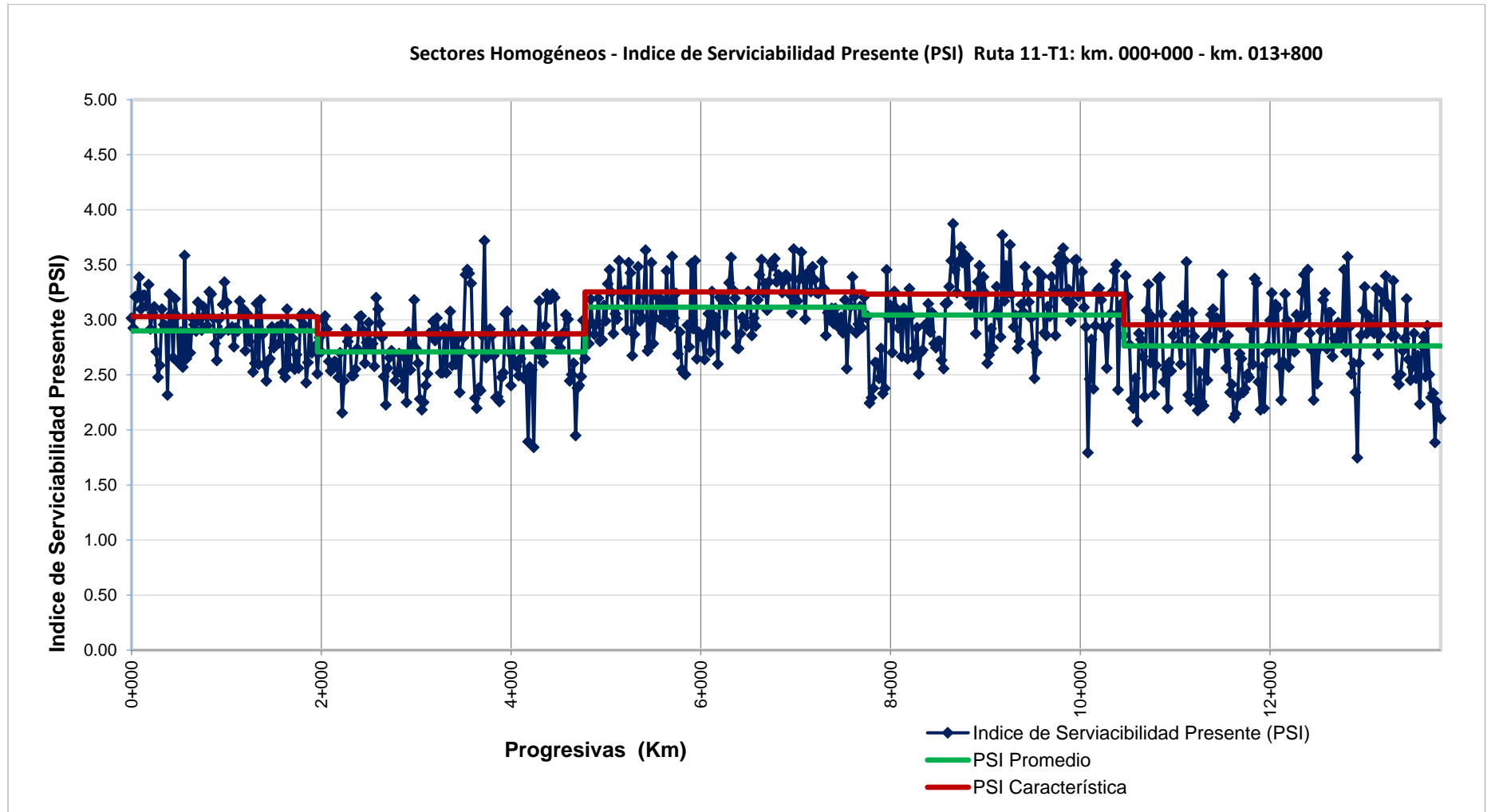


Figura 42

Sectores Homogéneos de PSI – Tramo 1





Resultados de la rugosidad y PSI tramo 2 Km 13+800 al Km 36+709

Tabla 74

Valor de IRI Tramo 2

	Huella Izquierda (M/Km)	Huella Derecha (M/Km)	Promedio De Iri (M/Km)	Índice De Serviciabilidad Presente (PSI) (M/Km)
Máximo	7.82	9.14	6.70	3.98
Mínimo	0.53	1.01	1.25	1.48
Promedio	2.27	3.66	2.96	2.94
Desviación Estándar	0.78	1.25	0.75	0.39
Valor Característico	2.68	4.32	3.36	3.14

Nota: elaboración propia

En la Tabla 74, se expresa los valores resumen del tramo 2, donde el IRI promedio es: 2.96 m/Km, una Desviación Estándar de 0.75 m/Km y un Valor Característico de 3.36 m/Km, el cual ha sido evaluado con equipo Perfilómetro Laser Clase I donde el PSI es de 2.94 m/Km por lo que la condición es **Regular**

Figura 42

Valores de IRI – Tramo 2

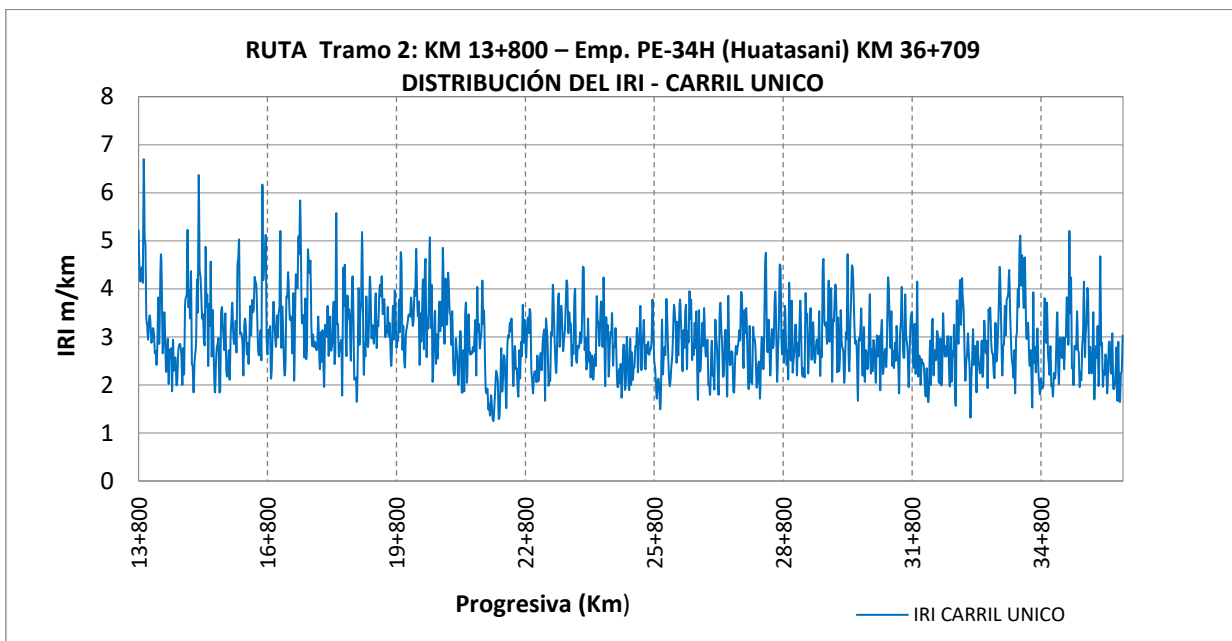
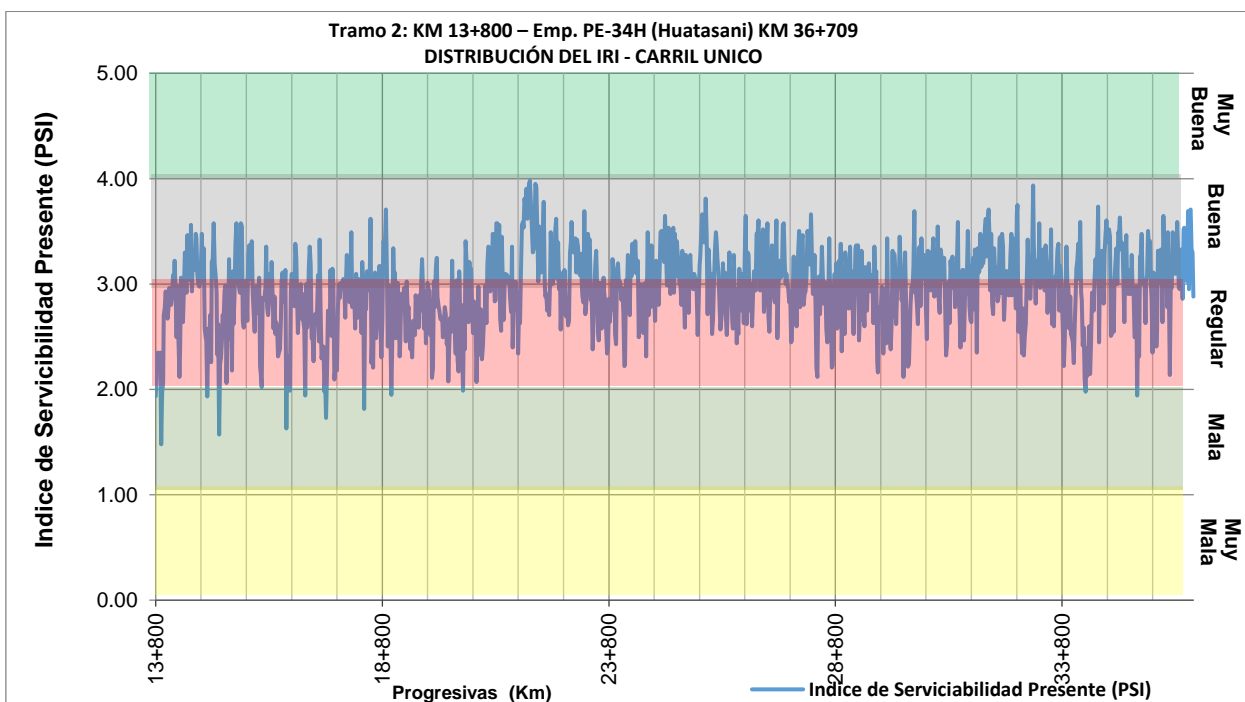


Figura 43

Valores de PSI – Tramo 2





Además, en la graficas siguientes, se muestra la sectorización por diferencias acumuladas; de los parámetros Funcionales que se obtuvieron para el **Ruta Nacional PE-34T** con un nivel de confiabilidad del 70%. para el valor característico.

Tabla 75

Sectorización de IRI - Tramo 2

Sector	Progr. Inicial	Progr. Final	Promedio X (M/Km)	Desviación Estándar S (M/Km)	Valor Característico ¹ X+0.524*S (M/Km)	Índice De Serviciabilidad Presente (Psi) (M/Km)
1	13+800	17+020	3.26	0.89	3.73	2.80
2	17+020	20+980	3.35	0.73	3.74	2.74
3	20+980	24+500	2.74	0.69	3.10	3.06
4	24+500	28+280	2.73	0.57	3.03	3.06
5	28+280	34+380	2.93	0.68	3.28	2.96
6	34+380	36+709	2.71	0.70	3.08	3.08

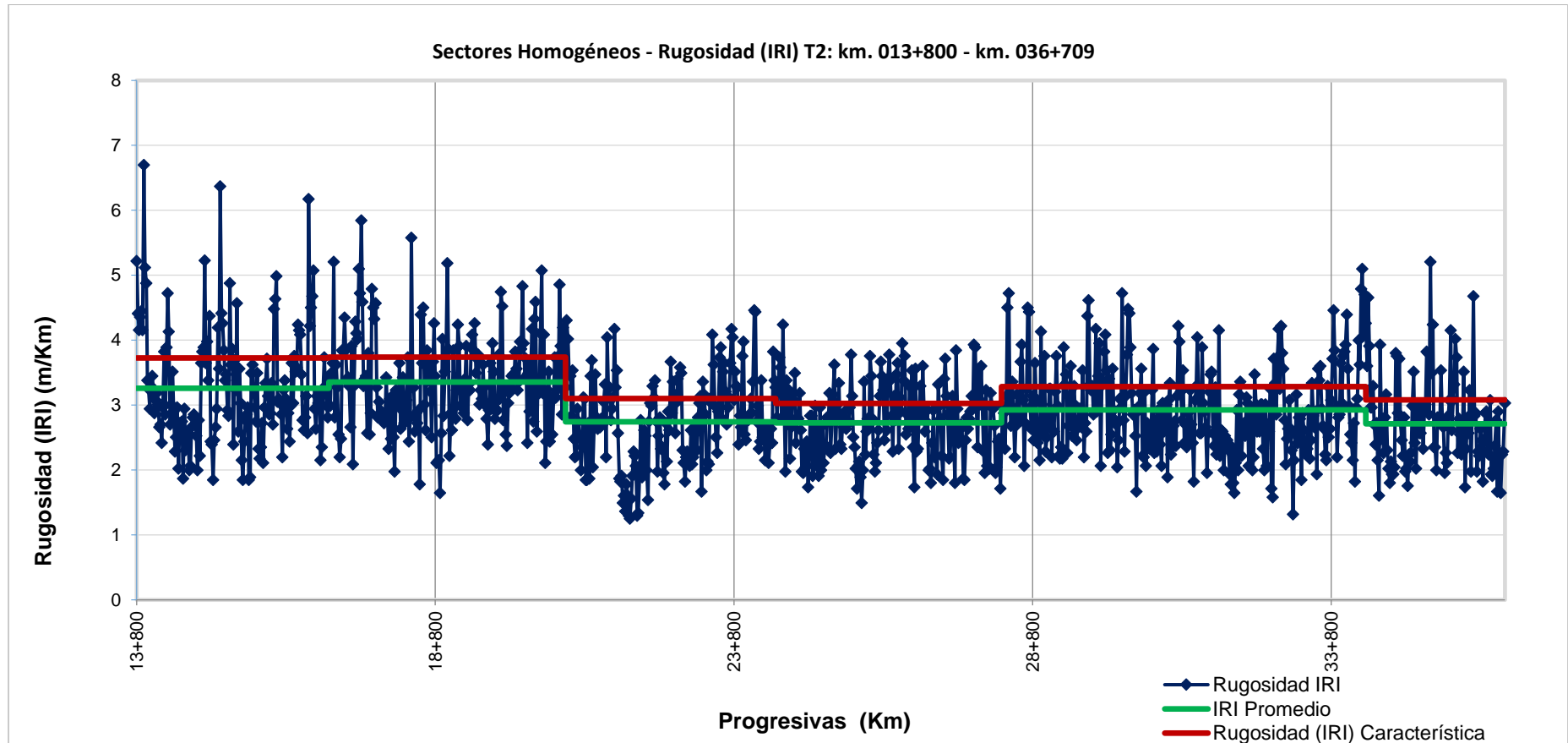
Nota: elaboración propia

En términos generales, el tramo 2 del Km 13+800 al Km 36+709 en la sectorización presentan 6 sectores el IRI Promedio entre 2.71 y 3.35 m/km, con un valor promedio de 2.95 m/km. el valor Característico entre 3.03 y 3.74 m/Km, con un valor promedio de 3.32 m/Km. y el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) entre 2.74 y 3.08 m/Km., con un valor Promedio de 2.95, está en la condición de **Regular**. Los valores de la evaluación se presentan en los anexos correspondientes.

En los resultados de regularidad del tramo 2 del Km 13+800 al Km 36+709, existen puentes, badenes y otros elementos ajenos a la superficie de rodadura, que conmueven negativa la condición funcional. En la siguiente figura se muestra la distribución de IRI para el presente tramo.

Figura 44

Sectores Homogéneos de IRI – Tramo 2





4.3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

Este ítem corresponde a la condición de evaluación estructural utilizando deflectómetro de impacto efectuado en el mejoramiento de la Carretera ruta Nacional PE-34T desde el empalme con la PE-34H en el desvío a Inchupalla hasta el empalme con la P-34h en Huatasani en la provincia de Huancané.

Características de las Ruta evaluada

La Carretera ruta Nacional PE-34T desde el empalme con la PE-34H en el desvío a Inchupalla hasta el empalme con la P-34h en Huatasani tiene una longitud de 36.709 kilómetros de los cuales en su totalidad posee una estructura conformada por una capa de material de afirmado de 5cm, sobre la que de acuerdo a lo TDRs del contrato por niveles de servicio se colocó una capa adicional de 15 cm denominada capa de transitabilidad, encima de esta capa se colocó otra capa de material granular estabilizada con cemento de un espesor de 20.cm para finalmente tener una calzada que es un tratamiento superficial denominado OTTA SEAL.

El contratista conservador en cumplimiento de lo TDRs presento en el plan de mejoramiento el diseño del pavimento, considerando las propiedades de la subrasante encontrada y aplicando la metodología AASHTO-93



Diseño Estructural Con Asshto 93' - 10 Años

Tramo	Sector		Cbr Diseño %	Snr	Carpeta		Otta Seal		Suelo - Cemento			Transitabilidad			Afirmado Existente			Snp	Condición
					Asfáltica En Caliente		A2 (1/Cm)	D2 (Cm)	A3 (1/Cm)	M3	D3 (Cm)	A4 (1/Cm)	M4	D4 (Cm)	A5 (1/Cm)	M5	D5 (Cm)		
					A1 (1/Cm)	D1 (Cm)													
T01	00+000	13+800	13.9	1.87	-	-	0	(*)	0.053	1	20	0.048	1	15	0.039	1	5	1.98	Aprob.
T02	13+800	36+709	17.9	1.52	-	-	0	(*)	0.053	1	18	0.048	1	15	0.039	1	5	1.87	Aprob.

Descripción de capas:

a1, a2, a3, a4 y a5 :Coeficiente estructural de capa (1/cm)

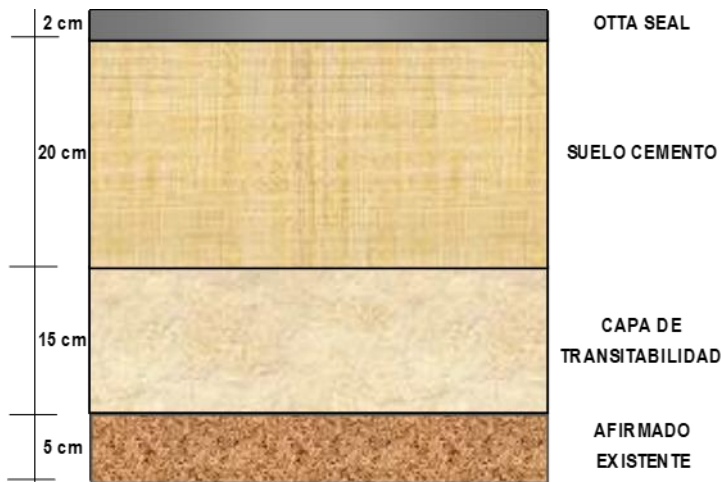
m3, m4 y m5 :coeficiente de drenaje de capa

d1, d2, d3, d4 y d5:Espesor de cada capa (cm)

Nota: Diseño de pavimento presentado por el contratista-conservador al inicio del servicio

Figura 45

Estructura del pavimento básico



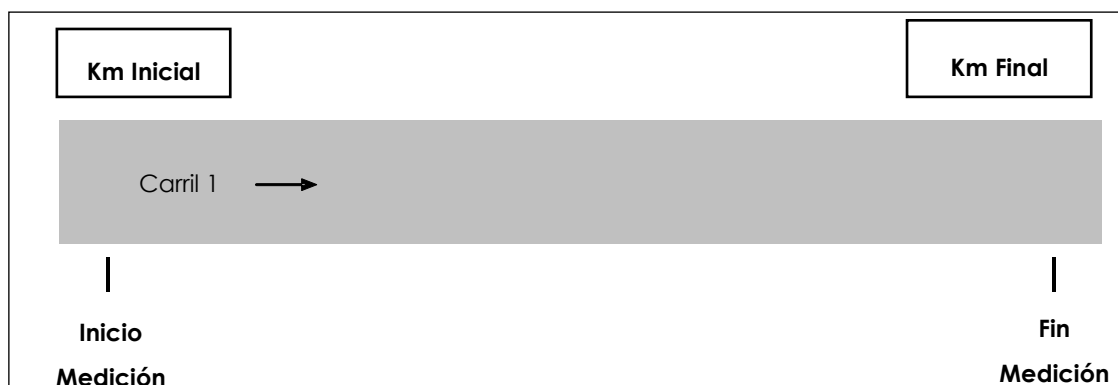
4.3.1. Definición de Carriles

Para la presente evaluación se tiene solamente un carril por lo que la toma de datos se ejecutará de forma ascendente.

En la figura 47 se aprecia la definición del carril evaluado:

Figura 46

Esquema de Evaluación para un Carril



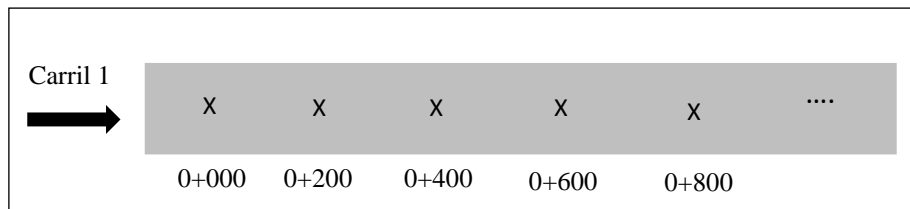
Esquema de recolección de datos para vías o tramos de un carril.

4.3.2. Esquema de Evaluación.

La recolección de datos y evaluaciones se realizaron cada 200 metros por carril al largo de todos los subtramos-. En la siguiente figura se puede observar el esquema de evaluación considerando que se cuenta con un solo carril:

Figura 47

Frecuencia de recolección de datos – Único Carril



4.3.3. Metodología Aplicada

4.3.3.1. Recursos empleados

Para la evaluación se utilizaron los siguientes recursos:

Equipos:

- ✓ Deflectómetro de Impacto – marca Dynatest

Personal:

- ✓ 1 técnico especializado en la operación del deflectómetro de impacto
- ✓ 3 conductores (1 vehículo de remolque y 2 vehículos escolta)
- ✓ 2 vigías

Equipamiento adicional:

- ✓ Sensores de temperatura
- ✓ Odómetro
- ✓ GPS



- ✓ Computadoras
- ✓ Software especializado
- ✓ Herramientas manuales
- ✓ Flecha luminosa

4.3.3.2. Recolección de datos

Se hizo utilizando el equipo denominado Deflectómetro de Impacto (Falling Weight Deflectometer) marca Dynatest. Este dispositivo conocido como deflectómetro de impacto ayuda a aplicar una carga de impacto a la superficie de la calzada para que se puedan determinar las deflexiones verticales resultantes, o cuencos de deflexión. Esta prueba no es destructiva y sirve para simular el comportamiento real de una calzada mientras se ve afectada por el paso de vehículos pesados sobre ella. Puede aplicarse sobre asfalto, hormigón o sobre cualquier capa de una sección transversal del pavimento.

Atendiendo a la interpretación de esta placa, se pueden recoger algunos datos sobre la resistencia de la base estructural, así como de su lecho y subsuelo. Es necesario definir el estado de conservación de la estructura dentro del período de construcción. Y es esencial poder estimar la calidad de actividades tales como trabajos de reparación, mantenimiento preventivo o control de calidad.

Figura 48

Recolección de datos con Deflectómetro de impacto



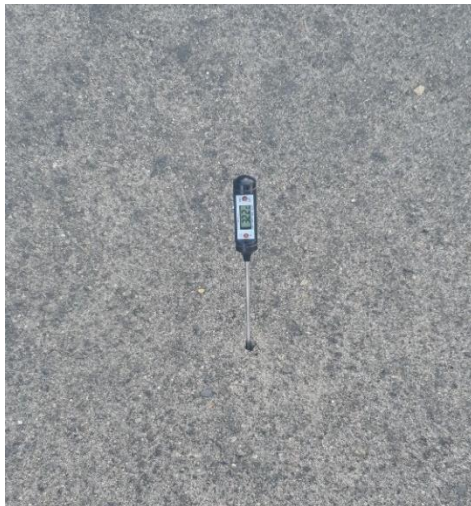
Las evaluaciones de campo utilizaron un odómetro preciso para medir la distancia entre puntos de evaluación consecutivos. Los marcadores de kilómetros a lo largo de la ruta sirvieron como puntos de referencia para determinar los lugares de medición. Se tomaron lecturas de deflexión a intervalos regulares en puntos seleccionados, aplicando una carga de 40 kN

inicialmente seguida de dos cargas adicionales de 40 kN y 50 kN respectivamente en ocasiones separadas.

La rigidez del asfalto depende de la temperatura; por lo tanto, se emplearon sensores de temperatura automáticos y técnicas manuales de medición de la temperatura del asfalto para establecer el índice de condición del pavimento.

Figura 49

Sensor de registro de temperatura de asfalto



En cada ensayo se mide la carga aplicada y las deflexiones producidas a una distancia 0, 200, 300, 450, 600, 900, 1200 y 1500 milímetros (mm), medidas desde el centro del plato de carga en la dirección y sentido del avance del tránsito. Para la presente evaluación se utilizó un plato de carga segmentado con un radio de 15 cm.

Figura 50

Distribución de sensores de deflexión – geófonos



Para ejecutar las mediciones de deflectometría se ejecutaron las siguientes actividades:

✓Montaje del equipo

Siguiendo las pautas de montaje y siguiendo las recomendaciones del Manual del usuario, todos los pasos de instalación se realizaron con éxito. Antes de continuar con cada paso, se tomaron precauciones adicionales para asegurarse de que todos los componentes se encuentren intactos para garantizar el rendimiento adecuado de la máquina. La responsabilidad de realizar los trabajos de montaje recayó en un técnico de campo.

✓Verificación de componentes

Se realizaron todas las verificaciones establecidas y recomendadas por el fabricante, esto a cargo del técnico de campo.

✓Esquema de trabajo

La cuadrilla de trabajo se distribuyó empleando 3 camionetas, una para el remolque del deflectómetro y dos camionetas de escolta que se ubicaron



delante y detrás del deflectómetro (en ocasiones ambos vehículos en la zona posterior al vehículo de remolque, dependiendo las condiciones de terreno), cuya función fue la de alertar acerca de actividades de recolección de datos en la vía.

✓ Sobre los datos

Al denominar los archivos de medición, el nombre debe indicar al menos el nombre y el número de la carretera y también el rango de kilometraje que cubre. La verificación de los datos recopilados es una necesidad que debe realizarse comparándolos con los datos recopilados en registros anteriores o mediante un examen consciente; si dichos documentos no están presentes, entonces el revisor puede determinar si hay mejoras en algunas áreas. Es muy importante asegurarse de que los resultados reflejen las condiciones reales de la carretera.

4.3.4. Retrocálculo – Análisis De Datos

El proceso y análisis se realiza con el método AASHTO 93, este considera una serie de pasos:

Paso 1: Normalización de la deflexión máxima.

Paso 2: Determinación del Módulo Resiliente

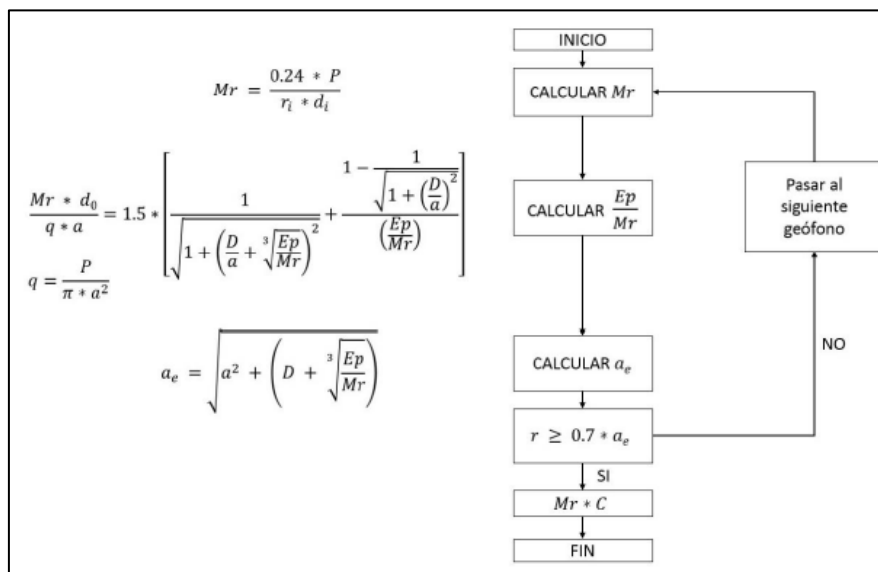
Paso 3: Cálculo del Módulo Equivalente de la Estructura del Pavimento

Paso 4: Cálculo del Radio del bulbo de esfuerzos en la interface pavimento-subrasante

Paso 5: Corrección del Módulo Resiliente mediante el factor C.

Figura 51

Flujograma del Retrocálculo



4.3.4.1. Deflexión máxima normalizada a 40 KN y 20 °C

Significa el nivel de deformación vertical en el paquete estructural bajo un punto de carga, donde se utiliza la deflectometría de campo para adquirir datos de deflexión que luego se normalizan con base en el nivel de carga (a 40 KN), ya que la tasa de aplicación de esta carga varía de una situación a otra. Esta normalización se aplica directamente mediante una fórmula específica:

$$Dp_0 = dc_0 \times \frac{P_r}{P_0}$$

Dónde:

Dp0 : Deflexión del sensor “i”, corregida a la carga Pr.

dc0 : Deflexión en el plato de carga, medida en campo.

Pr : Carga a la cual se normalizarán las mediciones (KN)

P0 : Carga (en kN) aplicada en las mediciones de campo.

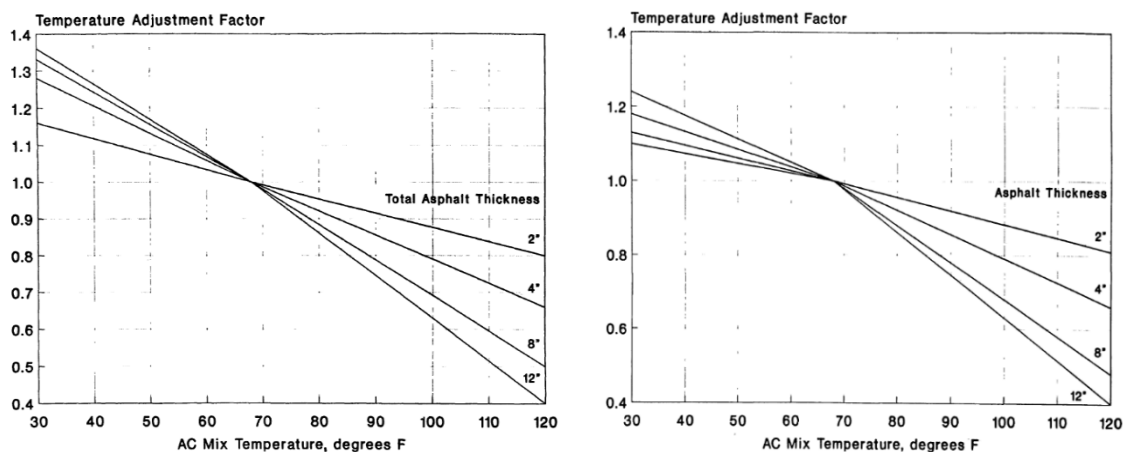
Es necesaria una corrección de temperatura cuando se trata de pavimento flexible debido a las especificaciones dadas en AASHTO 93. Para ello se corrige

a una temperatura referencial de 20°C (68 °F) sobre la deflexión central (dc_0) que depende del espesor de la capa asfáltica, su temperatura y el material base.

El factor de ajuste o de corrección puede ser determinado con el gráfico de la siguiente figura (a) si el pavimento tiene una base granular o estabilizada con asfalto, o según la figura (b) si el pavimento tiene una base estabilizada con cemento y/o puzolanas.

Figura 52

Ajuste de Deflexión Central por Temperatura



a) Base granular o estabilizada con asfalto
cemento y/o puzolanas

b) Base estabilizada con

Una vez determinado el factor de corrección por temperatura, este será multiplicado por la deflexión normalizada por carga como se muestra en la ecuación siguiente:

$$Dn_0 = Dp_0 \times T$$

Dónde:

Dn_0 : Deflexión máxima normalizada por carga (40 kN) y temperatura (20 C°)

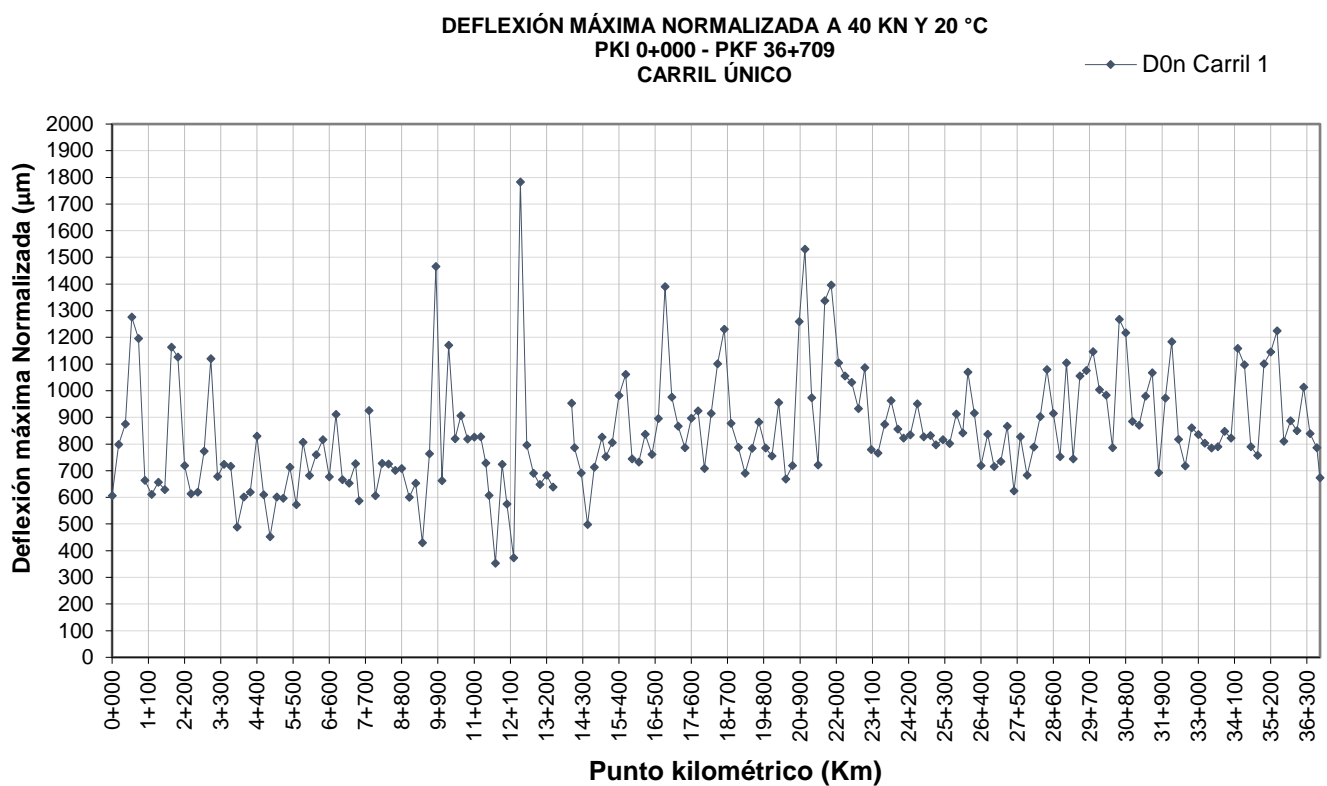
Dp_0 : Deflexión máxima normalizada por carga.

T : Factor de corrección por temperatura.

La figura 54 muestra las Deflexiones Máximas Normalizadas a carga 40 KN y temperatura 20 °C

Figura 53

Deflexión Máxima Normalizada



4.3.4.2. Módulo Equivalente de la Estructura del Pavimento.

(E_p)

Para encontrar el módulo de resiliencia en un punto suficientemente alejado del centro de la carga, hay que usarlo como parámetro de entrada para calcular el módulo equivalente de un pavimento. La razón es que las deflexiones se deben únicamente a la deformación de la subrasante, pero no son independientes del

área de la placa de carga. A partir de esta relación, el MR de la subrasante se puede calcular en función del nivel de carga aplicado y la medición de la deflexión.

$$M_R = \frac{0.24 \times P}{d_r \times r}$$

Dónde:

M_R : Módulo Resiliente retro calculado.

P : Carga aplicada.

d_r : Deflexión a la distancia "r" medida desde el centro de la carga.

r : Distancia desde el centro de la carga.

Para determinar el módulo de la subrasante mediante retrocálculo con deflexión obtenida por geófonos, el valor debe medirse en un punto lo suficientemente alejado de la placa de carga, pero lo suficientemente cerca para que no sea demasiado pequeño para impedir una medición precisa; esto asegura que estos datos estimen el módulo de la subrasante sin ninguna influencia proveniente de las capas superiores. La distancia mínima "r" se puede encontrar usando la siguiente ecuación:

$$r \geq 0.7 \times a_e$$

Dónde:

$$a_e = \sqrt{\left[a^2 + \left(D \times \sqrt[3]{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2 \right]}$$

Obtenido el módulo resiliente de la subrasante y conociendo el espesor de todas las capas que conforman el pavimento, entonces el módulo efectivo de toda la estructura del pavimento (E_p) puede ser determinado de las deflexiones medidas en el centro del plato de carga (d_0), mediante la solución iterativa de la siguiente ecuación:

$$d_0 = 1.5 \times p \times a \left[\frac{1}{M_R \sqrt{1 + \left(\frac{D^3}{a} \sqrt{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2}} + \frac{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \right)^2}}}{E_p} \right]$$

Dónde:

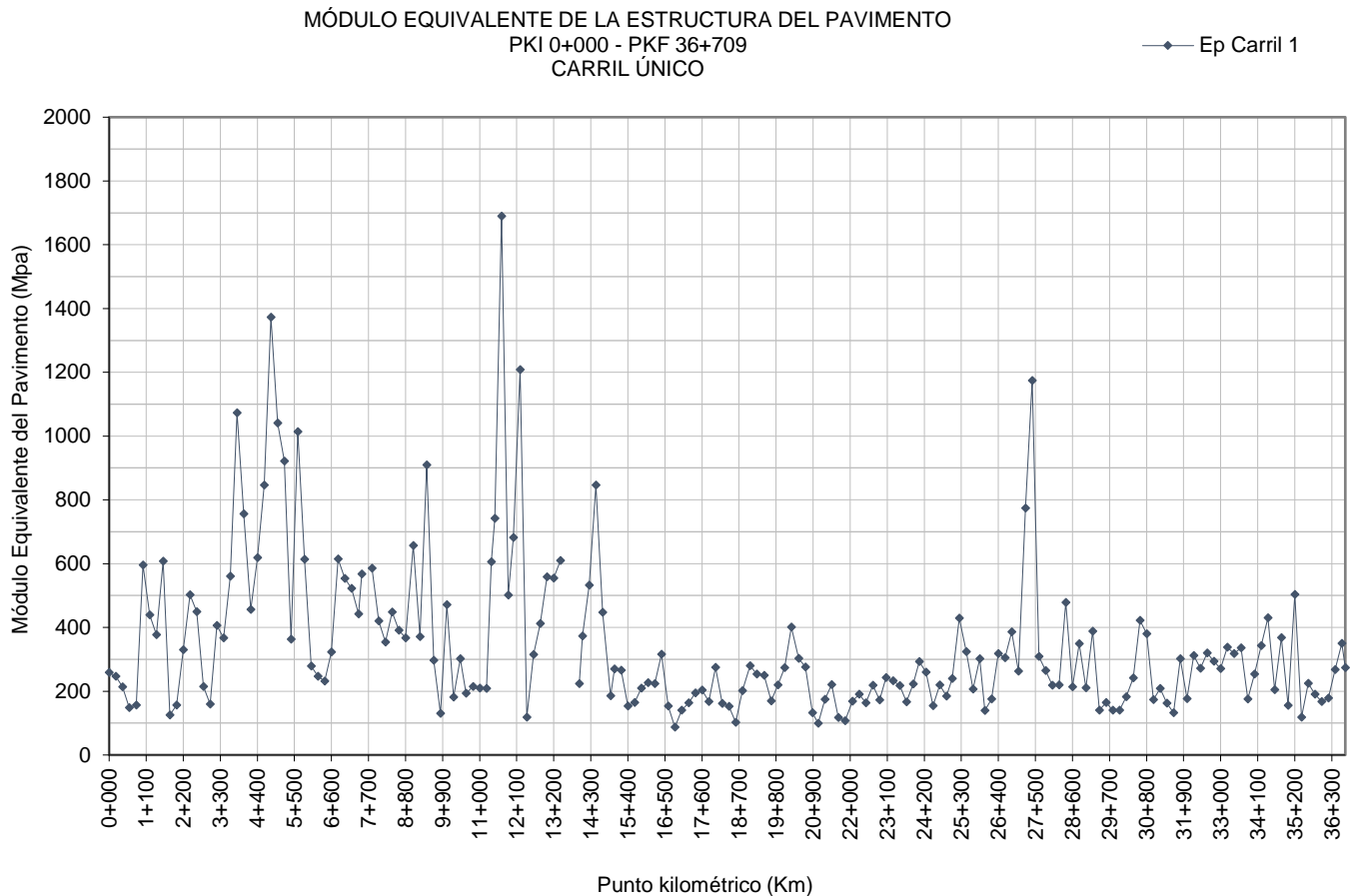
- d_0 : Deflexión medida en el centro del plato de carga y ajustada a una temperatura standard de 20°C.
- P : Presión en el plato de carga.
- A : Radio del plato de carga.
- D : Espesor total de las capas del pavimento por encima de la subrasante.
- M : Módulo resiliente de la subrasante.
- E_p : Módulo equivalente de la estructura del pavimento

Mediante iteración continua de posibles valores hasta que la igualdad de la ecuación satisfaga, se encuentra el valor de este módulo.

La figura 55 muestra el resultado del Módulo Equivalente de la Estructura del Pavimento.

Figura 54

Resultado del Módulo Equivalente de la Estructura del Pavimento



4.3.4.3. Módulo Resiliente (Mr)

En el procedimiento de diseño de AASHTO para pavimentos asfálticos, el suelo de cimentación se caracteriza utilizando el módulo resiliente del parámetro de plataforma de cimentación, y debe ajustarse mediante un factor de corrección C. Mediante retroanálisis, el módulo elástico de la subrasante se evalúa utilizando FWD medido. datos de carga y deflexión. Para convertir el módulo elástico retroanalizado en módulo resiliente, se emplea el factor C calculado de acuerdo con las expresiones que se indican a continuación.

Tabla 76

Factor de corrección C

PLATAFORMA DE FUNDACIÓN	FACTOR C
Suelos finos	0.33
Suelos granulares	1
Terraplén granular sobre suelo fino	$C = 0.33 + 0.33 \cdot h$ $0 < h < 2 \text{ m}$
Terraplén fino sobre suelo granular	$C = 1.0 - 0.33 \cdot h$ $0 < h < 2 \text{ m}$

Nota: elaboración propia

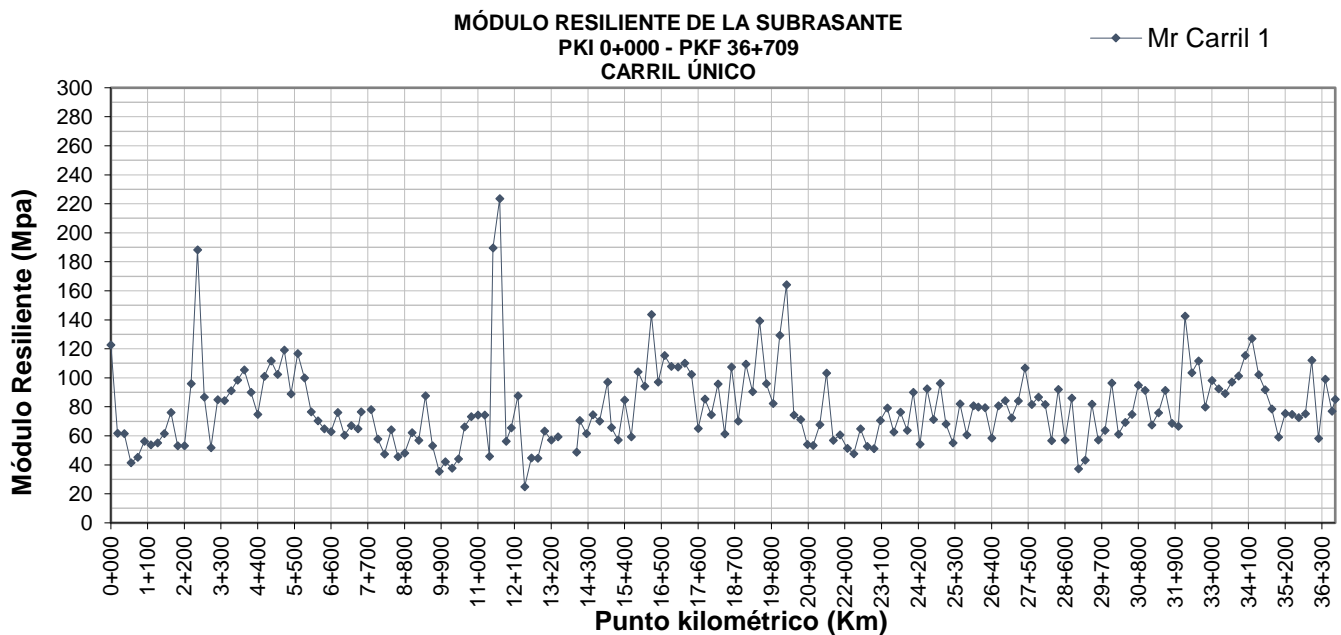
h: Altura de terraplén.

Para $h > 2 \text{ m}$., utilizar 0.33 o 1.00 según corresponda, esto es, de acuerdo al tipo de terraplén existente.

Para la presente evaluación el factor C adoptado es 1.0 debido al predominio de suelos granulares en la Ruta.

Figura 55

Resultados del cálculo del Módulo Resiliente



La figura N° 56 muestra los resultados del cálculo del Módulo Resiliente de la Ruta.

4.3.4.4. CBR de la subrasante (%)

Para establecer el Número de CBR de la subrasante en Porcentaje se ha empleado una correlación de acuerdo al módulo resiliente:

$$\text{De acuerdo al Manual de Carreteras: } Mr(\text{psi})=2555*(\text{CBR}^{0.64})$$

Dónde:

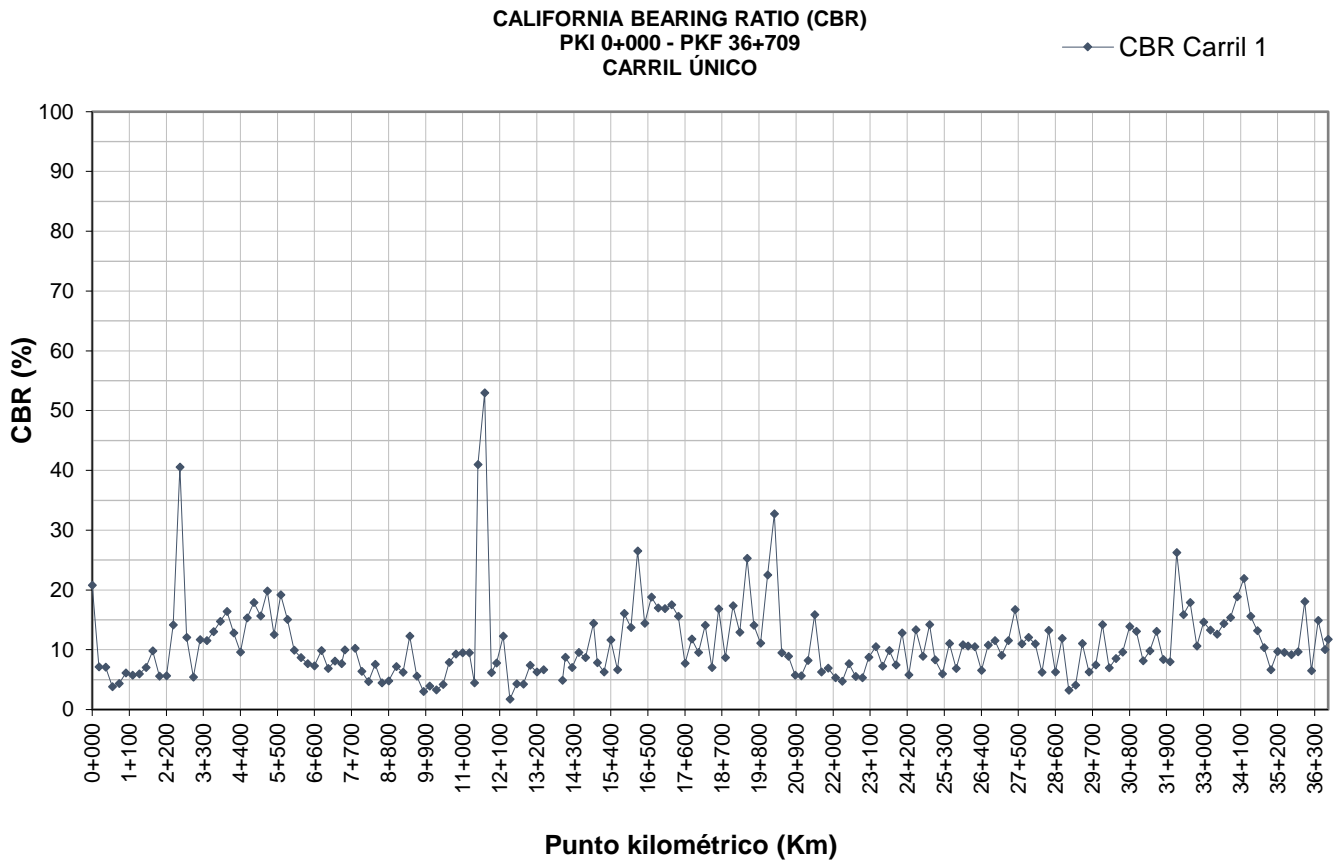
Mr : Módulo resiliente en psi.

CBR : Número de CBR en porcentaje

En la Figura 57 manifiestan los resultados de la correlación para determinar el valor de CBR de la ruta

Figura 56

CBR de la Subrasante





4.3.4.5. Número Estructural Efectivo

El número de estructural efectivo (SN_{eff}) se obtiene mediante análisis inverso del pavimento asfáltico, teniendo en cuenta las capas asfálticas y granulares. El número estructural es un concepto introducido en la prueba AASHO para determinar la capacidad estructural del pavimento asfáltico y se utiliza en el diseño de pavimento asfáltico mediante el método AASHTO.

En la presente evaluación estructural se utilizó el valor de número estructural efectivo (SN_{eff}) determinado en las evaluaciones con equipo deflectómetro de impacto FWD. Este valor de número estructural proviene del retrocálculo de las deflexiones según el método indicado en la guía AASHTO 1993, en el cual se asume que la capacidad estructural del pavimento es una función de su espesor y rigidez totales mediante la siguiente relación:

$$SN_{\text{eff}} = 0.0045 \times D(E_p)^{\frac{1}{3}} \text{Dónde:}$$

SN_{eff} : Número estructural efectivo (pulg).

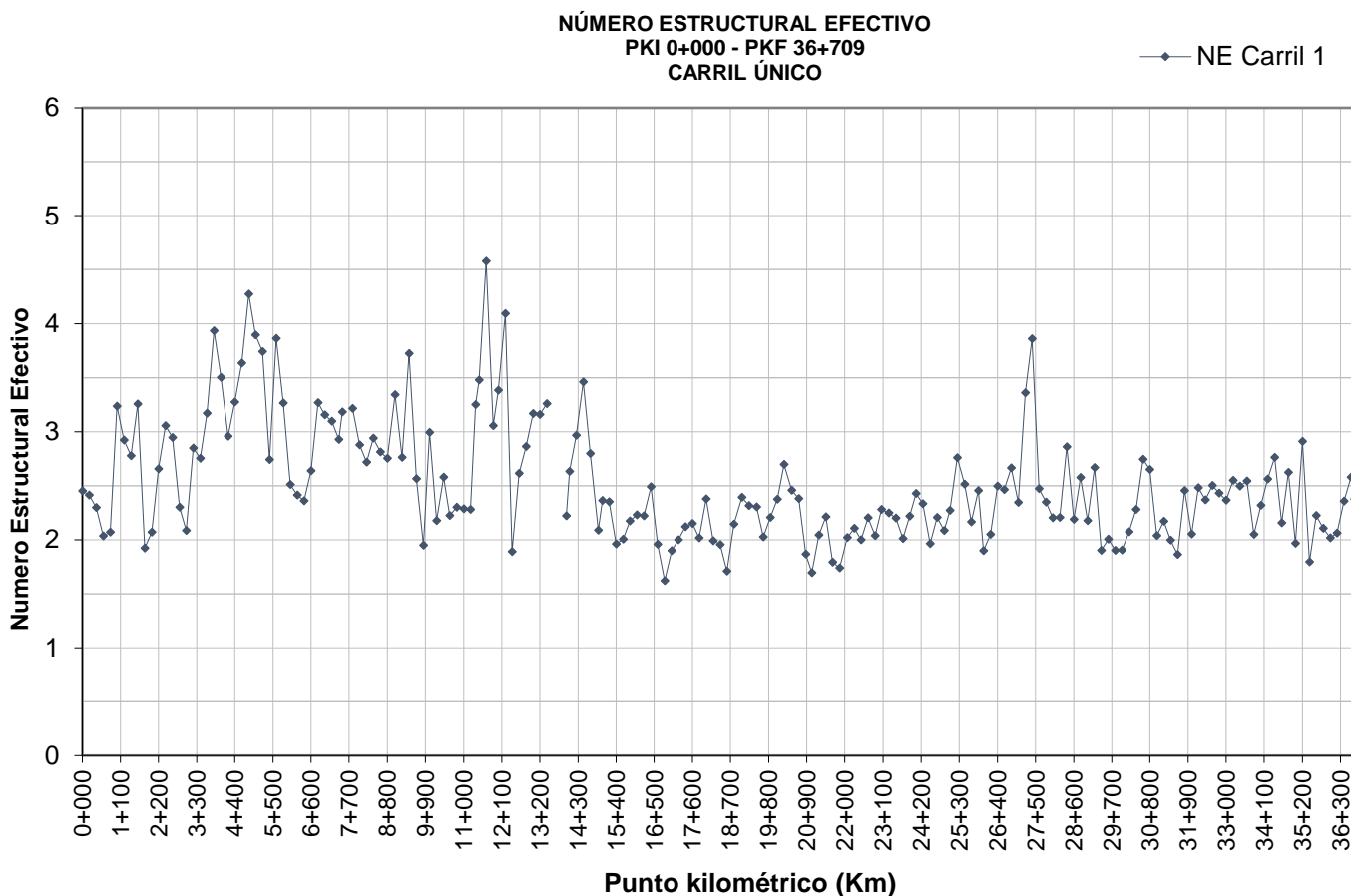
D : Espesor total del paquete estructural (pulg).

E_p : Módulo efectivo de todas las capas del pavimento por encima de la subrasante (psi).

En la figura 58 se manifiestan los resultados del número estructural efectivo de la ruta que se está evaluando (PE-34T).

Figura 57

Número Estructural Efectivo



4.3.4.6. Radio de curvatura (Rc)

Se define como el de la circunferencia que pasa por los extremos de las deflexiones calculadas a través de los registros de los sensores 1 y 2, y cuyo centro se encuentra en el eje que pasa por la deflexión máxima (la del primer sensor). La expresión matemática para el radio de curvatura es la siguiente:

$$Rc = \frac{s^2}{2(d_1 - d_2)}$$

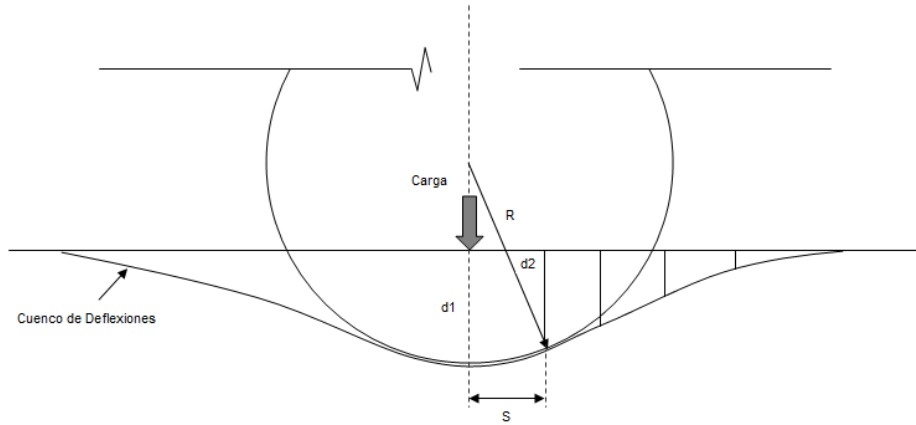
Donde:

d_1 y d_2 : Deflexiones de los sensores 1 y 2 respectivamente (m).

S : Distancia de los sensores 1 y 2 respectivamente (m).

Figura 58

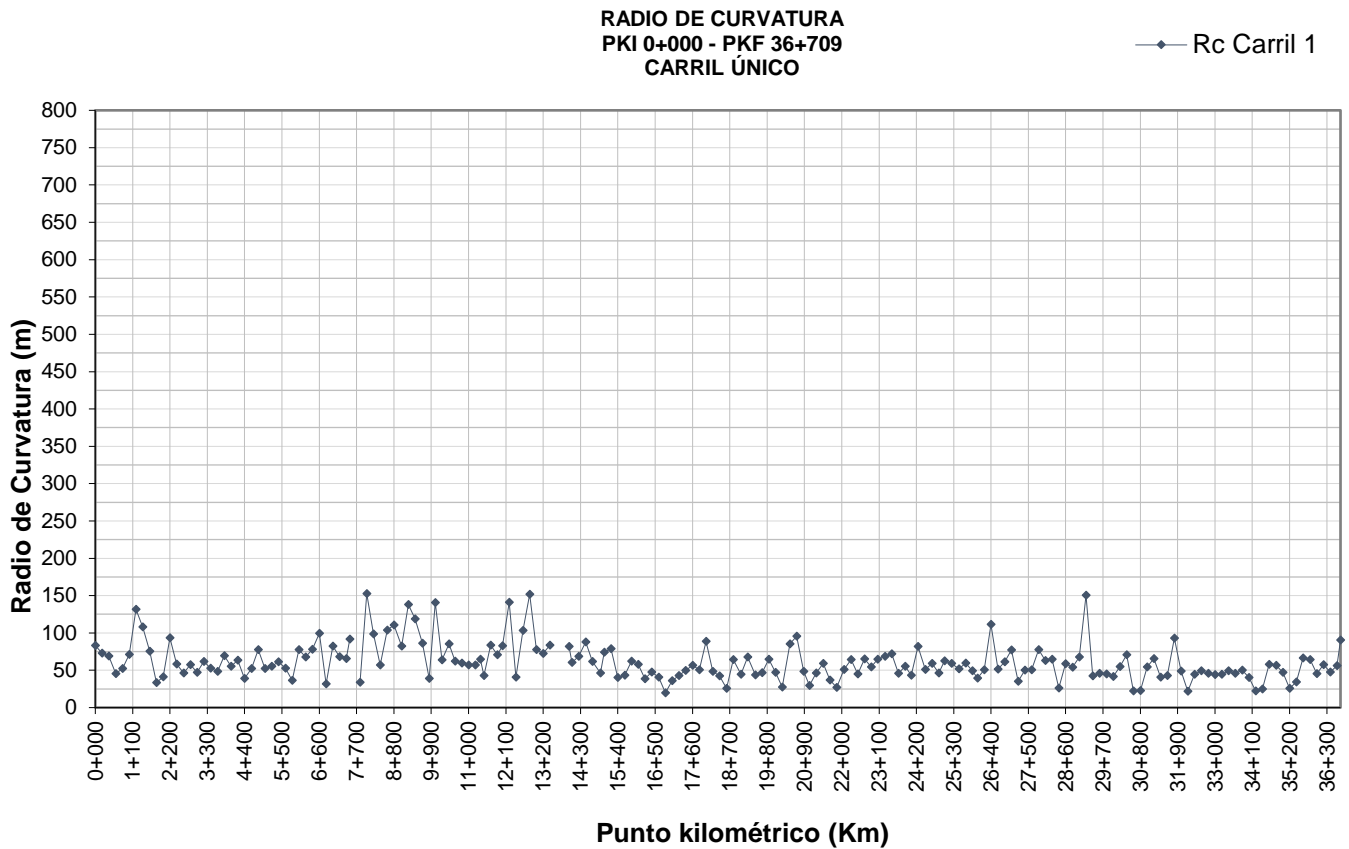
Radio Curvatura



En la figura 60 se muestra los resultados del cálculo del Radio de Curvatura de las progresivas de ensayo.

figura 59

Radio de Curvatura



4.3.4.7. Determinación de sectores homogéneos

Para determinar los sectores homogéneos se ha realizado la sectorización de las rutas del proyecto agrupando secciones de características homogéneas, en función de la respuesta del pavimento a las cargas aplicadas, se emplea por tanto la deflexión máxima normalizada como herramienta de análisis. La metodología aplicada se denomina Método de Diferencias Acumuladas (AASHTO 93). Así mismo se ha dado prioridad a la sectorización de las rutas mediante los tramos que conforman cada una de esta.

En la figura 61 y tabla 77 se manifiestan los resultados de la sectorización de la ruta.

Figura 60

Sectorización Diferencias Acumuladas

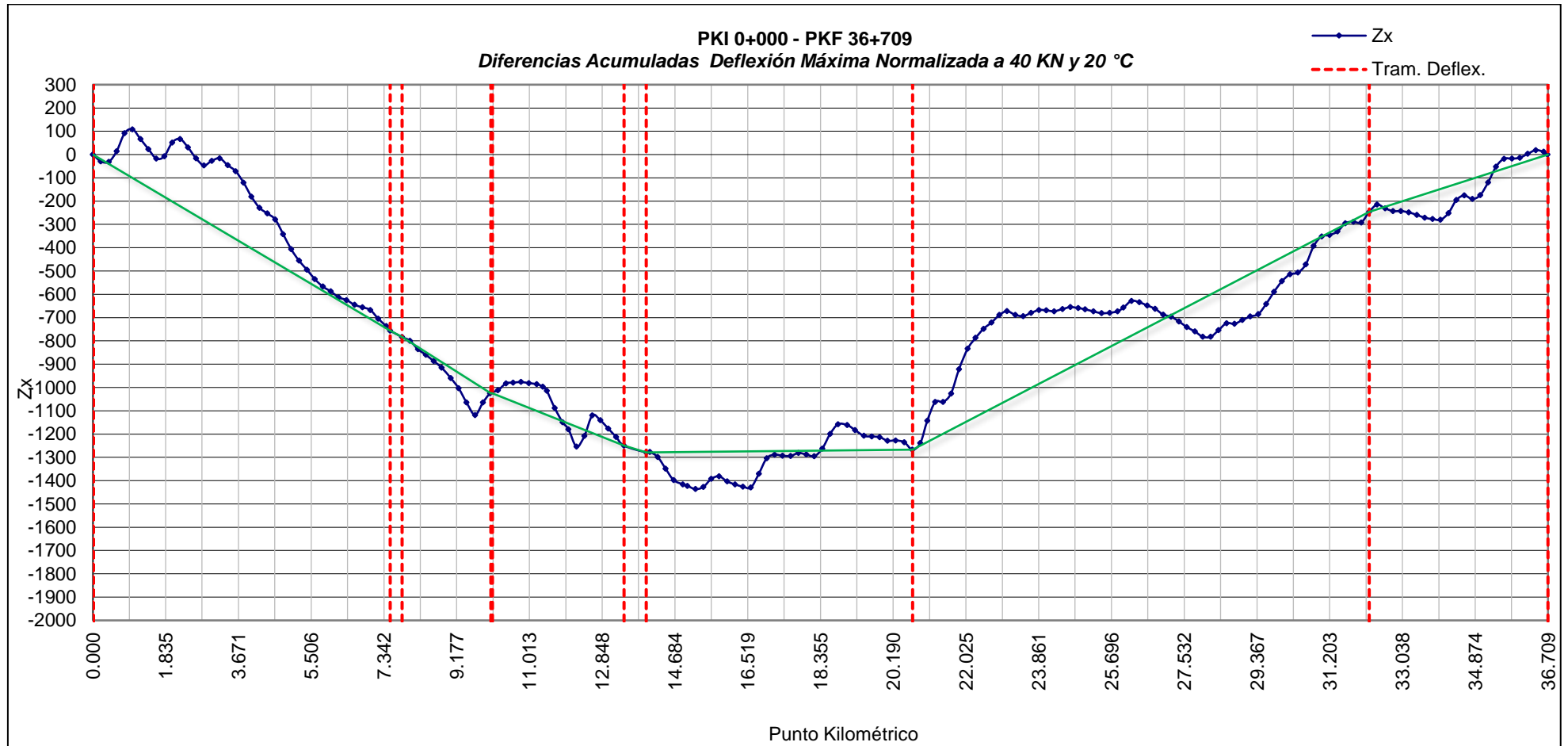


Tabla 77

Sectorización de la RUTA (PE-34T)

Sector	PKI	PKF	Longitud (km)
1	0	7.5	7.5
2	7.5	7.8	0.3
3	7.8	10.04	2.24
4	10.04	10.08	0.04
5	10.08	13.4	3.32
6	13.4	13.96	0.56
7	13.96	20.68	6.72
8	20.68	32.2	11.52
9	32.2	36.709	4.509

4.3.4.8. Deflexión viga Benkelman

Cuando se apliquen equipos con características superiores a las vigas Benkelmann (deflectómetros de impacto, deflectómetros de carga por vibración sinusoidal, etc.), las medidas tomadas deberán estar relacionadas con los equipos indicados en la normativa.

La correlación utilizada para determinar la deflexión Viga Benkelman se realizará a partir de los resultados de las deflexiones evaluadas a 50 KN y estas serán normalizadas por carga y temperatura para luego aplicar la correlación de la fórmula especificada por el MTC en el "Manual de Inventarios Viales 2014".

$$Def_{BB} = 0.176 * (Def_{FWD})^{1.382}$$

Donde:

Def_{BB} : Deflexión Benkelman 8.2 t ajustada a 20°C (1/100 mm)

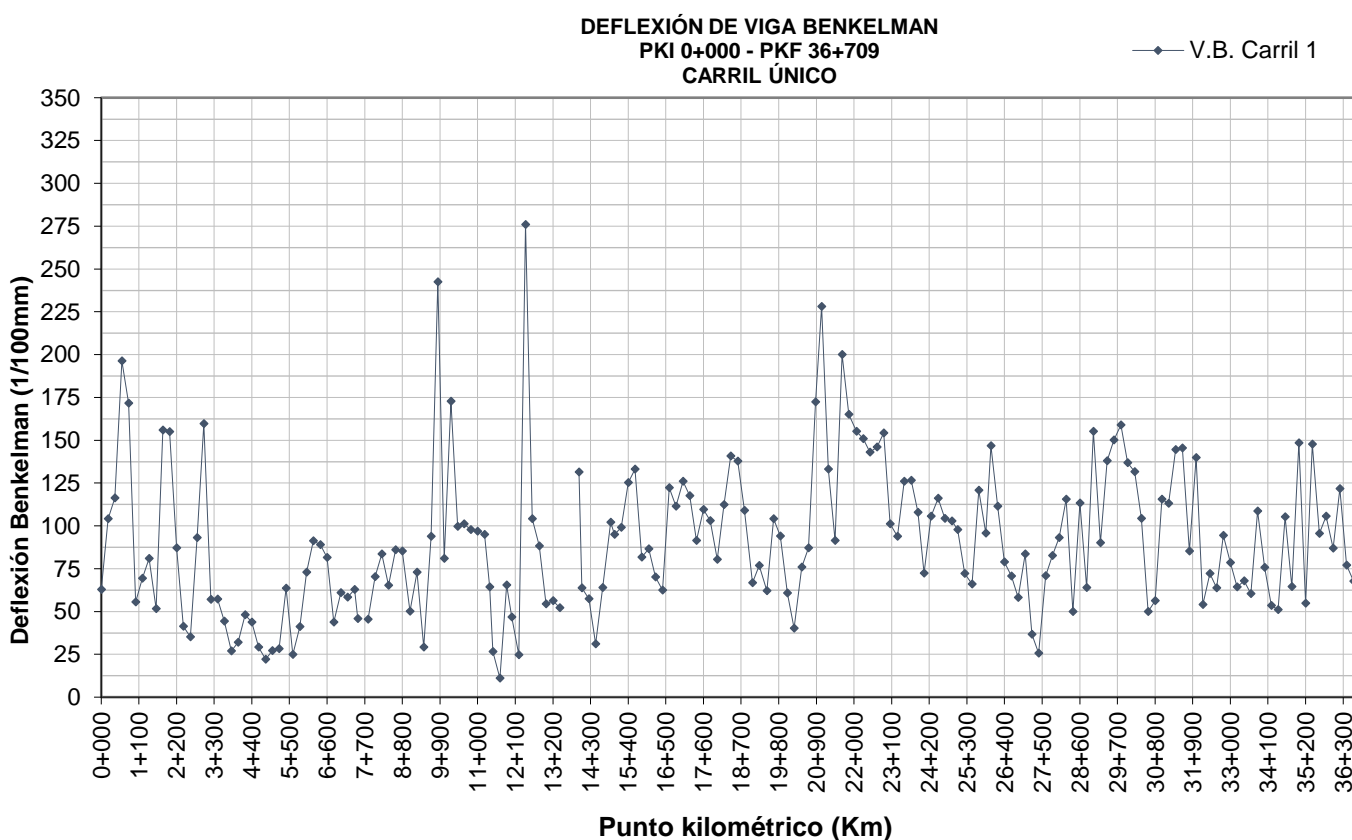
Def_{FWD} : Deflexión FWD normalizada a 50 KN y 20°C (1/100 mm)

Si se utiliza una carga reducida las deflexiones pueden ajustarse a la carga de 50 KN por extrapolación lineal.

El siguiente gráfico muestra los resultados de aplicar la correlación para establecer las deflexiones de la Viga Benkelman de las progresivas evaluadas de la ruta.

Figura 61

Deflexión Viga Benkelman



4.3.4.9. Evaluación de la deflexión característica y admisible

a) Evaluación de la Deflexión Característica

El comportamiento estructural de cada sector o tramo será representado por su deflexión característica. La cual se estima de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$D_c = D_m + Z_r * \sigma$$

Donde:

D_c : Deflexión Característica de la Viga Benkelman(1/100 mm).

D_m : Deflexión Media de la Viga Benkelman (1/100 mm).

Z_r : Estadístico asociado a la confiabilidad de diseño.

σ : Desviación Estándar Deflexiones de la Viga Benkelman

De acuerdo con el Manual de Carreteras-suelos, geología geotecnia y pavimentos sección: suelos y pavimentos del MTC. se evalúa la deflexión característica considerando el cuadro 12.22 (pág. 160); el siguiente cuadro muestra el valor estadístico para las rutas del corredor vial asociado a la confiabilidad de diseño.

Figura 62

Definición de Deflexión

Cuadro 12.22
Definición de Deflexión Característica
Según Tipo de Carretera

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

Nota: D_c = Deflexión característica, D_m = Deflexión media, ds = desviación estándar

La tabla 78 muestra el valor estadístico para la ruta asociado a la confiabilidad de diseño.



Tabla 78

Valor Estadístico Para los sectores de la Vía en estudio asociado al IMDA

Tramo	Descripción	Estación	Ubicación	Sector De Influencia		Long. (KM)	Imda	Estado Actual De La Via Progresiva (Km)		Superficie De Rodadura	Zr
				Inicio	Final			Inicio	Final		
Tramo 01	T01	E1	C.P	00+000.00	13+800.00	14	82	00+000.00	07+500.00	Otta Seal	0.52
	Emp.PE-		Tirapunco					07+500.00	07+800.00	Otta Seal	0.52
	34H(Dv.		Km.					07+800.00	10+040.00	Otta Seal	0.52
	Inchupalla)-		3+000					10+040.00	10+080.00	Otta Seal	0.52
	Inchupalla.							10+080.00	13+740.00	Otta Seal	0.52
								13+740.00	13+800.00	Otta Seal	0.52
Tramo 02	T02	E2	Dv.	13+800.00	36+709.00	23	156	13+800.00	13+820.00	Otta Seal	0.52
	Inchupalla -		Munaypa					13+820.00	13+960.00	Otta Seal	0.52
	Emp. PE-		Km.					13+960.00	36+709.00	Otta Seal	0.52
	34H		1+300								
	(Huatasani)										

Nota: elaboración propia



b) Evaluación de la Deflexión Admisible

La deflexión característica se compara con el límite permisible que garantiza el desempeño satisfactorio del pavimento respecto al tránsito que debe soportar. La deflexión permitida está determinada por la siguiente fórmula.

$$D_{adm} = \left(\frac{1.15}{N}\right)^{1/4} \text{ (Según CONREVIAl)}$$

Donde:

D_{adm} : Deflexión admisible en mm (a comparar con deflexiones Viga Benkelman)

N : Número total de ejes equivalente a 18 kips (8.2 Tn) (en millones)

Para el cálculo de la deflexión Admisible se han considerado como referencia los Ejes Equivalentes (EE) de diseño a un periodo de 10 años (2033)

La tabla 79 muestra el valor de la deflexión admisible para las rutas de acuerdo a la estación de conteo, del corredor vial.



Tabla 79

Determinación de la Deflexión Admisible de acuerdo a los EE acumulados (10 años)

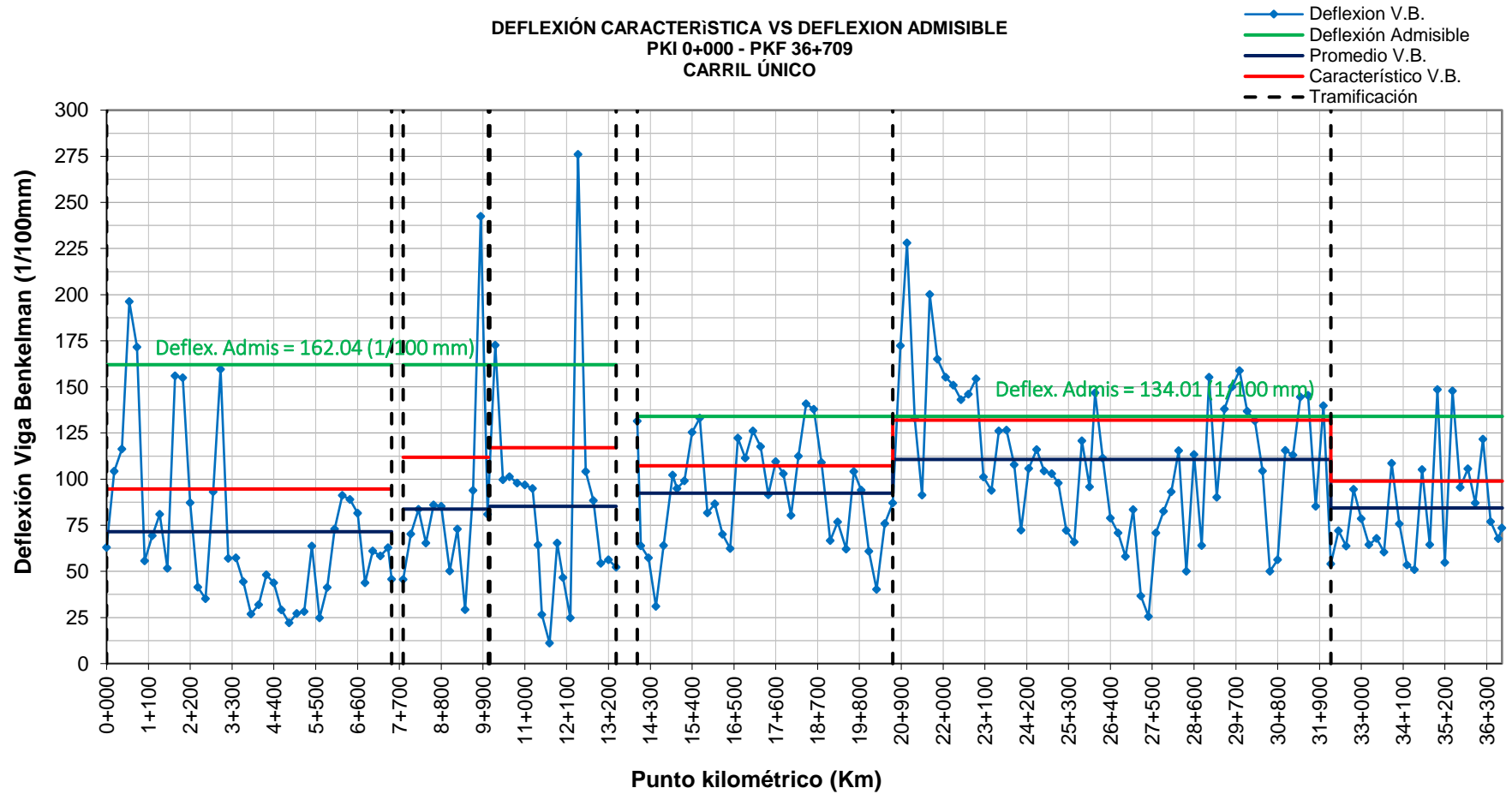
Estación	Ubicación	Sector De Influencia		Long. (KM)	Esal (10 Años) 2033	Deflexión Admisible (1/100mm)
		Inicio	Final			
E1	C.P Tirapunco Km. 3+000	00+000.00	13+800.00	13.8	1.67E+05	162.04
E2	Dv. Munaypa Km. 24+200	13+800.00	36+709.00	22.909	3.57E+05	134.01

La deflexión característica se compara con el límite permisible (deflexión permisible), que es la deflexión permisible que garantiza que el pavimento funcione satisfactoriamente con respecto al tránsito que debe soportar.

Las siguientes gráficas y tablas muestran los resultados de la comparación entre el valor de deflexión característico de la Viga Benkelman con la deflexión Admisible; también se muestra las deflexiones de Viga Benkelam determinadas por correlación y el valor promedio de las deflexiones de Viga Benkelman de la ruta

Figura 63

Deflexión Característica vs Deflexión Admisible, RUTA (PE-34T), Carril Único



- Deflexión V.B.
- Deflexión Admisible
- Promedio V.B.
- Característico V.B.
- - - Tramificación



Tabla 80

Deflexión Característica vs Deflexión Admisible), Carril Único

Sector	PK Inicial	PK Final	Longitud (Km)	Promedio Viga Benkelman (1/100mm)	Desviación Estándar Viga Benkelman (1/100mm)	Característica Viga Benkelman (1/100mm)	Deflexión Admisible (1/100mm)	Cumplimiento
1	0.000	7.500	7.500	71.50	44.16	94.64	162.04	Cumple
2	7.500	7.800	0.300			Concreto Hidráulico		
3	7.800	10.040	2.240	83.80	53.53	111.85	162.04	Cumple
4	10.040	10.080	0.040			Concreto Hidráulico		
5	10.080	13.400	3.320	85.18	60.89	117.09	162.04	Cumple
6	13.400	13.960	0.560			Zona Urbana/Concreto Hidráulico/Afirmado		
7	13.960	20.680	6.720	92.36	28.28	107.18	134.01	Cumple
8	20.680	32.200	11.520	110.67	40.67	131.98	134.01	Cumple
9	32.200	36.709	4.509	84.31	27.75	98.85	134.01	Cumple

Nota: elaboración propia

Resultados ponderados por sectores homogéneos y carril.

Para establecer el estado estructural del pavimento, se ha determinado el valor promedio de los parámetros evaluados en el presente estudio, considerando los sectores homogéneos determinado por el método de diferencias acumuladas.

En la siguiente tabla se presenta un resumen con los promedios de evaluación por sectores para el único carril de la ruta.



Tabla 81

Resumen estadístico de promedios por sectores, Carril Único

Sección	PKI	PKF	Long.	Deflexión D0 Norm (Mm)	Radio Curvatura (M)	Módulo Equivalente (Mpa)	Módulo Resiliente (Mpa)	CBR (%)	Número Estructural Efectivo	Deflexión Viga Benkelman (1/100 Mm)
1	0.000	7.500	7.500	601.98	162.95	491.53	80.85	11.34	2.92	71.50
2	7.500	7.800	0.300			Concreto Hidráulico				
3	7.800	10.040	2.240	673.30	142.15	450.11	56.54	6.36	2.89	83.80
4	10.040	10.080	0.040			Concreto Hidráulico				
5	10.080	13.400	3.320	689.87	161.97	517.01	74.01	11.04	2.92	85.18
6	13.400	13.960	0.560			Zona Urbana/Concreto Hidráulico/Afirmado				
7	13.960	20.680	6.720	790.59	71.96	253.22	91.07	13.49	2.26	92.36
8	20.680	32.200	11.520	854.35	85.89	257.31	73.08	9.48	2.26	110.67
9	32.200	36.709	4.509	711.56	82.99	276.20	90.30	13.06	2.35	84.31

c) Resumen estadístico.

Se presentaron los recursos y metodología para la recopilación de datos de deflectometría de los pavimentos, así como también los procedimientos de análisis y obtención de parámetros estructurales y evaluación de la condición estructural en los tramos evaluados.

En la siguiente tabla se muestra un resumen estadístico de los resultados obtenidos.



Tabla 82

Resumen estadístico, Carril Único

PÁRAMETRO ESTADÍSTICO	CARRIL ÚNICO						
	Deflexión D0 Norm	Radio Curvatura	Módulo Equivalen.	Módulo Resilien.	CBR (%)	Número Estruct. Efectivo	Deflexión Viga Benk. (1/100 mm)
	(µm)	(m)	(Mpa)	(Mpa)			
Promedio	720.28	117.99	374.23	77.64	10.8	2.6	87.97
Máximo	854.35	162.95	517.01	91.07	13.49	2.92	110.67
Mínimo	601.98	71.96	253.22	56.54	6.36	2.26	71.5
Desv. Estándar	367.03	42.22	124.76	12.89	2.61	0.34	13
Coef. Variación	50.96%	35.78%	33.34%	16.60%	24.17%	13.08%	14.78%

4.4. Resultados y análisis de la condición superficial del pavimento

Este ítem tiene por finalidad analizar las fallas en el pavimento flexible ejecutado por niveles de servicio en la Ruta Nacional PE-34T desde el empalme con la PE-34H en el desvío a Inchupalla hasta el empalme con la PE-34H en Huatasani; para esto se utilizara el método PCI (Pavement Condición Index), a través de esta identificación de las fallas en el pavimento podremos obtener información sobre su estado de funcionamiento para validar su estado actual.

El Método PCI se compone de observaciones visuales para la evaluación de las condiciones de la carretera, que dan como resultado un inventario visual para mostrar el estado del pavimento. Posteriormente, estas fallas son identificadas y categorizadas dependiendo de su tipo, severidad y cantidad, obteniendo así el



índice estructural que hace referencia al estado del pavimento y la condición operativa de su superficie, esto es necesario para proponer alternativas de intervención en la vía para mejorarlo. Además, como herramienta para implementar el método PCI, se utiliza un formulario de recolección de datos que consolida información primaria sobre la vía y permite la adecuada detección de fallas dentro del dominio de investigación.

4.4.1. Desarrollo De La Metodología PCI.

El manual de PCI identifica 19 tipos de daños que deben ser seleccionados, sus respectivas características y la correspondiente gravedad de cada daño. La siguiente tabla muestra el posible deterioro de los pavimentos flexibles y sus correspondientes unidades:

Tabla 83

Fallas y Código de la Metodología PCI

1	Piel de cocodrilo	m ²
2	Agrietamiento en bloque	m ²
3	Exudación	m ²
4	Abultamientos (Bumps) y Hundimientos (Sags)	m
5	Depresión	m ²
6	Corrugación	m ²
7	Grieta de reflexión de juntas (De losas de concreto)	m
8	Grieta de borde	m
9	Grietas Longitudinales y Transversales	m



10	Desnivel Carril / Berma	m
11	Pulimiento de Agregados	m ²
12	Parcheos	m ²
13	Huecos	Unidades
14	Ahuellamiento (Rutting)	m ²
15	Cruce de vía Férrea	m ²
16	Grietas Parabólicas (Slippage Cracking)	m ²
17	Desplazamiento (Shoving)	m ²
18	Meteorización / Desprendimiento de agregados (Weathering and Raveling)	m ²
19	Hinchamiento (Swell)	m ²

Nota: elaboración propia

4.4.2. Trabajos De Campo

Las actividades de campo consisten en la recolección de datos mediante el recorrido de las rutas por parte de 02 profesionales (técnico + auxiliar) quienes se encargan de registrar y catalogar los daños evidenciados en la superficie de acuerdo a la metodología PCI definida sobre el Formato de Campo elaborado para tal fin.

Para la correcta medición de los daños evidenciados, se emplearon los siguientes equipos y herramientas:

- Odómetro manual del tipo rueda métrica
- Regla de aluminio
- Cámara digital
- Cinta métrica
- Implementos de seguridad personal obligatorios (chaleco, casco, botas)

4.4.2.1 Formatos De Campo

Utilizado para la encuesta consistió en una plantilla de una carretera simulada en la que se identificaron y mapearon los daños correspondientes a cada muestra.

Figura 64

Formato de campo

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI-Pavement Condition Index)
PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.
HOJA DE REGISTRO

Nombre de la vía:

Ruta: Tramo: Carril: UNICO

Progresiva: Inicio del Km al Final del Km Ancho: m

Area: m² Unidad de muestra:

Fecha: Seccion:

N°	DAÑO	N°	DAÑO
1	Fiel de cocodrilo.	13	Huecos.
2	Exudación.	14	Cruce de vía férrea.
3	Agrietamiento en bloque.	15	Ahuellamiento.
4	Abultamientos y hundimientos.	16	Desplazamiento.
5	Corrugación.	17	Grieta parabólica (slippage)
6	Depresión.	18	Hinchamiento.
7	Grieta de borde.	19	Desprendimiento de agregados.
8	Grieta de reflexión de junta.		
9	Desnivel camil /berma.		
10	Grietas long y transversal	L :	Low Bajo
11	Fanchoa.	M :	Medium Medio
12	Fulimento de agregados.	H :	High Alto

ESQUEMA

Daño	Severidad	Cantidades parciales								Total	Densidad (%)	Valor deducido

4.4.2.2 Identificación de Unidades Muestrales y Registro de Daños

De acuerdo a la metodología PCI el área de las unidades muestrales debe estar entre los 135 m² y los 315 m². Teniendo en cuenta este detalle se definen las



Unidades Muestrales a lo largo de la longitud de la ruta, las cuales serán registradas en los Formatos de Campo.

Teniendo en cuenta lo señalado, se presenta una tabla que contempla las Unidades Muestrales identificadas para toda la ruta la ruta evaluada:

En la tabla 84 se resumen el criterio tomado para la determinación de las unidades muestrales la mismas que se harán en todo el tramo cada 50 m.

Tabla 84

Unidades Muestrales identificadas para toda la ruta la ruta evaluada

UM	INICIO	FIN	LONGITU D	ANCHO INICIO	ANCHO FINAL	ANCHO PROM.	AREA
1	00+00 0	00+05 0	50	4.13	4.12	4.13	206.25
2	00+05 0	00+10 0	50	4.12	4.10	4.11	205.50
3	00+10 0	00+15 0	50	4.10	4.12	4.11	205.50
4	00+15 0	00+20 0	50	4.12	4.11	4.12	205.75
5	00+20 0	00+25 0	50	4.11	4.12	4.12	205.75
6	00+25 0	00+30 0	50	4.12	4.11	4.12	205.75



7	00+30	00+35	50	4.11	4.10	4.11	205.25
	0	0					
8	00+35	00+40	50	4.12	4.10	4.11	205.50
	0	0					
9	00+40	00+45	50	4.12	4.12	4.12	206.00
	0	0					
10	00+45	00+50	50	4.12	4.12	4.12	206.00
	0	0					
n	36+68	36+70	29	4.19	7	5.595	162.25
	0	9					5

Nota: elaboración propia

Sobre los Formatos de Campo elaborados se registrarán gráficamente la tipología, dimensiones y nivel de severidad de los daños identificados durante la evaluación según la codificación y consideraciones que han sido definidas anteriormente para la metodología PCI respectivamente.

4.4.3. Trabajos De Gabinete

Consisten en la digitalización y procesamiento de los datos registrados durante la evaluación de campo para concluir con el desarrollo del Informe de Evaluación de Daños que recopila toda la información analizada, para un mejor entendimiento del método del cálculo en gabinete desarrollaremos un ejemplo.

a) Cálculo de PCI por unidad de muestra:

Desarrollaremos como ejemplo el cálculo de la unidad de muestra UM-45 del Tramo en estudio, la misma que tiene un largo de 50 m y un ancho de carril de 4.11 m.



Los defectos de baja severidad encontrados fueron: Grietas longitudinales/transversales y agujeros; los daños de severidad media encontrados fueron: agujeros y meteorización/desprendimiento de agregado; los daños de alta severidad encontrados fueron: agujeros y meteorización/desprendimiento de agregado.

Etapa 1. Cálculo de los Valores Deducidos:

- ✓ 1.a. Debe calcular y completar la columna TOTAL del formulario para cada tipo y nivel de gravedad. Dependiendo de su tipo, la extensión del daño se puede estimar mediante un área, una longitud o un recuento.
- ✓ 1.b. La densidad del daño para un nivel de gravedad determinado en la unidad se calcula tomando la cantidad de cada clase de daño en este nivel y dividiéndola por el área muestreada.
- ✓ Una ilustración de la falla de las grietas longitudinales/transversales, que usaremos para determinar el nivel de severidad. Bajo, 10L, 3,3 ml como suma total en la muestra. La densidad se calculó según la fórmula:

$$\text{Densidad (\%)} = \frac{3.3}{206} \times 100\% = 1.6 \%$$

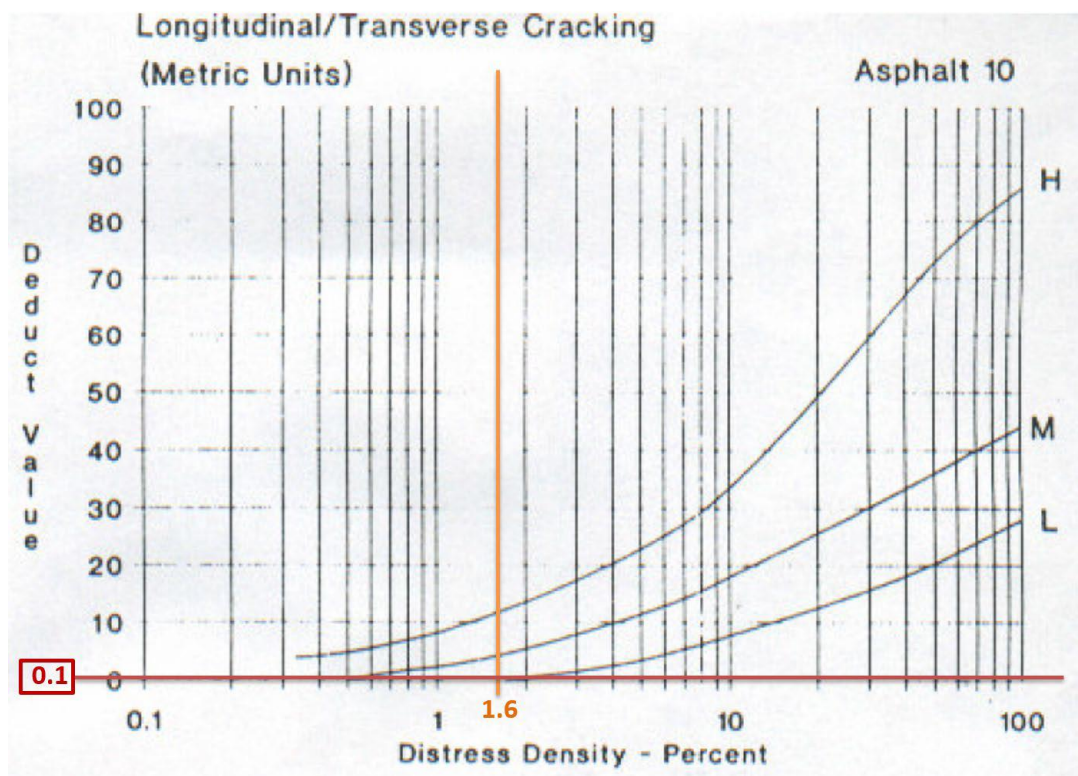
206

- ✓ 1.c. Para estimar los valores deductivos para cada combinación de fallas a partir de los valores de densidad dados, observe las curvas del Índice de Condición del Pavimento Manual (PCI) correspondientes al Pavimento Flexible. Tome la tabla 10L como ejemplo: al evaluar grietas longitudinales, ingrese la curva de Valores Deducidos con su densidad (1,6%) y el Nivel L, que arroja un valor deducido de 0,1.

Figura 65

PCI - Falla Nª10 – Grietas longitudinales y transversales. Curva Densidad – Valor

Deducido



De igual modo se ejecuta para determinar la totalidad de los Valores Deducidos de los daños o fallas halladas en cada Unidad de Muestra.



Para nuestro ejemplo el valor de HDV es 25 y reemplazándolo en la ecuación obtenemos un valor de $m = 7.89$

Es así que el número de valores deducibles se reduce a m inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se emplean todos los que se tengan, se tomarán los 3 primeros valores considerando que el cuarto y quinto es menor a 2 y no serán considerados para el análisis: 25,22,15

Etapa 3. Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

Se establece mediante los siguientes procesos iterativos:

- ✓ 3.a. Establecer el número de valores deducidos, q , mayores que 2.0.

El número de valores deducibles se disminuye a m incluyendo la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se manejan la totalidad de los que se tengan, se tomarán los 3 primeros valores considerando que el cuarto y quinto es menor a 2 y no será considerado para el análisis: 25,22,15

- ✓ 3.b. Establezca el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.

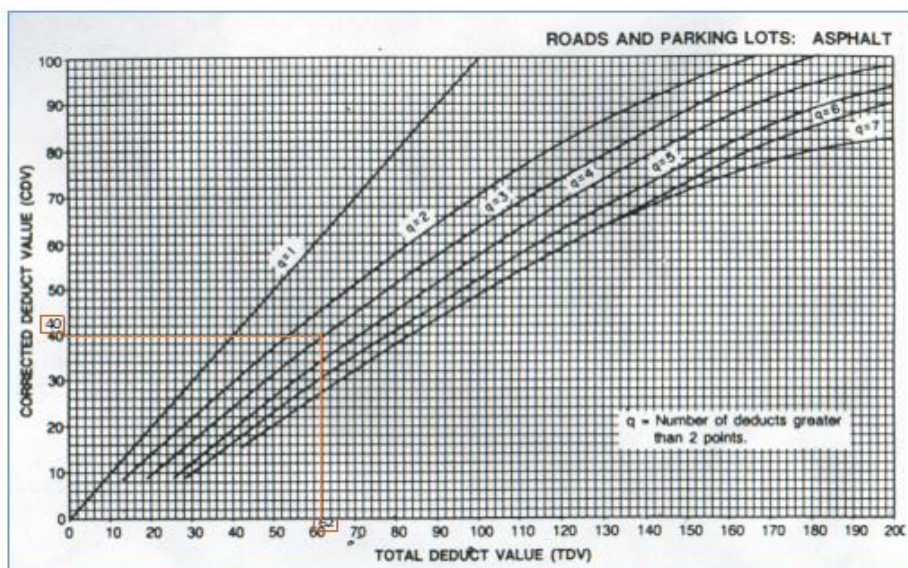
$$25+22+15 = 62$$

- ✓ 3.c. Establezca el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.

Para este caso $q=3$

Figura 67

Metodología PCI. Curva CDV – TDV



✓3.d. Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que q sea igual a 1.

Figura 68

Resultados Obtenidos

Resultados obtenidos:

#	Valor deducido				Total	q	CDV
1	25.0	22.0	15.0	0	62.0	3	40
2	25.0	22.0	2.0		49.0	2	34
3	25.0	2.0	2.0		29.0	1	29
4							
5							
6							
7							
8					Max CDV		40

✓•3.e. El máximo CDV es el mayor de los CDV logrados en este proceso



Etapa 4. Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3.

$$PCI = 100 - CDV$$

$$PCI = 100 - 40 = 60$$

Según la tabla de rangos del PCI el valor logrado corresponde a una Buena Condición

Figura 69

Clasificación PCI y Rango de Clasificación

Clasificación PCI y rango de clasificación	
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo (Pobre)
25 – 10	Muy Malo (Muy Pobre)
10 – 0	Fallado (Colapsado)

4.4.4. Cálculo De Pci Utilizando Software Evalpav.-

Considerando la longitud del tramo a evaluar (36.709 km), es inevitable un gran número de muestras. Por lo tanto, es importante aplicar software para agilizar el proceso de información de datos de campo y su análisis posterior para proporcionar resultados significativos. Por lo que para este fin se utilizará el Software EVALPAV, el cual fue ideado por el Ing. Gerber J. Zavala y desarrollado en la Dirección de Estudios Especiales dependiente del Departamento de Carreteras y Ferrocarriles Generales del MTC.

A partir del detalle de cada muestra, así como del tramo global, este programa automatiza el proceso metodológico PCI y arroja en forma de informe tanto valores del índice de condición del pavimento (PCI) como indicadores de estado de conservación. Respecto a un área completa, este software puede generar tablas con información sobre los parámetros de evaluación, el número de áreas por cada muestra, tasas progresivas iniciales y finales, densidad de cada falla que puede estar presente en la muestra, Valor Deducido Corregido (CDV) y su clasificación, que es el estado de la calzada.

El cálculo del PCI es calculado mediante el software EVALPAV:

Figura 70

Cálculo del Índice de Condición de Pavimento (PCI)

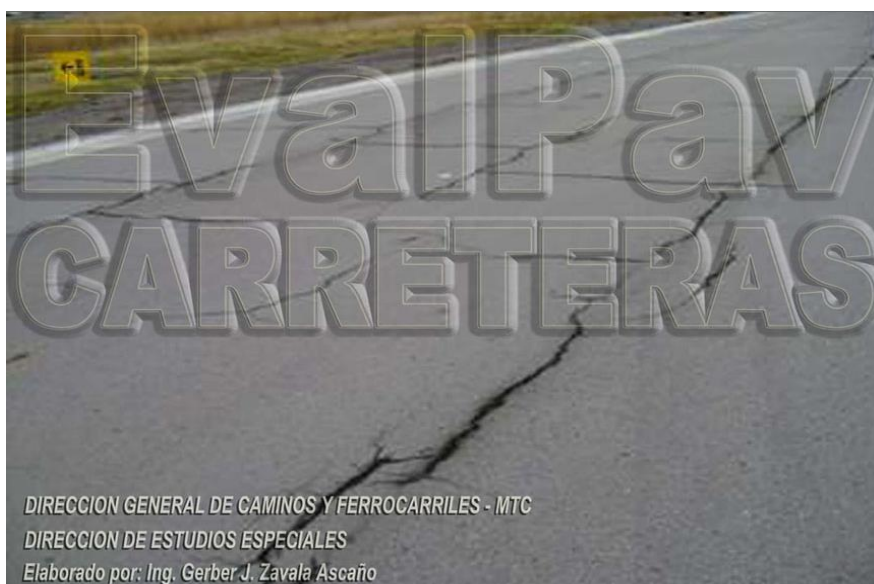


Figura 71

Interfaz EVALPAV

Proyecto Evaluación Datos Imprimir

Evaluación de Pavimentos de Superficie Asfáltica - Método PCI (ASTM D 6433)

Sector Carril

Unidad de muestra Area de muestra (m²)

Progresiva inicial Progresiva final

Inspeccionado por

Fecha Muestra adicional

m VRC PCI

Daños

1. Piel de cocodrilo	7. Grieta de borde	13. Huecos
2. Exudación	8. Grieta de reflexión de junta	14. Cruce de vía ferrea
3. Agrietamiento en bloque	9. Desnivel carril/berma	15. Ahuellamiento
4. Abultamientos y hundimientos	10. Grietas longitudinales y transversales	16. Desplazamiento
5. Corrugación	11. Parcheo	17. Grieta parabólica (slippage)
6. Depresión	12. Pulimento de agregados	18. Hinchamiento
		19. Desprendimientos de agregados

Diagrama

Longitud (m) Ancho (m)

TIPO	SEVERIDAD	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	TOTAL	DENSIDAD	VR

Definidos los sectores se registrarán los tipos, ubicación, dimensiones y el grado de severidad de los daños identificados en cada unidad muestral afectada. Para agilizar el registro, el software permite importar la data mediante un archivo Excel que incluya los siguientes campos:



Tabla 85

Formato Importación de Datos - EVALPAV

Progresiva Final	Daño	Severidad	X	Y	Ancho	Longitud	Ancho de Fisura	Obs	Carril	Ancho Carril	Inspeccionado
15100	11	L	0.40	30.00	1.30	7.40			UNICO	3.66	CRMP
16500	11	M	0.00	20.00	3.55	25.40			UNICO	3.55	CRMP
16700	11	L	0.00	20.00	2.00	21.80			UNICO	3.54	CRMP
17500	11	L	1.95	40.00	1.30	10.00			UNICO	3.89	CRMP
17750	11	M	0.00	30.00	3.84	20.00			UNICO	3.84	CRMP
19350	11	M	0.00	0.00	3.86	25.90			UNICO	3.86	CRMP
20250	11	L	0.00	40.00	4.29	10.00			UNICO	4.29	CRMP
20500	11	M	0.00	0.00	4.31	12.40			UNICO	4.31	CRMP
24050	11	L	2.20	20.00	0.90	17.40			UNICO	4.17	CRMP
24450	11	L	2.09	0.00	2.00	20.40			UNICO	4.17	CRMP
24700	11	L	1.93	0.00	0.30	50.00			UNICO	4.16	CRMP
28950	2	M	3.80	30.00	0.10	20.00			UNICO	4.15	CRMP
29150	2	M	3.60	40.00	0.30	10.00			UNICO	4.17	CRMP
29300	11	M	0.00	10.00	4.17	40.00			UNICO	4.17	CRMP
29850	2	L	1.20	0.00	0.10	47.80			UNICO	4.19	CRMP
31400	11	L	0.00	20.00	4.17	6.30			UNICO	4.17	CRMP



Por otro lado, el software permite la exportación de los resultados de los cálculos realizados permitiendo obtener dos archivos:

Tabla 86

Exportación de los resultados de los cálculos

Proyecto : Contrato De Servicio Nº100-2018-Mtc/20.2. Servicio De Gestión, Mejoramiento Y Conservación Vial Por Niveles De Servicio De Corredor Vial Pro Región Puno – Paquete 02: Pe-34q, Pe-34s, Pe-34t, Pe-3so, Pe-3sp, Pe-3ss, Pe-3sñ																		
Sector : Ruta 11 (Pe-34t) - Tramo 1: Km 0+000 - Km 13+800																		
Carril : Unico																		
Area (M²)	Unidad De Muestra	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Daño	Severidad	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	Total	Densidad	Valor Deducido
206.1	1	00+000	00+050	2	L	75.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	75.8	36.8	9
189.8	2	02+950	03+000	11	L	50.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.2	26.4	26
196.8	3	04+650	04+700	11	L	26.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.8	13.6	19
197.1	4	04+800	04+850	11	L	35.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.0	17.8	21
196.3	5	05+250	05+300	11	L	52.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.7	26.8	26
196.4	6	06+450	06+500	11	L	26.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.2	13.3	18
198.1	7	06+750	06+800	11	L	27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0	13.6	19
198.5	8	07+450	07+500	11	L	37.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.9	19.1	22
197.5	9	09+850	09+900	11	L	50.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.7	25.7	25
277.2	10	10+080	10+150	11	L	198.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	198.0	71.4	33
197.6	11	11+750	11+800	11	L	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0	9.1	15
199.3	12	12+550	12+600	11	L	17.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.7	8.9	15



Tabla 87

Formato Exportación de Datos - EVALPAV

Proyecto : Contrato De Servicio N°100-2018-Mtc/20.2. Servicio De Gestión, o Mejoramiento Y Conservación Vial Por Niveles De Servicio De Corredor Vial Pro Región Puno – Paquete 02: Pe-34q, Pe-34s, Pe-34t, Pe-3so, Pe-3sp, Pe-3ss, Pe-3sñ								
Sector : Ruta 11 (Pe-34t) - Tramo 2: Km 13+800 - Km 36+709								
Carril : Unico								
Area (M ²)	Unidad De Muestra	Progresiva Inicial	Progresiva Final	M	Vr	Pc	Clasificación	Muestra Adicional
183.1	1	15+050	15+100	0.0	10	90	Excelente	Falso
177.4	2	16+450	16+500	0.0	57	43	Regular	Falso
177.1	3	16+650	16+700	0.0	25	75	Muy Bueno	Falso
194.6	4	17+450	17+500	0.0	13	87	Excelente	Falso
191.9	5	17+700	17+750	0.0	56	44	Regular	Falso
193.1	6	19+300	19+350	0.0	57	43	Regular	Falso
214.6	7	20+200	20+250	0.0	23	77	Muy Bueno	Falso
215.4	8	20+450	20+500	0.0	49	51	Regular	Falso
208.4	9	24+000	24+050	0.0	14	86	Excelente	Falso
208.5	10	24+400	24+450	0.0	22	78	Muy Bueno	Falso
208.1	11	24+650	24+700	0.0	13	87	Excelente	Falso



207.3	12	28+900	28+950	0.	0	10	Excelente	Falso
				0		0		
208.6	13	29+100	29+150	0.	0	10	Excelente	Falso
				0		0		
208.4	14	29+250	29+300	0.	57	43	Regular	Falso
				0				
209.4	15	29+800	29+850	0.	0	10	Excelente	Falso
				0		0		
208.6	16	31+350	31+400	0.	18	82	Muy Bueno	Falso
				0				

Los formatos de campo de la encuesta se basaron en las plantillas descritas en el Punto 4.4.2.1. Estas plantillas imitan la estructura de la carretera y garantizan una identificación y documentación precisas de los daños de muestra.

Para proceder con el cálculo de los valores PCI de cada Unidad Muestral es reiterativo para cada carril del tramo evaluado.

4.4.5. Determinación de tramos

Los tramos de la vía, se establecen considerando la evaluación efectuada con respecto a la condición funcional (IRI) en la que se define 02 tramos el tramo 1 desde el Km 00+00 al Km 13+800 y el 2 desde el Km 13+800 al el 36+709

4.4.6. Evaluación de daños Superficiales

La ruta comprende los siguientes tramos evaluados:

Tabla 88

Unidades Muestrales

RUTA NACIONAL	TRAYECTORIA	Tramo	Carril	Inicio Progresiva	Fin Progresiva	Long. Interv. (Km)	Muestras
PE-34T	Emp. PE-34H (Dv Inchupalla) - Dv Janansaya-	1	Unico	00+000	13+800	13.800	276
	Inchupalla Emp PE-34H (Huatasani)	2	Unico	13+800	36+709	22.909	458

Figura 72

Evaluación de daños



En los siguientes puntos se presentan los resultados logrados para cada tramo evaluado.

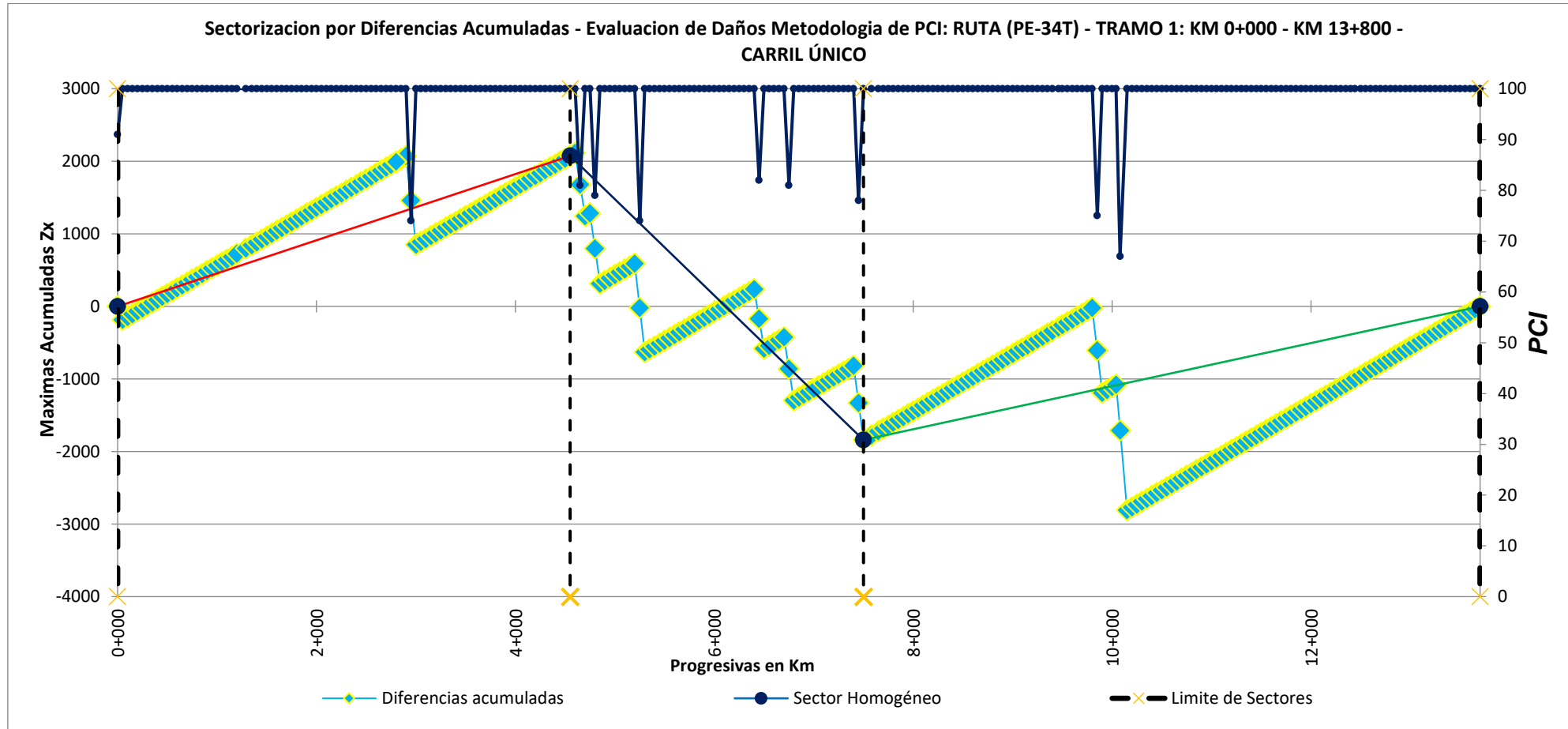
Tramo 1: Km 0+000 – Km 13+800 – Carril Único.

Determinación de sectores Homogéneos.

Esta sectorización se estableció mediante el uso de la metodología de "diferencia acumulativa", que es una herramienta estadística empleada por AASHTO en 1993 en el “Apéndice J de la Guía de Diseño Estructural de Pavimentos para establecer sectores homogéneos.”

Figura 73

Sectorización por Diferencias Acumuladas - Evaluación de Daños Metodología de PCI: RUTA (PE-34T) - TRAMO 1: KM 0+000 - KM 13+800 - CARRIL ÚNICO





Tramo	Carril	Sector Homogèneo				Evaluación	
		Nº	Inicio	Fin	Long. (km)	Índice	Condición
1	Único	1	0+000	4+550	4.55	100	Excelente
1	Único	2	4+550	7+500	2.95	98	Excelente
1	Único	3	7+500	13+800	6.30	100	Excelente

Análisis de la condición del tramo:

Tabla 89

Condición – Tramo 1 – Carril Único

Tramo	Inicio	Fin	Carril	Parametros	Cantidad	Excelente		Muy Bueno		Bueno		Regular		Pobre		Muy pobre		Colapsado	
						Muestras	PCI	%	PCI	%	PCI	%	PCI	%	PCI	%	PCI	%	PCI
1	00+000	13+800	Unico	UM (Und)	276	180	65.22%	10	3.62%	81	29.35%	5	1.81%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
				Long. (Km)	13.8	9	65.22%	0.5	3.62%	4.05	29.35%	0.25	1.81%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
				Sup (m2)	56856	36900	64.90%	2050	3.61%	16605	29.21%	1301	2.29%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%

Nota: elaboración propia



De acuerdo a la evaluación realizada, el tramo indicado posee un Índice de Condición promedio de **100** con una calificación de **Excelente**.

Destaca que **180** Unidades Muéstrales del total de **276** evaluadas han obtenido una condición de **Excelente**, lo cual equivale a más del 65% de la longitud y superficie del tramo evaluado.

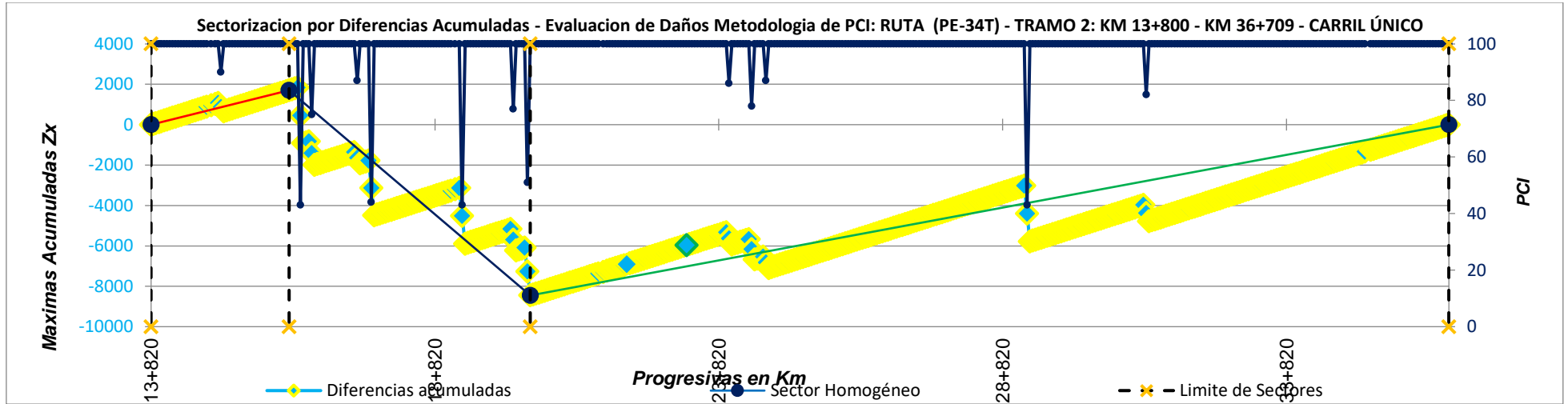
Tramo 2: Km 13+800 – Km 36+709 – Carril Único

Determinación de sectores Homogéneos.

La sectorización del tramo se establece siguiendo el procedimiento de "diferencia acumulativa".

Figura 74

Sectorización por Diferencias Acumuladas - Evaluación de Daños Metodología de PCI: RUTA (PE-34T) - TRAMO 2: KM 13+800 - KM 36+709 - CARRIL ÚNICO



Tramo	Carril	Sector Homogéneo			Evaluación		
		Nº	Inicio	Fin	Long. (km)	Índice	Condición
2	Único	1	13+820	16+250	2.43	100	Excelente
2	Único	2	16+250	20+500	4.25	97	Excelente
2	Único	3	20+500	36+709	16.21	100	Excelente

Nota: elaboración propia



Análisis de la condición del tramo:

Tabla 90.

Condición Tramo 2 – Carril Único

Tramo	Inicio	Fin	Carril	Parámetros	Cantidad	Excelente		Muy Bueno		Bueno		Regular		Pobre		Muy pobre		Colapsado			
						PCI	%	PCI	%	PCI	%	PCI	%	P	%	P	%	P	%		
2	13+800	36+709	Único	UM	458	415	90.6	15	3.28	23	5.02	5	1.09	0	0.00	0	0.00	0	0.00		
				(Und)			1%		%		%		%		%		%		%		%
				Long. (Km)	22.909	20.75	90.5	0.7	3.27	1.16	5.06	0.25	1.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			Sup (m2)	94385	85490	90.5	8%	30	3.27	477	5.06	102	1.09	0	0.00	0	0.00	0	0.00		

Nota: elaboración propia

De acuerdo con la evaluación realizada, el tramo indicado posee un Índice de Condición promedio de **99** con una calificación de **Excelente**.

Destaca que **415** Unidades Muestrales del total de **458** evaluadas han obtenido una condición de **Excelente**, lo cual equivale a más del 90% de la longitud y superficie del tramo evaluado.

4.4.7. Resultados finales

A continuación, se presentan a modo de resumen las siguientes tablas que resumen la evaluación de daños y la condición obtenida según la metodología PCI para los diferentes tramos que componen la ruta del proyecto evaluado:

Tabla 91

Condición – Tramo 1 – Carril Único

Tramo	Carril	Sector Homogèneo				Evaluación	
		Nº	Inicio	Fin	Long. (km)	Índice	Condición
1	Único	1	0+000	4+550	4.55	100	Excelente
1	Único	2	4+550	7+500	2.95	98	Excelente
1	Único	3	7+500	13+800	6.30	100	Excelente

Nota: elaboración propia

Tabla 92

Condición – Tramo 2 – Carril Único

Tramo	Carril	Sector Homogèneo				Evaluación	
		Nº	Inicio	Fin	Long. (km)	Índice	Condición
2	Único	1	13+820	16+250	2.43	100	Excelente
2	Único	2	16+250	20+500	4.25	97	Excelente
2	Único	3	20+500	36+709	16.21	100	Excelente

Nota: elaboración propia



4.5. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Para probar nuestra hipótesis realizamos una confrontación de la hipótesis propuesta y los resultados encontrados.

4.5.1. Hipótesis Especifica 1

El tráfico que actualmente tiene la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani al finalizar el contrato por niveles de servicio es el adecuado para la solución propuesta al finalizar el contrato por niveles de servicio.

Con la determinación del IMDA actual comparado con el valor que se tenía al inicio del contrato afirmamos que existe un incremento en la cantidad de unidades que circulan en la vía sobre todo en lo que se refiere a vehículos tipo camión 2E y 3E, por lo tanto, el tráfico actual es el adecuado para la solución propuesta en el plan de gestión vial del contrato.

5. Hipótesis Especifica 2

En la vía PE-34H desvío Inchupalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani el comportamiento funcional del pavimento a solicitudes de rugosidad brinda, el confort del paso de los vehículos al finalizar el contrato por niveles de servicio.

Mediante Resolución N°003-2015-MTC/14 publicada en el diario oficial peruano el 27 de junio del 2015 se aprueba el documento técnico denominado "Soluciones Básicas En Carreteras No Pavimentadas" el mismo que en el numeral 9,2 establece una tolerancia de 5 m/km como máximo en el valor del IRI.

En los proyectos de gestión, mejoramiento y mantenimiento por nivel de servicio, se realizan soluciones básicas en vías existentes que no cumplen con todos los parámetros geométricos, con una velocidad de diseño igual o inferior a



más de 40 km/h. se recomienda establecer los siguientes valores como nivel de servicio IRIc.

Tabla 93

Valores de nivel de servicio de IRIc

Parámetro	Nivel de Servicio
IRIc (solución básica nueva)	5 m/km
IRIc (recapado en solución básica)	5.5 m/Km
IRIc (solución básica durante el período de servicio)	6.2 m/km

IRIc a la confiabilidad de 70%

$$IRIc = IRIp + 0.524 \times ds$$

$$IRIp = IRI \text{ promedio}$$

ds = desviación estándar

Fuente: Informe Técnico N°001-2019/MTC del área de Gestión vial e

Inventario de PROVIAS NACIONAL

Por lo anterior descrito se aprecia que en la evaluación efectuada el IRIc en los tramos de la ruta los valores encontrados no exceden el valor establecido por lo que la vía brinda, el confort del paso de los vehículos al finalizar el contrato por niveles de servicio.

6. Hipótesis Especifica 3

La condición estructural la vía PE-34H desvío Inchipalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani es la apropiada para soportar las cargas de tránsito al finalizar el contrato por niveles de servicio



Del análisis efectuado a las deflexiones encontradas y el número estructural efectivo encontrado a través del retrocálculo ($S_{Neff}=2.89$ y 2.26) se verifica que este es mayor al proyectado al inicio del proyecto ($S_{Np}=1.98, 1.87$) en ambos tramos respectivamente, lo mismo ocurre con las deflexiones, la deflexión característica es menor a la admisible en todos los sectores homogéneos de la ruta.

Por lo que estamos en condiciones de afirmar que el paquete estructural es apropiado para resistir las cargas de tránsito al finalizar el contrato por niveles de servicio

7. Hipótesis Específica 4

La condición superficial del pavimento en la vía PE-34H desvío Inchipalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani es la adecuada al finalizar el contrato por niveles de servicio.

De los trabajos efectuados a la superficie del pavimento de acuerdo a la metodología del PCI se concluye que esta se encuentra dentro de la condición excelente; por lo que la vía es la adecuada al finalizar el contrato por niveles de servicio.

8. Hipótesis General

El mejoramiento de la en la vía PE-34H desvío Inchipalla hasta el empalme PE-34H en Huatasani a través de contrato por niveles de servicio es la alternativa para su crecimiento de acuerdo al aumento de tránsito.

Luego de evaluar las 4 hipótesis específicas se tiene que el contrato por nivel de servicio, permitió un crecimiento del tránsito esto debido a la mejora en los niveles de servicio de la vía. Para este caso se evidenció la mejora



estructural, una condición superficial excelente y un índice de rugosidad que brinda confort al usuario, todos esto al concluir el contrato, por lo que se puede afirmar que este tipo de contratos no tiene por finalidad ejecutar Rehabilitación y mejoramiento, sino que se trata de un servicio que contempla soluciones básicas con el fin de incrementar el tráfico para el crecimiento paulatino de la vía lo cual se demuestra con las evaluaciones efectuadas

5.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Tabla 70 se puede apreciar que al finalizar el contrato por niveles de servicio el tráfico se ha incrementado, sin embargo, este aun no es suficiente para que la vía pase a la etapa de construcción definitiva, no obstante, la solución propuesta marca el inicio para el mejoramiento de la vía la misma que de continuar con los mantenimientos rutinarios elevará aún más el IMD.

En las tablas 74 y 75 se puede notar que los valores encontrados para el IRI y el PSI son los permitidos por la normativa del MTC lo que significa que a la conclusión del contrato la vía ofrece confort a los usuarios.

La condición estructural de la vía de acuerdo al estudio efectuado tiene un número estructural efectivo que es superior al número estructural proyectado en el plan de gestión vial al inicio del proyecto.

En las tablas 91 y 92 se resume la evaluación de daños de la vía, en estas se verifica que la condición superficial es excelente.



CONCLUSIONES.

PRIMERA. Existe un incremento en el volumen de unidades que circulan en la vía sobre todo en lo que se refiere a vehículos tipo camión 2E y 3E, con respecto al inicio del proyecto que fue el 2018 por lo tanto, el tráfico actual es el adecuado para la solución propuesta por el contratista conservador.

SEGUNDA. Los valores del IRI encontrados en la evaluación condición la están por debajo de las exigencias del MTC igualmente los valores del PSI indican que la vía el confort del paso de los vehículos al finalizar el contrato por niveles de servicio.

TERCERA. Del análisis deflectométrico efectuado se concluye que el número estructural efectivo es mayor al número estructural de diseño en los 2 tramos analizados, por lo que la vía está en capacidad de soportar las cargas al finalizar el contrato por niveles de servicio.

CUARTA. Con la aplicación de la metodología del PCI se tiene que la condición superficial de la vía se clasifica como excelente.



RECOMENDACIONES.

PRIMERA. PROVIAS NACIONAL debe continuar con monitoreo del tránsito en la vía para determinar si este continúa aumentado hasta el punto de ameritar su construcción definitiva.

SEGUNDA. Los valores del IRI y PSI se mantendrán en tanto la vía mantenga su política de mantenimiento, por lo PROVIAS NACIONAL debe volver a convocar dicho tramo.

TERCERA. Si bien el número estructural efectivo es aún mayor que el de diseño se debe tener en cuenta que el tráfico pesado seguirá aumentado por lo que se debe efectuar una nueva evaluación mínimo en los próximos 2 años

CUARTA. La evaluación del PCI es solo visual por lo esta debe ser efectuada cada año para prevenir daños en la superficie de la calzada



REFERENCIAS

- Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos aprobado mediante Resolución Directoral N° 10-2014-MTC/14, publicada el 16.04.2014.
- Decreto Supremo N° 058-03-MTC-SINMAC Normas de Pesos y dimensiones de vehículos para la circulación en las carreteras de la Red Vial Nacional.
- Manual de capacidad vial estadounidense (Highway Capacity Manual o HCM).
- Manual de Carreteras: Ensayo de Materiales – 2016 del MTC.
- Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial RD N° 08 – 2014 – MTC/14.
- AASHTO. Guidelines for Pavement Management System.
- Manual PCI ASTM D 6433-03 Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos.
- Manual de Inventarios Viales, aprobado mediante Resolución Directoral N°10-2014-MTC/14, publicada el 20 de noviembre del 2013
- Manual del Usuario EVALPAV - Software para la Evaluación de Pavimentos en Carreteras y Aeropuertos de Superficie Asfáltica, y Carreteras No Pavimentadas.
- Guillén Pérez, R. (2009). Metodología y aplicación del retrocálculo del deflectómetro de impacto (FWD) en pavimentos flexibles. Lima.
- Hossain, M, & Chowdhury, T. (1999). Use Of Falling Weight Deflectometer Data For Assessing Pavement Structural Evaluation Values.
- Arias, F. (2012). El proyecto de investigación. Venezuela: Editorial EPISTEME.



HEMEROGRAFICAS

Saldaña M. David, Díaz T. Rodrigo, Marquez Waldo, Garrido S. Ricardo (2017).

Estudio comparativo de la medición del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) mediante tecnología láser 3-D (LCMS) y un perfilómetro láser. XIX Congreso Iberoamericano del Asfalto, Medellín.

Lic. González del Águila William Javier (2009). Este estudio tiene como objetivo desarrollar una propuesta de investigación y desarrollo para la creación de herramientas avanzadas de medición de carreteras que puedan ayudar a monitorear y mantener la calidad de las vías pavimentadas. (tesis de maestría) UNI

ELECTRONICAS

Provias Nacional. Soluciones Básicas de Recuperación de Carreteras Convencionales. Recuperado de <https://ejercitoydesarrollo.blogspot.com/2015/10/soluciones-basicas-yrecuperacion-de.html>



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 15-08-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: Carlos Ronald Murillo Pezo

Dirección: Av La Torre 732 - Puno

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 01288594

Teléfono: 996120358 email: cmurilloing@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: Maestría en Ingeniería Civil

Escuela Profesional o Mención: Geotecnia y Transportes.

Título o Grado Académico a optar: Magister en Ingeniería Civil

Asesor: Dr Leonel Suasaca Pelinco

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: Mesoramiento en la via desvio InchuPella hasta el empalme

en Huatasani por niveles de servicio como alternativa para

su crecimiento paulatino de acuerdo al aumento de tránsito

Palabras claves, (3 a 5 términos): Niveles de servicio evaluación de Pavimento

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

2

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no-exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: Tecnología de la Construcción - P50

Firma de Autor



huella digital

15-08-2024

Fecha