

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA –
LLACANORA CON INCORPORACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO, 2024**

TESIS:

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR EL BACHILLER:

ROEL ALEXANDER QUILICHE CACHAY

ASESOR:

MSc. Ing. MARCO ANTONIO SILVA SILVA

CAJAMARCA – PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: Roel Alexander Quiliche Cachay
DNI: 77565303
Escuela Profesional: Ingeniería Civil
2. Asesor: M.Cs. Marco Antonio Silva Silva
Facultad: Ingeniería
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
"ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA – LLACANORA CON INCORPORACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO, 2024"
Fecha de evaluación: 21 /1/2025
6. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
7. Porcentaje de Informe de Similitud: 5%
8. Código Documento: oid:::3117:422533699
9. Resultado de la Evaluación de Similitud: 5%
10. :
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha de emisión: 27/01/2025



FIRMA DEL ASESOR
M.Cs. Marco Antonio Silva Silva
DNI: 26633819



Firmado digitalmente por:
BAZAN DIAZ Laura Sofia
FAU 20148258601 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 27/01/2025 08:16:11-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : "ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - LLACANORA CON INCORPORACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO, 2024"

ASESOR : M.Cs. Ing. Marco Antonio Silva Silva.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0097-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 29 de enero de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **cinco días del mes de febrero de 2025**, siendo las once horas (11:00 a.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado.
Vocal : M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur.
Secretario : Mag. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada "ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - LLACANORA CON INCORPORACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO, 2024" presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil ROEL ALEXANDER QUILICHE CACHAY, asesorado por el M.Cs. Ing. Marco Antonio Silva Silva, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : 06 PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : 11 PTS.
EVALUACIÓN FINAL : 17 PTS. 17 DIECISIETE (En letras)

En consecuencia, se lo declara APROBADO con el calificativo de 17 DIECISIETE acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 12:00 horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.


Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado.
Presidente


M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur.
Vocal


Mag. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.
Secretario


M.Cs. Ing. Marco Antonio Silva Silva.
Asesor



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

Bachiller en Ingeniería Civil: ROEL ALEXANDER QUILICHE CACHAY.

RUBRO	PUNTAJE
	Máximo / Calificación
2. DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	
2.1. Capacidad de síntesis	03
2.2. Dominio del tema	03
2.3. Consistencia de las alternativas presentadas	03
2.4. Precisión y seguridad en las respuestas	02
PUNTAJE TOTAL (MÁXIMO 12 PUNTOS)	11

Cajamarca, 05 de febrero de 2025


Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado.
Presidente


M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur.
Vocal


Mag. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.
Secretario


M.Cs. Ing. Marco Antonio Silva Silva.
Asesor



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



EVALUACIÓN FINAL DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS.

Bachiller en Ingeniería Civil: ROEL ALEXANDER QUILICHE CACHAY.

RUBRO	PUNTAJE
A.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PRIVADA	06
B.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	11
EVALUACIÓN FINAL	
EN NÚMEROS (A + B)	17
EN LETRAS (A + B)	DIECISIETE
- Excelente 20 - 19	MUY BUENO
- Muy Bueno 18 - 17	
- Bueno 16 - 14	
- Regular 13 a 11	
- Desaprobado 10 a menos	

Cajamarca, 05 de febrero de 2025


Dr. Ing. Jaime Octavio Amorós Delgado.
Presidente


M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur.
Vocal


Mag. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.
Secretario


M.Cs. Ing. Marco Antonio Silva Silva.
Asesor

AGRADECIMIENTO

A Dios, por todas las bendiciones, su constante compañía y apoyo en los momentos difíciles. Sin Él, no habría sido posible superar las adversidades y avanzar en esta carrera.

A mis Padres, Eduardo y María Irene, por su apoyo incondicional, en lo moral, emocional y económico. Son mi refugio, compañía y la fuerza para seguir adelante. Gracias por su infinito amor.

A mi hermana, J. Marisol, gracias por tu apoyo incondicional, tanto moral como emocional. Gracias querida hermana.

A mi asesor, el Ing. Marco Antonio Silva Silva, gracias por su apoyo, dedicación y los conocimientos compartidos para poder llevar a cabo esta investigación.

ROEL

DEDICATORIA

A mis padres, por su esfuerzo, paciencia, confianza, amor y todo lo que sacrificaron para que pudiera alcanzar mis objetivos. Por eso, esta investigación está dedicada a ustedes. Los amo profundamente.

A mi familia, especialmente a mi hermana, mis abuelitos María A. Díaz, Santiago Cachay y Julia Cerquin,

ROEL

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT.....	X
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Formulación del problema	2
1.2.1 Problema General.....	2
1.2.2 Problemas específicos	2
1.3 Justificación de la investigación.....	3
1.4 Alcances o delimitación de la investigación	4
1.4.1 Delimitación metodológica	4
1.4.2 Delimitación espacial.....	4
1.4.3 Delimitación Temporal	4
1.5 Limitaciones	4
1.6 Objetivos	5
1.6.1 Objetivo general.....	5
1.6.2 Objetivos específicos	5
1.7 Hipótesis.....	5
1.7.1 Hipótesis general.....	5
1.8 Variables/Categorías.....	5
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes teóricos.....	6
2.1.1 Internacionales	6
2.1.2 Nacionales.....	7
2.1.3 Locales	8
2.2 Bases teóricas	9
2.2.1 Carretera.....	9
2.2.2 Niveles de riesgo	9
2.2.3 Riesgo en carreteras	9

2.2.4	Evaluación de riesgos	11
2.2.5	Índice de sostenibilidad.....	21
2.2.6	Sostenibilidad en carreteras	21
2.2.7	Evaluación de sostenibilidad.....	23
2.3	Definición de términos básicos	27
CAPÍTULO III.....		29
MATERIALES Y MÉTODOS		29
3.1	Localización y Ubicación.....	29
3.2	Metodología de la investigación	30
3.2.1	Tipo de investigación	30
3.2.2	Métodos aplicados	31
3.2.3	Procedimiento	31
3.3	Incorporación de los niveles de riesgo en la sostenibilidad	33
3.3.1	Identificación de los tramos evaluados de la carretera.	33
3.3.2	Identificación de los criterios clave de sostenibilidad.	33
3.3.3	Ponderación de los criterios que determinan la sostenibilidad.	34
3.3.4	Cálculo del índice de sostenibilidad sin considerar el factor riesgo.	41
3.3.5	Valoración de los factores determinantes para la sostenibilidad.....	41
3.3.6	Cálculo del índice de sostenibilidad incluyendo el nivel de riesgo.	44
3.4	Planteamiento de la investigación.....	45
3.5	Técnicas e Instrumentos de recopilación de datos.	47
3.5.1	Técnicas	47
3.5.2	Instrumentos.....	47
3.6	Técnicas para el procedimiento y análisis de la información.....	54
3.7	Equipos y materiales	54
3.7.1	Equipos	54
3.7.2	Materiales.....	54
CAPÍTULO IV.....		55
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		55
4.1	Presentación de resultados	55
4.1.1	Fiabilidad del instrumento aplicado.....	55
4.1.2	Ponderación de los criterios determinantes de la sostenibilidad.....	56
4.1.3	Identificación de riesgos y estrategias de mitigación	61
4.1.4	Análisis de riesgos e índice de sostenibilidad.....	62
4.2	Análisis, interpretación y discusión de resultados	64

4.2.1	Nivel de riesgo e índice de sostenibilidad.....	64
4.2.2	Análisis de dispersión y regresión de variables	65
4.2.3	Correlación del nivel de riesgo e índice de sostenibilidad.....	68
4.2.4	Planteamiento del método compuesto	70
4.3	Contrastación de la hipótesis.....	75
CAPÍTULO V.....		77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		77
CONCLUSIONES		77
RECOMENDACIONES		78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		79
ANEXOS.....		86
Anexo I		87
Caracterización de la carretera Baños del Inca – Llacanora, 2024		87
Anexos II.....		104
Cuestionario estructurado y juicio de expertos.....		104
Anexo III.....		114
Coefficiente de cronbach (validación del instrumento)		114
Anexo IV.....		126
Método multicriterio – proceso de análisis jerárquico (PAJ).....		126
Anexo V		136
Evaluación del estado físico de la plataforma en carreteras		136
Anexo VI.....		147
Evaluación de los niveles de riesgo en carreteras.....		147
Anexo VII		192
Calificación de los criterios de sostenibilidad en carreteras		192
Anexo VIII.....		208
Evaluación de la sostenibilidad de la carretera Baños del Inca – Llacanora, 2024		208
Anexo IX.....		212
Resultados del análisis de la sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo en la carretera Baños del Inca – Llacanora, 2024.....		212
Anexo X.....		216
Fichas de identificación		216
Anexo XI.....		229
Planos.....		229

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de peligro.	12
Tabla 2. Niveles de vulnerabilidad.....	14
Tabla 3. Método simplificado para la determinación del nivel de riesgo	15
Tabla 4. rangos para cada uno de los niveles de riesgo	15
Tabla 5. Niveles de Riesgo.....	16
Tabla 6. Descripción y valor del peligro	17
Tabla 7. Descripción y valor de la vulnerabilidad	18
Tabla 8. Matriz de peligro y vulnerabilidad para determinar el riesgo	19
Tabla 9. Matriz de probabilidad e impacto	20
Tabla 10. Calificación de la sostenibilidad	24
Tabla 11. Escala de Saaty.....	34
Tabla 12. Validación de los instrumentos con el coeficiente alfa de Cronbach.....	36
Tabla 13. Índice Aleatorio para diferentes valores de “n”	40
Tabla 14. Escala de Valoración de Likert.....	42
Tabla 15. Matriz de niveles de riesgo – método compuesto.	44
Tabla 16. Niveles de riesgo, método compuesto.....	44
Tabla 17. Ficha de evaluación física de la plataforma	48
Tabla 18. Ficha de identificación y análisis de riesgos	50
Tabla 19. Ficha de evaluación de los factores de sostenibilidad.....	51
Tabla 20. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	54
Tabla 21. Fiabilidad del Instrumento.	55
Tabla 22. Ponderación de los criterios de la sostenibilidad.	56
Tabla 23. Matriz simplificada del índice de sostenibilidad sin riesgo	59
Tabla 24. Escala de valoración del índice de sostenibilidad sin riesgo	59
Tabla 25. Resultado de los factores de la sostenibilidad sin riesgo.	60
Tabla 26. Resultado de los factores del índice de sostenibilidad.....	63
Tabla 27. Cuadro comparativo del análisis del índice de sostenibilidad	69
Tabla 28. Matriz simplificada – método compuesto	71
Tabla 29. Escala de valoración – método compuesto	71
Tabla 30. Interpretación del índice de sostenibilidad – método compuesto	72
Tabla 31. Resultados del índice de sostenibilidad sin y con riesgo	73
Tabla 32. División en tramos de la carretera Baños del inca - Llacanora.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen satelital de la carretera en estudio Baños del Inca - Llacanora.....	29
Figura 2. Modelo del método hipotético deductivo	46
Figura 3. Método hipotético deductivo de la investigación.....	46
Figura 4. Nivel de riesgo de los tramos evaluados.	62
Figura 5. Índice de sostenibilidad sin riesgo.....	63
Figura 6. Índice de sostenibilidad y el nivel de riesgo.....	64
Figura 7. Operación y mantenimiento y nivel de riesgo	65
Figura 8. Sostenibilidad financiera y nivel de riesgo.....	66
Figura 9. Capacidad del operador y nivel de riesgo.....	66
Figura 10. Dispersión y regresión del factor nivel de riesgo	67
Figura 11. Ajuste de las variables índice de sostenibilidad y nivel de riesgo	68
Figura 12. Dispersión y regresión del índice de sostenibilidad	69
Figura 13. Índice de sostenibilidad con riesgo.....	74
Figura 14. Tendencia del índice de sostenibilidad	75
Figura 15. Correlación inversa y casualidades entre variables	76
Figura 16. Centros poblados	89
Figura 17. Instituciones educativas.....	90
Figura 18. Redes viales	91
Figura 19. Predios urbanos	92
Figura 20. Predios rurales	93
Figura 21. Puntos críticos (inundación).....	95
Figura 22. Susceptibilidad regional a inundación.....	96
Figura 23. Susceptibilidad a inundaciones por lluvias fuertes.....	97
Figura 24. Susceptibilidad a inundaciones por el fenómeno del niño	98
Figura 25. Áreas expuestas a movimientos de masa.....	99
Figura 26. Áreas expuestas a movimientos de masa a nivel regional.....	101
Figura 27. Susceptibilidad a movimientos de masa por lluvias fuertes.....	102
Figura 28. Susceptibilidad a erosión por lluvias fuertes	103

RESUMEN

La presente investigación, titulada “Índice de sostenibilidad de la carretera Baños del Inca – Llacanora con incorporación de los niveles de riesgo, 2024”, tuvo como objetivo determinar la variación en el índice de sostenibilidad de la carretera, al incorporar los niveles de riesgo, identificar los riesgos naturales a los que está expuesta la vía, determinar el nivel de riesgo y proponer medidas de mitigación para reducir estos. La hipótesis planteada establece que el índice de sostenibilidad disminuye al incorporar los niveles de riesgo. El tipo de investigación fue aplicada, descriptiva, transversal y no experimental, con un diseño cuantitativo. Se utilizó métodos de valoración ordinaria y probabilista en la evaluación de riesgos; en el índice de sostenibilidad se usó el método multicriterio (PAJ), con el análisis de regresión de variables. Para ellos, emplearon instrumentos como cuestionarios de expertos, fichas técnicas de evaluación en plataformas, riesgos y sostenibilidad. Los resultados revelaron que el índice de sostenibilidad de la carretera disminuyó de 2.810 a 2.415 al incorporar los niveles de riesgo, confirmado la hipótesis de una correlación inversa entre el riesgo y sostenibilidad. En conclusión, se identificaron riesgos como la inundación, movimientos de masas y erosión lo que subraya la necesidad de medidas de mitigación como la estabilidad de taludes.

Palabras Claves: Niveles riesgo, Índice de sostenibilidad, Infraestructura vial, Carretera Baños del Inca – Llacanora.

ABSTRACT

The present research, titled “Sustainability index of the Baños del Inca – Llacanora highway with incorporation of risk levels, 2024”, aimed to determine the variation in the sustainability index of the highway, by incorporating risk levels, Identify the natural risks to which the road is exposed, determine the level of risk and propose mitigation measures to reduce these. The proposed hypothesis establishes that the sustainability index decreases when risk levels are incorporated. The type of research was applied, descriptive, transversal and non-experimental, with a quantitative design. Ordinary and probabilistic valuation methods were used in risk assessment; The multi-criteria method (PAJ) is used in the sustainability index, with regression analysis of variables. For them, they used instruments such as expert questionnaires, technical evaluation sheets on platforms, risks and sustainability. The results revealed that the highway sustainability index decreased from 2,810 to 2,415 when incorporating risk levels, confirming the hypothesis of an inverse compensation between risk and sustainability. In conclusion, risks such as flooding, mass movements and erosion are identified, which underlines the need for mitigation measures such as slope stability.

Keywords: Risk levels, Sustainability index, Road infrastructure, Baños del Inca – Llacanora Highway.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Los proyectos de infraestructura vial a nivel internacional han priorizado centrarse en los aspectos tradiciones de la sostenibilidad como los ámbitos económico, social y ambiental, sin embargo, aún carecen de estudios que integren los niveles de riesgo. Esta omisión aumenta la vulnerabilidad de las carreteras ante desastres naturales, reduciendo su vida útil y elevando los costos de mantenimiento como lo señala el (Banco Mundial, 2015). La asociación española de la carretera a través de Elena de la Peña (El País, 2024), enfatiza la necesidad de incorporar el análisis de riesgo frente a desafíos como el cambio climático para garantizar una gestión vial más resiliente y sostenible.

En el Perú, el Ministerio de Economía y Finanzas (2015) publicó el documento titulado “Guía general para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública (PIP), a nivel de perfil”, que establece directrices que identifican riesgos y adoptan medidas de mitigación dentro del diseño y presupuesto de los proyectos. Sin embargo, a pesar de la existencia de fuentes de información, varias obras no aplican adecuadamente estas pautas o, en algunos casos no se consideran, lo que genera infraestructuras vulnerables, poco sostenibles, con mayores costos de operación y mantenimiento.

El Ministerio del Ambiente (2011) en su documento “Memoria Descriptiva del Mapa de Vulnerabilidad Física del Perú” señala que el Perú es considerado el tercer país más vulnerable del mundo debido a su alta diversidad geografía y geológica. El informe también resalta que Cajamarca es altamente susceptible a peligros múltiples (huaycos y deslizamientos) lo que representa una amenaza constante para la infraestructura vial de la región.

La carretera Baños del Inca – Llacanora ubicada en el km 00+000 de la red vial vecinal CA 1494 que culmina en el kilómetro 05+130 de la misma red vecinal, enfrenta riesgos significativos debido a su proximidad a pendientes inestables. Luza (2021), en su investigación sobre dicha carretera, destaca que esta vía presenta factores de seguridad muy bajos debido a taludes inestables que afectan directamente a la carretera.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿Cuál es la variación en el índice de sostenibilidad de la carretera Baños del Inca – Llacanora al incorporar los niveles de riesgo, 2024?

1.2.2 Problemas específicos

¿Cuáles son los riesgos naturales a los que está expuesta la carretera Baños del Inca – Llacanora, 2024?

¿Cuál es el nivel de riesgo de la carretera Baños del Inca – Llacanora, 2024?

¿Qué medidas de mitigación deben implementarse para reducir el riesgo en la carretera Baños del Inca – Llacanora, 2024?

1.3 Justificación de la investigación

La investigación es de mucha importancia dado que el enfoque propuesto consiste en incorporar los niveles de riesgo en la evaluación de sostenibilidad de una carretera. Esta metodología innovadora permitió evaluar la sostenibilidad en carreteras de una forma más integra, dado que, no solo considero elementos tradicionales como operación y mantenimiento, capacidad técnica y gerencial del operador, sostenibilidad financiera, sino que reincorporo la capacidad de la carretera para hacer frente a una variedad de riesgos, de tal manera que, cuando se elabore proyectos de infraestructura vial se tenga una mayor capacidad de análisis y nos permita tomar decisiones más informadas respecto a la sostenibilidad de carreteras.

Esta metodología novedosa fue diseñada para mejorar la planificación y evaluación de proyectos de infraestructura vial que integren este mecanismo en sus estudios de inversión, con el fin de asegurar la eficiencia de los recursos en las diversas etapas, que va desde la planificación, hasta la operación y mantenimiento.

Asimismo, esta investigación nos proporcionó un alcance más detallado sobre el índice de sostenibilidad de la carretera Baños del Inca – Llacanora, dado que determinó los riesgos naturales a los que está expuesta dicha carretera y se planteó medidas de mitigación para reducirlas. La información será fundamental para futuros proyectos de inversión en la vía, proporcionando un alcance sobre los riesgos y las medidas de mitigación.

1.4 Alcances o delimitación de la investigación

1.4.1 Delimitación metodológica

Esta investigación se enfocó en determinar los índices de sostenibilidad incluyendo el nivel de riesgo en una estructura vial, lo que significa para Cajamarca y el Perú un sistema novedoso ya que implica la incorporación del análisis de riesgo en la evaluación de la sostenibilidad.

El estudio de la investigación utilizó un planteamiento novedoso llamado “método compuesto” que combina el método cualitativo con el cuantitativo en procedimientos de evaluación de riesgos según el manual del CENEPRED (centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres) y el PMBOK (Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos) adaptada para estructuras en carreteras. Asimismo, en la evaluación de sostenibilidad se emplearon métodos cualitativos, como el Proceso de análisis Jerárquico (PAJ), utilizado por el Proyecto Piloto de Agua y Saneamiento (PROPILAS).

1.4.2 Delimitación espacial

La investigación se realizó en la vía que une los distritos Baños del Inca con Llacanora, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca.

1.4.3 Delimitación Temporal

La investigación tuvo una duración de 7 meses, desde el mes de marzo hasta setiembre del año 2024.

1.5 Limitaciones

No se identificó ninguna limitación relevante durante la tesis.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Determinar la variación en el índice de sostenibilidad de la carretera Baños del Inca – Llacanora al incorporar los niveles de riesgo, 2024.

1.6.2 Objetivos específicos

Identificar los riesgos naturales a los que está expuesta la carretera Baños del Inca – Llacanora, 2024.

Determinar el nivel de riesgo de la carretera Baños del Inca – Llacanora, 2024.

Proponer medidas de mitigación para reducir el riesgo en la carretera Baños del Inca – Llacanora, 2024.

1.7 Hipótesis

1.7.1 Hipótesis general

El índice de sostenibilidad de la carretera Baños del Inca – Llacanora disminuye al incorporar los niveles de riesgo, 2024.

1.8 Variables/Categorías

Variable Independiente: Nivel de Riesgo

Variable Dependiente: Índice de Sostenibilidad

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes teóricos

2.1.1 Internacionales

Ordoñez y Meneses (2015) en el estudio titulado “Criterios e indicadores de sostenibilidad en el subsector vial” para el país de Colombia. Concluyeron que, existe una carencia en la evaluación de sostenibilidad de proyectos viales dado que estas solo se limitan en la evaluación de aspectos ambientales y sociales, dejando de lado el desarrollo técnico de los indicadores recomendados. Además, destaca la necesidad de implementar una herramienta tecnológica y/u otra medida de sostenibilidad de monitoreo que permita intervenir de manera precisa en las todas las fases de cada proyecto, de manera que integre los lineamientos de desarrollo vial sostenible.

González (2014) en el documento “Evaluación del riesgo en la remodelación de la carretera autonómica CA-170” en la universidad de Cantabria, España. Demostró que, incluir la evaluación de riesgos en un proyecto antes de su ejecución, esta permitirá un ahorro económico significativo en el costo total de la obra. Además, demostró que una mala ejecución en algunos tramos de la obra tiene como consecuencia el aumento total del riesgo calculado.

Palma (2012) en su estudio titulado “Análisis de riesgo y vulnerabilidad en proyectos de carreteras” en la universidad de San Carlos, Guatemala. Determinó que, al no considerar el análisis de riesgo en la planificación de una infraestructura vial, esta podría entrar en un ciclo repetitivo de destrucción y reconstrucción lo que implicaría pérdidas económicas para un país. Además, considera que las medidas de mitigación para desastres y vulnerabilidades, debe ser incluidas en proyectos de gran escala en una determinada región.

2.1.2 Nacionales

Barreto (2023) en el estudio titulado “Método de gestión para la evaluación del desempeño sostenible en carreteras nacionales” utilizó el criterio de la metodología ENVISION para lo cual empleo el método hipotético deductivo, con un enfoque cuantitativo y una investigación tipo descriptivo explicativo. El análisis realizado fue mediante encuestas a empresas dedicadas a la construcción vial para definir el nivel de certificación mayoritario de cada empresa, donde se evaluó los tres pilares fundamentales de la sostenibilidad; obteniendo los siguientes resultados: en la dimensión económica se obtuvo el nivel de “Superior” con un 64 %, en Social se obtuvo el nivel de “conservación” con 44% y en el Ambiental se obtuvo el nivel de “superior” con un 56%.

Flores (2018) en el estudio titulado “Análisis de riesgos de desastres y políticas de mantenimiento en la carretera de Huaraz a Tingo Maria – 2018” Uso como técnica la observación adicionándola una ficha de observación como instrumento y la base de datos de Provias para adquirir información sobre las políticas de mantenimiento. Donde determinó que existe correlaciones con las variables estudiadas; entre el análisis de riesgos de desastres y políticas de mantenimiento se obtuvo un coeficiente de correlación de $R = -0.646$, entre la evaluación de peligro y políticas de mantenimiento con un coeficiente de correlación de $R = -0.379$, entre el análisis de vulnerabilidad y políticas de mantenimiento hay un coeficiente de correlación de $R = -0.564$ y entre el análisis de riesgos y políticas de mantenimiento la correlación fue de $R = -0.568$. Concluyendo en general que con 99% de intervalo de confianza los elementos que componen el análisis de riesgos en su totalidad han influenciado en las políticas de mantenimiento en dicha carretera.

Baltodano (2017) en la investigación titulada “Modelo de gestión de conservación vial basado en criterios de sostenibilidad para reducir los costos de mantenimiento vial en la carretera desvío Salaverry – Santa” de acuerdo al análisis HDM - 4 obtuvo como resultado que el tramo Salaverry-Santa tiene un aumento del 40% en beneficio, con una reducción del VAN a 112,276 millones de dólares y una baja de 14.4% en el TIR concluyendo que, con el prototipo de conservación vial, podremos llevar a cabo el proceso de mantenimiento de manera oportuna y planificada, dándole una durabilidad a la estructura vial de acuerdo al periodo de diseño establecido.

2.1.3 Locales

Silva (2021) en la investigación titulada “Índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba – Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018” utilizó la recolección de datos mediante fichas técnicas de campo, con un diseño descriptivo cuantitativo, utilizando las técnicas de revisión documental, observación estructurada y Delphi, con cuestionario aplicado a expertos en la materia de carreteras utilizando la escala de Satty. Donde determinó que el índice de sostenibilidad incorporando el nivel de riesgo en la carretera Cochabamba – chota disminuye, existiendo entre ambas variables correlación inversa y causalidad, deduciéndose que, a mayor riesgo, menor sostenibilidad. Se determinó que al primer año de operación 2015 la sostenibilidad fue de 2.453 indicando un grave deterioro y para la proyección del año 2034 la sostenibilidad será de 1.783 lo que indica un deterioro total de la estructura.

Reyes (2015) en la investigación titulada “Diagnóstico de la infraestructura, gestión, operación y mantenimiento de los servicios de agua de consumo humano del Centro Poblado de Apalín Alto, Baños del Inca” utilizó el método de observación directa en campo a los elementos hidráulicos, además aplicó encuestas a los miembros de la JASS, para determinar el manejo dado en la operación y mantenimiento de dicho sistema. Además, para la calificación de la sostenibilidad utilizó el método SIRAS, concluyendo que el 50% de los elementos hidráulicos son sostenibles y el otro 50% están en deterioro.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Carretera

Camino destinado al uso de vehículos motorizados de dos ejes como mínimo, la cual debe cumplir con ciertas características geométricas como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, superficie de rodadura, otros elementos que pertenecen a la misma, características que debe cumplirse rigurosamente según la normativa técnica del ministerio de trasportes y comunicaciones (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

2.2.2 Niveles de riesgo

El nivel de riesgo se define a partir de la identificación, clasificación y evaluación de los diversos riesgos presentes en las carreteras incluyendo aquellos durante la construcción, los asociados a la infraestructura, los que afectan a los usuarios y los que impactan en el entorno (Martínes, 1998).

2.2.3 Riesgo en carreteras

Es la probabilidad de que una amenaza o eventos no deseados se convierta en un desastre, como un accidente de tráfico i/o daño a la estructura vial. Además de ello debemos tener en cuenta que estos riesgos pueden estar influenciado por diversos factores como el estado de la carretera, del suelo y otros, o también eventos naturales inesperados como huaycos, terremotos, etc. por lo que es necesario evaluar y mitigar las posibles amenazas en la carretera para garantizar la seguridad y funcionalidad de dicha carretera (Ministerio de Defensa, 2014).

$$\text{Riesgo} = f(\text{Peligro, Vulnerabilidad}) \quad \dots [1]$$

2.2.3.1 Peligro

Es un evento (amenaza) de origen natural, socio natural y Antrópico con probabilidades de ocurrencia y que, debido a sus características esta puede causar daños ambientales, sociales, económicos y físicos.

Dentro de los peligros naturales tenemos los fenómenos geotectónicos como los sismos y volcanes, dentro de los meteorológicos tenemos las lluvias y sequías. Luego los peligros socioeconómicos surgen por el inadecuado uso de los ecosistemas por parte del ser humano y los peligros antrópicos son el resultado de la intervención física del hombre en la modificación de la naturaleza para fines de industria, ingeniería, etc.

Para un Análisis efectivo de los peligros, es necesario identificar el área de impacto, la cual dependerá de su intensidad, duración y características del lugar afectado. Por lo que la adopción de nuevas tecnologías puede influir en la vulnerabilidad de ciertos grupos sociales ante peligros naturales (Ministerio de Economía y Finanzas, 2007).

2.2.3.2 Vulnerabilidad

En el ámbito de transporte la vulnerabilidad es entendida como la variabilidad en la susceptibilidad de personas, vehículos, flujos de tráfico, infraestructura vial y medioambiente. Esto refiere no solo a la vulnerabilidad física de las personas, sino también a la alteración del sistema de transporte como consecuencia de un accidente. Además, la vulnerabilidad está estrechamente vinculada con la fiabilidad de las carreteras, una carretera mientras más confiable sea, esta será menos vulnerable y por consecuencia más resiliente ante desastres. En términos generales la vulnerabilidad se centra en la reducción de la capacidad una red vial tanto en su funcionalidad y eficiencia (Banco Mundial, 2016).

La ley N.º 29664 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres con su reglamento (D.S N.º 048-2011-PCM) definen a la vulnerabilidad como la susceptibilidad de la población, las estructuras físicas y socioeconómicas a sufrir daños por peligros. Además, señalan que el crecimiento poblacional, urbanístico y territorial, así como el empobrecimiento y el uso desmedido y sin control de los recursos naturales aumenta la vulnerabilidad. Una reflexión sobre el tema de riesgo indica que muchas veces es imposible o muy difícil actuar sobre peligros y bajo este enfoque se tiene que entender que para disminuir las amenazas se tiene que reducir la vulnerabilidad de los elementos expuestos al peligro, esto indica que dicho enfoque se alinea con la gestión prospectiva y correctiva de los componentes principales (Peligro, Riesgo y Vulnerabilidad) de la Gestión del Riesgo en Desastres (CENEPRED, 2014).

La vulnerabilidad se considera como la incapacidad de un sistema social, económico, ambiental o físico, para evitar, resistir y recuperarse de los daños que pueda ocasionar un peligro o amenaza, como la explotación inadecuada de los ecosistemas naturales de manera que pueda comprometer el desarrollo sostenible; de igual manera en una carretera que sea afectada por deslizamientos y esta no cuente con recursos suficientes no podrá mantener su calidad y tiempo de servicio.

Esta Vulnerabilidad se determina mediante tres factores: la exposición, fragilidad y resiliencia. La exposición se refiere a las decisiones i/o prácticas que colocan a un sistema en zonas en peligro. La fragilidad indica el nivel de resistencia y protección, y la resiliencia es la capacidad de recuperación de un sistema o estructura ante el impacto del peligro (Ministerio de Economía y Finanzas, 2007).

2.2.4 Evaluación de riesgos

2.2.4.1 Metodología CENEPRED

El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (2014), desarrollo una metodología basada en el método multicriterio – Proceso de análisis jerárquico (Saaty, 1980).

Esta metodología consta de cuatro pasos.

Paso 1. Análisis y evaluación de Peligrosidad (P)

En esta etapa se evalúa el riesgo, donde se estima la probabilidad de que ocurra un evento a través del análisis y diagnóstico de sus causas, monitoreo del sistema perturbador i/o registro de incidentes en un tiempo y área geográfica determinada.

La clasificación para evaluar los riesgos permite medir la magnitud i/o impacto sobre un tiempo y espacio determinado, los niveles de riesgo según el CENEPRED son los siguientes.

Tabla 1. Niveles de peligro.

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
PELIGRO MUY ALTO	El área presenta un relieve abrupto y escarpado, con suelos de rellenos sanitarios y una cobertura vegetal casi inexistente (70-100%). Actualmente, se utiliza para áreas urbanas interconectadas por redes de servicios. Está expuesta a desastres naturales como tsunamis (grado 4, magnitud sísmica >7), vulcanismo significativo (pirolastos >1,000,000,000 m ³), descensos de temperatura extremos (menos de -6°C a altitudes de 4800-6746 msnm), inundaciones por precipitaciones anómalas (>300%) y sequías severas (>300% de déficit). Los sismos pueden superar magnitudes de 8.0, con intensidades devastadoras. La geología muestra pendientes del 30° al 45°, zonas inestables, laderas con fallas y erosión intensa.	0.260≤R<0.503
PELIGRO ALTO	La región presenta un relieve diverso, dominado por mesetas andinas y numerosas lagunas alimentadas por deshielos, con suelos de arena eólica y limo, y una cobertura vegetal del 40 al 70%. Actualmente, se utilizan para cultivos permanentes de frutales y otros productos alimenticios e industriales, aunque algunas áreas están en barbecho. Los riesgos naturales incluyen tsunamis (grado 3, magnitud 7), vulcanismo moderado (pirolastos de 100,000,000 m ³), descensos de temperatura entre -6°C y -3°C a altitudes de 4000-4800 msnm, inundaciones por precipitaciones anómalas (100%-300%), sequías moderadas y sismos de magnitud 6.0 a 7.9. La geología muestra pendientes del 25° al 45°, con zonas inestables y erosión intensa.	0.134≤R<0.260
PELIGRO MEDIO	El relieve de esta región es rocoso, escarpado y empinado, ubicado en ambos flancos andinos, con suelos granulares finos y arcillosos sobre grava aluvial o coluvial, y una cobertura vegetal del 20 al 40%. Actualmente, se utilizan para plantaciones forestales que buscan cumplir diversos objetivos como la producción, la protección de cuerpos de agua y la corrección de erosión. Los riesgos naturales incluyen tsunamis (grado 2, magnitud 6.5), vulcanismo moderado (pirolastos de 10,000,000 m ³), descensos de temperatura entre -3°C y 0°C a altitudes de 500-4000 msnm, inundaciones por precipitaciones anómalas (50%-100%), sequías ligeras y sismos de magnitud 4.5 a 5.9 que pueden causar daños menores. La geología presenta pendientes del 20° al 30%, con zonas de estabilidad marginal y erosión intensa.	0.068≤R<0.134
PELIGRO BAJO	La región se caracteriza por un relieve generalmente plano y ondulado con áreas montañosas en el sur, que incluye pampas, dunas y valles, y es predominantemente árida y desértica. Los suelos son afloramientos rocosos y estratos de grava, con una cobertura vegetal muy escasa (0-20%). Actualmente, se utilizan para pastos naturales que sostienen ganado, aunque algunas áreas son improductivas. Los riesgos naturales incluyen tsunamis (grado 0 o 1, magnitud <6.5), vulcanismo mínimo (pirolastos de 1,000,000 m ³), descensos de temperatura entre 0°C y 6°C a altitudes <3500 msnm, inundaciones por precipitaciones anómalas (<50%), sequías incipientes y sismos menores a 4.4 que pueden ser sentidos por la población. La geología presenta pendientes menores al 20%, con laderas poco fracturadas y moderadamente erosionadas.	0.035≤R<0.068

Nota: (CENEPRED, 2014)

Paso 2. Análisis de la vulnerabilidad (V)

El análisis de vulnerabilidad se centra en caracterizar los elementos de exposición, fragilidad y resiliencia ante posibles amenazas y peligros que afecten a una estructura. Las estructuras viales son particularmente vulnerables e inestables a taludes, las cuales son influenciadas por elementos como las lluvias, pendientes empinadas, provocando la manifestación de amenaza (peligro) y deterioro de los elementos que conforman las estructuras viales, lo que implica como consecuencia que dicho proyecto no tendrá el tiempo de vida útil establecido en los estudios.

La vulnerabilidad se puede representar mediante la siguiente ecuación:

$$V = e + f + r \quad \dots [2]$$

Donde:

V: Nivel de vulnerabilidad

e: Exposición

f: Fragilidad

r: Resiliencia

Para calificar el nivel de vulnerabilidad el CENEPRED recomienda los siguientes rangos.

Tabla 2. Niveles de vulnerabilidad

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
VULNERABILIDAD MUY ALTA	La edificación presenta una alta vulnerabilidad debido a varios factores críticos. Se encuentra en un área con un grupo etario de 0 a 5 años y mayores de 65 años, y más del 75% de los servicios educativos y de salud están expuestos. La construcción, hecha de estera o cartón, está en muy mal estado y tiene entre 40 y 50 años de antigüedad. La topografía muestra pendientes del 50% al 80%, y la estructura tiene cinco pisos, con un incumplimiento significativo de normas constructivas (más del 80%). Además, está ubicada a menos de 0.20 km de servicios esenciales como agua, electricidad y telecomunicaciones, todos con una exposición superior al 75%. La población enfrenta escaso acceso a empleos estables, y las organizaciones locales carecen de efectividad en su gestión. La región también sufre deforestación, erosión del suelo por lluvias y pérdida de agua debido a la demanda agrícola y contaminación	$0.260 \leq R < 0.503$
VULNERABILIDAD ALTA	La edificación en esta área presenta varias características que indican una vulnerabilidad considerable. Se encuentra en un contexto demográfico con grupos etarios de 5 a 12 años y de 60 a 65 años, con servicios educativos expuestos entre el 50% y el 75%, y servicios de salud terciarios entre el 35% y el 60%. La construcción es de madera y se encuentra en un estado de conservación malo, con una configuración de cuatro pisos y una topografía con pendientes del 30% al 50%. La actitud frente al riesgo es escasamente proactiva entre la población. La edificación está localizada a una distancia de 0.20 a 1 km de servicios esenciales como agua y desagüe, electricidad, distribución de combustible, transporte y telecomunicaciones, todos con una exposición que varía entre el 50% y el 75%. Además, el área agrícola también presenta una exposición similar. Estos factores, junto con la escasa efectividad de las organizaciones locales, contribuyen a un entorno vulnerable ante desastres naturales.	$0.134 \leq R < 0.260$
VULNERABILIDAD MEDIA	La edificación en esta área está habitada por grupos etarios de 12 a 15 años y de 50 a 60 años, así como de 5 a 12 años y de 60 a 65 años. Los servicios educativos expuestos están entre el 25% y el 50%, mientras que los de salud terciarios oscilan entre el 20% y el 35%. La construcción es de quincha (caña con barro) y se encuentra en estado regular, con una topografía que presenta pendientes del 20% al 30%. La actitud frente al riesgo es parcialmente proactiva, con la población asumiendo riesgos sin medidas preventivas. La edificación está localizada a una distancia de 1 a 3 km de servicios esenciales, donde los servicios de agua y desagüe están entre el 25% y el 50%, y los servicios eléctricos son inferiores al 25%. Además, los servicios de distribución de combustible y gas se encuentran entre el 25% y el 50%.	$0.068 \leq R < 0.134$
VULNERABILIDAD BAJA	La edificación en esta área alberga grupos etarios de 15 a 50 años, así como de 5 a 12 años y de 60 a 65 años. Los servicios educativos expuestos son menores o iguales al 25%, y los servicios de salud terciarios son inferiores al 20%. La construcción es de ladrillo o bloque de cemento y se encuentra en un estado de conservación que varía de bueno a muy bueno, con una topografía plana (pendientes menores al 10%) y una configuración de menos de dos pisos. Existe un incumplimiento de procedimientos constructivos por debajo del 40%. La actitud frente al riesgo es parcial, con la población implementando algunas medidas preventivas. La edificación está localizada a más de 3 km de distancia de los servicios esenciales.	$0.035 \leq R < 0.068$

Nota: (CENEPRED, 2014)

Paso 3. Estimación o cálculo del riesgo

El cálculo del nivel de riesgo consiste en combinar los factores del peligro y la Vulnerabilidad dentro de un tiempo y lugar determinado, con la finalidad de determinar posibles efectos sociales, económicos y ambientales asociados a uno o más fenómenos peligrosos.

El riesgo se puede representar mediante la siguiente ecuación:

$$R = P \times V \quad \dots [3]$$

Donde:

R: Nivel de riesgo

P: Nivel de peligro

V: Nivel de vulnerabilidad

La siguiente tabla de doble entrada nos permitirá determinar el nivel del riesgo, a partir de la información de la peligrosidad y de las vulnerabilidades.

Tabla 3. Método simplificado para la determinación del nivel de riesgo

PMA	0.503	0.034	0.067	0.131	0.253
PA	0.260	0.018	0.035	0.068	0.131
PM	0.134	0.009	0.018	0.035	0.067
PB	0.068	0.005	0.009	0.018	0.034
		0.068	0.134	0.260	0.503
		VB	VM	VA	VMA

Nota: (CENEPRED, 2014)

Tabla 4. rangos para cada uno de los niveles de riesgo

Riesgo Muy Alto	$0.068 \leq R < 0.253$
Riesgo Alto	$0.018 \leq R < 0.068$
Riesgo Medio	$0.005 \leq R < 0.018$
Riesgo Bajo	$0.001 \leq R < 0.005$

Nota: (CENEPRED, 2014)

Para calificar el nivel de vulnerabilidad el CENEPRED recomienda los siguientes rangos.

Tabla 5. Niveles de Riesgo

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
RIESGO MUY ALTO NO MITIGABLE	El área presenta condiciones de alta peligrosidad y vulnerabilidad debido a su geología fracturada, zonas inestables con fallas y erosión intensa. La población, en extrema pobreza y sin organización comunitaria, enfrenta altos niveles de deserción escolar. Las medidas de reducción de riesgo son de muy alto costo o el fenómeno es indetenible, requiriendo informes técnicos que confirmen el nivel de peligrosidad. No hay difusión adecuada sobre la gestión del riesgo en medios de comunicación.	$0.068 \leq R < 0.253$
RIESGO MUY ALTO	La población, compuesta principalmente por niños de 0 a 5 años y adultos mayores de 65 años, vive en extrema pobreza con ingresos inferiores a 149 soles mensuales, alto índice de deserción escolar y sin organización comunitaria. Las viviendas, de materiales precarios como quincha y caña, están en mal estado, sin acceso a agua o desagüe, y superan los 31 años de antigüedad. Además, hay serios problemas ambientales como deforestación, contaminación de aguas y erosión del suelo. La región enfrenta riesgos naturales graves, como terremotos (magnitud >8), tsunamis, vulcanismo, inundaciones, sequías y descensos extremos de temperatura, mientras que la falta de gestión de riesgos y difusión adecuada agrava la situación, requiriendo medidas urgentes de alto costo.	
RIESGO ALTO	La población, integrada por niños de 5 a 12 años y adultos de 60 a 65 años en pobreza, tiene ingresos familiares entre 149 y 264 soles, con bajo acceso a empleos estables, alto índice de deserción educativa y débil organización comunitaria. Las viviendas, de madera sin refuerzos estructurales y con abastecimiento limitado de desagüe, tienen entre 21 y 30 años. Ambientalmente, se observan deforestación y uso indiscriminado del suelo, con baja cobertura vegetal (40%-70%) y falta de planificación territorial. Los riesgos naturales incluyen tsunamis de grado 3, sismos moderados a fuertes (magnitud 6.0-7.9), vulcanismo, descensos de temperatura (-6°C a -3°C), inundaciones (100%-300%) y sequías moderadas. La gestión de riesgos es limitada debido a escasa difusión y falta de interés en el desarrollo planificado.	$0.018 \leq R < 0.068$
RIESGO MEDIO	La población, compuesta por adolescentes de 12 a 15 años y adultos de 50 a 60 años de clase media baja, tiene ingresos entre 264 y 1200 soles, acceso regular al empleo y una deserción educativa moderada. La organización social es limitada y el interés por el desarrollo planificado es bajo. Las viviendas, de adobe y piedra sin refuerzos estructurales, tienen entre 16 y 20 años y solo cuentan con abastecimiento de agua. Los riesgos naturales incluyen tsunamis de grado 2, sismos moderados (magnitud 4.5-5.9), vulcanismo limitado, descensos de temperatura (-3°C a 0°C), inundaciones (50%-100%) y sequías ligeras. La gestión de riesgos es escasa, con difusión poco frecuente.	$0.005 \leq R < 0.018$
RIESGO BAJO	La región, mayormente plana y árida con zonas montañosas al sur, tiene suelos rocosos y escasa cobertura vegetal (0%-20%), usados para pastos o improductivos. Los riesgos naturales son bajos, con sismos leves, tsunamis menores, lluvias moderadas y sequías incipientes. La población, de 15 a 50 años, tiene ingresos mayores a 1200 soles, acceso al empleo, organización activa y viviendas modernas en buen estado con servicios básicos. El sistema productivo es competitivo, aunque afectado por desertificación. Se prioriza el desarrollo planificado y la gestión de riesgos, con una actitud previsoras de la comunidad.	$0.001 \leq R < 0.005$

Nota: (CENEPRED, 2014)

Paso 4. Control de riesgos

Planteamiento de medidas para mitigar o eliminar peligros.

2.2.4.2 Metodología INDECI

El Instituto Nacional de Defensa Civil (2006) formuló una metodología para el estudio de riesgos mediante los criterios y parámetros obtenidos del análisis de los peligros y vulnerabilidades de un determinado lugar, así como a las propias características de la infraestructura tanto físicas, económicas, sociales y ambientales.

La metodología INDECI tiene los siguientes pasos.

Paso 1. Evaluación del peligro

Los peligros pueden ser tanto natural como tecnológico y abarca diversos eventos como inundaciones, terremotos, incendios, derrames químicos y otros. Estos eventos pueden estratificarse como niveles de peligro desde muy bajo hasta muy alto como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6. Descripción y valor del peligro

ESTRATO/NIVEL	DESCRIPCION O CARACTERISTICAS	VALOR
PB (Peligro Bajo)	Terrenos planos o con poca pendiente, roca y suelo compacto y seco, con alta capacidad portante. Terrenos altos no inundables, alejados de barrancos o cerros deleznales. No amenazados por peligros, como actividad volcánica, maremotos, etc. Distancia mayor a 500 m. desde el lugar del peligro tecnológico.	1 < de 25%
PM (Peligro Medio)	Suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. De 300 a 500 m. desde el lugar del peligro tecnológico.	2 De 26% a 50%
PA (Peligro Alto)	Sectores donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas. Sectores que son inundados a baja velocidad y permanecen bajo agua por varios días. Ocurrencia parcial de la licuación y suelos expansivos. De 150 a 300 m. desde el lugar del peligro tecnológico	3 De 51% a 75%
PMA (Peligro Muy Alto)	Sectores amenazados por alud- avalanchas y flujos repentinos de piedra y lodo (“lloclla”). Áreas amenazadas por flujos piroclásticos o lava. Fondos de quebrada que nacen de la cumbre de volcanes activos y sus zonas de deposición afectables por flujos de lodo. Sectores amenazados por deslizamientos o inundaciones a gran velocidad, con gran fuerza hidrodinámica y poder erosivo. Suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones. Menor de 150 m. desde el lugar del peligro tecnológico.	4 De 76% a 100%

Nota: (INDECI, 2006)

Paso 2. Evaluación de vulnerabilidad

Mide la vulnerabilidad en una escala de 0 a 100, reflejando la falta de inversión en temas como la prevención y esta se manifiesta durante desastres.

Tabla 7. Descripción y valor de la vulnerabilidad

ESTRATO/NIVEL	L DESCRIPCION O CARACTERISTICAS	VALOR
VB (Vulnerabilidad Baja)	Viviendas asentadas en terrenos seguros, con material noble o sismo resistente, en buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso medio y alto, con estudios y cultura de prevención, con cobertura de los servicios básicos, con buen nivel de organización, participación total-y articulación entre las instituciones y organizaciones existentes.	1 < de 25%
VM (Vulnerabilidad Media)	Viviendas asentadas en suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. Con material noble, en regular y buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso económico medio, cultura de prevención en desarrollo, con cobertura parcial de los servicios básicos, con facilidades de acceso para atención de emergencia. Población organizada, con participación de la mayoría, medianamente relacionados e integración parcial entre las instituciones y organizaciones existentes.	2 De 26% a 50%
VA (Vulnerabilidad Alta)	Viviendas asentadas en zonas donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas, con material precario, en mal y regular estado de construcción, con procesos de hacinamiento y tugurización en marcha. Población con escasos recursos económicos, sin conocimientos y cultura de prevención, cobertura parcial de servicios básicos, accesibilidad limitada para atención de emergencia; así como con una escasa organización, mínima participación, débil relación y una baja integración entre las instituciones y organizaciones existentes.	3 De 51% a 75%
VMA (Vulnera Muy Alta)	Viviendas asentadas en zonas de suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones, de materiales precarios en mal estado de construcción, con procesos acelerados de hacinamiento y tugurización. Población de escasos recursos económicos, sin cultura de prevención, inexistencia de servicios básicos y accesibilidad limitada para atención de emergencias; así como una nula organización, participación y relación entre las instituciones y organizaciones existentes.	4 De 76% a 100%

Nota: (INDECI, 2006)

Paso 3. Cálculo de riesgo

Al igual que la metodología del CENEPRED, combina los datos obtenidos del peligro y la vulnerabilidad. Clasificando el riesgo como bajo, medio, alto y muy alto según los porcentajes de probabilidad.

Tabla 8. Matriz de peligro y vulnerabilidad para determinar el riesgo

Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

- LEYENDA:**
- Riesgo Bajo (< de 25%)
 - Riesgo Medio (26% al 50%)
 - Riesgo Alto (51% al 75%)
 - Riesgo Muy Alto (76% al 100%)

Nota: (INDECI, 2006)

2.2.4.3 Metodología PMBOK

La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos PMBOK (Project Management Institute, 2017) desarrolla una metodología para la evaluación de riesgos titulada “gestión de los riesgos del proyecto” que consta de 7 fases, las cuales son.

FASE I. Planificar la gestión de los riesgos

Este proceso consiste en definir como llevar a cabo las actividades de gestión de riesgos en un proyecto.

FASE II. Identificar los riesgos

En este proceso se identifica los riesgos individuales y las fuentes de riesgo general del proyecto y se documenta sus características.

FASE III. Realizar el análisis cualitativo de riesgos

En esta fase se realiza el análisis o acción posterior de los riesgos individuales, evaluando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos y/o otras características.

Tabla 9. Matriz de probabilidad e impacto

		Amenazas					Oportunidades						
Probabilidad	Muy alta 0,90	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	0,72	0,36	0,18	0,09	0,05	Probabilidad	Muy alta 0,90
	Alta 0,70	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56	0,56	0,28	0,14	0,07	0,04		Alta 0,70
	Mediana 0,50	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03		Mediana 0,50
	Baja 0,30	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24	0,24	0,12	0,06	0,03	0,02		Baja 0,30
	Muy baja 0,10	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01		Muy baja 0,10
		Muy bajo 0,05	Bajo 0,10	Moderado 0,20	Alto 0,40	Muy alto 0,80	Muy alto 0,80	Alto 0,40	Moderado 0,20	Bajo 0,10	Muy bajo 0,05		
		Impacto negativo					Impacto positivo						

Nota: (Project Management Institute, 2017)

FASE IV. Realizar los análisis cuantitativos de riesgos

En esta fase se lleva a cabo el proceso de analizar numéricamente el efecto combinado de los riesgos individuales del proyecto identificado, así como las otras fuentes de incertidumbre sobre los objetos generales del proyecto.

FASE V. Planificar la respuesta a los riesgos

En esta fase se gestionan opciones y estrategias, y se definen acciones para abordar tanto la exposición al riesgo del proyecto en general como los riesgos individuales del mismo.

FASE VI. Implementar la respuesta a los riesgos

En esta fase se lleva a cabo las opciones, estrategias acordadas en la fase de la planificación de respuesta a los riesgos.

FASE VII. Monitorear los riesgos

En esta fase, se monitorea y da seguimiento a la implementación de los planes para los riesgos identificados, y al mismo tiempo se analizan nuevos riesgos durante el proyecto.

2.2.5 Índice de sostenibilidad

El índice de sostenibilidad en infraestructuras viales mide la eficiencia, funcionamiento y operatividad de las carreteras, considerando su impacto ambiental, así como los beneficios sociales y económicos a lo largo de todo su ciclo de vida. Utiliza Indicadores cuantificables para evaluar aspectos como el uso de recursos, la seguridad vial y el desarrollo social, promoviendo la implementación de prácticas sostenibles en las fases de planificación, construcción, operación y mantenimiento de las carreteras (PIARC, World Road Association, 2020).

2.2.6 Sostenibilidad en carreteras

Las carreteras son consideradas sostenibles, según TheCircularLab (2022) cuando estas son diseñadas, construidas y gestionadas con un enfoque integral que busca reducir el impacto ambiental y maximizar su eficiencia y durabilidad a lo largo de su ciclo de vida. Estas carreteras deben considerar materiales y prácticas novedosas de tal manera que reduzcan la huella ecológica y promuevan la conservación de los recursos y contribuyan al desarrollo de una movilidad más armoniosa, limpia y respetuosa con el entorno.

2.2.6.1 Operación y mantenimiento

El mantenimiento vial se refiere a las diversas actividades que se realizan para conservar el buen estado físico de todos los elementos que constituyen la infraestructura vial de tal manera que se garantice un transporte seguro, cómodo y económico. Lo que quiere decir es que una vez que se ponga a disposición una infraestructura vial, lo que se busca es perseverar el capital invertido y evitar el deterioro físico prematuro (Provías Departamental, 2006).

Las actividades de mantenimiento se clasifican según la frecuencia como se llevan a cabo:

Mantenimiento rutinario: son las actividades que se llevan a cabo con la finalidad principal de preservar todos los elementos de la carretera, con una mínima cantidad de alteraciones o daños, estas actividades incluyen limpieza de drenaje, corte de vegetación, reparación de los defectos puntuales de la plataforma entre otras. Estas actividades se llevan a cabo permanentemente a lo largo de la carretera y se realizan diariamente en diferentes tramos de la vía.

Mantenimiento periódico: son las actividades que se llevan a cabo con la finalidad de evitar la aparición o el agravamiento de defectos mayores y de corregir algunos defectos puntuales de mayor escala, estas actividades incluyen reconfiguración de la plataforma existente y las reparaciones de diferentes elementos físicos de la carretera. Estas actividades se llevan a cabo en periodos de más de un año.

2.2.6.2 Capacidad técnica y gerencial del operador

Muchas carreteras por donde circulamos diariamente, están en condiciones de deterioro con asfalto, concreto y bloquetas que inician con una fase de lento deterioro para pasar a una fase de acelerado deterioro y finalmente un colapso de las estructuras para finalmente producir una destrucción total de dicha vía. Aunque es comprensible que la inversión en épocas de crisis se reduzca, Repetto (2020) nos indica que no es aconsejable descuidar el estado de una carretera que es utilizada por los conductores diariamente, por lo que la capacidad de gestión de las autoridades, locales y regionales y el gerencia de infraestructura a la que pertenezca dicha vía debe tener la capacidad de gestión para buscar el financiamiento para la conservación y mantenimiento de las carreteras de tal manera que se prolongue la vida útil de dichas vías en unos 20 – 30 años.

2.2.6.3 Sostenibilidad financiera

En el Perú para el año 2024, se destinó 207 millones de soles para la operación y mantenimiento de las redes viales de acceso y las Redes viales de transporte de 18 proyectos regionales y 1 proyecto de integración amazónica, lo que permitirá que los proyectos regionales funcionen adecuadamente con sus áreas de influencia (Ley del Presupuesto Fiscal del Sector Público para el Año Fiscal 2024).

Esta información nos indica que se cuenta con presupuesto para el financiamiento de las actividades de operación y mantenimiento, sin embargo, la gestión de estos recursos recae en las autoridades regionales, locales y las gerencias de infraestructura correspondiente.

2.2.6.4 Gestión de riesgos

Es necesario desarrollar infraestructuras que tengan la capacidad de resistir y recuperarse ante peligros y eventos como terremotos, inundaciones y deslizamientos, eventos que son frecuentes en las regiones del Perú. Por lo que es necesario identificar las vulnerabilidades y peligros desde las etapas iniciales del proyecto, de la manera que se implementen medidas de mitigación para el estudio de pre inversión y estas sean adaptadas durante las fases de inversión y post inversión con la finalidad de minimizar de garantizar la continuidad operativa de las carreteras.

2.2.7 Evaluación de sostenibilidad

En las siguientes líneas se detallarán las diversas metodologías empleadas a nivel nacional para evaluar la sostenibilidad de los proyectos.

2.2.7.1 Metodología PROPILAS

El Proyecto Piloto de Agua Potable y Salud Comunitaria en Cajamarca (PROPILAS), una iniciativa llevada a cabo por CARE con el apoyo de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), propuso una metodología para determinar la sostenibilidad, cuyo propósito esencial fue incrementar el acceso permanente y duradero a los servicios de agua y saneamiento en zonas rurales de escasos recursos (CARE Perú, 2002).

Esta metodología, enfatiza aspectos sobre la sostenibilidad que se detallan a continuación.

FASE I. Evaluación de parámetros de sostenibilidad

- ✓ Estado del sistema (ES). Aspectos físicos del sistema.
- ✓ Gestión (G). Capacidad de gestión del operador para asegurar el funcionamiento continuo del sistema y dar beneficios a los usuarios.
- ✓ Operación y Mantenimiento (O y M). Condiciones bajo las cuales opera el sistema.

FASE II. Determinación del índice de sostenibilidad (IS)

El índice de sostenibilidad se determina con la siguiente fórmula:

$$IS = \frac{(ES \times 2) + G + (OyM)}{4} \quad \dots [4]$$

Tabla 10. Calificación de la sostenibilidad

Calificación	Índice de Sostenibilidad	
Bueno	Sostenible	3.51 – 4.00
Regular	En proceso de deterioro	2.51 - 3.50
Malo	En grave proceso de deterioro	1.51 - 2.50
Muy malo	Colapsado	1.00 - 1.50

Nota: Proyecto Piloto de Agua y Saneamiento Rural PROPILAS en Cajamarca – Perú, 2002.

2.2.7.2 Metodología MEF

El Ministerio de Economía y Finanzas (2012), publicó un artículo denominado “Pautas de Orientación Sectorial para la Evaluación Ex Post de Proyectos de Inversión Pública - Sector transportes” con el propósito de monitorear la ejecución de proyectos y verificar el logro de las metas proyectadas.

Esta metodología, enfatiza aspectos sobre la sostenibilidad que se detallan a continuación.

FASE I. Evaluación de los factores determinantes a través de entrevistas

Operación y mantenimiento.

- ✓ Condición física de la infraestructura vial. Aspectos como la rugosidad, fisuras, baches, obras de arte, señalización y limpieza.
- ✓ Estado de conservación y funcionamiento del equipamiento utilizado en la carretera.
- ✓ Planeamiento y administración del mantenimiento regular y periódico de la infraestructura. Esto incluye practicas correctivas y preventivas para mantener la vía en operatividad.

Capacidad técnica y gerencial del operador

- ✓ Uso de entidades públicas, así como empresas privadas para la operación y mantenimiento, que incluya el cobro de peajes, atención de emergencias, entregas de facturación, control de pesos y dimensiones.
- ✓ Capacidad gerencial del operador para planificar, administrar, supervisar y evaluar los recursos disponibles.
- ✓ Disponibilidad de la información técnica sobre la infraestructura, de los instrumentos y equipos para la fase de operación y mantenimiento.
- ✓ Procedimientos y criterios del operador para la selección y supervisión de los subcontratistas.
- ✓ Efectividad para la capacitación y formación de técnicos e ingenieros de campo para la fase de operación y mantenimiento.

Sostenibilidad financiera

- ✓ Ingresos generados por Pajes y tarifas de usuarios de acuerdo al servicio y tarifa.
- ✓ Recursos ordinarios y su asignación.
- ✓ Gastos para destinados a la fase de operación y mantenimiento.
- ✓ Provisión de fondos para el mantenimiento y reemplazo de equipos esenciales.
- ✓ Reporte financiero y declaración de ingreso de la infraestructura.

Gestión de riesgos

- ✓ Riesgos de desastres naturales que pueden alterar la infraestructura.
- ✓ Riesgos de interrupción del uso de la infraestructura debido al orden público.
- ✓ Cambios en las políticas de asignación de recursos por parte de las instituciones responsables.

Finalmente se obtienen las descripciones de los resultados de los factores mencionados anteriormente.

FASE II. Determinación de sostenibilidad global de manera descriptiva

Sostenible

Indica que no se han encontrado problemas relevantes para la sostenibilidad de la vía.

Necesita atención continua

Indica la presencia de algunos aspectos relacionados con la sostenibilidad que necesitan de atención continua mas no de una atención inmediata.

Necesita atención inmediata

Indica la presencia de problemas graves relacionados con la sostenibilidad y que se requieren de acciones inmediatas.

2.3 Definición de términos básicos

Carretera

Camino destinado al uso de vehículos motorizados de dos ejes como mínimo, la cual debe cumplir con ciertas características geométricas como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, superficie de rodadura, otros elementos que pertenecen a la misma, características que debe cumplirse rigurosamente según la normativa técnica del ministerio de transportes y comunicaciones (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Niveles de riesgo.

El nivel de riesgo se define a partir de la identificación, clasificación y evaluación de los diversos riesgos presentes en las carreteras incluyendo aquellos durante la construcción, los asociados a la infraestructura, los que afectan a los usuarios y los que impactan en el entorno (Martínez, 1998).

Riesgo en carreteras

Es la probabilidad de que una amenaza o eventos no deseados se convierta en un desastre, como un accidente de tráfico i/o daño a la estructura vial. Además de ello debemos tener en cuenta que estos riesgos pueden estar influenciado por diversos factores como el estado de la carretera, del suelo y otros, o también eventos naturales inesperados como huaycos, terremotos, etc. por lo que es necesario evaluar y mitigar las posibles amenazas en la carretera para garantizar la seguridad y funcionalidad de dicha carretera (Ministerio de Defensa, 2014).

Peligro

Es un evento (amenaza) de origen natural, socio natural y Antrópico con probabilidades de ocurrencia y que, debido a sus características esta puede causar daños ambientales, sociales, económicos y físicos.

Vulnerabilidad

En el ámbito de transporte la vulnerabilidad es entendida como la variabilidad en la susceptibilidad de personas, vehículos, flujos de tráfico, infraestructura vial y medioambiente. Esto refiere no solo a la vulnerabilidad física de las personas, sino también a la alteración del sistema de transporte como consecuencia de un accidente. Además, la vulnerabilidad está estrechamente vinculada con la fiabilidad de las carreteras, una carretera mientras más confiable sea, esta será menos vulnerable y por consecuencia más resiliente ante desastres. (Banco Mundial, 2016).

Índice de sostenibilidad

El índice de sostenibilidad en infraestructuras viales mide la eficiencia, funcionamiento y operatividad de las carreteras, considerando su impacto ambiental, si como los beneficios sociales y económicos a lo largo de todo su ciclo de vida. Utiliza Indicadores cuantificables para evaluar aspectos como el uso de recursos, la seguridad vial y el desarrollo social, promoviendo la implementación de prácticas sostenibles en las fases de planificación, construcción, operación y mantenimiento de las carreteras (PIARC, World Road Association, 2020).

Sostenibilidad en carreteras

Las carreteras son consideradas sostenibles, según TheCircularLab (2022) cuando estas son diseñadas, construidas y gestionadas con un enfoque integral que busca reducir el impacto ambiental y maximizar su eficiencia y durabilidad a lo largo de su ciclo de vida. Estas carreteras deben considerar materiales y practicas novedosas de tal manera que reduzcan la huella ecológica y promuevan la conservación de los recursos y contribuyan al desarrollo de una movilidad más armoniosa, limpia y respetuosa con el entorno.

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y Ubicación

La carretera en estudio se encuentra localizada en.

Departamento: Cajamarca

Provincia: Cajamarca

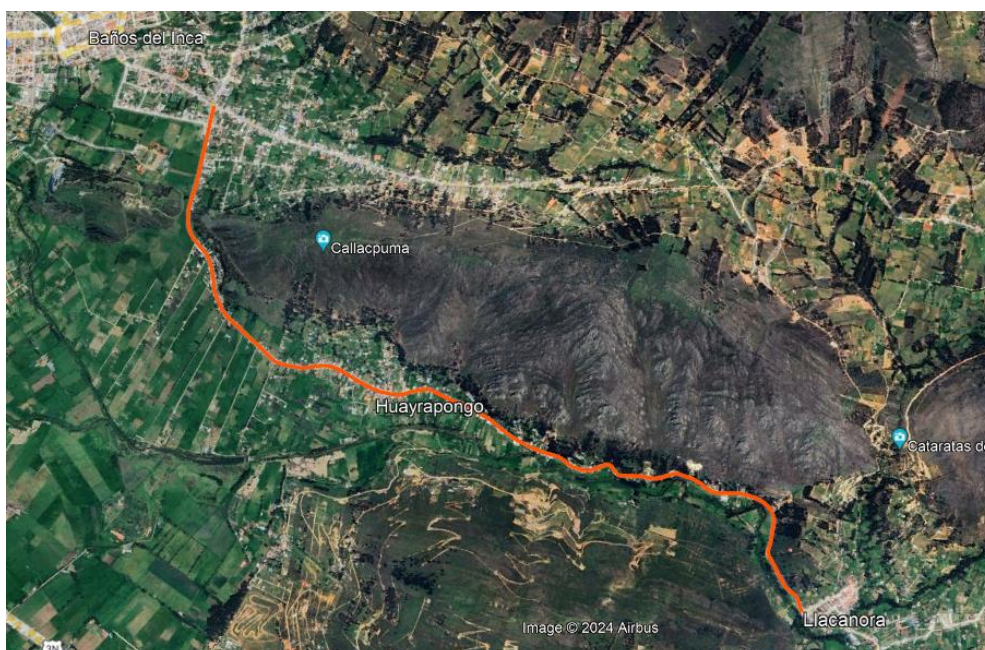
Distritos: Los Baños del Inca – Llacanora

El punto inicial de la red vecinal CA 1494 (km 0+000) está ubicado en la intersección del Jr. Yahuar Huaca con la Av. Los Eucaliptos inicio

El punto final se encuentra en la intersección de la Jr. cataratas y el inicio de la carretera José Gálvez, marcando el término de la red vecinal CA 1494 (km 5+130)

Punto:	Este	Norte
Inicio	7807702.52	9206391.76
Final	783922.30	9206342.15

Figura 1. Imagen satelital de la carretera en estudio Baños del Inca - Llacanora



Nota: Google Earth

3.2 Metodología de la investigación

3.2.1 Tipo de investigación

La investigación fue de naturaleza aplicada, ya que se enfocó en determinar el índice de sostenibilidad incorporando los niveles de riesgo en la carretera que une los distritos Baños del Inca con Llacanora.

Es tipo cuantitativa, puesto que se aplicó el criterio de valoración ordinaria y probabilística como manera de medición en el nivel de riesgo, y determinar el índice de sostenibilidad que utilizó los métodos multicriterio además del análisis de regresión de variables.

Descriptivo a medida que detallo las variables y factores clave del nivel de riesgo e índice de sostenibilidad.

Los datos primarios se obtuvieron de las mediciones realizadas en campo para determinar parámetros relacionados con el factor de operación y mantenimiento (OM).

Los datos secundarios se obtuvieron de los informes técnicos de la infraestructura vial para determinar parámetros relacionados con los factores de sostenibilidad financiera (SF), capacidad técnica y gerencia el operador (CG).

Estos datos fueron utilizados para determinar el nivel de riesgo (R).

No experimental, se observaron directamente los factores principales para determinar el nivel de riesgo e índice de sostenibilidad en su ámbito natural, obteniendo datos directos, que finalmente se procesaron y analizaron.

3.2.2 Métodos aplicados

El análisis de esta investigación se basó en el método compuesto, un enfoque innovador que integró criterios cuantitativos y cualitativos, asociando los riesgos a la evaluación de la sostenibilidad.

Para evaluación del nivel de riesgo, se empleó la metodología del PMBOK, aplicando los conceptos teóricos del Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales, desarrollado por el Centro Nacional de Estimación Prevención y Reducción del Riesgo (CENEPRED). Asimismo, se propuso medidas de mitigación para reducirlas.

En la sostenibilidad se tomó como base la ecuación desarrollada en el marco metodológico del Proyecto Piloto de Agua y Saneamiento (PROPILAS) del 2002, que permite calcular de manera numérica la sostenibilidad de proyectos de agua y saneamiento en diferentes partes de la región de Cajamarca. asimismo, se aplicaron las pautas establecidas por el Ministerio de Economía y Finanzas para la evaluación ex post de proyectos de inversión pública aplicadas específicamente en el sector de transportes.

3.2.3 Procedimiento

La metodología se llevó a cabo en cinco fases.

Fase I. Análisis de documentos y reconocimiento del lugar de estudio.

La tarea consistió en buscar información relacionada con la evaluación de riesgo e indicadores de sostenibilidad en una infraestructura vial, abarcando diversas fuentes como plataformas, libros, artículos científicos e investigaciones.

La revisión de literatura permitió tener un análisis detallado del estado actual de la investigación a tratar, llegando a verificar que existe una escases de estudios que integran el nivel de riesgo para determinar el índice de sostenibilidad, siendo la única excepción la señorita Silva (2021), quien integro por primera vez los niveles de riesgo para determinar el índice de sostenibilidad en su tesis para obtener el grado de maestría en la universidad nacional de Cajamarca. Por lo que hicimos uso del modelo matemático aplicado para poder evidenciar que el nivel de riesgo influye en la estimación del índice de sostenibilidad.

Durante el reconocimiento del área de estudio, apoyado de la plataforma (SIGRID) se verifico que la carretera Baños del inca – Llacanora, se encuentra expuesta a diversos riesgos naturales como la Inundación, los movimientos de masa y la erosión. Además, se encontró segmentos de deterioro en la estructura vial.

Fase II. Desarrollo de los instrumentos para la recopilación de datos.

Durante esta fase, se diseñaron los instrumentos para la recolección de datos de campo, que consta de un cuestionario estructurado para especialistas (Anexo II), una ficha para la evaluación física de la plataforma (tabla 17), una ficha para identificar y analizar riesgos (tabla 18) y una ficha para evaluar los factores de sostenibilidad (tabla 19), detallados en el anexo V, VI y VIII respectivamente.

Fase III. Actividades de campo.

El trabajo de campo se llevó a cabo durante los meses de agosto y setiembre del 2024.

Inicialmente se marcaron los elementos de muestra para recopilar datos sobre las condiciones estructurales de la capa de rodadura durante la ejecución de la investigación. Los datos de campo fueron recogidos en un tramo de 40 metros, tal como se estableció en la selección de la muestra.

Luego se utilizaron fichas técnicas de campo para registrar datos referentes a la identificación y análisis de riesgo e indicadores de sostenibilidad utilizando fichas técnicas de campo.

Fase IV. Análisis, procesamiento e interpretación de la información

La información fue Procesada en gabinete, empleando tablas, gráficos de dispersión y los coeficientes de determinación y de Pearson, lo que permitió evaluar la consistencia ya la relación entre las variables para facilitar el análisis e interpretación de resultados.

Fase V. informe de los resultados

El resultado detallado de las cuatro fases anteriores, junto con el análisis consolidado, resulto en la formulación de una ecuación matemática que vincula el nivel de riesgo con el índice de sostenibilidad.

3.3 Incorporación de los niveles de riesgo en la sostenibilidad

A continuación, se describen las seis partes que conforman este proceso.

3.3.1 Identificación de los tramos evaluados de la carretera.

Los tramos evaluados fueron a cada kilómetro de la carretera Baños del Inca – Llacanora, 2024.

3.3.2 Identificación de los criterios clave de sostenibilidad.

Los criterios clave para evaluar la sostenibilidad incluyendo el nivel de riesgo son:

- Operación y mantenimiento (OM)
- Capacidad técnica y gerencial del operador (CG)
- Sostenibilidad financiera (SF)
- Riesgos (R)

3.3.3 Ponderación de los criterios que determinan la sostenibilidad.

Se determina mediante 5 pasos

PASO I. Juicio de expertos

A través de un cuestionario aplicando la escala de Saaty (ponderación jerárquica), los expertos ponderaron de acuerdo a la importancia de los criterios teniendo en cuenta los principios necesarios para lograr la sostenibilidad de las carreteras.

Tabla 11. Escala de Saaty

Escala Numérica	Escala verbal	Explicación
9	Absolutamente o muchísimo más importante	Al comparar un parámetro con otro, el primero se considera Absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
8	Intermedio entre "Mucho más importante" y "Absolutamente más importante"	
7	Mucho más importante	Al comparar un parámetro con otro, el primero se considera Mucho más importante que el segundo.
6	Intermedio entre "Más importante" y "Mucho más importante"	
5	Más importante	Al comparar un parámetro con otro, el primero se considera Más importante que el segundo.
4	Intermedio entre "Moderadamente más importante" y "Más importante"	
3	Moderadamente más importante	Al comparar un parámetro con otro, el primero se considera Moderadamente más importante que el segundo.
2	Intermedio entre "Igual importancia" y "Moderadamente más importante"	
1	Igual importancia	Al comparar un parámetro con otro, el primero tiene igual importancia que el segundo.

Nota: (Saaty, 1980)

PASO II. Validez y confiabilidad del instrumento

Para evaluar la Validez y confiabilidad del instrumento, se utilizó el Coeficiente Alfa de Cronbach. Este es un método de consistencia interna que ayuda a estimar la fiabilidad de un instrumento de medida a través de varios criterios destinados a evaluar el mismo constructo o dimensión teórica.

La validez indica hasta qué punto un instrumento mide la variable que busca evaluar. En esta investigación se ha considerado la validez de expertos, que es el grado en que un instrumento realmente mide la variable de interés según la opinión de expertos del tema.

La confiabilidad se refiere a la exactitud de la medida, indicando que el uso repetido del instrumento a un mismo sujeto u objeto, se obtendrán resultados consistentes.

El Coeficiente Alfa de Cronbach supone que los criterios evaluados mediante una escala tipo Likert (para este estudio se utilizó la escala de Saaty) reflejan el mismo constructo y presentan una alta correlación. Cuando más próximo a 1 sea al valor alfa, mayor será la consistencia interna de los criterios evaluados.

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right] \quad \dots [5]$$

Donde:

A: Coeficiente de Alfa de Cronbach

K: El número de criterios

$\sum S_i^2$: Sumatoria de varianzas de los criterios

S_T^2 : Varianza de la suma de los criterios

Tabla 12. Validación de los instrumentos con el coeficiente alfa de Cronbach

Coeficiente alfa de Cronbach	Confiabilidad
= 1	Perfecta
> 0.90	Excelente
> 0.80	Buena
> 0.70	Aceptable
> 0.60	Cuestionable
> 0.50	Pobre
< 0.50	Inaceptable

Nota: (George & Mallery, 2003)

PASO III. Ponderación de criterios determinantes de sostenibilidad.

Basándose en el juicio de expertos, se calcularon los pesos ponderados utilizando el proceso de análisis jerárquico (PAJ), un método multicriterio que integra tanto criterios cuantitativos como cualitativos. La matriz formada es cuadrada, con igual número de filas y columnas.

La notación matemática de la matriz es $A=A_{ij}$

PASO IV. Cálculo de los pesos ponderados

Primero, se elabora una matriz de comparaciones pareadas que muestra la comparación entre criterios, subcriterios y/o descriptores según el caso de interés. Esta matriz nos permite establecer la importancia relativa de cada criterio en comparación con los demás, lo cual será útil para la ponderación final.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad \dots [6]$$

Sumamos verticalmente los elementos de cada columna, obteniendo así los valores:

$$v_1 + v_2 + \dots + v_n = \sum_{i=1}^n a_{1i} \quad \dots [7]$$

Segundo, se construye la matriz de comparaciones normalizada, que se obtiene dividiendo cada elemento de la matriz entre la suma total, para obtener:

$$A_{NORMALIZADA} = \begin{pmatrix} 1/v_1 & a_{12}/v_2 & \dots & a_{1n}/v_n \\ a_{21}/v_1 & 1/v_2 & \dots & a_{2n}/v_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1}/v_1 & a_{n2}/v_2 & \dots & 1/v_n \end{pmatrix} \quad \dots [8]$$

Tercero, se procede a obtener el vector de prioridad, que nos indicara los pesos ponderados de cada criterio obtenidos de la matriz normalizada.

Para ello se calcula el vector columna:

$$p = \begin{pmatrix} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{1j} \\ \frac{1}{n} \sum_{j=2}^n a_{2j} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \frac{1}{n} \sum_{j=n}^n a_{nj} \end{pmatrix} \quad \dots [9]$$

Luego se obtiene el vector de prioridades de los criterios.

$$p = \begin{pmatrix} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{1j} \\ \frac{1}{n} \sum_{j=2}^n a_{2j} \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \frac{1}{n} \sum_{j=n}^n a_{nj} \end{pmatrix} \quad \dots [10]$$

Finalmente se debe indicar que la suma de los elementos del vector principal debe ser igual a 1.

$$\sum_{i=1}^n p_{c1i} = p_{c11} + p_{c12} + \dots + p_{c1n} = 1 \quad \dots [11]$$

PASO V. Cálculo de la relación de consistencia (RC)

Verificamos la posible existencia de consistencia entre los juicios expresados. Para lo cual seguiremos las cinco instrucciones

Primero. Cada valor en la primera columna de la matriz de comparación pareada debe multiplicarse por la prioridad relativa del primer elemento considerado y repetir este proceso para todos los elementos siguientes, luego sumamos los valores de cada fila para generar un vector de valores denominado Vector Suma Ponderada (VSP)

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \vdots \\ \vdots \\ p_{c1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} VSP_{11} \\ VSP_{12} \\ \vdots \\ \vdots \\ VSP_{1n} \end{pmatrix} \quad \dots [12]$$

Segundo. Dividimos los elementos del vector de suma ponderada entre el valor correspondiente de prioridad para cada uno de los criterios.

$$\frac{VSP_{11}}{p_{c11}} = \lambda_1$$

$$\frac{VSP_{12}}{p_{c12}} = \lambda_2$$

...

... [13]

...

...

$$\frac{VSP_{1n}}{p_{c1n}} = \lambda_n$$

Tercero. Determinamos la lambda máxima λ_{max}

$$\lambda_{max} = \frac{(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)}{n} \quad \dots [14]$$

Esta variable nos permitirá hallar el índice de consistencia.

Cuarto. Calcular el Índice de Consistencia

$$IC = \frac{(\lambda_{máx} - n)}{(n - 1)} \quad \dots [15]$$

Con esta variable determinaremos la relación de consistencia de la matriz y verificar si las decisiones fueron adecuadas.

Quinto. Hallar la Relación de Consistencia

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad \dots [16]$$

Donde:

IA: Índice Aleatorio de una matriz de comparaciones pareadas, generada de forma aleatoria.

Los valores del Índice Aleatorio para los diferentes “n” obtenidos en la simulación de 100,000 matrices, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 13. Índice Aleatorio para diferentes valores de “n”

Número elementos comparados	Índice Aleatorio de Consistencia
1	0,000
2	0,000
3	0,525
4	0,882
5	1,115
6	1,252
7	1,341
8	1,404
9	1,452
10	1,484
11	1,513
12	1,535
13	1,555
14	1,570
15	1,583

Nota: (Herrera, Pérez, & Venecia, 2017)

Donde:

n: número de elementos o criterios en la matriz de comparación

NOTA: Para matrices de tres parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.008 y para matrices mayores a cuatros las RC deben ser menores a 0.10

3.3.4 Cálculo del índice de sostenibilidad sin considerar el factor riesgo.

En los párrafos anteriores se detalló que la ponderación de los criterios relevantes del Índice de sostenibilidad de la carretera se llevó a cabo mediante el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ). Este método multicriterio, creado por Tomas L. Saaty (1980). Este método está diseñado para abordar problemas amplios con múltiples criterios, facilitando a los tomadores de decisiones la estructuración visual del problema a través de un modelo jerárquico. Asimismo, se consideraron las directrices recomendadas para evaluar la sostenibilidad en el sector transporte, lo que resulto en una ecuación de tres variables.

$$Ssr = (a * OM) + (b * SF) + (c * CG) \quad \dots [17]$$

Donde:

Ssr: Índice de Sostenibilidad (sin riesgo)

OM: Operación y Mantenimiento

SF: Sostenibilidad Financiera






CG: Capacidad técnica y Gerencial del operador

a, b, c: coeficientes

3.3.5 Valoración de los factores determinantes para la sostenibilidad.

Para la valoración de los criterios determinantes de la sostenibilidad como la Operación y Mantenimiento (OM), Capacidad técnica y Gerencial del operador, y Sostenibilidad financiera, se aplicó la escala de Likert, tomando como referencia la adaptación al rango de percepción por la señorita Karina Silva (2021), con una escala desde Muy Bajo hasta Muy Alto.

Tabla 14. Escala de Valoración de Likert

Rango de percepción	Valor determinado (puntaje asignado)	Escala cromática
Muy Bajo	1	
Bajo	2	
Normal	3	
Alto	4	
Muy Alto	5	

Operación y Mantenimiento (OM) de la infraestructura

Se evaluaron diversos aspectos fundamentales como las condiciones estructurales y funcionales, la seguridad, el estado de conservación de las vías, las características físicas, resiliencia de la infraestructura y calidad de los servicios ofrecidos.

Las condiciones estructurales, funcionales y de seguridad fueron evaluadas con el Manual de carreteras - mantenimiento o conservación vial (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

La conservación vial fue evaluada con cuestionarios aplicados a trabajadores de mantenimiento rutinario, microempresarios y especialistas del Ministerio de Transportes y comunicaciones.

Las características físicas fueron evaluadas de acuerdo al tipo de material usado en la superficie de rodadura y de la edad de la infraestructura.

La resiliencia de la infraestructura se evaluó de acuerdo al manual de carreteras - mantenimiento o conservación vial (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

La calidad de los servicios se evaluó según los niveles de servicios que recomienda el Manual de carreteras - mantenimiento o conservación vial (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Capacidad técnica y Gerencial del operador (CG)

Los elementos evaluados incluyen la capacidad gerencial del operador, la disponibilidad de datos técnicos referentes a la infraestructura, la disponibilidad de los instrumentos y equipos necesarios para llevar a cabo la operación y mantenimiento y la capacidad técnica y administrativa del operador.

Se evaluó de acuerdo a la información obtenida de la página del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Provias Nacional.

Sostenibilidad financiera (SF)

Los aspectos evaluados son: ingresos recaudados, presupuesto asignado para la operación y mantenimiento; y las probabilidades de que los costos de operación y mantenimiento sean cubiertos durante todo el ciclo de vida del proyecto.

Se evaluó de acuerdo a la información obtenida de la página del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Provias Nacional.

Riesgos (R)



Para evaluar el factor riesgo se empleó la metodología adaptada del PMBOK, basándose en las teorías del manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales (CENEPRED, 2014).

Tabla 15. Matriz de niveles de riesgo – método compuesto.

		Amenazas				
		Muy bajo 0,05	Bajo 0,10	Moderado 0,20	Alto 0,40	Muy alto 0,80
Probabilidad	Muy alta 0,90	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72
	Alta 0,70	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56
	Mediana 0,50	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40
	Baja 0,30	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24
	Muy baja 0,10	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08

Nota: (Project Management Institute, 2017)

Tabla 16. Niveles de riesgo, método compuesto.

Nivel de riesgo	Rangos de valoración	Escala cromática
Muy alto	0.280 < R ≤ 0.720	
Alto	0.140 < R ≤ 0.280	
Moderado	0.050 < R ≤ 0.140	
Bajo	0.015 < R ≤ 0.050	
Muy bajo	0.005 ≤ R ≤ 0.015	

Nota: (Project Management Institute, 2017)

3.3.6 Cálculo del índice de sostenibilidad incluyendo el nivel de riesgo.

Con la inclusión del nivel de riesgo, la sostenibilidad está en función directa de los siguientes factores; operación y mantenimiento (OM), capacidad técnica y gerencial del operador (CG) y en función inversa con los niveles de riesgo (R).

$$\text{Sostenibilidad} = f(OM, CG, SF, R) \quad \dots [18]$$

Según el estudio realizado por el Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, el riesgo siempre tiene una incidencia mayor a cero.

Por lo que se determina que, si no se manejan de forma adecuada los riesgos asociados a una infraestructura, la sostenibilidad de una infraestructura se verá afectada dificultando el cumplimiento de los objetivos a lo largo de su vida útil.

Además, al hacer un análisis de supuestos donde una infraestructura vial está en una zona de alto riesgo, y además carece de operación y mantenimiento, ausencia de recursos financieros y la capacidad técnica y gerencial del operador, hay una alta posibilidad que se destruya completamente ante los peligros. Esto significa que su sostenibilidad será muy baja, mientras, menor sea el riesgo, mayor será el índice de sostenibilidad, lo cual podemos expresarlo matemáticamente de la siguiente manera.

$$Scr = (axOM) + (bxSF) + c(CG) - (dxR) \quad \dots [19]$$

Donde:

Scr: Índice de Sostenibilidad incorporando el nivel de riesgo

OM: Operación y Mantenimiento

SF: Sostenibilidad Financiera

CG: Capacidad técnica y Gerencial del operador

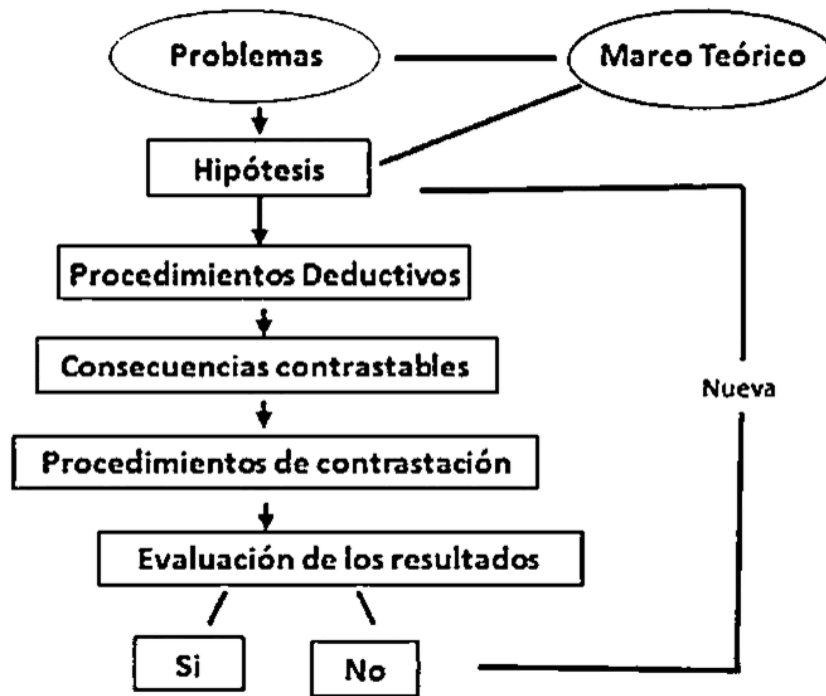
R: riesgos

a, b, c, d: coeficientes

3.4 Planteamiento de la investigación

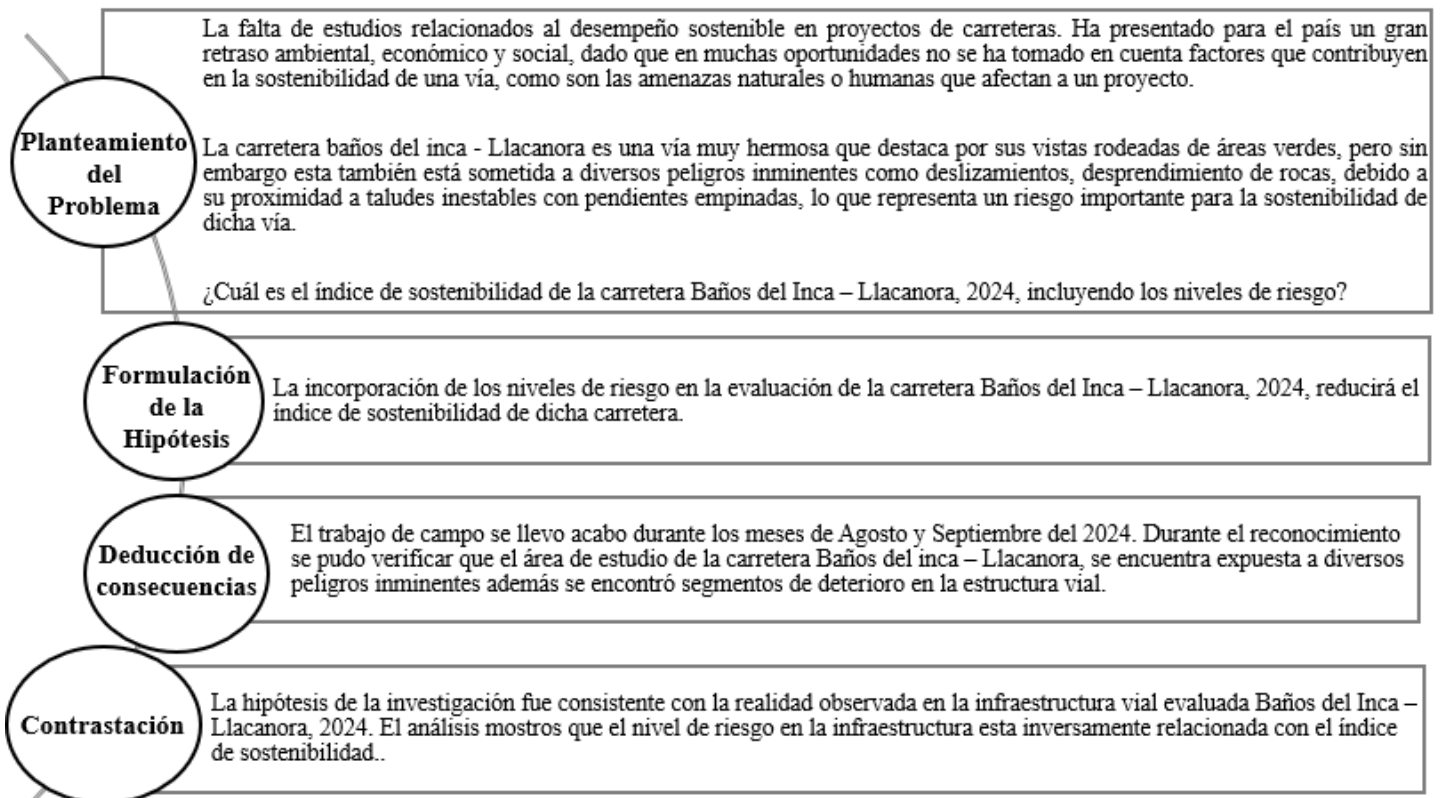
Para realizar la investigación se utilizó un esquema científico basado en el razonamiento hipotético-deductivo, el cual permite utilizar hipótesis como herramienta fundamental para abordar y resolver problemas de investigación. Este proceso se inicia con la formulación clara de un problema, seguido de la generación de una hipótesis que se somete a prueba mediante observación empírica. Las hipótesis, son provisionales, pueden ser verdaderas o falsas y son verificadas continuamente. Una hipótesis cuando se confirma, esta puede ser elevada a una categoría de ley, mostrando una recurrencia de los hechos observados (Ruiz, 2022).

Figura 2. Modelo del método hipotético deductivo



Nota: (Ruiz, 2022)

Figura 3. Método hipotético deductivo de la investigación



3.5 Técnicas e Instrumentos de recopilación de datos.

3.5.1 Técnicas

Revisión documental: se llevó a cabo un análisis de los temas relacionados con el nivel de riesgo e índice de sostenibilidad en carreteras. Asimismo, se evaluó la información de estudios técnicos referentes al tramo de la carretera Baños del Inca – Llacanora como parte de la etapa práctica de esta investigación.

Observación: Se realizó el trabajo de campo en la carretera en estudio utilizando fichas técnicas para recolectar datos sobre las condiciones de operación y mantenimiento, asignación de recursos financieros, capacidad del operador e identificación de vulnerabilidades frente a peligros existentes. Se tomaron fotografías para evidenciar los cambios en el estado del pavimento y los riesgos a lo largo del tiempo. Se llevaron a cabo entrevistas a los usuarios y operadores del mantenimiento de la infraestructura. La recolección de datos sobre riesgos, sostenibilidad financiera y capacidad del operador se hizo cada medio kilómetro, y se analizó según la escala de Likert y condiciones estructurales se utilizó el método del índice de condición de pavimento (PCI).

Técnica Delphi: fue utilizada para identificar y evaluar la importancia de los criterios clave de sostenibilidad. Para ello, se aplicó un cuestionario estructurado con escalas estandarizadas (escala de Saaty) a un grupo de expertos.

3.5.2 Instrumentos

Tabla 17. Ficha de evaluación física de la plataforma

EVALUACIÓN DE CONDICIONES ESTRUCTURALES DE LA PLATAFORMA DE CARRETERAS CON PAVIMENTO FLEXIBLE																		
Tesis	Título:	Datos generales de la infraestructura				Carretera:		Sección evaluada		Progresivas:		fecha del documento	Fecha:	Puntaje de condición según extensión de cada tipo de deterioro o falla (P)				Puntaje de condición resultante por cada tipo de deterioro/falla0:
						Tramo:				Superficie de rodadura:								
						Código de ruta:				Ubicación:								
Tesista:																		
Clasificación de los deterioros / fallas	Código de deterioro / falla	Deterioro / Falla	Gravedad (G)	Número de deterioros (Nij)	Longitud del deterioro (Lij)	Ancho del deterioro (Aij)	Área de deterioro Aij (m2) Número de deterioros (Nij)Longitud del deterioro (Lij)	Ancho de la sección evaluada (m)	Longitud de la sección evaluada (m)	Área de la sección evaluada (m2) As	Porcentaje de la extensión del deterioro / falla (EFij)	Extensión promedio ponderada (EFp)	0: sin deterioros o sin fallas	1: Leve	2: Moderado	3: Severo		
														0% <EFp< 10%	10% ≤EFp≤ 30%	EFp> 30%		
CALZADA Deterioros o fallas estructurales	1	Fisuración en red.	1: Fisuración fina (< 1.5 mm de ancho)										P = 0	0 < P < 40	40 ≤ P < 200	P = 200		
			2: Fisuración moderada (1.5 mm - 3 mm de ancho)															
			3: Fisuración severa (> 3 mm de ancho)															
	2	Baches o Huecos	1: Pequeños baches (< 0.3 m de diámetro)											EFp= 0	0 <EFp< 1	1 ≤EFp≤ 2	EFp> 2	
			2: Baches medianos (0.3 m - 0.6 m de diámetro)											P = 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P = 100	
			3: Grandes baches (> 0.6 m de diámetro)															
3	Deformación por falla estructural	1: Deformaciones leves (< 2 cm profundidad/abultamiento)											P = 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P = 100		
		2: Deformaciones moderadas (2 cm - 4 cm profundidad/abultamiento)																
		3: Deformaciones severas (> 4 cm profundidad/abultamiento)																
CALZADA Deterioros o fallas superficiales	4	Rutado	1: Rutado leve (< 6 mm de profundidad)										P = 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P = 100		
			2: Rutado moderado (6 mm - 13 mm de profundidad)															
			3: Rutado severo (> 13 mm de profundidad)															
	5	Reparaciones superficiales o parcheo	1: Parcheo superficial de fisuras menores											P = 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P = 50	
			2: Parcheo de fisuras y baches medianos											0	0	-10	50	
			3: Reparaciones profundas															
6	Desprendimiento de agregado o	1: Desprendimiento leve (< 10% de la superficie afectada)										P = 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P = 50			

BERMAS Pavimentadas y no pavimentadas	Desprendimiento superficial.	2: Desprendimiento moderado (10% - 30% de la superficie afectada)																					
		3: Desprendimiento severo (> 30% de la superficie afectada)																					
	7	Fisuras longitudinales	1: Fisura leve (< 1.5 mm de ancho)											P = 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P = 100						
			2: Fisura moderada (1.5 mm - 3 mm de ancho)																				
			3: Fisura severa (> 3 mm de ancho)																				
	8	Fisuras transversales	1: Fisura leve (< 1.5 mm de ancho)											P = 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P = 50						
			2: Fisura moderada (1.5 mm - 3 mm de ancho)																				
			3: Fisura severa (> 3 mm de ancho)																				
	9	Exudación de asfalto.	1: Exudación leve: visiblemente aceitosa, pero sin pérdida de tracción											P = 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P = 100						
			2: Exudación moderada: aceitosa con ligera pérdida de tracción																				
			3: Exudación severa: aceitosa y resbaladiza																				
	10	Daños localizados.	1: Daño leve: Pequeños daños en áreas localizadas											P = 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P = 50						
2: Daño moderado: Daños que afectan menos del 30% de bermas en la longitud evaluada																							
3: Daños que afectan más del 30% de bermas en la longitud evaluada																							
11	Desnivel entre calzada y berma o Desenivel transversal	1: Desenivel leve (< 1 cm desnivel)											P = 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P = 100							
		2: Desenivel moderado (1 cm - 3 cm desnivel)																					
		3: Desenivel severo (> 3 cm desnivel)																					
																Suma puntaje de condición =							
Condición estructural		Inaceptable	Muy malo	Malo	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Excelente												Calificación de condición (1000 - suma puntaje de condición) =			
		≤ 100	> 100 y ≤ 250	> 250 y ≤ 400	> 400 y ≤ 550	> 550 y ≤ 700	> 700 y ≤ 850	> 850															
Escala de valoración		Muy baja	Muy baja	Baja	Media	Media	Alta	Muy alta															
		1	1	2	3	3	4	5															

Tabla 18. Ficha de identificación y análisis de riesgos

FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGO										
1	Tesis	Título		INDICE DE SOSTENIBILIDAD DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA – LLACANORA – CON INCORPORACION DE LOS NIVELES DE RIESGO, 2024						
		Tesista		Roel Alexander Quiliche Cachay						
2	Número y fecha del documento	Fecha								
3	Datos generales de la infraestructura vial	Carretera		Baños del Inca - Llacanora						
		Tramo								
		Código de ruta		CA 1494						
4	Sección evaluada	Progresivas								
		Superficie de rodadura								
		Ubicación		Baños del Inca y Llacanora						
Identificación de riesgos										
5	5.1	Código de riesgo								
	5.2	Descripción del riesgo								
	5.3	Tipo de erosión								
Análisis y evaluación de peligrosidad										
6.1	Parámetros de evaluación		Descripción					Nivel de peligrosidad		
								Valor	Percepción	
	Factores desencadenantes (Fd)									
	Factores condicionantes (Fc)									
Nivel de peligrosidad: $[0.75(Fd)+0.25(Fc)]$										
Análisis de vulnerabilidad										
6.2	Parámetros de evaluación		Descripción					Nivel de vulnerabilidad		
								Valor	Percepción	
	Dimensión física	Exposición								
		Fragilidad								
		(df)	Resiliencia							
	Dimensión social	Exposición								
		Fragilidad								
		(ds)	Resiliencia							
	Dimensión económica	Exposición								
		Fragilidad								
		(de)	Resiliencia							
	Dimensión ambiental	Exposición								
		Fragilidad								
		(da)	Resiliencia							
Nivel de vulnerabilidad: $[0.40(df)+0.20(ds)+0.20(de)+0.20(da)]$										
Cálculo del riesgo										
7	7.1	Peligro				7.2	Vulnerabilidad			
		Muy bajo					Muy bajo			
		Bajo					Bajo			
		Normal					Normal			
		Alto					Alto			
	Muy alto				Muy alto					
7.3	Nivel de riesgo									
Riesgo = Peligro x Vulnerabilidad						Nivel de riesgo				

Tabla 19. Ficha de evaluación de los factores de sostenibilidad

CRITERIOS	CÓDIGO	Descripción	Estado	Escala de Valoración					Puntaje	Resultado
				Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto		
				1	2	3	4	5		
1	Operación y mantenimiento de la infraestructura	OM								
1.1	Condiciones estructurales	OM1								
1.1.1	Plataforma	CE1								
1.1.1.1	Calzada	CE1.1								
1.1.1.2	Bermas	CE1.2								
1.1.2	Drenaje superficial	CE2								
1.1.2.1	Alcantarillas	CE2.1								
1.1.2.2	Cunetas	CE2.2								
1.1.2.3	Badenes	CE2.3								
1.1.2.4	Zanjas de drenaje y coronación	CE2.4								
1.1.3	Muros	CE3								
1.1.3.1	Muros de contención	CE3.1								
1.1.3.2	Muros de Gaviones	CE3.2								
1.1.4	Taludes	CE4								
1.1.4.1	Taludes de corte	CE4.1								
1.1.4.2	Taludes de relleno	CE4.2								
1.2	Condiciones funcionales	OM2								
1.2.1	Plataforma	CF1								
1.2.1.1	Calzada	CF1.1								

1.2.1. 2	Bermas	CF1.2									
1.2.2	Drenaje superficial	CF2									
1.2.2. 1	Alcantarillas	CF2.1									
1.2.2. 2	Cunetas	CF2.2									
1.2.2. 3	Badenes	CF2.3									
1.2.2. 4	Zanjas de drenaje y coronación	CF2.4									
1.2.3	Muros	CF3									
1.2.3. 1	Muros de contención	CF3.1									
1.2.3. 2	Muros de Gaviones	CF3.2									
1.2.4	Taludes	CF4									
1.2.4. 1	Taludes de corte	CF4.1									
1.2.4. 2	Taludes de relleno	CF4.2									
1.3	Condiciones de seguridad	OM3									
1.3.1	Señalización horizontal	CS1									
1.3.2	Señalización vertical	CS2									
1.3.3	Visibilidad	CS3									
1.3.4	Puntos negros	CS4									
1.3.5	Accidentes	CS5									
1.4	Conservación vial	OM4									
1.4.1	Mantenimiento rutinario	CV1									
1.4.2	Mantenimiento periódico	CV2									
1.4.3	Mantenimiento de emergencia	CV3									
1.4.4	Mantenimiento preventivo	CV4									
1.4.5	Mantenimiento mecanizado	CV5									
1.5	Características físicas	OM5									
1.5.1	Tipo de material	CF1									
1.5.2	Antigüedad de la infraestructura	CF2									
1.6	Resiliencia de la Infraestructura	OM6									

1.6.1	Resistencia al desgaste del pavimento causado por el tráfico constante y las condiciones climáticas adversas.	RI1									
1.6.2	Resistencia a la fatiga del material debido a las cargas repetidas de vehículos pesados sin desarrollar grietas.	RI2									
1.7	Calidad de los servicios producidos	OM7									
1.7.1	Transitabilidad en la vía durante el periodo de operación y mantenimiento	CSP1									
1.7.2	Transitabilidad en la vía en condiciones normales de uso a lo largo de la vida útil de la carretera	CSP2									
2	Sostenibilidad Financiera	SF									
2.1	Ingresos recaudados	SF1									
2.2	Presupuesto asignado para la operación y mantenimiento	SF2									
2.3	Probabilidades de que el costo de OyM sea cubierto durante la vida útil del proyecto	SF3									
3	Capacidad técnica y gerencial del operador	CG									
3.1	Capacidad gerencial del operador	CG1									
3.2	Disponibilidad de información técnica relacionada a la infraestructura	CG2									
3.3	Disponibilidad de instrumentos y equipos requeridos para la operación y mantenimiento	CG3									
3.4	Capacidad técnica y administrativa del operador	CG4									
4	Riesgo	R									
4.1	Riesgo de la infraestructura vial por erosión	R1									
4.2	Riesgo de la infraestructura vial por movimiento de masas	R2									
4.3	Riesgo de la infraestructura vial por inundación	R3									

3.6 Técnicas para el procedimiento y análisis de la información.

Tabla 20. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Etapa	Descripción	Técnicas	Métodos Estadísticos	Herramientas
Recolección de Datos	Obtención de información sobre condiciones del tramo vial y factores de riesgo	Revisión Documental, Observación, Entrevistas	Análisis descriptivo	Documentos técnicos, fotografías, plataforma SIGRID
		Técnica Delphi	Escala de Saaty	Cuestionarios estructurados
Procesamiento de Datos	Integración y cálculo de valores relacionados con sostenibilidad y riesgo	Análisis de fiabilidad	Alfa de Cronbach	Software estadístico (Excel)
		Proceso de Evaluación de Riesgos	Categorización de riesgos	PMBOK, CENEPRED, ficha evaluación de riesgos, tablas de riesgos
		Ponderación de factores de Sostenibilidad	Ponderación de factores	Matrices de ponderación, fichas de sostenibilidad
Análisis de Datos	Interpretación y validación de los resultados obtenidos	Coefficiente de determinación (R^2)	Correlación (Pearson), regresión	Software estadístico (Excel)
		r de Pearson (R)	Correlación (Pearson)	Herramientas de ponderación por dimensiones (físico, social, ambiental)
		Análisis de regresión y gráficos de dispersión	Análisis de regresión	Gráficos de dispersión, análisis multivariable (Excel)

3.7 Equipos y materiales

3.7.1 Equipos

Computadora, impresora, GPS, cámara fotográfica y wincha.

3.7.2 Materiales

Mapas topográficos y geológicos, cuaderno de apuntes, datos geológicos, historial de mantenimiento de la carretera, manuales de evaluación de riesgos y determinación de sostenibilidad.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados

4.1.1 Fiabilidad del instrumento aplicado

El cuestionario, diseñado de manera estructurada, se aplicó a diez expertos en consultorías y ejecución de obras viales. Los resultados arrojaron un conocimiento detallado sobre la importancia de los diversos factores que benefician o perjudican el funcionamiento de la carretera en estudio.

La validación del cuestionario, fue realizada a través del coeficiente alfa de Cronbach, obteniendo resultados positivos en su mayoría, esto confirmó que el instrumento es confiable y valido, lo que sugiere que puede emplearse en cualquier investigación de este tipo.

Tabla 21. Fiabilidad del Instrumento.

Descripción	Alfa de Cronbach	Confiabilidad
Factores de sostenibilidad	0.92	Excelente
Parámetros del factor operación y mantenimiento de la infraestructura	0.82	Buena
Sub-parámetros de condiciones estructurales	0.83	Buena
Descriptores de Plataforma	0.82	Buena
Descriptores de Drenaje superficial	0.94	Excelente
Descriptores de Muros	0.92	Excelente
Descriptores de Taludes	0.85	Buena
Sub-parámetros de Condiciones funcionales	0.90	Excelente
Descriptores de Plataforma	0.95	Excelente
Descriptores de Drenaje superficial	0.82	Buena
Descriptores de Muros	0.86	Buena
Descriptores de Taludes	0.82	Buena
Descriptores de Condiciones de seguridad	0.87	Buena
Descriptores de Conservación vial	0.86	Buena
Descriptores de Características físicas	0.90	Excelente
Descriptores de Resiliencia de la Infraestructura	0.90	Excelente
Descriptores de Calidad de los servicios producidos	0.84	Buena
Descriptores de Sostenibilidad Financiera	0.84	Buena
Descriptores de Capacidad técnica y gerencial del operador	0.81	Buena
Parámetros del factor Riesgo	0.87	Buena

4.1.2 Ponderación de los criterios determinantes de la sostenibilidad

Mediante la aplicación del Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ), se obtuvieron los pesos relativos de todos los componentes de la sostenibilidad, considerando también el factor riesgo.

Tabla 22. Ponderación de los criterios de la sostenibilidad.

CRITERIOS		CÓDIGO	PESOS (PAJ)	PONDERACION
1	Operación y mantenimiento de la infraestructura	OM	1.000	0.539
1.1	Condiciones estructurales	OM1	0.352	0.190
1.1.1	Plataforma	CE1	0.351	0.067
1.1.1.1	Calzada	CE1.1	0.800	0.053
1.1.1.2	Bermas	CE1.2	0.200	0.013
1.1.2	Drenaje superficial	CE2	0.259	0.049
1.1.2.1	Alcantarillas	CE2.1	0.299	0.015
1.1.2.2	Cunetas	CE2.2	0.460	0.023
1.1.2.3	Badenes	CE2.3	0.082	0.004
1.1.2.4	Zanjas de drenaje y coronación	CE2.4	0.159	0.008
1.1.3	Muros	CE3	0.159	0.030
1.1.3.1	Muros de contención	CE3.1	0.750	0.023
1.1.3.2	Muros de Gaviones	CE3.2	0.250	0.008
1.1.4	Taludes	CE4	0.231	0.044
1.1.4.1	Taludes de corte	CE4.1	0.750	0.033
1.1.4.2	Taludes de relleno	CE4.2	0.250	0.011
1.2	Condiciones funcionales	OM2	0.236	0.127
1.2.1	Plataforma	CF1	0.308	0.039
1.2.1.1	Calzada	CF1.1	0.750	0.029
1.2.1.2	Bermas	CF1.2	0.250	0.010
1.2.2	Drenaje superficial	CF2	0.347	0.044
1.2.2.1	Alcantarillas	CF2.1	0.321	0.014
1.2.2.2	Cunetas	CF2.2	0.427	0.019
1.2.2.3	Badenes	CF2.3	0.095	0.004
1.2.2.4	Zanjas de drenaje y coronación	CF2.4	0.157	0.007
1.2.3	Muros	CF3	0.121	0.015
1.2.3.1	Muros de contención	CF3.1	0.750	0.011
1.2.3.2	Muros de Gaviones	CF3.2	0.250	0.004
1.2.4	Taludes	CF4	0.224	0.028
1.2.4.1	Taludes de corte	CF4.1	0.667	0.019
1.2.4.2	Taludes de relleno	CF4.2	0.333	0.009
1.3	Condiciones de seguridad	OM3	0.036	0.020

1.3.1	Señalización horizontal	CS1	0.269	0.005
1.3.2	Señalización vertical	CS2	0.408	0.008
1.3.3	Visibilidad	CS3	0.152	0.003
1.3.4	Puntos negros	CS4	0.099	0.002
1.3.5	Accidentes	CS5	0.071	0.001
1.4	Conservación vial	OM4	0.152	0.082
1.4.1	Mantenimiento rutinario	CV1	0.261	0.021
1.4.2	Mantenimiento periódico	CV2	0.066	0.005
1.4.3	Mantenimiento de emergencia	CV3	0.158	0.013
1.4.4	Mantenimiento preventivo	CV4	0.466	0.038
1.4.5	Mantenimiento mecanizado	CV5	0.050	0.004
1.5	Características físicas	OM5	0.100	0.054
1.5.1	Tipo de material	CF1	0.667	0.036
1.5.2	Antigüedad de la infraestructura	CF2	0.333	0.018
1.6	Resiliencia de la Infraestructura	OM6	0.058	0.031
1.6.1	Resistencia al desgaste del pavimento causado por el tráfico constante y las condiciones climáticas adversas.	RI1	0.600	0.019
1.6.2	Resistencia a la fatiga del material debido a las cargas repetidas de vehículos pesados sin desarrollar grietas.	RI2	0.400	0.013
1.7	Calidad de los servicios producidos	OM7	0.066	0.035
1.7.1	Transitabilidad en la vía durante el periodo de operación y mantenimiento	CSP1	0.750	0.027
1.7.2	Transitabilidad en la vía en condiciones normales de uso a lo largo de la vida útil de la carretera	CSP2	0.250	0.009
2	Sostenibilidad Financiera	SF	1.000	0.297
2.1	Ingresos recaudados	SF1	0.143	0.042
2.2	Presupuesto asignado para la operación y mantenimiento	SF2	0.574	0.171
2.3	Probabilidades de que los costos de operación y mantenimiento sean cubiertos durante todo el ciclo de vida del proyecto	SF3	0.283	0.084
3	Capacidad técnica y gerencial del operador	CG	1.000	0.164
3.1	Capacidad gerencial del operador	CG1	0.158	0.026
3.2	Disponibilidad de datos técnicos referentes a la infraestructura	CG2	0.088	0.014
3.3	Disponibilidad de los instrumentos y equipos necesarios para llevar a cabo la operación y mantenimiento.	CG3	0.261	0.043
3.4	Capacidad técnica y administrativa del operador	CG4	0.492	0.081
4	Riesgo	R	1.000	1.000
4.1	Riesgo de la infraestructura vial por erosión	R1	0.288	0.288
4.2	Riesgo de la infraestructura vial por movimiento de masas	R2	0.568	0.568
4.3	Riesgo de la infraestructura vial por inundación	R3	0.143	0.143

Según los pesos ponderados obtenidos mediante el método multicriterio, la ecuación del índice de sostenibilidad sin incluir el riesgo se expresa de la siguiente manera:

$$Ssr = (0.539 * OM) + (0.297 * SF) + (0.164 * CG) \quad \dots [23]$$

Donde:

Ssr: Índice de Sostenibilidad (sin riesgo)

OM: Operación y Mantenimiento

SF: Sostenibilidad Financiera

CG: Capacidad técnica y Gerencial del operador

Los coeficientes de las variables correspondientes tienen los siguientes valores:

$$a=0.539$$

$$b=0.297$$

$$c=0.164$$

Ajustando los coeficientes, la ecuación anterior se expresa de la siguiente manera.

$$Ssr = \frac{(5 * OM) + (3 * SF) + (2 * CG)}{10} \quad \dots [24]$$






Los factores de sostenibilidad generalmente considerados, tales como la operación y mantenimiento de la infraestructura, la sostenibilidad financiera, y la capacidad técnica y gerencial del operador. Después de desarrollar el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ), se obtiene la ecuación (24). La matriz simplificada a continuación muestra las combinaciones que describen sus relaciones directas.

Tabla 23. Matriz simplificada del índice de sostenibilidad sin riesgo

		Capacidad Técnica y Gerencial del Operador								
		Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja				
		1	2	3	4	5				
Operación y Mantenimiento	Muy alta	5	4.20	4.40	4.60	4.80	5.00	5	Muy alta	Sostenibilidad Financiera
	Alta	4	3.40	3.60	3.80	4.00	4.20	4	Alta	
	Media	3	2.60	2.80	3.00	3.20	3.40	3	Media	
	Baja	2	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2	Baja	
	Muy baja	1	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	1	Muy baja	

A partir de la matriz simplificada, se establecieron los rangos de acuerdo a la escala de valoración del índice de sostenibilidad, sin incluir el nivel de riesgo.

Tabla 24. Escala de valoración del índice de sostenibilidad sin riesgo

Resultado	Interpretación	Índice de sostenibilidad sin riesgo		Escala Cromática
Muy Bueno	Infraestructura altamente sostenible	4.80	$< SsR \leq 5.00$	
Bueno	Infraestructura con deterioro leve	3.80	$< SsR \leq 4.80$	
Regular	Infraestructura con deterioro moderado	2.80	$< SsR \leq 3.80$	
Malo	Infraestructura con deterioro mayor	1.80	$< SsR \leq 2.80$	
Muy Malo	Infraestructura en estado de colapso total	1.00	$\leq SsR \leq 1.80$	

Los resultados globales de cada factor que explican el índice de sostenibilidad sin la inclusión del nivel de riesgo (SsR), evaluados en cada tramo durante agosto y setiembre del 2024, determinan que la infraestructura estaba en un estado de deterioro moderado.

La sostenibilidad de la infraestructura disminuye con el tiempo debido a factores como la lluvia, erosión de taludes, la falta de limpieza en algunos tramos de la carretera que acelera su deterioro.

La carretera Baños del Inca – Llacanora, moderadamente o pocas veces recibe mantenimiento preventivo en toda su longitud. Durante los meses evaluados, los servicios de transporte y la infraestructura se encontraron en condiciones normales, aunque con peligros inminentes de erosión, movientes de masa, e inundación debido a la pendiente del terreno y cercanía al río Cajamarquino. Los recursos asignados para el mantenimiento vial son poco y debes en cuando personal de las municipalidades realizan manteamiento en la carretera.

En muchos algunos tramos, las condiciones estructurales y funcionales de la carretera se encontraron un poco deterioradas debido a la erosión y los deslizamientos sobre la plataforma. Este impacto daña el pavimento y a largos plazos la destruye por completo.

Tabla 25. Resultado de los factores de la sostenibilidad sin riesgo.

Tramo	Tramos evaluados		OM	SF	CG	SsR
	Progresiva					
	Inicial	Final				
1	0+000	0+115	4.0012	3.4109	2.2697	3.4778
2	0+115	0+608	4.1048	3.6470	3.3863	3.8238
3	0+608	1+108	4.0920	3.6420	3.3810	3.8148
4	1+108	1+608	4.0890	3.6390	3.3728	3.8108
5	1+608	2+108	4.0875	3.6303	3.3699	3.8068
6	2+108	2+608	3.4678	3.2427	3.0585	3.3184
7	2+608	3+108	2.8481	2.7850	0.6583	2.3912
8	3+108	3+608	2.2241	1.0199	0.5485	1.5277
9	3+608	4+108	2.3353	1.0700	0.5759	1.6038
10	4+108	4+608	2.6140	1.1020	0.6870	1.7750
11	4+608	5+090	3.0120	1.2170	0.7890	2.0289
12	5+090	5+130	3.4228	1.4036	1.0389	2.3403

Al aplicar la ecuación 24 de la investigación, se determinó un índice de sostenibilidad global sin el nivel de riesgo para el año 2024 de SsR = 2.810. Este resultado indica que la infraestructura con deterioro moderado.

4.1.3 Identificación de riesgos y estrategias de mitigación

Los niveles de riesgo identificados para la carretera Baños del Inca – Llacanora, según la plataforma SIGRID y verificaciones en campo durante el mes de agosto y setiembre, se destacan los riesgos hidrometeorológicos como la erosión e inundación, y los asociados a la geodinámica externa, como los movimientos de masas.

En las constataciones en campo se observó lo siguiente: Las inundaciones se presentaron en la progresiva 5+000 en adelante debido a la cercanía al río Cajamarquino; los movimientos de masa se evidencian desde la progresiva 2+500, con taludes inestables y desprendimiento de material, siendo crítico el tramo Pumaushco - Huayrapongo, donde existe el riesgo de caídas de rocas (210 m de largo por 45 m de alto) y avalanchas de bloques de hasta 1 m de diámetro en la progresiva 2 +650; y la erosión afecta el margen derecho del trayecto, también a partir de la progresiva 2 +500, con desprendimientos de material. Estos riesgos evidencian la vulnerabilidad de la infraestructura y la necesidad de medidas de mitigación en tramos críticos identificados en la carretera CA 1494.

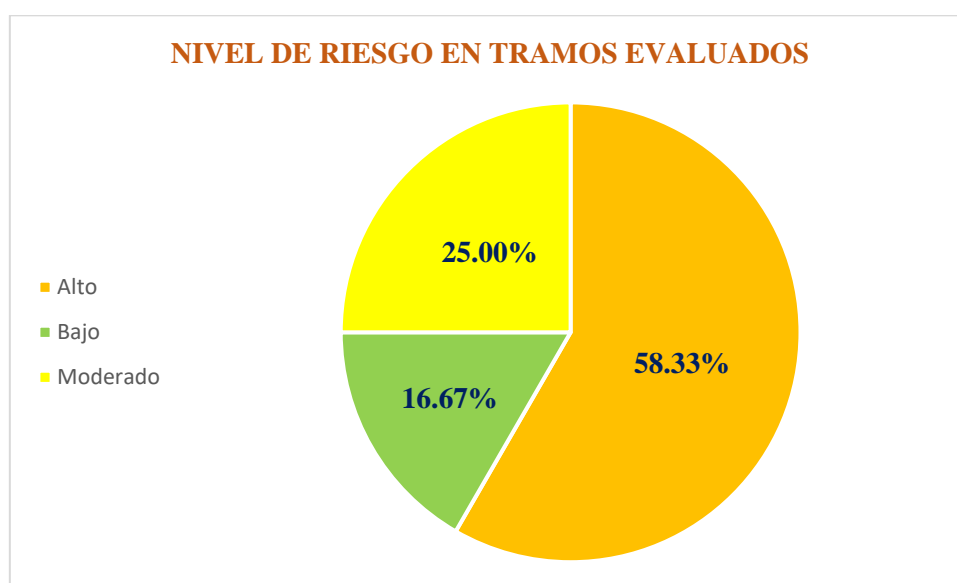
En función de los riesgos identificados y los tramos críticos de la carretera Baños del Inca – Llacanora, se deberían adoptar medidas específicas de mitigación para minimizar los impactos y garantizar la estabilidad de la infraestructura. En la progresiva 5+100, debido a la cercanía del río Cajamarquino, las acciones necesarias incluyen estabilizar los bordes del río mediante gaviones de acero galvanizado y muros de contención de concreto armado, lo que permitirá controlar la erosión del talud y proteger la carretera de deslizamientos e inundaciones. En la progresiva 2+500 y los tramos contiguos con taludes inestables, resulta fundamental reforzar el terreno con geosintéticos, geotextiles y geomallas, materiales económicos y eficientes; además, la reforestación de la zona superior contribuirá a prevenir deslizamientos. En la progresiva 2+650, para evitar la caída de rocas sobre la carretera, se requiere instalar mallas de contención de acero galvanizado y realizar monitoreos geológicos continuos. Finalmente, en la progresiva 2+500 y tramos afectados por erosión pluvial y fluvial, las medidas a implementar incluyen la construcción de muros de mampostería reforzada con un sistema de drenaje adecuado. Estas intervenciones son indispensables para reducir los riesgos y asegurar la funcionalidad y seguridad de la vía.

4.1.4 Análisis de riesgos e índice de sostenibilidad

El riesgo fue evaluado considerando factores desencadenantes, como el peligro asociado a lluvias, pendientes y geología de terreno rocoso, junto con factores condicionantes como el tipo de suelo. La vulnerabilidad se analizó en cuatro dimensiones: física, social, económica y ambiental, tomando en cuenta la exposición, fragilidad y resiliencia. La materialización del riesgo estuvo vinculada a eventos como la erosión del suelo y la inestabilidad de taludes que genero deslizamientos y erosión en diferentes tramos.

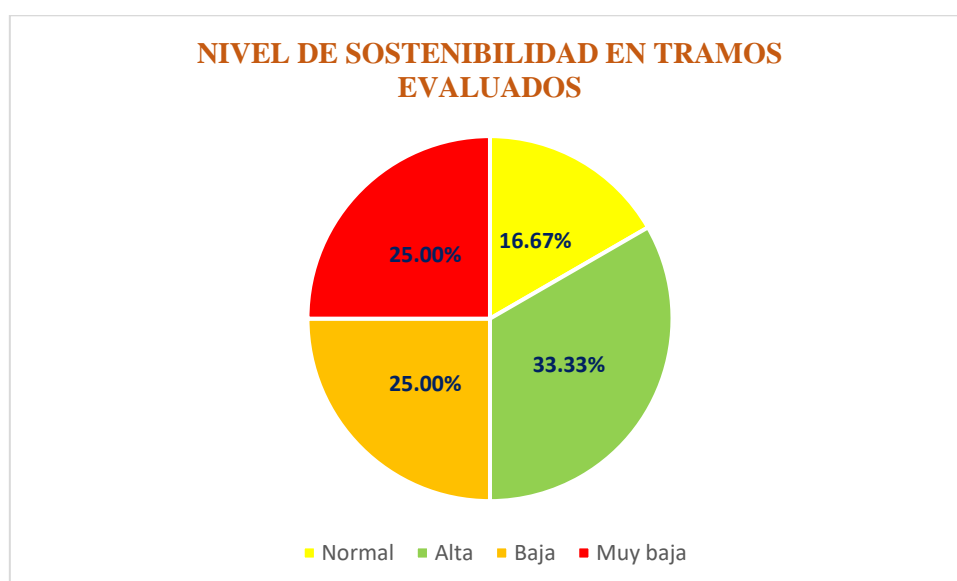
Entre los kilómetros 2+108 y 5+130, se identificaron tramos con un nivel de riesgo alto. La infraestructura en estas áreas estaba con empiezos de deteriorado, con inicios de fisuras longitudinales, transversales y fisuración en red. debido a los deslizamientos por inestabilidad de taludes y erosión.

Figura 4. Nivel de riesgo de los tramos evaluados.



El 58.33% de los tramos evaluados tienen un nivel de riesgo alto, específicamente los tramos 6,7,8,9,10,11 y 12, el 25.00% presentan un nivel de riesgo moderado, y 16,67 tienen un nivel de riesgo bajo ubicado por el caserío Huayrapongo.

Figura 5. Índice de sostenibilidad sin riesgo



De los 12 tramos evaluados, en el 33.33% el índice de sostenibilidad fue alto, en 16.67%, normal, el otro 25% bajo; y el 25% final, muy malo. Toda esta evaluación indica que la infraestructura está en estado regular.

Tabla 26. Resultado de los factores del índice de sostenibilidad

Nº	Tramos evaluados					Factores de sostenibilidad de la infraestructura vial			
	Progresiva		Longitud (m)	Superficie de rodadura	Ubicación	OM	SF	CG	Riesgo R=PxV
	Inicial	Final							
1	0+000	0+115	115	Asfalto	Cruce de Shaullo	4.001	3.411	2.270	0.029
2	0+115	0+608	493	Asfalto	Espaldas del Bim Z. Nº 7	4.105	3.647	3.386	0.025
3	0+608	1+108	500	Asfalto	Valle verde	4.092	3.642	3.381	0.072
4	1+108	1+608	500	Asfalto	Huayrapongo	4.089	3.639	3.373	0.082
5	1+608	2+108	500	Asfalto	Huayrapongo	4.088	3.630	3.370	0.092
6	2+108	2+608	500	Asfalto	Huayrapongo	3.468	3.243	3.058	0.139
7	2+608	3+108	500	Asfalto	Huayrapongo	2.848	2.785	0.658	0.186
8	3+108	3+608	500	Asfalto	Pumauschco	2.224	1.020	0.549	0.232
9	3+608	4+108	500	Asfalto	Pumaushco	2.335	1.070	0.576	0.215
10	4+108	4+608	500	Asfalto	Pumaushco	2.614	1.102	0.687	0.212
11	4+608	5+090	482	Asfalto	Chinchin	3.012	1.217	0.789	0.210
12	5+090	5+130	40	Acuñado	Entrada a Llacanora	3.423	1.404	1.039	0.205

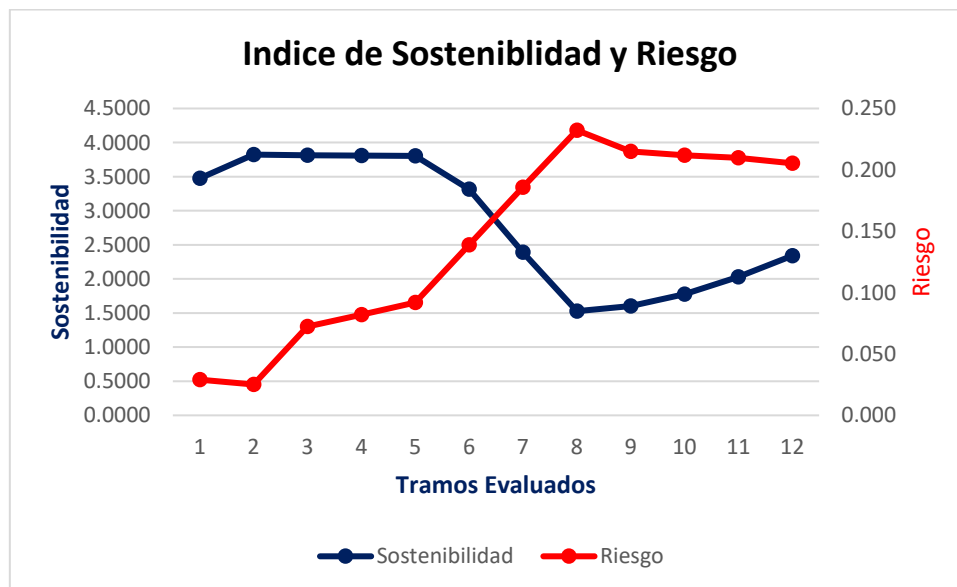
4.2 Análisis, interpretación y discusión de resultados

4.2.1 Nivel de riesgo e índice de sostenibilidad

La carretera, con una longitud de 5130 m y evaluada en 12 tramos, iniciando con 115m, luego con 493 m, y luego tramos cada 500 de metros cada uno, finalizando con 482m y 40 metros en la entrada a Llacanora. Estos tramos permitieron establecer una relación numérica entre el nivel de riesgo y el índice de sostenibilidad. El coeficiente de determinación superior a -0.85, indico una correlación fuerte negativa entre estas variables. A medida que uno aumentaba la otra disminuía, lo que las hace indica que son muy significativas para el análisis.

Existe una relación inversa entre el nivel de riesgo y el índice de sostenibilidad: un mayor nivel de riesgo corresponde a un índice de sostenibilidad muy malo, mientras que un bajo nivel de riesgo implica un índice de sostenibilidad muy bueno.

Figura 6. Índice de sostenibilidad y el nivel de riesgo



De los 12 tramos evaluados, los tramos 6,7,8,9,10,11 y12 resultaron con un nivel de riesgo alto, donde los tramos 8,9 y 10 obtuvieron un índice de sostenibilidad muy bajo. En cambio, los tramos con un nivel de riesgo bajo y normal, registraron un índice de sostenibilidad normal y alto.

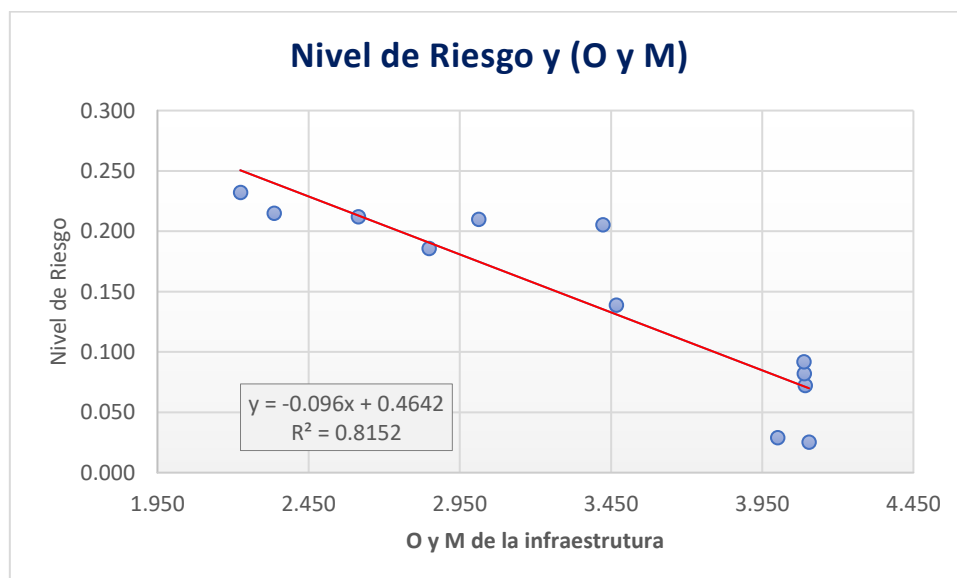
En los tramos donde se encontraron Taludes inestables, pendientes de terreno, suelos, erosión por cercanía corriente de agua las condiciones de servicio en la vía eran muy bajas, y se observación diversas fisuras longitudinales, trasversales y rutado en la plataforma.

El grafico anterior ilustra todos los tramos evaluados, evidenciando una relación inversa entre el nivel de riesgo y el índice de sostenibilidad. Se observó que, en todos los tramos, tanto el nivel de riesgo como el índice de sostenibilidad nunca fueron nulos. Las curvas se separan a medida que el nivel de riesgo reduce, mientras que el riesgo aumenta el índice de sostenibilidad disminuye.

4.2.2 Análisis de dispersión y regresión de variables

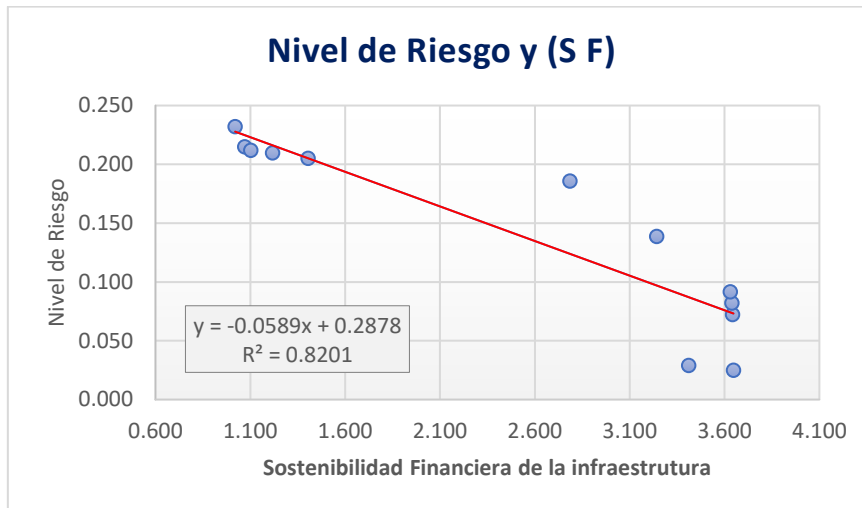
El análisis de dispersión y regresión realizado entre los factores de operación y mantenimiento de la infraestructura y el nivel de riesgo arrojó un coeficiente de determinación de R^2 de 0.8152, lo que sugiere que los datos son significativos y el modelo replica los resultados de manera precisa. Además, el coeficiente de correlación de Pearson es de -0.903, lo que muestra una alta relación negativa entre las variables, mostrando que el factor de operación y de mantenimiento de la infraestructura tiene una relación inversa con el nivel de riesgo.

Figura 7. Operación y mantenimiento y nivel de riesgo



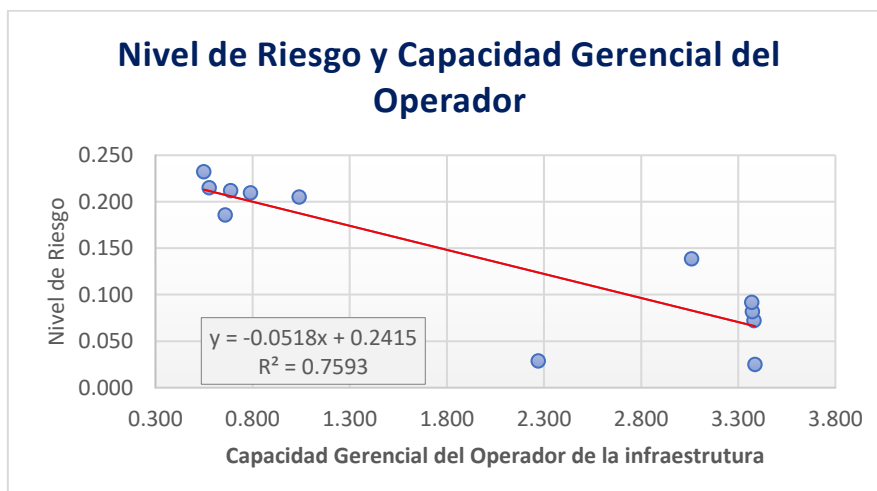
El análisis de dispersión y regresión para sostenibilidad financiera y el nivel de riesgo arrojó un coeficiente de determinación R^2 igual a 0.820, lo que indica que los resultados son significativos. Asimismo, el coeficiente de correlación de Pearson (R) es de -0.906, demostrando una relación negativa alta entre las variables. Determinándose que existe una relación inversa entre el factor de sostenibilidad financiera y el nivel de riesgo.

Figura 8. Sostenibilidad financiera y nivel de riesgo



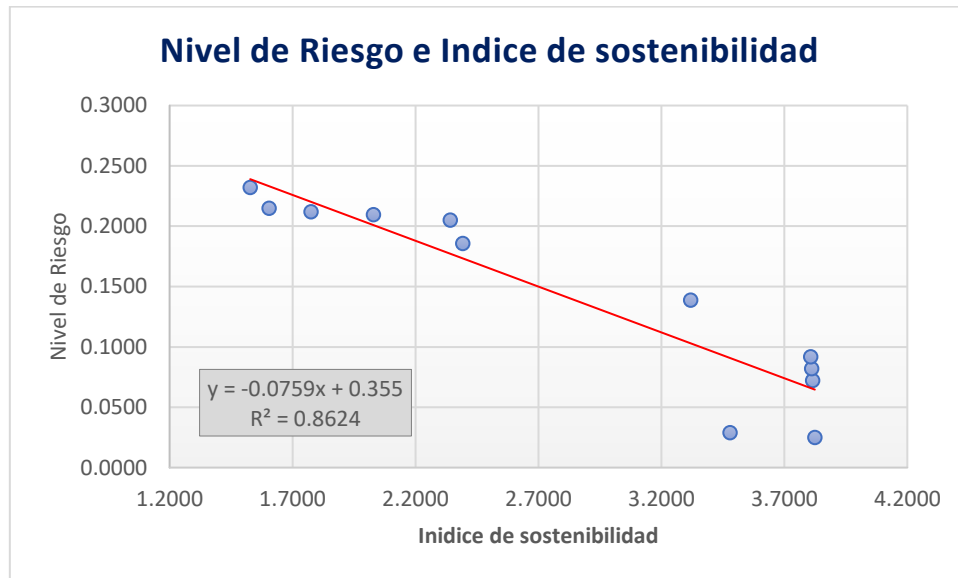
El análisis de dispersión y regresión para la capacidad gerencial del operador y el nivel de riesgo arrojó un coeficiente de determinación R^2 igual a 0.759, lo que indica que los resultados son significativos. Asimismo, el coeficiente de correlación de Pearson (R) es de -0.871, demostrando una relación negativa alta entre las variables. Determinándose que existe una relación inversa entre la capacidad gerencial del operador y el nivel de riesgo.

Figura 9. Capacidad del operador y nivel de riesgo



El análisis de dispersión y regresión para el índice de sostenibilidad y el nivel de riesgo arrojó un coeficiente de determinación R^2 igual a 0.862, lo que indica que los resultados son significativos. Asimismo, el coeficiente de correlación de Pearson (R) es de -0.929, demostrando una relación negativa alta entre las variables. Determinándose que existe una relación inversa entre el índice de sostenibilidad y el nivel de riesgo.

Figura 10. Dispersión y regresión del factor nivel de riesgo



Los factores como la operación y mantenimiento de la infraestructura, la sostenibilidad financiera, y la capacidad técnica y gerencial de operador están inversamente relacionados con el nivel de riesgo. Por ejemplo, en tramos con taludes inestables, el índice de condición del pavimento fue muy malo, y se observaron diversas fallas estructurales debido a continos deslizamientos.

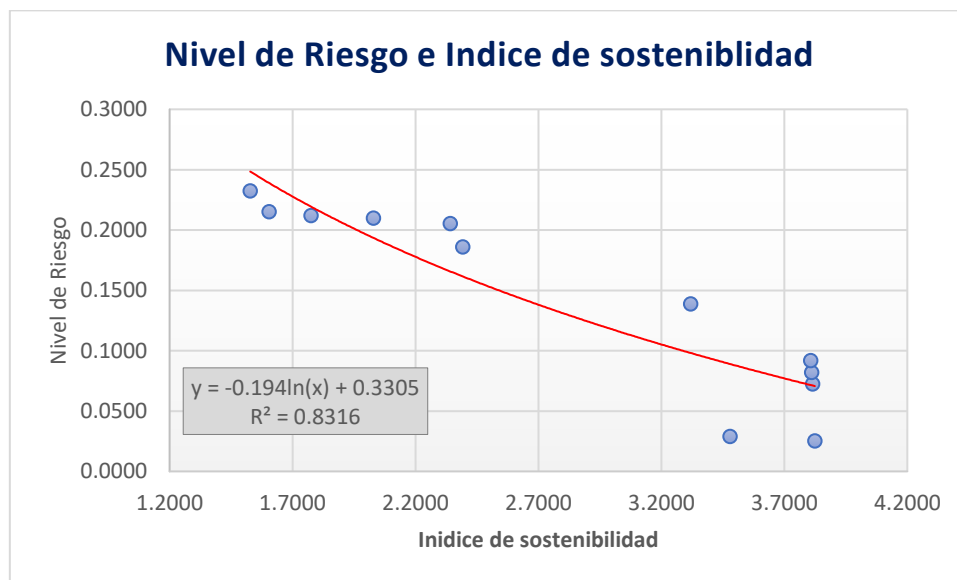
El nivel de riesgo disminuye la sostenibilidad de la infraestructura vial del tramo Baños del Inca – Llacanora, destacando la importancia de controlar y gestionar el riesgo para garantizar la inversión durante la vida útil del proyecto.

Según el análisis de dispersión y regresión, se concluye que el nivel de riesgo esta inversamente relacionado con el índice de sostenibilidad.

4.2.3 Correlación del nivel de riesgo e índice de sostenibilidad

Dado que el riesgo nunca es cero. Debe ajustarse a una curva logarítmica, tal como se muestra en el siguiente grafico

Figura 11. Ajuste de las variables índice de sostenibilidad y nivel de riesgo



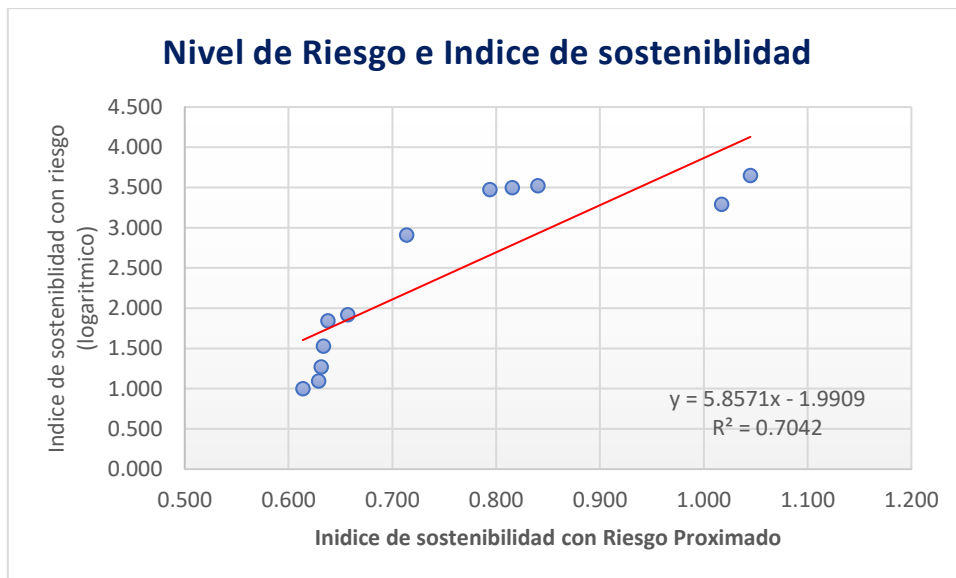
El coeficiente de determinación R^2 es de 0.8316, indicando que los datos están bien relacionados y son significativos. La ecuación que describe el comportamiento de las variables nivel de riesgo (x) e índice de sostenibilidad con la incorporación del nivel de riesgo (y) es:

$$y = -0.1494 \ln(x) + 0.3305 \quad \dots [25]$$

Tabla 27. Cuadro comparativo del análisis del índice de sostenibilidad

Tramo	Nivel de riesgo	Con riesgo Aproximado $S_{CR} = \frac{5(OM) + 3(SF) + 2(CG)}{10} - \frac{11}{10}\sqrt{R}$	Con riesgo - logarítmico $S_{CR} = -0.194\ln(R) + 0.3305$
1	0.029	3.2904	1.01721
2	0.025	3.6493	1.04489
3	0.072	3.5190	0.84009
4	0.082	3.4956	0.81553
5	0.092	3.4735	0.79373
6	0.139	2.9085	0.71355
7	0.186	1.9170	0.65698
8	0.232	0.9976	0.61372
9	0.215	1.0938	0.62870
10	0.212	1.2685	0.63143
11	0.210	1.5251	0.63345
12	0.205	1.8419	0.63770

Figura 12. Dispersión y regresión del índice de sostenibilidad



El coeficiente de ajuste entre el índice de sostenibilidad con riesgo logarítmico y el índice de sostenibilidad con riesgo aproximado es R^2 es 0.704, lo que indica una fuerte o bastante buena relación entre los datos, como se muestra en el gráfico anterior.

El índice de sostenibilidad con riesgo (logarítmico) está definido por la ecuación 25, que en términos de nivel de riesgo (R) y sostenibilidad (ScR) se expresa de la siguiente manera.

$$ScR = -0.1494 \ln(R) + 0.3305 \quad \dots [26]$$

El índice de sostenibilidad con riesgo (aproximado) está determinado por la siguiente ecuación.

$$ScR = \frac{(5 * OM) + (3 * SF) + (2 * CG) - 11\sqrt{R}}{10} \quad \dots [27]$$

$$OM > 0, OM = [1,5]$$

$$SF > 0, SF = [1,5]$$

$$CG > 0, CG = [1,5]$$

$$R > 0, R = [0.005,0.720]$$

$$ScR > 0, ScR = [0.067,4.922]$$

4.2.4 Planteamiento del método compuesto

El cuadro siguiente presenta la variabilidad de los índices de sostenibilidad en función de los factores determinantes: Operación y Mantenimiento de la infraestructura (OM), Capacidad técnica y Gerencial del operador (CG), Sostenibilidad Financiera (SF) y nivel de riesgo

Tabla 28. Matriz simplificada – método compuesto

		Capacidad Técnica y Gerencial del Operador								
		Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja				
		1	2	3	4	5				
Operación y Mantenimiento	Muy alta	5	3.267	3.818	4.252	4.609	4.922	5	Muy alta	Sostenibilidad Financiera
	Alta	4	2.467	3.018	3.452	3.809	4.122	4	Alta	
	Media	3	1.667	2.218	2.652	3.009	3.209	3	Media	
	Baja	2	0.867	1.418	1.852	2.209	2.522	2	Baja	
	Muy baja	1	0.067	0.618	1.052	1.409	1.722	1	Muy baja	

Tabla 29. Escala de valoración – método compuesto

Resultado	Interpretación	Índice de sostenibilidad sin riesgo	Escala Cromática
Muy Bueno	Infraestructura altamente sostenible	4.800 < SsR ≤ 4.992	
Bueno	Infraestructura con deterioro leve	3.800 < SsR ≤ 4.800	
Regular	Infraestructura con deterioro moderado	2.800 < SsR ≤ 3.800	
Malo	Infraestructura con deterioro crítico	1.800 < SsR ≤ 2.800	
Muy Malo	Infraestructura en estado de colapso total	0.067 ≤ SsR ≤ 1.800	

La tabla anterior interpreta los resultados obtenidos del índice de sostenibilidad con la incorporación del nivel de riesgo. Los límites superiores se determinaron a partir de la matriz simplificada, y el límite inferior se mantuvo de los rangos del índice de sostenibilidad sin la incorporación del nivel de riesgo, ya que es el mayor número entre ambos.

El método compuesto desarrollado por la señorita Silva (2021), en esta investigación se basa en los resultados numéricos para seleccionar las medidas de reducción de riesgos y los tipos de conservación vial necesarios para recuperar los niveles de servicio adecuados.

Tabla 30. Interpretación del índice de sostenibilidad – método compuesto

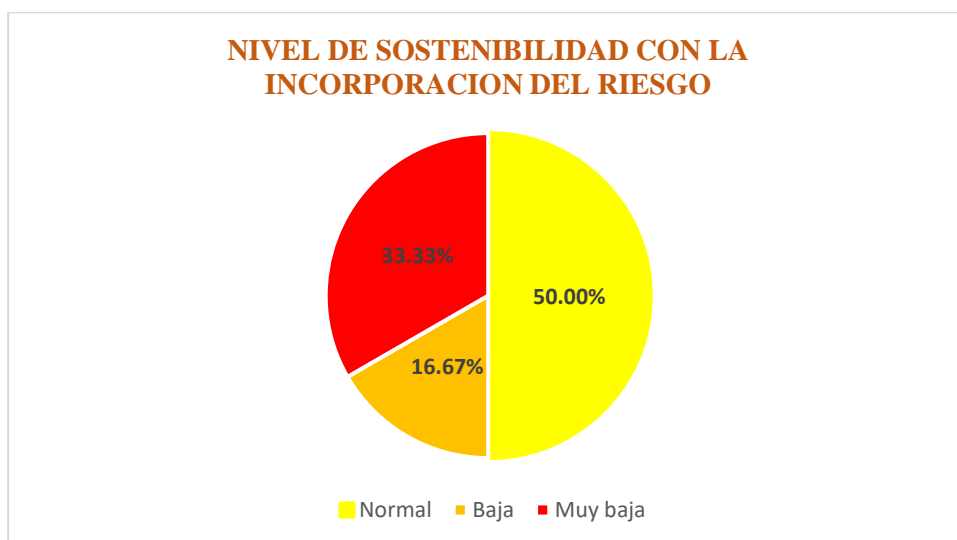
Resultado	Interpretación	Medidas de reducción de riesgos	Tipo de intervención vial
Muy bueno	Infraestructura sostenible	Evitar o eliminar riesgos	Mantenimiento preventivo
Bueno	Infraestructura en leve proceso de deterioro	Minimizar el riesgo	Mantenimiento rutinario y/o mecanizado
Regular	Infraestructura en moderado proceso de deterioro	Atenuar el riesgo	Mantenimiento periódico
Malo	Infraestructura en grave proceso de deterioro	Mitigar el riesgo	Mejoramiento y/o rehabilitación
Muy malo	Infraestructura totalmente deteriorada o colapsada	Transferir el riesgo	Reconstrucción

Nota: Silva (2021)

Tabla 31. Resultados del índice de sostenibilidad sin y con riesgo

N°	Tramos evaluados					Factores de sostenibilidad de la infraestructura vial					Riesgo			Índice de sostenibilidad con Incorporación del nivel de riesgo (SCR)			
						OM	SF	CG	Índice de sostenibilidad sin incorporación del riesgo (SSR)		Escala cromática	Nivel de riesgo					Escala cromática
	Inicial	Final	Longitud (m)	Superficie de rodadura	Ubicación												
1	0+000	0+115	115	Asfalto	Cruce de Shaullo	4.0012	3.4109	2.2697	3.4778	Normal		0.0290	Bajo		3.2904	Normal	
2	0+115	0+608	493	Asfalto	Espaldas del Bim Z. N° 7	4.1048	3.6470	3.3863	3.8238	Alta		0.0252	Bajo		3.6493	Normal	
3	0+608	1+108	500	Asfalto	Valle verde	4.0920	3.6420	3.3810	3.8148	Alta		0.0723	Moderado		3.5190	Normal	
4	1+108	1+608	500	Asfalto	Huayrapongo	4.0890	3.6390	3.3728	3.8108	Alta		0.0821	Moderado		3.4956	Normal	
5	1+608	2+108	500	Asfalto	Huayrapongo	4.0875	3.6303	3.3699	3.8068	Alta		0.0918	Moderado		3.4735	Normal	
6	2+108	2+608	500	Asfalto	Huayrapongo	3.4678	3.2427	3.0585	3.3184	Normal		0.1388	Alto		2.9085	Normal	
7	2+608	3+108	500	Asfalto	Huayrapongo	2.8481	2.7850	0.6583	2.3912	Baja		0.1858	Alto		1.9170	Baja	
8	3+108	3+608	500	Asfalto	Huayrapongo	2.2241	1.0199	0.5485	1.5277	Muy baja		0.2323	Alto		0.9976	Muy baja	
9	3+608	4+108	500	Asfalto	Callacpuma	2.3353	1.0700	0.5759	1.6038	Muy baja		0.2150	Alto		1.0938	Muy baja	
10	4+108	4+608	500	Asfalto	Callacpuma	2.6140	1.1020	0.6870	1.7750	Muy baja		0.2120	Alto		1.2685	Muy baja	
11	4+608	5+090	482	Asfalto	Callacpuma	3.0120	1.2170	0.7890	2.0289	Baja		0.2098	Alto		1.5251	Muy baja	
12	5+090	5+130	40	Acuñado	Entrada a Llacanora	3.4228	1.4036	1.0389	2.3403	Baja		0.2053	Alto		1.8419	Baja	

Figura 13. Índice de sostenibilidad con riesgo



Al hacer la comparación de la figura 13 con la figura 5 podemos ver como el índice de sostenibilidad se ve afectada por el nivel de riesgo al que está expuesta la infraestructura.

El índice de sostenibilidad global de la carretera evaluada, en agosto y setiembre del año 2024, fue calculado con los promedios de los resultados numéricos del mismo año.

Operación y Mantenimiento de la infraestructura (OM): 3.358

Sostenibilidad Financiera (SF): 2.484

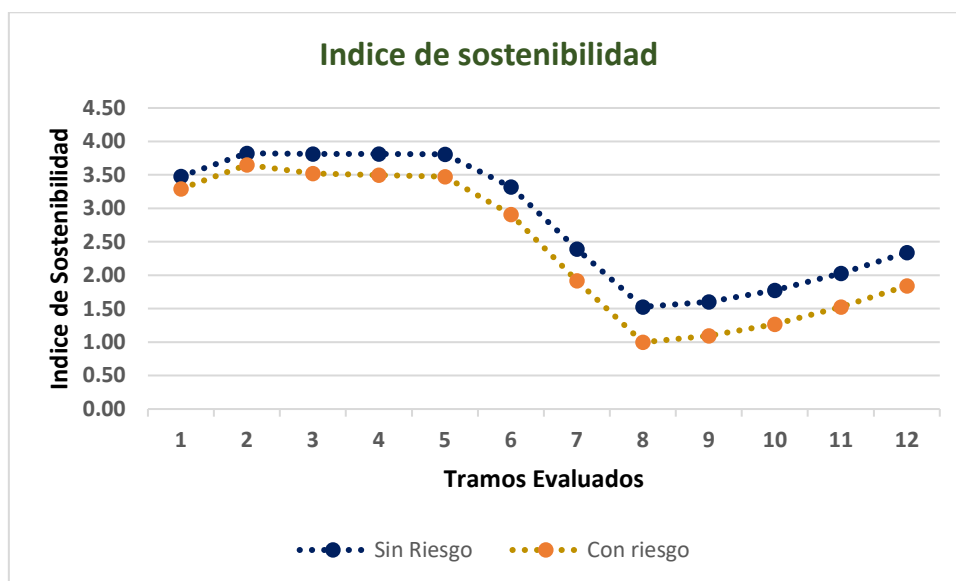
Capacidad técnica y Gerencial del operador (CG): 1.928

Nivel de riesgo (R): 0.142

Al aplicar la ecuación 27 de la investigación, se determinó un índice de sostenibilidad global con la incorporación del nivel de riesgo para el año 2024 de $ScR = 2.415$. Este resultado indica que la infraestructura está en inicios de grabe proceso de deterioro.

Los resultados de los índices de sostenibilidad sin riesgo y con riesgo obtenidos en la en la investigación se representan en la siguiente figura.

Figura 14. Tendencia del índice de sostenibilidad



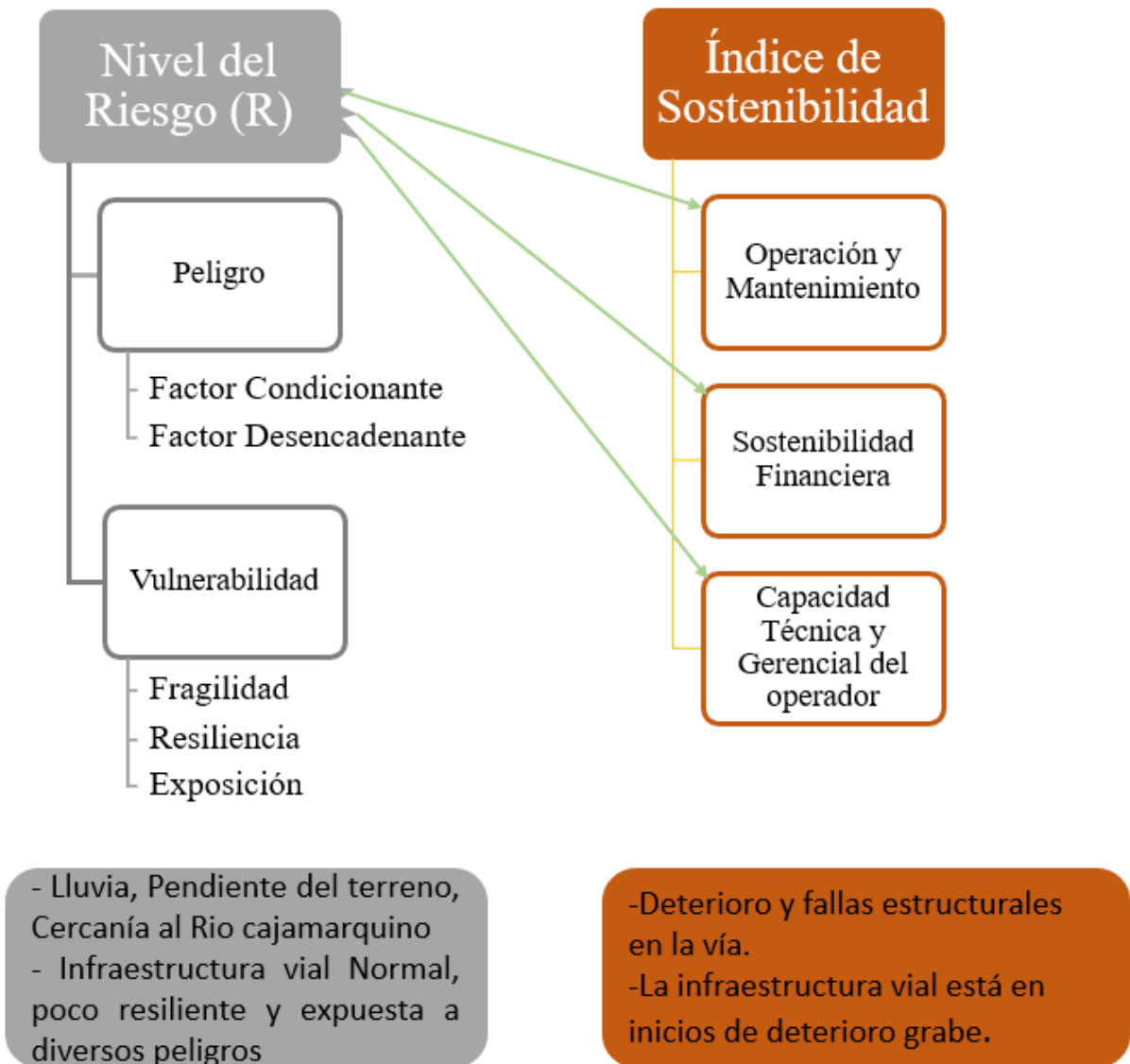
Las líneas de tendencia muestran claramente la relación inversa entre el nivel de riesgo y el índice de sostenibilidad. El resultado de setiembre del 2024 sugiere al incluir el riesgo, el índice de sostenibilidad disminuye en todos sus parámetros.

4.3 Contrastación de la hipótesis

La tesis verificó una hipótesis descriptiva y causal, demostrando que el nivel de riesgo (Variable independiente) influye directamente en el índice de sostenibilidad (variable dependiente). Los riesgos, como inundación, movimientos de masas y erosión, deterioran la infraestructura vial, afectando su funcionalidad y sostenibilidad.

El análisis de la carretera Baños del Inca – Llacanora evidenció que, en 2024, el aumento del nivel de riesgo redujo significativamente su sostenibilidad, indicando que la infraestructura se encontraba en inicios de un grave deterioro.

Figura 15. Correlación inversa y causalidad entre variables



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se determinó que el índice de sostenibilidad de la carretera Baños del Inca – Llacanora, 2024, al incorporar los niveles de riesgo, es de 2.415 lo que indica una (infraestructura en inicios de deterioro crítico). En contraste, el índice de sostenibilidad sin considerar los niveles de riesgo fue de 2.810, evidenciando una variación significativa con la integración de este factor. Estos resultados confirman la hipótesis de que la sostenibilidad de la carretera disminuye al incorporar los niveles de riesgo. además, se evidencio una correlación inversa entre ambos factores: a mayor nivel de riesgo, menor sostenibilidad.

Se identificó que los principales riesgos naturales a los que está expuesta la carretera Baños del Inca – Llacanora, 2024, son las inundaciones, los movimientos de masas y la erosión, Según la plataforma SIGRID y verificaciones en campo.

Se determinó que el nivel de riesgo de la carretera Baños del Inca – Llacanora, 2024, es alto, con un promedio general de 0.142, en los 12 tramos evaluados. El estudio reveló que el 58.33% de los tramos presentan un riesgo alto, el 25 % un riesgo moderado y el 16.67% un riesgo bajo. Los riesgos en la carretera provienen de factores desencadenantes como la lluvia, la pendiente del terreno. Estos resultados resaltan la necesidad de abordar los riesgos para garantizar la seguridad y estabilidad de la vía.

Para reducir el riesgo en la carretera Baños del Inca – Llacanora, propongo las siguientes medidas de mitigación: estabilizar los bordes del río con gaviones y muros de contención para prevenir inundaciones; reforzar los taludes inestables con geosintéticos, geomallas y reforestación para mitigar movimientos de masa; e instalar muros de mampostería con drenaje para controlar la erosión.

RECOMENDACIONES

Incorporar los niveles de riesgo en análisis de sostenibilidad de diferentes infraestructuras, como puentes, canales, presas y edificaciones. Esto permitirá una mejor planificación y seguridad en las obras, priorizando intervenciones en zonas vulnerables, optimizando recursos y reduciendo riesgos a largo plazo.

Realizar el estudio de vulnerabilidad de las viviendas en la carretera Baños del Inca – Llacanora, específicamente en el sector Pumaushco, donde existe un alto riesgo de movimientos de masas por la caída y avalancha de piedras. Esto permitirá evaluar los peligros a los que están expuestas las viviendas en la parte baja y proponer medidas de mitigación efectivas.

Utilizar el software Riskcape, desarrollado por la compañía Tonkin + Taylor, en sus estudios relacionados con riesgos naturales. Este programa permite evaluar y modelar riesgos naturales como terremotos, inundaciones, deslizamientos de tierra, entre otros. Permitiendo comprender y gestionar los riesgos de manera efectiva y desarrollando estrategias de mitigación.

Se recomienda que los proyectos de inversión pública incluyan desde su planificación la evaluación de riesgos y las medidas de mitigación en el presupuesto y que se asegure su implementación efectiva durante la ejecución del proyecto. Esto contribuirá a la creación de infraestructuras más sostenibles, seguras y resilientes, reduciendo costos de operación y mantenimiento y mejorando su durabilidad a largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABC Mecanica de Suelos. (2024). Estabilidad del Talud. *Página web de ABC Mecanica de Suelos*. Santiago, Chile. Obtenido de <https://www.mecanicasuelosabcchile.com/estabilidad-talud/>
- Baltodano, W. E. (Octubre de 2017). Modelo de Gestión de Conservación Vial Basado en Criterios de Sostenibilidad para Reducir los Costos de Mantenimiento Vial en la Carretera Desvío Salaverry - Santa. *Tesis para Obtener el Grado de Maestro en Transportes y Conservación Vial*. Trujillo, Perú: Repositorio de la Universidad Privada Antenor Orrego. Obtenido de <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/3731>
- Banco Mundial. (2015). Improving Environmental Sustainability in Road Projects. Washington D.C., Estados Unidos: The World Bank. Obtenido de <https://documents1.worldbank.org/curated/ar/111971468197383507/pdf/93903-SPANISH-NWP-P148424-PUBLIC-Box393259B-Spanish-version-Env-Sus-Roads-Web-11202015.pdf>
- Banco Mundial. (2016). Riesgo de inundaciones en redes viales. Washington DC, EE.UU.: Sitio web: www.worldbank.org.
- Barreto, L. V. (2023). Método de Gestión para la Evaluación del Desempeño Sostenible en Carreteras Nacionales. *Tesis para Optar el Grado Académico de Maestra en Ingeniería Vial con Mención en Carreteras, Puentes y Túneles*. Lima, Perú: Repositorio de la Universidad Ricardo Palma. Obtenido de <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/6774>
- CARE Perú. (2002). Lecciones aprendidas del Proyecto Piloto de Agua y Saneamiento Rural PROPILAS en Cajamarca - Perú. Lima, Perú: COSUDE. Obtenido de https://www.susana.org/_resources/documents/default/2-477-wsp-ministerio-vivienda-2002-lecciones-aprendidas-proyecto-piloto-es.pdf
- CENEPRED. (2014). Manual Para la Evaluación de Riesgos originafos por Fenómenos Naturales. *Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2da Versión*. Lima, Perú: Biblioteca Nacional del Perú. Obtenido de https://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/CENEPRED/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf

- CENEPRED. (2018). Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales. *Manual de Evaluación de Riesgos*. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, Lima, Perú. Obtenido de https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf
- CENEPRED. (2021). Escenarios de riesgos por lluvias intensas. *SIGRID - Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres*. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, Lima, Perú. Obtenido de <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/11283>
- CONCYTEC. (2016). *Cuantificación de la erosión hídrica en el Perú y los costos ambientales asociados*. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica, Perú. Obtenido de <https://repositorio.concytec.gob.pe/entities/publication/708c2267-9e6b-4429-b2b4-1163d8e82131>
- El País. (15 de diciembre de 2024). Cómo construir un mundo resistente al cambio climático. (E. País, Ed.) *El País*. Obtenido de <https://elpais.com/economia/negocios/2024-12-15/como-construir-un-mundo-resistente-al-cambio-climatico.html>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (Octubre de 2004). A Study of the Agricultural and Rural Development of the Inca Empire. Roma, Italia: FAO. Obtenido de <https://www.fao.org/4/ap657e/ap657e.pdf>
- Flores, E. Y. (2018). Análisis de Riesgos de Desastres y Políticas de Mantenimiento en la Carretera de Huaraz a Tingo María – 2018. *tesis Para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil*. Huacho, Perú: Repositorio de la Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión. Obtenido de <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/2527>
- George, D., & Mallery, P. (2003). SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference. *11.0 update, 4ta edición*. Boston: Allyn and Bacon.
- González, F. E. (Septiembre de 2014). Evaluación del Riesgo en la Remodelación de la Carretera Autónoma CA-170. *Trabajo de Fin de Máster para Acceder al Máster Oficial en Técnicas de Análisis, Evaluación y Gestión Sostenible de Procesos y Riesgos Naturales*. Cantabria, España: Universidad de Cantabria.

- Herrera, G., Pérez, Y., & Venecia, E. (2017). Six Sigma approach and hierarchical analytical process in the dairy sector company. *Revista Venezolana de Gerencia*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/290/29055967005/movil/#fn4>
- INDECI. (2006). Manual basico para la estimación del riesgo. 73. (B. d. Civil, Ed.) Lima, Perú. Obtenido de <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/Amb-106.pdf>
- INGEMMET. (2024). *GEOCATMIN*. Ministerio de Energía y Minas, Perú.
- Loyola, J. F. (2019). Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada del cauce del Río Grande, tramo desde el Puente Candopata hasta el Puente Cumbicus de la ciudad de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión – La Libertad. *Tesis para Optar el Grado Académico de: Maestro en Ingeniería Civil con Mención en Dirección de Empresa de la Construcción*. Perú: Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31347>
- Luza, F. (2021). Análisis Geomecánico para Determinar los Factores Críticos que Generan la Inestabilidad de los Taludes, Tramo de la Carretera con Progresivas km 3+000 - km 7+000 Baños del Inca - Llacanora - 2021. *Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geologo*. Cajamarca, Peru: Repositorio Universiad Privada Del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/30031/Luza%20Sucapuca%20Nilo%20Fernando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínes, J. (1998). Análisis de Riesgos en el Ámbito de la Carretera. España: PRINCIPIA.
- Mendoza, H. J. (2023). Evaluación de vulnerabilidad sísmica, aplicando la Metodología INDECI, en viviendas del Asentamiento Humano Nuevo Tamarindo, Tamarindo, Paita, Piura. *Tesis para obtener el título profesional de: Ingeniero Civil*. Piura, Perú: Repositorio de la Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/144366>
- Ministerio de Defensa. (Diciembre de 2014). Glosario de Términos. *Centro Nacional de Estimación,Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - CENEPRED*. Perú. Obtenido de <https://dimse.cenepred.gob.pe/simse/cenepred/docs/glosario-terminos-grd-cenepred.pdf>

Ministerio de Economía y Finanzas. (2007). Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los Proyectos de Inversión Pública. *Serie: Sistema Nacional de Inversión Pública y la Gestión del Riesgo de Desastres, 1era*, 99. Lima, Perú: Biblioteca Nacional del Perú. Obtenido de <https://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/MEF/Pautas%20Metodologicas%20para%20la%20Incorporacion%20del%20Analisis%20del%20Riesgo%20de%20Desastres%20en%20los%20PIP.pdf>

Ministerio de Economía y Finanzas. (Marzo de 2012). Pautas de Orientación Sectorial para la Evaluación Ex Post de Proyectos de Inversión Pública Sector Transportes. 133. Perú: BIBLIOTECA NACIONAL DEL PERU.

Ministerio de Economía y Finanzas. (2015). "Guía General para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública, a nivel de perfil". Lima, Perú: Ministerio de Economía y Finanzas. Obtenido de https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/novedades/2015/guia_general.pdf?utm_source

Ministerio de Economía y Finanzas. (agosto de 2023). Ley del Presupuesto Fiscal del Sector Público para el Año Fiscal 2024. Diario Oficial El Peruano. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5073641/EM_PL_Presupuesto_SP_2024.pdf?v=1693584936

Ministerio de Educación. (2024). Movimientos en Masa : cartilla informativa. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12799/10238>

Ministerio de Energía y Minas. (2023). Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades Mineras. *Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero*. Lima, Perú. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/3295154-reglamento-de-proteccion-y-gestion-ambiental-para-las-actividades-de-explotacion-beneficio-labor-general-transporte-y-almacenamiento-minero-edicion-2022>

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. *MTC Normas*. Lima, Perú: Biblioteca Nacional del Perú. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2017). Manual de Seguridad Vial. *Manual de Seguridad Vial 2017*. Lima, Perú: Biblioteca nacional del Perú. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual_de_Seguridad_Vial_2017.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial. Lima, Perú: Biblioteca Nacional del Peru. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_9%20MCV-2014_2016.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2021). Guía de Diseño de Obras de Carreteras. *Manual de Obras de Carreteras*. Lima, Perú. Obtenido de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20\(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%20](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%20)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (Enero de 2018). Manual de Carreteras: Diseño Geométrico. Lima, Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2011). Memoria descriptiva del mapa de vulnerabilidad física del Perú. *Primera Edición*. Perú.
- Ordoñez, M. M., & Meneses, L. C. (2015). Criterios e Indicadores de Sostenibilidad en el Subsector Vial. Universidad Militar Nueva Granada.
- Palma, J. A. (Noviembre de 2012). Análisis de Riesgo y Vulnerabilidad en Proyectos de Carreteras. *Trabajo de Graduación Presentado a la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería al Conferírsele el Título de Ingeniero Civil*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: Repositorio de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

- PIARC, World Road Association. (2020). La contribución del transporte por carretera a la sostenibilidad y el desarrollo económico. París, Francia: PIARC - World Road Association. Obtenido de https://www.piarc.org/es/pedido-de-publicacion/33885-es-La%20contribuci%C3%B3n%20del%20transporte%20por%20carretera%20a%20la%20sostenibilidad%20y%20eldesarrollo%20econ%C3%B3mico?utm_source
- Project Management Institute. (2017). La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK) / Project Management Institute. *Sexta*. Newtown Square, Pennsylvania, EE.UU. Obtenido de <https://trainupinstitute.com/wp-content/uploads/2022/03/Project-Management-Institute-A-Guide-to-the-Project-Management-Body-of-Knowledge-PMBOK%C2%AE-Guide%E2%80%93Sixth-Edition-Project-Management-Institute-2017.pdf>
- Provías Departamental. (22 de marzo de 2006). Manual Técnico de Mantenimiento Periódico para la Red Vial Departamental No Pavimentada. *Dirección General de Caminos y Ferrocarriles*. Lima, Perú. Obtenido de https://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/manualmatenimiento_periodico_para_la_red_vial_departamental_no_pavimentada.pdf
- Repetto, J. (2020). Mantenimiento. Win. *Mantenimiento de carreteras*. Lima, Perú. Obtenido de <https://mantenimiento.win/mantenimiento-de-carreteras/>
- Reyes, W. R. (Abril de 2015). Diagnóstico de la Infraestructura, Gestión, Operación y Mantenimiento de los Servicios de Agua de Consumo Humano del Centro Poblado de Apalin Alto Baños del Inca. *Tesis para Optar el Título Profesional de: Ingeniero Civil*. Cajamarca, Perú: Repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/673>
- Rosas, M. A. (3 de Marzo de 2016). Cuantificación de la Erosión Hídrica en el Perú y los Costos Ambientales Asociados. *Tesis para obtener el grado de magister en Ingeniería Civil, presentada por: Rosas Barturén, Miluska Anthuannet*. Lima, Perú: Repositorio de Tesis PUCP. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6822>
- Ruiz, M. (2022). Método hipotético deductivo. filadd. Obtenido de <https://filadd.com/doc/metodo-hipotetico-deductivo-docx-introduccion-al>

- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. 287. Nueva York, EE. UU.: McGraw-Hill International Book Company.
- SENAMHI. (Enero de 2017). Repositorio Institucional SENAMHI. *Lluvias e Inundaciones en aprende con el SENAMHI*. Perú. Obtenido de <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/463>
- SENAMHI. (2024). *Mapa de Avisos Meteorológicos del SENAMHI*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Perú. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/mapas/mapa-24H/>
- SERFOR. (2024). Guía Metodológica para la Zonificación Forestal. *Guía Metodológica para la Zonificación Forestal*. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, Lima, Perú. Obtenido de <file:///D:/Portugues/SERFOR%202024%20Guia%20ZF.pdf>
- SIGRID. (2024). *Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres*. Obtenido de SIGRID: <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigriv3/>
- Silva, K. d. (2021). Índice de Sostenibilidad con Incorporación del Nivel de Riesgo de la Carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, Tramo Cochabamba – Chota – 2018. *Tesis: Para Optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias Mención: Ingeniería Civil*. Cajamarca, Perú: Repositorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4576>
- Tarrillo, R. A. (Marzo de 2018). Grado de estabilidad de los taludes críticos de la carretera Baños del Inca - Llacanora. *Tesis para optar el título de Ingeniero Civil*. Cajamarca, Perú: Repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1995>
- TheCircularLab. (23 de febrero de 2022). *Carreteras sostenibles, poética circular en la carretera*. Obtenido de <https://www.thecircularlab.com/carreteras-sostenibles/>
- UNESCO. (2022). Mapas de peligrosidad y de riesgo de inundación. *Caracterización de la peligrosidad y riesgo por inundación fluvial en los PGRI de 2º ciclo en las cuencas intercomunitarias (2022-2027)*. París, Francia. Obtenido de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000216338>

ANEXOS

ANEXO I

CARACTERIZACIÓN DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA – LLACANORA, 2024

La carretera fue dividida en doce tramos por conveniencia para facilitar su evaluación.

Tabla 32. División en tramos de la carretera Baños del inca - Llacanora

N°	Progresiva		Longitud (m)	Superficie de rodadura	Ubicación
	Inicial	Final			
1	0+000	0+115	115	Asfalto	Cruce de Shaullo
2	0+115	0+608	493	Asfalto	Espaldas del Bim Z. N° 7
3	0+608	1+108	500	Asfalto	Valle verde
4	1+108	1+608	500	Asfalto	Huayrapongo
5	1+608	2+108	500	Asfalto	Huayrapongo
6	2+108	2+608	500	Asfalto	Huayrapongo
7	2+608	3+108	500	Asfalto	Huayrapongo
8	3+108	3+608	500	Asfalto	Huayrapongo
9	3+608	4+108	500	Asfalto	Callacpuma
10	4+108	4+608	500	Asfalto	Callacpuma
11	4+608	5+090	482	Asfalto	Callacpuma
12	5+108	5+130	40	Acuñado	Entrada a Llacanora

Características técnicas y financieras de la carretera en estudio.

- Clasificación de la carretera

Por la demanda: Tercer Clase-CV1 (Transito Local)

Por la orografía: desde 0.5% hasta 7% (terreno montañoso)

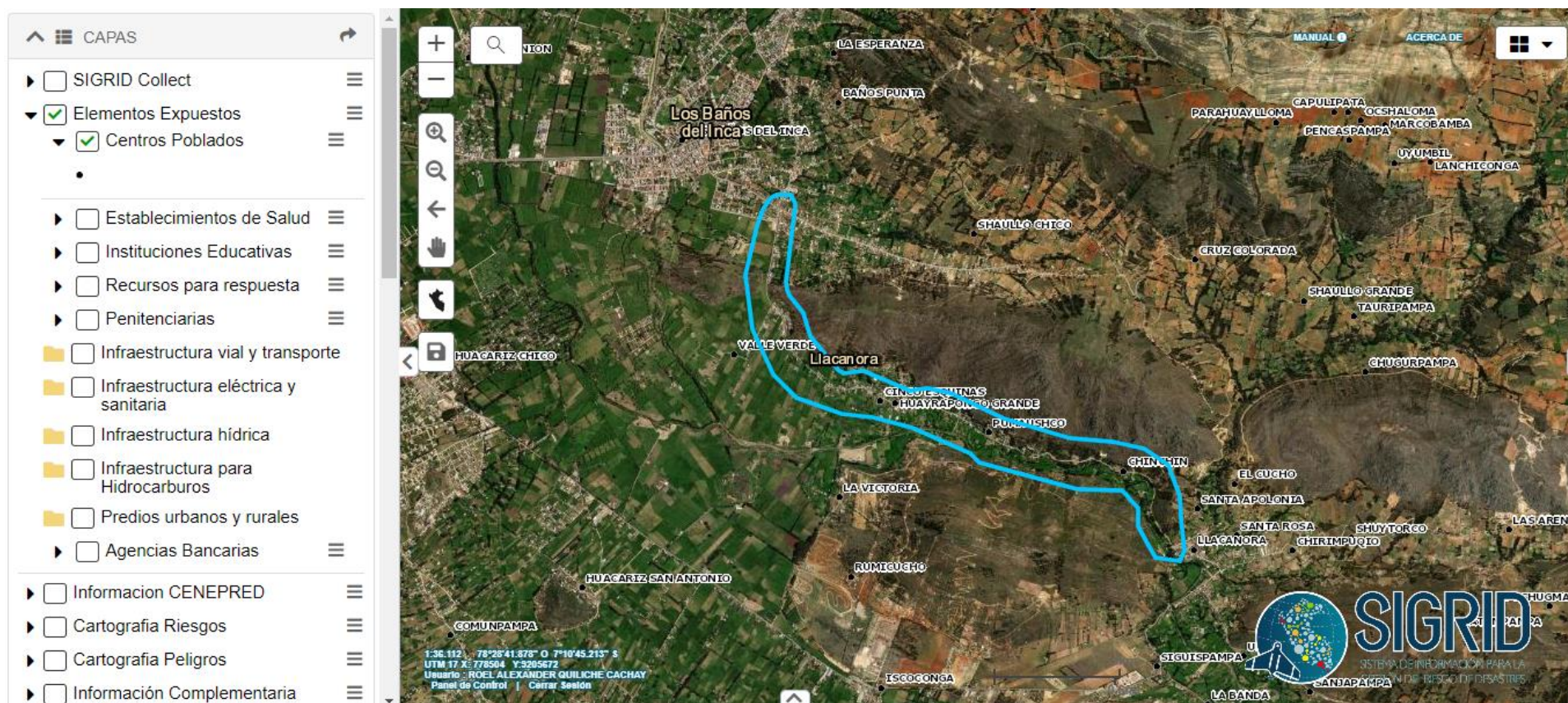
Por la jerarquía: Red vial vecinal

- Longitud: 5.13 km
- Estructura de pavimento: pavimento flexible (asfalto)
- Tiempo de diseño o año de construcción: pavimentada el año 2003
- Velocidad de la directriz: 35 km/h
- Pendiente máxima: 7%
- Ancho de berma: 0.50
- Ancho de calzada: en promedio 7.0 m aprox.

Descripción de los riesgos existentes en la infraestructura vial en estudio

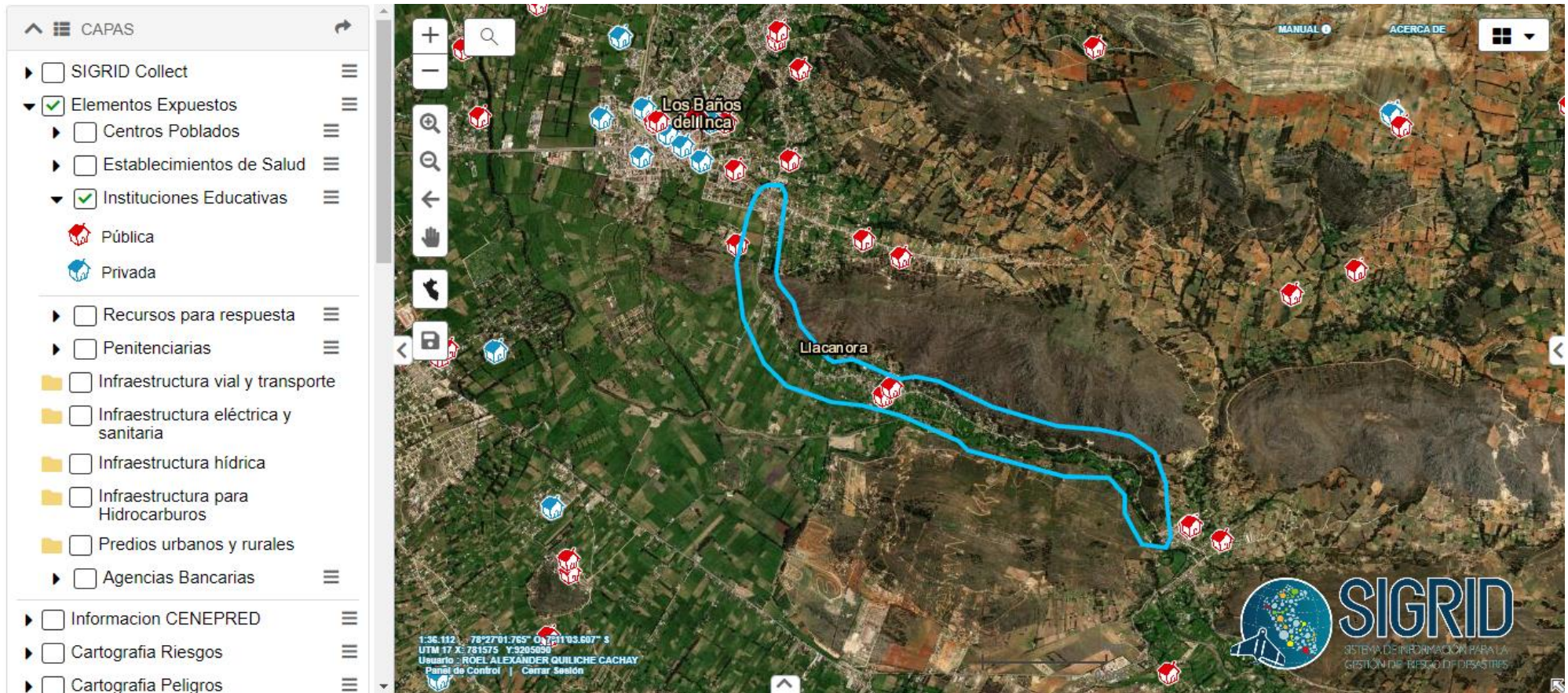
- Elementos Expuestos

Figura 16. Centros poblados



Nota: (SIGRID, 2024)

Figura 17. Instituciones educativas



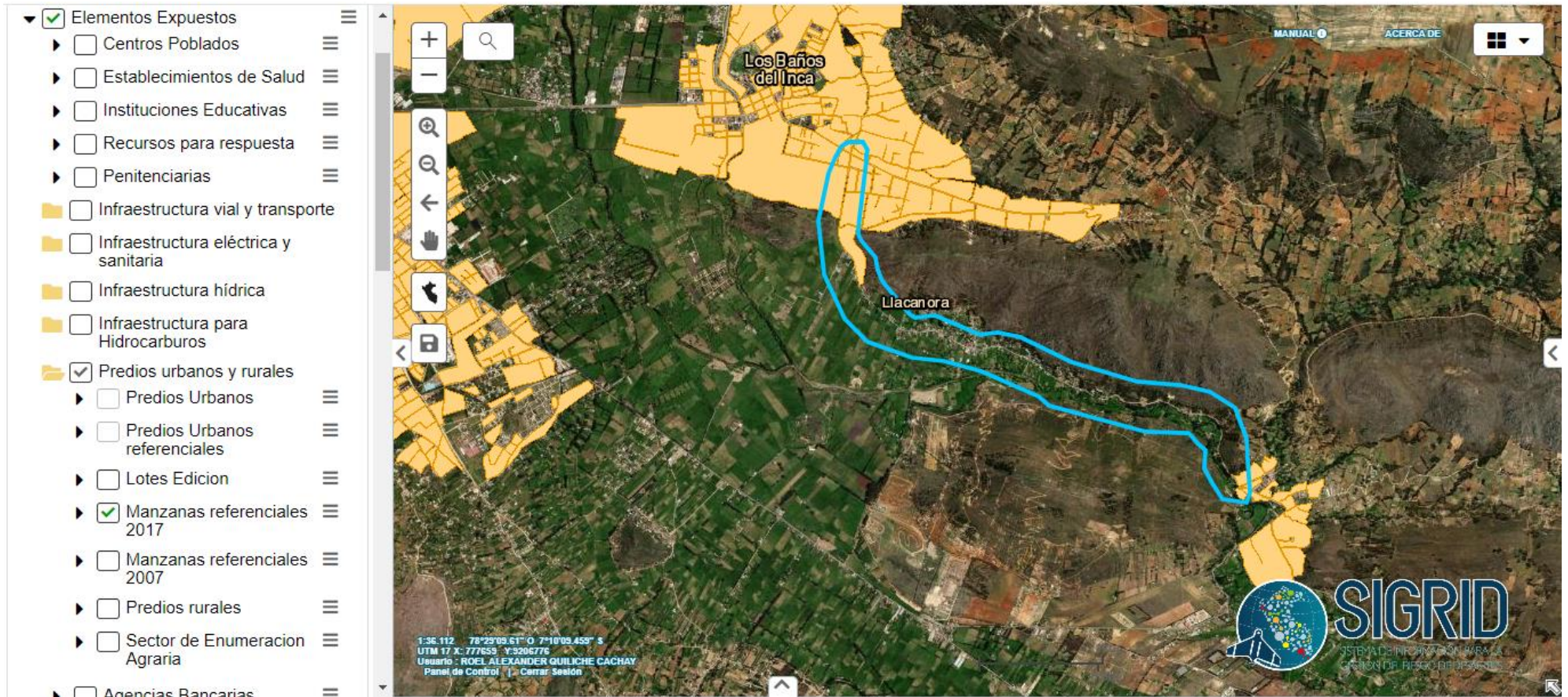
Nota: (SIGRID, 2024)

Figura 18. Redes viales



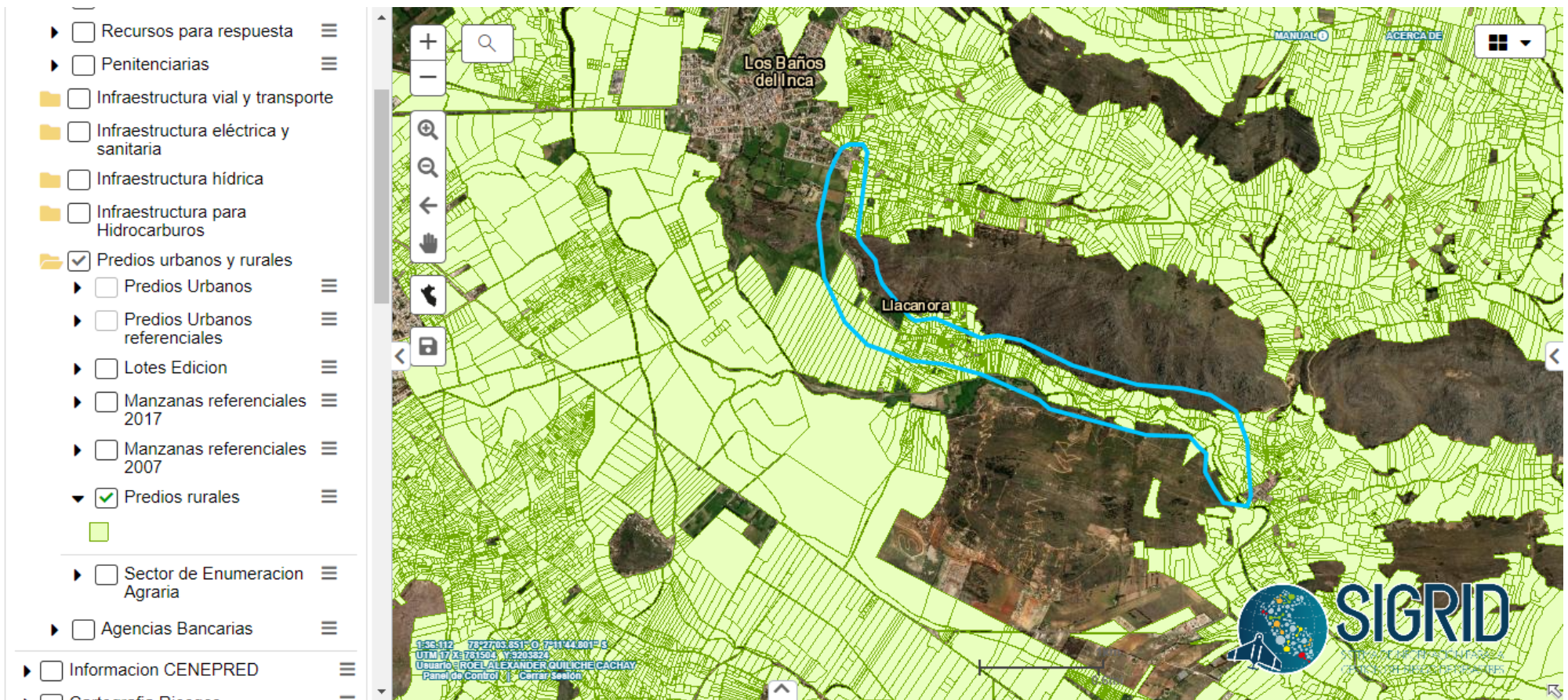
Nota: (SIGRID, 2024)

Figura 19. Predios urbanos



Nota: (SIGRID, 2024)

Figura 20. Predios rurales



Nota: (SIGRID, 2024)

- Identificación de peligros

Los peligros existentes en la carretera Baños del Inca – Llacanora, según el portal del SIGRID – CENEPRED (2024), son los siguientes:

Peligros generados por fenómenos Hidrometeorológicos

Inundación:

Las inundaciones son eventos naturales caracterizados por la acumulación en exceso de agua en determinadas áreas que no permiten el filtro de dichas aguas. Estas pueden ser causadas por lluvias intensas, desbordes de ríos o fallas en los sistemas de contención, que tienen efectos devastadores en la infraestructura, agricultura y vidas humanas (SENAMHI, 2017).

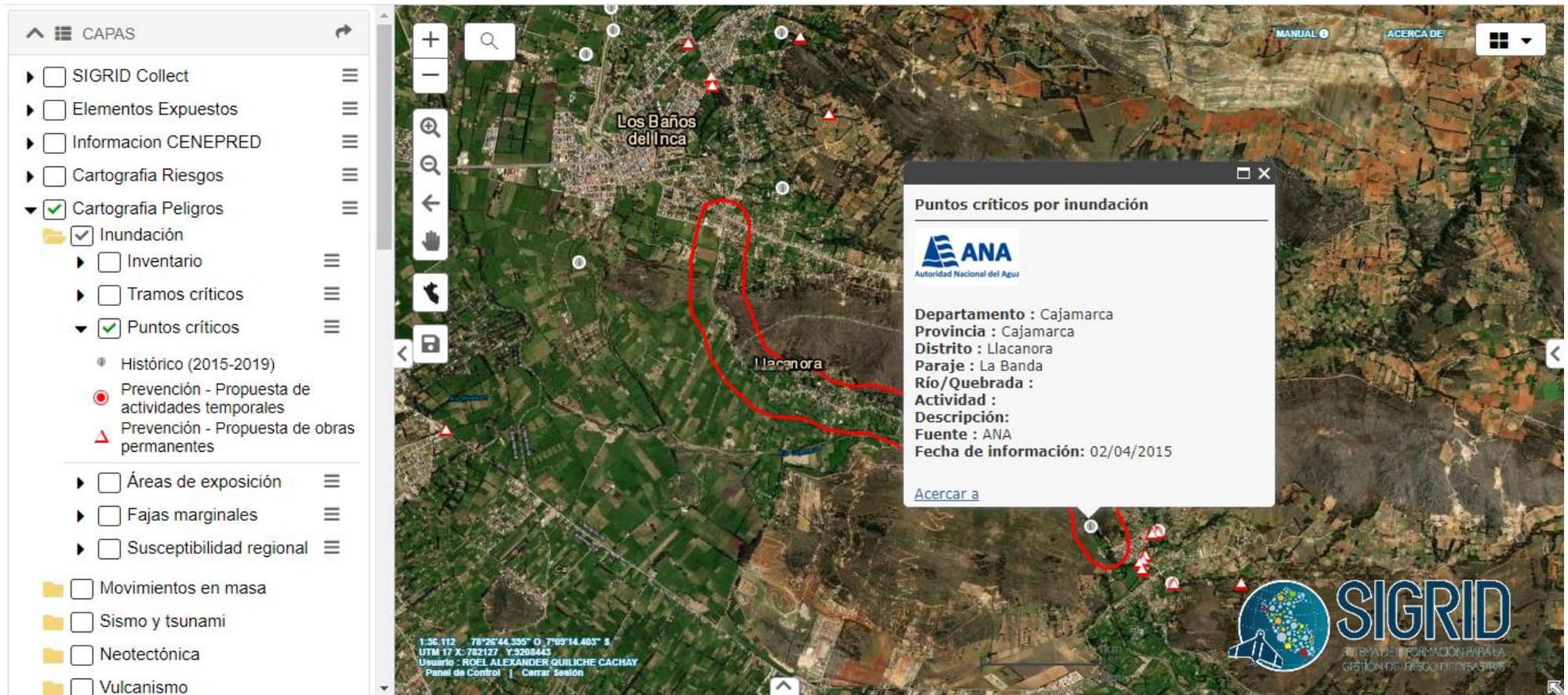
Movimientos de Masa

De acuerdo con el Plan nacional de Gestión del Riesgo de desastres 2022 – 2030, se entiende por movimientos en masa a los deslizamientos y huaycos. Estos ocurren cuando se pierde la estabilidad de un talud, provocando el arrastre de sedimentos y roca. Son muy comunes en áreas con alta susceptibilidad y están desencadenadas por precipitaciones intensas, sismos fuertes y los asociados al fenómeno del niño (Ministerio de Educación, 2024).

Erosión

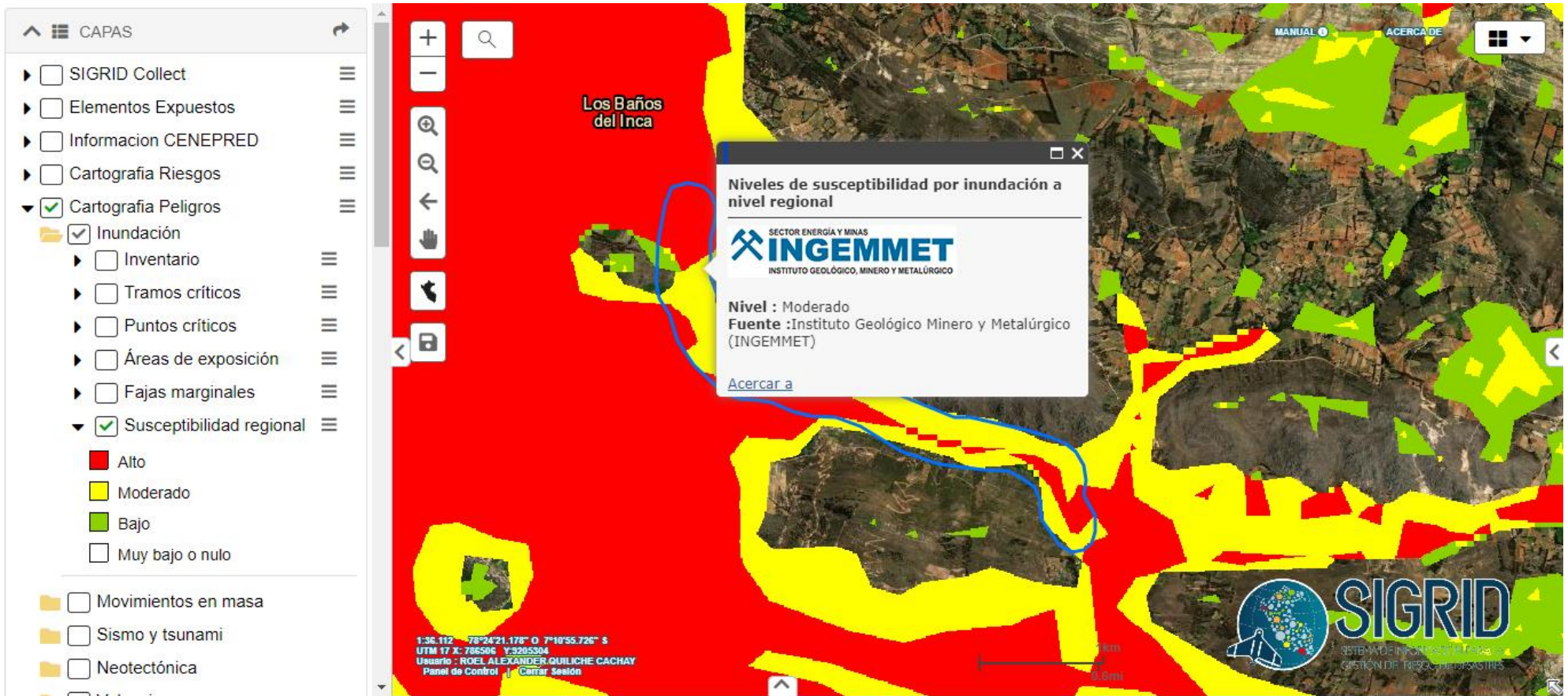
La erosión tiene un impacto significativo en la sostenibilidad de las carreteras, especialmente en zonas montañosas donde la pérdida del suelo debido a la lluvia intensa y otros aspectos puede desestabilizar las vías y aumentar los costos de mantenimiento (CONCYTEC, 2016).

Figura 21. Puntos críticos (inundación)



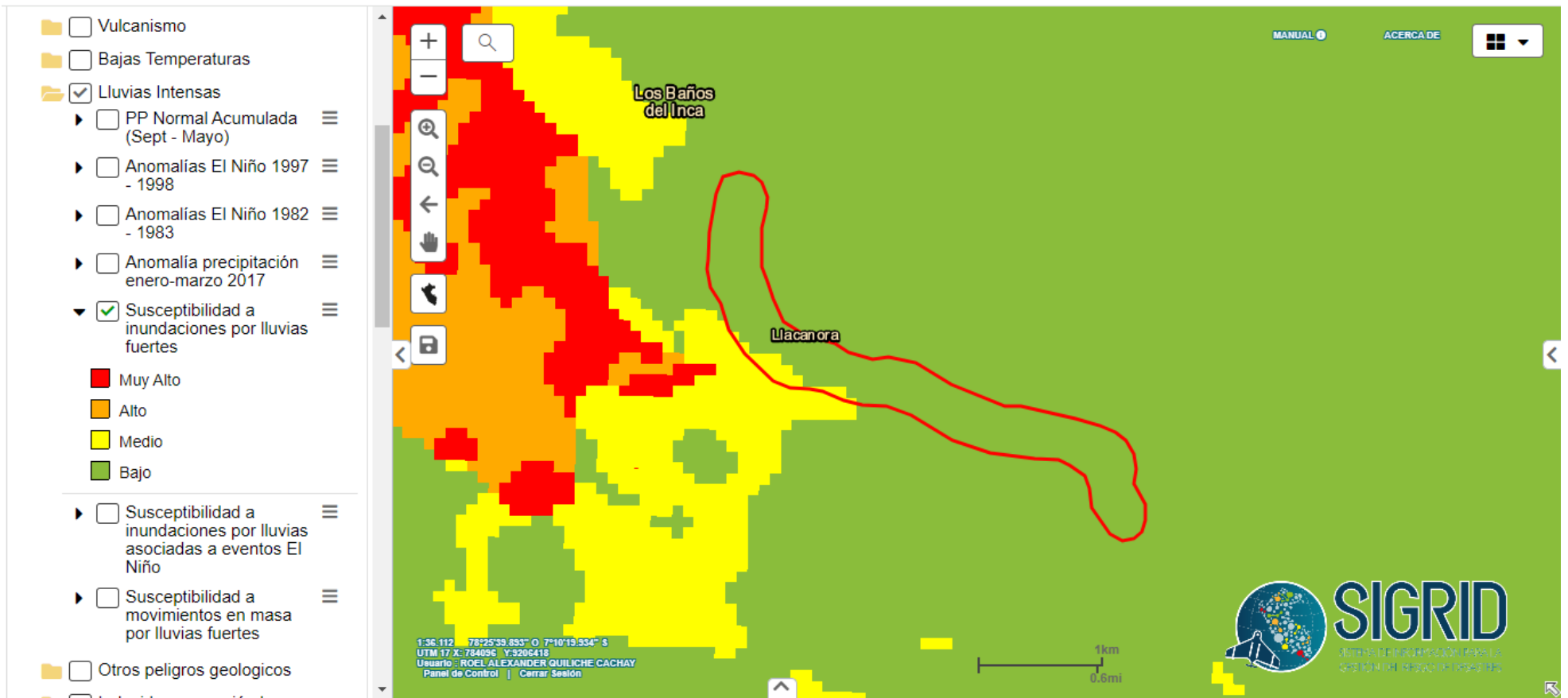
Nota: (SIGRID, 2024)

Figura 22. Susceptibilidad regional a inundación



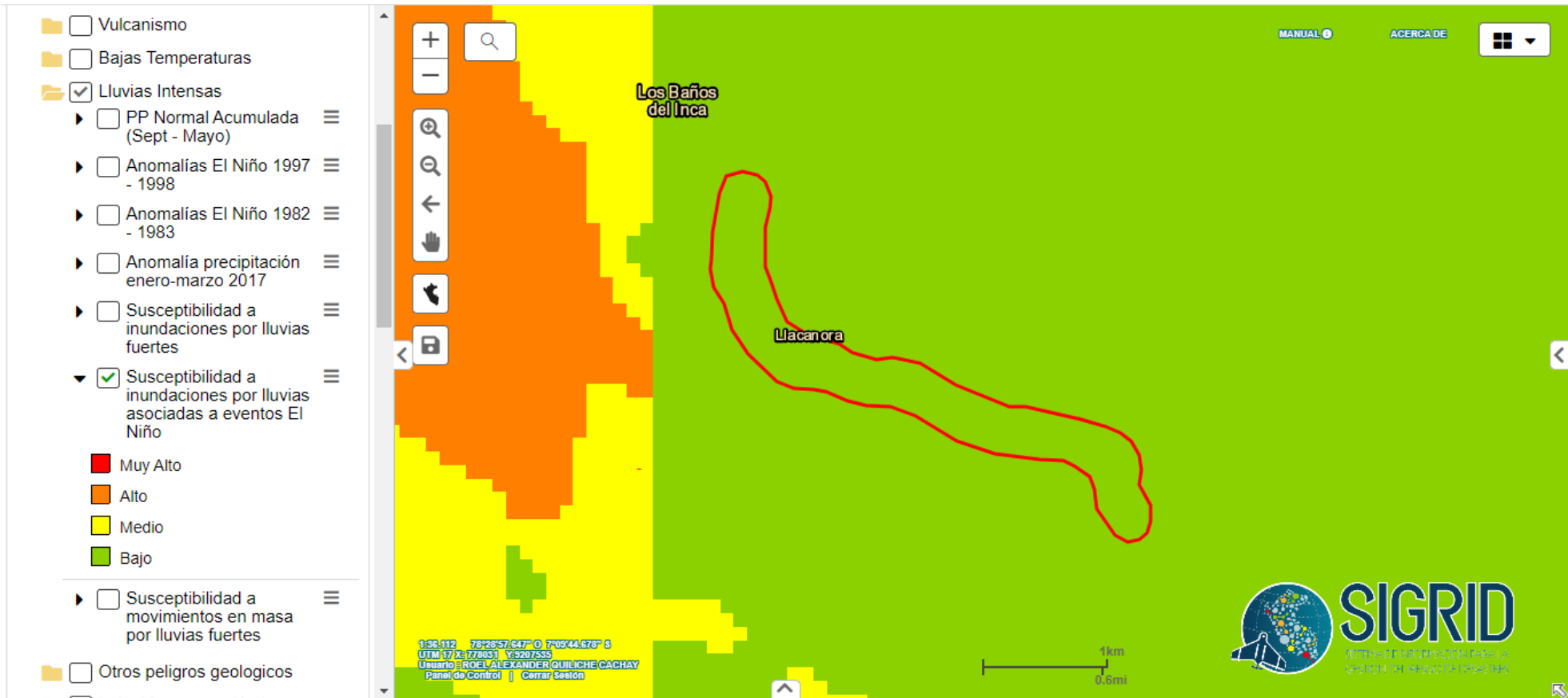
Nota: (SIGRID, 2024)

Figura 23. Susceptibilidad a inundaciones por lluvias fuertes



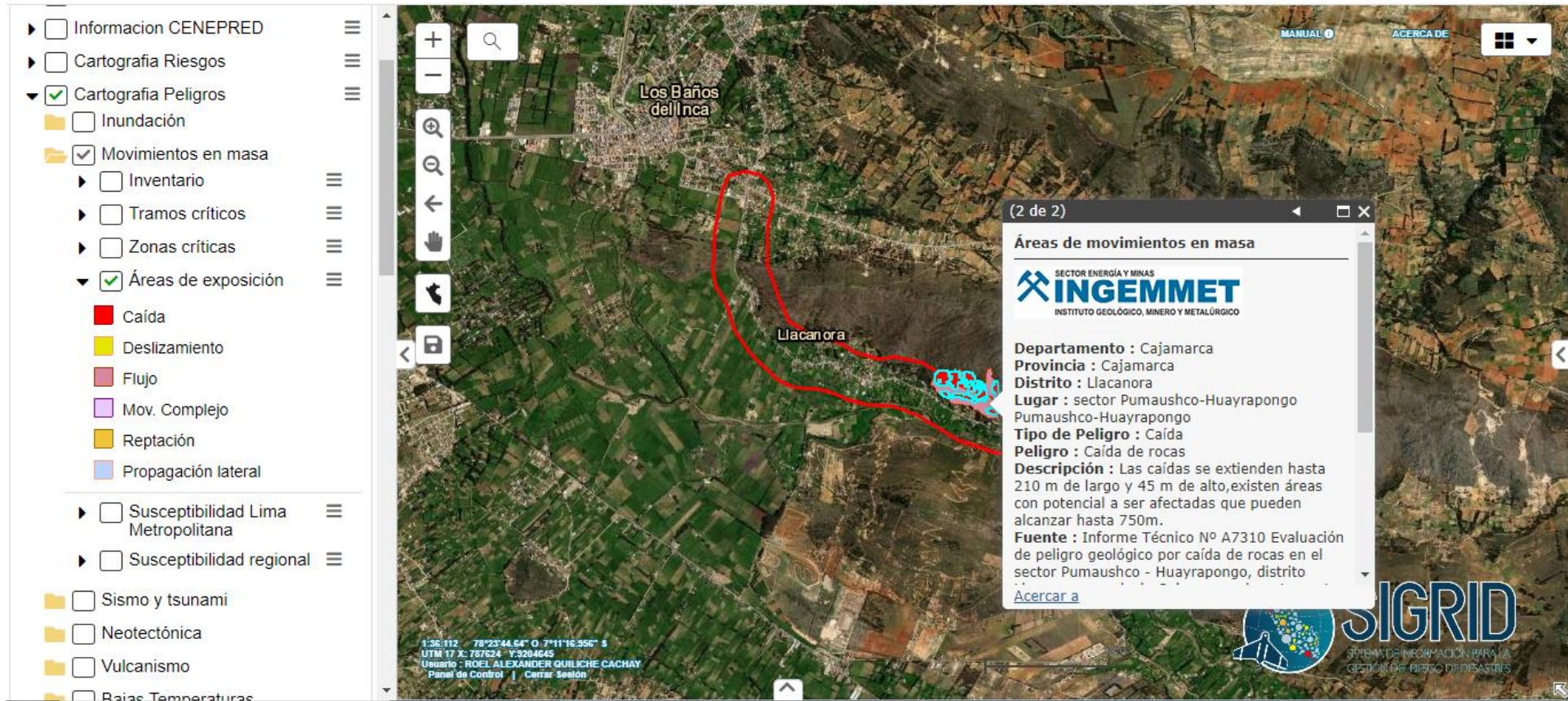
Nota: (SIGRID, 2024)

Figura 24. Susceptibilidad a inundaciones por el fenómeno del niño



Nota: (SIGRID, 2024)

Figura 25. Áreas expuestas a movimientos de masa



The image shows the SIGRID web application interface. On the left is a sidebar menu with various layers and tools. The main area is a satellite map of Llacanora, Peru, with a red boundary highlighting a specific area. A popup window titled 'Áreas de movimientos en masa' provides detailed information about the hazard.

Áreas de movimientos en masa

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

Departamento : Cajamarca
 Provincia : Cajamarca
 Distrito : Llacanora
 Lugar : sector Pumaushco-Huayrapongo
 Tipo de Peligro : Flujo
 Peligro : Avalancha de rocas
 Descripción : avalancha de rocas antigua, evidenciadas por bloques de arenisca con diámetro de hasta 1 m, distribuidos de forma dispersa sobre la ladera alta y baja del cerro Pumaushco.
 Fuente : Informe Técnico N° A7310 Evaluación de peligro geológico por caída de rocas en el sector Pumaushco - Huayrapongo, distrito

[Acercar a](#)

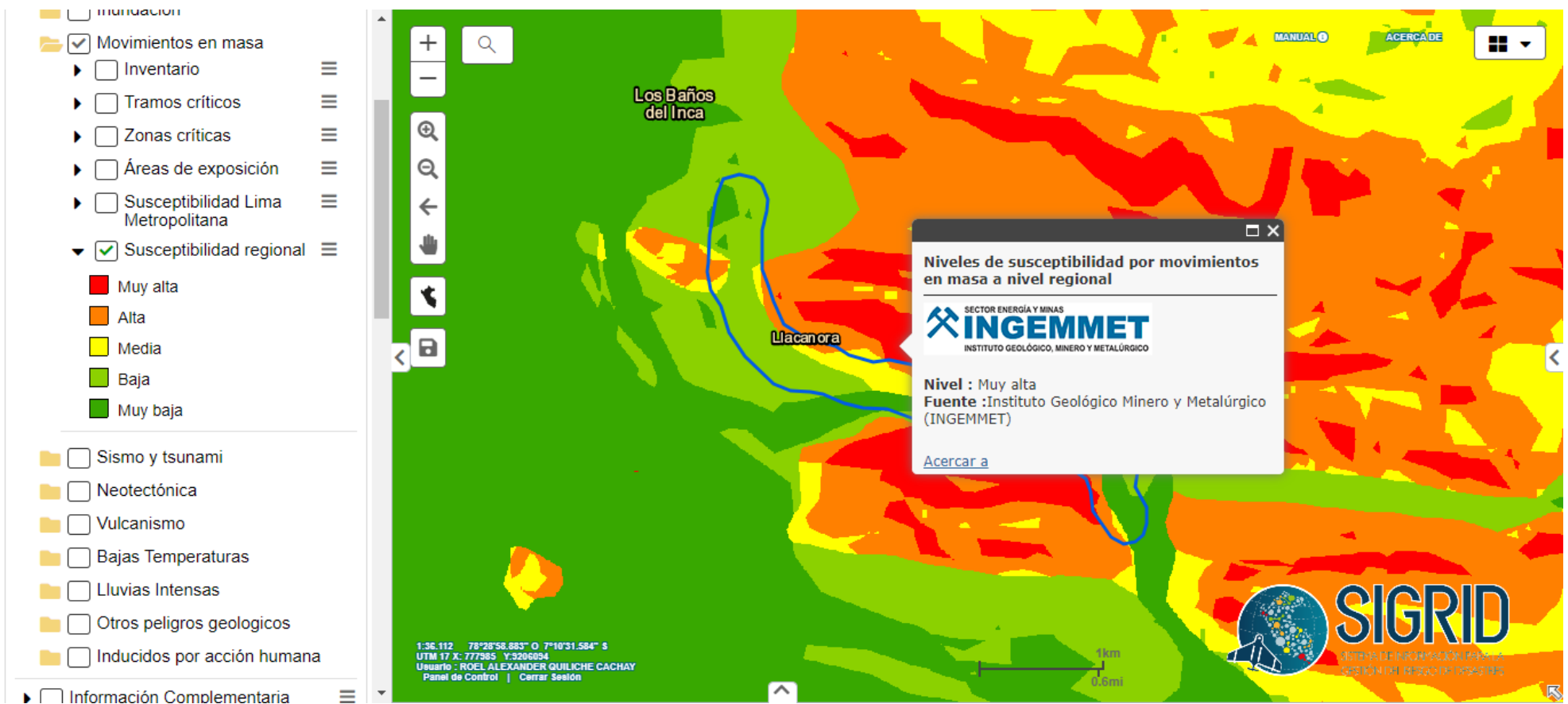
Los Baños dell Inca
 Llacanora

1:36:112 78°28'05.115" O 7°03'46.518" S
 UTM 17 X: 779645 Y: 9207470
 Usuario : ROEL ALEXANDER QUILICHE CACHAY
 Panel de Control | Cerrar Sesión

SIGRID
 SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA
 GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES

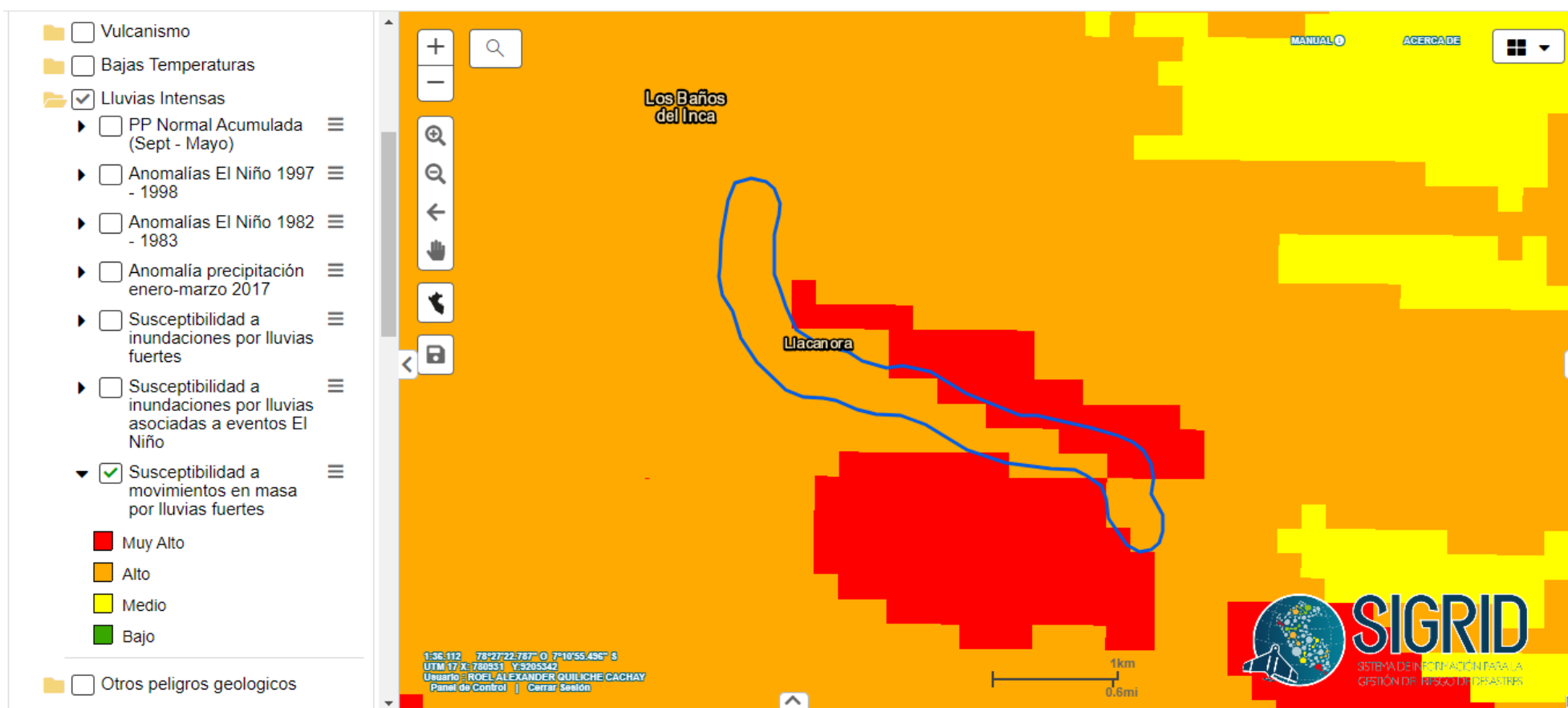
Nota: (SIGRID, 2024)

Figura 26. Áreas expuestas a movimientos de masa a nivel regional



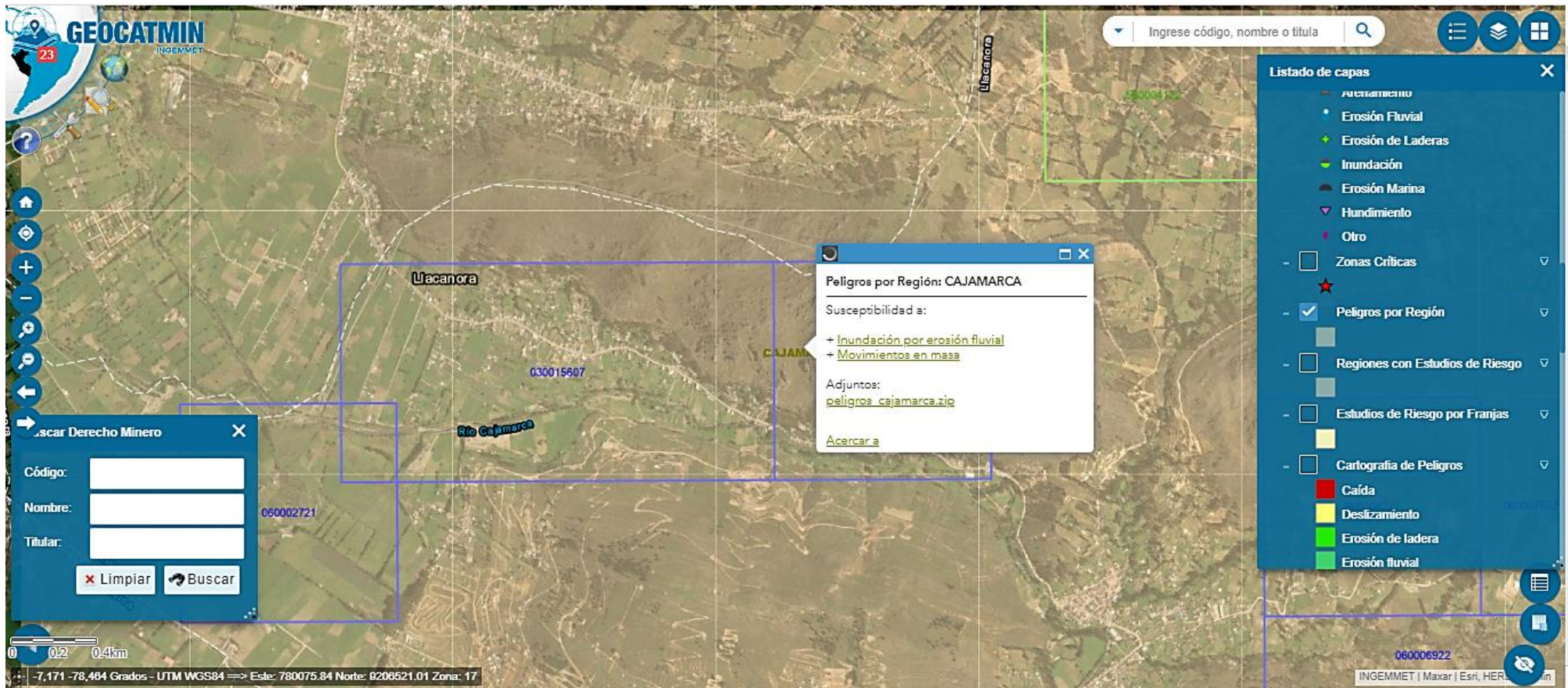
Nota: (SIGRID, 2024)

Figura 27. Susceptibilidad a movimientos de masa por lluvias fuertes



Nota: (SIGRID, 2024)

Figura 28. Susceptibilidad a erosión por lluvias fuertes



Nota: (INGEMMET, 2024)

ANEXOS II
CUESTIONARIO ESTRUCTURADO Y JUICIO DE EXPERTOS

SOSTENIBILIDAD EN INFRAESTRUCTURA VIAL: CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN

➤ INFORMACION DEL ESPECIALISTA

- **NOMBRE:**.....
- **NÚMERO DE CIP:**.....

➤ INDICACIONES:

Según su experiencia profesional, asigne números en función de la relevancia que estime en relación con la siguiente tabla que se muestra a continuación.

Escala Numérica	Escala verbal	Explicación
9	Absolutamente o muchísimo más importante	Al comparar un parámetro con otro, el primero se considera Absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
8	Intermedio entre "Mucho más importante" y "Absolutamente más importante"	
7	Mucho más importante	Al comparar un parámetro con otro, el primero se considera Mucho más importante que el segundo.
6	Intermedio entre "Más importante" y "Mucho más importante"	
5	Más importante	Al comparar un parámetro con otro, el primero se considera Más importante que el segundo.
4	Intermedio entre "Moderadamente más importante" y "Más importante"	
3	Moderadamente más importante	Al comparar un parámetro con otro, el primero se considera Moderadamente más importante que el segundo.
2	Intermedio entre "Igual importancia" y "Moderadamente más importante"	
1	Igual importancia	Al comparar un parámetro con otro, el primero tiene igual importancia que el segundo.

Nota: (Saaty, 1980)

➤ **SECCIONES DEL CUESTIONARIO**

1. ¿cuáles considera usted que son los elementos esenciales para mantener la sostenibilidad de una carretera?

a)	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
b)	Sostenibilidad Financiera	
c)	Capacidad técnica y gerencial del operador	

2. En cuanto al factor de operación y mantenimiento de la infraestructura, ¿Qué parámetros cree usted que es más crucial para garantizar la sostenibilidad de una carretera?

a)	Condiciones estructurales	
b)	Condiciones funcionales	
c)	Condiciones de seguridad	
d)	Conservación vial	
e)	Características físicas	
f)	Resiliencia de la Infraestructura	
g)	Calidad de los servicios producidos	

3. En relación con el parámetro de condiciones estructurales, ¿Qué sub-parámetro cree usted que es más crucial para lograr la sostenibilidad de una carretera?

a)	Plataforma	
b)	Drenaje superficial	
c)	Muros	
d)	Taludes	

4. En el contexto de asegurar la sostenibilidad de una carretera, tomando en cuenta las condiciones estructurales y el sub-parámetro de la plataforma, ¿Qué descriptor considera usted que es el más relevante?

a)	Calzada	
b)	Bermas	

5. ¿Cuáles de los descriptores considera más relevante para asegurar la sostenibilidad de una vía en términos de las condiciones estructurales y el aspecto del sub-parámetro del drenaje superficial?

a)	Alcantarillas	
b)	Cunetas	
c)	Badenes	
d)	Zanjas de drenaje y coronación	

6. ¿Cuáles de los descriptores considera más importante para asegurar la sostenibilidad de una vía en relación con las condiciones estructurales del sub-parámetro de muros?

a)	Muros de contención	
b)	Muros de Gaviones	

7. Respecto a las condiciones estructurales y el sub parámetro de taludes, ¿Cuál de los siguientes descriptores considera usted más relevante para garantizar la sostenibilidad de una carretera?

a)	Taludes de corte	
b)	Taludes de relleno	

8. ¿Qué sub parámetro considera más relevante para garantizar la sostenibilidad de una vía en relación con las condiciones funcionales?

a)	Plataforma	
b)	Drenaje superficial	
c)	Muros	
d)	Taludes	

9. ¿Cuál de los descriptores considera más relevante para asegurar la sostenibilidad de una vía, considerando las condiciones funcionales y el sub parámetro de la plataforma?

a)	Calzada	
b)	Bermas	

10. Respecto a las condiciones funcionales y el sub parámetro de drenaje superficial, ¿cuál de los siguientes descriptores considera usted más importante para asegurar la sostenibilidad de una carretera?

a)	Alcantarillas	
b)	Cunetas	
c)	Badenes	
d)	Zanjas de drenaje y coronación	

11. Respecto a las condiciones funcionales y el sub-parámetro de muros, ¿Qué descriptor cree usted que es la más crucial para lograr la sostenibilidad de una carretera?

a)	Muros de contención	
b)	Muros de Gaviones	

12. ¿Qué descriptor considera usted más importante para asegurar la sostenibilidad de una carretera en relación con las condiciones funcionales y el sub parámetro de taludes?

a)	Taludes de corte	
b)	Taludes de relleno	

13. En relación con la sostenibilidad de una carretera ¿Qué descriptor dentro del parámetro de condiciones de seguridad cree usted que tiene mayor importancia?

a)	Señalización horizontal	
b)	Señalización vertical	
c)	Visibilidad	
d)	Puntos negros	
e)	Accidentes	

14. Respecto al parámetro de la condición vial, ¿Cuál de los siguientes descriptores considera usted más importante para asegurar la sostenibilidad de una carretera?

a)	Mantenimiento rutinario	
b)	Mantenimiento periódico	
c)	Mantenimiento de emergencia	
d)	Mantenimiento preventivo	
e)	Mantenimiento mecanizado	

15. En cuanto al parámetro de características físicas, ¿Qué descriptor cree usted que es más relevante respecto a la sostenibilidad de una carretera?

a)	Tipo de material	
b)	Antigüedad de la infraestructura	

16. ¿Cuál de los descriptores considera usted más relevantes para asegurar la sostenibilidad de una carretera, en función del parámetro resiliencia de la infraestructura?

a)	Resistencia al desgaste del pavimento causado por el tráfico constante y las condiciones climáticas adversas.	
b)	Resistencia a la fatiga del material debido a las cargas repetidas de vehículos pesados sin desarrollar grietas.	

17. En cuanto a la sostenibilidad de una carretera, ¿Qué descriptor considera dentro del parámetro de calidad de los servicios producidos cree usted que es el más importante?

a)	Transitabilidad en la vía durante el periodo de operación y mantenimiento	
b)	Transitabilidad en la vía en condiciones normales de uso a lo largo de la vida útil de la carretera	

18. ¿Qué descriptor considera usted más importante para asegurar la sostenibilidad financiera de una carretera?

a)	Ingresos recaudados	
b)	Presupuesto asignado para la operación y mantenimiento	
c)	Probabilidades de que los costos de operación y mantenimiento sean cubiertos durante todo el ciclo de vida del proyecto	

19. Respecto a la capacidad técnica y gerencial del operador, ¿Qué descriptor cree usted que es más importante para asegurar la sostenibilidad de una carretera?

a)	Capacidad gerencial del operador	
b)	Disponibilidad de datos técnicos referentes a la infraestructura	
c)	Disponibilidad de los instrumentos y equipos necesarios para llevar a cabo la operación y mantenimiento.	
d)	Capacidad técnica y administrativa del operador	

20. En cuanto al parámetro del riesgo ambiental, ¿Cuál de los siguientes descriptores considera usted que tiene el mayor impacto en la sostenibilidad de una carretera?

a)	Riesgo de la infraestructura vial por erosión	
b)	Riesgo de la infraestructura vial por movimiento de masas	
c)	Riesgo de la infraestructura vial por inundación	

AGRADECIMIENTO

Gracias por su tiempo y colaboración. Sus conocimientos son fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

JUICIO DE EXPERTOS

CRITERIOS	CÓDIGO	Experto	Experto	Experto	Experto	Experto	Experto	Experto	Experto	Experto	Experto	PROMEDIO	
		A.M.R.P. 1.	C.LE.N. 2.	R.R.J.B. 3.	S.P.J. 4.	V.T.J. 5.	Q.D.W. 6.	B.V.J.O. 7.	P.D.E.R. 8.	Q.P.S.B. 9.	F.D.M.N. 10.		
1	Operación y mantenimiento de la infraestructura	OM	9	9	7	8	8	9	8	8	9	9	8.4
1.1	Condiciones estructurales	OM1	9	8	8	9	9	8	9	8	9	8	8.5
1.1.1	Plataforma	CE1	9	9	8	8	8	8	9	9	9	9	8.6
1.1.1.1	Calzada	CE1.1	8	7	8	9	7	8	9	9	7	7	7.9
1.1.1.2	Bermas	CE1.2	5	4	6	8	6	7	7	6	4	4	5.7
1.1.2	Drenaje superficial	CE2	8	8	7	7	8	8	8	8	8	8	7.8
1.1.2.1	Alcantarillas	CE2.1	8	7	9	8	8	9	7	8	9	9	8.2
1.1.2.2	Cunetas	CE2.2	7	6	8	7	8	7	6	8	8	7	7.2
1.1.2.3	Badenes	CE2.3	5	4	6	5	6	6	5	6	6	6	5.5
1.1.2.4	Zanjas de drenaje y coronación	CE2.4	6	5	7	6	7	7	6	7	7	7	6.5
1.1.3	Muros	CE3	7	6	6	5	7	6	6	7	6	6	6.2
1.1.3.1	Muros de contención	CE3.1	7	8	6	7	6	8	7	8	9	7	7.3
1.1.3.2	Muros de Gaviones	CE3.2	5	6	5	6	4	6	5	7	7	6	5.7
1.1.4	Taludes	CE4	7	7	6	6	7	7	7	7	7	7	6.8
1.1.4.1	Taludes de corte	CE4.1	7	8	7	6	7	7	5	7	8	9	7.1
1.1.4.2	Taludes de relleno	CE4.2	5	6	7	5	5	5	3	7	6	7	5.6
1.2	Condiciones funcionales	OM2	8	8	7	8	8	8	8	7	8	8	7.8
1.2.1	Plataforma	CF1	8	9	7	8	9	9	8	9	7	7	8.1
1.2.1.1	Calzada	CF1.1	7	8	9	9	7	7	8	9	9	7	8.0
1.2.1.2	Bermas	CF1.2	5	6	7	7	5	5	6	7	8	6	6.2
1.2.2	Drenaje superficial	CF2	7	8	6	7	8	8	8	8	7	6	7.3
1.2.2.1	Alcantarillas	CF2.1	7	9	8	7	8	8	9	7	8	8	7.9
1.2.2.2	Cunetas	CF2.2	6	8	7	7	7	7	7	6	7	8	7.0
1.2.2.3	Badenes	CF2.3	4	6	5	5	5	5	6	6	5	7	5.4

1.2.2.4	Zanjas de drenaje y coronación	CF2.4	3	5	3	3	5	4	5	5	5	5	4.3
1.2.3	Muros	CF3	4	5	4	5	6	5	5	6	5	5	5.0
1.2.3.1	Muros de contención	CF3.1	5	6	5	7	7	7	7	8	8	7	6.7
1.2.3.2	Muros de Gaviones	CF3.2	3	4	4	5	6	7	5	6	6	7	5.3
1.2.4	Taludes	CF4	5	6	5	6	7	6	6	7	5	6	5.9
1.2.4.1	Taludes de corte	CF4.1	6	5	7	5	7	7	8	8	9	7	6.9
1.2.4.2	Taludes de relleno	CF4.2	5	5	7	4	5	5	6	6	7	7	5.7
1.3	Condiciones de seguridad	OM3	6	7	6	7	7	7	6	6	7	6	6.5
1.3.1	Señalización horizontal	CS1	7	8	7	7	8	6	8	6	8	7	7.2
1.3.2	Señalización vertical	CS2	7	7	6	6	7	6	6	5	7	7	6.4
1.3.3	Visibilidad	CS3	8	9	8	7	9	7	9	7	8	7	7.9
1.3.4	Puntos negros	CS4	6	6	6	5	6	4	4	3	7	5	5.2
1.3.5	Accidentes	CS5	4	6	6	5	5	4	4	3	5	5	4.7
1.4	Conservación vial	OM4	7	7	6	7	7	7	7	6	7	7	6.8
1.4.1	Mantenimiento rutinario	CV1	8	6	7	7	7	8	6	6	7	8	7.0
1.4.2	Mantenimiento periódico	CV2	7	6	7	7	6	7	6	6	7	7	6.6
1.4.3	Mantenimiento de emergencia	CV3	5	5	7	6	6	7	6	5	7	5	5.9
1.4.4	Mantenimiento preventivo	CV4	8	7	8	8	8	9	7	7	8	8	7.8
1.4.5	Mantenimiento mecanizado	CV5	6	6	7	6	6	7	6	5	7	6	6.2
1.5	Características físicas	OM5	6	6	5	6	7	6	5	5	5	5	5.6
1.5.1	Tipo de material	CF1	7	8	6	7	6	8	7	7	8	7	7.1
1.5.2	Antigüedad de la infraestructura	CF2	5	7	5	5	4	7	6	5	6	5	5.5
1.6	Resiliencia de la Infraestructura	OM6	5	5	5	5	6	6	5	5	5	5	5.2
1.6.1	Resistencia al desgaste del pavimento causado por el tráfico constante y las condiciones climáticas adversas.	RI1	8	7	6	6	7	7	6	8	7	7	6.9
1.6.2	Resistencia a la fatiga del material debido a las cargas repetidas de vehículos pesados sin desarrollar grietas.	RI2	7	7	6	6	7	6	6	8	7	7	6.7
1.7	Calidad de los servicios producidos	OM7	4	5	4	5	4	5	4	4	4	4	4.3

1.7.1	Transitabilidad en la vía durante el periodo de operación y mantenimiento	CSP1	5	5	7	7	5	5	6	8	7	4	5.9
1.7.2	Transitabilidad en la vía en condiciones normales de uso a lo largo de la vida útil de la carretera	CSP2	5	4	6	5	5	5	6	7	5	4	5.2
2	Sostenibilidad Financiera	SF	8	8	6	7	7	8	7	7	8	8	7.4
2.1	Ingresos recaudados	SF1	6	6	8	5	7	7	5	7	7	5	6.3
2.2	Presupuesto asignado para la operación y mantenimiento	SF2	8	7	9	7	7	8	7	8	7	7	7.5
2.3	Probabilidades de que los costos de operación y mantenimiento sean cubiertos durante todo el ciclo de vida del proyecto	SF3	6	5	7	5	7	7	5	5	6	5	5.8
3	Capacidad técnica y gerencial del operador	CG	7	7	5	6	7	7	7	5	8	7	6.6
3.1	Capacidad gerencial del operador	CG1	7	7	8	9	7	8	8	7	8	7	7.6
3.2	Disponibilidad de datos técnicos referentes a la infraestructura	CG2	6	4	7	7	6	6	6	5	7	7	6.1
3.3	Disponibilidad de los instrumentos y equipos necesarios para llevar a cabo la operación y mantenimiento.	CG3	7	7	7	8	7	8	8	6	7	7	7.2
3.4	Capacidad técnica y administrativa del operador	CG4	6	6	7	7	7	7	7	6	7	7	6.7
4	Riesgo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.1	Riesgo de la infraestructura vial por erosión	R1	7	7	8	8	7	7	6	6	7	7	7.0
4.2	Riesgo de la infraestructura vial por movimiento de masas	R2	8	7	9	9	7	8	7	7	8	7	7.7
4.3	Riesgo de la infraestructura vial por inundación	R3	7	6	7	7	6	6	5	6	6	7	6.3

ANEXOS III
COEFICIENTE DE CRONBACH (VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO)

Coeficiente Alfa de Cronbach

Utilizaremos la fórmula, para determinar los diferentes factores, parámetros y sub parámetros del índice de sostenibilidad:

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} * \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

Donde:

α : Coeficiente de Alfa de Cronbach

K: El número de Criterios

$\sum S_i^2$: Sumatoria de varianzas de los criterios

S_T^2 : Varianza de la suma de los criterios

Factores determinantes del índice de sostenibilidad

EXPERTOS	Criterios			Suma
	1	2	3	
EXPERTO 1	9	8	7	24
EXPERTO 2	9	8	7	24
EXPERTO 3	7	6	5	18
EXPERTO 4	8	7	6	21
EXPERTO 5	8	7	7	22
EXPERTO 6	9	8	7	24
EXPERTO 7	8	7	7	22
EXPERTO 8	8	7	5	20
EXPERTO 9	9	8	8	25
EXPERTO 10	9	8	7	24
VARP	0.44	0.44	0.84	$S_T^2 = 4.44$

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 1.72 \quad K = 3$$

$$\alpha = 0.92 \quad \text{Excelente}$$

Parámetros determinantes del factor operación y mantenimiento

EXPERTOS	Criterios							Suma
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	
EXPERTO 1	9	8	6	7	6	5	4	45
EXPERTO 2	8	8	7	7	6	5	5	46
EXPERTO 3	8	7	6	6	5	5	4	41
EXPERTO 4	9	8	7	7	6	5	5	47
EXPERTO 5	9	8	7	7	7	6	4	48
EXPERTO 6	8	8	7	7	6	6	5	47
EXPERTO 7	9	8	6	7	5	5	4	44
EXPERTO 8	8	7	6	6	5	5	4	41
EXPERTO 9	9	8	7	7	5	5	4	45
EXPERTO 10	8	8	6	7	5	5	4	43
VARP	0.25	0.16	0.25	0.16	0.44	0.16	0.21	$S_T^2 =$ 5.41

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 1.63 \quad K = 7$$

$$\alpha = 0.82 \quad \text{Buena}$$

Sub – parámetros determinantes del parámetro condiciones estructurales

EXPERTOS	Criterios				Suma
	1.1.1	1.1.2	1.1.3	1.1.4	
EXPERTO 1	9	8	7	7	31
EXPERTO 2	9	8	6	7	30
EXPERTO 3	8	7	6	6	27
EXPERTO 4	8	7	5	6	26
EXPERTO 5	8	8	7	7	30
EXPERTO 6	8	8	6	7	29
EXPERTO 7	9	8	6	7	30
EXPERTO 8	9	8	7	7	31
EXPERTO 9	9	8	6	7	30
EXPERTO 10	9	8	6	7	30
VARP	0.24	0.16	0.36	0.16	$S_T^2 =$ 2.44

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 0.92 \quad K = 4$$

$$\alpha = 0.83 \quad \text{Buena}$$

Descriptores determinantes del sub – parámetro plataforma

EXPERTOS	Criterios		Suma
	1.1.1.1	1.1.2.2	
EXPERTO 1	8	5	13
EXPERTO 2	7	4	11
EXPERTO 3	8	6	14
EXPERTO 4	9	8	17
EXPERTO 5	7	6	13
EXPERTO 6	8	7	15
EXPERTO 7	9	7	16
EXPERTO 8	9	6	15
EXPERTO 9	7	4	11
EXPERTO 10	7	4	11
VARP	0.69	1.81	$S_T^2 =$ 4.24

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 2.50 \quad K= 2$$

$\alpha= 0.82$ Buena

Descriptores determinantes del sub – parámetro drenaje superficial

EXPERTOS	Criterios				Suma
	1.1.2.1	1.1.2.2	1.1.2.3	1.1.2.4	
EXPERTO 1	8	7	5	6	26
EXPERTO 2	7	6	4	5	22
EXPERTO 3	9	8	6	7	30
EXPERTO 4	8	7	5	6	26
EXPERTO 5	8	8	6	7	29
EXPERTO 6	9	7	6	7	29
EXPERTO 7	7	6	5	6	24
EXPERTO 8	8	8	6	7	29
EXPERTO 9	9	8	6	7	30
EXPERTO 10	9	7	6	7	29
VARP	0.56	0.56	0.45	0.45	$S_T^2 =$ 6.84

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 2.02 \quad K= 4$$

$\alpha= 0.94$ Excelente

Descriptores determinantes del sub – parámetro muros

EXPERTOS	Criterios		Suma
	1.1.3.1	1.1.3.2	
EXPERTO 1	7	5	12
EXPERTO 2	8	6	14
EXPERTO 3	6	5	11
EXPERTO 4	7	6	13
EXPERTO 5	6	4	10
EXPERTO 6	8	6	14
EXPERTO 7	7	5	12
EXPERTO 8	8	7	15
EXPERTO 9	9	7	16
EXPERTO 10	7	6	13
VARP	0.81	0.81	$S_T^2 =$ 3.00

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 1.62 \quad K= 2$$

$$\alpha= 0.92 \quad \text{Excelente}$$

Descriptores determinantes del sub – parámetro taludes

EXPERTOS	Criterios		Suma
	1.1.4.1	1.1.4.2	
EXPERTO 1	7	5	12
EXPERTO 2	8	6	14
EXPERTO 3	7	7	14
EXPERTO 4	6	5	11
EXPERTO 5	7	5	12
EXPERTO 6	7	5	12
EXPERTO 7	5	3	8
EXPERTO 8	7	7	14
EXPERTO 9	8	6	14
EXPERTO 10	9	7	16
VARP	1.09	1.44	$S_T^2 =$ 4.41

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 2.53 \quad K= 2$$

$$\alpha= 0.85 \quad \text{Buena}$$

Sub – parámetros determinantes del parámetro condiciones funcionales

EXPERTOS	Criterios				Suma
	1.2.1	1.2.2	1.2.3	1.2.4	
EXPERTO 1	8	7	4	5	24
EXPERTO 2	9	8	5	6	28
EXPERTO 3	7	6	4	5	22
EXPERTO 4	8	7	5	6	26
EXPERTO 5	9	8	6	7	30
EXPERTO 6	9	8	5	6	28
EXPERTO 7	8	8	5	6	27
EXPERTO 8	9	8	6	7	30
EXPERTO 9	7	7	5	5	24
EXPERTO 10	7	6	5	6	24
VARP	0.69	0.61	0.40	0.49	$S_T^2 =$ 6.81

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 2.19 \quad K= 4$$

$\alpha= 0.90$ **Excelente**

Descriptores determinantes del sub – parámetro plataforma

EXPERTOS	Criterios		Suma
	1.2.1.1	1.2.1.2	
EXPERTO 1	7	5	12
EXPERTO 2	8	6	14
EXPERTO 3	9	7	16
EXPERTO 4	9	7	16
EXPERTO 5	7	5	12
EXPERTO 6	7	5	12
EXPERTO 7	8	6	14
EXPERTO 8	9	7	16
EXPERTO 9	9	8	17
EXPERTO 10	7	6	13
VARP	0.80	0.96	$S_T^2 =$ 3.36

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 1.76 \quad K= 2$$

$\alpha= 0.95$ **Excelente**

Descriptores determinantes del sub – parámetro drenaje superficial

EXPERTOS	Criterios				Suma
	1.2.2.1	1.2.2.2	1.2.2.3	1.2.2.4	
EXPERTO 1	7	6	4	3	20
EXPERTO 2	9	8	6	5	28
EXPERTO 3	8	7	5	3	23
EXPERTO 4	7	7	5	3	22
EXPERTO 5	8	7	5	5	25
EXPERTO 6	8	7	5	4	24
EXPERTO 7	9	7	6	5	27
EXPERTO 8	7	6	6	5	24
EXPERTO 9	8	7	5	5	25
EXPERTO 10	8	8	7	5	28
VARP	0.49	0.40	0.64	0.81	$S_T^2 =$ 6.04

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 2.34 \quad K= 4$$

$$\alpha= 0.82 \quad \text{Buena}$$

Descriptores determinantes del sub parámetro muros

EXPERTOS	Criterios		Suma
	1.2.3.1	1.2.3.2	
EXPERTO 1	5	3	8
EXPERTO 2	6	4	10
EXPERTO 3	5	4	9
EXPERTO 4	7	5	12
EXPERTO 5	7	6	13
EXPERTO 6	7	7	14
EXPERTO 7	7	5	12
EXPERTO 8	8	6	14
EXPERTO 9	8	6	14
EXPERTO 10	7	7	14
VARP	1.01	1.61	$S_T^2 =$ 4.60

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 2.62 \quad K= 2$$

$$\alpha= 0.86 \quad \text{Buena}$$

Descriptores determinantes del sub – parámetro taludes

EXPERTOS	Criterios		Suma
	1.2.4.1	1.2.4.2	
EXPERTO 1	6	5	11
EXPERTO 2	5	5	10
EXPERTO 3	7	7	14
EXPERTO 4	5	4	9
EXPERTO 5	7	5	12
EXPERTO 6	7	5	12
EXPERTO 7	8	6	14
EXPERTO 8	8	6	14
EXPERTO 9	9	7	16
EXPERTO 10	7	7	14
VARP	1.49	1.01	$S_T^2 = 4.24$

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 2.50 \quad K= 2$$

$$\alpha= 0.82 \quad \text{Buena}$$

Descriptores determinantes del parámetro condiciones de seguridad

EXPERTOS	Criterios					Suma
	1.3.1	1.3.2	1.3.3	1.3.4	1.3.5	
EXPERTO 1	7	7	8	6	4	32
EXPERTO 2	8	7	9	6	6	36
EXPERTO 3	7	6	8	6	6	33
EXPERTO 4	7	6	7	5	5	30
EXPERTO 5	8	7	9	6	5	35
EXPERTO 6	6	6	7	4	4	27
EXPERTO 7	8	6	9	4	4	31
EXPERTO 8	6	5	7	3	3	24
EXPERTO 9	8	7	8	7	5	35
EXPERTO 10	7	7	7	5	5	31
VARP	0.56	0.44	0.69	1.36	0.81	$S_T^2 = 12.64$

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 3.86 \quad K= 5$$

$$\alpha= 0.87 \quad \text{Buena}$$

Descriptorios determinantes del parámetro conservación vial

EXPERTOS	Criterios					Suma
	1.4.1	1.4.2	1.4.3	1.4.4	1.4.5	
EXPERTO 1	8	7	5	8	6	34
EXPERTO 2	6	6	5	7	6	30
EXPERTO 3	7	7	7	8	7	36
EXPERTO 4	7	7	6	8	6	34
EXPERTO 5	7	6	6	8	6	33
EXPERTO 6	8	7	7	9	7	38
EXPERTO 7	6	6	6	7	6	31
EXPERTO 8	6	6	5	7	5	29
EXPERTO 9	7	7	7	8	7	36
EXPERTO 10	8	7	5	8	6	34
VARP	0.60	0.24	0.69	0.36	0.36	$S_T^2 =$ 7.25

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 2.25 \quad K = 5$$

$\alpha = 0.86$ Buena

Descriptorios determinantes del parámetro características físicas de la infraestructura

EXPERTOS	Criterios		Suma
	1.5.1	1.5.2	
EXPERTO 1	7	5	12
EXPERTO 2	8	7	15
EXPERTO 3	6	5	11
EXPERTO 4	7	5	12
EXPERTO 5	6	4	10
EXPERTO 6	8	7	15
EXPERTO 7	7	6	13
EXPERTO 8	7	5	12
EXPERTO 9	8	6	14
EXPERTO 10	7	5	12
VARP	0.49	0.85	$S_T^2 =$ 2.44

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 1.34 \quad K = 2$$

$\alpha = 0.90$ Excelente

Descriptores determinantes del parámetro resiliencia de la infraestructura

EXPERTOS	Criterios		Suma
	1.6.1	1.6.2	
EXPERTO 1	8	7	15
EXPERTO 2	7	7	14
EXPERTO 3	6	6	12
EXPERTO 4	6	6	12
EXPERTO 5	7	7	14
EXPERTO 6	7	6	13
EXPERTO 7	6	6	12
EXPERTO 8	8	8	16
EXPERTO 9	7	7	14
EXPERTO 10	7	7	14
VARP	0.49	0.41	$S_T^2 =$ 1.64

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 0.90 \quad K= 2$$

$\alpha= 0.90$ **Excelente**

Descriptores determinantes del parámetro calidad de servicios producidos

EXPERTOS	Criterios		Suma
	1.7.1	1.7.2	
EXPERTO 1	5	5	10
EXPERTO 2	5	4	9
EXPERTO 3	7	6	13
EXPERTO 4	7	5	12
EXPERTO 5	5	5	10
EXPERTO 6	5	5	10
EXPERTO 7	6	6	12
EXPERTO 8	8	7	15
EXPERTO 9	7	5	12
EXPERTO 10	4	4	8
VARP	1.49	0.76	$S_T^2 =$ 3.89

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 2.25 \quad K= 2$$

$\alpha= 0.84$ **Buena**

Descriptorios determinantes del factor sostenibilidad financiera

EXPERTOS	Criterios			Suma
	2.1	2.2	2.3	
EXPERTO 1	6	8	6	20
EXPERTO 2	6	7	5	18
EXPERTO 3	8	9	7	24
EXPERTO 4	5	7	5	17
EXPERTO 5	7	7	7	21
EXPERTO 6	7	8	7	22
EXPERTO 7	5	7	5	17
EXPERTO 8	7	8	5	20
EXPERTO 9	7	7	6	20
EXPERTO 10	5	7	5	17
VARP	1.01	0.45	0.76	$S_T^2 = 5.04$

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 2.22 \quad K= 3$$

$\alpha= 0.84$ Buena

Descriptorios determinantes del factor capacidad técnica y gerencial del operador

EXPERTOS	Criterios				Suma
	3.1	3.2	3.3	3.4	
EXPERTO 1	7	6	7	6	26
EXPERTO 2	7	4	7	6	24
EXPERTO 3	8	7	7	7	29
EXPERTO 4	9	7	8	7	31
EXPERTO 5	7	6	7	7	27
EXPERTO 6	8	6	8	7	29
EXPERTO 7	8	6	8	7	29
EXPERTO 8	7	5	6	6	24
EXPERTO 9	8	7	7	7	29
EXPERTO 10	7	7	7	7	28
VARP	0.44	0.89	0.36	0.21	$S_T^2 = 4.84$

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 1.90 \quad K= 4$$

$\alpha= 0.81$ Buena

Descriptorios determinantes del factor riesgo

EXPERTOS	Criterios			Suma
	4.1	4.2	4.3	
EXPERTO 1	7	8	7	22
EXPERTO 2	7	7	6	20
EXPERTO 3	8	9	7	24
EXPERTO 4	8	9	7	24
EXPERTO 5	7	7	6	20
EXPERTO 6	7	8	6	21
EXPERTO 7	6	7	5	18
EXPERTO 8	6	7	6	19
EXPERTO 9	7	8	6	21
EXPERTO 10	7	7	7	21
VARP	0.40	0.61	0.41	$S_T^2 =$ 3.40

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 1.42 \quad K = 3$$

$$\alpha = 0.87 \quad \text{Buena}$$

ANEXOS IV

MÈTODO MULTICRITERIO – PROCESO DE ANALISIS JERARQUICO (PAJ)

METODO MULTICRITERIO – PROCESO DE ANALISIS JERARQUICO (PAJ)

Factores determinantes de la sostenibilidad

1. Ponderación de los factores determinantes de la sostenibilidad

Este proceso consta de 5 fases

Fase I. Se identifica y se ordena los factores que permitan caracterizar la sostenibilidad de mayor a menor relevancia. En este caso tenemos son tres factores: Operación y mantenimiento de la infraestructura, sostenibilidad financiera y capacidad técnica y gerencial del operador; por lo que tendremos una matriz cuadrada de 3x3.

Parámetro	Símbolo	Juicio de expertos (promedio)	Diferencia de importancias consecutivas	Suma acumulada	Importancia relativa (*)
Operación y Mantenimiento	OM	8.40	1.00	1.00	1
Sostenibilidad financiera	SF	7.40	1.00	2.00	2
Capacidad técnica y gerencial del operador	CG	6.60	0.80	2.80	3

Fase II. Matriz de comparación. Este proceso de comparación de pares para la determinación de la importancia se utiliza la escala de Saaty.

Escala Numérica	Escala verbal	Explicación
9	Absolutamente o muchísimo más importante	Al comparar un parámetro con otro, el primero se considera Absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante	Al comparar un parámetro con otro, el primero se considera Mucho más importante que el segundo.
5	Más importante	Al comparar un parámetro con otro, el primero se considera Más importante que el segundo.
3	Moderadamente más importante	Al comparar un parámetro con otro, el primero se considera Moderadamente más importante que el segundo.
1	Igual importancia	Al comparar un parámetro con otro, el primero tiene igual importancia que el segundo.
1/3	Moderadamente menos importante	Al comparar un parámetro con otro, el primero se considera Moderadamente menos importante que el segundo.
1/5	Menos importante	Al comparar un parámetro con otro, el primero se considera menos importante que el segundo.
1/7	Mucho menos importante	Al comparar un parámetro con otro, el primero se considera Mucho menos importante que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante	Al comparar un parámetro con otro, el primero se considera Absolutamente o muchísimo menos importante que el segundo.
1/8,1/6,1/4,1/2,2,4,6,8	valores intermedios entre dos valores adyacentes, empleados cuando es necesario un término medio entre dos intensidades.	

Nota: (Saaty, 1980)

factores	OM	SF	CG
OM	1		
SF		1	
CG			1

La comparación entre dos factores de igual magnitud nos dará la unidad 1:

Igual Importancia

factores	OM	SF	CG
OM	1	2	
SF	1/2	1	
CG			1

El factor operación y mantenimiento de la infraestructura es 2 veces más importante que la sostenibilidad financiera lo que indique que es ligeramente más importante.

factores	OM	SF	CG
OM	1	2	3
SF	1/2	1	
CG	1/3		1

El factor operación y mantenimiento de la infraestructura es 3 veces más importante que la sostenibilidad financiera lo que indique que es moderadamente más importante

factores	OM	SF	CG
OM	1	2	3
SF	1/2	1	2
CG	1/3	1/2	1

El factor sostenibilidad financiera de la infraestructura es 2 veces más importante que la capacidad técnica y gerencial del operador lo que indique que es ligeramente más importante.

Terminada la comparación de pares tenemos la matriz completa.

factores	OM	SF	CG
OM	1	2	3
SF	1/2	1	2
CG	1/3	1/2	1

Fase III. Para facilitar el cálculo de la ponderación los valores de la matriz tienen que estar en decimales y luego sumamos cada columna de la matriz para luego obtener la inversa de las sumas totales.

factores	OM	SF	CG
OM	1.000	2.000	3.000
SF	0.500	1.000	2.000
CG	0.333	0.500	1.000
Suma	1.833	3.500	6.000

Fase IV. Matriz de normalización. Esta matriz se elabora dividiendo cada elemento con su suma total correspondiente.

factores	OM	SF	CG
OM	0.545	0.571	0.500
SF	0.273	0.286	0.333
CG	0.182	0.143	0.167

Fase V. Vector Priorización (ponderación). Se determina sumando el promedio de cada fila, y para comprobar se debe cumplir que la suma de cada columna debe ser igual a uno.

factores	OM	SF	CG	Vector priorización (ponderación)
OM	0.545	0.571	0.500	0.539
SF	0.273	0.286	0.333	0.297
CG	0.182	0.143	0.167	0.164
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000

La ponderación indica la importancia (Peso) de cada criterio en la determinación del índice de sostenibilidad.

factores	Vector priorización (ponderación)	%
OM	0.539	53.90%
SF	0.297	29.73%
CG	0.164	16.38%

2. Cálculo de la relación de consistencia (RC)

Se debe tener en cuenta que este coeficiente debe ser inferior al 10% ($RC < 0.10$), lo que indica que los criterios usados para la comparación de pares son los más adecuados. En matrices con 3 parámetros, la RC debe ser inferior a 0.04; para matrices de cuatro parámetros, la RC debe ser menor a 0.08; y para matrices con más de cuatro parámetros, la RC debe ser inferior a 0.10

Este proceso consta de 5 fases

Fase I. Hallamos el vector suma ponderada, mediante una multiplicación de matrices.

factores	OM	SF	CG		Vector priorización (ponderación)	=	Vector suma ponderada
OM	1	2	3	x	0.539	=	1.62
SF	1/2	1	2		0.297		0.89
CG	1/3	1/2	1		0.164		0.49
		1		x	0.539	=	0.54
		1/2					0.27
		1/3					0.18
		2		x	0.297	=	0.59
		1					0.30
		1/2					0.15
		3		x	0.164	=	0.49
		2					0.33
		1					0.16
	0.54			+	0.49	=	1.625
	0.27	0.59			0.33		0.894
	0.18	0.30	0.15		0.16		0.492

Fase II. Hallamos λ máx. Se determina al dividir los valores del vector suma ponderada con el vector priorización (ponderación). Luego se obtiene el promedio.

vector suma ponderada		Vector priorización (ponderación)	=	λ máx.
1.625	/	0.539	=	3.015
0.894		0.297		3.008
0.492		0.164		3.004
		λ máx.	=	3.009

Fase III. Hallamos el índice de consistencia (IC)

$$IC = \frac{\lambda \text{ máx} - 1}{n - 1} = 0.0046$$

Donde:

n: Numero de factores evaluados = 3

Fase IV. Hallamos la relación de consistencia (RC)

Los valores del Índice Aleatorio para los diferentes “n”

Número elementos comparados	Índice Aleatorio de Consistencia
1	0,000
2	0,000
3	0,525
4	0,882
5	1,115
6	1,252
7	1,341
8	1,404
9	1,452
10	1,484
11	1,513
12	1,535
13	1,555
14	1,570
15	1,583

Nota: (Herrera, Pérez, & Venecia, 2017)

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

Donde:

n: número de elementos o criterios en la matriz de comparación

$$RC = 0.00877 \quad \mathbf{Cumple}$$

Fase IV. Estimación del valor de la importancia relativa de cada uno de los factores determinantes de la sostenibilidad.

$$S_{SR} = 0.539(OM) + 0.297(SF) + 0.164(CG)$$

Ponderación de todos los criterios de sostenibilidad

	CRITERIOS	CÓDIGO	PESOS (PAJ)	PONDERACION
1	Operación y mantenimiento de la infraestructura	OM	1.000	0.539
1.1	Condiciones estructurales	OM1	0.352	0.190
1.1.1	Plataforma	CE1	0.351	0.067
1.1.1.1	Calzada	CE1.1	0.800	0.053
1.1.1.2	Bermas	CE1.2	0.200	0.013
1.1.2	Drenaje superficial	CE2	0.259	0.049
1.1.2.1	Alcantarillas	CE2.1	0.299	0.015
1.1.2.2	Cunetas	CE2.2	0.460	0.023
1.1.2.3	Badenes	CE2.3	0.082	0.004
1.1.2.4	Zanjas de drenaje y coronación	CE2.4	0.159	0.008
1.1.3	Muros	CE3	0.159	0.030
1.1.3.1	Muros de contención	CE3.1	0.750	0.023
1.1.3.2	Muros de Gaviones	CE3.2	0.250	0.008
1.1.4	Taludes	CE4	0.231	0.044
1.1.4.1	Taludes de corte	CE4.1	0.750	0.033
1.1.4.2	Taludes de relleno	CE4.2	0.250	0.011
1.2	Condiciones funcionales	OM2	0.236	0.127
1.2.1	Plataforma	CF1	0.308	0.039
1.2.1.1	Calzada	CF1.1	0.750	0.029
1.2.1.2	Bermas	CF1.2	0.250	0.010
1.2.2	Drenaje superficial	CF2	0.347	0.044
1.2.2.1	Alcantarillas	CF2.1	0.321	0.014
1.2.2.2	Cunetas	CF2.2	0.427	0.019
1.2.2.3	Badenes	CF2.3	0.095	0.004
1.2.2.4	Zanjas de drenaje y coronación	CF2.4	0.157	0.007
1.2.3	Muros	CF3	0.121	0.015
1.2.3.1	Muros de contención	CF3.1	0.750	0.011
1.2.3.2	Muros de Gaviones	CF3.2	0.250	0.004
1.2.4	Taludes	CF4	0.224	0.028
1.2.4.1	Taludes de corte	CF4.1	0.667	0.019
1.2.4.2	Taludes de relleno	CF4.2	0.333	0.009
1.3	Condiciones de seguridad	OM3	0.036	0.020
1.3.1	Señalización horizontal	CS1	0.269	0.005
1.3.2	Señalización vertical	CS2	0.408	0.008
1.3.3	Visibilidad	CS3	0.152	0.003
1.3.4	Puntos negros	CS4	0.099	0.002
1.3.5	Accidentes	CS5	0.071	0.001
1.4	Conservación vial	OM4	0.152	0.082
1.4.1	Mantenimiento rutinario	CV1	0.261	0.021

1.4.2	Mantenimiento periódico	CV2	0.066	0.005
1.4.3	Mantenimiento de emergencia	CV3	0.158	0.013
1.4.4	Mantenimiento preventivo	CV4	0.466	0.038
1.4.5	Mantenimiento mecanizado	CV5	0.050	0.004
1.5	Características físicas	OM5	0.100	0.054
1.5.1	Tipo de material	CF1	0.667	0.036
1.5.2	Antigüedad de la infraestructura	CF2	0.333	0.018
1.6	Resiliencia de la Infraestructura	OM6	0.058	0.031
1.6.1	Resistencia al desgaste del pavimento causado por el tráfico constante y las condiciones climáticas adversas.	RI1	0.600	0.019
1.6.2	Resistencia a la fatiga del material debido a las cargas repetidas de vehículos pesados sin desarrollar grietas.	RI2	0.400	0.013
1.7	Calidad de los servicios producidos	OM7	0.066	0.035
1.7.1	Transitabilidad en la vía durante el periodo de operación y mantenimiento	CSP1	0.750	0.027
1.7.2	Transitabilidad en la vía en condiciones normales de uso a lo largo de la vida útil de la carretera	CSP2	0.250	0.009
2	Sostenibilidad Financiera	SF	1.000	0.297
2.1	Ingresos recaudados	SF1	0.143	0.042
2.2	Presupuesto asignado para la operación y mantenimiento	SF2	0.574	0.171
2.3	Probabilidades de que los costos de operación y mantenimiento sean cubiertos durante todo el ciclo de vida del proyecto	SF3	0.283	0.084
3	Capacidad técnica y gerencial del operador	CG	1.000	0.164
3.1	Capacidad gerencial del operador	CG1	0.158	0.026
3.2	Disponibilidad de datos técnicos referentes a la infraestructura	CG2	0.088	0.014
3.3	Disponibilidad de los instrumentos y equipos necesarios para llevar a cabo la operación y mantenimiento.	CG3	0.261	0.043
3.4	Capacidad técnica y administrativa del operador	CG4	0.492	0.081
4	Riesgo	R	1.000	1.000
4.1	Riesgo de la infraestructura vial por erosión	R1	0.288	0.288
4.2	Riesgo de la infraestructura vial por movimiento de masas	R2	0.568	0.568
4.3	Riesgo de la infraestructura vial por inundación	R3	0.143	0.143

ANEXO V

EVALUACIÓN DEL ESTADO FÍSICO DE LA PLATAFORMA EN CARRETERAS

EVALUACIÓN DE CONDICIONES ESTRUCTURALES DE LA PLATAFORMA DE CARRETERAS CON PAVIMENTO FLEXIBLE																		
Tesis	Título:	Índice de sostenibilidad de la carretera Baños del Inca - Llacanora con la incorporación de los niveles de riesgo, 2024				Datos generales de la infraestructura		Carretera:	Baños del Inca - Llacanora		Sección evaluada	Progresivas:	Km 0+057 al Km 0+097		fecha del documento	Fecha:		
	Tesista:	Roel Alexander Quiliche Cachay						Tramo:	Baños del Inca			Superficie de rodadura:	Asfalto					
								Código de ruta:	Ruta Vecinal CA 1494			Ubicación:	Baños del Inca - Llacanora, Cajamarca, Cajamarca					
Clasificación de los deterioros / fallas	Código de deterioro / falla	Deterioro / Falla	Gravedad (G)	Número de deterioros (Nij)	Longitud del deterioro (Lij)	Ancho del deterioro (Aij)	Área de deterioro Aij (m2) Número de deterioros (Nij) Longitud del deterioro (Lij)	Ancho de la sección evaluada (m)	Longitud de la sección evaluada (m)	Área de la sección evaluada (m2) As	Porcentaje de la extensión del deterioro / falla (EFij)	Extensión promedio ponderada (EFp)	Puntaje de condición según extensión de cada tipo de deterioro o falla (P)				Puntaje de condición resultante por cada tipo de deterioro/falla0:	
													0: sin deterioros o sin fallas	1: Leve	2: Moderado	3: Severo		
													0% <EFp< 10%	10% ≤EFp≤ 30%	EFp> 30%			
CALZADA Deterioros o fallas estructurales	1	Fisuración en red.	1: Fisuración fina (< 1.5 mm de ancho)					5.4	40.0	215.20		0.00%	P = 0	0 < P < 40	40 ≤ P < 200	P = 200	0	
			2: Fisuración moderada (1.5 mm - 3 mm de ancho)				5.4	40.0	215.20		0		0	-40	200			
			3: Fisuración severa (> 3 mm de ancho)				5.4	40.0	215.20									
	2	Baches o Huecos	1: Pequeños baches (< 0.3 m de diámetro)		-	-							0.00	EFp= 0	0 <EFp< 1	1 ≤EFp≤ 2	EFp> 2	207
			2: Baches medianos (0.3 m - 0.6 m de diámetro)		-	-								P = 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P = 100	
			3: Grandes baches (> 0.6 m de diámetro)		-	-								0	0	-30	100	
	3	Deformación por falla estructural	1: Deformaciones leves (< 2 cm profundidad/abultamiento)					5.4	40.0	215.20		0.00%	P = 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P = 100	0	
			2: Deformaciones moderadas (2 cm - 4 cm profundidad/abultamiento)				5.4	40.0	215.20		0		0	-2	100			
			3: Deformaciones severas (> 4 cm profundidad/abultamiento)				5.4	40.0	215.20									
CALZADA Deterioros o fallas superficiales	4	Rutado	1: Rutado leve (< 6 mm de profundidad)				5.4	40.0	215.20		0.00%	P = 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P = 100	0		
			2: Rutado moderado (6 mm - 13 mm de profundidad)				5.4	40.0	215.20			0	0	-20	100			
			3: Rutado severo (> 13 mm de profundidad)				5.4	40.0	215.20									
	5	Reparaciones superficiales o parcheo	1: Parcheo superficial de fisuras menores	5	1.0	0.6	3.00	5.4	40.0	215.20	1.39%	1.39%	P = 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P = 50	1	
			2: Parcheo de fisuras y baches medianos					5.4	40.0	215.20			0	1	-7	50		
			3: Reparaciones profundas					5.4	40.0	215.20								
6	Desprendimiento de agregado o	1: Desprendimiento leve (< 10% de la superficie afectada)					5.4	40.0	215.20		0.00%	P = 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P = 50			

BERMAS Pavimentadas y no pavimentadas	Desprendimiento superficial.	2: Desprendimiento moderado (10% - 30% de la superficie afectada)				5.4	40.0	215.20		0	0	-10	50	0			
		3: Desprendimiento severo (> 30% de la superficie afectada)				5.4	40.0	215.20							0		
	7	Fisuras longitudinales	1: Fisura leve (< 1.5 mm de ancho)				5.4	40.0	215.20		0.00%	P = 0	0 < P < 20	$20 \leq P < 100$	$P = 100$		
			2: Fisura moderada (1.5 mm - 3 mm de ancho)				5.4	40.0	215.20			0	0	-20	100		
			3: Fisura severa (> 3 mm de ancho)				5.4	40.0	215.20							0	
	8	Fisuras transversales	1: Fisura leve (< 1.5 mm de ancho)				5.4	40.0	215.20		0.00%	P = 0	0 < P < 10	$10 \leq P < 50$	$P = 50$		
			2: Fisura moderada (1.5 mm - 3 mm de ancho)				5.4	40.0	215.20			0	0	-10	50		
			3: Fisura severa (> 3 mm de ancho)				5.4	40.0	215.20							0	
	9	Exudación de asfalto.	1: Exudación leve: visiblemente aceitosa, pero sin pérdida de tracción				5.4	40.0	215.20		0.00%	P = 0	0 < P < 20	$20 \leq P < 100$	$P = 100$		
			2: Exudación moderada: aceitosa con ligera pérdida de tracción				5.4	40.0	215.20			0	0	-20	100		
			3: Exudación severa: aceitosa y resbaladiza				5.4	40.0	215.20							0	
	BERMAS Pavimentadas y no pavimentadas	10	Daños localizados.	1: Daño leve: Pequeños daños en áreas localizadas				0.40	40.0	16.00		75.00%	P = 0	0 < P < 10	$10 \leq P < 50$	$P = 50$	
2: Daño moderado: Daños que afectan menos del 30% de bermas en la longitud evaluada							0.40	40.0	16.00		0		75	140	50		
3: Daños que afectan más del 30% de bermas en la longitud evaluada				2	40.0	0.2	12.00	0.40	40.0	16.00	75.00%						50
11		Desnivel entre calzada y berma o Desenivel transversal	1: Desenivel leve (< 1 cm desnivel)			-	-	80.0	-		100.00%	P = 0	0 < P < 20	$20 \leq P < 100$	$P = 100$		
			2: Desenivel moderado (1 cm - 3 cm desnivel)	2	40.0	-	80.00	-	80.0	-		100.00%	0	200	380	100	
			3: Desenivel severo (> 3 cm desnivel)			-		-	80.0	-							100
Suma puntaje de condición =													358				
Calificación de condición (1000 - suma puntaje de condición) =													642				
Condición estructural	Inaceptable	Muy malo	Malo	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Excelente										
	≤ 100	> 100 y ≤ 250	> 250 y ≤ 400	> 400 y ≤ 550	> 550 y ≤ 700	> 700 y ≤ 850	> 850										
Escala de valoración	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Normal	Normal	Alto	Muy alto										
	1	1	2	3	3	4	5										

EVALUACIÓN DE CONDICIONES ESTRUCTURALES DE LA PLATAFORMA DE CARRETERAS CON PAVIMENTO FLEXIBLE																		
Tesis	Título:	Índice de sostenibilidad de la carretera Baños del Inca - Llacanora con la incorporación de los niveles de riesgo, 2024			Datos generales de la infraestructura		Carretera:		Baños del Inca - Llacanora		Sección evaluada	Progresivas:		Km 0+340 al Km 0+380		fecha del documento	Fecha:	
	Tesista:	Roel Alexander Quiliche Cachay					Tramo:		Baños del Inca			Superficie de rodadura:		Asfalto				
	Código de ruta:		Ruta Vecinal CA 1494				Ubicación:		Baños del Inca - Llacanora, Cajamarca, Cajamarca									
Clasificación de los deterioros / fallas	Código de deterioro / falla	Deterioro / Falla	Gravedad (G)	Número de deterioros (Nij)	Longitud del deterioro (Lij)	Ancho del deterioro (Aij)	Área de deterioro Aij (m2)Número de deterioros (Nij)Longitud del deterioro (Lij)	Ancho de la sección evaluada (m)	Longitud de la sección evaluada (m)	Área de la sección evaluada (m2) As	Porcentaje de la extensión del deterioro / falla (EFij)	Extensión promedio ponderada (EFp)	Puntaje de condición según extensión de cada tipo de deterioro o falla (P)				Puntaje de condición resultante por cada tipo de deterioro/falla:	
													0: sin deterioros o sin fallas	1: Leve	2: Moderado	3: Severo		
													0% < EFp < 10%	10% ≤ EFp ≤ 30%	EFp > 30%			
CALZADA Deterioros o fallas estructurales	1	Fisuración en red.	1: Fisuración fina (< 1.5 mm de ancho)					5.7	40.0	226.80		0.00%	P = 0	0 < P < 40	40 ≤ P < 200	P = 200	0	
			2: Fisuración moderada (1.5 mm - 3 mm de ancho)				5.7	40.0	226.80		0		0	-40	200			
			3: Fisuración severa (> 3 mm de ancho)				5.7	40.0	226.80									
	2	Baches o Huecos	1: Pequeños baches (< 0.3 m de diámetro)		-	-							2.00	EFp = 0	0 < EFp < 1	1 ≤ EFp ≤ 2	EFp > 2	207
			2: Baches medianos (0.3 m - 0.6 m de diámetro)	2	-	-	2					P = 0		0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P = 100		
			3: Grandes baches (> 0.6 m de diámetro)		-	-						0		40	128	100	100	
	3	Deformación por falla estructural	1: Deformaciones leves (< 2 cm profundidad/abultamiento)					5.7	40.0	226.80		0.00%	P = 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P = 100	0	
			2: Deformaciones moderadas (2 cm - 4 cm profundidad/abultamiento)				5.7	40.0	226.80		0		0	-2	100			
			3: Deformaciones severas (> 4 cm profundidad/abultamiento)				5.7	40.0	226.80									
CALZADA Deterioros o fallas superficiales	4	Rutado	1: Rutado leve (< 6 mm de profundidad)					5.7	40.0	226.80		0.00%	P = 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P = 100	0	
			2: Rutado moderado (6 mm - 13 mm de profundidad)				5.7	40.0	226.80		0		0	-20	100			
			3: Rutado severo (> 13 mm de profundidad)				5.7	40.0	226.80									
	5	Reparaciones superficiales o parcheo	1: Parcheo superficial de fisuras menores	2	1.0	0.6	1.20	5.7	40.0	226.80	0.53%	0.53%	P = 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P = 50	1	
			2: Parcheo de fisuras y baches medianos				5.7	40.0	226.80		0		1	-9	50			
			3: Reparaciones profundas				5.7	40.0	226.80									
6	Desprendimiento de agregado o	1: Desprendimiento leve (< 10% de la superficie afectada)					5.7	40.0	226.80		0.00%	P = 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P = 50			

BERMAS Pavimentadas y no pavimentadas	Desprendimiento superficial.	2: Desprendimiento moderado (10% - 30% de la superficie afectada)					5.7	40.0	226.80		0	0	-10	50	0		
		3: Desprendimiento severo (> 30% de la superficie afectada)					5.7	40.0	226.80							0	
	7	Fisuras longitudinales	1: Fisura leve (< 1.5 mm de ancho)	1	3.7	1.0	3.67	5.7	40.0	226.80	1.62%	1.62%	P = 0	0 < P < 20	$20 \leq P < 100$	$P = 100$	
			2: Fisura moderada (1.5 mm - 3 mm de ancho)					5.7	40.0	226.80			0	3	-14	100	
			3: Fisura severa (> 3 mm de ancho)					5.7	40.0	226.80							3
	8	Fisuras transversales	1: Fisura leve (< 1.5 mm de ancho)					5.7	40.0	226.80		0.00%	P = 0	0 < P < 10	$10 \leq P < 50$	$P = 50$	
			2: Fisura moderada (1.5 mm - 3 mm de ancho)					5.7	40.0	226.80			0	0	-10	50	
			3: Fisura severa (> 3 mm de ancho)					5.7	40.0	226.80							0
	9	Exudación de asfalto.	1: Exudación leve: visiblemente aceitosa pero sin pérdida de tracción					5.7	40.0	226.80		0.00%	P = 0	0 < P < 20	$20 \leq P < 100$	$P = 100$	
			2: Exudación moderada: aceitosa con ligera pérdida de tracción					5.7	40.0	226.80			0	0	-20	100	
			3: Exudación severa: aceitosa y resbaladiza					5.7	40.0	226.80							0
	BERMAS Pavimentadas y no pavimentadas	10	Daños localizados.	1: Daño leve: Pequeños daños en áreas localizadas				0.35	40.0	14.00		57.14%	P = 0	0 < P < 10	$10 \leq P < 50$	$P = 50$	
2: Daño moderado: Daños que afectan menos del 30% de bermas en la longitud evaluada								0.35	40.0	14.00			0	57	104	50	
3: Daños que afectan más del 30% de bermas en la longitud evaluada				1	40.0	0.2	8.00	0.35	40.0	14.00	57.14%						50
11		Desnivel entre calzada y berma o Desenivel transversal	1: Desenivel leve (< 1 cm desnivel)			-		-	80.0	-		50.00%	P = 0	0 < P < 20	$20 \leq P < 100$	$P = 100$	
			2: Desenivel moderado (1 cm - 3 cm desnivel)	1	40.0	-	40.00	-	80.0	-	50.00%		0	100	180	100	
			3: Desenivel severo (> 3 cm desnivel)			-		-	80.0	-							100

Suma puntaje de condición =	461
Calificación de condición (1000 - suma puntaje de condición) =	539

Condición estructural	Inaceptable	Muy malo	Malo	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Excelente
	≤ 100	> 100 y ≤ 250	> 250 y ≤ 400	> 400 y ≤ 550	> 550 y ≤ 700	> 700 y ≤ 850	> 850
Escala de valoración	Muy baja	Muy baja	Baja	Media	Media	Alta	Muy alta
	1	1	2	3	3	4	5

EVALUACIÓN DE CONDICIONES ESTRUCTURALES DE LA PLATAFORMA DE CARRETERAS CON PAVIMENTO FLEXIBLE																		
Tesis	Título:	Índice de sostenibilidad de la carretera Baños del Inca - Llacanora con la incorporación de los niveles de riesgo, 2024			Datos generales de la infraestructura		Carretera:		Baños del Inca - Llacanora		Sección evaluada	Progresivas:		Km 1+588 al Km 1+628		fecha del documento	Fecha:	
	Tesista:	Roel Alexander Quiliche Cachay					Tramo:		Llacanora			Superficie de rodadura:		Asfalto				
	Código de ruta:		Ruta Vecinal CA 1494				Ubicación:		Baños del Inca - Llacanora, Cajamarca, Cajamarca									
Clasificación de los deterioros / fallas	Código de deterioro / falla	Deterioro / Falla	Gravedad (G)	Número de deterioros (Nij)	Longitud del deterioro (Lij)	Ancho del deterioro (Aij)	Área de deterioro Aij (m2)Número de deterioros (Nij)Longitud del deterioro (Lij)	Ancho de la sección evaluada (m)	Longitud de la sección evaluada (m)	Área de la sección evaluada (m2) As	Porcentaje de la extensión del deterioro / falla (EFij)	Extensión promedio ponderada (EFp)	Puntaje de condición según extensión de cada tipo de deterioro o falla (P)				Puntaje de condición resultante por cada tipo de deterioro/falla:	
CALZADA Deterioros o fallas estructurales	1	Fisuración en red.	1: Fisuración fina (< 1.5 mm de ancho)					6.4	40.0	255.60		0.00%	P = 0	0 < P < 40	40 ≤ P < 200	P = 200	0	
			2: Fisuración moderada (1.5 mm - 3 mm de ancho)				6.4	40.0	255.60		0		0	-40	200			
			3: Fisuración severa (> 3 mm de ancho)				6.4	40.0	255.60									
	2	Baches o Huecos	1: Pequeños baches (< 0.3 m de diámetro)		-	-						0.00	EFp= 0	0 < EFp < 1	1 ≤ EFp ≤ 2	EFp > 2	207	
			2: Baches medianos (0.3 m - 0.6 m de diámetro)		-	-					P = 0		0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P = 100			
			3: Grandes baches (> 0.6 m de diámetro)		-	-					0		0	-30	100	0		
	3	Deformación por falla estructural	1: Deformaciones leves (< 2 cm profundidad/abultamiento)						6.4	40.0	255.60		0.00%	P = 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P = 100	0
			2: Deformaciones moderadas (2 cm - 4 cm profundidad/abultamiento)						6.4	40.0	255.60			0	0	-2	100	
			3: Deformaciones severas (> 4 cm profundidad/abultamiento)						6.4	40.0	255.60						0	
CALZADA Deterioros o fallas superficiales	4	Rutado	1: Rutado leve (< 6 mm de profundidad)					6.4	40.0	255.60		0.00%	P = 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P = 100	0	
			2: Rutado moderado (6 mm - 13 mm de profundidad)					6.4	40.0	255.60			0	0	-20	100		
			3: Rutado severo (> 13 mm de profundidad)					6.4	40.0	255.60						0		
	5	Reparaciones superficiales o parcheo	1: Parcheo superficial de fisuras menores	2	11.0	1.0	22.00	6.4	40.0	255.60	8.61%	8.61%	P = 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P = 50	9	
			2: Parcheo de fisuras y baches medianos					6.4	40.0	255.60			0	9	7	50		
			3: Reparaciones profundas					6.4	40.0	255.60								
6	Desprendimiento de agregado o	1: Desprendimiento leve (< 10% de la superficie afectada)	2	1.0	1.5	3.00	6.4	40.0	255.60	1.17%	1.17%	P = 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P = 50			

BERMAS Pavimentadas y no pavimentadas	Desprendimiento superficial.	2: Desprendimiento moderado (10% - 30% de la superficie afectada)					6.4	40.0	255.60			0	1	-8	50		
		3: Desprendimiento severo (> 30% de la superficie afectada)					6.4	40.0	255.60								1
	7	Fisuras longitudinales	1: Fisura leve (< 1.5 mm de ancho)					6.4	40.0	255.60		0.00%	P = 0	0 < P < 20	$20 \leq P < 100$	$P = 100$	
			2: Fisura moderada (1.5 mm - 3 mm de ancho)					6.4	40.0	255.60			0	0	-20	100	
			3: Fisura severa (> 3 mm de ancho)					6.4	40.0	255.60							0
	8	Fisuras transversales	1: Fisura leve (< 1.5 mm de ancho)					6.4	40.0	255.60		0.00%	P = 0	0 < P < 10	$10 \leq P < 50$	$P = 50$	
			2: Fisura moderada (1.5 mm - 3 mm de ancho)					6.4	40.0	255.60			0	0	-10	50	
			3: Fisura severa (> 3 mm de ancho)					6.4	40.0	255.60							0
	9	Exudación de asfalto.	1: Exudación leve: visiblemente aceitosa pero sin pérdida de tracción					6.4	40.0	255.60		0.00%	P = 0	0 < P < 20	$20 \leq P < 100$	$P = 100$	
			2: Exudación moderada: aceitosa con ligera pérdida de tracción					6.4	40.0	255.60			0	0	-20	100	
			3: Exudación severa: aceitosa y resbaladiza					6.4	40.0	255.60							0
	10	Daños localizados.	1: Daño leve: Pequeños daños en áreas localizadas					0.40	40.0	16.00		100.00%	P = 0	0 < P < 10	$10 \leq P < 50$	$P = 50$	
2: Daño moderado: Daños que afectan menos del 30% de bermas en la longitud evaluada							0.40	40.0	16.00			0	100	190	50		
3: Daños que afectan más del 30% de bermas en la longitud evaluada			1	40.0	0.4	16.00	0.40	40.0	16.00	100.00%						50	
11	Desnivel entre calzada y berma o Desenivel transversal	1: Desenivel leve (< 1 cm desnivel)				-		80.0	-		0.00%	P = 0	0 < P < 20	$20 \leq P < 100$	$P = 100$		
		2: Desenivel moderado (1 cm - 3 cm desnivel)					-		80.0	-		0	0	-20	100		
		3: Desenivel severo (> 3 cm desnivel)					-		80.0	-						0	

Suma puntaje de condición = 267

Calificación de condición (1000 - suma puntaje de condición) = 733

Condición estructural	Inaceptable	Muy malo	Malo	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Excelente
	≤ 100	> 100 y ≤ 250	> 250 y ≤ 400	> 400 y ≤ 550	> 550 y ≤ 700	> 700 y ≤ 850	> 850
Escala de valoración	Muy baja	Muy baja	Baja	Media	Media	Alta	Muy alta
	1	1	2	3	3	4	5

EVALUACIÓN DE CONDICIONES ESTRUCTURALES DE LA PLATAFORMA DE CARRETERAS CON PAVIMENTO FLEXIBLE																		
Tesis	Título:	Índice de sostenibilidad de la carretera Baños del Inca - Llacanora con la incorporación de los niveles de riesgo, 2024				Datos generales de la infraestructura		Carretera:		Baños del Inca - Llacanora		Sección evaluada	Progresivas:		Km 4+088 al Km 4+128		fecha del documento	Fecha:
	Tesista:	Roel Alexander Quiliche Cachay						Tramo:		Llacanora			Superficie de rodadura:		Asfalto			
	Código de ruta:		Ruta Vecinal CA 1494		Ubicación:			Baños del Inca - Llacanora, Cajamarca, Cajamarca										
Clasificación de los deterioros / fallas	Código de deterioro / falla	Deterioro / Falla	Gravedad (G)	Número de deterioros (Nij)	Longitud del deterioro (Lij)	Ancho del deterioro (Aij)	Área de deterioro Aij (m2)Número de deterioros (Nij)Longitud del deterioro (Lij)	Ancho de la sección evaluada (m)	Longitud de la sección evaluada (m)	Área de la sección evaluada (m2) As	Porcentaje de la extensión del deterioro / falla (EFij)	Extensión promedio ponderada (EFp)	Puntaje de condición según extensión de cada tipo de deterioro o falla (P)				Puntaje de condición resultante por cada tipo de deterioro/falla:	
													0: sin deterioros o sin fallas	1: Leve	2: Moderado	3: Severo		
													0% <EFp< 10%	10% ≤EFp≤ 30%	EFp> 30%			
CALZADA Deterioros o fallas estructurales	1	Fisuración en red.	1: Fisuración fina (< 1.5 mm de ancho)	1	12.2	3.4	41.60	7.0	40.0	280.00	14.86%	14.86%	P = 0	0 < P < 40	40 ≤ P < 200	P = 200	79	
			2: Fisuración moderada (1.5 mm - 3 mm de ancho)				7.0	40.0	280.00		0		59	79	200			
			3: Fisuración severa (> 3 mm de ancho)				7.0	40.0	280.00									
	2	Baches o Huecos	1: Pequeños baches (< 0.3 m de diámetro)		-	-							0.00	EFp= 0	0 <EFp< 1	1 ≤EFp≤ 2	EFp> 2	207
			2: Baches medianos (0.3 m - 0.6 m de diámetro)		-	-								P = 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P = 100	
			3: Grandes baches (> 0.6 m de diámetro)		-	-								0	0	-30	100	
	3	Deformación por falla estructural	1: Deformaciones leves (< 2 cm profundidad/abultamiento)						7.0	40.0	280.00		0.00%	P = 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P = 100	0
			2: Deformaciones moderadas (2 cm - 4 cm profundidad/abultamiento)						7.0	40.0	280.00			0	0	-2	100	
			3: Deformaciones severas (> 4 cm profundidad/abultamiento)						7.0	40.0	280.00							
CALZADA Deterioros o fallas superficiales	4	Rutado	1: Rutado leve (< 6 mm de profundidad)					7.0	40.0	280.00		0.00%	P = 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P = 100	0	
			2: Rutado moderado (6 mm - 13 mm de profundidad)					7.0	40.0	280.00			0	0	-20	100		
			3: Rutado severo (> 13 mm de profundidad)					7.0	40.0	280.00								
	5	Reparaciones superficiales o parcheo	1: Parcheo superficial de fisuras menores	2	0.7	0.5	0.70	7.0	40.0	280.00	0.25%	0.25%	P = 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P = 50	0	
			2: Parcheo de fisuras y baches medianos					7.0	40.0	280.00			0	0	-10	50		
			3: Reparaciones profundas					7.0	40.0	280.00								
6	Desprendimiento de agregado o	1: Desprendimiento leve (< 10% de la superficie afectada)	1	0.3	0.3	0.09	7.0	40.0	280.00	0.03%	0.03%	P = 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P = 50			

BERMAS Pavimentadas y no pavimentadas	Desprendimiento superficial.	2: Desprendimiento moderado (10% - 30% de la superficie afectada)					7.0	40.0	280.00			0	0	-10	50		
		3: Desprendimiento severo (> 30% de la superficie afectada)					7.0	40.0	280.00								0
	7	Fisuras longitudinales	1: Fisura leve (< 1.5 mm de ancho)					7.0	40.0	280.00		32.14%	P = 0	0 < P < 20	$20 \leq P < 100$	$P = 100$	
			2: Fisura moderada (1.5 mm - 3 mm de ancho)	3	15.0	2.0	90.00	7.0	40.0	280.00	32.14%		0	64	109	100	
			3: Fisura severa (> 3 mm de ancho)					7.0	40.0	280.00							100
	8	Fisuras transversales	1: Fisura leve (< 1.5 mm de ancho)	1	4.0	1.0	4.00	7.0	40.0	280.00	1.43%		P = 0	0 < P < 10	$10 \leq P < 50$	$P = 50$	
			2: Fisura moderada (1.5 mm - 3 mm de ancho)					7.0	40.0	280.00		1.43%	0	1	-7	50	
			3: Fisura severa (> 3 mm de ancho)					7.0	40.0	280.00							1
	9	Exudación de asfalto.	1: Exudación leve: visiblemente aceitosa, pero sin pérdida de tracción					7.0	40.0	280.00			P = 0	0 < P < 20	$20 \leq P < 100$	$P = 100$	
			2: Exudación moderada: aceitosa con ligera pérdida de tracción					7.0	40.0	280.00		0.00%	0	0	-20	100	
			3: Exudación severa: aceitosa y resbaladiza					7.0	40.0	280.00							0
	10	Daños localizados.	1: Daño leve: Pequeños daños en áreas localizadas					0.45	40.0	18.00			P = 0	0 < P < 10	$10 \leq P < 50$	$P = 50$	
			2: Daño moderado: Daños que afectan menos del 30% de bermas en la longitud evaluada					0.45	40.0	18.00		88.89%	0	89	168	50	
			3: Daños que afectan más del 30% de bermas en la longitud evaluada	2	40.0	0.2	16.00	0.45	40.0	18.00	88.89%						50
	11	Desnivel entre calzada y berma o Desenivel transversal	1: Desenivel leve (< 1 cm desnivel)			-		-	80.0	-			P = 0	0 < P < 20	$20 \leq P < 100$	$P = 100$	
2: Desenivel moderado (1 cm - 3 cm desnivel)					-		-	80.0	-		0.00%	0	0	-20	100		
3: Desenivel severo (> 3 cm desnivel)					-		-	80.0	-							0	
Suma puntaje de condición =															438		
Calificación de condición (1000 - suma puntaje de condición) =															562		
Condición estructural	Inaceptable	Muy malo	Malo	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Excelente										
	≤ 100	> 100 y ≤ 250	> 250 y ≤ 400	> 400 y ≤ 550	> 550 y ≤ 700	> 700 y ≤ 850	> 850										
Escala de valoración	Muy baja	Muy baja	Baja	Media	Media	Alta	Muy alta										
	1	1	2	3	3	4	5										

EVALUACIÓN DE CONDICIONES ESTRUCTURALES DE LA PLATAFORMA DE CARRETERAS CON PAVIMENTO FLEXIBLE																		
Tesis	Título:	Índice de sostenibilidad de la carretera Baños del Inca - Llacanora con la incorporación de los niveles de riesgo, 2024			Datos generales de la infraestructura		Carretera:		Baños del Inca - Llacanora		Sección evaluada	Progresivas:		Km 5+090 al Km 5+130		fecha del documento	Fecha:	
	Tesista:	Roel Alexander Quiliche Cachay					Tramo:		Llacanora			Superficie de rodadura:		Acuñado				
	Código de ruta:		Ruta Vecinal CA 1494				Ubicación:		Baños del Inca - Llacanora, Cajamarca, Cajamarca									
Clasificación de los deterioros / fallas	Código de deterioro / falla	Deterioro / Falla	Gravedad (G)	Número de deterioros (Nij)	Longitud del deterioro (Lij)	Ancho del deterioro (Aij)	Área de deterioro Aij (m2)Número de deterioros (Nij)Longitud del deterioro (Lij)	Ancho de la sección evaluada (m)	Longitud de la sección evaluada (m)	Área de la sección evaluada (m2) As	Porcentaje de la extensión del deterioro / falla (EFij)	Extensión promedio ponderada (EFp)	Puntaje de condición según extensión de cada tipo de deterioro o falla (P)				Puntaje de condición resultante por cada tipo de deterioro/falla:	
CALZADA Deterioros o fallas estructurales	1	Fisuración en red.	1: Fisuración fina (< 1.5 mm de ancho)					5.3	40.0	210.00		0.00%	P = 0	0 < P < 40	40 ≤ P < 200	P = 200	0	
			2: Fisuración moderada (1.5 mm - 3 mm de ancho)				5.3	40.0	210.00		0		0	-40	200			
			3: Fisuración severa (> 3 mm de ancho)				5.3	40.0	210.00									
	2	Baches o Huecos	1: Pequeños baches (< 0.3 m de diámetro)		-	-							0.00	EFp= 0	0 < EFp < 1	1 ≤ EFp ≤ 2	EFp > 2	207
			2: Baches medianos (0.3 m - 0.6 m de diámetro)		-	-								P = 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P = 100	
			3: Grandes baches (> 0.6 m de diámetro)		-	-								0	0	-30	100	
	3	Deformación por falla estructural	1: Deformaciones leves (< 2 cm profundidad/abultamiento)						5.3	40.0	210.00		0.00%	P = 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P = 100	0
			2: Deformaciones moderadas (2 cm - 4 cm profundidad/abultamiento)						5.3	40.0	210.00			0	0	-2	100	
			3: Deformaciones severas (> 4 cm profundidad/abultamiento)						5.3	40.0	210.00							
	CALZADA Deterioros o fallas superficiales	4	Rutado	1: Rutado leve (< 6 mm de profundidad)					5.3	40.0	210.00		0.00%	P = 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P = 100	0
				2: Rutado moderado (6 mm - 13 mm de profundidad)					5.3	40.0	210.00			0	0	-20	100	
				3: Rutado severo (> 13 mm de profundidad)					5.3	40.0	210.00							
5		Reparaciones superficiales o parcheo	1: Parcheo superficial de fisuras menores						5.3	40.0	210.00		0.00%	P = 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P = 50	0
			2: Parcheo de fisuras y baches medianos					5.3	40.0	210.00		0		0	-10	50		
			3: Reparaciones profundas					5.3	40.0	210.00								
6	Desprendimiento de agregado o	1: Desprendimiento leve (< 10% de la superficie afectada)						5.3	40.0	210.00		0.00%	P = 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P = 50		

BERMAS Pavimentadas y no pavimentadas	Desprendimiento superficial.	2: Desprendimiento moderado (10% - 30% de la superficie afectada)					5.3	40.0	210.00			0	0	-10	50		
		3: Desprendimiento severo (> 30% de la superficie afectada)					5.3	40.0	210.00								0
	7	Fisuras longitudinales	1: Fisura leve (< 1.5 mm de ancho)					5.3	40.0	210.00		0.00%	P = 0	0 < P < 20	$20 \leq P < 100$	$P = 100$	
			2: Fisura moderada (1.5 mm - 3 mm de ancho)					5.3	40.0	210.00			0	0	-20	100	
			3: Fisura severa (> 3 mm de ancho)					5.3	40.0	210.00							0
	8	Fisuras transversales	1: Fisura leve (< 1.5 mm de ancho)					5.3	40.0	210.00		0.00%	P = 0	0 < P < 10	$10 \leq P < 50$	$P = 50$	
			2: Fisura moderada (1.5 mm - 3 mm de ancho)					5.3	40.0	210.00			0	0	-10	50	
			3: Fisura severa (> 3 mm de ancho)					5.3	40.0	210.00							0
	9	Exudación de asfalto.	1: Exudación leve: visiblemente aceitosa pero sin pérdida de tracción					5.3	40.0	210.00		0.00%	P = 0	0 < P < 20	$20 \leq P < 100$	$P = 100$	
			2: Exudación moderada: aceitosa con ligera pérdida de tracción					5.3	40.0	210.00			0	0	-20	100	
			3: Exudación severa: aceitosa y resbaladiza					5.3	40.0	210.00							0
	BERMAS Pavimentadas y no pavimentadas	10	Daños localizados.	1: Daño leve: Pequeños daños en áreas localizadas	1	2.0	0.2	0.40	0.30	40.0	12.00	3.33%	P = 0	0 < P < 10	$10 \leq P < 50$	$P = 50$	
2: Daño moderado: Daños que afectan menos del 30% de bermas en la longitud evaluada								0.30	40.0	12.00		3.33%	0	3	-3	50	
3: Daños que afectan más del 30% de bermas en la longitud evaluada								0.30	40.0	12.00							3
11		Desnivel entre calzada y berma o Desenivel transversal	1: Desenivel leve (< 1 cm desnivel)			-		-	80.0	-		0.00%	P = 0	0 < P < 20	$20 \leq P < 100$	$P = 100$	
			2: Desenivel moderado (1 cm - 3 cm desnivel)			-		-	80.0	-			0	0	-20	100	
			3: Desenivel severo (> 3 cm desnivel)			-		-	80.0	-							0

Suma puntaje de condición =	210
Calificación de condición (1000 - suma puntaje de condición) =	790

Condición estructural	Inaceptable	Muy malo	Malo	Aceptable	Bueno	Muy bueno	Excelente
	≤ 15	> 25 y ≤ 50	> 50 y ≤ 150	> 150 y ≤ 275	> 275 y ≤ 400	> 400 y ≤ 450	> 450
Escala de valoración	Muy baja	Muy baja	Baja	Media	Media	Alta	Muy alta
	1	1	2	3	3	4	5

ANEXO VI
EVALUACION DE LOS NIVELES DE RIESGO EN CARRETERAS

FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGO									
1	Tesis	Título			Índice de sostenibilidad de la carretera Baños del Inca - Llacanora con la incorporación de los niveles de riesgo, 2024				
		Tesista			Roel Alexander Quiliche Cachay				
	Fecha del documento	Fecha			11 de setiembre 2024				
3	Datos generales de la infraestructura vial	Carretera			Baños del Inca – Llacanora				
		Tramo			Llacanora				
		Código de ruta			Ruta vecinal CA 1494				
4	Sección evaluada	Progresivas			Km 3+108 al Km 3+608				
		Superficie de rodadura			Asfalto				
		Ubicación			Baños del Inca - Llacanora, Cajamarca, Cajamarca				
5	Identificación de riesgos								
	5.1	Código de riesgo	R1						
	5.2	Descripción del riesgo	Riesgo de la infraestructura vial por erosión						
	5.3	Tipo de erosión	Por escurrimiento						
6.1	Análisis y evaluación de peligrosidad								
	Parámetros de evaluación		Descripción					Nivel de peligrosidad	
								Valor	Percepción
	Factores desencadenantes (Fd)							0.30	
	Erosividad de lluvias	Estación:	Augusto Weberbauer		Intensidad:	12.4 mm/día		0.10	Muy bajo
		Mes:	Agosto 2024		Clasificación:	Erosividad muy baja			
	Pendiente del terreno	Relieve:	Ondulado					0.50	Moderado
		Pendiente:	48.4%						
	Factores condicionantes (Fc)							0.60	
	Textura del suelo	Clase textural:		Arcilloso arenoso				0.90	Muy alto
		Textura general:		Textura fina					
	Pendiente rocosa	Pendiente :		60. 2 %				0.50	Moderado
	Cobertura vegetal	Tipo de cobertura:		Baja Vegetación				0.50	Moderado
	Conservación de suelo	Tipo de práctica de conservación:		Sembrío de pastos y forestación				0.50	Moderado
	Nivel de peligrosidad: $[0.75(Fd)+0.25(Fc)]$							0.375	Moderado
6.2	Análisis de vulnerabilidad								
	Parámetros de evaluación		Descripción					Nivel de vulnerabilidad	
								Valor	Percepción
	Dimensión física (df)	0.60	Exposición	Tramo de carretera expuesto		100.00%		0.80	Muy alto
			Fragilidad	Estado de conservación		Regular		0.20	Moderado
			Resiliencia	Estado de obras de protección		requiere y no las tiene		0.80	Muy alto
	Dimensión social (ds)	0.80	Exposición	Localización del tramo expuesto		Muy cercana		0.80	Muy alto
			Fragilidad	Nivel de organización		Pésimo		0.80	Muy alto
			Resiliencia	Actitud frente al riesgo		Desinteresada		0.80	Muy alto
	Dimensión económica (de)	0.53	Exposición	Servicio de transporte expuesto		Restringido		0.40	Alto
			Fragilidad	Ingreso económico por el servicio		No se genera ingresos		0.80	Muy alto
			Resiliencia	Cultura de pago por el servicio		Algunas empresas de transporte publico son formales		0.40	Alto
	Dimensión ambiental (da)	0.53	Exposición	Pérdida de suelo		Pendientes pronunciadas		0.80	Muy alto
			Fragilidad	Explotación de recursos naturales		prácticas de degradación en los terrenos adyacentes		0.40	Alto
			Resiliencia	Actividades de protección		gaviones ligeros		0.40	Alto
Nivel de vulnerabilidad: $[0.40(df)+0.20(ds)+0.20(de)+0.20(da)]$							0.613	Muy alto	
7	Cálculo del riesgo								
	7.1	Peligro			7.2	Vulnerabilidad			
		Muy bajo	0.10	0.375		Muy bajo	0.05	0.613	
		Bajo	0.30	0.375		Bajo	0.10	0.613	
		Moderado	0.50	0.375		Moderado	0.20	0.613	
		Alto	0.70	0.375		Alto	0.40	0.613	
		Muy alto	0.90	0.375		Muy alto	0.80	0.613	X
		Moderado				0.375	Muy alto		
	7.3	Nivel de riesgo			Nivel de riesgo				Alto
		Riesgo = Peligro x Vulnerabilidad		0.230					

1. Análisis y Evolución de Peligrosidad

1.1. Erosividad de lluvias

Datos hidrometeorológicos – SENAMHI

Estación: Augusto Weberbauer

Mes: Agosto

Intensidad máxima diaria (I): 0.6 mm/día

Precipitación media mensual: 1.1 mm/mes

Dado que en este mes agosto y setiembre, que se realizó el trabajo de campo de la investigación no estamos en el periodo de precipitaciones máximas, utilizaremos datos anuales hasta setiembre de 2024 para el año 2024.

Precipitación media anual en términos de intensidad máxima diaria: 12.4 mm/día

Precipitación media mensual: 42.4 mm/mes

Precipitación media anual 2024, hasta setiembre 2024: 339.4 mm/Año

Nivel de peligrosidad según la intensidad de las lluvias

CLASIFICACION	RANGO (I) mm/día	NIVEL DE PELIGROSIDAD	
Lluvias nulas	$I = 0$	0.00	Ninguno
Lluvias ligeras	$0 < I \leq 5$	0.10	Muy bajo
Lluvias Moderadas	$5 < I \leq 20$	0.30	Bajo
Lluvias Fuertes	$20 < I \leq 70$	0.50	Moderado
Lluvias muy fuertes o intensas	$70 < I \leq 150$	0.70	Alto
Lluvias extremas o torrenciales	$I > 150$	0.90	Muy alto

Nota: (SENAMHI, 2024)

Donde I: intensidad máxima diaria de lluvia durante el mes

Clasificación: Lluvias moderadas

Nivel de peligrosidad: 0.30 Bajo

Nivel de peligrosidad según la Erosividad de la lluvia

CLASIFICACION	RANGO (IF)	NIVEL DE PELIGROSIDAD	
Erosividad muy baja	$IF \leq 15$	0.10	Muy bajo
Erosividad baja	$15 < IF \leq 30$	0.30	Bajo
Erosividad moderada	$30 < IF \leq 50$	0.50	Moderado
Erosividad alta	$50 < IF \leq 65$	0.70	Alta
Erosividad muy alta	$IF > 65$	0.90	Muy Alta

Nota: (SENAMHI, 2024)

$$IF = \frac{p^2}{P}$$

Donde:

IF: índice de Fournier (adimensional)

p: precipitación media mensual (mm)

P: precipitación media anual (mm)

Por lo tanto:

$$IF = 5.30$$

Clasificación: Erosividad muy baja

Nivel de peligrosidad: 0.1 (Muy bajo)

1.2. Pendiente del terreno

Datos (transversal a la vía) - SIGRID

Cota máxima: 2895.5 m.s.n.m

Cota mínima: 2614.8 m.s.n.m

Desnivel: 280.7 m

Longitud horizontal: 580 m

Pendiente: 48.4 %

Nivel de peligrosidad según la pendiente del terreno

Relieve	Pendiente	NIVEL DE PELIGROSIDAD	
Plano	$P \leq 3 \%$	0.10	Muy bajo
Suave	$3 \% < P \leq 10 \%$	0.30	Bajo
Ondulado	$10 \% < P \leq 50 \%$	0.50	Moderado
Accidentado	$50 \% < P \leq 100 \%$	0.70	Alto
Escarpado	$P > 100 \%$	0.90	Muy Alto

Nota: (Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, 2018)

Relieve: Ondulado

Nivel de peligrosidad: 0.50 Moderado

1.3. Textura del suelo

Datos sobre el tipo de suelo - (Grado de estabilidad de los taludes críticos de la carretera Baños del Inca - Llacanora, 2018)

Análisis granulométrico: 50.4 % de arena y 45.6 de finos

Clasificación SUCS: SC “Arenoso-Arcilloso”

Clasificación AASHTO: A-4(1) Arcillosa o Limosa “Limo-Arcillosos”

Nivel de peligrosidad según las clasificaciones texturales fundamentales del suelo

Nombre del suelo (textura general)	Clase textual	NIVEL DE PELIGROSIDAD	
Suelos arenosos (textura gruesa)	Arenoso	0.10	Muy bajo
	Arenoso franco		
Suelos francos (textura moderadamente gruesa)	Franco arenoso	0.30	Bajo
	Franco Limoso		
Suelos francos (textura mediana)	Franco	0.50	Moderado
	Franco limoso arcilloso		
Suelos Francos (textura moderadamente fina)	Franco arenoso arcilloso	0.70	Alto
	Franco arcilloso		
Suelos arcillosos (textura fina)	Arcilloso	0.90	Muy alto
	Arcilloso limoso		
	Arcilloso arenoso		

Nota: (FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2004)

Nombre del suelo (textura general): Suelos arcillosos (textura fina)

Clase textual: Arcilloso arenoso

Nivel de peligrosidad: 0.90 Muy alto

1.4. Pendiente rocosa

Datos (transversal a pendiente rocosa) - SIGRID

Cota máxima: 3063.3 m.s.n.m

Cota mínima: 2664.3 m.s.n.m

Desnivel: 399.0 m

Longitud horizontal: 662.5

Pendiente: 60.2 %

Nivel de peligrosidad según la pendiente rocosa

Pendiente - (porcentaje)		NIVEL DE PELIGROSIDAD	
pendiente estable	0% - 36 %	0.10	Muy bajo
Pendiente con posibles deslizamientos menores	36% - 57 %	0.30	Bajo
Pendiente susceptible a deslizamientos ocasionales	57% - 100 %	0.50	Moderado
Pendiente inestable con alta probabilidad de deslizamientos	100% - 150 %	0.70	Alto
Pendiente extremadamente inestable con alta probabilidad de avalanchas	> 150 %	0.90	Muy alto

Nota: (UNESCO, 2022)

Pendiente: susceptible a deslizamientos ocasionales

Nivel de peligrosidad: 0.50 Moderado

1.5. Cobertura vegetal

Datos:

Descripción: Baja vegetación

Nivel de peligrosidad según la cobertura vegetal

Cobertura vegetal	Densidad vegetal (%)	NIVEL DE PELIGROSIDAD	
Alta vegetación	> 70 %	0.10	Muy bajo
Vegetación moderada	40 % - 70 %	0.30	Bajo
Baja Vegetación	20 % - 40 %	0.50	Moderado
Escasa Vegetación	< 20 %	0.70	Alto
Sin vegetación	0%	0.90	Muy alto

Nota: (Loyola, 2019)

Densidad vegetal: 20 % - 40 %

Nivel de peligrosidad: 0.50 Moderado

1.6. Conservación del suelo

Datos:

Descripción: sembrío de pastos y arboles

Nivel de peligrosidad según las prácticas de conservación del suelo

Prácticas de Conservación	Estructuras Físicas	NIVEL DE PELIGROSIDAD	
Cobertura Vegetal permanente	Terrazas de infiltración	0.10	Muy bajo
Cobertura Vegetal temporal	Zanjas de infiltración	0.30	Bajo
Sembrío de pastos y forestación	Zanjas de drenaje	0.50	Moderado
Rotación de cultivos	Muros de contención	0.70	Alto
Cultivo con pendientes elevadas	Ausencia de estructuras	0.90	Muy alto

Nota: (Rosas, 2016)

Prácticas de conservación: Sembrío de pastos y forestación

Nivel de peligrosidad: 0.50 Moderado

2. Análisis de vulnerabilidad

2.1. Dimensión Física

a) Exposición física

Tramo de carretera expuesto

Datos:

Ancho de la sección evaluada: 7.0 m (aproximadamente)

Longitud de la sección evaluada: 5,130.0 m

Nivel de vulnerabilidad según la exposición del tramo de la carretera

Exposición	NIVEL DE VULNERABILIDAD	
$0 \% \leq E \leq 10 \%$	0.05	Muy bajo
$10 \% \leq E \leq 25 \%$	0.10	Bajo
$25 \% \leq E \leq 50 \%$	0.20	Moderado
$50 \% \leq E \leq 75 \%$	0.40	Alto
$E > 75 \%$	0.80	Muy alto

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Exposición: 100 %

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

b) Fragilidad Física

Estado de conservación

Datos

Descripción: no recibe mantenimiento definido, solo cuando hay emergencias.

Nivel de vulnerabilidad según el estado de conservación del tramo de la carretera

Estado de Conservación		NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Excelente	El tramo de la carretera recibe mantenimiento permanente y no presenta deterioro alguno.	0.05	Muy bajo
Adecuado	El tramo de la carretera recibe mantenimiento permanente y presenta ligeros deterioros superficiales debido al uso normal.	0.10	Bajo
Regular	El tramo de la carretera recibe mantenimiento esporádico, tiene deterioro, que aún no comprometen la infraestructura.	0.20	Moderado
Inadecuado	El tramo de la carretera no recibe mantenimiento regular, presenta deterioro que comprometen la infraestructura, aunque aún sin peligro de colapso.	0.40	Alto
Pésimo	El tramo de la carretera presenta un deterioro que compromete la infraestructura con peligro inminente de colapso.	0.80	Muy alto

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Evaluación: Regular

Nivel de vulnerabilidad: 0.20 Moderado

c) Resiliencia:

Estado de obras de protección

Datos

Descripción: no tiene obras de protección

Nivel de vulnerabilidad según el estado de las obras de protección

Estado de obras de protección		NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Excelente	Obra vial en estado optimo, no es necesario las obras de protección	0.05	Muy bajo
Adecuado	Obras de protección en estado bueno	0.10	Bajo
Regular	Obras de protección en estado regular	0.20	Moderado
Inadecuado	Obras de protección deteriorada	0.40	Alto
Pésimo	Requiere Obras de protección, sin embargo, no las tiene.	0.80	Muy alto

Nota: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales, 2018)

Evaluación: Pésimo

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

2.2. Dimensión Social

a) Exposición social

Localización del tramo expuesto

Datos:

Cercanía al peligro: muy cerca

Nivel de vulnerabilidad según la cercanía del tramo de la carretera expuesta al peligro

Localización	Distancia (km)	NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Muy alejada	> 5 km	0.05	Muy bajo
Alejada	3 - 5 km	0.10	Bajo
Normal	1 - 3 Km	0.20	Moderado
Cercana	0.2 - 1 Km	0.40	Alto
Muy cercana	0 - 0.2 Km	0.80	Muy alto

Nota: (CENEPRED, 2014)

Evaluación: Muy cercana

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

b) Fragilidad social

Nivel de organización

Datos

Descripción: solo se hace mantenimiento cuando hay emergencia, y no cuenta obras de protección, para la estabilidad de taludes.

Nivel de vulnerabilidad según el nivel de organización del operador

Nivel de organización	NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Excelente	0.05	Muy bajo
Adecuado	0.10	Bajo
Regular	0.20	Moderado
Inadecuado	0.40	Alto
Pésimo	0.80	Muy alto

Nota: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales, 2018)

Organización: pésimo

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

c) Resiliencia:

Actitud frente al riesgo

Datos

Descripción: el operador no ha gestionado medidas para la mitigación del riesgo existente.

Nivel de vulnerabilidad según la actitud del operador frente al riesgo

Actitud frente al riesgo	NIVEL DE VULNERABILIDAD	
El operador muestra una actitud anticipada, tomando varias medidas para evitar posibles riesgos.	0.05	Muy bajo
El operador tiene una actitud parcialmente anticipada, asumiendo el riesgo y aplicando pocas medidas para evitarlo.	0.10	Bajo
El operador muestra una previsión parcial, aceptando riesgo sin aplicar acciones para evitarlo.	0.20	Moderado
El operador demuestra una previsión muy limitada.	0.40	Alto
El operador muestra una postura fatalista, conformista y desinteresada	0.80	Muy alto

Nota: (CENEPRED, 2014)

Actitud: desinteresada

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

2.3. Dimensión económica

a) Exposición económica

Servicio de transporte expuesto

Datos

Descripción: cuando hay erosión en un tramo de la carretera, el servicio es interrumpido.

Nivel de vulnerabilidad según el servicio expuesto durante el impacto al peligro.

Servicio de transporte expuesto		NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Excelente	Permanente	0.05	Muy bajo
Adecuado	Continuo	0.10	Bajo
Regular	Discontinuo	0.20	Moderado
Inadecuado	Restringido	0.40	Alto
Pésimo	Interrumpido	0.80	Muy alto

Evaluación: Restringido

Nivel de vulnerabilidad: 0.4 Alto

b) Fragilidad económica

Servicio de transporte expuesto

Datos

Descripción: no se genera ningún ingreso

Nivel de vulnerabilidad según los ingresos generados durante el impacto del peligro

Ingreso económico por el servicio		NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Permanente	Genera ingresos normales	0.05	Muy bajo
Continuo	Reduce menos del 50 % los ingresos	0.10	Bajo
Discontinuo	Reduce al 50 % los ingresos	0.20	Moderado
Restringido	Reduce más del 50 % de los ingresos	0.40	Alto
Interrumpido	No genera ingresos	0.80	Muy alto

Evaluación: No genera ingresos

Nivel de vulnerabilidad: 0.8 Muy alto

c) Resiliencia económica

Cultura de pago por el servicio

Datos

Descripción: Algunas empresas de transporte de pasajeros circulan formalmente.

Nivel de vulnerabilidad según la cultura de pago de los beneficiarios

Cultura de pago por el servicio		NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Constante:	Existe peaje	0.05	Muy bajo
Frecuente:	Todas las empresas de transporte público y de carga son formales.	0.10	Bajo
Ocasional:	Todas las empresas de transporte público son formales	0.20	Moderado
Rara vez	Algunas empresas de transporte público son formales	0.40	Alto
Nunca	Todos los transportistas son informales	0.80	Muy alto

Evaluación: Algunas empresas de transporte público son formales

Nivel de vulnerabilidad: 0.4 Alto

2.4. Dimensión Ambiental

a) Exposición ambiental

Perdida de suelo

Datos

Descripción: protección regular en los márgenes.

Nivel de vulnerabilidad según la pérdida de suelo

Perdida del suelo	NIVEL DE VULNERABILIDAD	
El cultivo y la concentración de sales en el suelo contribuyen a la desertificación, resultando en pérdidas del suelo.	0.05	Muy bajo
La longitud y pendiente del terreno están directamente relacionadas con las pérdidas en un campo de cultivo.	0.10	Bajo
La falta de protección adecuada en las márgenes de los ríos afecta áreas extensas.	0.20	Moderado
La deforestación intensificada, el uso excesivo del suelo, la expansión urbana y el sobrepastoreo son problemas graves.	0.40	Alto
La erosión causada por las lluvias es especialmente severa en terrenos montañosos con pendientes pronunciadas, afectada por lluvias estacionales y el fenómeno del niño.	0.80	Muy alto

Evaluación: Erosión por pendientes pronunciadas.

Nivel de vulnerabilidad: 0.8 Muy alto

b) Fragilidad Ambiental

Explotación de recursos naturales

Datos

Descripción: actividades de agricultura y ganadería

Nivel de vulnerabilidad según la explotación de recursos naturales

Explotación de recursos Naturales	NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Uso de terrenos adyacentes con técnica continua, respetando criterios de sostenibilidad económica y ambiental.	0.05	Muy bajo
Uso de terrenos adyacentes con guía técnica conforme a los criterios de sostenibilidad.	0.10	Bajo
Actividades con baja intensidad que causan degradación en los terrenos adyacentes, sin orientación técnica especializada.	0.20	Moderado
Prácticas de degradación en los terrenos adyacentes en intervalos regulares o en estaciones específicas, de una manera negligente.	0.40	Alto
Actividades que provocan una degradación significativa y negligente en os terrenos adyacentes, además de otras prácticas básicas relacionadas con el área de estudio.	0.80	Muy alto

Nota: (CENEPRED, 2014)

Evaluación: Practicas de degradación en los terrenos adyacentes en intervalos regulares o estaciones específicas.

Nivel de vulnerabilidad: 0.4 Alto

c) Resiliencia Ambiental

Actividades de protección

Datos

Descripción: poca aplicación de protección en los terrenos adyacentes

Nivel de vulnerabilidad según la aplicación de actividades de protección

Actividades de protección	NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Construcción de terrazas reforestadas con plantas	0.05	Muy bajo
Colocación de sistemas de drenaje adecuado en los taludes	0.10	Bajo
Dique de madera, esmerilado	0.20	Moderado
Cunas vivas, Gaviones ligeros vivos	0.40	Alto
Ausencia de medidas de protección	0.80	Muy alto

Nota: (Ministerio de Energía y Minas, 2023)

Evaluación: Gaviones ligeros vivos

Nivel de vulnerabilidad: 0.4 Alto

FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGO										
1	Tesis	Título			Índice de sostenibilidad de la carretera Baños del Inca - Llacanora con la incorporación de los niveles de riesgo, 2024					
		Tesista			Roel Alexander Quiliche Cachay					
Fecha del documento		11 de setiembre del 2024								
3	Datos generales de la infraestructura vial	Carretera			Baños del Inca - Llacanora					
		Tramo			Llacanora					
		Código de ruta			Ruta vecinal CA 1494					
4	Sección evaluada	Progresivas			Km 3+108 al Km 3+608					
		Superficie de rodadura			Asfalto					
		Ubicación			Baños del Inca - Llacanora, Cajamarca, Cajamarca					
Identificación de riesgos										
5	5.1	Código de riesgo		R2						
	5.2	Descripción del riesgo								Riesgo de la infraestructura vial por movimientos de masas
	5.3	Movimiento de masa								deslizamiento, avalancha de rocas o suelo
Análisis y evaluación de peligrosidad										
Parámetros de evaluación		Descripción					Nivel de peligrosidad			
							Valor	Percepción		
Factores desencadenantes (Fd)										
							0.30			
6.1	Erosividad de lluvias	Estación:		Augusto Weberbauer		Intensidad:		12.4 mm/día		
		Mes:		Setiembre 2024		Clasificación:		Erosividad muy baja		
								0.10		
								Muy bajo		
6.1	Pendiente del terreno	Relieve:			Ondulado					
		Pendiente:			48.4%					
								0.50		
								Moderado		
Factores condicionantes (Fc)										
							0.70			
6.1	Textura del suelo	Clase textural:			Arcilloso arenoso					
		Textura general:			Textura fina					
								0.90		
								Muy alto		
6.1		Topografía del terreno			Topografía:		Moderada			
								0.50		
								Moderado		
6.1		Erosión por movimientos de masas			Características:		Áreas con pendientes que muestran zonas con roca altamente meteorizadas			
								0.90		
								Muy alto		
6.1		Velocidad de desplazamiento			Tipo de movimiento:		Alta probabilidad de destrucción total y riesgo			
								0.90		
								Muy alto		
6.1		Cobertura vegetal			Tipo de cobertura:		Baja Vegetación			
								0.50		
								Moderado		
6.1		Conservación de suelo			Tipo de práctica de conservación:		Sembrio de pastos y forestación			
								0.50		
								Moderado		
		Nivel de peligrosidad: $[0.75(Fd)+0.25(Fc)]$					0.400		Moderado	
Análisis de vulnerabilidad										
Parámetros de evaluación		Descripción					Nivel de vulnerabilidad			
							Valor	Percepción		
6.2	Dimensión física (df)	0.60	Exposición		Tramo de carretera expuesto		100.00%			
			Fragilidad		Estado de conservación		Regular			
			Resiliencia		Estado de taludes		Taludes sin banquetas de corte ni obras de protección			
								0.80		
								Muy alto		
6.2	Dimensión social (ds)	0.80	Exposición		Localización del tramo expuesto		Muy cercana			
			Fragilidad		Nivel de organización		Pésimo			
			Resiliencia		Actitud frente al riesgo		Desinteresada			
								0.80		
								Muy alto		
6.2	Dimensión económica (de)	0.53	Exposición		Servicio de transporte expuesto		Restringido			
			Fragilidad		Ingreso económico por el servicio		No se genera ingresos			
			Resiliencia		Cultura de pago por el servicio		Algunas empresas de transporte publico son formales			
								0.40		
								Alto		
6.2	Dimensión ambiental (da)	0.53	Exposición		Pérdida de suelo		Pendientes pronunciadas			
			Fragilidad		características geológicas del suelo		zonas muy fracturadas			
			Resiliencia		Actividades de protección		gaviones ligeros			
								0.80		
								Muy alto		
								0.40		
								Alto		
								0.40		
								Alto		
		Nivel de vulnerabilidad: $[0.40(df)+0.20(ds)+0.20(de)+0.20(da)]$					0.613		Muy alto	
Cálculo del riesgo										
7	7.1	Peligro			7.2	Vulnerabilidad				
		Muy bajo	0.10	0.400		Muy bajo	0.05	0.613		
		Bajo	0.30	0.400		Bajo	0.10	0.613		
		Moderado	0.50	0.400		Moderado	0.20	0.613		
		Alto	0.70	0.400		Alto	0.40	0.613		
		Muy alto	0.90	0.400		Muy alto	0.80	0.613	X	
	Moderado			0.400		Muy alto			0.613	
7.3	Nivel de riesgo			Riesgo = Peligro x Vulnerabilidad						
			0.245		Nivel de riesgo			Alto		

1. Análisis y Evolución de Peligrosidad

1.1. Erosividad de lluvias

Datos hidrometereológicos – SENAMHI

Precipitación media anual en términos de intensidad máxima diaria: 12.4 mm/día

Precipitación media mensual: 42.4 mm/mes

Precipitación media anual 2024, hasta setiembre 2024: 339.4 mm/Año

Nivel de peligrosidad según la erosividad de la lluvia

CLASIFICACION	RANGO (IF)	NIVEL DE PELIGROSIDAD	
Erosividad muy baja	$IF \leq 15$	0.10	Muy bajo
Erosividad baja	$15 < IF \leq 30$	0.30	Bajo
Erosividad moderada	$30 < IF \leq 50$	0.50	Moderado
Erosividad alta	$50 < IF \leq 65$	0.70	Alta
Erosividad muy alta	$IF > 65$	0.90	Muy Alta

Nota: (SENAMHI, 2024)

$$IF = \frac{p^2}{P}$$

Donde:

IF: índice de Fournier (adimensional)

p: precipitación media mensual (mm)

P: precipitación media anual (mm)

Por lo tanto:

$$IF = 5.30$$

Clasificación: Erosividad muy baja

Nivel de peligrosidad: 0.1 (Muy bajo)

1.2. Pendiente del terreno

Datos (transversal a la vía) - SIGRID

Cota máxima: 2895.5 m.s.n.m

Cota mínima: 2614.8 m.s.n.m

Desnivel: 280.7 m

Longitud horizontal: 580 m

Pendiente: 48.4 %

Nivel de peligrosidad según la pendiente del terreno

Relieve	Pendiente	NIVEL DE PELIGROSIDAD	
Plano	$P \leq 3 \%$	0.10	Muy bajo
Suave	$3 \% < P \leq 10 \%$	0.30	Bajo
Ondulado	$10 \% < P \leq 50 \%$	0.50	Moderado
Accidentado	$50 \% < P \leq 100 \%$	0.70	Alto
Escarpado	$P > 100 \%$	0.90	Muy Alto

Nota: (Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, 2018)

Relieve: Ondulado

Nivel de peligrosidad: 0.50 Moderado

1.3. Textura del suelo

Datos sobre el tipo de suelo - (Grado de estabilidad de los taludes críticos de la carretera Baños del Inca - Llacanora, 2018)

Análisis granulométrico: 50.4 % de arena y 45.6 de finos

Clasificación SUCS: SC “Arenoso-Arcilloso”

Clasificación AASHTO: A-4(1) Arcillosa o Limosa “Limo-Arcillosos”

Nivel de peligrosidad según las clasificaciones texturales fundamentales del suelo

Nombre del suelo (textura general)	Clase textural	NIVEL DE PELIGROSIDAD	
Suelos arenosos (textura gruesa)	Arenoso	0.10	Muy bajo
	Arenoso franco		
Suelos francos (textura moderadamente gruesa)	Franco arenoso	0.30	Bajo
	Franco Limoso		
Suelos francos (textura mediana)	Franco	0.50	Moderado
	Franco limoso arcilloso		
Suelos Francos (textura moderadamente fina)	Franco arenoso arcilloso	0.70	Alto
	Franco arcilloso		
Suelos arcillosos (textura fina)	Arcilloso	0.90	Muy alto
	Arcilloso limoso		
	Arcilloso arenoso		

Nota: (FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2004)

Nombre del suelo (textura general): Suelos arcillosos (textura fina)

Clase textural: Arcilloso arenoso

Nivel de peligrosidad: 0.90 Muy alto

1.4. Topografía del terreno

Datos (transversal a la vía) - SIGRID

Cota máxima: 2895.5 m.s.n.m

Cota mínima: 2614.8 m.s.n.m

Desnivel: 280.7 m

Longitud horizontal (λ): 580 m

Pendiente (α): 48.4 % = 25.83°

Nivel de peligrosidad según la topografía

Clase LS	Rango LS	NIVEL DE PELIGROSIDAD	
Muy suave	$0 \leq LS \leq 1$	0.10	Muy bajo
Suave	$1 < LS \leq 12$	0.30	Bajo
Moderada	$12 < LS \leq 25$	0.50	Moderado
Fuerte	$25 < LS \leq 50$	0.70	Alto
Muy Fuerte	$LS > 50$	0.90	Muy Alto

Nota: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales, 2018)

$$LS = 1.07 \left(\frac{\lambda}{20}\right)^{0.28} x \left(\frac{\alpha}{10^\circ}\right)^{1.45}$$

Donde:

LS: Factor topográfico

L: Factor longitud

S: Factor de pendiente

λ : Longitud de pendiente a lo largo de la proyección horizontal (m)

α : Angulo de inclinación (°) grados.

$$LS = 12.87$$

Evaluación: Moderado

Nivel de peligrosidad: 0.50 Moderado

1.5. Erosión por movimientos de masas

Datos:

Descripción: laderas inestables

Nivel de peligrosidad según la erosión de laderas

Erosión por movimientos de masa	NIVEL DE PELIGROSIDAD	
Pendientes con base rocosa sin alteración. Las laderas próximas a los ríos y quebradas pueden volverse inestables por el socavamiento y la erosión.	0.10	Muy bajo
Pendientes con materiales levemente fracturados, con meteorización entre moderada y baja, parcialmente erosionados y no saturados.	0.30	Bajo
Áreas de estabilidad limitada, donde las laderas presentan erosión significativa.	0.50	Moderado
Áreas inestables, con formaciones rocosas que presentan una meteorización y/o alteración que va de intensa a moderada; depósitos superficiales no consolidados, materiales que van de parcialmente a muy saturados y áreas de erosión fuerte.	0.70	Alto
Áreas extremadamente inestables, con pendientes que muestran zonas de falla, rocas altamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas, muy fracturadas, con depósitos superficiales no consolidados y erosión intensa. (cárcavas)	0.90	Muy Alto

Nota: (CENEPRED, 2014)

Evaluación: Áreas con pendientes que muestran zonas con roca altamente meteorizadas

Nivel de peligrosidad: 0.90 Muy Alto

1.6. Velocidad de desplazamiento

Datos:

Descripción: ganan velocidad en función de la pendiente.

Nivel de peligrosidad según la velocidad de los movientes en laderas

naturaleza del impacto	Velocidad del movimiento	NIVEL DE PELIGROSIDAD	
No hay daño a las estructuras construidas con diseño adecuado y mantenimiento.	Muy lento ($v < 0.01$ m/año)	0.10	Muy bajo
Posible Daño menor a estructuras si no se realizan mantenimientos adecuados	Lento ($v = 0.001 - 0.10$ m/año)	0.30	Bajo
Daños potenciales a estructuras si están en la zona de movimiento; mantenimiento frecuente necesario.	Moderado ($v = 0.10 - 0.50$ m/año)	0.50	Moderado
Daños significativos; posible necesidad de evacuación de estructuras cercanas.	Rápido ($v = 0.50 - 2.0$ m/año)	0.70	Alto
Alta probabilidad de destrucción total y riesgo de pérdida de vidas; evacuación complicada e inmediata.	Muy Rápido ($v > 2.0$ m/año)	0.90	Muy Alto

Nota: (INDECI, 2006)

Evaluación: Alta probabilidad de destrucción total y riesgo

Nivel de peligrosidad: 0.90 Muy Alto

1.7. Cobertura vegetal

Datos:

Descripción: Baja vegetación

Nivel de peligrosidad según la cobertura vegetal

Cobertura vegetal	Densidad vegetal (%)	NIVEL DE PELIGROSIDAD	
Alta vegetación	> 70 %	0.10	Muy bajo
Vegetación moderada	40 % - 70 %	0.30	Bajo
Baja Vegetación	20 % - 40 %	0.50	Moderado
Escasa Vegetación	< 20 %	0.70	Alto
Sin vegetación	0%	0.90	Muy alto

Nota: (Loyola, 2019)

Densidad vegetal: 20 % - 40 %

Nivel de peligrosidad: 0.50 Moderado

1.8. Conservación del suelo

Datos:

Descripción: sembrío de pastos y arboles

Nivel de peligrosidad según las prácticas de conservación del suelo

Prácticas de Conservación	Estructuras Físicas	NIVEL DE PELIGROSIDAD	
Cobertura Vegetal permanente	Terrazas de infiltración	0.10	Muy bajo
Cobertura Vegetal temporal	Zanjas de infiltración	0.30	Bajo
Sembrío de pastos y forestación	Zanjas de drenaje	0.50	Moderado
Rotación de cultivos	Muros de contención	0.70	Alto
Cultivo con pendientes elevadas	Ausencia de estructuras	0.90	Muy alto

Nota: (Rosas, 2016)

Prácticas de conservación: Sembrío de pastos y forestación

Nivel de peligrosidad: 0.50 Alto

2. Análisis de vulnerabilidad

2.1. Dimensión Física

a) Exposición física

Tramo de carretera expuesto

Datos:

Ancho de la sección evaluada: 7.0 m (aproximadamente)

Longitud de la sección evaluada: 5,130.0 m

Nivel de vulnerabilidad según la exposición del tramo de la carretera

Exposición	NIVEL DE VULNERABILIDAD	
$0 \% \leq E \leq 10 \%$	0.05	Muy bajo
$10 \% \leq E \leq 25 \%$	0.10	Bajo
$25 \% \leq E \leq 50 \%$	0.20	Moderado
$50 \% \leq E \leq 75 \%$	0.40	Alto
$E > 75 \%$	0.80	Muy alto

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Exposición: 100 %

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

b) Fragilidad Física

Estado de conservación

Datos

Descripción: no recibe mantenimiento definido, solo cuando hay emergencias.

Nivel de vulnerabilidad según el estado de conservación del tramo de la carretera

Estado de Conservación		NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Excelente	El tramo de la carretera recibe mantenimiento permanente y no presenta deterioro alguno.	0.05	Muy bajo
Adecuado	El tramo de la carretera recibe mantenimiento permanente y presenta ligeros deterioros superficiales debido al uso normal.	0.10	Bajo
Regular	El tramo de la carretera recibe mantenimiento esporádico, tiene deterioro, que aún no comprometen la infraestructura.	0.20	Moderado
Inadecuado	El tramo de la carretera no recibe mantenimiento regular, presenta deterioro que comprometen la infraestructura, aunque aún sin peligro de colapso.	0.40	Alto
Pésimo	El tramo de la carretera presenta un deterioro que compromete la infraestructura con peligro inminente de colapso.	0.80	Muy alto

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Evaluación: Regular

Nivel de vulnerabilidad: 0.20 Moderado

c) Resiliencia:

Estado de obras de taludes

Datos

Descripción: Taludes sin obras de protección y banquetas de corte.

Nivel de vulnerabilidad según el estado de talud y de las obras de protección

Estado de taludes		NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Excelente	Talud en estado optimo, sin necesidad de obras de protección adicionales.	0.05	Muy bajo
Adecuado	Talud en buen estado, con pendientes y drenajes adecuados, obras de protección en buen estado.	0.10	Bajo
Regular	Talud en estado regular, con pendientes y drenaje adecuados, obras de protección en regular estado.	0.20	Moderado
Inadecuado	Talud en mal estado, con pendientes y drenaje inadecuados, obras de protección deteriorada.	0.40	Alto
Pésimo	Talud sin banquetas de corte ni obras de protección adecuadas.	0.80	Muy alto

Nota: (ABC Mecanica de Suelos, 2024)

Evaluación: Taludes sin banquetas de corte ni obras de protección

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

2.2. Dimensión Social

a) Exposición social

Localización del tramo expuesto

Datos:

Cercanía al peligro: muy cerca

Nivel de vulnerabilidad según la cercanía del tramo de la carretera expuesta al peligro

Localización	Distancia (km)	NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Muy alejada	> 5 km	0.05	Muy bajo
Alejada	3 - 5 km	0.10	Bajo
Normal	1 - 3 Km	0.20	Moderado
Cercana	0.2 - 1 Km	0.40	Alto
Muy cercana	0 - 0.2 Km	0.80	Muy alto

Nota: (CENEPRED, 2014)

Evaluación: Muy cercana

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

b) Fragilidad social

Nivel de organización

Datos

Descripción: solo se hace mantenimiento cuando hay emergencia, y no cuenta obras de protección, para la estabilidad de taludes.

Nivel de vulnerabilidad según el nivel de organización del operador

Nivel de organización	NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Excelente	0.05	Muy bajo
Adecuado	0.10	Bajo
Regular	0.20	Moderado
Inadecuado	0.40	Alto
Pésimo	0.80	Muy alto

Nota: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales, 2018)

Organización: pésimo

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

c) Resiliencia:

Actitud frente al riesgo

Datos

Descripción: el operador no ha gestionado medidas para la mitigación del riesgo existente.

Nivel de vulnerabilidad según la actitud del operador frente al riesgo

Actitud frente al riesgo	NIVEL DE VULNERABILIDAD	
El operador muestra una actitud anticipada, tomando varias medidas para evitar posibles riesgos.	0.05	Muy bajo
El operador tiene una actitud parcialmente anticipada, asumiendo el riesgo y aplicando pocas medidas para evitarlo.	0.10	Bajo
El operador muestra una previsión parcial, aceptando riesgo sin aplicar acciones para evitarlo.	0.20	Moderado
El operador demuestra una previsión muy limitada.	0.40	Alto
El operador muestra una postura fatalista, conformista y desinteresada	0.80	Muy alto

Nota: (CENEPRED, 2014)

Actitud: desinteresada

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

2.3. Dimensión económica

a) Exposición económica

Servicio de transporte expuesto

Datos

Descripción: cuando hay erosión en un tramo de la carretera, el servicio es interrumpido.

Nivel de vulnerabilidad según el servicio expuesto durante el impacto al peligro.

Servicio de transporte expuesto		NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Excelente	Permanente	0.05	Muy bajo
Adecuado	Continuo	0.10	Bajo
Regular	Discontinuo	0.20	Moderado
Inadecuado	Restringido	0.40	Alto
Pésimo	Interrumpido	0.80	Muy alto

Evaluación: Restringido

Nivel de vulnerabilidad: 0.4 Alto

b) Fragilidad económica

Ingreso económico por el servicio

Datos

Descripción: no se genera ningún ingreso

Nivel de vulnerabilidad según los ingresos generados durante el impacto del peligro

Ingreso económico por el servicio		NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Permanente	Genera ingresos normales	0.05	Muy bajo
Continuo	Reduce menos del 50 % los ingresos	0.10	Bajo
Discontinuo	Reduce al 50 % los ingresos	0.20	Moderado
Restringido	Reduce más del 50 % de los ingresos	0.40	Alto
Interrumpido	No genera ingresos	0.80	Muy alto

Evaluación: No genera ingresos

Nivel de vulnerabilidad: 0.8 Muy alto

c) Resiliencia económica

Cultura de pago por el servicio

Datos

Descripción: Algunas empresas de transporte de pasajeros circulan formalmente.

Nivel de vulnerabilidad según la cultura de pago de los beneficiarios

Cultura de pago por el servicio		NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Constante:	Existe peaje	0.05	Muy bajo
Frecuente:	Todas las empresas de transporte público y de carga son formales.	0.10	Bajo
Ocasional:	Todas las empresas de transporte público son formales	0.20	Moderado
Rara vez	Algunas empresas de transporte público son formales	0.40	Alto
Nunca	Todos los transportistas son informales	0.80	Muy alto

Evaluación: Algunas empresas de transporte público son formales

Nivel de vulnerabilidad: 0.4 Alto

2.4. Dimensión Ambiental

a) Exposición ambiental

Perdida de suelo

Datos

Descripción: protección regular en los márgenes.

Nivel de vulnerabilidad según la perdida de suelo

Perdida del suelo	NIVEL DE VULNERABILIDAD	
El cultivo y la concentración de sales en el suelo contribuyen a la desertificación, resultando en pérdidas del suelo.	0.05	Muy bajo
La longitud y pendiente del terreno están directamente relacionadas con las pérdidas en un campo de cultivo.	0.10	Bajo
La falta de protección adecuada en las márgenes de los ríos afecta áreas extensas.	0.20	Moderado
La deforestación intensificada, el uso excesivo del suelo, la expansión urbana y el sobrepastoreo son problemas graves.	0.40	Alto
La erosión causada por las lluvias es especialmente severa en terrenos montañosos con pendientes pronunciadas, afectada por lluvias estacionales y el fenómeno del niño.	0.80	Muy alto

Evaluación: Erosión por pendientes pronunciadas.

Nivel de vulnerabilidad: 0.8 Muy alto

b) Fragilidad Ambiental

Características geológicas del suelo

Datos

Descripción: Zonas fracturadas

Nivel de vulnerabilidad según las características geológicas del suelo

Características geológicas del suelo	NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Zonas sin fracturas, suelos con buena capacidad portante.	0.05	Muy bajo
Zonas ligeramente fracturadas, suelos con alta capacidad portante.	0.10	Bajo
Zonas medianamente fracturadas, suelos de mediana capacidad portante	0.20	Moderado
Zonas muy fracturadas, suelos con baja capacidad portante o colapsables. (eje. Relleno, napa freática)	0.40	Alto
Zonas con fallas activas, suelos muy inestables (eje. Materiales inorgánicos, alta saturación)	0.80	Muy alto

Nota: (Mendoza, 2023)

Evaluación: Zonas fracturadas

Nivel de vulnerabilidad: 0.4 Alto

c) Resiliencia Ambiental

Actividades de protección

Datos

Descripción: poca aplicación de protección en los terrenos adyacentes

Nivel de vulnerabilidad según la aplicación de actividades de protección

Actividades de protección	NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Construcción de terrazas reforestadas con plantas	0.05	Muy bajo
Colocación de sistemas de drenaje adecuado en los taludes	0.10	Bajo
Dique de madera, esmerilado	0.20	Moderado
Cunas vivas, Gaviones ligeros vivos	0.40	Alto
Ausencia de medidas de protección	0.80	Muy alto

Nota: (Ministerio de Energía y Minas, 2023)

Evaluación: Gaviones ligeros vivos

Nivel de vulnerabilidad: 0.4 Alto

FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGO												
1	Tesis		Título			Índice de sostenibilidad de la carretera Baños del Inca - Llacanora con la incorporación de los niveles de riesgo, 2024						
			Tesista			Roel Alexander Quiliche Cachay						
Fecha del documento		Fecha			11 de setiembre del 2024							
3	Datos generales de la infraestructura vial		Carretera			Baños del Inca - Llacanora						
			Tramo			Llacanora						
			Código de ruta			Ruta vecinal CA 1494						
4	Sección evaluada		Progresivas			Km 3+108 al Km 3+608						
			Superficie de rodadura			Asfalto						
			Ubicación			Baños del Inca - Llacanora, Cajamarca, Cajamarca						
5	Identificación de riesgos											
	5.1	Código de riesgo		R3								
	5.2	Descripción del riesgo		Riesgo de la infraestructura vial por Inundación								
	5.3	Tipo de Inundacion		Fluvial								
6	Análisis y evaluación de peligrosidad											
	Parámetros de evaluación		Descripción					Nivel de peligrosidad				
								Valor		Percepción		
	Factores desencadenantes (Fd)						0.30					
	intensidad de lluvias	Estación:		Augusto Weberbauer		Intensidad:		12.4 mm/día		0.30	Bajo	
		Mes:		Setiembre 2024		Clasificación:		inundación superficial				
	Pendientes	pendiente del terreno			48.40%			0.50		Moderado		
		Pendiente de la vía			1.1%			0.10				
	Factores condicionantes (Fc)						0.60					
	Topografía del terreno		Topografía:			Moderada		0.50		Moderado		
	Cercanía a corriente de agua		Características:			cerca al rio cajamarquino.		0.70		Alto		
	Nivel de peligrosidad: $[0.75(Fd)+0.25(Fc)]$						0.375		Moderado			
	6	Análisis de vulnerabilidad										
		Parámetros de evaluación		Descripción					Nivel de vulnerabilidad			
Valor									Percepción			
Dimensión física (df)		0.40	Exposición		Tramo de carretera expuesto		10.00%		0.20		Moderado	
			Fragilidad		Estado de conservación		Regular		0.20		Moderado	
			Resiliencia		Estado de taludes		Taludes sin banquetas de corte ni obras de protección		0.80		Muy alto	
Dimensión social (ds)		0.80	Exposición		Localización del tramo expuesto		Muy cercana		0.80		Muy alto	
			Fragilidad		Nivel de organización		Pésimo		0.80		Muy alto	
			Resiliencia		Actitud frente al riesgo		Desinteresada		0.80		Muy alto	
Dimensión económica (de)		0.53	Exposición		Servicio de transporte expuesto		Restringido		0.40		Alto	
			Fragilidad		Ingreso económico por el servicio		No se genera ingresos		0.80		Muy alto	
			Resiliencia		Cultura de pago por el servicio		Algunas empresas de transporte publico son formales		0.40		Alto	
Dimensión ambiental (da)		0.33	Exposición		Deforestación		70.58 % deforestada		0.40		Alto	
			Fragilidad		Este dado del suelo (CBR)		CBR Inadecuado		0.40		Alto	
	Resiliencia		Reforestación		29.42% reforestado		0.20		Moderado			
Nivel de vulnerabilidad: $[0.40(df)+0.20(ds)+0.20(de)+0.20(da)]$						0.493		Muy alto				
7	Cálculo del riesgo											
	7.1	Peligro						Vulnerabilidad				
		Muy bajo	0.10	0.375				Muy bajo	0.05	0.493		
		Bajo	0.30	0.375				Bajo	0.10	0.493		
		Moderado	0.50	0.375				Moderado	0.20	0.493		
		Alto	0.70	0.375				Alto	0.40	0.493		
		Muy alto	0.90	0.375				Muy alto	0.80	0.493	X	
	Moderado			0.375			Muy alto					
								0.493				
	7.3	Nivel de riesgo										
Riesgo = Peligro x Vulnerabilidad			0.185			Nivel de riesgo			Alto			

1. Análisis y Evolución de Peligrosidad

1.1. Intensidad de lluvias

Datos hidrometereológicos – SENAMHI

Precipitación media anual en términos de intensidad máxima diaria: 12.4 mm/día

Precipitación media anual 2024, hasta setiembre 2024: 339.4 mm/Año

Tirante máximo: 0.58 m

Altura corriente agua: 0.524 m

Nivel de peligrosidad por inundaciones según la intensidad de las lluvias

Caracterización de las Inundaciones t: profundidad, h: altura de la columna de agua.	Intensidad de lluvia (mm/día)	NIVEL DE PELIGROSIDAD	
No hay inundación: $t \leq 0.10$ m, $h \leq 0.45$ m.	$0 \leq I \leq 5$	0.10	Muy bajo
Inundación superficial: 0.10 m < $t \leq 0.30$ m, 0.45 m < $h \leq 0.90$ m.	$5 \leq I \leq 20$	0.30	Bajo
Inundación Moderada: 0.30 m < $t \leq 0.45$ m, 0.90 m < $h \leq 2.00$ m.	$20 \leq I \leq 70$	0.50	Moderado
Inundación profunda: 0.45 m < $t \leq 0.60$ m, 2.00 m < $h \leq 4.00$ m.	$70 \leq I \leq 150$	0.70	Alta
Inundación superficial: $t > 0.60$ m, $h > 4.00$ m.	$I > 150$	0.90	Muy Alta

Nota: (CENEPRED, 2021)

Clasificación: Inundación superficial

Nivel de peligrosidad: 0.3 Bajo

1.2. Pendientes

Pendiente del terreno (transversal a la vía) - SIGRID

Cota máxima: 2895.5 m.s.n.m

Cota mínima: 2614.8 m.s.n.m

Desnivel: 280.7 m

Longitud horizontal: 580 m

Pendiente: 48.4 %

Nivel de peligrosidad según la pendiente del terreno

Relieve	Pendiente	NIVEL DE PELIGROSIDAD	
Plano	$P \leq 3 \%$	0.10	Muy bajo
Suave	$3 \% < P \leq 10 \%$	0.30	Bajo
Ondulado	$10 \% < P \leq 50 \%$	0.50	Moderado
Accidentado	$50 \% < P \leq 100 \%$	0.70	Alto
Escarpado	$P > 100 \%$	0.90	Muy Alto

Nota: (Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, 2018)

Relieve: Ondulado

Nivel de peligrosidad: 0.50 Moderado

Pendiente de la vía (longitudinal a la vía) - SIGRID

Cota máxima: 2640.2 m.s.n.m

Cota mínima: 2615.4 m.s.n.m

Desnivel: 24.8 m

Longitud horizontal: 2000.0 m

Pendiente: 1.24 %

Nivel de peligrosidad según la pendiente de la carretera

Relieve	Pendiente	NIVEL DE PELIGROSIDAD	
Plano	$P \leq 3 \%$	0.10	Muy bajo
Suave	$3 \% < P \leq 10 \%$	0.30	Bajo
Ondulado	$10 \% < P \leq 50 \%$	0.50	Moderado
Accidentado	$50 \% < P \leq 100 \%$	0.70	Alto
Escarpado	$P > 100 \%$	0.90	Muy Alto

Nota: (Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, 2018)

Relieve: Plano

Nivel de peligrosidad: 0.10 Muy bajo

1.3. Topografía del terreno

Datos (transversal a la vía) - SIGRID

Cota máxima: 2895.5 m.s.n.m

Cota mínima: 2614.8 m.s.n.m

Desnivel: 280.7 m

Longitud horizontal (λ): 580 m

Pendiente (α): 48.4 % = 25.83°

Nivel de peligrosidad según la topografía

Clase LS	Rango LS	NIVEL DE PELIGROSIDAD	
Muy suave	$0 \leq LS \leq 1$	0.10	Muy bajo
Suave	$1 < LS \leq 12$	0.30	Bajo
Moderada	$12 < LS \leq 25$	0.50	Moderado
Fuerte	$25 < LS \leq 50$	0.70	Alto
Muy Fuerte	$LS > 50$	0.90	Muy Alto

Nota: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales, 2018)

$$LS = 1.07 \left(\frac{\lambda}{20}\right)^{0.28} x \left(\frac{\alpha}{10^{\circ}}\right)^{1.45}$$

Donde:

LS: Factor topográfico

L: Factor longitud

S: Factor de pendiente

λ : Longitud de pendiente a lo largo de la proyección horizontal (m)

α : Angulo de inclinación (°) grados.

$$LS = 12.87$$

Evaluación: Moderado

Nivel de peligrosidad: 0.50 Moderado

1.4. Cercanía a corriente de agua

Datos:

Descripción: cerca al río cajamarquino.

Nivel de peligrosidad según la cercanía a una corriente de agua

Cercanía a corriente de agua		NIVEL DE PELIGROSIDAD	
Muy alejada	Mayor a 1,000 m	0.10	Muy bajo
Alejada	Entre 500 - 1,000 m	0.30	Bajo
Moderadamente cerca	Entre 100 - 500 m	0.50	Moderado
Cerca	Entre 20 - 100 m	0.70	Alto
Muy cerca	Menor a 20 m	0.90	Muy Alto

Nota: (CENEPRED, 2014)

Evaluación: Cercana

Nivel de peligrosidad: 0.70 Muy Alto

2. Análisis de vulnerabilidad

2.1. Dimensión Física

a) Exposición física

Tramo de carretera expuesto

Datos:

Ancho de la sección evaluada: 7.0 m (aproximadamente)

Longitud de la sección evaluada: 5,130.0 m

Nivel de vulnerabilidad según la exposición del tramo de la carretera

Exposición	NIVEL DE VULNERABILIDAD	
$0 \% \leq E \leq 10 \%$	0.05	Muy bajo
$10 \% \leq E \leq 25 \%$	0.10	Bajo
$25 \% \leq E \leq 50 \%$	0.20	Moderado
$50 \% \leq E \leq 75 \%$	0.40	Alto
$E > 75 \%$	0.80	Muy alto

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Exposición: 40%

Nivel de vulnerabilidad: 0.20 Moderad

b) Fragilidad Física

Estado de conservación

Datos

Descripción: no recibe mantenimiento definido, solo cuando hay emergencias.

Nivel de vulnerabilidad según el estado de conservación del tramo de la carretera

Estado de Conservación		NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Excelente	El tramo de la carretera recibe mantenimiento permanente y no presenta deterioro alguno.	0.05	Muy bajo
Adecuado	El tramo de la carretera recibe mantenimiento permanente y presenta ligeros deterioros superficiales debido al uso normal.	0.10	Bajo
Regular	El tramo de la carretera recibe mantenimiento esporádico, tiene deterioro, que aún no comprometen la infraestructura.	0.20	Moderado
Inadecuado	El tramo de la carretera no recibe mantenimiento regular, presenta deterioro que comprometen la infraestructura, aunque aún sin peligro de colapso.	0.40	Alto
Pésimo	El tramo de la carretera presenta un deterioro que compromete la infraestructura con peligro inminente de colapso.	0.80	Muy alto

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Evaluación: Regular

Nivel de vulnerabilidad: 0.20 Moderado

c) Resiliencia:

Estado de obras de protección

Datos

Descripción: no tiene obras de protección

Nivel de vulnerabilidad según el estado de las obras de protección

Estado de obras de protección		NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Excelente	Obra vial en estado optimo, no es necesario las obras de protección	0.05	Muy bajo
Adecuado	Obras de protección en estado bueno	0.10	Bajo
Regular	Obras de protección en estado regular	0.20	Moderado
Inadecuado	Obras de protección deteriorada	0.40	Alto
Pésimo	Requiere Obras de protección, sin embargo, no las tiene.	0.80	Muy alto

Nota: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales, 2018)

Evaluación: Pésimo

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

2.2. Dimensión Social

a) Exposición social

Localización del tramo expuesto

Datos:

Cercanía al peligro: muy cerca

Nivel de vulnerabilidad según la cercanía del tramo de la carretera expuesta al peligro

Localización	Distancia (km)	NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Muy alejada	> 5 km	0.05	Muy bajo
Alejada	3 - 5 km	0.10	Bajo
Normal	1 - 3 Km	0.20	Moderado
Cercana	0.2 - 1 Km	0.40	Alto
Muy cercana	0 - 0.2 Km	0.80	Muy alto

Nota: (CENEPRED, 2014)

Evaluación: Muy cercana

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

b) Fragilidad social

Nivel de organización

Datos

Descripción: solo se hace mantenimiento cuando hay emergencia, y no cuenta obras de protección, para la estabilidad de taludes.

Nivel de vulnerabilidad según el nivel de organización del operador

Nivel de organización	NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Excelente	0.05	Muy bajo
Adecuado	0.10	Bajo
Regular	0.20	Moderado
Inadecuado	0.40	Alto
Pésimo	0.80	Muy alto

Nota: (CENEPRED, Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales, 2018)

Organización: pésimo

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

c) Resiliencia:

Actitud frente al riesgo

Datos

Descripción: el operador no ha gestionado medidas para la mitigación del riesgo existente.

Nivel de vulnerabilidad según la actitud del operador frente al riesgo

Actitud frente al riesgo	NIVEL DE VULNERABILIDAD	
El operador muestra una actitud anticipada, tomando varias medidas para evitar posibles riesgos.	0.05	Muy bajo
El operador tiene una actitud parcialmente anticipada, asumiendo el riesgo y aplicando pocas medidas para evitarlo.	0.10	Bajo
El operador muestra una previsión parcial, aceptando riesgo sin aplicar acciones para evitarlo.	0.20	Moderado
El operador demuestra una previsión muy limitada.	0.40	Alto
El operador muestra una postura fatalista, conformista y desinteresada	0.80	Muy alto

Nota: (CENEPRED, 2014)

Actitud: desinteresada

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

2.3. Dimensión económica

d) Exposición económica

Servicio de transporte expuesto

Datos

Descripción: cuando hay erosión en un tramo de la carretera, el servicio es interrumpido.

Nivel de vulnerabilidad según el servicio expuesto durante el impacto al peligro.

Servicio de transporte expuesto		NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Excelente	Permanente	0.05	Muy bajo
Adecuado	Continuo	0.10	Bajo
Regular	Discontinuo	0.20	Moderado
Inadecuado	Restringido	0.40	Alto
Pésimo	Interrumpido	0.80	Muy alto

Evaluación: Restringido

Nivel de vulnerabilidad: 0.4 Alto

e) Fragilidad económica

Ingreso económico por el servicio

Datos

Descripción: no se genera ningún ingreso

Nivel de vulnerabilidad según los ingresos generados durante el impacto del peligro

Ingreso económico por el servicio		NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Permanente	Genera ingresos normales	0.05	Muy bajo
Continuo	Reduce menos del 50 % los ingresos	0.10	Bajo
Discontinuo	Reduce al 50 % los ingresos	0.20	Moderado
Restringido	Reduce más del 50 % de los ingresos	0.40	Alto
Interrumpido	No genera ingresos	0.80	Muy alto

Evaluación: No genera ingresos

Nivel de vulnerabilidad: 0.8 Muy alto

f) Resiliencia económica

Cultura de pago por el servicio

Datos

Descripción: Algunas empresas de transporte de pasajeros circulan formalmente.

Nivel de vulnerabilidad según la cultura de pago de los beneficiarios

Cultura de pago por el servicio		NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Constante:	Existe peaje	0.05	Muy bajo
Frecuente:	Todas las empresas de transporte público y de carga son formales.	0.10	Bajo
Ocasional:	Todas las empresas de transporte público son formales	0.20	Moderado
Rara vez	Algunas empresas de transporte público son formales	0.40	Alto
Nunca	Todos los transportistas son informales	0.80	Muy alto

Evaluación: Algunas empresas de transporte público son formales

Nivel de vulnerabilidad: 0.4 Alto

2.4. Dimensión Ambiental

a) Exposición ambiental

Deforestación

Datos

Área total: 970.269 m²

Área Vegetal: 285.62 m²

Área deforestada: 684.649 m² (70.58%)

Nivel de vulnerabilidad según la deforestación

Deforestación	NIVEL DE VULNERABILIDAD	
	Menor al 5% del área de estudio	0.05
Entre 5 % - 25 % del área de estudio	0.10	Bajo
Entre 25 % - 50 % del área de estudio	0.20	Moderado
Entre 50 % - 75 % del área de estudio	0.40	Alto
Entre el 75 % - 100 % del área de estudio	0.80	Muy alto

Nota: (CENEPRED, 2014)

Evaluación: 70.58% deforestada

Nivel de vulnerabilidad: 0.40 Alto

b) Fragilidad Ambiental

Estado del suelo

Datos sobre el tipo de suelo - (Grado de estabilidad de los taludes críticos de la carretera Baños del Inca - Llacanora, 2018)

Análisis granulométrico: 50.4 % de arena y 45.6 de finos

Clasificación SUCS: SC “Arenoso-Arcilloso”

Clasificación AASHTO: A-4(1) Arcillosa o Limosa “Limo-Arcillosos”

Según el tipo de suelo (A-4 y SC) el valor del CBR suele estar entre los 3% y 6%

Nivel de vulnerabilidad según el estado del suelo donde se asiente la infraestructura

Estado del suelo	CBR	NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Excelente	$CBR \geq 20$	0.05	Muy bajo
Adecuado	$10 \leq CBR < 20$	0.10	Bajo
Regular	$6 \leq CBR < 10$	0.20	Moderado
Inadecuado	$3 \leq CBR < 6$	0.40	Alto
Pésimo	$CBR < 3$	0.80	Muy alto

Nota: (Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014)

Evaluación: CBR Inadecuado

Nivel de vulnerabilidad: 0.2 Alto

c) Resiliencia Ambiental

Reforestación

Datos

Área total: 970.269 m²

Área con Plantas: 285.62 m² (29.42%)

Nivel de vulnerabilidad según la reforestación

Reforestación	NIVEL DE VULNERABILIDAD	
Entre 75 % - 100 % del área de estudio	0.05	Muy bajo
Entre 50 % - 75 % del área de estudio	0.10	Bajo
Entre 25 % - 50 % del área de estudio	0.20	Moderado
Entre 5 % - 25 % del área de estudio	0.40	Alto
Menor al 5 % del área de estudio	0.80	Muy alto

Nota: (SERFOR, 2024)

Evaluación: 29.42 % reforestado

Nivel de vulnerabilidad: 0.2 Moderado

ANEXO VII
CALIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD EN CARRETERAS

Calificación de criterios determinantes del índice de sostenibilidad en carreteras

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura			
Parámetro	OM1	Condiciones estructurales			
Sub-Parámetro	CE1	Plataforma			
Descriptor:	CE1.1	Calzada			
Escala de valoración	Condición Estructural	Calificación de condición			
		Afirmado o no pavimentado	Flexible	Rígido	
1	Muy bajo	Muy malo	≤ 50	≤ 250	≤ 250
2	Bajo	Malo	$> 50 \text{ y } \leq 150$	$> 250 \text{ y } \leq 400$	$> 250 \text{ y } \leq 400$
3	Normal	Regular	$> 150 \text{ y } \leq 400$	$> 400 \text{ y } \leq 700$	$> 400 \text{ y } \leq 700$
4	Alto	Bueno	$> 400 \text{ y } \leq 450$	$> 700 \text{ y } \leq 850$	$> 700 \text{ y } \leq 850$
5	Muy alto	Muy bueno	> 450	> 850	> 850

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura			
Parámetro	OM1	Condiciones estructurales			
Sub-Parámetro	CE1	Plataforma			
Descriptor:	CE1.2	Bermas			
Escala de valoración	Condición Estructural	Calificación de condición			
		Afirmado o no pavimentado	Flexible	Rígido	
1	Muy bajo	Muy malo	-	≤ 40	≤ 40
2	Bajo	Malo	-	$> 40 \text{ y } \leq 60$	$> 40 \text{ y } \leq 60$
3	Normal	Regular	-	$> 60 \text{ y } \leq 100$	$> 60 \text{ y } \leq 100$
4	Alto	Bueno	-	$> 100 \text{ y } \leq 130$	$> 100 \text{ y } \leq 130$
5	Muy alto	Muy bueno	-	> 130	> 130

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura			
Parámetro	OM1	Condiciones estructurales			
Sub-Parámetro	CE2	Drenaje Superficial			
Descriptor:	CE2.1	Alcantarillas			
Escala de valoración	Condición Estructural	Calificación de condición			
		Descripción			
1	Muy bajo	Muy malo	Alcantarilla completamente obstruida o destruida		
2	Bajo	Malo	Daño mayor al 50%, con riesgo inminente de falla		
3	Normal	Regular	Daño entre 20% - 50% necesita intervención significativa		
4	Alto	Bueno	Daño menor al 20%, se requiere mantenimiento preventivo		
5	Muy alto	Muy bueno	Estructura en condiciones óptimas, sin necesidad de reparaciones		

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro	OM1	Condiciones estructurales	
Sub-Parámetro	CE2	Drenaje Superficial	
Descriptor:	CE2.2	Cunetas	
Escala de valoración	Condición Estructural	Calificación de condición	
		Descripción	
1	Muy bajo	Muy malo	Destrucción total o inexistente
2	Bajo	Malo	Deterioro en más del 50% de la longitud
3	Normal	Regular	Deterioro entre 20 y 50% de la longitud
4	Alto	Bueno	Deterioro en menos del 20% de la longitud
5	Muy alto	Muy bueno	Estructura en buen estado, no requiere reparaciones

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro	OM1	Condiciones estructurales	
Sub-Parámetro	CE2	Drenaje Superficial	
Descriptor:	CE2.3	Badenes	
Escala de valoración	Condición Estructural	Calificación de condición	
		Descripción	
1	Muy bajo	Muy malo	Estructura destruida, sin funcionalidad. Intervención inmediata
2	Bajo	Malo	daños significativos (fisuras > 5 mm), capacidad comprometida. Reparación mayor necesaria
3	Normal	Regular	Deterioro moderado (fisuras 2-5 mm), funcional, pero con desgaste. Mantenimiento correctivo recomendado
4	Alto	Bueno	Buen estado (fisuras < 2 mm), funcional. Mantenimiento preventivo sugerido
5	Muy alto	Muy bueno	Excelente estado (fisuras < 1 mm), sin necesidad de reparaciones. Solo monitoreo

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro	OM1	Condiciones estructurales	
Sub-Parámetro	CE2	Drenaje Superficial	
Descriptor:	CE2.4	Zanjas de drenaje y coronación	
Escala de valoración	Condición Estructural	Calificación de condición	
		Descripción	
1	Muy bajo	Muy malo	Toda la zanja de coronación se encuentra destruida
2	Bajo	Malo	La zanja de coronación está rota en más del 30% de su longitud
3	Normal	Regular	La zanja de coronación está rota entre el 10 y 30% de su longitud
4	Alto	Bueno	La zanja de coronación está rota en menos del 10% de su longitud
5	Muy alto	Muy bueno	La zanja de coronación está en perfectas condiciones, sin necesidad de reparaciones

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro	OM1	Condiciones estructurales	
Sub-Parámetro	CE3	Muros	
Descriptor:	CE3.1	Muros de contención	
Escala de valoración	Condición Estructural	Calificación de condición	
		Descripción	
1	Muy bajo	Muy malo	Estructura con fallos severos como deslizamiento o volteo
2	Bajo	Malo	Desplazamientos significativos que afectan su capacidad de servicio
3	Normal	Regular	Problemas que afectan seriamente componentes principales, pero sin comprometer la seguridad inmediata
4	Alto	Bueno	Buen estado con daños menores que no afectan la estabilidad
5	Muy alto	Muy bueno	Excelente estado, sin necesidad de reparaciones

Nota: (Guía de Diseño de Obras de Carreteras, 2021)

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro	OM1	Condiciones estructurales	
Sub-Parámetro	CE3	Muros	
Descriptor:	CE3.2	Muros de Gaviones	
Escala de valoración	Condición Estructural	Calificación de condición	
		Descripción	
1	Muy bajo	Muy malo	Daños graves, como colapso parcial o desplazamiento severo
2	Bajo	Malo	Daños que afectan la estabilidad, como pérdida de integridad en la malla
3	Normal	Regular	Daños menores que afectan la eficacia del muro, pero sin comprometer la seguridad inmediata
4	Alto	Bueno	Buen estado con algunos daños menores, como desgaste en la malla o asentamientos menores
5	Muy alto	Muy bueno	Excelente estado, sin necesidad de reparaciones

Nota: (Guía de Diseño de Obras de Carreteras, 2021)

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro	OM1	Condiciones estructurales	
Sub-Parámetro	CE4	Taludes	
Descriptor:	CE4.1	Taludes de corte	
Escala de valoración	Condición Estructural	Calificación de condición	
		Descripción	
1	Muy bajo	Muy malo	Talud deslizado. Requiere intervención urgente
2	Bajo	Malo	Talud sin conformación. Pendiente inadecuada.
3	Normal	Regular	Taludes conformados (≤ 5 m). Taludes altos (> 5 m) sin banquetas de corte
4	Alto	Bueno	Taludes conformados y con banquetas de corte. Pendiente adecuada
5	Muy alto	Muy bueno	Taludes sin necesidad de conformación adicional. Pendiente adecuada.

Nota: (Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, 2018)

Factor:		OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro		OM1	Condiciones estructurales
Sub-Parámetro		CE4	Taludes
Descriptor:		CE4.2	Taludes de terraplenes
Escala de valoración		Condición Estructural	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy malo	Terraplén deslizado. Requiere intervención urgente
2	Bajo	Malo	Sin conformación adecuada. Pendiente inadecuada
3	Normal	Regular	Taludes conformados en terraplenes bajos (≤ 5 m). Taludes altos (> 5 m) sin banquetas de relleno
4	Alto	Bueno	Taludes conformados. Taludes altos (> 5 m) con banquetas de relleno. Pendiente adecuada
5	Muy alto	Muy bueno	Taludes bajos (≤ 5 m) sin necesidad de conformación adicional. Pendiente adecuada

Nota: (Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, 2018)

Factor:		OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro		OM2	Condiciones Funcionales
Sub-Parámetro		CF1	Plataforma
Descriptor:		CF1.1	Calzada
Escala de valoración		Condición Funcional	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Intransitable	Deterioro total de la calzada
2	Bajo	Interrumpido	Obstáculos grandes que afectan el tránsito, con fallas estructurales
3	Normal	Accesible	Obstáculos moderados que afectan parcialmente el tránsito, con fallas superficiales
4	Alto	Transitable	Obstáculos menores que no afectan significativamente el tránsito.
5	Muy alto	Transitable libre	Vía libre de obstáculos, completamente transitable

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Factor:		OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro		OM2	Condiciones Funcionales
Sub-Parámetro		CF1	Plataforma
Descriptor:		CF1.2	Bermas
Escala de valoración		Condición Funcional	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Intransitable	Deterioro total de la berma
2	Bajo	Interrumpido	Obstáculos grandes que afectan el tránsito peatonal, con fallas superficiales
3	Normal	Accesible	Obstáculos moderados que afectan parcialmente el tránsito peatonal, con fallas superficiales
4	Alto	Transitable	La berma tiene obstáculos que no afectan el tránsito normal peatonal
5	Muy alto	Transitable libre	La berma está libre de obstáculos

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Factor:		OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro		OM2	Condiciones Funcionales
Sub-Parámetro		CF2	Drenaje superficial
Descriptor:		CF2.1	Alcantarillas
Escala de valoración		Condición Funcional	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Colapsada	El flujo del agua e imposible
2	Bajo	Totalmente Obstruida	Alcantarilla totalmente obstruida por sedimentos, el agua no fluye
3	Normal	Parcialmente obstruida	Alcantarilla parcialmente obstruida; flujo de agua restringido
4	Alto	Limpia	Alcantarilla con algunos sedimentos, el fujo del agua no está restringido
5	Muy alto	Totalmente limpia	Alcantarilla totalmente limpia, fujo del agua optimo.

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Factor:		OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro		OM2	Condiciones Funcionales
Sub-Parámetro		CF2	Drenaje superficial
Descriptor:		CF2.2	Cunetas
Escala de valoración		Condición Funcional	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Colapsada	No cumple su función de drenaje
2	Bajo	Totalmente Obstruida	Totalmente obstruida por rocas y sedimentos, impide el paso del agua
3	Normal	Parcialmente obstruida	Parcialmente obstruida, con detritos que restringen el paso del agua
4	Alto	Limpia	Limpia, con sedimentos que no obstruyen el paso del agua
5	Muy alto	Totalmente limpia	Totalmente limpia, libre de materiales en toda la longitud.

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Factor:		OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro		OM2	Condiciones Funcionales
Sub-Parámetro		CF2	Drenaje superficial
Descriptor:		CF2.3	Badenes
Escala de valoración		Condición Funcional	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Colapsada	Drenaje colapsado o ausente
2	Bajo	Totalmente Obstruida	Totalmente obstruido por rocas y sedimentos
3	Normal	Parcialmente obstruida	Parcialmente obstruido por algunos detritos.
4	Alto	Limpia	Limpio, con algunos sedimentos que no afectan el fujo
5	Muy alto	Totalmente limpia	Totalmente limpio y libre de obstrucciones.

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Factor:		OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro		OM2	Condiciones Funcionales
Sub-Parámetro		CF2	Drenaje superficial
Descriptor:		CF2.4	Zanjas de drenaje y coronación
Escala de valoración		Condición Funcional	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Colapsada	No cumple su función de drenaje
2	Bajo	Totalmente Obstruida	Totalmente obstruida por rocas y sedimentos, impide el paso del agua
3	Normal	Parcialmente obstruida	Parcialmente obstruida, con detritos que restringen el paso del agua
4	Alto	Limpia	Limpia, con sedimentos que no obstruyen el paso del agua
5	Muy alto	Totalmente limpia	Totalmente limpia, libre de materiales en toda la longitud.

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Factor:		OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro		OM2	Condiciones Funcionales
Sub-Parámetro		CF3	Muros
Descriptor:		CF3.1	Muros de contención
Escala de valoración		Condición Funcional	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Critico	La estructura ha fallado por deslizamiento o volteo
2	Bajo	Deficiente	Inestable con fallas estructurales significativas
3	Normal	Aceptable	Estable con fallas estructurales menores
4	Alto	Bueno	Estable con defectos superficiales
5	Muy alto	Excelente	Estable y sin defectos superficiales

Nota: (Guía de Diseño de Obras de Carreteras, 2021)

Factor:		OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro		OM2	Condiciones Funcionales
Sub-Parámetro		CF3	Muros
Descriptor:		CF3.2	Muros de gaviones
Escala de valoración		Condición Funcional	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Critico	La estructura ha fallado por deslizamiento o volteo
2	Bajo	Deficiente	Inestable con fallas estructurales significativas
3	Normal	Aceptable	Estable con fallas estructurales menores
4	Alto	Bueno	Estable con defectos superficiales
5	Muy alto	Excelente	Estable y sin defectos superficiales

Nota: (Guía de Diseño de Obras de Carreteras, 2021)

Factor:		OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro		OM2	Condiciones Funcionales
Sub-Parámetro		CF4	Taludes
Descriptor:		CF4.1	Taludes de corte
Escala de valoración		Condición Funcional	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy malo	Deslizamientos frecuentes y significativos
2	Bajo	Malo	Deslizamientos ocasionales y de impacto importante
3	Normal	Regular	Deslizamientos poco frecuentes y de menor magnitud
4	Alto	Bueno	Deslizamientos raros y de pequeña magnitud
5	Muy alto	Muy bueno	Deslizamientos mínimos y poco frecuentes

Nota: (Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, 2018)

Factor:		OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro		OM2	Condiciones Funcionales
Sub-Parámetro		CF4	Taludes
Descriptor:		CF4.2	Taludes de terraplén
Escala de valoración		Condición Funcional	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy malo	Deslizamientos frecuentes y significativos
2	Bajo	Malo	Deslizamientos ocasionales y de impacto importante
3	Normal	Regular	Deslizamientos poco frecuentes y de menor magnitud
4	Alto	Bueno	Deslizamientos raros y de pequeña magnitud
5	Muy alto	Muy bueno	Deslizamientos mínimos y poco frecuentes

Nota: (Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, 2018)

Factor:		OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro		OM3	Condiciones de seguridad
Descriptor:		CS1	Señalización horizontal
Escala de valoración		Condición de seguridad	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy malo	Señalización completamente deteriorada o inexistente
2	Bajo	Malo	Señalización deteriorada con daños graves que afectan visibilidad
3	Normal	Regular	Señalización con daños moderados que pueden afectar visibilidad
4	Alto	Bueno	Señalización algunos daños menores, funcional y visible
5	Muy alto	Muy Bueno	Señalización en excelente estado, completamente visible y funcional

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Factor:		OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro		OM3	Condiciones de seguridad
Descriptor:		CS2	Señalización vertical
Escala de valoración		Condición de seguridad	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy malo	Señalización completamente deteriorada o inexistente
2	Bajo	Malo	Señalización deteriorada con daños graves que afectan visibilidad
3	Normal	Regular	Señalización con daños moderados que pueden afectar visibilidad
4	Alto	Bueno	Señalización algunos daños menores, funcional y visible
5	Muy alto	Muy Bueno	Señalización en excelente estado, completamente visible y funcional

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Factor:		OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro		OM3	Condiciones de seguridad
Descriptor:		CS3	Visibilidad
Escala de valoración		Condición de seguridad	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy malo	No hay visibilidad y las distancias mínimas no se cumplen
2	Bajo	Malo	Distancias de visibilidad inapropiadas; interferencia significativa por curvas o vegetación
3	Normal	Regular	Visibilidad afectada moderadamente; distancias de visibilidad no siempre adecuadas
4	Alto	Bueno	Visibilidad adecuada; objetos pequeños no afectan; distancias cumplen con los estándares
5	Muy alto	Muy Bueno	Visibilidad excelente; distancias de visibilidad apropiadas y sin interferencias.

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Factor:		OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro		OM3	Condiciones de seguridad
Descriptor:		CS4	Puntos negros
Escala de valoración		Severidad	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy alta	≥ 2 accidentes con muertos y/o heridos graves. Requiere intervención urgente
2	Bajo	Alta	≥ 3 accidentes con heridos leves. Necesita medidas correctivas
3	Normal	Moderada	≥ 6 accidentes con solo daños materiales. Requiere evaluación de medidas
4	Alto	Baja	≥ 5 accidentes con solo daño materiales. Mejoras menores recomendadas
5	Muy alto	Muy Baja	Sin incidentes significativos. No se requiere intervención

Nota: (Manual de Seguridad Vial, 2017)

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro	OM3	Condiciones de seguridad	
Descriptor:	CS5	Accidentes	
Escala de valoración		Severidad	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy alta	Con muertos
2	Bajo	Alta	Con heridos graves
3	Normal	Moderada	Con heridos leves
4	Alto	Baja	Con daños materiales
5	Muy alto	Muy Baja	No hay Registros de accidentes

Nota: (Manual de Seguridad Vial, 2017)

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro	OM4	Conservación vial	
Descriptor:	CV1	Mantenimiento Rutinario	
Escala de valoración		Conservación	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy malo	No se realiza mantenimiento rutinario
2	Bajo	Malo	Se realizan menos del 50% de las actividades de mantenimiento rutinario
3	Normal	Regular	Se realizan entre el 50 % y 80 % de las actividades del mantenimiento rutinario
4	Alto	Bueno	Se realizan más del 80% de las actividades de mantenimiento rutinario
5	Muy alto	Muy bueno	Se realizan todas las actividades del mantenimiento rutinario

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro	OM4	Conservación vial	
Descriptor:	CV2	Mantenimiento periódico	
Escala de valoración		Conservación	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy malo	No se realiza mantenimiento periódico
2	Bajo	Malo	Se realizan menos del 50% de las actividades de mantenimiento periódico
3	Normal	Regular	Se realizan entre el 50 % y 80 % de las actividades del mantenimiento periódico
4	Alto	Bueno	Se realizan más del 80% de las actividades de mantenimiento periódico
5	Muy alto	Muy bueno	Se realizan todas las actividades del mantenimiento periódico

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Factor:		OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro		OM4	Conservación vial
Descriptor:		CV3	Mantenimiento de emergencia
Escala de valoración		Conservación	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy malo	no se realiza mantenimiento de emergencia
2	Bajo	Malo	El mantenimiento se realiza inadecuadamente y de manera inoportuna
3	Normal	Regular	El mantenimiento se realiza inadecuadamente, pero de manera oportuna
4	Alto	Bueno	El mantenimiento se realiza adecuadamente y de manera oportuna
5	Muy alto	Muy bueno	El mantenimiento se realiza adecuadamente y de manera inmediata

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Factor:		OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro		OM4	Conservación vial
Descriptor:		CV4	Mantenimiento preventivo
Escala de valoración		Conservación	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy malo	No se realiza
2	Bajo	Malo	Se realiza rara vez
3	Normal	Regular	Se realiza ocasionalmente
4	Alto	Bueno	Se realiza frecuentemente
5	Muy alto	Muy bueno	Siempre se realiza

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Factor:		OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro		OM4	Conservación vial
Descriptor:		CV5	Mantenimiento mecanizado
Escala de valoración		Conservación	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy malo	No se realiza
2	Bajo	Malo	Se realiza rara vez
3	Normal	Regular	Se realiza ocasionalmente
4	Alto	Bueno	Se realiza frecuentemente
5	Muy alto	Muy bueno	Siempre se realiza

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Factor:		OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro		OM5	Características físicas
Descriptor:		CF1	Tipo de material
Escala de valoración		Tipo de camino	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Trocha carrozable	Camino de tierra o grava sin tratamiento
2	Bajo	Afirmado sin mantenimiento	Grava o mezcla simple compactada
3	Normal	Afirmado con mantenimiento	Grava tratada con mantenimiento periódico
4	Alto	Bicapa	Superficie tratada con asfalto bicapa
5	Muy alto	Pavimento rígido o flexible	Pavimento de concreto o asfalto

Factor:		OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro		OM5	Características físicas
Descriptor:		CF2	Antigüedad de la infraestructura
Escala de valoración		Tipo de camino	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy malo	Mayor a 15 años
2	Bajo	Malo	De 10 a 15 años
3	Normal	Regular	De 5 a 10 años
4	Alto	Bueno	De 1 a 5 años
5	Muy alto	Muy bueno	De 0 a 1 año

Nota: (Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial, 2018)

Factor:		OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro		OM6	Resiliencia de la Infraestructura
Descriptor:		RI1	Resistencia al desgaste del pavimento causado por el tráfico constante y las condiciones climáticas adversas.
Escala de valoración		Resultado	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy bajo	Desgaste severo, pérdida de agregados, alta fisuración y deformaciones visibles
2	Bajo	Bajo	Desgaste significativo, inicio de fisuras, deformaciones moderadas
3	Normal	Medio	Desgaste moderado, algunas fisuras pequeñas, pérdida de material superficial
4	Alto	Alto	Desgaste leve, pavimento en buen estado, mínimas fisuras y buen comportamiento
5	Muy alto	Muy alto	Excelente resistencia, sin signos de desgaste significativo, óptima condición superficial

Nota: (Guía de Diseño de Obras de Carreteras, 2021)

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro	OM6	Resiliencia de la Infraestructura	
Descriptor:	RI2	Resistencia a la fatiga del material debido a las cargas repetidas de vehículos pesados sin desarrollar grietas.	
Escala de valoración		Resultado	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy bajo	Alto riesgo de grietas por fatiga, fallas estructurales inminentes bajo cargas repetidas
2	Bajo	Bajo	Riesgo moderado de grietas, requiere mantenimiento frecuente para evitar fallas por fatiga
3	Normal	Medio	Resistencia adecuada, algunas grietas menores pueden desarrollarse, requiere monitoreo regular
4	Alto	Alto	Buena resistencia a la fatiga, pavimento con pocas o ninguna grieta visible bajo cargas repartidas
5	Muy alto	Muy alto	Excelente resistencia, sin desarrollo de grietas por fatiga, mantiene la integridad estructural

Nota: (Guía de Diseño de Obras de Carreteras, 2021)

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro	OM7	Calidad de los servicios producidos	
Descriptor:	CSP1	Transitabilidad en la vía durante el periodo de operación y mantenimiento	
Escala de valoración		Transitabilidad	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy malo	Menos del 25% de los componentes están por debajo de los límites mínimos
2	Bajo	Malo	Manos del 50% de los componentes están por debajo de los límites mínimos
3	Normal	Regular	Entre el 50% y el 75% de los componentes cumplen con los límites mínimos
4	Alto	Bueno	Mas del 75% de los componentes cumplen con los límites mínimos
5	Muy alto	Muy bueno	Todos los componentes cumplen con los límites mínimos

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro	OM7	Calidad de los servicios producidos	
Descriptor:	CSP2	Transitabilidad en la vía proyectada al periodo de diseño	
Escala de valoración		Transitabilidad	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy malo	Menos del 25% de los componentes están por debajo de los límites mínimos
2	Bajo	Malo	Manos del 50% de los componentes están por debajo de los límites mínimos
3	Normal	Regular	Entre el 50% y el 75% de los componentes cumplen con los límites mínimos
4	Alto	Bueno	Mas del 75% de los componentes cumplen con los límites mínimos
5	Muy alto	Muy bueno	Todos los componentes cumplen con los límites mínimos

Factor:		SF	Sostenibilidad Financiera
Descriptor:		SF1	Ingresos recaudados
Escala de valoración		Resultado	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy malo	No se generan ingresos o son escasos, insuficientes para cubrir costos
2	Bajo	Malo	Ingresos cubren parcialmente costos de operación y mantenimiento
3	Normal	Regular	Ingresos cubren los costos de operación y mantenimiento, pero solo parcialmente los de inversión
4	Alto	Bueno	Ingresos cubren totalmente los costos de operación, mantenimiento e inversión
5	Muy alto	Muy bueno	Ingresos cubren todos los costos de operación, mantenimiento e inversión, incluyendo reservas.

Factor:		SF	Sostenibilidad Financiera
Descriptor:		SF2	Presupuesto asignado para la operación y mantenimiento
Escala de valoración		Resultado	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy malo	No existe asignación de presupuesto para la OyM
2	Bajo	Malo	El presupuesto asignado cubre menos del 50% de los costos de OyM
3	Normal	Regular	El presupuesto asignado cubre más del 50% de los costos de OyM
4	Alto	Bueno	El presupuesto asignado cubre más del 80% de los costos de OyM
5	Muy alto	Muy bueno	El presupuesto cubre el 100% o más de los costos de OyM

Factor:		SF	Sostenibilidad Financiera
Descriptor:		SF3	Probabilidades de que los costos de operación y mantenimiento sean cubiertos durante todo el ciclo de vida del proyecto
Escala de valoración		Resultado	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy malo	Eficiencia de costo < 0.50 y eficiencia de tiempo < 0.50
2	Bajo	Malo	Eficiencia de costo < 0.85 y eficiencia de tiempo < 0.85
3	Normal	Regular	Eficiencia de costo < 1.00 y eficiencia de tiempo < 1.00
4	Alto	Bueno	Eficiencia de costo = 1.00 y eficiencia de tiempo = 1.00
5	Muy alto	Muy bueno	Eficiencia de costo > 1.00 y eficiencia de tiempo > 1.00

Factor:		CG	Capacidad técnica y gerencial del operador
Descriptor:		CG1	Capacidad gerencial del operador
Escala de valoración		Resultado	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy malo	Muy deficiente en gestión y operación
2	Bajo	Malo	Deficiente, presenta fallos significativos
3	Normal	Regular	Cumple con los requisitos mínimos, necesita mejoras
4	Alto	Bueno	Cumple con la mayoría de los estándares, es eficaz y sostenible
5	Muy alto	Muy bueno	Excede los estándares, es altamente sostenible y eficiente.

Factor:		CG	Capacidad técnica y gerencial del operador
Descriptor:		CG2	Disponibilidad de datos técnicos referentes a la infraestructura
Escala de valoración		Resultado	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy malo	No existe normativa específica
2	Bajo	Malo	Información escasa; normativa limitada
3	Normal	Regular	Información limitada y de acceso restringido
4	Alto	Bueno	Información técnica de libre acceso, regulada por la ley general de transporte y la ley de seguridad vial
5	Muy alto	Muy bueno	Abundante información a través del MTC y otras entidades

Factor:		CG	Capacidad técnica y gerencial del operador
Descriptor:		CG3	Disponibilidad de los instrumentos y equipos necesarios para llevar a cabo la operación y mantenimiento.
Escala de valoración		Resultado	Calificación de condición
			Descripción
1	Muy bajo	Muy malo	No cuenta con instrumentos y equipos adecuados
2	Bajo	Malo	Instrumentos y equipos en mal estado o inadecuados
3	Normal	Regular	Instrumentos y equipos necesarios en regular estado
4	Alto	Bueno	Instrumentos y equipos necesarios en buen estado
5	Muy alto	Muy bueno	Instrumentos y equipos necesarios y en estado óptimo

Factor:		CG	Capacidad técnica y gerencial del operador
Descriptor:		CG4	Capacidad técnica y administrativa del operador
Escala de valoración		Resultado	Capacidad técnica y administrativa del operador
			Descripción
1	Muy bajo	Muy malo	Muy deficiente en sostenibilidad y capacidad técnica
2	Bajo	Malo	Deficiente en cumplimiento de estándares técnicos y sostenibilidad
3	Normal	Regular	cumple con estándares básicos, pero con margen de mejora
4	Alto	Bueno	Buen cumplimiento de normativas y buenas prácticas en sostenibilidad
5	Muy alto	Muy bueno	Excelente cumplimiento y alta capacidad técnica y sostenibilidad

Factor:		R	Riesgo
Descriptor:		R1	Riesgo de la infraestructura vial por erosión
Escala de valoración		Nivel de Riesgo	Calificación de condición
			Descripción
$0.280 < R \leq 0.720$	Muy bajo	Muy alto	Muy baja probabilidad de ocurrencia, impacto bajo
$0.100 < R \leq 0.280$	Bajo	Alto	Baja probabilidad de ocurrencia, impacto moderado
$0.030 < R \leq 0.100$	Normal	Moderado	Mediana probabilidad de ocurrencia, impacto alto
$0.005 < R \leq 0.030$	Alto	Bajo	Alta probabilidad de ocurrencia, impacto muy alto
$0.001 < R \leq 0.005$	Muy alto	Muy bajo	Muy alta probabilidad de ocurrencia, impacto critico

Nota: (Project Management Institute, 2017)

Factor:		R	Riesgo
Descriptor:		R2	Riesgo de la infraestructura vial por movimiento de masas
Escala de valoración		Nivel de Riesgo	Calificación de condición
			Descripción
$0.280 < R \leq 0.720$	Muy bajo	Muy alto	Muy baja probabilidad de ocurrencia, impacto bajo
$0.100 < R \leq 0.280$	Bajo	Alto	Baja probabilidad de ocurrencia, impacto moderado
$0.030 < R \leq 0.100$	Normal	Moderado	Mediana probabilidad de ocurrencia, impacto alto
$0.005 < R \leq 0.030$	Alto	Bajo	Alta probabilidad de ocurrencia, impacto muy alto
$0.001 < R \leq 0.005$	Muy alto	Muy bajo	Muy alta probabilidad de ocurrencia, impacto critico

Nota: (Project Management Institute, 2017)

Factor:		R	Riesgo
Descriptor:		R3	Riesgo de la infraestructura vial por inundación
Escala de valoración		Nivel de Riesgo	Calificación de condición
			Descripción
$0.280 < R \leq 0.720$	Muy bajo	Muy alto	Muy baja probabilidad de ocurrencia, impacto bajo
$0.100 < R \leq 0.280$	Bajo	Alto	Baja probabilidad de ocurrencia, impacto moderado
$0.030 < R \leq 0.100$	Normal	Moderado	Mediana probabilidad de ocurrencia, impacto alto
$0.005 < R \leq 0.030$	Alto	Bajo	Alta probabilidad de ocurrencia, impacto muy alto
$0.001 < R \leq 0.005$	Muy alto	Muy bajo	Muy alta probabilidad de ocurrencia, impacto critico

Nota: (Project Management Institute, 2017)

ANEXO VIII
EVALUACION DE LA SOSTENIBILIDAD DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA –
LLACANORA, 2024

Tesis	Título	Índice de sostenibilidad de la carretera Baños del Inca - Llacanora con la incorporación de los niveles de riesgo, 2024
	Tesista	Roel Alexander Quiliche Cachay
Fecha del documento	Fecha	11 de setiembre 2024
Datos generales de la infraestructura vial	Carretera	Baños del Inca - Llacanora
	Tramo	Llacanora
	Código Ruta	Ruta Vecinal CA 1494
sección evaluada	Progresiva	Km 3+108 al Km 3+608
	Superficie de rodadura	Asfalto
	Ubicación	Baños del Inca - Llacanora, Cajamarca, Cajamarca

CRITERIOS	CÓDIGO	Pesos (método multicriterio PAJ)	Ponderación	Escala de Valoración					Puntaje	Resultado	
				Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto			
				1	2	3	4	5			
1	Operación y mantenimiento de la infraestructura	OM	1.000	0.539						2.224	
1.1	Condiciones estructurales	OM1	0.352	0.190						0.587	
1.1.1	Plataforma	CE1	0.351	0.067						0.200	
1.1.1.1	Calzada	CE1.1	0.800	0.053			3			3	0.160
1.1.1.2	Bermas	CE1.2	0.200	0.013			3			3	0.040
1.1.2	Drenaje superficial	CE2	0.259	0.049						0.147	
1.1.2.1	Alcantarillas	CE2.1	0.299	0.015			3			3	0.044
1.1.2.2	Cunetas	CE2.2	0.460	0.023			3			3	0.068
1.1.2.3	Badenes	CE2.3	0.082	0.004			3			3	0.012
1.1.2.4	Zanjas de drenaje y coronación	CE2.4	0.159	0.008			3			3	0.023
1.1.3	Muros	CE3	0.159	0.030						0.098	
1.1.3.1	Muros de contención	CE3.1	0.750	0.023			3			3	0.068
1.1.3.2	Muros de Gaviones	CE3.2	0.250	0.008				4		4	0.030
1.1.4	Taludes	CE4	0.231	0.044						0.143	
1.1.4.1	Taludes de corte	CE4.1	0.750	0.033			3			3	0.099
1.1.4.2	Taludes de relleno	CE4.2	0.250	0.011				4		4	0.044

1.2	Condiciones funcionales	OM2	0.236	0.127							0.872
1.2.1	Plataforma	CF1	0.308	0.039							0.156
1.2.1.1	Calzada	CF1.1	0.750	0.029				4		4	0.117
1.2.1.2	Bermas	CF1.2	0.250	0.010				4		4	0.039
1.2.2	Drenaje superficial	CF2	0.347	0.044							0.571
1.2.2.1	Alcantarillas	CF2.1	0.321	0.014				4		4	0.353
1.2.2.2	Cunetas	CF2.2	0.427	0.019			3			3	0.218
1.2.2.3	Badenes	CF2.3	0.095	0.004				4		4	0.134
1.2.2.4	Zanjas de drenaje y coronación	CF2.4	0.157	0.007				4		4	0.084
1.2.3	Muros	CF3	0.121	0.015							0.050
1.2.3.1	Muros de contención	CF3.1	0.750	0.011			3			3	0.034
1.2.3.2	Muros de Gaviones	CF3.2	0.250	0.004				4		4	0.015
1.2.4	Taludes	CF4	0.224	0.028							0.095
1.2.4.1	Taludes de corte	CF4.1	0.667	0.019			3			3	0.057
1.2.4.2	Taludes de relleno	CF4.2	0.333	0.009				4		4	0.038
1.3	Condiciones de seguridad	OM3	0.036	0.020							0.057
1.3.1	Señalización horizontal	CS1	0.269	0.005		2				2	0.011
1.3.2	Señalización vertical	CS2	0.408	0.008			3			3	0.024
1.3.3	Visibilidad	CS3	0.152	0.003			3			3	0.009
1.3.4	Puntos negros	CS4	0.099	0.002				4		4	0.008
1.3.5	Accidentes	CS5	0.071	0.001				4		4	0.006
1.4	Conservación vial	OM4	0.152	0.082							0.269
1.4.1	Mantenimiento rutinario	CV1	0.261	0.021			3			3	0.064
1.4.2	Mantenimiento periódico	CV2	0.066	0.005				4		4	0.022
1.4.3	Mantenimiento de emergencia	CV3	0.158	0.013					5	5	0.065
1.4.4	Mantenimiento preventivo	CV4	0.466	0.038			3			3	0.115
1.4.5	Mantenimiento mecanizado	CV5	0.050	0.004	1					1	0.004
1.5	Características físicas	OM5	0.100	0.054							0.198
1.5.1	Tipo de material	CF1	0.667	0.036					5	5	0.180
1.5.2	Antigüedad de la infraestructura	CF2	0.333	0.018	1					1	0.018

1.6	Resiliencia de la Infraestructura	OM6	0.058	0.031							0.125
1.6.1	Resistencia al desgaste del pavimento causado por el tráfico constante y las condiciones climáticas adversas.	RI1	0.600	0.019				4		4	0.075
1.6.2	Resistencia a la fatiga del material debido a las cargas repetidas de vehículos pesados sin desarrollar grietas.	RI2	0.400	0.013				4		4	0.050
1.7	Calidad de los servicios producidos	OM7	0.066	0.035							0.115
1.7.1	Transitabilidad en la vía durante el periodo de operación y mantenimiento	CSP1	0.750	0.027			3			3	0.080
1.7.2	Transitabilidad en la vía en condiciones normales de uso a lo largo de la vida útil de la carretera	CSP2	0.250	0.009				4		4	0.035
2	Sostenibilidad Financiera	SF	1.000	0.297							1.020
2.1	Ingresos recaudados	SF1	0.143	0.042		2				2	0.085
2.2	Presupuesto asignado para la operación y mantenimiento	SF2	0.574	0.171				4		4	0.682
2.3	Probabilidades de que el costo de OyM sea cubierto durante la vida útil del proyecto	SF3	0.283	0.084			3			3	0.253
3	Capacidad técnica y gerencial del operador	CG	1.000	0.164							0.549
3.1	Capacidad gerencial del operador	CG1	0.158	0.026			3			3	0.078
3.2	Disponibilidad de información técnica relacionada a la infraestructura	CG2	0.088	0.014				4		4	0.058
3.3	Disponibilidad de instrumentos y equipos requeridos para la operación y mantenimiento	CG3	0.261	0.043				4		4	0.171
3.4	Capacidad técnica y administrativa del operador	CG4	0.492	0.081			3			3	0.242
4	Riesgo	R	1.000	1.000							0.232
4.1	Riesgo de la infraestructura vial por erosión	R1	0.288	0.288		0.230				0.23	0.066
4.2	Riesgo de la infraestructura vial por movimiento de masas	R2	0.568	0.568		0.245				0.24533	0.139
4.3	Riesgo de la infraestructura vial por inundación	R3	0.143	0.143		0.185				0.185	0.027

ANEXO IX

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD CON INCORPORACIÓN
DEL NIVEL DE RIESGO EN LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA – LLACANORA, 2024**

SÍNTESIS DE LA VALORACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE SOSTENIBILIDAD		
Tesis	Título	Índice de sostenibilidad de la carretera Baños del Inca - Llacanora con la incorporación de los niveles de riesgo, 2024
	Tesista	Roel Alexander Quiliche Cachay
Datos de la infraestructura vial	Carretera	Baños del Inca - Llacanora
	Tramo	Baños del Inca - Llacanora
	Código de la ruta	Ruta vecinal CA 1494
Fecha	Mes y año	Setiembre del 2024

Nº	Tramos evaluados					Factores de sostenibilidad de la infraestructura vial			
	Progresiva		Longitud (m)	Superficie de rodadura	Ubicación	OM	SF	CG	Nivel de riesgo R=PxV
	Inicial	Final							
1	0+000	0+115	115	Asfalto	Cruce de Shaullo	4.001	3.411	2.270	0.029
2	0+115	0+608	493	Asfalto	Espaldas del Bim Z. Nº 7	4.105	3.647	3.386	0.025
3	0+608	1+108	500	Asfalto	Valle verde	4.092	3.642	3.381	0.072
4	1+108	1+608	500	Asfalto	Huayrapongo	4.089	3.639	3.373	0.082
5	1+608	2+108	500	Asfalto	Huayrapongo	4.088	3.630	3.370	0.092
6	2+108	2+608	500	Asfalto	Huayrapongo	3.468	3.243	3.058	0.139
7	2+608	3+108	500	Asfalto	Huayrapongo	2.848	2.785	0.658	0.186
8	3+108	3+608	500	Asfalto	Pumauschco	2.224	1.020	0.549	0.232
9	3+608	4+108	500	Asfalto	Pumaushco	2.335	1.070	0.576	0.215
10	4+108	4+608	500	Asfalto	Pumaushco	2.614	1.102	0.687	0.212
11	4+608	5+090	482	Asfalto	Chinchin	3.012	1.217	0.789	0.210
11	5+090	5+130	40	Acuñado	Entrada a Llacanora	3.423	1.404	1.039	0.205

SÍNTESIS DE LA VALORACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE SOSTENIBILIDAD

Tesis	Título	Índice de sostenibilidad de la carretera Baños del Inca - Llacanora con la incorporación de los niveles de riesgo, 2024
	Tesista	Roel Alexander Quiliche Cachay
Datos de la infraestructura vial	Carretera	Baños del Inca - Llacanora
	Tramo	Baños del Inca - Llacanora
	Código de la ruta	Ruta vecinal CA 1494
Fecha	Mes y año	Setiembre del 2024





N°	Factores de sostenibilidad de la infraestructura vial				Índice de sostenibilidad				
	OM	SF	CG	Nivel de riesgo R=PxV	Si n riesgo $S_{SR} = \frac{5(OM) + 3(SF) + 2(CG)}{10}$	Con riesgo o $S_{CR} = \frac{5(OM) + 3(SF) + 2(CG)}{10} - \frac{11}{10}\sqrt{R}$	Con riesgo - lineal $S_{CR} = a(R) + b$	Con riesgo - loga rítmico $S_{CR} = -0.1494\ln(R) + 0.3305$	Con riesgo aproximado $S_{CR} = \frac{5(OM) + 3(SF) + 2(CG)}{10} - \frac{11}{10}\sqrt{R}$
1	4.001	3.411	2.270	0.029	3.4778	3.2904	0.3528	1.01721	3.4488
2	4.105	3.647	3.386	0.025	3.8238	3.6493	0.3531	1.04489	3.7986
3	4.092	3.642	3.381	0.072	3.8148	3.5190	0.3495	0.84009	3.7425
4	4.089	3.639	3.373	0.082	3.8108	3.4956	0.3488	0.81553	3.7287
5	4.088	3.630	3.370	0.092	3.8068	3.4735	0.3480	0.79373	3.7150
6	3.468	3.243	3.058	0.139	3.3184	2.9085	0.3445	0.71355	3.1796
7	2.848	2.785	0.658	0.186	2.3912	1.9170	0.3409	0.65698	2.2054
8	2.224	1.020	0.549	0.232	1.5277	0.9976	0.3374	0.61372	1.2954
9	2.335	1.070	0.576	0.215	1.6038	1.0938	0.3387	0.62870	1.3888
10	2.614	1.102	0.687	0.212	1.7750	1.2685	0.3389	0.63143	1.5630
11	3.012	1.217	0.789	0.210	2.0289	1.5251	0.3391	0.63345	1.8191
12	3.423	1.404	1.039	0.205	2.3403	1.8419	0.3394	0.63770	2.1350




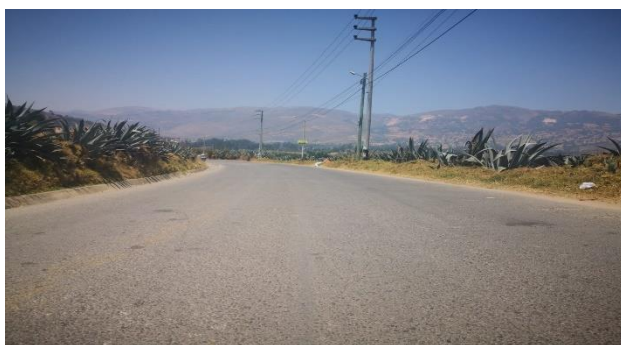
SÍNTESIS DE LA VALORACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE SOSTENIBILIDAD

Tesis	Título	Índice de sostenibilidad de la carretera Baños del Inca - Llacanora con la incorporación de los niveles de riesgo, 2024
	Tesista	Roel Alexander Quiliche Cachay
Datos de la infraestructura vial	Carretera	Baños del Inca - Llacanora
	Tramo	Baños del Inca - Llacanora
	Código de la ruta	Ruta vecinal CA 1494
Fecha	Mes y año	Setiembre del 2024



N°	Tramos evaluados					Factores de sostenibilidad de la infraestructura vial					Riesgo			Índice de sostenibilidad con Incorporación del nivel de riesgo (SCR)			
	Progresiva		Longitud (m)	Superficie de rodadura	Ubicación	OM	SF	CG	Índice de sostenibilidad sin incorporación del riesgo (SSR)		Escala cromática	Nivel de riesgo					Escala cromática
	Inicial	Final															
1	0+000	0+115	115	Asfalto	Cruce de Shaullo	4.0012	3.4109	2.2697	3.4778	Normal		0.0290	Bajo		3.2904	Normal	
2	0+115	0+608	493	Asfalto	Espaldas del Bim Z. N° 7	4.1048	3.6470	3.3863	3.8238	Alta		0.0252	Bajo		3.6493	Normal	
3	0+608	1+108	500	Asfalto	Valle verde	4.0920	3.6420	3.3810	3.8148	Alta		0.0723	Moderado		3.5190	Normal	
4	1+108	1+608	500	Asfalto	Huayrapongo	4.0890	3.6390	3.3728	3.8108	Alta		0.0821	Moderado		3.4956	Normal	
5	1+608	2+108	500	Asfalto	Huayrapongo	4.0875	3.6303	3.3699	3.8068	Alta		0.0918	Moderado		3.4735	Normal	
6	2+108	2+608	500	Asfalto	Huayrapongo	3.4678	3.2427	3.0585	3.3184	Normal		0.1388	Alto		2.9085	Normal	
7	2+608	3+108	500	Asfalto	Huayrapongo	2.8481	2.7850	0.6583	2.3912	Baja		0.1858	Alto		1.9170	Baja	
8	3+108	3+608	500	Asfalto	Huayrapongo	2.2241	1.0199	0.5485	1.5277	Muy baja		0.2323	Alto		0.9976	Muy baja	
9	3+608	4+108	500	Asfalto	Callacpuma	2.3353	1.0700	0.5759	1.6038	Muy baja		0.2150	Alto		1.0938	Muy baja	
10	4+108	4+608	500	Asfalto	Callacpuma	2.6140	1.1020	0.6870	1.7750	Muy baja		0.2120	Alto		1.2685	Muy baja	
11	4+608	5+090	482	Asfalto	Callacpuma	3.0120	1.2170	0.7890	2.0289	Baja		0.2098	Alto		1.5251	Muy baja	
12	5+090	5+130	40	Acuñado	Entrada a Llacanora	3.4228	1.4036	1.0389	2.3403	Baja		0.2053	Alto		1.8419	Baja	

ANEXO X
FICHAS DE IDENTIFICACIÓN

FICHA DE IDENTIFICACION N° 1.	
CARRETERA	Baños del Inca - Llacanora
PREGRESIVAS	Km 0+000 al km 0+115 (Baños del Inca)
DESCRIPCION DEL TRAMO	
El tramo Inicia en el Cruce de Shaullo, Baños del Inca, Desde el Km 0+000 de la ruta vecinal CA 1494, hasta el grifo Centinela Km 0+115. Dicho tramo es de Asfalto.	
	
	
Riesgos existentes	
Riesgo bajo en Erosión debido a la pavimentación, sistema de drenaje y la protección de las viviendas alrededor que actúan como barrera que protegen el suelo de la acción directa del agua.	
Riesgo bajo en movimientos de masas debido a la estabilidad del terreno urbano	
Riesgo moderado por inundación, ante lluvias intensas y posible falla en el drenaje.	
Estado de la vía	
El tramo evaluado de asfalto se encuentra con fallas en calzada, especialmente en las bermas, que tienen parches y baches. Estas fallas se deben al levantamiento del pavimento para la instalación de gas natural, trabajo que realizó la empresa y luego se marchó sin restaurar.	
Nivel de riesgo █	Índice de sostenibilidad █

FICHA DE IDENTIFICACION N° 2.	
CARRETERA	Baños del Inca - Llacanora
PREGRESIVAS	Km 0+115 al Km 0+608 (Baños del Inca)
DESCRIPCION DEL TRAMO	
El tramo Inicia en el grifo Centinela Km 0+115 de la ruta vecinal CA 1494, hasta el km 0+608. Dicho tramo es de Asfalto y queda paralelamente a la espalda del cuartel BIM Zepita n° 7.	
	
	
<p>Riesgos existentes</p> <p>Riesgo bajo en Erosión debido a la pavimentación, sistema de drenaje y la protección de las viviendas alrededor que actúan como barrera que protegen el suelo de la acción directa del agua.</p> <p>Riesgo bajo en movimientos de masas debido a la estabilidad del terreno urbano.</p> <p>Riesgo moderado por inundación, ante lluvias intensas, posible falla en el drenaje y por quedar en parte baja.</p>	
<p>Estado de la vía</p> <p>El tramo evaluado de asfalto se encuentra con fallas en calzada, especialmente en las bermas del lado izquierdo, yendo a Llacanora, que tienen parches y baches. Estas fallas se deben al levantamiento del pavimento para la instalación de gas natural, trabajo que realizó la empresa y luego se marchó sin restaurar.</p>	
Nivel de riesgo █	Índice de sostenibilidad █

FICHA DE IDENTIFICACION N° 3.	
CARRETERA	Baños del Inca - Llacanora
PREGRESIVAS	Km 0+608 al Km 1+108 (Baños del Inca)
DESCRIPCION DEL TRAMO	
El tramo Inicia en Km 0+608 de la ruta vecinal CA 1494, hasta el km 1+108. Dicho tramo es de Asfalto bajando al caserío Huayrapongo.	
	
	
Riesgos existentes	
Riesgo moderado en erosión debido a la pendiente y la zona agrícola y pastizales de la parte derecha yendo a Llacanora.	
Riesgo moderado en movimiento de masas debido a la pendiente del terreno.	
Riesgo moderado por inundación, ante lluvias intensas y pendiente del terreno.	
Estado de la vía	
El tramo evaluado de asfalto se encuentra con fallas en calzada, especialmente en las bermas, que están recubiertas de yerba, lo que se concluye que le hace falta una limpieza a dicho tramo.	
Nivel de riesgo █	Índice de sostenibilidad █

FICHA DE IDENTIFICACION N° 4.	
CARRETERA	Baños del Inca - Llacanora
PREGRESIVAS	Km 1+108 al Km 1+608 (Llacanora)
DESCRIPCION DEL TRAMO	
El tramo Inicia en Km 1+608 de la ruta vecinal CA 1494, hasta el km 1+608. Dicho tramo es de Asfalto, ubicado en el caserío Huayrapongo.	
	
	
Riesgos existentes	
Riesgo moderado en erosión debido a la pendiente y la zona agrícola y pastizales de la parte derecha yendo a Llacanora.	
Riesgo moderado en movimiento de masas debido a la pendiente del terreno.	
Riesgo moderado por inundación, ante lluvias intensas y pendiente del terreno.	
Estado de la vía	
El tramo evaluado de asfalto se encuentra con fallas en calzada, especialmente en las bermas, que están recubiertas de yerba, lo que se concluye que le hace falta una limpieza a dicho tramo. Además, presenta algunos parches realizados para el cruce de alcantarillas.	
Nivel de riesgo ■	Índice de sostenibilidad ■

FICHA DE IDENTIFICACION N° 5.	
CARRETERA	Baños del Inca - Llacanora
PREGRESIVAS	Km 1+608 al Km 2+108 (Llacanora)
DESCRIPCION DEL TRAMO	
El tramo Inicia en Km 1+608 de la ruta vecinal CA 1494, hasta el km 2+108. Dicho tramo es de Asfalto, ubicado en el caserío Huayrapongo.	
	
	
Riesgos existentes	
Riesgo moderado en erosión debido a la pendiente y la zona agrícola y pastizales de la parte derecha yendo a Llacanora.	
Riesgo moderado en movimiento de masas debido a la pendiente del terreno.	
Riesgo moderado por inundación, ante lluvias intensas y pendiente del terreno.	
Estado de la vía	
El tramo evaluado de asfalto encuentra obstrucciones en la calzada, especialmente en las bermas, que están recubiertas de arenas y basura, lo que se concluye que le hace falta una limpieza a dicho tramo.	
Nivel de riesgo	■
Índice de sostenibilidad	■

FICHA DE IDENTIFICACION N° 6.	
CARRETERA	Baños del Inca - Llacanora
PREGRESIVAS	Km 2+108 al Km 2+608 (Llacanora)
DESCRIPCION DEL TRAMO	
El tramo Inicia en Km 2+608 de la ruta vecinal CA 1494, hasta el km 2+608. Dicho tramo es de Asfalto, ubicado en el caserío Huayrapongo.	
	
	
Riesgos existentes	
Riesgo moderado en erosión debido a la pendiente y la zona agrícola y pastizales de la parte derecha yendo a Llacanora.	
Riesgo moderado en movimiento de masas debido a la pendiente del terreno.	
Riesgo moderado por inundación, ante lluvias intensas y pendiente del terreno.	
Estado de la vía	
El tramo evaluado de asfalto encuentra obstrucciones en la calzada, especialmente en las bermas, que están recubiertas de arenas y basura, lo que se concluye que le hace falta una limpieza a dicho tramo.	
Nivel de riesgo ■	Índice de sostenibilidad ■

FICHA DE IDENTIFICACION N° 7.	
CARRETERA	Baños del Inca - Llacanora
PREGRESIVAS	Km 2+608 al Km 3+108 (Llacanora)
DESCRIPCION DEL TRAMO	
El tramo Inicia en Km 2+608 de la ruta vecinal CA 1494, hasta el km 3+108. Dicho tramo es de Asfalto, ubicado en el caserío Pumaushco.	
	
	
Riesgos existentes	
Riesgo alto en erosión debido a la pendiente y la zona agrícola y la zona rocosa ubicada a la izquierda camino hacia Llacanora.	
Riesgo alto por movimiento de masas debido a la pendiente del terreno.	
Riesgo alto por inundación, ante lluvias intensas, pendiente del terreno y cercanía al rio Cajamarquino	
Estado de la vía	
El tramo evaluado de asfalto se encuentra con fallas en pavimento presentación de algunas fisuras longitudinales, además de la falta de limpieza en las bermas.	
Nivel de riesgo ■	Índice de sostenibilidad ■

FICHA DE IDENTIFICACION N° 8.	
CARRETERA	Baños del Inca - Llacanora
PREGRESIVAS	Km 3+108 al Km 3+608 (Llacanora)
DESCRIPCION DEL TRAMO	
El tramo Inicia en Km 3+108 de la ruta vecinal CA 1494, hasta el km 3+608. Dicho tramo es de Asfalto, ubicado en el caserío Pumaushco.	
	
	
Riesgos existentes	
Riesgo alto en erosión debido a la pendiente y la zona agrícola y la zona rocosa ubicada a la izquierda camino hacia Llacanora.	
Riesgo alto por movimiento de masas debido a la pendiente del terreno.	
Riesgo alto por inundación, ante lluvias intensas, pendiente del terreno y cercanía al río Cajamarquino	
Estado de la vía	
El tramo evaluado de asfalto se encuentra con fallas en pavimento presentación de algunas fisuras longitudinales, además de la falta de limpieza en las bermas.	
Nivel de riesgo ■	Índice de sostenibilidad ■

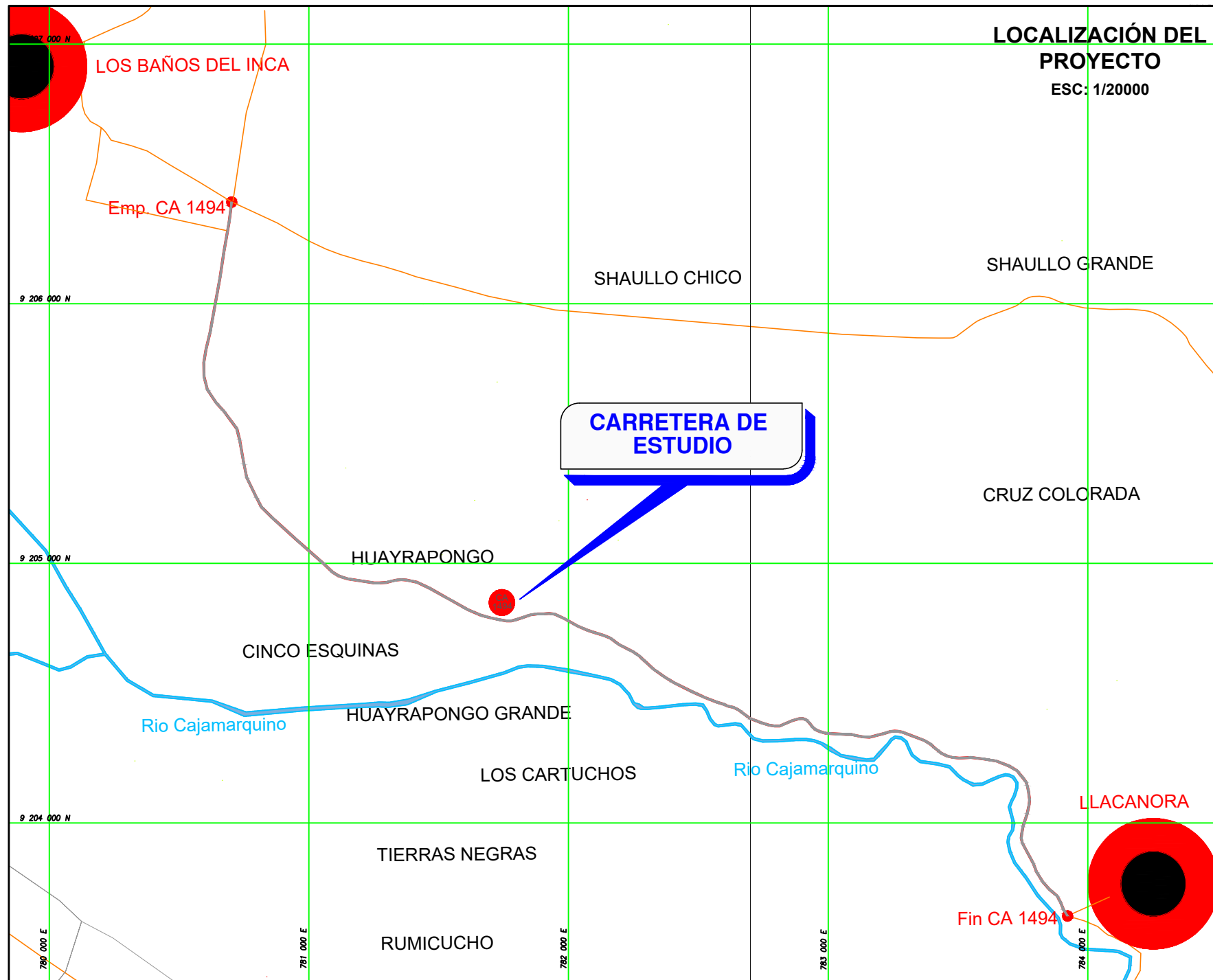
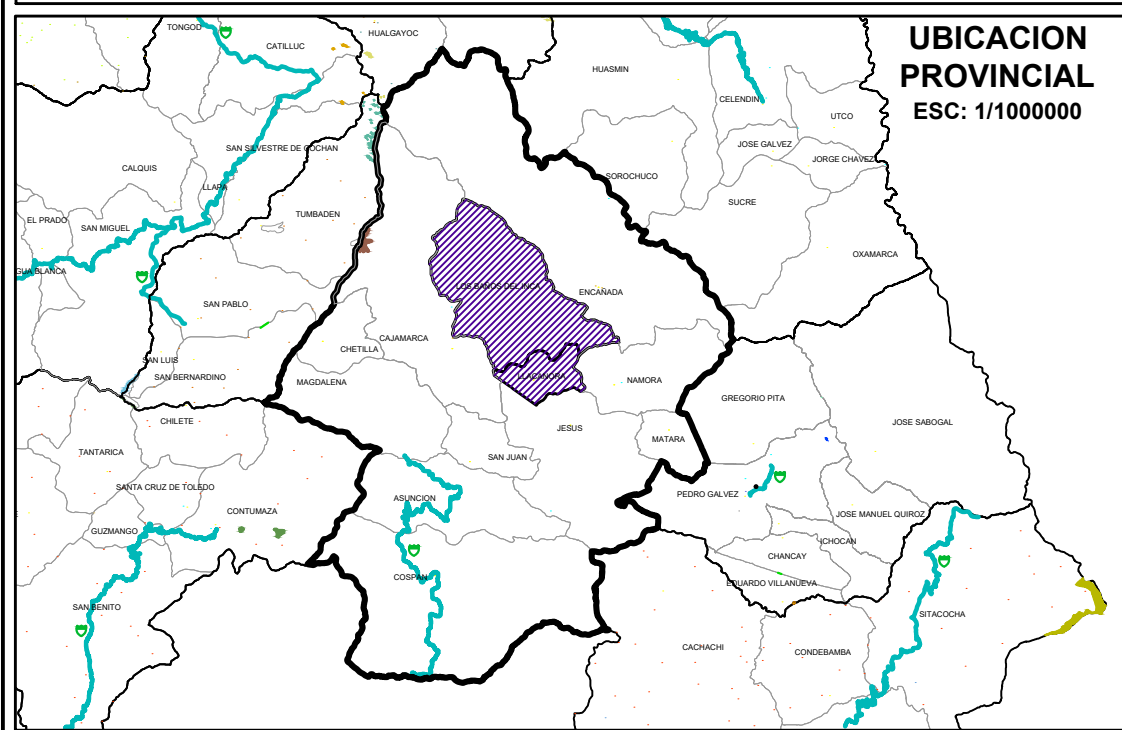
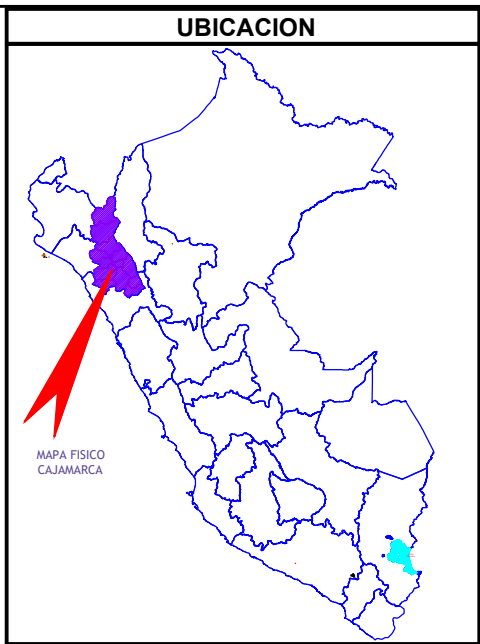
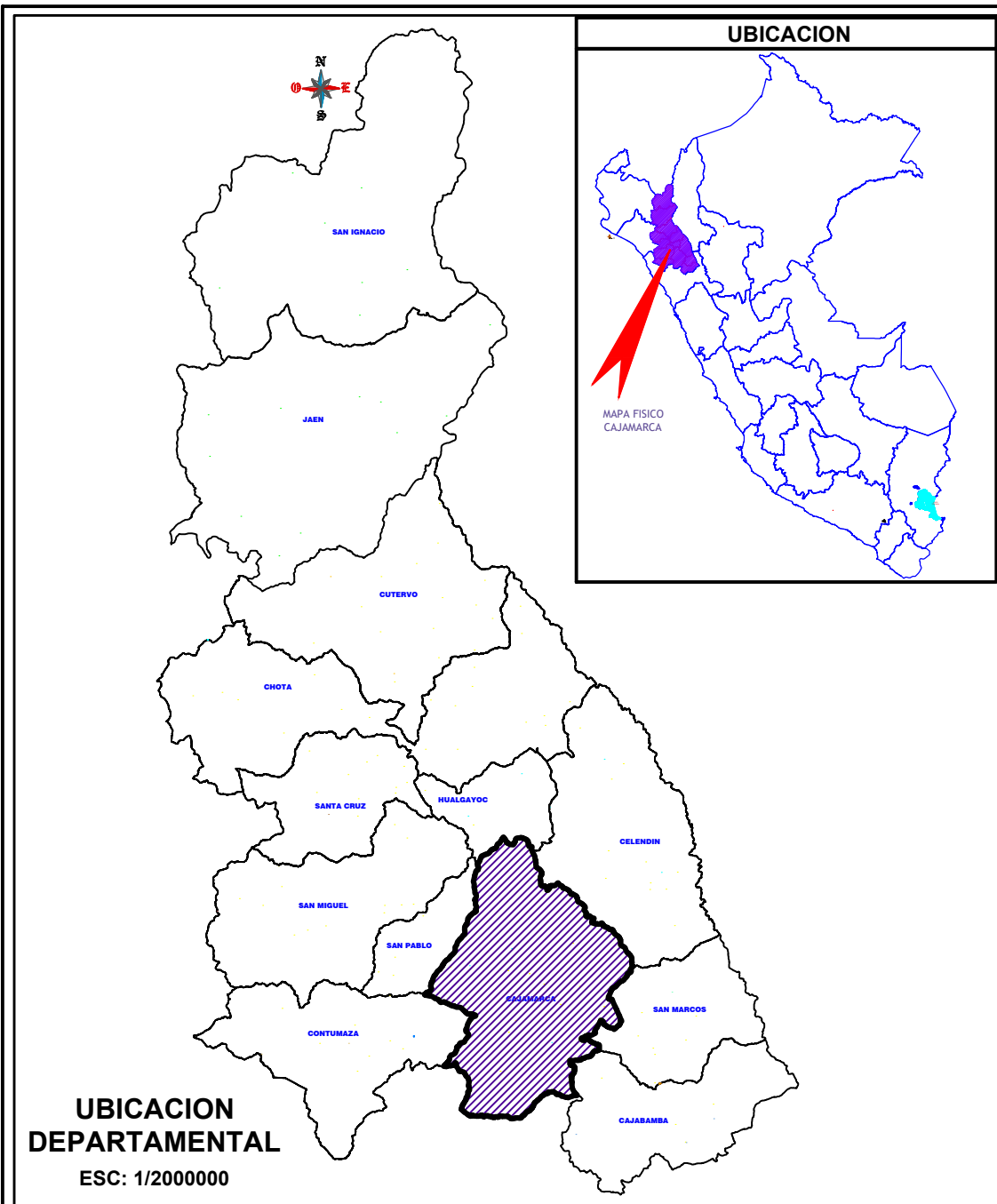
FICHA DE IDENTIFICACION N° 9.	
CARRETERA	Baños del Inca - Llacanora
PREGRESIVAS	Km 3+608 al Km 4+108 (Llacanora)
DESCRIPCION DEL TRAMO	
El tramo Inicia en Km 3+608 de la ruta vecinal CA 1494, hasta el km 4+108. Dicho tramo es de Asfalto, ubicado en el caserío Pumaushco.	
	
	
Riesgos existentes	
Riesgo alto en erosión debido a la pendiente y la zona agrícola y la zona rocosa ubicada a la izquierda camino hacia Llacanora.	
Riesgo alto por movimiento de masas debido a la pendiente del terreno.	
Riesgo alto por inundación, ante lluvias intensas, pendiente del terreno y cercanía al rio Cajamarquino	
Estado de la vía	
El tramo evaluado de asfalto se encuentra con fallas en pavimento presentación de algunas fisuras longitudinales y transversales, además de la falta de limpieza en las bermas.	
Nivel de riesgo ■	Índice de sostenibilidad ■

FICHA DE IDENTIFICACION N° 10.	
CARRETERA	Baños del Inca - Llacanora
PREGRESIVAS	Km 4+108 al Km 4+608 (Llacanora)
DESCRIPCION DEL TRAMO	
El tramo Inicia en Km 4+108 de la ruta vecinal CA 1494, hasta el km 4+608. Dicho tramo es de Asfalto, ubicado en el caserío Chinchin.	
	
	
Riesgos existentes	
Riesgo alto en erosión debido a la pendiente y la zona agrícola y la zona rocosa ubicada a la izquierda camino hacia Llacanora.	
Riesgo alto por movimiento de masas debido a la pendiente del terreno.	
Riesgo alto por inundación, ante lluvias intensas, pendiente del terreno y cercanía al río Cajamarquino	
Estado de la vía	
El tramo evaluado de asfalto se encuentra con fallas en pavimento presentación de algunas fisuras longitudinales y transversales, además de la falta de limpieza en las bermas.	
Nivel de riesgo ■	Índice de sostenibilidad ■

FICHA DE IDENTIFICACION N° 11.	
CARRETERA	Baños del Inca - Llacanora
PREGRESIVAS	Km 4+608 al Km 5+090 (Llacanora)
DESCRIPCION DEL TRAMO	
El tramo Inicia en Km 4+608 de la ruta vecinal CA 1494, hasta el km 4+090. Dicho tramo es de Asfalto, ubicado en el caserío Chinchin.	
	
	
Riesgos existentes	
Riesgo alto en erosión debido a la pendiente y la zona agrícola y la zona rocosa ubicada a la izquierda camino hacia Llacanora.	
Riesgo alto por movimiento de masas debido a la pendiente del terreno.	
Riesgo alto por inundación, ante lluvias intensas, pendiente del terreno y cercanía al rio Cajamarquino	
Estado de la vía	
El tramo evaluado de asfalto se encuentra con fallas en pavimento presentación de algunas fisuras longitudinales y trasversales, además de la falta de limpieza en las bermas.	
Nivel de riesgo ■	Índice de sostenibilidad ■

FICHA DE IDENTIFICACION N° 12.	
CARRETERA	Baños del Inca - Llacanora
PREGRESIVAS	Km 5+090 al Km 5+130 (Llacanora)
DESCRIPCION DEL TRAMO	
El tramo Inicia en Km 5+090 hasta el km 5+130 final de la ruta vecinal CA 1494. Dicho tramo es (acuñado) de bloques de concreto, ubicado en la entrada al pueblo de Llacanora, Intersección Jr. Cataratas.	
	
	
<p>Riesgos existentes</p> <p>Riesgo alto en erosión debido a la pendiente y la zona agrícola y la zona rocosa ubicada a la izquierda camino hacia Llacanora.</p> <p>Riesgo alto por movimiento de masas debido a la pendiente del terreno.</p> <p>Riesgo alto por inundación, ante lluvias intensas, pendiente del terreno y cercanía al río Cajamarquino</p>	
<p>Estado de la vía</p> <p>El tramo evaluado de bloques de concreto se encuentra en condiciones buenas, pero el tipo de material del pavimento y la falta de limpieza en las bermas, constituye algo negativo en dicha vía</p>	
Nivel de riesgo ■	Índice de sostenibilidad ■

ANEXO XI
PLANOS



UTM - CA 1494

Punto	Este	Norte
Inical	7807702.52	9206391.76
Final	783922.30	9206342.15

LEYENDA

- Capital Distrital
- Destino
- Vía de estudio
- Vías
- Ríos
- Limite distrital
- Límite provincial
- Límite departamental



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
"ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - LLACANORA CON INCORPORACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO, 2024"

TESISTA:
ROEL ALEXANDER QUILICHE CACHAY

DIBUJO:
RAQC

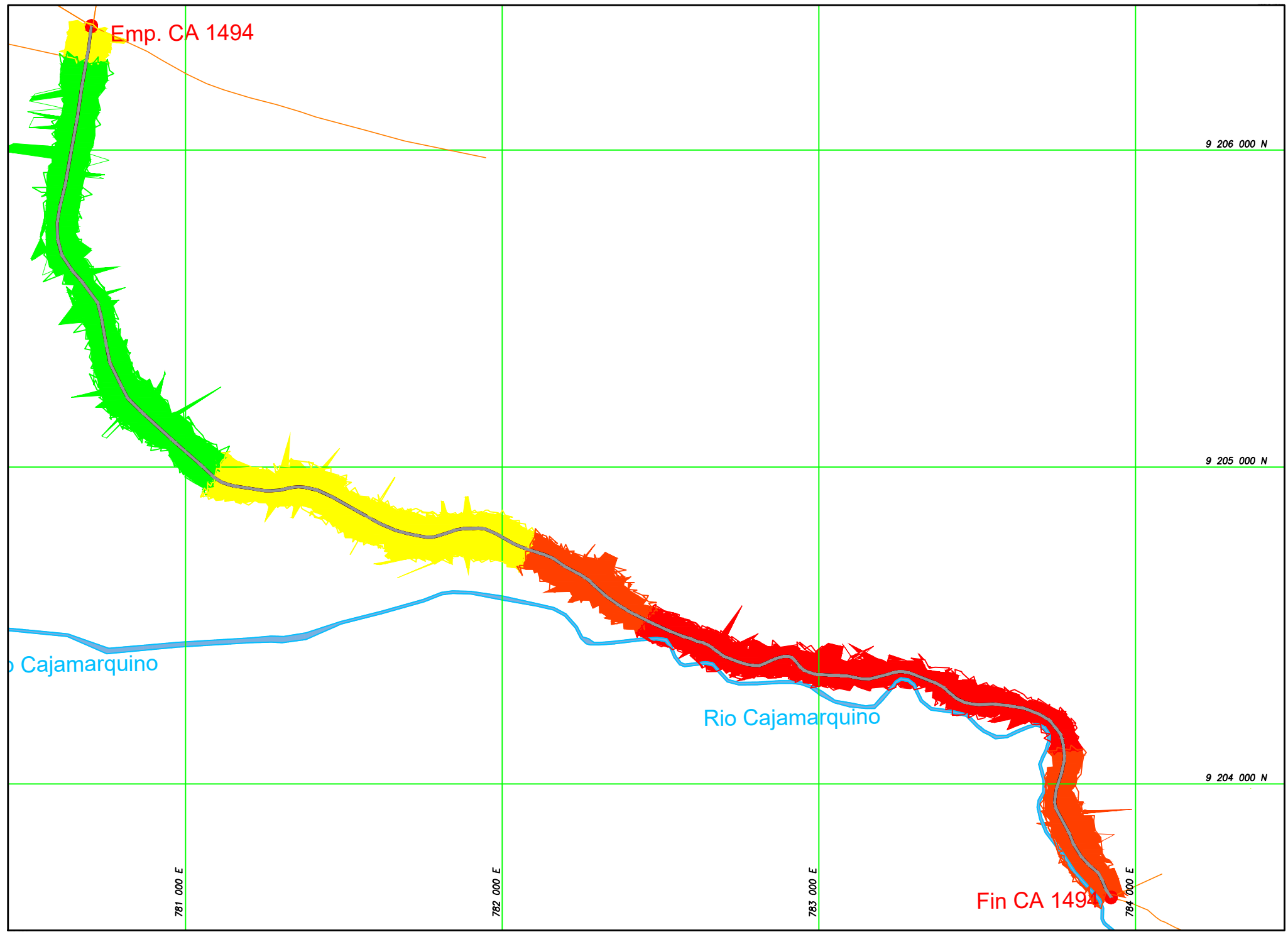
PLANO:
UBICACIÓN LOCALIZACIÓN

UBICACION:
DISTRITOS : - BAÑOS DEL INCA - LLACANORA
PROVINCIA : CAJAMARCA
DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

FECHA:
ENERO - 2025

LAMINA N°
PU-01

ESCALA:
INDICADA



Tramos evaluados				
Progresiva		Longitud (m)	Superficie de rodadura	Ubicación
Inicial	Final			
0+000	0+115	115	Asfalto	Cruce de Shaullo
0+115	0+608	493	Asfalto	Espaldas del Bim Z. N° 7
0+608	1+108	500	Asfalto	Valle verde
1+108	1+608	500	Asfalto	Huayrapongo
1+608	2+108	500	Asfalto	Huayrapongo
2+108	2+608	500	Asfalto	Huayrapongo
2+608	3+108	500	Asfalto	Huayrapongo
3+108	3+608	500	Asfalto	Huayrapongo
3+608	4+108	500	Asfalto	Callacpuma
4+108	4+608	500	Asfalto	Callacpuma
4+608	5+090	482	Asfalto	Callacpuma
5+090	5+130	40	Acuñado	Entrada a Llacanora

UTM - CA 1494		
Punto	Este	Norte
Inical	7807702.52	9206391.76
Final	783922.30	9206342.15

Indice de sostenibilidad sin incorporacion del riesgo (SSR)	
Alta	
Normal	
Baja	
Muy baja	

LEYENDA	
	Rio
	Via - CA 1494
	Red vial

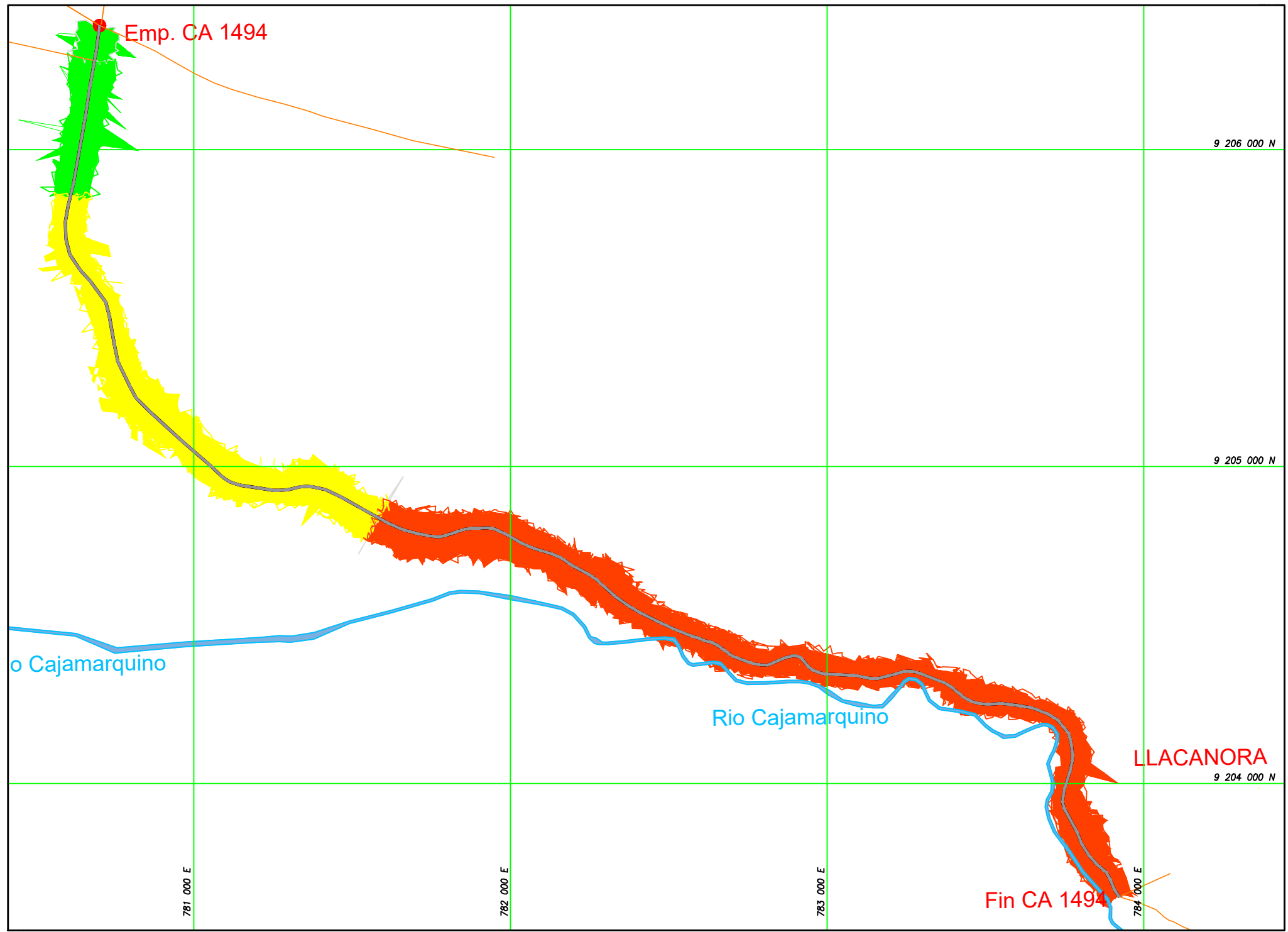


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - LLACANORA CON INCORPORACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO, 2024"	UBICACION: DISTRITOS : - BAÑOS DEL INCA - LLACANORA PROVINCIA : CAJAMARCA DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	LAMINA N° <h1 style="font-size: 2em; margin: 0;">SsR-1</h1>
TESISTA: ROEL ALEXANDER QUILICHE CACHAY	FECHA: ENERO - 2025	ESCALA: 1/15000
DIBUJO: RAQC	PLANO: SOSTENIBILIDAD SIN RIESGO	



Tramos evaluados				
Progresiva		Longitud (m)	Superficie de rodadura	Ubicación
Inicial	Final			
0+000	0+115	115	Asfalto	Cruce de Shaullo
0+115	0+608	493	Asfalto	Espaldas del Bim Z. N° 7
0+608	1+108	500	Asfalto	Valle verde
1+108	1+608	500	Asfalto	Huayrapongo
1+608	2+108	500	Asfalto	Huayrapongo
2+108	2+608	500	Asfalto	Huayrapongo
2+608	3+108	500	Asfalto	Huayrapongo
3+108	3+608	500	Asfalto	Huayrapongo
3+608	4+108	500	Asfalto	Callacpuma
4+108	4+608	500	Asfalto	Callacpuma
4+608	5+090	482	Asfalto	Callacpuma
5+090	5+130	40	Acuñado	Entrada a Llacanora

UTM - CA 1494		
Punto	Este	Norte
Inicial	7807702.52	9206391.76
Final	783922.30	9206342.15

Nivel de riesgo	
Alta	
Normal	
Baja	
Muy baja	

LEYENDA	
	Rio
	Via - CA 1494
	Red vial



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
 "ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - LLACANORA CON INCORPORACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO, 2024"

UBICACION:
 DISTRITOS : - BAÑOS DEL INCA - LLACANORA
 PROVINCIA : CAJAMARCA
 DEPARTAMENTO: CAJAMARCA

LAMINA N°
NR-01

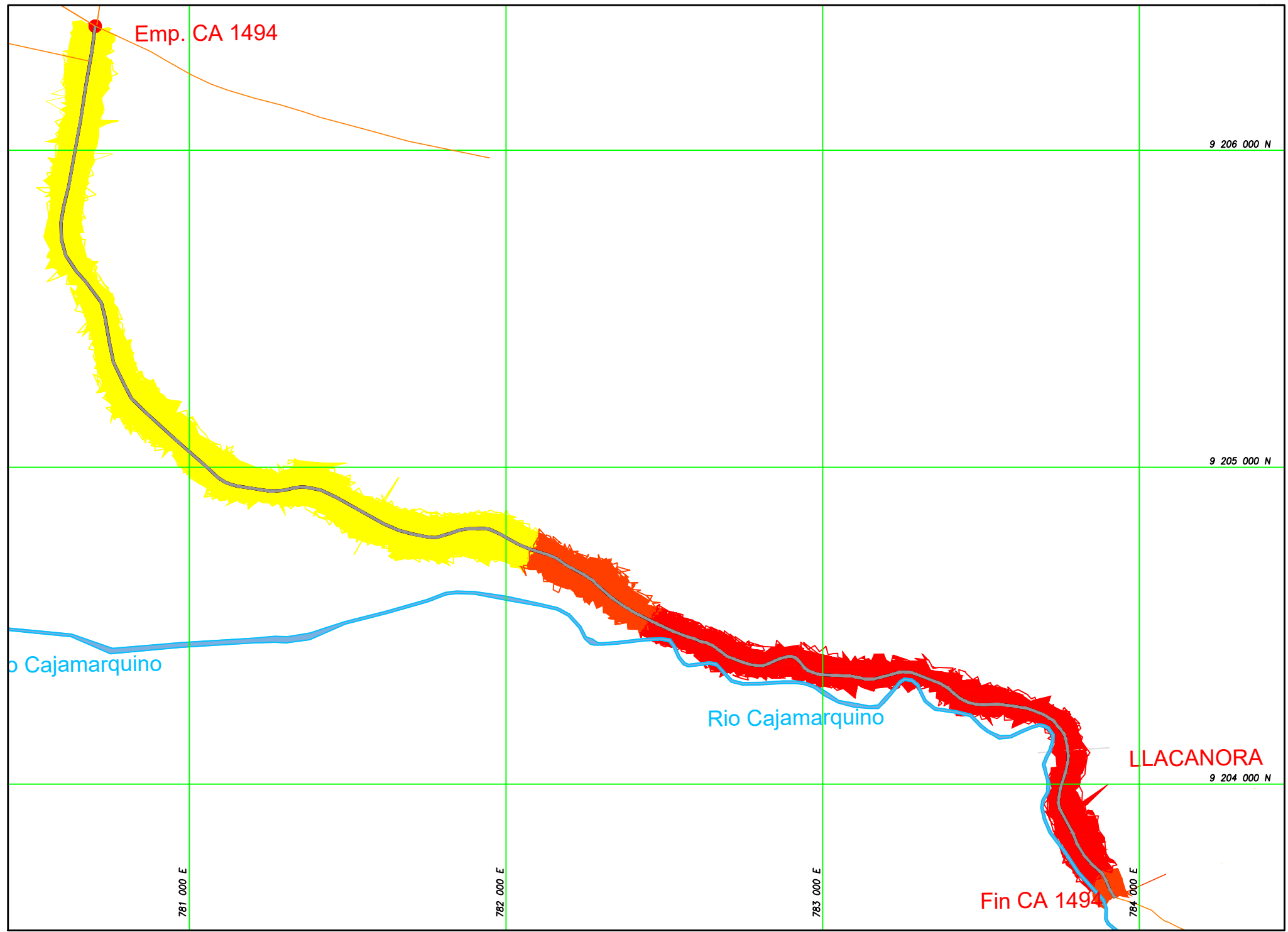
TESISTA:
 ROEL ALEXANDER QUILICHE CACHAY

DIBUJO:
 RAQC

PLANO:
 NIVELES DE RIESGO

FECHA:
 ENERO - 2025

ESCALA:
 1/15000



Tramos evaluados				
Progresiva		Longitud (m)	Superficie de rodadura	Ubicación
Inicial	Final			
0+000	0+115	115	Asfalto	Cruce de Shaullo
0+115	0+608	493	Asfalto	Espaldas del Bim Z. N° 7
0+608	1+108	500	Asfalto	Valle verde
1+108	1+608	500	Asfalto	Huayrapongo
1+608	2+108	500	Asfalto	Huayrapongo
2+108	2+608	500	Asfalto	Huayrapongo
2+608	3+108	500	Asfalto	Huayrapongo
3+108	3+608	500	Asfalto	Huayrapongo
3+608	4+108	500	Asfalto	Callacpuma
4+108	4+608	500	Asfalto	Callacpuma
4+608	5+090	482	Asfalto	Callacpuma
5+090	5+130	40	Acuñado	Entrada a Llacanora

UTM - CA 1494		
Punto	Este	Norte
Inicial	7807702.52	9206391.76
Final	783922.30	9206342.15

Indice de sostenibilidad con Incorporacion del nivel de riesgo (SCR)	
Alta	
Normal	
Baja	
Muy baja	

LEYENDA	
	Rio
	Via - CA 1494
	Red vial



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:
 "ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD DE LA CARRETERA BAÑOS DEL INCA - LLACANORA CON INCORPORACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO, 2024"
 TESISISTA:
 ROEL ALEXANDER QUILICHE CACHAY
 DIBUJO:
 RAQC
 PLANO:
 SOSTENIBILIDAD CON NIVELES DE RIESGO

UBICACION:
 DISTRITOS : - BAÑOS DEL INCA - LLACANORA
 PROVINCIA : CAJAMARCA
 DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
 FECHA:
 ENERO - 2025

LAMINA N°
SCR-1
 ESCALA:
 1/15000