

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

### **PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

#### **TESIS:**

**ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD CON INCORPORACIÓN DEL NIVEL DE  
RIESGO DE LA CARRETERA CHONGOYAPE – COCHABAMBA -  
CAJAMARCA, TRAMO COCHABAMBA – CHOTA – 2018**

Para optar el Grado Académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: INGENIERÍA CIVIL**

Presentada por:

**Bachiller: KARINA DEL ROCÍO SILVA TARRILLO**

Asesor:

**M.Cs. MARCO ANTONIO SILVA SILVA**

**Cajamarca - Perú**

**2021**

COPYRIGHT © 2021 by  
**KARINA DEL ROCÍO SILVA TARRILLO**  
Todos los derechos reservados

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **ESCUELA DE POSGRADO**



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

**TESIS APROBADA:**

**ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD CON INCORPORACIÓN DEL NIVEL DE  
RIESGO DE LA CARRETERA CHONGOYAPE – COCHABAMBA -  
CAJAMARCA, TRAMO COCHABAMBA – CHOTA – 2018**

Para optar el Grado Académico de  
**MAESTRO EN CIENCIAS**  
**MENCIÓN: INGENIERÍA CIVIL**

Presentada por:  
Bachiller: **KARINA DEL ROCÍO SILVA TARRILLO**

**JURADO EVALUADOR**

M.Cs. Marco Antonio Silva Silva  
Asesor

Dr. Jaime Octavio Amorós Delgado  
Jurado Evaluador

Dra. Yvonne Katherine Fernández León  
Jurado Evaluador

M. en I. José Benjamín Torres Tafur  
Jurado Evaluador

**Cajamarca – Perú**

**2021**



**Universidad Nacional de Cajamarca**  
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD  
**Escuela de Posgrado**  
CAJAMARCA - PERU



**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**  
**ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS**

Siendo las 16:00 horas del día 18 de noviembre de dos mil veintiuno, reunidos a través de Gmeet meet.google.com/arz-wknw-qvd, creado por la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. JAIME OCTAVIO AMORÓS DELGADO**, **Dra. YVONNE KATHERINE FERNÁNDEZ LEÓN**, **M. en I. JOSÉ BENJAMÍN TORRES TAFUR**, y en calidad de Asesor el **M.Cs. MARCO ANTONIO SILVA SILVA**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y la Directiva para la Sustentación de Proyectos de Tesis, Seminarios de Tesis, Sustentación de Tesis y Actualización de Marco Teórico de los Programas de Maestría y Doctorado, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada: **ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD CON INCORPORACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO DE LA CARRETERA CHONGOYAPE – COCHABAMBA – CAJAMARCA, TRAMO COCHABAMBA – CHOTA - 2018**; presentada por la **Bach. en Ingeniería Civil KARINA DEL ROCÍO SILVA TARRILLO**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó **APROBARLA** con la calificación de diecisiete (**17 EXCELENTE**); en tal virtud, la **Bach. en Ingeniería Civil KARINA DEL ROCÍO SILVA TARRILLO**, está apta para recibir en ceremonia especial el Diploma que la acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, con Mención en **INGENIERÍA CIVIL**.

Siendo las 17:10 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....  
**M.Cs. Marco Antonio Silva Silva**  
Asesor

.....  
**Dr. Jaime Octavio Amorós Delgado**  
Jurado Evaluador

.....  
**Dra. Yvonne Katherine Fernández León**  
Jurado Evaluador

.....  
**M. en I. José Benjamín Torres Tafur**  
Jurado Evaluador

## DEDICATORIA

A mis Padres

Aladino Silva Mego y María Felícita Tarrillo Imaña, que me brindan constantemente su apoyo incondicional y sus sabios consejos; por estar a mi lado en esta etapa de mi posgrado, alentándome continuamente a seguir adelante en mis propósitos. Anhele que la presente tesis simbolice un éxito compartido.

A mis Hermanos

Miguel y Luis, por su apoyo constante, por su ayuda profesional y por estar en los momentos más importantes de mi vida.

A Ti

Esta investigación no fue fácil, pero siempre estuviste motivándome y ayudándome. Tu ayuda ha sido fundamental, has estado conmigo incluso en los momentos más difíciles.

Karina.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios

Por darme vida y salud, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi formación profesional, por ser mi fortaleza en mis momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A la Universidad Nacional de Cajamarca

Por medio de la Escuela de Posgrado en la cual me impartieron conocimientos para asumir los retos de la vida profesional a través de la investigación.

Al Asesor

Ing. Marco Antonio Silva Silva, por su paciencia y compromiso para la conclusión de esta tesis.

A todos los familiares y amigos que con sus palabras fortalecedoras me hicieron seguir adelante en este camino del conocimiento.

Gracias.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE ABREVIATURAS .....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.1. Contextualización .....	1
1.1.2. Descripción del problema .....	3
1.1.3. Formulación del problema .....	5
1.2. Justificación e importancia .....	5
1.3. Delimitación de la investigación.....	6
1.3.1. Temática.....	6
1.3.2. Metodológica .....	6
1.3.3. Espacial.....	6
1.3.4. Temporal .....	7
1.4. Limitaciones .....	7
1.5. Objetivos .....	7
1.5.1. Objetivo general.....	7
1.5.2. Objetivos específicos.....	7
CAPÍTULO II.....	8
MARCO TEÓRICO .....	8
2.1. Antecedentes de la investigación .....	8
2.1.1. Internacionales .....	8
2.1.2. Nacionales.....	9
2.1.3. Locales .....	10
2.2. Marco conceptual.....	11
2.2.1. Carreteras.....	11
2.2.2. Riesgos en carreteras.....	12
2.2.3. Sostenibilidad en carreteras.....	23

2.3. Definición de términos básicos .....	29
CAPÍTULO III.....	31
PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	31
3.1. Hipótesis .....	31
3.1.1. Hipótesis general .....	31
3.2. Variables/categorías.....	31
3.3. Operacionalización de los componentes de la hipótesis.....	31
CAPÍTULO IV .....	34
MARCO METODOLÓGICO .....	34
4.1. Ubicación geográfica.....	34
4.2. Diseño de la investigación.....	34
4.2.1. Tipo de investigación .....	34
4.2.2. Metodología.....	35
4.3. Método de investigación.....	47
4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidad de observación .....	49
4.4.1. Población de la carretera .....	49
4.4.2. Población de expertos .....	51
4.4.3. Muestra de la carretera.....	52
4.4.4. Muestra de expertos .....	63
4.4.5. Unidad de análisis .....	63
4.4.6. Unidad de observación .....	63
4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información.....	63
4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información .....	70
4.7. Equipos y materiales .....	70
4.7.1. Equipos .....	70
4.7.2. Materiales.....	70
4.8. Matriz de consistencia metodológica.....	70
CAPÍTULO V .....	73
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	73
5.1. Presentación de resultados .....	73
5.1.1. Fiabilidad del instrumento aplicado .....	73
5.1.2. Ponderación de los criterios determinantes de la sostenibilidad .....	74
5.1.3. Análisis de riesgos e índice de sostenibilidad .....	79
5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados.....	83
5.2.1. Nivel de riesgo e índice de sostenibilidad .....	83

5.2.2.	Análisis de dispersión y regresión entre variables.....	84
5.2.3.	Correlación del nivel de riesgo e índice de sostenibilidad .....	87
5.2.4.	Planteamiento del método compuesto .....	90
5.3.	Contrastación de la hipótesis .....	97
CAPÍTULO VI .....		100
PROPUESTA.....		100
CONCLUSIONES .....		102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		103
ANEXOS.....		108

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Calificación de peligro.....	16
<b>Tabla 2.</b> Calificación de la vulnerabilidad.....	17
<b>Tabla 3.</b> Método simplificado para la determinación del nivel de riesgo.....	18
<b>Tabla 4.</b> Calificación de los riesgos .....	18
<b>Tabla 5.</b> Estrato y valor de las zonas de peligro .....	19
<b>Tabla 6.</b> Estrato y valor de la vulnerabilidad .....	19
<b>Tabla 7.</b> Estrato y valor del riesgo .....	19
<b>Tabla 8.</b> Matriz de probabilidad e impacto .....	22
<b>Tabla 9.</b> Calificación de la sostenibilidad .....	26
<b>Tabla 10.</b> Operacionalización de los componentes de las hipótesis .....	32
<b>Tabla 11.</b> Tipo de investigación .....	34
<b>Tabla 12.</b> Escala de saaty .....	38
<b>Tabla 13.</b> Validación de instrumentos con el coeficiente alfa de Cronbach.....	40
<b>Tabla 14.</b> Índice aleatorio .....	43
<b>Tabla 15.</b> Escala de valoración de Likert .....	44
<b>Tabla 16.</b> Matriz de niveles de riesgo – método compuesto .....	45
<b>Tabla 17.</b> Niveles de riesgo - método compuesto .....	46
<b>Tabla 18.</b> Secciones identificadas según la superficie de rodadura.....	52
<b>Tabla 19.</b> Área mínima y máxima de las unidades de muestreo.....	53
<b>Tabla 20.</b> Longitudes de unidades de muestreo .....	54
<b>Tabla 21.</b> Técnicas e instrumentos de recopilación de información .....	63
<b>Tabla 22.</b> Ficha de identificación y análisis de riesgos.....	65
<b>Tabla 23.</b> Ficha de evaluación física de la plataforma .....	66
<b>Tabla 24.</b> Ficha de evaluación de los factores de la sostenibilidad.....	68
<b>Tabla 25.</b> Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.....	70
<b>Tabla 26.</b> Matriz de consistencia metodológica .....	71
<b>Tabla 27.</b> Fiabilidad del instrumento .....	73
<b>Tabla 28.</b> Ponderación de los criterios de la sostenibilidad.....	74
<b>Tabla 29.</b> Matriz simplificada del índice de sostenibilidad sin riesgo.....	77
<b>Tabla 30.</b> Escala de valoración del índice de sostenibilidad sin riesgo .....	78
<b>Tabla 31.</b> Resultado de los factores de la sostenibilidad sin riesgo .....	79
<b>Tabla 32.</b> Resultados de los factores del índice de sostenibilidad .....	81
<b>Tabla 33.</b> Cuadro comparativo del análisis del índice de sostenibilidad.....	88
<b>Tabla 34.</b> Matriz simplificada - método compuesto .....	90

<b>Tabla 35.</b> Escala de valoración – método compuesto.....	91
<b>Tabla 36.</b> Interpretación del índice de sostenibilidad – método compuesto .....	91
<b>Tabla 37.</b> Resultados del índice de sostenibilidad sin y con riesgo.....	92
<b>Tabla 38.</b> Resultado de los factores del índice de sostenibilidad con riesgo .....	95
<b>Tabla 39.</b> Índice de sostenibilidad durante el periodo de diseño del proyecto .....	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Procedimiento del método hipotético deductivo.....	47
<b>Figura 2.</b> Método hipotético deductivo en la investigación.....	48
<b>Figura 3.</b> Infraestructura vial expuesta .....	58
<b>Figura 4.</b> Infraestructura urbana expuesta.....	58
<b>Figura 5.</b> Suelos de cultivo expuestos .....	59
<b>Figura 6.</b> Vulnerabilidad poblacional .....	59
<b>Figura 7.</b> Peligro de inundación.....	60
<b>Figura 8.</b> Peligro de erosión .....	61
<b>Figura 9.</b> Peligro de movimiento de masas .....	62
<b>Figura 10.</b> Acción de los peligros en una carretera.....	62
<b>Figura 11.</b> Nivel de riesgo de los tramos evaluados .....	80
<b>Figura 12.</b> Índice de sostenibilidad sin riesgo .....	80
<b>Figura 13.</b> Índice de sostenibilidad y el nivel de riesgo .....	83
<b>Figura 14.</b> Operación y mantenimiento y nivel de riesgo .....	84
<b>Figura 15.</b> Sostenibilidad financiera y nivel de riesgo .....	85
<b>Figura 16.</b> Capacidad del operador y nivel de riesgo.....	85
<b>Figura 17.</b> Dispersión y regresión del factor nivel de riesgo .....	86
<b>Figura 18.</b> Ajuste de las variables índice de sostenibilidad y nivel de riesgo .....	87
<b>Figura 19.</b> Dispersión y regresión del índice de sostenibilidad .....	89
<b>Figura 20.</b> Índice de sostenibilidad con riesgo.....	94
<b>Figura 21.</b> Tendencia mensual de los índices de sostenibilidad .....	95
<b>Figura 22.</b> Tendencia del índice de sostenibilidad durante el periodo de diseño .....	96
<b>Figura 23.</b> Correlación inversa y causalidad entre variables.....	99

## LISTA DE ABREVIATURAS

BM:	Banco Mundial
CAPRA:	Evaluación Probabilista de Riesgos en Centroamérica
CENEPRED:	Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres
COSUDE:	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación
INDECI:	Instituto Nacional de Defensa Civil
JILCA:	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
MEF:	Ministerio de Economía y Finanzas
MTC:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
ONU:	Organización de Naciones Unidas
OSCE:	Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado
PAJ:	Proceso de Análisis Jerárquico
PAS:	Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial
PMBOK:	Project Management Body of Knowledge
PROPILAS:	Proyecto Piloto de Agua y Saneamiento

## RESUMEN

Existen vacíos metodológicos que limitan determinar el índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo en carreteras. Una infraestructura vial en general siempre está expuesta a peligros naturales y vulnerabilidades los cuales no han sido tomados en cuenta para determinar la sostenibilidad de los servicios ofrecidos en el tiempo de vida útil de los proyectos. El objetivo principal fue determinar el índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota. La recolección de datos fue realizada mediante fichas técnicas de campo durante los años 2018 y 2019; el diseño utilizado fue descriptivo cuantitativo, las técnicas utilizadas fueron la revisión documental, observación estructurada y Delphi, el cuestionario estructurado fue aplicado a expertos profesionales especialistas en carreteras usando la escala de Satty con sólidas evidencias de validez y confiabilidad. El resultado final determinó que el índice de sostenibilidad disminuye al incorporar el nivel de riesgo, entre ambas variables existe correlación inversa y causalidad, así a mayor nivel de riesgo en la carretera menor índice de sostenibilidad, asimismo la acción de los factores desencadenantes en el nivel de riesgo es la causa que produce el efecto de deterioro progresivo en la infraestructura. El índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Cochabamba – Chota, fue de 2.453 en el primer año de operación en el 2015 calificada como una infraestructura vial en grave proceso de deterioro y de 1.783 proyectado al último año en el 2034 lo que da lugar a una infraestructura totalmente deteriorada determinado con el método compuesto desarrollado en esta investigación.

**Palabras clave:** Índice de sostenibilidad, nivel de riesgo, infraestructura vial, carretera Cochabamba – Chota.

## ABSTRACT

There are methodological gaps that limit the determination of the sustainability index with the incorporation of the level of risk on roads. A road infrastructure in general is always exposed to natural hazards and vulnerabilities which have not been taken into account to determine the sustainability of the services offered over the useful life of the projects. The main objective was to determine the sustainability index with the incorporation of the risk level of the Chongoyape - Cochabamba - Cajamarca road, Cochabamba - Chota section. Data collection was carried out using field technical sheets during the years 2018 and 2019; The design used was descriptive and quantitative, the techniques used were the documentary review, structured observation and Delphi, the structured questionnaire was applied to professional experts on roads using the Satty scale with solid evidence of validity and reliability. The final result determined that the sustainability index decreases when incorporating the level of risk, between both variables there is an inverse correlation and causality, thus the higher the risk level on the road, the lower the sustainability index, as well as the action of the triggering factors at the level. Risk is the cause that produces the effect of progressive deterioration in the infrastructure. The sustainability index with the incorporation of the risk level of the Cochabamba - Chota highway was 2.453 in the first year of operation in 2015, classified as a road infrastructure in serious deterioration and 1.783 projected for the last year in 2034. which results in a totally deteriorated infrastructure determined with the compound method developed in this investigation.

**Keywords:** Sustainability index, level of risk, road infrastructure, road Cochabamba – Chota.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

#### **1.1.1. Contextualización**

El principal hito dentro de la gestión del riesgo de desastres a nivel internacional, es la declaración del período entre 1990 y 1999, por parte de la Organización de Naciones Unidas, como el Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales. Este punto marcó una inflexión de la comunidad internacional, para adquirir mayor conciencia sobre las consecuencias adversas que tienen los desastres en los objetivos de desarrollo de los países (Orosco y Guevara, 2011).

En el 2005 surgió la conferencia Marco de Acción Hyogo, el cual aceleró los esfuerzos nacionales y locales de reducir los riesgos de desastres y de fortalecer la cooperación internacional a través del desarrollo de estrategias regionales, planes y políticas, y la creación de plataformas globales y regionales para la reducción del riesgo de desastres.

A nivel internacional existen múltiples riesgos ocasionados por peligros de origen naturales, siconaturales y antrópicos que afectan negativamente la sostenibilidad de las infraestructuras como el desarrollo económico.

Existen modelos predictivos de código abierto, como es la Evaluación Probabilística de Riesgos en Centroamérica (CAPRA) una plataforma pública para la modelación de riesgos que ayuda a los tomadores de decisiones a estimar el impacto de desastres futuros y elaborar estrategias para la mitigación de riesgos, desarrollado por la Universidad de los Andes de Colombia en el año 2015, esta plataforma lleva el registro de datos de riesgo sísmico de infraestructura educativa en Perú.

Según el Banco Mundial, el Perú es uno de los países más vulnerables ante desastres naturales. Su alta exposición ante amenazas lo ubica en el puesto 20 a nivel mundial de países cuya actividad económica está más sensible a estas adversidades (Ministerio del Ambiente, 2011).

Ante la preocupación del riesgo existente en el Perú, en el año 2006 el Instituto Nacional de Defensa Civil publicó el “Manual básico para la estimación del riesgo”, la valoración que utiliza es la ordinal en base a parámetros preestablecidos.

En el año 2007 incorporó lineamientos de gestión de riesgos en sus guías en la fase de pre – inversión con la finalidad de crear proyectos sostenibles, haciéndose necesario que las instituciones que financian proyectos cuenten con mecanismos y herramientas que les permita verificar si efectivamente en las fases del proyecto se ha tenido en cuenta las amenazas o peligros y las vulnerabilidades.

Salinas y Ventura (2010), en su estudio realizado en proyectos de saneamiento determinaron que, a pesar de la incorporación de análisis de riesgos en guías para la formulación y evaluación de proyectos, no hay una eficiente implementación de tales estudios en las diversas fases del proyecto.

En el año 2012, el Ministerio de Economía y Finanzas, elaboraron pautas generales para la evaluación ex post de proyectos de inversión pública, consideraron criterios de pertinencia, eficiencia, eficacia, impacto directo y sostenibilidad para verificar el cumplimiento de los objetivos planteados. El criterio de sostenibilidad considera los factores de operación y mantenimiento, capacidad técnica y gerencial del operador, sostenibilidad financiera y gestión de riesgos. Determinándose la sostenibilidad del proyecto en forma descriptiva en base a cuestionarios.

En el año 2014, el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgo de Desastres (CENEPRED), publicó el manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, el procedimiento de identificación y evaluación de los riesgos están en función de criterios múltiples asociados a la ubicación de la infraestructura y las ponderaciones de cada indicador son obtenidos mediante el proceso de análisis jerárquico (PAJ).

Existen estudios realizados en la Universidad Nacional de Cajamarca para evaluar la sostenibilidad de proyectos de agua potable y saneamiento, en los cuales se utilizó la metodología PROPILAS (Proyecto Piloto de Agua y Saneamiento) (Plasencia y Medina, 2013, Casas, Soto y Aliaga, 2014).

En el sector de transporte en específico para el subsector de infraestructura vial, internacionalmente se han desarrollado diversos sistemas de acreditación de sostenibilidad en los cuales se establecen criterios, actividades y medidas para cada uno de los pilares del desarrollo sostenible (ambiental, social y económico), con el fin de

determinar el nivel de sostenibilidad de un proyecto e identificar los aspectos a mejorar, sin embargo, ninguno de estos sistemas metodológicos considera los riesgos a los cuales están expuestas las carreteras (Ordoñez y Meneses, 2015).

En el año 2017 el Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado estableció como requisito indispensable para la aprobación de expedientes técnicos, la implementación del estudio de análisis de riesgos en la planificación de la ejecución de obras, con el fin de incrementar la eficiencia de las inversiones en las obras públicas.

### **1.1.2. Descripción del problema**

En los últimos 20 años, la construcción de carreteras se ha intensificado de una manera sin precedentes, debido principalmente a iniciativas políticas y a un escenario favorable de la economía. Sin embargo, esto no quiere decir que la construcción haya mejorado. Existen muchas deficiencias en este tipo de proyectos, las cuales se traducen en pérdidas económicas al no cumplir los objetivos para los que fueron originalmente planteados (Paucar y Suarez, 2018).

El Ministerio del Ambiente (2011) indicó que el Perú tiene una gran cantidad de vías vulnerables a peligros múltiples, aproximadamente el 60.00% de la longitud total de éstas, se encuentran en condiciones de alta y muy alta exposición, según la categoría de las vías, clasificado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, las vías transversales y otros (de carácter regional) son las vías más afectadas con aproximadamente el 13.00% y 40.00% respectivamente, esto se debe a que dichas vías atraviesan principalmente la sierra, que son propensas a huaycos, caídas y deslizamientos debido a las altas pendientes y montañas escarpadas. Además, se encuentran en zonas inestables debido a su litología, planicies con mal drenaje o terrazas de inundables. Estas condiciones restringen el desarrollo de actividades económicas y atención de necesidades básicas de las poblaciones.

La preocupación de muchos investigadores en este campo es principalmente la minimización de los riesgos que existen en las carreteras con el fin de asegurar la inversión de grandes cantidades de recursos utilizados durante la planificación, construcción, operación y mantenimiento.

Con el fin de determinar la influencia de los riesgos sobre la sostenibilidad de las carreteras, se ha tomado como muestra la carretera Cochabamba – Lajas – Chota, este tramo está continuamente expuesto a deslizamientos, huaicos, taludes inestables,

inundaciones y erosión por la proximidad al Río Chotano, afectando la continuidad del servicio de transitabilidad. Está categorizada dentro de la red vial nacional con una longitud de 32.610 kilómetros, el proyecto de rehabilitación y mejoramiento de dicha vía se ejecutó entre los años 2011 – 2014, con una inversión de S/ 312'800,235.78.

Las medidas de mitigación aumentan la capacidad de respuesta de la carretera, reduciendo el desastre, pero su eficacia es medida en función de los costos necesarios para reducir la vulnerabilidad. Las carreteras y toda la estructura vial deben contar con sus respectivas medidas de mitigación desde el momento que son planificadas, porque integrarles posteriormente estructuras adicionales para reducir su vulnerabilidad es exageradamente costoso (Palma, 2012).

En el 2002, CARE PERÚ implementó la metodología PROPILAS (Proyecto Piloto de Agua y Saneamiento) y asistido por un Comité Normativo integrado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), un representante de la Dirección Nacional de Saneamiento del Viceministerio de Construcción y Saneamiento y el Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial (PAS); con el objetivo de evaluar la sostenibilidad de proyectos de agua y saneamiento en la región Cajamarca, en donde relaciona el 50% el estado de la infraestructura del sistema, 25% la gestión y, 25% la operación y mantenimiento. La aplicación de esta metodología alcanzó resultados exitosos lo que ha sido referencia para la elaboración de muchas investigaciones en nuestro medio.

El índice de sostenibilidad actúa como una herramienta para determinar el desempeño logrado en los proyectos de construcción de carreteras. Este índice refleja la cantidad de implementación de opciones sostenibles utilizadas en las carreteras durante el proceso de construcción y aún más en el proceso de mantenimiento (Ibrahim y Shaker, 2019).

De lo expuesto en párrafos anteriores se concluye que las carreteras en general están expuestas a riesgos de origen físico, económico, social y ambiental, por lo tanto, el nivel de riesgo y el índice de sostenibilidad están asociados en función a la ubicación de la infraestructura vial, significando que cada tramo tiene características únicas, para el presente estudio se ha tomado como muestra el tramo Cochabamba – Chota puesto que presenta múltiples riesgos y se ha evidenciado severos deterioros y fallas en la infraestructura, lo cual origina un entorno hipotético de incumplimiento de la vida útil del proyecto al año 2034.

En cuanto a las metodologías aplicables a la estimación de la sostenibilidad en carreteras incorporando los riesgos, existe una metodología basada en el proceso de análisis jerárquico (PAJ) que se fundamenta en la identificación y evaluación de criterios múltiples desarrollada en una investigación realizada en Egipto (Ibrahim y Shaker, 2019), la cual fue tomada como referencia para el presente estudio.

Las carreteras son los pilares para el desarrollo de la población y el país, en general están expuestas a múltiples riesgos lo que originan el deterioro estructural y funcional acelerado de la infraestructura, por ello es imprescindible estimar el índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo, el cual será utilizado como instrumento de medición de las buenas prácticas sostenibles de construcción y mantenimiento de las carreteras. Con el fin de desarrollar una metodología compatible a las características de ubicación de cada vía, en esta investigación se tomó como muestra el tramo Cochabamba – Chota.

### **1.1.3. Formulación del problema**

#### *Problema general*

- ¿Cuál es el índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018?

#### *Problemas específicos*

- ¿Cuál es el nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018?
- ¿Cómo influye el nivel de riesgo en el índice de sostenibilidad de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018?

## **1.2. Justificación e importancia**

La investigación es importante puesto que introduce una nueva metodología para la determinación del índice de sostenibilidad de proyectos viales incorporando el nivel de riesgo, con el fin de asegurar la inversión de recursos en la planificación, ejecución, operación y mantenimiento de este tipo de infraestructura.

Servirá como fuente de información para futuras investigaciones, profesionales involucrados en la elaboración de estudios técnicos y a la ejecución de proyectos viales, diversas entidades públicas y privadas con el fin de dar cumplimiento a los objetivos planteados durante la vida útil de la infraestructura y garantizar el bienestar de la población.

Para la Universidad Nacional de Cajamarca, en su compromiso de promover investigaciones, el estudio realizado es importante ya que se ha desarrollado una metodología que correlaciona las variables nivel de riesgo y el índice de sostenibilidad en carreteras utilizando el método de proceso de análisis jerárquico (PAJ).

### **1.3. Delimitación de la investigación**

#### **1.3.1. Temática**

Esta investigación enfocó la determinación del índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo en una infraestructura vial y estableció una nueva metodología que consistió en la implementación del análisis de riesgo en la evaluación de sostenibilidad de una carretera.

#### **1.3.2. Metodológica**

Para el estudio se desarrolló una nueva metodología llamado el método compuesto, como base utilizó el método cualitativo - cuantitativo de la evaluación de riesgos recomendado en la guía del PMBOK (Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos) y CENEPRED (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgo de Desastres) adaptada a infraestructura vial; y para la evaluación de la sostenibilidad métodos cualitativos recomendados por la Dirección General de Política de Inversiones y una adaptación de la metodología utilizada por PROPILAS (Proyecto Piloto de Agua y Saneamiento) aprobada por el Gobierno Regional de Cajamarca, el método compuesto se fundamenta en el proceso de análisis jerárquico (PAJ) utilizando criterios múltiples para la evaluación.

#### **1.3.3. Espacial**

Departamento: Cajamarca, provincia: Chota, distritos: Chota – Lajas – Cochabamba.

La investigación se realizó en la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota.

#### **1.3.4. Temporal**

Esta investigación duró 24 meses desde el mes de marzo del 2018 hasta febrero del 2020, por lo que los datos de campo, información y base normativa está en función a este periodo.

#### **1.4. Limitaciones**

No se registraron limitaciones relevantes en el desarrollo normal de la tesis.

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo general**

- Determinar el índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018.

##### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Estimar el nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota - 2018.
- Determinar los indicadores de sostenibilidad de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota - 2018.
- Proponer una metodología que relacione el nivel de riesgo y el índice de sostenibilidad en carreteras.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1. Internacionales**

Ordoñez y Meneses (2015) en el estudio “Criterios e indicadores de sostenibilidad en el subsector vial”, llegaron a la conclusión que en Colombia el desempeño de un contratista de obra se determina de acuerdo con los avances y resultados obtenidos en la construcción de la misma, mas no por su desempeño ambiental; sin embargo, cualquier tipo de obra civil se puede llevar a cabo con mayor o menor complejidad, dependiendo de la disponibilidad de recursos naturales en la zona y la visión que tenga la comunidad sobre el proyecto, de tal forma que la inversión económica y el tiempo de ejecución no solo dependerá de las actividades y costos netos de las obras civiles sino, además, de factores ambientales y sociales propios del lugar de ejecución. Además, concluyeron que existen metodologías de valoración de la sostenibilidad de los proyectos viales a nivel internacional las cuales no involucran los riesgos a los que están expuestos.

Castillo (2016) en el estudio “Un sistema de indicadores para evaluar la sustentabilidad de proyectos de infraestructura carretera: SISIC”, desarrolló una metodología de evaluación de sostenibilidad caracterizado en cinco componentes ((social, ambiental, económico, técnico y seguridad) para lo cual diseñó e implementó un sistema de indicadores en el software denominado SISIC (Sistema de Indicadores de Sustentabilidad en la Infraestructura Carretera). Los resultados obtenidos permitieron generar alternativas pertinentes para la mejora de sustentabilidad aplicada a cada proyecto de infraestructura vial.

Moreno (2018) en la investigación “Estudio comparativo de sostenibilidad en carreteras mexicanas”, utilizó el Modelo Integrado de Valor para las Evaluaciones de Sostenibilidad basado en criterios e indicadores ambientales, técnicos, económicos, sociales y de seguridad establecidos por el Instituto de Transportes de México, con el fin de comparar la sostenibilidad entre dos carreteras una con pavimento rígido y la otra con asfalto. Indicó que es importante alcanzar la sostenibilidad durante el ciclo de vida de las carreteras, para ello las alternativas de aplicación deben ser evaluadas

involucrando a los agentes relacionados al diseño, construcción y operación de las carreteras.

Ibrahim y Shaker (2019) en el estudio “Índice de sostenibilidad para proyectos de construcción de carreteras”, desarrollaron un índice de sostenibilidad para la construcción de carreteras en Egipto. Este índice refleja la cantidad de implementación de opciones sostenibles utilizadas en los procesos de construcción y mantenimiento de las carreteras basados en parámetros apropiados para el desarrollo de un modelo y parámetros compatibles con la naturaleza de las carreteras egipcias, fundamentándose la metodología en el análisis de Pareto y el proceso de análisis jerárquico.

Avellaneda y Castiblanco (2021) en su estudio “Guía para evaluar la sostenibilidad en proyectos viales adaptada a las condiciones de biodiversidad geográfica de Colombia”, desarrollaron una metodología de evaluación de sostenibilidad en proyectos viales basado en cuatro métodos internacionales: Greenroads, GreenLites, Invest-FHWA y Sustainable Roads- Federación Europea de la Unión Europea (EFR), dichos métodos tienen indicadores y criterios establecidos considerando que los proyectos viales son evaluados en todo su ciclo de vida entorno a lo social, ambiental y económico. La guía fue aplicada a un estudio de caso, determinando un porcentaje de sostenibilidad lo que permitió el planteamiento de estrategias sostenibles.

### **2.1.2. Nacionales**

Baltodano (2017) en el estudio “Modelo de gestión de conservación vial basado en criterios de sostenibilidad para reducir los costos de mantenimiento vial en la carretera desvío Salaverry – Santa”, describió la problemática de las vías que durante la etapa de operación van deteriorando, al no realizar las actividades de mantenimiento de forma oportuna y adecuadamente, ese deterioro alcanza niveles máximos que pueden resultar en el colapso de la infraestructura en períodos relativamente cortos con relación al periodo de diseño, es así que desarrolló un modelo para la adecuada gestión de conservación vial reduciendo los costos de mantenimiento vial.

Cruzado (2019) en la investigación “Evaluación de desempeño de sostenibilidad en proyectos de edificación, integrando la filosofía Lean Construction y la gestión sostenible usando el método Delphi”, desarrolló una metodología integrando Last Planner System y la gestión de la sostenibilidad, la herramienta propuesta fue validado mediante el método Delphi y aplicada a cinco proyectos durante las fases de diseño,

construcción y uso, los resultados cuantitativos en relación a sus indicadores clave de desempeño de la sostenibilidad fueron relevantes, los que dieron lugar a la formulación e implementación de alternativas de mejora de gestión sostenible en las edificaciones.

Simón (2019) en el estudio “Modelo de gestión de conservación vial para optimizar los costos de mantenimiento en la carretera Dv. Rio Seco – Oyón, Año-2019”, desarrolló un modelo a través de normativas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones con la finalidad de crear propuestas de mejora en la gestión de conservación de carreteras en el Perú, para ello tomó el tramo Dv. Rio Seco – Oyón como muestra. La metodología consistió en elaborar el inventario de condición vial, estudio de tráfico, cálculo del índice de condición de pavimento (PCI), modalidades de contratos de ejecución y análisis de costos. Con la aplicación del modelo logró reducir los costos de mantenimiento rutinario y periódico hasta cinco veces.

### **2.1.3. Locales**

No se encontró ningún antecedente local relacionado con la investigación, sin embargo, es importante mencionar algunas investigaciones realizadas en la evaluación de la sostenibilidad de proyectos de agua potable y saneamiento.

Medina (2013), en el estudio “Diagnóstico de la infraestructura, gestión, operación y mantenimiento de los servicios de agua de consumo humano de cinco caseríos del distrito de Celendín”, utilizó la metodología PROPILAS para evaluar la sostenibilidad de los sistemas de agua potable y concluyó que el 50% son sostenibles y el 50% están en deterioro de los sistemas estudiados.

Aguilar (2015), en la investigación “Gestión de las áreas técnicas de saneamiento en el servicio de agua potable, región Cajamarca, 2015”, realizó una evaluación ponderando tres rubros: constitución y mejoramiento de las áreas técnicas municipales de saneamiento, evaluación de indicadores del servicio de agua potable y grado de satisfacción de los usuarios por la prestación del servicio. Logró determinar que los distritos de San Juan, Chancay, José Sabogal, Jorge Chávez y José Gálvez tienen un nivel de gestión administrativa en crisis (nivel crítico), donde existe deficiente desempeño; y en el caso del distrito de Sucre se tienen un nivel de gestión con serias dificultades (nivel bajo).

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Carreteras**

Las carreteras son caminos por donde circulan los vehículos motorizados de por lo menos dos ejes, cuyas características geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir las normas técnicas vigentes. Los elementos que están dentro del diseño geométrico en planta de la carretera son: curvas horizontales, transición de peralte y sobrecanchos. Los elementos que conforman el diseño geométrico en perfil de la carretera son: curvas verticales y pendientes. Los elementos de la sección transversal de la carretera son: carriles, calzada o superficie de rodadura, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios (barreras de seguridad, ductos y cámaras para fibra óptica, guardavías y otros), que se encuentran dentro del derecho de vía del proyecto. La clasificación de carreteras en el Perú en función a la demanda, las carreteras pueden ser de tres tipos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

#### *Carreteras de Segunda Clase*

Son carreteras con índice medio diario entre 2 000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas debe contar con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

#### *Carreteras de Tercera Clase*

Son carreteras con índice medio diario menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente. Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deben cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.

### *Trochas Carrozables*

Son vías para vehículos motorizados, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un índice medio diario menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

### **2.2.2. Riesgos en carreteras**

La probabilidad de que una infraestructura vial sufra daños y pérdidas a consecuencia del impacto de un peligro se llama riesgo. El riesgo está en función de un peligro o amenaza que tiene unas determinadas características, y de la vulnerabilidad de una sociedad (personas, familias, comunidad), estructura física (carreteras, centros educativos, centros de salud, mercados), ambiente (bosques, ríos, ecosistemas naturales) o actividad económica, a dicho peligro. En consecuencia, el riesgo es una función de ambos elementos:

$$\text{riesgo} = f(\text{peligro}, \text{vulnerabilidad}) \quad \dots (1)$$

#### **2.2.2.1. Peligro**

Es un evento (amenaza) de origen natural, socionatural o antrópico con probabilidad de ocurrir y que por su magnitud y/o características puede causar daños y pérdidas en un sistema social, ambiental, económico o físico. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2007)

Los peligros naturales están referidos a fenómenos meteorológicos (lluvias, sequías), oceanográficos (tsunami), geotectónicos (sismos, volcanes), biológicos, de carácter extremo o fuera de lo normal.

Los peligros socionaturales son los originados por un inadecuado uso de los ecosistemas por el ser humano. Los proyectos de infraestructura principalmente ocasionan un aumento en la frecuencia y severidad de algunos peligros que originalmente se consideran como peligros naturales. Los peligros que genera la construcción de una carretera es inestabilidad de taludes y movimiento de masas.

Los peligros antrópicos son creados por los procesos de modernización, industrialización, desindustrialización, desregulación industrial o importación de desechos tóxicos. La introducción de tecnología nueva o temporal puede tener un papel en el aumento o la disminución de la vulnerabilidad de algún grupo social frente a la ocurrencia de un peligro natural.

Para analizar el peligro, es muy importante identificar el área de impacto que viene a ser la manifestación física del peligro, que dependerá del grado de intensidad y duración y de las características físicas del lugar en el cual ocurren los fenómenos.

#### **2.2.2.2. Vulnerabilidad**

La vulnerabilidad es la susceptibilidad de sistema social, ambiental, económico o físico de sufrir daños por la ocurrencia de un peligro (Ministerio de Economía y Finanzas, 2007).

La vulnerabilidad se considera como la incapacidad de un sistema social, ambiental, económico o físico, de prevenir, resistir y recuperarse de los daños que le ocasionaría la ocurrencia de un peligro o amenaza (desastre). Por ejemplo, los inadecuados usos de los ecosistemas naturales afectan las posibilidades de un desarrollo sostenible, una carretera sufre daños por la acción de deslizamientos y no cuenta con recursos necesarios, no será posible mantener la cantidad y calidad de los niveles de servicios ofrecidos. Existen tres factores que determinan la vulnerabilidad:

La exposición está referida con decisiones y prácticas que ubican a un sistema social, ambiental, económico o físico en las zonas de influencia de un peligro.

La fragilidad se refiere al nivel de resistencia y protección frente al impacto de un peligro, son las condiciones de desventaja o debilidad relativa, en la práctica, se refiere a la calidad de materiales, formas constructivas, tecnología utilizada, entre otros.

La resiliencia está asociada al nivel de asimilación y recuperación que pueda tener la unidad social, unidad productora, estructura física o actividad económica, después de la ocurrencia del impacto de un peligro.

La construcción de una carretera posibilita el acceso de la población a fuentes de empleo, educación y atención primaria de salud, pero esta innovación tecnológica causa inestabilidad de taludes que ocasiona pérdidas materiales e incluso humanas ante la acción de un peligro.

La identificación del riesgo implica conocer las amenazas, la exposición y las vulnerabilidades de la infraestructura, en ese sentido pueden ser estimados los eventos que podrían ocurrir, así como su magnitud y probables impactos, incluyendo la evaluación de múltiples amenazas y sus vulnerabilidades (Instituto para la Integración de América Latina y El Caribe, 2016).

En infraestructura las medidas de reducción de riesgo deberían ser consideradas durante el proceso de diseño tales como: ubicación o reubicación de los componentes o infraestructura en zonas seguras (áreas donde las amenazas naturales no se presentan o se presentan con menor frecuencia o intensidad); obras de protección civil, tales como canalización de ríos y quebradas, estabilización de taludes, sistemas de drenajes, mejoramiento de suelos, entre otros; obras de reforzamiento de los componentes del sistema e infraestructura de mayor vulnerabilidad frente a las amenazas a las que están expuestas; e implementadas durante la construcción, operación o mantenimiento.

La mejor alternativa de ubicación de una infraestructura, es determinada por el análisis de riesgo que permite la identificación y evaluación de los probables daños y pérdidas ocasionados por el impacto de un peligro. El objetivo del análisis del riesgo es la inclusión de mecanismos con el fin de minimizar el riesgo de tal manera que se contribuya a la sostenibilidad del proyecto.

Parte del análisis de riesgos es la propuesta de medidas de prevención y reducción del riesgo realizadas con anterioridad a la ocurrencia de desastres para evitar que dichos desastres se presenten y para disminuir sus efectos. Las medidas estructurales representan una intervención física mediante el desarrollo o refuerzo de obras de ingeniería para reducir o evitar los posibles impactos de las amenazas de esa manera la resistencia y la resiliencia de las estructuras o de los sistemas, y de esa manera proteger a la sociedad y su equipamiento. Las medidas no estructurales son las que utilizan el conocimiento, las prácticas o los acuerdos existentes para reducir el riesgo y sus impactos, especialmente a través de políticas, normas y leyes, una mayor concientización, capacitación y educación sobre los riesgos (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014).

Al implementar los planes de respuesta a los riesgos los resultados deben ser el seguimiento a los riesgos identificados, monitorear los riesgos residuales, identificar nuevos riesgos y evaluar la efectividad del proceso de gestión de los riesgos a través de las etapas de un proyecto (Project Management Institute, 2017).

El análisis de riesgos en el diseño de las obras de ingeniería ha sido común utilizar este concepto en forma implícita con el fin de lograr un nivel de protección y seguridad que justifique la inversión teniendo en cuenta como referencia la vida útil de la obra. Para el efecto se utilizan factores de seguridad que en términos probabilísticos cubren la incertidumbre de la posible magnitud de las acciones externas, la imprecisión de la modelación analítica y la aproximación de las hipótesis simplificadoras. Pero dicho análisis es ineficiente puesto que no son implementados adecuadamente durante el proceso de construcción, operación y mantenimiento.

La aplicación de medidas preventivas no garantiza una confiabilidad del 100% de que no se presenten consecuencias, razón por la cual el riesgo no puede eliminarse totalmente. En un sistema social, ambiental, económico y físico el valor del riesgo por pequeño que sea, nunca será nulo; por lo tanto, siempre existe un límite hasta el cual se considera que el riesgo es controlable y a partir del cual no se justifica aplicar medidas preventivas.

Una metodología ampliamente utilizada para la determinación indirecta del nivel de riesgo es el análisis de costo – beneficio o costo – efectividad, en el cual se relaciona el daño con el peligro para la vida. En áreas altamente expuestas donde ocurren con frecuencia eventos de dimensiones moderadas, cualquier aumento en los costos de mitigación se verá compensado por la reducción en los costos causados por daños. Esta metodología es la utilizada por el CENEPRED siendo la base original de análisis la metodología del PMBOK.

### **2.2.2.3. Evaluación de los riesgos**

#### *Metodología CENEPRED*

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

#### Paso 1. Análisis y evaluación de peligrosidad (P)

Esta etapa corresponde a la evaluación del peligro, en esta parte se estima o valora la ocurrencia de un fenómeno con base en el estudio de su mecanismo generador, el monitoreo del sistema perturbador y/o el registro de sucesos (se refiere al fenómeno mismo en términos de sus características y su dimensión) en el tiempo y ámbito geográfico determinado.

La estratificación establecida para la evaluación del peligro, permite cuantificar en términos de la magnitud del acontecimiento, o en términos del efecto que el acontecimiento tendrá en un ámbito geográfico específico y en un tiempo determinado. Los rangos de estimación del nivel de peligrosidad de acuerdo al CENEPRED está en la siguiente tabla.

**Tabla 1.** Calificación de peligro

<b>Nivel</b>	<b>Rango</b>
Peligro muy alto	$0.260 \leq R < 0.503$
Peligro alto	$0.134 \leq R < 0.260$
Peligro medio	$0.068 \leq R < 0.134$
Peligro bajo	$0.035 \leq R < 0.068$

Fuente: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014.

#### Paso 2. Análisis de la vulnerabilidad (V)

El análisis de vulnerabilidad consiste en la caracterización de los factores correspondientes a la exposición, fragilidad y resiliencia ante la probable acción de un peligro sobre la infraestructura. Las carreteras están expuestas principalmente a la inestabilidad de taludes, esto afectado por los factores desencadenantes como son la lluvia y la pendiente de terreno provocando la materialización del peligro (desastre) y en consecuencia el deterioro brusco de los elementos de la infraestructura, lo que indica que el proyecto original no logrará operar correctamente durante el periodo de diseño.

$$V = e + f + r \quad \dots (2)$$

Donde:

V: Nivel de vulnerabilidad

e: Exposición

f: Fragilidad

r: Resiliencia

Para estimar la vulnerabilidad CENEPRED recomienda los siguientes rangos de valores.

**Tabla 2.** Calificación de la vulnerabilidad

<b>Nivel</b>	<b>Rango</b>
Vulnerabilidad muy alta	$0.260 \leq R < 0.503$
Vulnerabilidad alta	$0.134 \leq R < 0.260$
Vulnerabilidad media	$0.068 \leq R < 0.134$
Vulnerabilidad baja	$0.035 \leq R < 0.068$

Fuente: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014.

### Paso 3. Estimación o cálculo del riesgo

Una vez identificados y analizados los peligros a los que está expuesta la infraestructura de estudio mediante la evaluación de la intensidad, la magnitud, la frecuencia o periodo de recurrencia, y el nivel de susceptibilidad ante los fenómenos de origen natural, y realizado el respectivo análisis de los componentes que inciden en la vulnerabilidad explicada por la exposición, fragilidad y resiliencia, la identificación de los elementos potencialmente vulnerables, el tipo y nivel de daños que se puedan presentar, se procede a la conjunción de éstos para calcular el nivel de riesgo del área en estudio.

Siendo el riesgo el resultado de relacionar el peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y las consecuencias en un área determinada.

$$R = P \times V \quad \dots (3)$$

Donde:

R: Nivel de riesgo

P: Nivel de peligro

V: Nivel de vulnerabilidad

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

<b>Peligro</b>	Muy alto	0.503	0.034	0.067	0.131	0.253
	Alto	0.260	0.018	0.035	0.068	0.131
	Moderado	0.134	0.009	0.018	0.035	0.067
	Bajo	0.068	0.005	0.009	0.018	0.034
<b>Vulnerabilidad</b>			0.068	0.134	0.260	0.503
			Baja	Moderada	Alta	Muy alta
<b>Riesgo</b>			Bajo	Moderado	Alto	Muy alto

Fuente: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014.

**Tabla 4.** Calificación de los riesgos

<b>Nivel</b>	<b>Rango</b>
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	$0.001 \leq R < 0.005$

Fuente: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014.

#### Paso 4. Control de riesgos

##### *Metodología INDECI*

El Instituto de Defensa Civil (2006) desarrolló una metodología para el análisis de riesgos mediante criterios e indicadores de peligro y vulnerabilidad, así como a las características propias de la localización de la infraestructura evaluado en las dimensiones de desarrollo sostenible: físico, económico, social y ambiental.

### Paso 1. Identificación del peligro

**Tabla 5.** Estrato y valor de las zonas de peligro

<b>Estrato</b>	<b>Rango</b>
Peligro muy alto	De 76% a 100%
Peligro alto	De 51% a 75%
Peligro medio	De 26% a 50%
Peligro bajo	< de 25%

Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil, 2006.

### Paso 2. Análisis de la vulnerabilidad

**Tabla 6.** Estrato y valor de la vulnerabilidad

<b>Estrato</b>	<b>Rango</b>
Vulnerabilidad muy alta	De 76% a 100%
Vulnerabilidad alta	De 51% a 75%
Vulnerabilidad media	De 26% a 50%
Vulnerabilidad baja	< de 25%

Fuente Instituto Nacional de Defensa Civil, 2006.

### Paso 3. Estimación (Cálculo) del riesgo

La estimación de riesgo se hace con la misma fórmula de la metodología del CENEPRED.

**Tabla 7.** Estrato y valor del riesgo

<b>Estrato</b>	<b>Rango</b>
Riesgo muy alto	De 76% a 100%
Riesgo alto	De 51% a 75%
Riesgo medio	De 26% a 50%
Riesgo bajo	< de 25%

Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil, 2006.

### Paso 3. Reducción del riesgo

#### *Metodología COSIPLAN*

El Instituto para la Integración de América Latina y El Caribe (2016), desarrolló una metodología para el análisis de riesgos en infraestructura vial en base a objetivos e indicadores de desempeño, dicha metodología se resume en las siguientes fases.

#### FASE I. Selección de la infraestructura

Permite definir y caracterizar las infraestructuras y las amenazas que se deberían considerar para la reducción del riesgo. Incluye los objetivos e indicadores de desempeño deseados para la infraestructura frente a la ocurrencia de un evento de desastre.

##### Paso 1. Selección de la infraestructura

Establecer las razones para realizar un estudio de riesgo y definir las infraestructuras que serán objeto del estudio de riesgo y su ubicación territorial.

##### Paso 2. Caracterización de la infraestructura y amenazas de interés

Identificación y caracterización física y funcional de la infraestructura y sus componentes; e identificación y caracterización técnica de las amenazas de interés.

##### Paso 3. Definición de los objetivos e indicadores de desempeño

Definición de los objetivos de desempeño e indicadores de desempeño para asegurar operatividad de la infraestructura objeto en caso de desastre.

#### FASE II. Identificación del riesgo

Permite realizar un análisis de riesgo de la infraestructura frente a las amenazas consideradas e identificar posibles medidas de reducción del riesgo para asegurar el desempeño ante un desastre.

##### Paso 1. Enfoque metodológico

##### Paso 2. Estimación y caracterización de las amenazas

##### Paso 3. Análisis de vulnerabilidad

##### Paso 4. Análisis de riesgo

Paso 5. Identificación de posibles medidas de reducción de riesgo

FASE III. Reducción del riesgo

Sobre la base de los resultados de la Fase II se implementan acciones para reducir el riesgo. Adicionalmente, esta fase facilita la preparación para la respuesta y protección financiera (específicamente transferencia del riesgo) de manera efectiva y eficaz frente a emergencias y desastres.

Paso 1. Reducir el riesgo

Paso 2. Preparativos para la respuesta

Paso 3. Retención y transferencia del riesgo

*Metodología PMBOK*

En la guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Project Management Institute, 2017), está desarrollada el área de conocimiento gestión del riesgo y el procedimiento de análisis es el siguiente.

Paso 1. Planificar la gestión de los riesgos, es el proceso de definir cómo realizar las actividades de gestión de riesgos de un proyecto.

Paso 2. Identificar los riesgos, es el proceso de determinar los riesgos que pueden afectar al proyecto y documentar sus características. Para ello se usa las técnicas de revisiones a la documentación, técnicas de recopilación de información (tormenta de ideas, técnica Delphi, entrevistas y análisis causa raíz), análisis con lista de verificación, análisis de supuestos, técnicas de diagramación (diagrama causa – efecto, diagrama de flujos de procesos y diagrama de influencias), análisis FODA y juicio de expertos.

Paso 3. Realizar el análisis cualitativo de riesgos, es el proceso de priorizar riesgos para análisis o acción posterior, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos.

**Tabla 8.** Matriz de probabilidad e impacto

<b>Probabilidad</b>	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
	Moderada	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
<b>Impacto negativo</b>			0.05	0.10	0.20	0.40	0.80
			Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto
<b>Riesgo</b>					Bajo	Moderado	Alto

Fuente: Project Management Institute, 2017.

Paso 4. Realizar el análisis cuantitativo de riesgos, es el proceso de analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto. Las herramientas y técnicas utilizadas son entrevistas y distribuciones de probabilidad para recolección de datos; análisis de sensibilidad, análisis del valor monetario esperado y modelado y simulación (simulación de Montecarlo); y juicio de expertos.

Paso 5. Planificar la respuesta a los riesgos, es el proceso de desarrollar opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto. Evitar el riesgo es una estrategia de respuesta a los riesgos según la cual el equipo del proyecto actúa para eliminar la amenaza o para proteger al proyecto de su impacto. Transferir el riesgo es una estrategia de respuesta a los riesgos según la cual el equipo del proyecto traslada el impacto de una amenaza a un tercero, junto con la responsabilidad de la respuesta. Mitigar el riesgo es una estrategia de respuesta a los riesgos según la cual el equipo del proyecto actúa para reducir la probabilidad de ocurrencia o impacto de un riesgo. Implica reducir a un umbral aceptable la probabilidad y/o el impacto de un riesgo adverso. Aceptar el riesgo es una estrategia de respuesta a los riesgos según la cual el equipo del proyecto decide reconocer el riesgo y no tomar ninguna medida a menos que el riesgo se materialice.

Paso 6. Implementar la respuesta a los riesgos, es el proceso de implementar planes acordados de respuesta de los riesgos.

Paso 7. Monitorear los riesgos, es el proceso de monitorear la implementación de planes acordados de respuesta de los riesgos, hacer seguimiento de los riesgos

identificados, identificar y analizar nuevos riesgos y evaluar la efectividad del proceso de gestión de los riesgos a lo largo del proyecto.

### **2.2.3. Sostenibilidad en carreteras**

La Federación Europea de Carreteras define a las carreteras sustentables como aquellas que son eficaces y eficientemente planeadas, diseñadas, construidas, modernizadas y conservadas, a través de políticas integradas con respecto al medio ambiente y conservan el beneficio socio-económico esperado en términos de movilidad y seguridad (European Union Road Federation, 2009).

Un proyecto es calificado como sostenible cuando los productos generados en la fase de ejecución del proyecto tienen gran probabilidad de ser operados y utilizados, y seguir logrando el objetivo central durante la vida útil del proyecto (Ministerio de Economía y Finanzas, 2012).

De acuerdo con las “Pautas de Orientación Sectorial para la Evaluación Ex Post de Proyectos de Inversión Pública” - Sector Transportes (Ministerio de Economía y Finanzas, 2014), recomiendan que al evaluar la sostenibilidad de un proyecto de inversión pública del sector transportes se deben analizar los siguientes puntos:

- Estado físico de la infraestructura de transportes: rugosidad, fisuras, baches, obras de arte, señalización, limpieza.
- Estado de conservación y operatividad de equipamiento.
- Planeamiento y administración del mantenimiento rutinario y periódico de la infraestructura y equipos; prácticas correctivas y mantenimiento preventivo
- Asignación de recursos humanos y financieros para la operación y mantenimiento.
- Monitoreo del plan de mantenimiento de la vía
- La disposición institucional para la administración del proyecto especialmente para la operación y mantenimiento debe ser revisada y evaluada para ver si funciona correctamente.
- Los procedimientos y métodos para la administración financiera del proyecto, incluyendo el planeamiento, monitoreo y evaluación, serán verificados.

### **2.2.3.1. Operación y mantenimiento**

Para garantizar la sostenibilidad de una infraestructura es indispensable que se mantengan en condiciones operativas, incidiendo en ello el mantenimiento, así como las capacidades técnicas de las personas encargadas de operar y mantener los productos. En la evaluación se identificarán problemas a efectos de proponer posibles soluciones que posibiliten mejorar la sostenibilidad a futuro, las condiciones físicas y funcionales de la infraestructura.

### **2.2.3.2. Capacidad técnica y gerencial del operador**

Las capacidades que tiene el operador tanto técnica, gerencial y administrativa deben ser eficientes para la gestión de recursos con el fin de mantener la continuidad de los servicios durante la vida útil del proyecto, se debe analizar además los temas de la organización, arreglos institucionales y limitaciones para formular propuestas que mejoren la capacidad del operador y la sostenibilidad futura de la infraestructura.

### **2.2.3.3. Sostenibilidad financiera**

La disponibilidad asignada de los recursos financieros para la etapa de operación y mantenimiento de los proyectos es un factor clave para la sostenibilidad. En esta parte se evalúa el flujo de recursos financieros y se verifica con lo previsto, así mismo, se analizará las fuentes de financiamiento a futuro.

### **2.2.3.4. Gestión de riesgos**

Se evaluará si los riesgos importantes han sido identificados en la pre inversión, se incluyeron las medidas para reducirlos y éstas han sido aplicadas. Se identificarán los riesgos que pudiesen haber surgido en las fases de inversión y post inversión y la manera en que éstos han sido enfrentados. Se evaluará la capacidad del operador del servicio o los beneficiarios para asimilar y recuperarse de un desastre o conflicto social, entre otros (Ministerio de Economía y Finanzas, 2012).

El análisis de sostenibilidad, es un proceso encaminado a maximizar y dar continuidad al flujo de beneficios para la población. Debe ser un proceso permanente y

debe ser actualizado según las cambiantes circunstancias del entorno. Cabe destacar, sin embargo, que no existe una única manera de lograr la sostenibilidad, sino que cada proyecto debe definir su propia estrategia de sostenibilidad, según las circunstancias específicas internas y externas. El análisis de sostenibilidad de un proyecto consiste, pues, en determinar si más allá del logro de sus objetivos, es posible que los impactos positivos continúen después que el proyecto haya concluido.

#### **2.2.3.5. Evaluación de la sostenibilidad**

A continuación, se describen algunas metodologías para evaluar la sostenibilidad en proyectos utilizados a nivel nacional.

##### *Metodología PROPILAS*

Se origina como proyecto piloto (PROPILAS) para evaluar la sostenibilidad de proyectos de agua y saneamiento aplicado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), ONG CARE y Programa de Agua y Saneamiento (PAS) del Banco Mundial en sistemas de la región Cajamarca en el año 2002, obteniéndose exitosos resultados lo cual permitió la implementación de la metodología para medir el nivel de sostenibilidad de la infraestructura de servicios de agua y saneamiento rural, se sigue el siguiente procedimiento:

Paso 1. Se evalúa mediante parámetros establecidos los factores:

- Estado del sistema (ES). Condiciones físicas del sistema.
- Gestión (G). Capacidades del operador para mantener al sistema funcionando y dotando de beneficios a la población usuaria.
- Operación y mantenimiento (OyM). Condiciones operativas del sistema.

La calificación de dichos factores se los hace utilizando la escala de Likert de cuatro niveles.

Paso 2. Determinación del índice de sostenibilidad

El índice de sostenibilidad se encuentra con la fórmula:

$$\text{Índice de sostenibilidad} = \frac{(ES \times 2) + G + OyM}{4} \dots (4)$$

Donde:

ES: Estado de la infraestructura

G: Gestión

OyM: Operación y mantenimiento

**Tabla 9.** Calificación de la sostenibilidad

<b>Calificación</b>	<b>Índice de Sostenibilidad</b>	
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

Fuente: Proyecto Piloto de Agua y Saneamiento, 2002.

### *Metodología MEF*

El Ministerio de Economía y Finanzas en el año 2014 publicó “Pautas Generales para la Evaluación Ex Post de Proyectos de Inversión Pública – Sector Transportes”, con fin de hacer el seguimiento a los proyectos ejecutados y verificar el cumplimiento de los objetivos para los cuales fueron construidos.

Paso 1. Se evalúa mediante entrevistas los factores determinantes. Los resultados son descriptivos.

### *Operación y mantenimiento*

- Estado físico de la infraestructura de transporte: rugosidad, fisuras, baches, obras de arte, señalización limpieza.
- Estado de conservación y operatividad de equipamiento.
- Planeamiento y administración del mantenimiento rutinario y periódico de la infraestructura y equipos, prácticas correctivas y mantenimiento preventivo.

- Asignación de recursos humanos y financieros para la operación y mantenimiento.

#### *Capacidad técnica y gerencial del operador*

- Arreglos institucionales para la operación y mantenimiento, por ejemplo, el uso de empresas privadas para la operación y mantenimiento de la vía, cobro de peajes, atención de emergencias, entrega de facturación, control de pesos y dimensiones.
- Capacidad gerencial del operador: planificación, administración, supervisión y evaluación de los recursos asignados.
- Dificultades y limitaciones para el operador concerniente al manejo técnico, institucional / legal, financiero y otros aspectos.
- Disponibilidad de información técnica relacionada a la infraestructura.
- Disponibilidad de instrumentos y equipos requeridos para la operación y el mantenimiento.
- Procedimiento del operador y su criterio para la selección y monitoreo del desempeño de los sub contratistas.
- Capacidad de los técnicos y los ingenieros de campo y la efectividad de la capacitación provista y futura que el operador pueda ofrecer.

#### *Sostenibilidad financiera*

- Ingresos recaudados por el cobro de peajes o tarifas a los usuarios de la infraestructura, por fuentes de ingreso, con el detalle de los servicios principales, producción y tarifas por cada uno.
- Recursos ordinarios provistos sus fuentes y canal de asignación.
- Gastos destinados para la operación y mantenimiento de la infraestructura, equipos relacionados a obras civiles, capacitación, etc.
- Fondo para el reemplazo de equipos.
- Reporte de avance financiero y declaración de ingresos de la operación de la infraestructura.

### *Gestión de riesgos*

- Riesgos de desastres naturales.
- Riesgos de interrupción del uso de infraestructura por alteración del orden público.
- Cambio de política en las instituciones responsables de la asignación de recursos.

Paso 2. Se determina la sostenibilidad global de manera descriptiva.

- Sostenible: Si no se detectan problemas mayores para la sostenibilidad.
- Necesita de atención: Si existen algunos asuntos relacionados con la sostenibilidad que necesitan atención continua pero ninguna acción inmediata.
- Necesita acción inmediata: Si existen problemas graves con la sostenibilidad y se necesitan medidas inmediatas.

Luego de haber revisado el marco teórico en el cual se enfoca la investigación, se ha concluido que no existe una metodología que determine el índice de sostenibilidad incorporando el nivel de riesgo, además indicamos que las metodologías utilizadas para la evaluación de riesgos y sostenibilidad pueden adaptarse para encontrar el índice de sostenibilidad global incorporando el nivel de riesgo de una infraestructura vial, lo cual es el objetivo principal de esta tesis.

### 2.3. Definición de términos básicos

- Análisis de riesgos. Procedimiento técnico, que permite identificar y caracterizar los peligros, analizar las vulnerabilidades, calcular, controlar, manejar y comunicar los riesgos, para lograr un desarrollo sostenido mediante una adecuada toma de decisiones en la Gestión del Riesgo de Desastres. (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014)
- Análisis de la vulnerabilidad. Etapa de la evaluación de riesgos, en la que se analiza los factores de exposición, fragilidad y la resiliencia en función al nivel de peligrosidad determinada, se evalúa el nivel de vulnerabilidad y se elabora el mapa del nivel de vulnerabilidad de la unidad física, social o ambiental evaluada (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014).
- Determinación de peligros. Etapa de la evaluación de riesgos, en la que se identifica y caracteriza los peligros, se evalúa la susceptibilidad de los peligros, se define los escenarios, se determina el nivel de peligrosidad y se elabora el mapa del nivel de peligrosidad (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014).
- Evaluación de riesgos. Componente del procedimiento técnico del análisis de riesgos, el cual permite calcular y controlar los riesgos, previa identificación de los peligros y análisis de las vulnerabilidades, recomendando medidas de prevención y/o reducción del riesgo de desastres y valoración de riesgos (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014).
- Gestión de riesgo de desastres. Proceso sistemático que integra la definición, prevención, mitigación y transferencia del riesgo, así como la preparación para desastres, respuesta en casos de emergencia y la rehabilitación y reconstrucción, con objeto de atenuar los impactos de los desastres (Instituto para la Integración de América Latina y El Caribe, 2016).
- Índice de sostenibilidad. Expresión cualitativa, cuantitativa o descriptiva que brinda información sobre aspectos físicos, ambientales, sociales y económicos, que permiten realizar un adecuado seguimiento y evaluación al

desempeño de los proyectos que garantizan la conservación del ambiente, el bienestar de la sociedad y la rentabilidad económica durante el periodo de diseño (Ordoñez y Meneses, 2015).

- Infraestructura. Es el conjunto de estructuras de ingeniería e instalaciones, con su correspondiente vida útil de diseño, que constituyen la base sobre la cual se produce la prestación de servicios considerados necesarios para el desarrollo de fines productivos, políticos, sociales y personales (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014).
- Peligro inminente. Fenómeno de origen natural o inducido por la acción humana, con alta probabilidad de ocurrir y de desencadenar un impacto de consecuencias significativas en la población y su entorno de tipo social, económico y ambiental debido al nivel de deterioro acumulado en el tiempo y que las condiciones de éstas no cambian (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014).
- Proyecto de inversión pública. Intervención limitada en el tiempo que utiliza total o parcialmente recursos públicos, con el fin de crear, ampliar, mejorar, modernizar o recuperar la capacidad productora de bienes o servicios, cuyos beneficios se generan durante la vida útil del proyecto y son independientes de los de otros proyectos (Ministerio de Economía y Finanzas, 2007).
- Sostenibilidad. Los productos generados en la fase de ejecución del proyecto tienen gran probabilidad de ser operados y utilizados, y seguir logrando el objetivo central durante la vida útil del proyecto (Ministerio de Economía y Finanzas, 2012).

## **CAPÍTULO III**

### **PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1. Hipótesis**

##### **3.1.1. Hipótesis general**

El índice de sostenibilidad disminuye significativamente con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018.

#### **3.2. Variables/categorías**

Nivel de riesgo

Índice de sostenibilidad

#### **3.3. Operacionalización de los componentes de la hipótesis**

**Tabla 10.** Operacionalización de los componentes de las hipótesis

Título: Índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018					
Hipótesis	Definición conceptual de variables/categorías	Definición operacional de las variables/categorías			Fuente o instrumento de recolección de datos
		Variables/categorías	Dimensiones/ factores	Indicadores/cualidades	
El índice de sostenibilidad disminuye significativamente con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018	Magnitud de un riesgo o de una combinación de varios. Se expresa en términos del producto del nivel de peligro y el nivel de vulnerabilidad de los mismos (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014).	Nivel de riesgo	Peligro	Erosión	Registros históricos. Cartografía digital. Fotografías.
				- Erosividad de lluvias	
				- Aumento del nivel de la corriente de agua	
				- Textura del suelo	
				- Pendiente del cauce	
				- Erosión en corriente de agua	
				- Cobertura vegetal	
				- Conservación de suelo	
				Movimiento de masas	
				- Erosividad de lluvias	
				- Pendiente del terreno	
				- Erodabilidad del suelo	
				- Topografía del terreno	
				- Erosión por movimiento de masas	
				- Velocidad de desplazamiento	
				- Cobertura vegetal	
				- Conservación de suelo	
				Inundación	
				- Intensidad de lluvias	
				- Pendientes del terreno y de la vía	
				- Topografía del terreno	
				- Cercanía a corriente de agua	
				Exposición	
				Fragilidad	
				Resiliencia	
	Expresión cualitativa, cuantitativa o descriptiva que brinda	Índice de sostenibilidad	Operación y mantenimiento	Condiciones estructurales	Guías de revisión documental.
				Condiciones funcionales	

información sobre aspectos físicos, ambientales, sociales y económicos, que permiten realizar un adecuado seguimiento y evaluación al desempeño de los proyectos que garantizan la conservación del ambiente, el bienestar de la sociedad y la rentabilidad económica durante el periodo de diseño (Ordoñez y Meneses, 2015).		Condiciones de seguridad	Listas de chequeo. Cuestionarios. Entrevistas
		Conservación vial	
		Características físicas	
		Cantidad de servicios producidos	
		Calidad de servicios producidos	
		Capacidad gerencial del operador	
	Capacidad técnica y gerencial del operador	Disponibilidad de información técnica	
		Disponibilidad de instrumentos y equipos	
		Capacidad técnica del operador	
	Sostenibilidad financiera	Ingresos recaudados	
		Presupuesto asignado para OyM	
		Presupuesto de inversión	

## CAPÍTULO IV

### MARCO METODOLÓGICO

#### 4.1. Ubicación geográfica

Departamento: Cajamarca

Provincia: Chota

Distritos: Chota – Lajas – Cochabamba

#### 4.2. Diseño de la investigación

##### 4.2.1. Tipo de investigación

**Tabla 11.** Tipo de investigación

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque teórico metodológico	Cualitativa
Objetivos (alcances)	Descriptivos
Fuente de datos	Primaria, secundaria
Diseño de investigación	Transversal
Control en el diseño de la prueba	No experimental

La parte aplicada es de un caso específico que es la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota.

La investigación es de tipo cuantitativa, ya que se utilizó el criterio de valoración ordinaria y probabilística como forma de medición para determinar el nivel de riesgo, y para determinar el índice de sostenibilidad basándose en métodos multicriterio y análisis de regresión entre variables.

Descriptivo en la medida que se describe los parámetros y factores determinantes del nivel de riesgo e índice de sostenibilidad.

Los datos primarios se obtuvieron de las diversas mediciones realizadas en campo para determinar los parámetros correspondientes al factor de operación y mantenimiento (OM).

Los datos secundarios se obtuvieron de los documentos técnicos de la infraestructura para determinar los parámetros correspondientes a los factores de sostenibilidad financiera (SF), capacidad técnica y gerencial del operador (CG).

De fuente primaria y secundaria se obtuvieron los datos correspondientes a la caracterización del nivel de riesgo (R).

Transversal porque se estudió el índice de sostenibilidad y el nivel de riesgo en meses específicos de tiempo de acuerdo a la época de caracterización de las lluvias en el área de influencia (marzo 2018, julio 2018, noviembre 2018, marzo 2019, julio 2019, noviembre 2019) con el propósito de identificar y medir los cambios que presenta.

No experimental, se observaron los descriptores determinantes del nivel de riesgo e índice de sostenibilidad en su ambiente natural, obteniendo los datos directamente, que se procesaron y analizaron posteriormente.

#### **4.2.2. Metodología**

Se desarrolló la metodología en cinco etapas:

##### *Etapa 1: Revisión documental y reconocimiento de la zona de estudio*

Consistió en la búsqueda de información relacionada con la evaluación de riesgos e indicadores de sostenibilidad en infraestructura vial como en libros, artículos científicos, estudios e investigaciones.

La información encontrada sirvió para analizar y comprender el estado de las investigaciones relacionadas con el tema, no encontrándose investigaciones específicas o similares que definan el índice de sostenibilidad incorporando el nivel de riesgo, siendo el presente estudio original, proporcionando un modelo matemático que representa la influencia del nivel de riesgo en el proceso de estimación del índice de sostenibilidad.

El reconocimiento de la zona de estudio permitió identificar las zonas de la carretera Cochabamba – Chota expuestas a peligros, tramos deteriorados estructuralmente.

### *Etapa 2: Elaboración de instrumentos para la recolección de datos*

En esta etapa fueron elaborados los instrumentos para la recolección de datos de campo: cuestionario estructurado aplicado a profesionales especialistas (anexo I), ficha de identificación y análisis de riesgos (tabla 22), ficha de evaluación física de la plataforma (tabla 24) y ficha de evaluación de los factores de la sostenibilidad (tabla 24); éstos tres últimos están detallados en el anexo VII.

### *Etapa 3: Trabajo de campo*

El trabajo de campo se realizó en los meses de marzo 2018, julio 2018, noviembre 2018, marzo 2019, julio 2019 y noviembre 2019.

En primer lugar, se realizó la señalización de los elementos de muestra para registrar los datos de condiciones estructurales de la capa de rodadura durante el periodo de ejecución de la investigación, para tal cometido los datos de campo fueron tomados en una longitud de 40 metros, de acuerdo a lo establecido en la selección de la muestra.

En segundo lugar, mediante las fichas técnicas de campo se registraron los datos relacionados a la identificación y análisis del nivel de riesgo e indicadores de sostenibilidad. En el anexo VII muestra el procedimiento realizado, como ejemplo para el Km 4+000 hasta el Km 5+000 en el mes de noviembre del 2019, este proceso fue realizado para cada kilómetro y el registro de los datos fue tomado el último día de cada mes evaluado.

### *Etapa 4: Procesamiento, análisis e interpretación de datos*

El procesamiento de la información fue realizado en gabinete utilizando tablas, gráficos de dispersión, coeficientes de determinación y de Pearson, determinándose la consistencia, el nivel y tipo de relación que guardan las variables, con el fin de analizar e interpretar la información obtenida.

### *Etapa 5: Presentación de resultados*

El resultado del procedimiento detallado en las anteriores cuatro etapas y finalmente el consolidado del análisis dieron lugar a la formulación de una expresión matemática que relaciona el nivel de riesgo con el índice de sostenibilidad. El análisis general realizado dio origen al planteamiento del método compuesto resultado final de esta investigación.

Para esta investigación se tuvo como referencia la ecuación de sostenibilidad desarrollada en la metodología propuesta por el Proyecto Piloto de Agua y Saneamiento en el 2002 que permite calcular de manera numérica la sostenibilidad de proyectos de agua y saneamiento para los diversos lugares de la región Cajamarca; además se utilizó las pautas para la evaluación ex post de proyectos de inversión pública propuesta por el Ministerio de Economía y Finanzas aplicada al sector transportes.

Para encontrar el nivel de riesgo se utilizó la metodología del PMBOK aplicando fundamentos teóricos del Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).

El método de esta investigación se fundamenta en el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ) desarrollado por Satty en 1980 con el fin de obtener alternativas sostenibles óptimas en proyectos, utilizado para realizar las ponderaciones de criterios múltiples determinantes de la sostenibilidad en los cuales fueron incluidos los riesgos a los que está expuesta la vía, el método desarrollado denominaremos en adelante el “método compuesto” ya que se basa en las metodologías PROPILAS, CENEPRED y PMBOK las cuales han sido aplicadas en diversos estudios expuestos en el marco teórico.

A continuación, se detalla el procedimiento para determinar el índice de sostenibilidad de carreteras aplicando el método compuesto (metodología propuesta en esta investigación).

#### **4.2.2.1. Identificación de los tramos evaluados de la carretera**

Los tramos se evaluaron cada kilómetro de la carretera Cochabamba – Chota.

#### **4.2.2.2. Identificación de los criterios determinantes de sostenibilidad**

Los factores que se evaluaron para obtener el índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo son:

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

Cada factor tiene parámetros, sub – parámetros y descriptores que permitieron estimar el índice de sostenibilidad en la carretera. En esta investigación se incorporó el factor nivel de riesgo ya que determina la operación de infraestructura durante el periodo de diseño.

#### 4.2.2.3. Ponderación de criterios determinantes de la sostenibilidad

##### Paso 1. Juicio de expertos

Mediante un cuestionario y utilizando la escala de Saaty (ponderación jerárquica) los expertos ponderaron de acuerdo a la importancia de los criterios teniendo en cuenta los fundamentos para lograr la sostenibilidad de carreteras.

**Tabla 12.** Escala de Saaty

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
9	Absolutamente o muchísimo más importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Moderadamente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Moderadamente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Fuente: Saaty, 1980.

## Paso 2. Validez y confiabilidad del instrumento

Para determinar la validez y confiabilidad del instrumento aplicado se utilizó el Coeficiente Alfa de Cronbach, que es un método de consistencia interna que permite estimar la fiabilidad de un instrumento de medida a través de un conjunto de criterios que se espera que midan el mismo constructo o dimensión teórica.

La validez se refiere al grado en que un instrumento mide la variable que pretende medir. En la investigación se ha considerado la validez de expertos que es el grado en que un instrumento realmente mide la variable de interés, de acuerdo con expertos en el tema.

La confiabilidad se refiere al grado de precisión o exactitud de medida, en el sentido de que si aplicamos repetidamente el instrumento al mismo sujeto u objeto produce iguales resultados.

El número de expertos empleados en un juicio depende del nivel de experticia y de la diversidad del conocimiento; sin embargo, la decisión sobre qué cantidad de expertos es la adecuada varía entre autores. Así, mientras Gable y Wolf (1993), Grant y Davis (1997), y Lynn (1986) (citados en McGartland et al. 2003) sugieren un rango de dos hasta 20 expertos, Hyrkäs et al. (2003) manifiestan que diez brindarían una estimación confiable de la validez de contenido de un instrumento. Si un 80 % de los expertos han estado de acuerdo con la validez de un criterio éste puede ser incorporado al instrumento (Voutilainen y Liukkonen, 1995, citados en Hyrkäs et al. (2003). Carretero (2005) sugiere como criterio válido que tenga entre 5 y 10 expertos por cada ítem de la escala.

El coeficiente alfa de Cronbach asume que los criterios medidos en escala tipo Likert (en esta investigación medidos con la escala de Saaty) miden un mismo constructo y que están altamente correlacionados. Cuanto más cerca se encuentre el valor del alfa a 1 mayor es la consistencia interna de los criterios analizados.

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

Donde:

$K$ : El número de criterios

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

$S_r^2$  : Varianza de la suma de los criterios

$\alpha$  : Coeficiente de Alfa de Cronbach

**Tabla 13.** Validación de instrumentos con el coeficiente alfa de Cronbach

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

Fuente: George y Mallery, 2003.

Paso 3. Ponderación de criterios determinantes de sostenibilidad.

De acuerdo al juicio de expertos se procedió al cálculo de los pesos ponderados utilizando el método multicriterio llamado Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ), el cual es un método que permite incorporar criterios cuantitativos y cualitativos. La matriz que se forma es una matriz cuadrada es decir el mismo número de filas y columnas.

La notación matemática es:  $A=A_{ij}$

Paso 4. Cálculo de los pesos ponderados

Primero: Se construye la matriz de comparaciones pareadas, el que mostraría la comparación entre criterios, sub criterios y/o descriptores según el caso de interés. En el caso de ponderación de criterios esta matriz nos permite determinar la importancia de un criterio respecto a otro, lo que nos servirá posteriormente para la ponderación de criterios.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \dots (6)$$

Sumamos verticalmente los elementos de cada columna. Así se obtienen los valores:

$$v_1 + v_2 + \dots + v_n = \sum_{i=1}^n a_i \quad \dots (7)$$

Segundo: Construimos la matriz de comparaciones normalizada. El cual se obtiene de dividir cada elemento de matriz entre la suma obtenida, para conseguir:

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

Tercero: El siguiente paso consiste en obtener el vector prioridad el cual nos mostrará los pesos ponderados de cada criterio a partir de la matriz normalizada:

Para ello se calcula el vector columna:

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

Y se obtiene el vector de prioridades de los criterios:

$$p = \begin{pmatrix} p_{c11} \\ p_{c12} \\ \vdots \\ \vdots \\ p_{c1n} \end{pmatrix} \quad \dots (10)$$

Se debe indicar que la suma de los elementos del vector prioridad debe ser igual a 1.

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

#### Paso 5. Cálculo de la Relación de Consistencia (RC)

Se pasa a la verificación de la posible existencia de consistencia entre los juicios expresados.

Primero: Multiplicar cada valor de la primera columna de la matriz de comparación pareada por la prioridad relativa del primer elemento que se considera y así sucesivamente. Se deben sumar los valores sobre las filas para obtener 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: Dividir los elementos del vector de suma ponderada entre el correspondiente valor de prioridad para cada uno de los criterios:

$$\begin{aligned} \frac{VSP_{11}}{p_{c11}} &= \lambda_1 \\ \frac{VSP_{12}}{p_{c12}} &= \lambda_2 \\ &\dots \\ &\dots \\ &\dots \\ \frac{VSP_{1n}}{p_{c1n}} &= \lambda_n \end{aligned} \quad \dots (13)$$

Tercero: Posteriormente se determina la lambda máxima  $\lambda_{m\acute{a}x}$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)/n \quad \dots (14)$$

Esto nos permite hallar el índice de consistencia.

Cuarto: Calcular el Índice de Consistencia (IC):

$$IC = (\lambda_{m\acute{a}x} - n)/(n - 1) \quad \dots (15)$$

Esto nos permite hallar la relación de consistencia de la matriz para verificar si las decisiones fueron adecuadas.

Quinto: Determinar la Relación de Consistencia (RC).

$$RC = IC/IA \quad \dots (16)$$

Donde IA es el Índice Aleatorio de una Matriz de Comparaciones Pareadas, generada, como su nombre sugiere, de forma aleatoria.

Los valores del Índice Aleatorio para los diferentes “n”, obtenidos mediante la simulación de 100,000 matrices, son:

**Tabla 14.** Índice aleatorio

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.57	1.583

Fuente: Aguarón y Moreno, 2001.

NOTA: Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

#### **4.2.2.4. Determinación del índice de sostenibilidad sin el factor riesgo**

En párrafos anteriores se indicó que la ponderación de los criterios relevantes del índice de sostenibilidad de la carretera se aplicó el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ) el cual es un método multicriterio que fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty (1980) diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, mediante la construcción de un modelo jerárquico, que le permite a los actores (tomadores de decisiones) estructurar el problema de forma visual, además se tomó en cuenta las pautas recomendadas para la evaluación de sostenibilidad en el sector transportes. Como resultado se obtendrá una ecuación de tres variables:

$$SSR = a \times OM + b \times SF + c \times CG \quad \dots (17)$$

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 de variables

#### 4.2.2.5. Valoración de los criterios determinantes de sostenibilidad

Para la valoración de criterios determinantes como operación y mantenimiento (OM), capacidad técnica y gerencial del operador (CG), y sostenibilidad financiera (SF), se utilizó la escala de Likert.

**Tabla 15.** Escala de valoración de Likert

Rango de percepción	Valoración (puntaje asignado)	Escala cromática
Muy baja	1	
Baja	2	
Media	3	
Alta	4	
Muy alta	5	

##### *Operación y mantenimiento de la infraestructura (OM)*

Los aspectos evaluados son: condiciones estructurales, condiciones funcionales, condiciones de seguridad, conservación vial, características físicas, cantidad y calidad de servicios producidos.

Las condiciones estructurales, funcionales y de seguridad fueron evaluadas de acuerdo al Manual de Carreteras – Conservación Vial (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Conservación vial se evaluó de acuerdo a cuestionarios aplicados a trabajadores de mantenimiento rutinario, microempresarios y especialistas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Provías Nacional.

Características físicas, de acuerdo al tipo de material de la superficie de rodadura y la antigüedad de la infraestructura.

La cantidad de servicios producidos se determinó de acuerdo a la clasificación de las carreteras por la demanda.

La calidad de servicios producidos se evaluó de acuerdo a los niveles de servicios que recomienda el Manual de Carreteras – Conservación Vial (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

### *Capacidad técnica y gerencial del operador (CG)*

Los aspectos evaluados son: capacidad gerencial del operador, disponibilidad de información técnica relacionada a la infraestructura, disponibilidad de instrumentos y equipos requeridos para la operación y mantenimiento, capacidad técnica y administrativa del operador.

Se evaluó de acuerdo a la información obtenida de la página del MTC – Provías Nacional.

### *Sostenibilidad financiera (SF)*

Los aspectos evaluados son: ingresos recaudados, presupuesto asignado para la operación y mantenimiento; y presupuesto de inversión sea cubierto durante la vida útil del proyecto.

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

### *Riesgos (R)*

Para la valoración del factor riesgo se utilizó la metodología adaptada del PMBOK aplicando fundamentos teóricos del Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014).

**Tabla 16.** Matriz de niveles de riesgo – método compuesto

Peligro (Probabilidad de ocurrencia)	Muy alta	0.90	0.045	0.090	0.180	0.360	0.720
	Alta	0.70	0.035	0.070	0.140	0.280	0.560
	Moderada	0.50	0.025	0.050	0.100	0.200	0.400
	Baja	0.30	0.015	0.030	0.060	0.120	0.240
	Muy baja	0.10	0.005	0.010	0.020	0.040	0.080
Vulnerabilidad (Impactos sobre la infraestructura vial)		0.05	0.10	0.20	0.40	0.80	
		Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto	
Nivel de riesgo		Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto	

Fuente: Adaptado de la guía del PMBOK, Project Management Institute, 2017.

**Tabla 17.** 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	

Fuente: Adaptado de la guía del PMBOK, Project Management Institute, 2017.

#### 4.2.2.6. *Determinación del índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo*

La sostenibilidad está en función directa con los factores de operación y mantenimiento de la infraestructura (OM), capacidad técnica y gerencial del operador (CG), y sostenibilidad financiera (SF) y en función inversa con los riesgos (R).

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

Según el Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales, el riesgo en ningún caso es cero.

Si los riesgos en una infraestructura no son gestionados adecuadamente afectará la sostenibilidad, restringiendo cumplir los objetivos durante la vida útil.

Al realizar un análisis de supuestos, determinamos que si el riesgo tiende a ser muy alto en el lugar donde está ubicada una infraestructura vial, sumando a esto la no existencia de operación y mantenimiento, no hay asignación de recursos financieros y todo esto asociado a la incapacidad técnica y gerencial del operador, existe alta probabilidad que se destruya totalmente frente a los peligros, lo que indica que la sostenibilidad tiende a ser muy baja; mientras el riesgo disminuye, el índice de sostenibilidad aumenta lo que se puede expresar con la siguiente relación matemática:

$$SCR = axOM + bxSF + cxCG - dxR \quad \dots (19)$$

Donde:

ScR: Índice de sostenibilidad incorporado el nivel de riesgo

OM: Operación y mantenimiento

SF: Sostenibilidad financiera

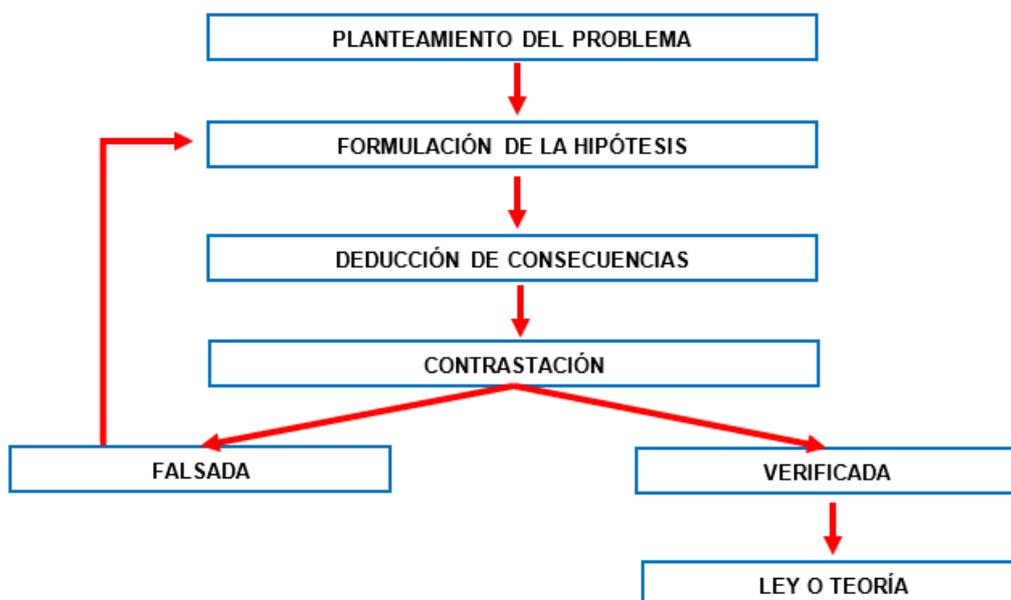
CG: Capacidad técnica y gerencial del operador

R: Riesgos

a, b, c, d: coeficientes de variables

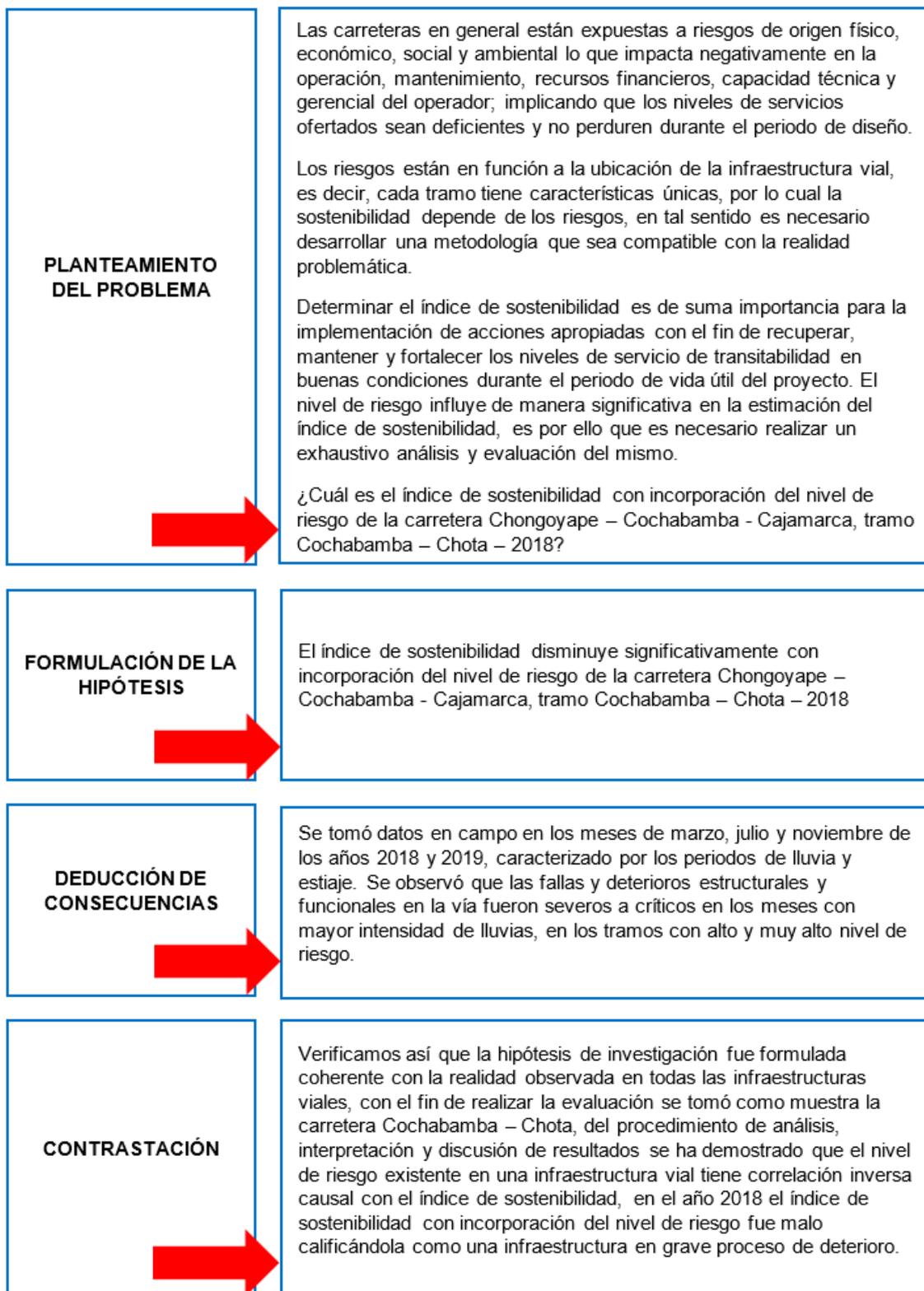
### 4.3. Método de investigación

En la investigación se utilizó el método científico hipotético deductivo, se inicia con el planteamiento del problema basado en inferencias empíricas que dan lugar a la formulación de hipótesis para posteriormente obtener conclusiones particulares de cada una de ellas, que luego serán contrastadas. Este método consta de cuatro fases: planteamiento del problema, formulación de hipótesis, deducciones de consecuencias a partir de conocimientos previos y contrastación (Rodríguez y Pérez, 2017).



**Figura 1.** Procedimiento del método hipotético deductivo

Fuente: Rodríguez y Pérez, 2017.



**Figura 2.** Método hipotético deductivo en la investigación

#### 4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidad de observación

##### 4.4.1. Población de la carretera

La población de estudio referente a la infraestructura vial está constituida por la CARRETERA CHONGOYAPE - COCHABAMBA - CAJAMARCA (Dv. YANACOCHA), con una longitud de 260.86 Km. Forma parte de las Rutas Nacionales N° PE-6A, PE-6C y PE-3N, ubicada en los departamentos de Lambayeque y Cajamarca. La carretera en estudio está constituida por los siguientes tramos:

###### *Tramo Chongoyape – Llama*

Se ubica en los departamentos de Lambayeque y Cajamarca, provincias de Chiclayo y Chota, cruzando los distritos Chongoyape y Llama. El inicio del tramo se ubica en el Km. 62+600 de estacada de la carretera Chiclayo – Chongoyape y concluye en el ingreso al poblado de Llama.

Los beneficiarios directos del asfaltado de la carretera lo constituyen los pobladores de la ciudad de Chongoyape y centros poblados de Carniche Bajo, Carhuaquero, Cumbil, Potrerillo, Maichil y Llama.

- Longitud = 59.30 Km.
- La obra de rehabilitación y mejoramiento fue iniciada el 19 de octubre de 2010 y concluida el 26 de septiembre de 2012.
- Inversión total de la obra.

Obra : S/ 313'348,409.47

Supervisión : S/ 12'074,984.68

Total : S/ 325'423,394.15

###### *Tramo: Llama – Cochabamba*

El inicio del tramo se ubica en el poblado de Llama y concluye en el ingreso al poblado de Cochabamba. Los beneficiarios directos del asfaltado de la carretera lo constituyen los pobladores de la ciudad de Llama, Huambos, Yamaluc y Cochabamba.

- Longitud = 59.00 Km.
- La obra de rehabilitación y mejoramiento fue iniciada el 01 de diciembre de 2010 y concluida el 30 de noviembre de 2013.
- Inversión total de la obra.

Obra : S/ 336'291,025.76

Supervisión : S/ 13'565,158.45

Total : S/ 349'856,984.21

*Tramo: Cochabamba – Chota*

El Tramo se ubica en el departamento de Cajamarca, cruzando los distritos Cochabamba, Lajas y Chota. Inicia en el Km 119+060 del estacado de la carretera Chongoyape –Cajamarca y concluye antes de ingresar al poblado de Chota Km 150+917.37. Los beneficiarios directos del asfaltado de la misma, lo constituyen pobladores de los distritos de Cochabamba, Lajas y Chota.

- Longitud = 32.61 Km.
- La obra de rehabilitación y mejoramiento fue iniciada el 20 de diciembre de 2011 y concluida el 31 de diciembre de 2014.
- Inversión total de la obra.

Obra : S/ 299'903,148.63

Supervisión : S/ 12'897,087.15

Total : S/ 312'800,235.78

*Tramo: Chota - Bambamarca – Hualgayoc*

El Tramo se ubica en el departamento de Cajamarca, cruzando las provincias de Chota y Hualgayoc. Inicia antes de ingresar al poblado de Chota Km 150+917.37 y el final del tramo está en el km 221+280.475, en la entrada a la ciudad de Hualgayoc. Los beneficiarios directos del asfaltado, lo constituyen pobladores de los distritos de Chota, Bambamarca y Hualgayoc.

- Longitud = 58.90 Km.
- La obra de rehabilitación y mejoramiento fue iniciada el 09 de julio de 2012 y concluida el 02 de agosto de 2016.
- Inversión total de la obra.

Obra	: S/ 383'399,928.71
Supervisión	: S/ 17'415,735.06
Saldo supervisión	: S/ 9'324,328.46
Total	: S/ 410'139,992.23

#### *Carretera Hualgayoc - Dv. Yanacocha (La Pajuela)*

Carretera asfaltada que cruza las provincias de Hualgayoc, San Miguel y San Pablo, del departamento de Cajamarca.

- Longitud = 51.00 Km.
- La obra de rehabilitación y mejoramiento fue iniciada el 23 de mayo de 2009 y concluida el 17 de febrero de 2012.
- Inversión total de la obra.

Obra	: S/ 117'980,251.67
Supervisión	: S/ 6'664 011.79
Total	: S/ 124'644,263.46

#### **4.4.2. Población de expertos**

La población de estudio referente a los profesionales a los cuales se aplicó el cuestionario estructurado, está constituida por ingenieros que tienen experiencia en consultoría y ejecución de infraestructura vial, dichos profesionales lo encontramos en Institutos Viales Provinciales, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, universidades, municipalidades, consultores y empresas privadas ejecutoras de obras públicas viales de la región Cajamarca.

#### 4.4.3. Muestra de la carretera

La selección de la muestra se realizó empleando un muestreo no probabilístico por conveniencia y está constituida por la carretera Cochabamba – Chota. Es una muestra intencional porque se ha determinado en base del conocimiento y criterio del investigador, primando la necesidad de facilidad de acceso a la información.

La carretera tiene una longitud total de 32,610.00 metros, se evaluó cada 1,000.00 metros haciendo un total de 33 tramos evaluados, tanto para encontrar el índice de sostenibilidad y el nivel de riesgo.

Para encontrar el índice de sostenibilidad fue necesario evaluar la condición estructural de la plataforma de la vía. Se utilizó el método del PCI (índice de condición de pavimento) para determinar las condiciones estructurales de la plataforma.

Paso 1. Identificamos las secciones o áreas de la vía según el plano en planta de la carretera Cochabamba – Chota y la visita técnica inicial de campo.

Paso 2. Dividimos el tramo en secciones basándose en criterios como diseño del pavimento, historia de construcción, tráfico y condición del mismo.

**Tabla 18.** Secciones identificadas según la superficie de rodadura

N°	Progresiva		Longitud (m)	Superficie de rodadura	Ubicación
	Inicial	Final			
1	0+000	0+190	190.00	Afirmado	Cochabamba
2	0+190	0+945	755.00	Concreto	Cochabamba
3	0+945	1+660	715.00	Afirmado	Cochabamba
4	1+660	3+100	1,440.00	Asfalto	Cochabamba
5	3+100	3+390	290.00	Bicapa	Cochabamba
6	3+390	3+800	410.00	Asfalto	Cochabamba
7	3+800	4+050	250.00	Bicapa	Cochabamba
8	4+050	4+280	230.00	Afirmado	Cochabamba
9	4+280	4+475	195.00	Bicapa	Cochabamba
10	4+475	4+610	135.00	Afirmado	Cochabamba
11	4+610	4+740	130.00	Bicapa	Cochabamba
12	4+740	4+870	130.00	Afirmado	Cochabamba
13	4+870	10+225	5,355.00	Asfalto	Cochabamba

N°	Progresiva		Longitud (m)	Superficie de rodadura	Ubicación
	Inicial	Final			
14	10+225	10+760	535.00	Afirmado	Cochabamba
15	10+760	13+700	2,940.00	Asfalto	Cochabamba
16	13+700	13+930	230.00	Afirmado	Cochabamba
17	13+930	14+220	290.00	Asfalto	Cochabamba
18	14+220	14+310	90.00	Afirmado	Cochabamba
19	14+310	16+650	2,340.00	Asfalto	Cochabamba
20	16+650	17+000	350.00	Afirmado	Cochabamba
21	17+000	18+295	1,295.00	Asfalto	Cochabamba
22	18+295	18+385	90.00	Bicapa	Cochabamba
23	18+385	18+875	490.00	Asfalto	Cochabamba
24	18+875	18+990	115.00	Afirmado	Lajas
25	18+990	20+495	1,505.00	Asfalto	Lajas
26	20+495	20+845	350.00	Afirmado	Lajas
27	20+845	21+600	755.00	Asfalto	Lajas
28	21+600	22+735	1,135.00	Afirmado	Lajas
29	22+735	23+750	1,015.00	Concreto	Lajas
30	23+750	24+410	660.00	Asfalto	Lajas
31	24+410	24+560	150.00	Afirmado	Lajas
32	24+560	25+860	1,300.00	Asfalto	Lajas
33	25+860	25+980	120.00	Afirmado	Lajas
34	25+980	26+220	240.00	Bicapa	Lajas
35	26+220	32+610	6,390.00	Asfalto	Lajas, Chota

Paso 3. Dividimos las secciones establecidas del pavimento en unidades de muestra.

Para carreteras con capa de rodadura asfáltica, el área de la unidad de muestreo debe estar en el rango  $230.00 \pm 93.00$ .

**Tabla 19.** Área mínima y máxima de las unidades de muestreo

Área mínima	Área máxima
137.00 m <sup>2</sup>	323.00 m <sup>2</sup>

Fuente: Vásquez, 2002.

**Tabla 20.** Longitudes de unidades de muestreo

Ancho de calzada	Longitud de unidad de muestreo	Área
3.50 m (mínimo)	40.00 m	140.00 m <sup>2</sup>
6.00 m	40.00 m	240.00 m <sup>2</sup>
6.20 m (máximo)	40.00 m	248.00 m <sup>2</sup>

Fuente: Vásquez, 2002.

Paso 4. Identificamos las unidades de muestras individuales a ser inspeccionadas de tal manera que permita a los inspectores, localizarlas fácilmente sobre la superficie del pavimento. Es necesario que las unidades de muestra sean fácilmente reubicables, a fin de que sea posible la verificación de la información de fallas existentes, la examinación de variaciones de la unidad de muestra con el tiempo y las inspecciones futuras de la misma unidad de muestra si fuera necesario.

$$N = \frac{L}{40} \quad \dots (20)$$

Donde:

*L*: Longitud total (m).

*N*: Número total de unidades de muestreo.

$$N = \frac{32,610.00}{40} = 815.25 \approx 816 \text{ unidades}$$

Paso 5. Seleccionamos las unidades de muestra a ser inspeccionadas. El número de unidades de muestra a inspeccionar puede variar de la siguiente manera: considerando todas las unidades de muestra de la sección, considerando un número de unidades de muestras que nos garantice un nivel de confiabilidad del 95% o considerando un número menor de unidades de muestra.

Caso 1. Todas las unidades de muestra de del tramo pueden ser inspeccionadas para determinar el valor de PCI promedio en la sección. Este tipo de análisis es ideal para una mejor estimación del mantenimiento y reparaciones necesarias.

Caso 2. El número mínimo de unidades de muestra “*n*” a ser inspeccionadas en una sección dada, para obtener un valor estadísticamente adecuado (95% de confiabilidad), es calculado empleando la ecuación siguiente y redondeando el valor obtenido de “*n*” al próximo número entero mayor.

$$n = \frac{N\sigma^2}{\frac{e^2}{4}(N-1) + \sigma^2} \quad \dots (21)$$

Donde:

*n*: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar (%).

*N*: Número total de unidades de muestreo del tramo (%).

*e*: Error admisible en el estimativo del tramo.

$\sigma$ : Desviación estándar entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar de 10 para pavimento asfáltico.

Longitud total: 32,610.00 m

La longitud total es equivalente al 100.00 %, *N* es igual a:

$$N = 32,610.00/100.00 = 326.10$$

$$e = 5 \%$$

$$\sigma = 10$$

Los datos anteriores se reemplazan en la ecuación 21 y se obtiene:

$$n = \frac{326.10 * 10^2}{\frac{5^2}{4}(326.10 - 1) + 10^2}$$

$$n = 15.30 \%$$

$$n = n(\%) * N (\text{unidades}) \quad \dots (22)$$

Donde:

$L$ : Longitud total (m).

$N$ : Número total de unidades de muestreo.

$$n = \frac{15.30 * 816}{100} = 124.85 \approx 125 \text{ unidades}$$

Del resultado anterior, el número de muestras a evaluar son 125 unidades como mínimo.

Paso 6. Seleccionar las unidades de muestreo para inspección, se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera:

El intervalo de muestreo ( $i$ ) se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{N}{n} \quad \dots (23)$$

El intervalo de muestreo " $i$ " se redondea al número entero inferior.

$$i = \frac{816}{125} = 6.53 \approx 6$$

El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo " $i$ ".

Así,  $i = 6$ , la unidad de muestreo inicial debe estar entre 1 y 6. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como  $S$ ,  $S+1$ ,  $S+2$ , etc.

La unidad inicial de muestreo para la inspección seleccionada es 3 y el intervalo de muestreo es 6, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar son 9, 15, 21, etc.

La carretera Cochabamba – Chota se ubica en el departamento de Cajamarca, cruzando los distritos Cochabamba, Lajas y Chota. Las características relevantes de la infraestructura son:

### *Características técnicas y financieras de la carretera en estudio*

- Clasificación de la carretera

Por la demanda: Carretera de segunda clase

Por la orografía: Terreno accidentado

Por la jerarquía: Red vial nacional PE-3N (longitudinal de la sierra)

- Longitud: 32.610 km
- Estructura de pavimento: carpeta asfáltica PEN 85-100, e=0.09 m.
- Diseño para 20 años.
- Velocidad de la directriz: 50 km/h.
- Pendiente máxima: 8%
- Ancho de berma: 1.20 m a cada lado.
- Ancho de calzada: 6.60 m.
- Presupuesto de ejecución inicial: S/ 243'256,642.13.
- Presupuesto de supervisión inicial: S/ 9'412,055.70.
- Plazo contractual inicial: 720 días calendario.
- La obra fue iniciada el 20 de diciembre de 2011 y concluida el 31 de diciembre de 2014.
- Presupuesto de ejecución final: S/ 299'903,148.63.
- Presupuesto de supervisión final: S/ 12'897,087.15.
- Plazo contractual inicial: 1108 días calendario.

## Descripción de los riesgos existentes en la carretera en estudio

- Elementos expuestos

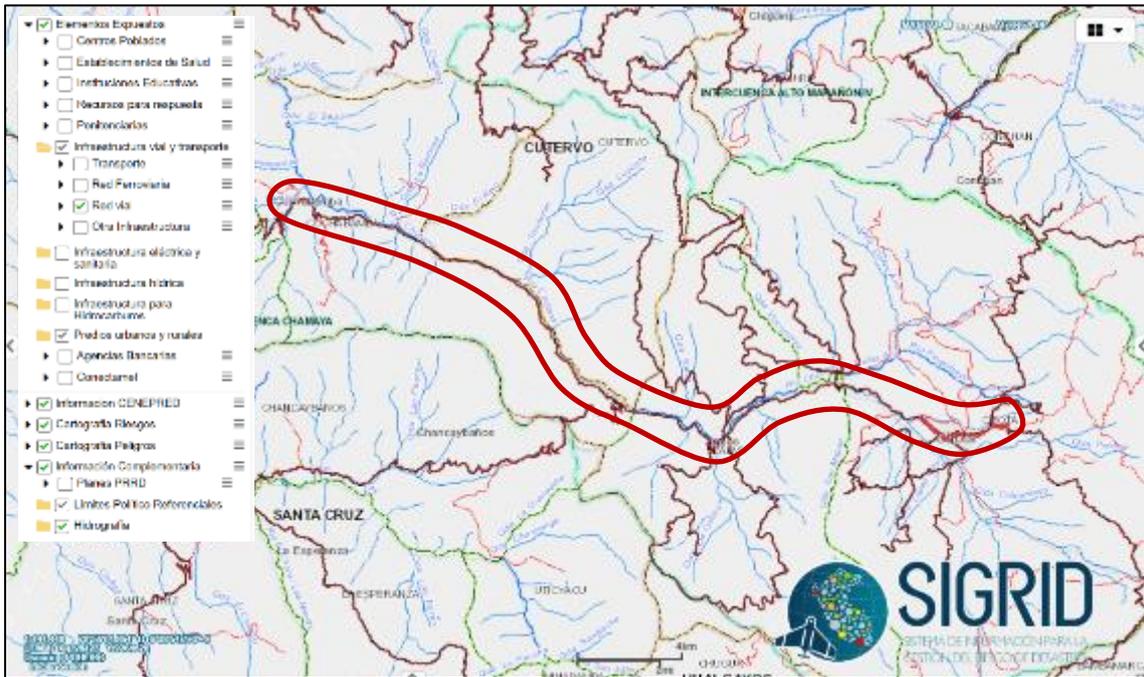


Figura 3. Infraestructura vial expuesta

Fuente: Plataforma Virtual SIGRID, 2019.

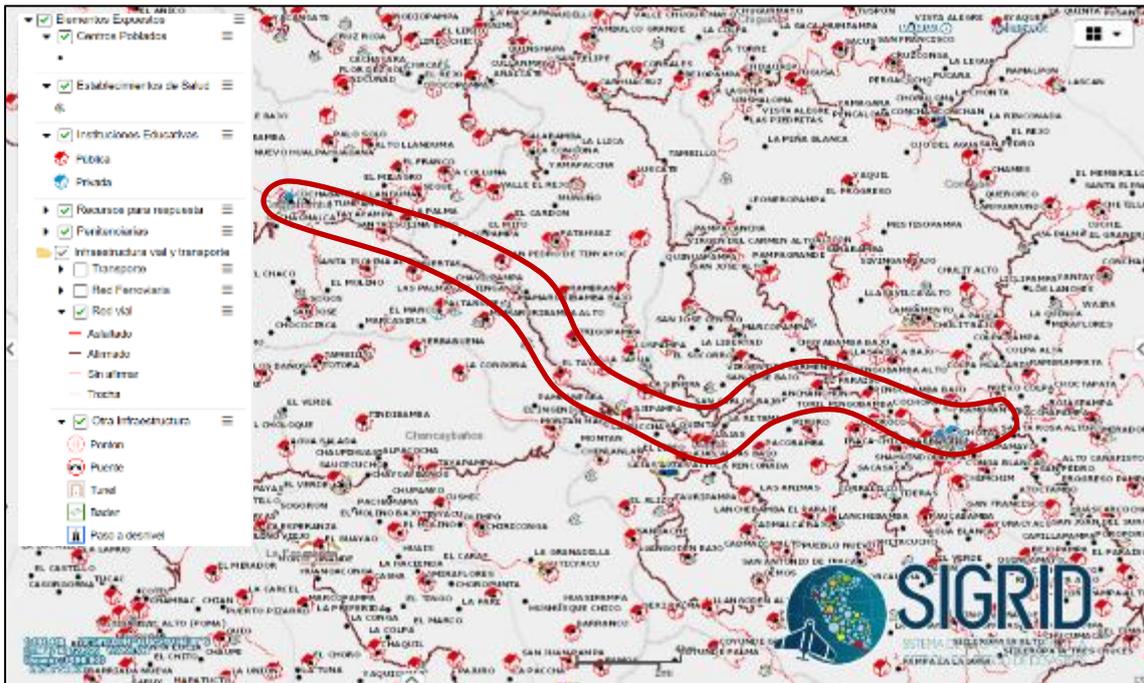


Figura 4. Infraestructura urbana expuesta

Fuente: Plataforma Virtual SIGRID, 2019.

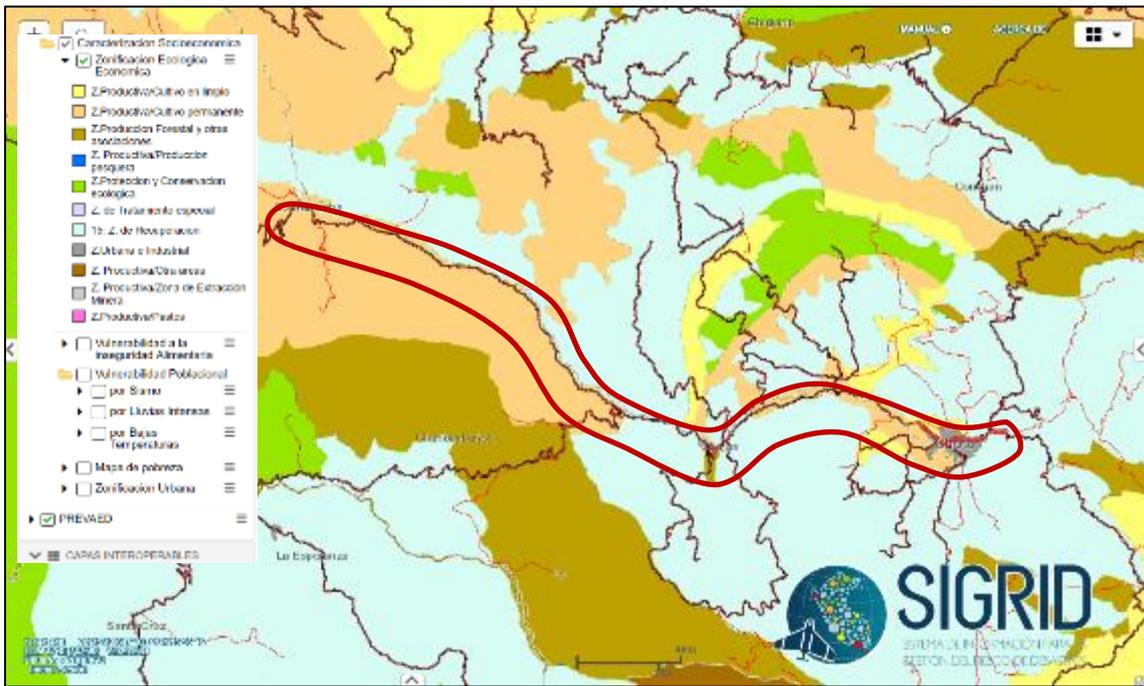


Figura 5. Suelos de cultivo expuestos  
 Fuente: Plataforma Virtual SIGRID, 2019.

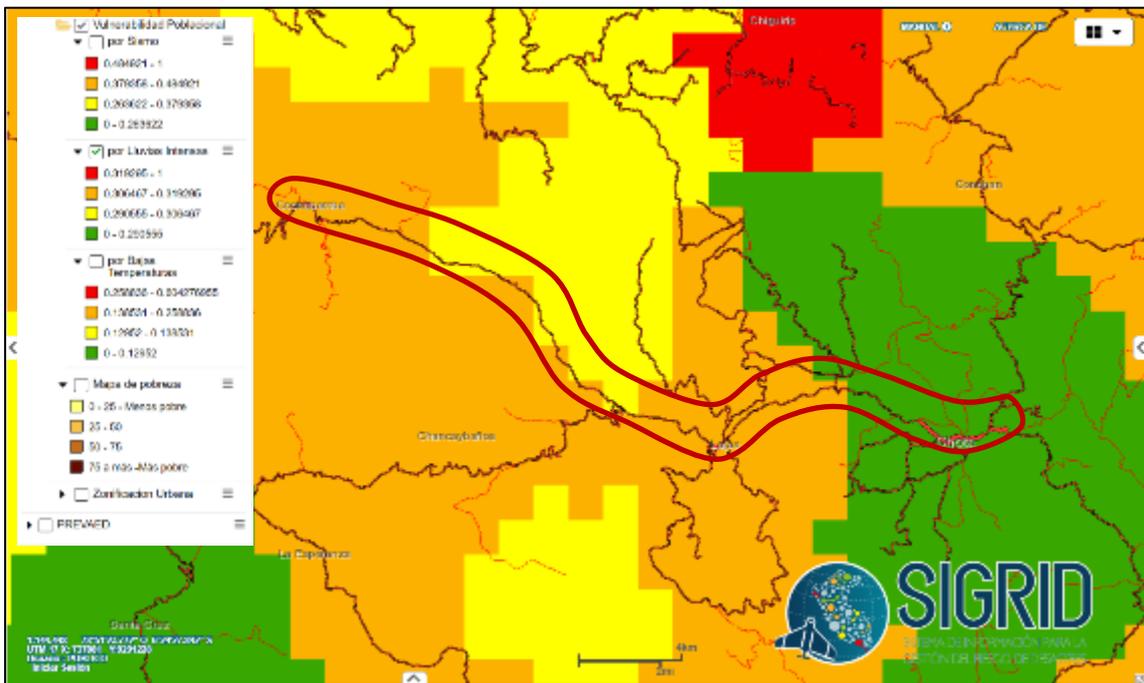


Figura 6. Vulnerabilidad poblacional  
 Fuente: Plataforma Virtual SIGRID, 2019.

- Identificación de peligros

Los peligros existentes en el derecho de vía de la carretera Cochabamba – Chota, según el portal de SIGRID – CENEPRED 2019, son los siguientes:

Peligros generados por fenómenos hidrometeorológicos

Inundación

Las inundaciones se producen cuando las lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de campo del suelo, el volumen máximo de transporte del río es superado y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos circundantes. (CENEPRED, 2015).

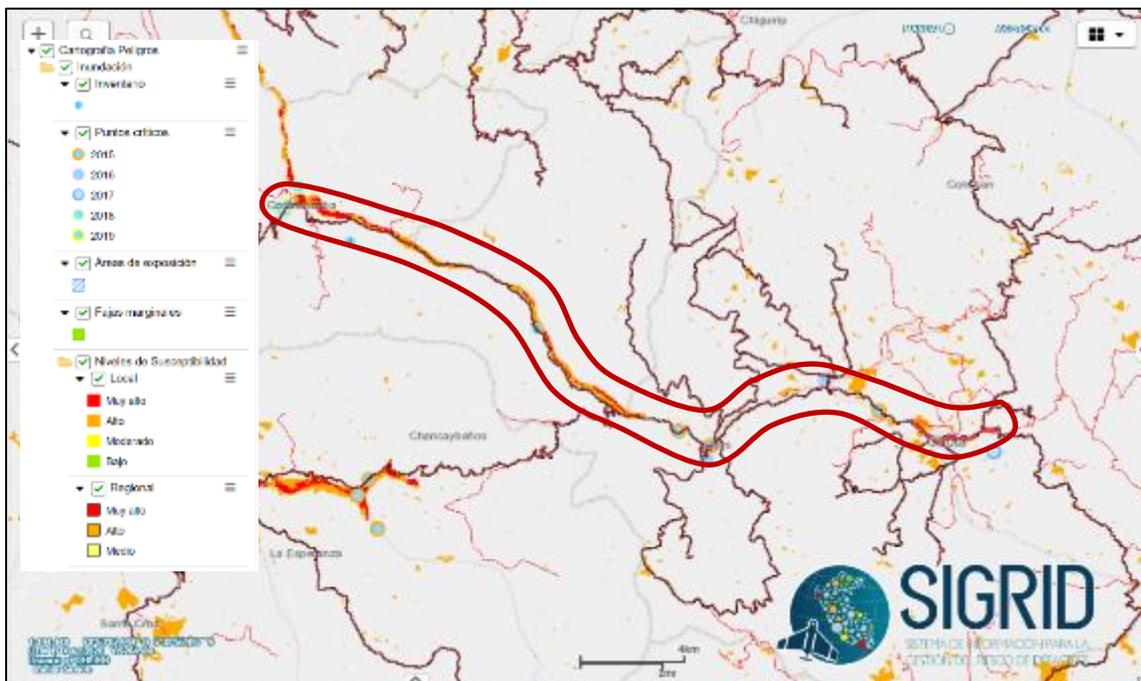


Figura 7. Peligro de inundación

Fuente: Plataforma Virtual SIGRID, 2019.

Erosión

Este peligro es muy frecuente por la ubicación de la carretera adyacente al Río Chotano, el cual tiene aumento de caudales en épocas de lluvia.

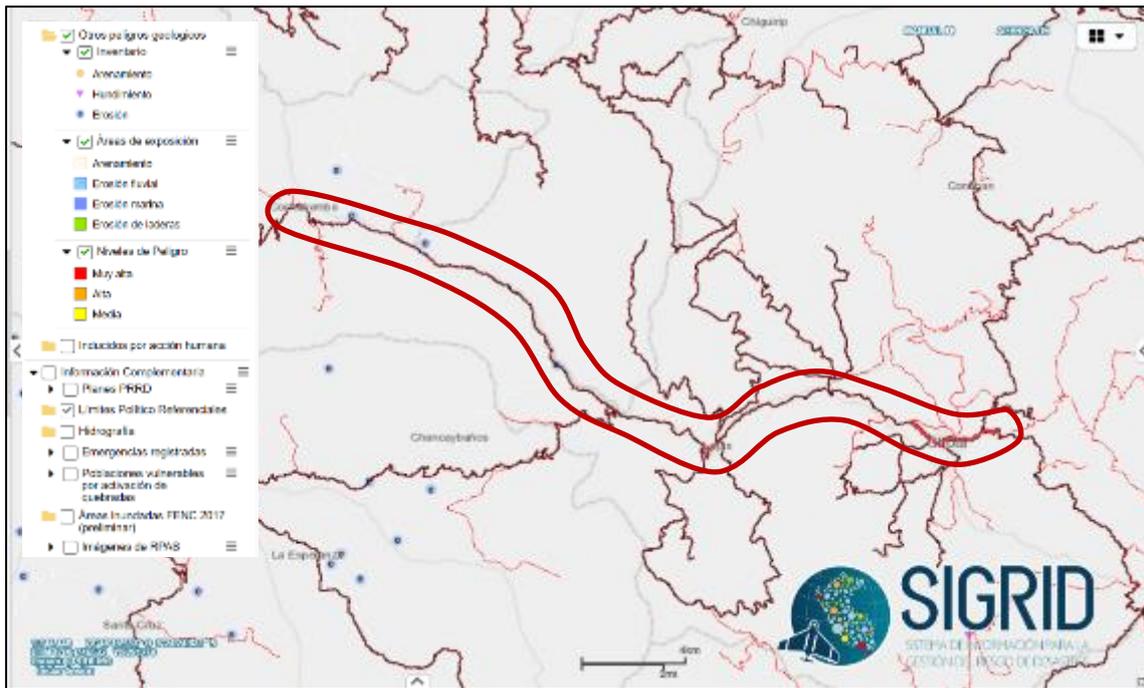


Figura 8. Peligro de erosión

Fuente: Plataforma Virtual SIGRID, 2019.

### Peligros generados por fenómenos de geodinámica externa

#### Movimiento de masa

Los movimientos en masa en laderas, son procesos de movilización lenta o rápida que involucran suelo, roca o ambos, causados por exceso de agua en el terreno y/o por efecto de la fuerza de gravedad. Los deslizamientos consisten en un descenso masivo o relativamente rápido, a veces de carácter catastrófico, de materiales, a lo largo de una pendiente. El deslizamiento se efectúa a lo largo de una superficie de deslizamiento, o plano de cizalla, que facilita la acción de la gravedad. La pérdida de cobertura vegetal y forestal favorece a la meteorización y el consecuente desplazamiento mecánico del material por factores desencadenante (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014).

En la carretera en estudio se presentan diversos tipos de movimiento de masa, como: caídas de roca (detritos o suelos), volcamiento de roca (bloque), deslizamiento de roca o suelo, flujo de detritos, flujo de lodo, flujo de tierra

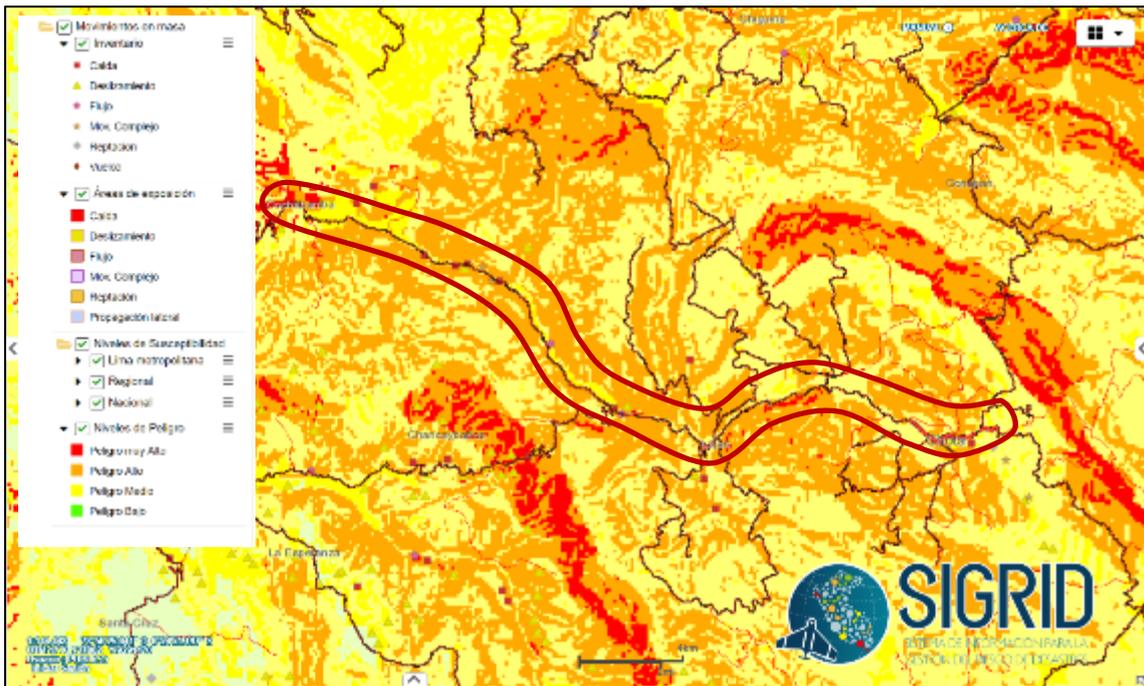


Figura 9. Peligro de movimiento de masas  
 Fuente: Plataforma Virtual SIGRID, 2019.

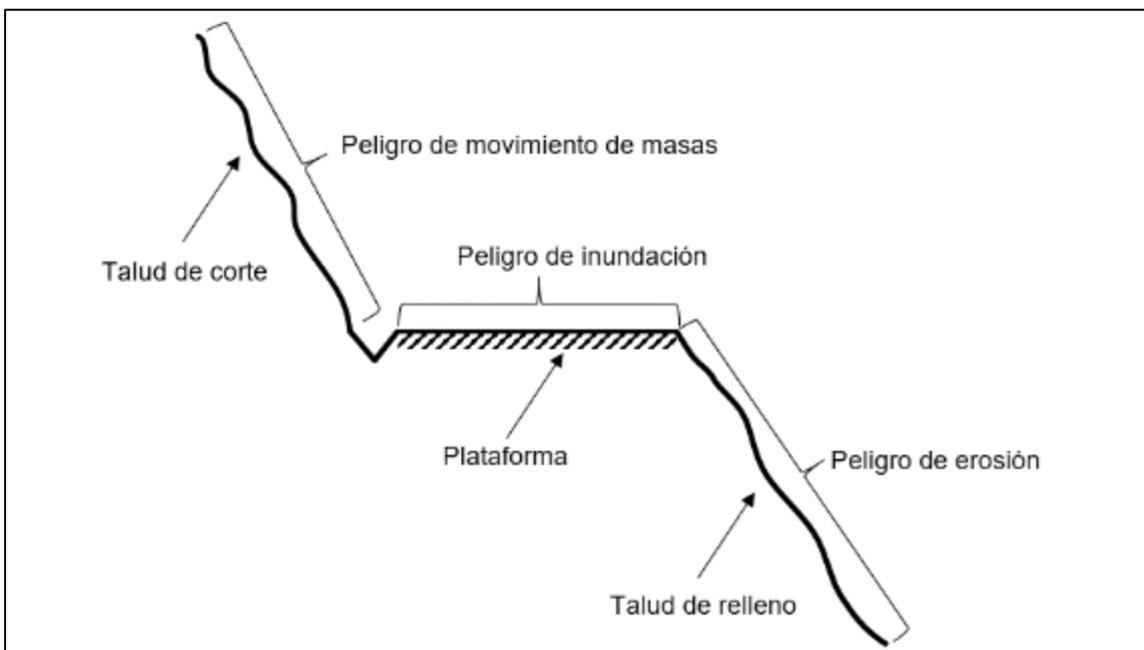


Figura 10. Acción de los peligros en una carretera

#### 4.4.4. Muestra de expertos

La muestra fue de tipo no probabilística o dirigida (guiada por uno o varios propósitos) llamada muestra de expertos. Se ha seleccionado una muestra de 10 expertos conocedores de la materia, por ser un número confiable para dar validez al instrumento.

#### 4.4.5. Unidad de análisis

Ruta PE - 3N, tramo Cochabamba – Chota.

#### 4.4.6. Unidad de observación

Riesgos existentes en la infraestructura vial del tramo Cochabamba – Chota.

Condiciones estructurales, condiciones funcionales, condiciones de seguridad, estado de conservación, características físicas, cantidad, calidad de los servicios producidos, recursos financieros asignados, capacidad técnica y gerencial del operador durante la operación y mantenimiento de la infraestructura vial del tramo Cochabamba – Chota.

### 4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

**Tabla 21.** Técnicas e instrumentos de recopilación de información

<b>Fuente de datos</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
Expediente Técnico, registros históricos, cartografía digital. (Fuente secundaria)	Revisión documental	Guía de revisión documental
Operación y mantenimiento de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota. (Fuente primaria)	Observación estructurada	Fichas técnicas
		Entrevistas
		Fotografías y videos
	Técnica Delphi	Cuestionarios
		Juicio de expertos

Revisión documental: se realizó una revisión de los temas sobre nivel de riesgo e índice de sostenibilidad en carreteras. Además, fue revisada la información de

estudios técnicos del tramo de la carretera Cochabamba – Chota como parte de la etapa aplicada de esta investigación.

Observación estructurada: el trabajo de campo fue realizado en la carretera en estudio utilizando fichas técnicas para la recolección de datos respecto a las condiciones de operación y mantenimiento, asignación de recursos financieros, capacidad del operador e identificación de vulnerabilidades de la carretera frente a los peligros existentes, fue importante la toma de fotografías y videos para evidenciar los cambios durante el tiempo del estado del pavimento y los riesgos ocurridos. Se realizó entrevistas a los usuarios y operadores del mantenimiento de la infraestructura. El procedimiento de toma de datos fue por kilómetro respecto a los riesgos, sostenibilidad financiera y capacidad del operador, se identificó y analizó de acuerdo a la escala de Likert y condicionantes preestablecidas para cada rango de percepción. Para la evaluación de las condiciones estructurales se utilizó el método de índice de condición de pavimento (PCI).

La técnica Delphi fue usada para identificar y valorar de acuerdo a la importancia de los criterios determinantes de sostenibilidad, aplicando un cuestionario estructurado de acuerdo a escalas estandarizadas (escala de Saaty) a los expertos.

**Tabla 22.** Ficha de identificación y análisis de riesgos

FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGO							
1	Tesis	Título					
		Maestría					
2	Número y fecha del documento	Número					
		Fecha					
3	Datos generales de la infraestructura vial	Carretera					
		Tramo					
		Código de ruta					
4	Tramo evaluado	Progresivas					
		Superficie de rodadura					
		Ubicación					
Identificación de riesgos							
5	5.1	Código de riesgo					
	5.2	Descripción del riesgo					
	5.3	Tipo de riesgo					
6	6.1	Análisis y evaluación de peligrosidad					
		Parámetros de evaluación		Descripción	Nivel de peligrosidad		
					Valor	Percepción	
		Factores desencadenantes (Fd)					
		Factores condicionantes (Fc)					
			Nivel de peligrosidad: $[0.75(Fd)+0.25(Fc)]$				
	6	6.2	Análisis de vulnerabilidad				
			Parámetros de evaluación		Descripción	Nivel de vulnerabilidad	
						Valor	Percepción
			Dimensión física (df)	Exposición			
Fragilidad							
Resiliencia							
Dimensión social (ds)		Exposición					
		Fragilidad					
		Resiliencia					
Dimensión económica (de)		Exposición					
	Fragilidad						
	Resiliencia						
Dimensión ambiental (da)	Exposición						
	Fragilidad						
	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	
		Moderado				Moderado	
		Alto				Alto	
		Muy alto				Muy alto	
7.3	Nivel de riesgo						
	Riesgo = Peligro x Vulnerabilidad			Nivel de riesgo			

**Tabla 23.** Ficha de evaluación física de la plataforma

Clasificación de los deterioros /fallas	Código de deterioro / falla	Deterioro / Falla	Gravedad (G)	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	Piel de cocodrilo	1: Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto	P= 0	0 < P < 40	40 ≤ P < 200	P= 200				
			2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto								
			3: Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto								
	2	Fisuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho ≤ 1 mm)	P= 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100				
			2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm)								
			3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.								
	3	Deformación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm	P= 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100				
			2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm								
			3: Profundidad > 4 cm								
	4	Ahuellamiento	1: Profundidad sensible al usuario pero ≤ 6 mm	P= 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100				
			2: Profundidad > 6 mm y ≤ 12 mm								
			3: Profundidad > 12 mm								
	5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales.	P= 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P= 50				
			2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado.								
			3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.								
CALZADA Deterioros o fallas superficiales	6	Peladura y desprendimiento	1: Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial).	P= 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P= 50				
			2: Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular.								
			3: Continuo con aparición de la base granular.								

Clasificación de los deterioros /fallas	Código de deterioro / falla	Deterioro / Falla	Gravedad (G)	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 %	4	10% ≤EFp≤ 30%		10	EFp> 30 %	10
	7	Baches (huecos)	1: Diámetro < 0.2 m	EFp= 0	0 <EFp< 4	4 ≤EFp≤ 10	EFp > 10				
			2: Diámetro entre 0.2 y 0.5 m	P= 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100				
			3: Diámetro > 0.5 m								
	8	Fisuras transversales	1: Fisuras Finas (ancho ≤1 mm)	P= 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P= 50				
			2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≥ 3 mm)								
			3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.								
	9	Exudación	1: Puntual	P= 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100				
			2: Continua								
			3: Continua con superficie viscosa								
BERMAS Pavimentadas y no pavimentadas	10	Daños puntuales	1: Daños puntuales baches o huecos, erosión	P= 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P= 50				
			2: Daños en menos del 30 % del área de bermas en la longitud evaluada								
			3: Deterioros en más del 30 % del área de bermas en la longitud evaluada								
	11	Desnivel calzada -berma	1: Desenivel leve < 15 mm	P= 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100				
			2: Desenivel moderado entre 15 y 50 mm								
			3: Desenivel severo > 50 mm								
				Suma puntaje de condición =							
				Calificación de condición (1000 - suma puntaje de condición) =							

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

**Tabla 24.** Ficha de evaluación de los factores de la sostenibilidad

Factores determinantes	Código	Descripción	Estado	Valoración	Escala de valoración				
					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	CE11								
1.1.1.2. Bermas	CE12								
1.1.2. Drenaje superficial	CE2								
1.1.2.1. Alcantarillas	CE21								
1.1.2.2. Cunetas	CE22								
1.1.2.3. Badenes	CE23								
1.1.2.4. Zanjas de drenaje y coronación	CE24								
1.1.3. Muros	CE3								
1.1.3.1. Muros de contención	CE31								
1.1.3.2. Muros de encauzamiento	CE32								
1.1.4. Puentes	CE4								
1.1.4.1. Encauzamiento	CE41								
1.1.4.2. Subestructura	CE42								
1.1.4.3. Superestructura	CE43								
1.1.4.4. Acceso a puente	CE44								
1.1.5. Taludes	CE5								
1.1.5.1. Taludes de corte	CE51								
1.1.5.2. Taludes de terraplenes	CE52								
1.2. Condiciones funcionales	OM2								
1.2.1. Plataforma	CF1								
1.2.1.1. Calzada	CF11								
1.2.1.2. Bermas	CF12								
1.2.2. Drenaje superficial	CF2								
1.2.2.1. Alcantarillas	CF21								
1.2.2.2. Cunetas	CF22								
1.2.2.3. Badenes	CF23								
1.2.2.4. Zanjas de drenaje y coronación	CF24								
1.2.3. Muros	CF3								
1.2.3.1. Muros de contención	CF31								
1.2.3.2. Muros de encauzamiento	CF32								
1.2.4. Puentes	CF4								
1.2.4.1. Encauzamiento	CF41								
1.2.4.2. Subestructura	CF42								
1.2.4.3. Superestructura	CF43								
1.2.4.4. Acceso a puente	CF44								
1.2.5. Taludes	CF5								
1.2.5.1. Taludes de corte	CF51								
1.2.5.2. Taludes de terraplenes	CF52								
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								

Factores determinantes	Código	Descripción	Estado	Valoración	Escala de valoración				
					1	2	3	4	5
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	FI1								
1.5.2. Antigüedad de la infraestructura	FI2								
1.6. Cantidad de los servicios producidos	OM6								
1.6.1. Volumen de tráfico ofertado	CT1								
1.6.2. Volumen de tráfico demandado	CT2								
1.7. Calidad de los servicios producidos	OM7								
1.7.1. Transitabilidad en la vía durante el periodo de operación y mantenimiento	CP1								
1.7.2. Transitabilidad en la vía proyectada al periodo de diseño	CP2								
2. Sostenibilidad financiera	SF								
2.1. Ingresos recaudados	SF1								
2.2. Presupuesto asignado para la operación y mantenimiento	SF2								
2.3. Presupuesto de inversión	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								

#### 4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

**Tabla 25.** Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

<b>Etapa</b>	<b>Descripción</b>	<b>Técnicas</b>
Procesamiento de información	Ponderación de criterios determinantes de sostenibilidad	- Técnica de jerarquización Método multicriterio – Proceso de Análisis jerárquico (PAJ)
	Describir variables	- Gráficos estadísticos - Porcentajes (%)
Análisis de información	Analizar la relación entre variables	- Coeficiente de determinación ( $R^2$ ) - $r$ de Pearson - Análisis de regresión - Gráficos de dispersión
	Analizar fiabilidad	- Alfa de Cronbach

#### 4.7. Equipos y materiales

##### 4.7.1. Equipos

Computadora, GPS, eclímetro, estación total, cámara fotográfica y wincha.

##### 4.7.2. Materiales

Papel Bond A4, Empastados, impresiones, folders, CDs, anillados y otros.

#### 4.8. Matriz de consistencia metodológica

**Tabla 26.** Matriz de consistencia metodológica

Titulo: Índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018										
Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables/ categorías	Dimensiones/ factores	Indicadores/cualidades	Fuente o instrumento de recolección de datos	Metodología	Población y muestra		
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿Cuál es el índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <p>¿Cuál es el nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018?</p> <p>¿Cómo influye el nivel de riesgo en el índice de sostenibilidad de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Determinar el índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>Estimar el nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota - 2018.</p> <p>Determinar los factores de sostenibilidad de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota - 2018.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>El índice de sostenibilidad disminuye significativamente con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018</p>	<p>Nivel de riesgo (R)</p>	<p>Peligro (P)</p>	<p>Erosión</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erosividad de lluvias</li> <li>- Aumento del nivel de la corriente de agua</li> <li>- Textura del suelo</li> <li>- Pendiente del cauce</li> <li>- Erosión en corriente de agua</li> <li>- Cobertura vegetal</li> <li>- Conservación de suelo</li> </ul>	<p>Registros históricos. Cartografía digital. Fotografías.</p>	<p>Finalidad: aplicada</p> <p>Estrategia o enfoque teórico metodológico: cualitativa</p> <p>Objetivos (alcances): descriptivos</p> <p>Fuente de datos: primaria, secundaria</p> <p>Diseño de investigación: transversal</p> <p>Control en el diseño de la prueba: no experimental</p>	<p>Población: carretera Chongoyape – Cochabamba</p> <p>Muestra: Cochabamba – Chota</p>		
					<p>Movimiento de masas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erosividad de lluvias</li> <li>- Pendiente del terreno</li> <li>- Erodabilidad del suelo</li> <li>- Topografía del terreno</li> <li>- Erosión por movimiento de masas</li> <li>- Velocidad de desplazamiento</li> <li>- Cobertura vegetal</li> <li>- Conservación de suelo</li> </ul>					
					<p>Inundación</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Intensidad de lluvias</li> <li>- Pendientes del terreno y de la vía</li> <li>- Topografía del terreno</li> <li>- Cercanía a corriente de agua</li> </ul>					
					<p>Vulnerabilidad (V)</p>					
					<p>Exposición</p>					
					<p>Fragilidad</p>					
				<p>Índice de sostenibilidad (S)</p>	<p>Operación y mantenimiento (OM)</p>				<p>Condiciones estructurales</p>	<p>Guías de revisión documental. Listas de chequeo. Cuestionarios. Entrevistas</p>
									<p>Condiciones funcionales</p>	
									<p>Condiciones de seguridad</p>	
									<p>Conservación vial</p>	
									<p>Características físicas</p>	
									<p>Cantidad de servicios producidos</p>	
<p>Capacidad técnica y gerencial del operador (CG)</p>	<p>Capacidad técnica y gerencial del operador (CG)</p>	<p>Calidad de servicios producidos</p>								
		<p>Capacidad gerencial del operador</p>								
		<p>Disponibilidad de información técnica</p>								
		<p>Disponibilidad de instrumentos y equipos</p>								
		<p>Capacidad técnica del operador</p>								

	Proponer una metodología que relacione el nivel de riesgo y el índice de sostenibilidad en carreteras.			Sostenibilidad financiera (SF)	Ingresos recaudados			
					Presupuesto asignado para OyM			
					Presupuesto de inversión			

**CAPÍTULO V**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**5.1. Presentación de resultados**

**5.1.1. Fiabilidad del instrumento aplicado**

El cuestionario estructurado fue aplicado a diez expertos con experiencia en temas relacionados a consultorías y ejecución de obras viales, los resultados dieron un conocimiento profundo de la importancia de cada uno de los factores que favorecen o afectan el funcionamiento de la carretera en estudio.

La validación del cuestionario aplicado mediante el coeficiente de alfa de Cronbach, dio resultados buenos en su mayoría. Se comprobó que el instrumento fue confiable y válido a la vez lo que indica que puede ser utilizado en cualquier investigación de este tipo.

**Tabla 27.** Fiabilidad del instrumento

<b>Descripción</b>	<b>Alfa de Cronbach</b>	<b>Confiabilidad</b>
Factores de sostenibilidad	0.92	Excelente
Parámetros del factor operación y mantenimiento	0.85	Bueno
Sub – parámetros de condiciones estructurales	0.88	Bueno
Descriptores de plataforma	0.85	Bueno
Descriptores de drenaje superficial	0.83	Bueno
Descriptores de muros	0.83	Bueno
Descriptores de puentes	0.88	Bueno
Descriptores de taludes	0.85	Bueno
Sub – parámetros de condiciones funcionales	0.83	Bueno
Descriptores de plataforma	0.87	Bueno
Descriptores de drenaje superficial	0.82	Bueno
Descriptores de muros	0.85	Bueno

<b>Descripción</b>	<b>Alfa de Cronbach</b>	<b>Confiabilidad</b>
Descriptores de puentes	0.88	Bueno
Descriptores de taludes	0.94	Excelente
Descriptores de condiciones de seguridad	0.87	Bueno
Descriptores de conservación vial	0.84	Bueno
Descriptores de características físicas	0.82	Bueno
Descriptores de cantidad servicios producidos	0.84	Bueno
Descriptores de calidad servicios producidos	0.83	Bueno
Descriptores de sostenibilidad financiera	0.92	Excelente
Descriptores de capacidad técnica y gerencial del operador	0.85	Bueno
Parámetros del factor riesgo	0.92	Excelente

### 5.1.2. Ponderación de los criterios determinantes de la sostenibilidad

La aplicación del método de proceso de análisis jerárquico (PAJ), dio como resultado los pesos de cada uno de los componentes de la sostenibilidad incluyendo al factor riesgo.

**Tabla 28.** Ponderación de los criterios de la sostenibilidad

<b>Criterios</b>	<b>Código</b>	<b>Pesos (PAJ)</b>	<b>Ponderación</b>
1. Operación y mantenimiento de la infraestructura	OM	1.000	0.539
1.1. Condiciones estructurales	OM1	0.350	0.189
1.1.1. Plataforma	CE1	0.369	0.070
1.1.1.1. Calzada	CE11	0.800	0.056
1.1.1.2. Bermas	CE12	0.200	0.014
1.1.2. Drenaje superficial	CE2	0.260	0.049
1.1.2.1. Alcantarillas	CE21	0.272	0.013
1.1.2.2. Cunetas	CE22	0.482	0.024
1.1.2.3. Badenes	CE23	0.088	0.004
1.1.2.4. Zanjas de drenaje y coronación	CE24	0.158	0.008
1.1.3. Muros	CE3	0.079	0.015
1.1.3.1. Muros de contención	CE31	0.750	0.011
1.1.3.2. Muros de encauzamiento	CE32	0.250	0.004
1.1.4. Puentes	CE4	0.117	0.022

<b>Criterios</b>	<b>Código</b>	<b>Pesos (PAJ)</b>	<b>Ponderación</b>
1.1.4.1. Encauzamiento	CE41	0.158	0.003
1.1.4.2. Subestructura	CE42	0.482	0.011
1.1.4.3. Superestructura	CE43	0.272	0.006
1.1.4.4. Acceso a puente	CE44	0.088	0.002
1.1.5. Taludes	CE5	0.175	0.033
1.1.5.1. Taludes de corte	CE51	0.750	0.025
1.1.5.2. Taludes de terraplenes	CE52	0.250	0.008
1.2. Condiciones funcionales	OM2	0.237	0.128
1.2.1. Plataforma	CF1	0.237	0.030
1.2.1.1. Calzada	CF11	0.750	0.023
1.2.1.2. Bermas	CF12	0.250	0.008
1.2.2. Drenaje superficial	CF2	0.328	0.042
1.2.2.1. Alcantarillas	CF21	0.272	0.011
1.2.2.2. Cunetas	CF22	0.482	0.020
1.2.2.3. Badenes	CF23	0.088	0.004
1.2.2.4. Zanjas de drenaje y coronación	CF24	0.158	0.007
1.2.3. Muros	CF3	0.105	0.013
1.2.3.1. Muros de contención	CF31	0.750	0.010
1.2.3.2. Muros de encauzamiento	CF32	0.250	0.003
1.2.4. Puentes	CF4	0.143	0.018
1.2.4.1. Encauzamiento	CF41	0.158	0.003
1.2.4.2. Subestructura	CF42	0.482	0.009
1.2.4.3. Superestructura	CF43	0.272	0.005
1.2.4.4. Acceso a puente	CF44	0.088	0.002
1.2.5. Taludes	CF5	0.187	0.024
1.2.5.1. Taludes de corte	CF51	0.667	0.016
1.2.5.2. Taludes de terraplenes	CF52	0.333	0.008
1.3. Condiciones de seguridad	OM3	0.032	0.017
1.3.1. Señalización horizontal	CS1	0.265	0.005
1.3.2. Señalización vertical	CS2	0.435	0.007
1.3.3. Visibilidad	CS3	0.154	0.003
1.3.4. Puntos negros	CS4	0.090	0.002
1.3.5. Accidentes	CS5	0.055	0.001
1.4. Conservación vial	OM4	0.159	0.086
1.4.1. Mantenimiento rutinario	CV1	0.265	0.023
1.4.2. Mantenimiento periódico	CV2	0.055	0.005
1.4.3. Mantenimiento de emergencia	CV3	0.154	0.013
1.4.4. Mantenimiento preventivo	CV4	0.435	0.037
1.4.5. Mantenimiento mecanizado	CV5	0.090	0.008
1.5. Características físicas	OM5	0.106	0.057
1.5.1. Tipo de material	FI1	0.667	0.038
1.5.2. Antigüedad de la infraestructura	FI2	0.333	0.019
1.6. Cantidad de los servicios producidos	OM6	0.046	0.025
1.6.1. Volumen de tráfico ofertado	CT1	0.750	0.019
1.6.2. Volumen de tráfico demandado	CT2	0.250	0.006
1.7. Calidad de los servicios producidos	OM7	0.070	0.038

Criterios	Código	Pesos (PAJ)	Ponderación
1.7.1. Transitabilidad en la vía durante el periodo de operación y mantenimiento	CP1	0.750	0.028
1.7.2. Transitabilidad en la vía proyectada al periodo de diseño	CP2	0.250	0.009
2. Sostenibilidad financiera	SF	1.000	0.30
2.1. Ingresos recaudados	SF1	0.143	0.042
2.2. Presupuesto asignado para la operación y mantenimiento	SF2	0.571	0.170
2.3. Presupuesto de inversión	SF3	0.286	0.085
3. Capacidad técnica y gerencial del operador	CG	1.000	0.16
3.1. Capacidad gerencial del operador	CG1	0.158	0.026
3.2. Disponibilidad de información técnica relacionada a la infraestructura	CG2	0.088	0.014
3.3. Disponibilidad de instrumentos y equipos requeridos para la operación y mantenimiento	CG3	0.272	0.045
3.4. Capacidad técnica y administrativa del operador	CG4	0.482	0.079
4. Riesgo	R	1.000	1.000
4.1. Riesgo de la infraestructura vial por erosión	R1	0.286	0.286
4.2. Riesgo de la infraestructura vial por movimiento de masas	R2	0.571	0.571
4.3. Riesgo de la infraestructura vial por inundación	R3	0.143	0.143

De los pesos ponderados utilizando el método muticriterio, la ecuación del índice de sostenibilidad sin incorporar el riesgo queda expresado de la siguiente manera:

$$SSR = 0.539 \times OM + 0.297 \times SF + 0.164 \times CG \quad \dots (24)$$

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 son:

a=0.539

b=0.297

c=0.164

Al aproximar los coeficientes, la ecuación anterior queda expresada como:

$$SSR = \frac{5xOM + 3xSF + 2xCG}{10} \quad \dots (25)$$

Los factores de sostenibilidad considerados tradicionalmente como operación y mantenimiento de la infraestructura, sostenibilidad financiera, capacidad técnica y gerencial del operador, desarrollado el proceso de análisis jerárquico (PAJ), resulta en la ecuación (25), las combinaciones que explican la relación directa entre ellos está mostrada en la siguiente matriz simplificada.

**Tabla 29.** Matriz simplificada del índice de sostenibilidad sin riesgo

		Capacidad técnica y gerencial del operador								
		Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta				
		1	2	3	4	5				
Operación y mantenimiento	Muy alta	5	4.20	4.40	4.60	4.80	5.00	5	Sostenibilidad financiera	
	Alta	4	3.40	3.60	3.80	4.00	4.20	4		
	Media	3	2.60	2.80	3.00	3.20	3.40	3		
	Baja	2	1.80	2.00	2.20	2.40	2.60	2		
	Muy baja	1	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	1		

De la matriz simplificada, la interpretación de los resultados de acuerdo a la escala de valoración del índice de sostenibilidad sin incorporación del nivel de riesgo se establecieron los rangos.

**Tabla 30.** Escala de valoración del índice de sostenibilidad sin riesgo

Resultado	Interpretación	Índice de sostenibilidad sin riesgo			Escala cromática
Muy bueno	Infraestructura sostenible	4.80	$< \underline{\text{SsR}} \leq$	5.00	
Bueno	Infraestructura en leve proceso de deterioro	3.80	$< \underline{\text{SsR}} \leq$	4.80	
Regular	Infraestructura en moderado proceso de deterioro	2.80	$< \underline{\text{SsR}} \leq$	3.80	
Malo	Infraestructura en grave proceso de deterioro	1.80	$< \underline{\text{SsR}} \leq$	2.80	
Muy malo	Infraestructura totalmente deteriorada o colapsada	1.00	$\leq \underline{\text{SsR}} \leq$	1.80	

Los resultados globales de cada factor que explican el índice de sostenibilidad sin la incorporación del nivel de riesgo (SsR), tomados por cada tramo en diversos periodos, en los meses de marzo y julio del 2018 calificaron como una infraestructura en moderado proceso de deterioro, en los meses de noviembre 2018; marzo, julio y noviembre del 2019 como infraestructura en grave proceso de deterioro.

La infraestructura va perdiendo sostenibilidad en el tiempo por agentes que influyen directamente en su deterioro como es la lluvia, de acuerdo a los resultados de la evaluación realizada, fue disminuyendo su valor desde marzo del 2018 hasta noviembre del 2019.

La infraestructura vial Cochabamba – Chota, carece de mantenimiento preventivo en toda su longitud, los servicios realizados durante los dos años evaluados fueron en lugares específicos de frecuente emergencia. Los recursos financieros asignados son limitados para la conservación vial, no existe peaje, las empresas prestadoras de servicios no tuvieron la logística adecuada y los trabajos realizados deficientes.

Las condiciones estructurales y funcionales de la carretera se encontraron en muchos tramos deteriorados producto de los fuertes deslizamientos sobre la plataforma, el fuerte impacto malogró el pavimento y en algunos casos lo destruyó.

**Tabla 31.** Resultado de los factores de la sostenibilidad sin riesgo

<b>N°</b>	<b>Mes evaluado</b>	<b>OM</b>	<b>SF</b>	<b>CG</b>	<b>SsR</b>
1	Marzo 2018	3.092	2.580	3.186	2.957
2	Julio 2018	3.040	2.429	3.045	2.858
3	Noviembre 2018	2.990	2.350	2.860	2.772
4	Marzo 2019	2.956	2.273	2.788	2.718
5	Julio 2019	2.910	2.264	2.658	2.666
6	Noviembre 2019	2.822	2.281	2.685	2.632

### **5.1.3. Análisis de riesgos e índice de sostenibilidad**

Para determinar la influencia del nivel de riesgo en el índice de sostenibilidad se tomó datos de campo entre los años 2018 y 2019.

El nivel de riesgo fue determinado de acuerdo a tres tipos de peligros de origen hidrometeorológico (erosión e inundación) y geodinámica externa (movimiento de masas) mediante factores condicionantes y desencadenantes. La vulnerabilidad fue analizada en cuatro dimensiones: física, social, económica y ambiental desde los parámetros exposición, fragilidad y resiliencia.

La materialización del riesgo se dio exclusivamente cuando el factor desencadenante del peligro (lluvia y pendiente) accionó. La saturación extrema del suelo dio como resultado los deslizamientos y erosiones.

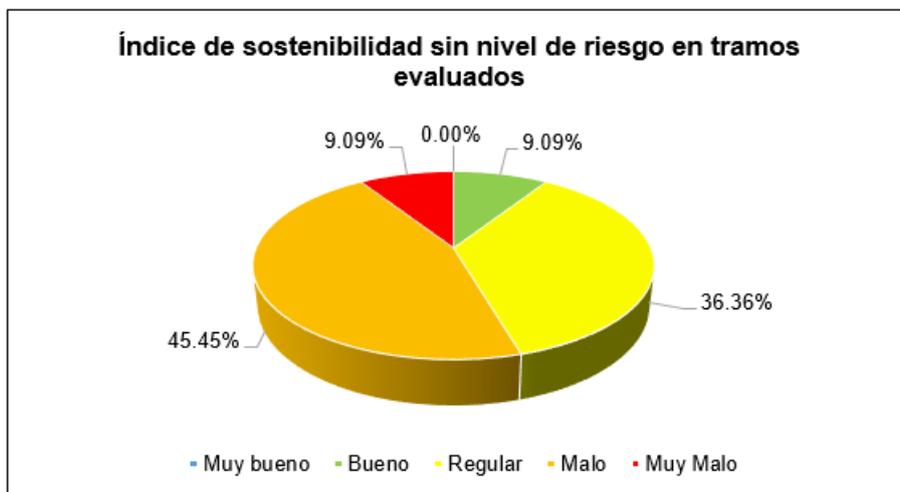
Los tramos con nivel de riesgo muy alto se ubicaron entre los kilómetros 4+280 al 4+870 y 21+600 al 22+735, el estado de la infraestructura fue encontrado muy deteriorado, sin capa de rodadura debido a los deslizamientos de gran magnitud ocurridos en épocas de lluvia.

Existe un nivel de riesgo muy alto en 12.12% de los tramos evaluados correspondientes al 5, 11, 22 y 24. La mayor cantidad de tramos tienen un nivel de riesgo entre moderado y alto (81.82%). Los tramos 32 y 33 tienen un nivel de riesgo bajo (6.06%), estos tramos se ubican próximos a la ciudad de Chota.



**Figura 11.** Nivel de riesgo de los tramos evaluados

De los 33 tramos evaluados, el 9.09%, el índice de sostenibilidad fue muy malo, la infraestructura está totalmente deteriorada. El 9.09% el índice de sostenibilidad fue bueno y el 81.81% fue entre regular a malo.



**Figura 12.** Índice de sostenibilidad sin riesgo

**Tabla 32.** Resultados de los factores del índice de sostenibilidad

N°	Tramos evaluados					OM	SF	CG	Nivel de riesgo R = PxV
	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Longitud (m)	Superficie de rodadura	Ubicación				
1	0+000	1+000	1,000.00	Afirmado, concreto	Cochabamba	2.312	2.000	1.756	0.124
2	1+000	2+000	1,000.00	Afirmado, asfalto	Cochabamba	2.549	2.118	2.543	0.131
3	2+000	3+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	3.397	2.832	3.311	0.072
4	3+000	4+000	1,000.00	Asfalto, bicapa	Cochabamba	2.837	2.549	3.000	0.126
5	4+000	5+000	1,000.00	Afirmado, bicapa	Cochabamba	2.026	1.286	1.085	0.349
6	5+000	6+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	3.460	2.667	3.195	0.086
7	6+000	7+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	3.035	2.000	2.811	0.170
8	7+000	8+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	3.007	2.428	2.951	0.166
9	8+000	9+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	2.991	2.000	3.421	0.178
10	9+000	10+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	2.662	2.310	2.537	0.209
11	10+000	11+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	2.241	1.572	1.573	0.284
12	11+000	12+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	3.219	2.000	2.811	0.136
13	12+000	13+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	3.230	2.572	3.085	0.124
14	13+000	14+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	2.382	2.192	1.659	0.254
15	14+000	15+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	2.967	2.239	3.122	0.154
16	15+000	16+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	3.445	2.714	3.683	0.082
17	16+000	17+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	2.490	1.855	2.457	0.182
18	17+000	18+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	3.147	2.714	2.671	0.118

N°	Tramos evaluados					OM	SF	CG	Nivel de riesgo R = PxV
	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Longitud (m)	Superficie de rodadura	Ubicación				
19	18+000	19+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba, Lajas	2.664	2.714	2.250	0.119
20	19+000	20+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	3.286	2.714	3.726	0.104
21	20+000	21+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	2.486	1.714	2.000	0.235
22	21+000	22+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	1.885	1.572	1.085	0.299
23	22+000	23+000	1,000.00	Afirmado, concreto	Lajas	1.482	1.000	1.000	0.328
24	23+000	24+000	1,000.00	Concreto, asfalto	Lajas	2.583	1.714	2.274	0.107
25	24+000	25+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	3.341	2.859	3.561	0.054
26	25+000	26+000	1,000.00	Asfalto, afirmado, bicapa	Lajas	3.115	2.118	2.250	0.118
27	26+000	27+000	1,000.00	Bicapa, asfalto	Lajas	3.213	2.761	3.268	0.071
28	27+000	28+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	3.510	2.572	4.012	0.066
29	28+000	29+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	3.625	2.929	4.012	0.070
30	29+000	30+000	1,000.00	Asfalto	Lajas, Chota	3.698	2.808	4.195	0.057
31	30+000	31+000	1,000.00	Asfalto	Chota	3.800	3.475	4.360	0.054
32	31+000	32+000	1,000.00	Asfalto	Chota	3.972	3.475	4.604	0.044
33	32+000	32+610	610.00	Asfalto	Chota	3.881	3.475	4.500	0.048
Promedio						2.968	2.362	2.872	0.143

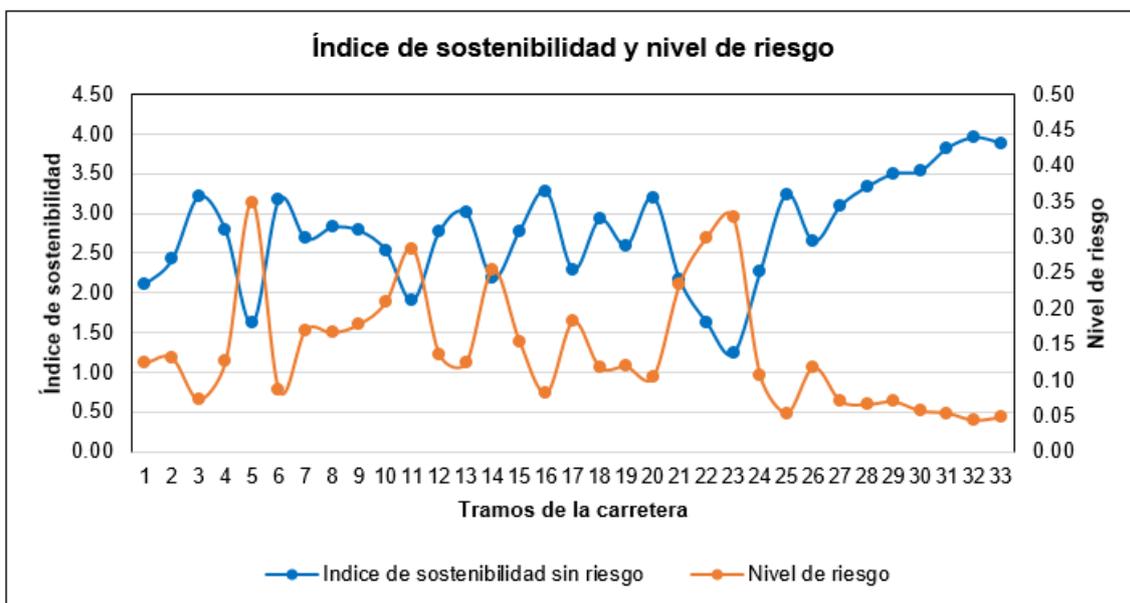
## 5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

### 5.2.1. Nivel de riesgo e índice de sostenibilidad

La carretera tiene una longitud de 32,610 metros, evaluada en 33 tramos de un kilómetro de longitud cada uno, lo que permitió relacionar numéricamente las variables nivel de riesgo e índice de sostenibilidad las cuales fueron definidas por un coeficiente de determinación mayor a 0.70, el cual indicó la existencia de una fuerte correlación entre ambas variables y son significativas para realizar el análisis.

El nivel de riesgo se relaciona de manera inversa con el índice de sostenibilidad, a mayor nivel de riesgo corresponde un índice de sostenibilidad muy malo y a menor nivel de riesgo corresponde un índice de sostenibilidad bueno.

De los 33 tramos evaluados, cuatro tramos (5,11,22 y 23) resultaron con un nivel de riesgo alto a los cuales correspondía un índice de sostenibilidad muy malo. Asimismo, en los tramos determinados con un nivel de riesgo bajo (32 y 33), el índice de sostenibilidad fue bueno.



**Figura 13.** Índice de sostenibilidad y el nivel de riesgo

En los tramos donde se encontraron taludes inestables, pendiente de terreno pronunciada, suelos cohesivos y cercanía a corrientes de agua las condiciones de servicio en la vía eran deficientes y en la plataforma había diversas fallas estructurales.

El gráfico anterior muestra todos los tramos evaluados, el resultado del nivel de riesgo determinado se relaciona de manera inversa con el índice de sostenibilidad. Se observó que el nivel de riesgo y el índice de sostenibilidad en ninguno de los tramos fue nulo. Las curvas se alejan una de la otra cuando el nivel de riesgo tiende a ser bajo. Cuando el riesgo tiende a ser alto, el índice de sostenibilidad tiende a disminuir bruscamente.

### 5.2.2. Análisis de dispersión y regresión entre variables

Del análisis de dispersión y regresión realizada entre los factores de operación y mantenimiento de la infraestructura, y el nivel de riesgo resultó un coeficiente de determinación  $R^2$  igual a 0.7772, lo que indica que los datos son significativos y el modelo replica los resultados coherentemente. Además, el  $r$  de Pearson es igual a -0.8816 lo que muestra que existe relación negativa alta entre las variables. El factor operación y mantenimiento de la infraestructura tiene una relación inversa con el nivel de riesgo.

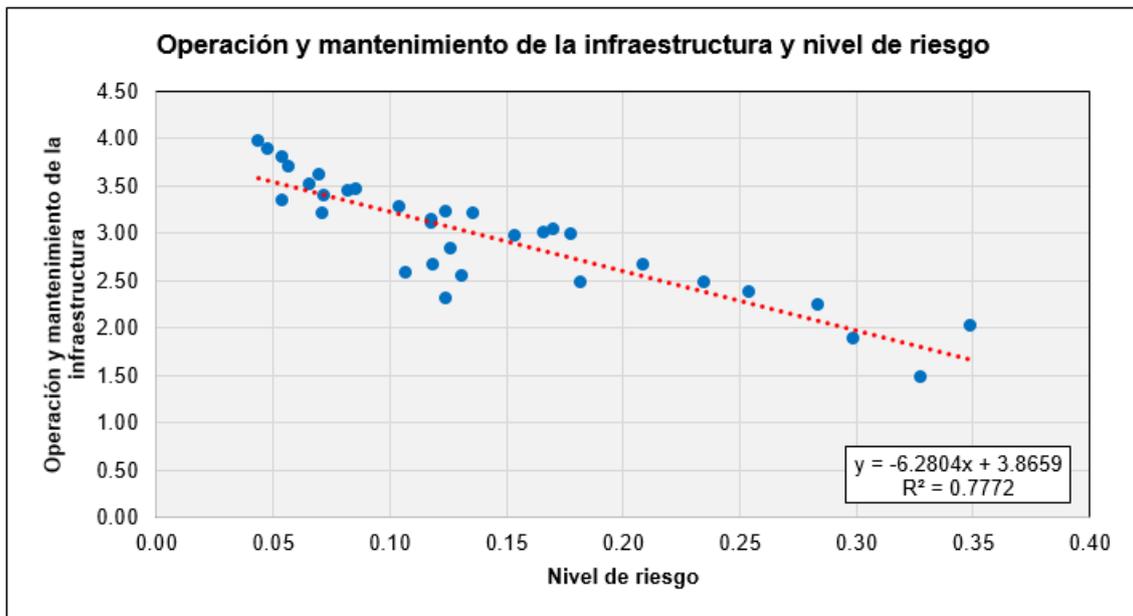
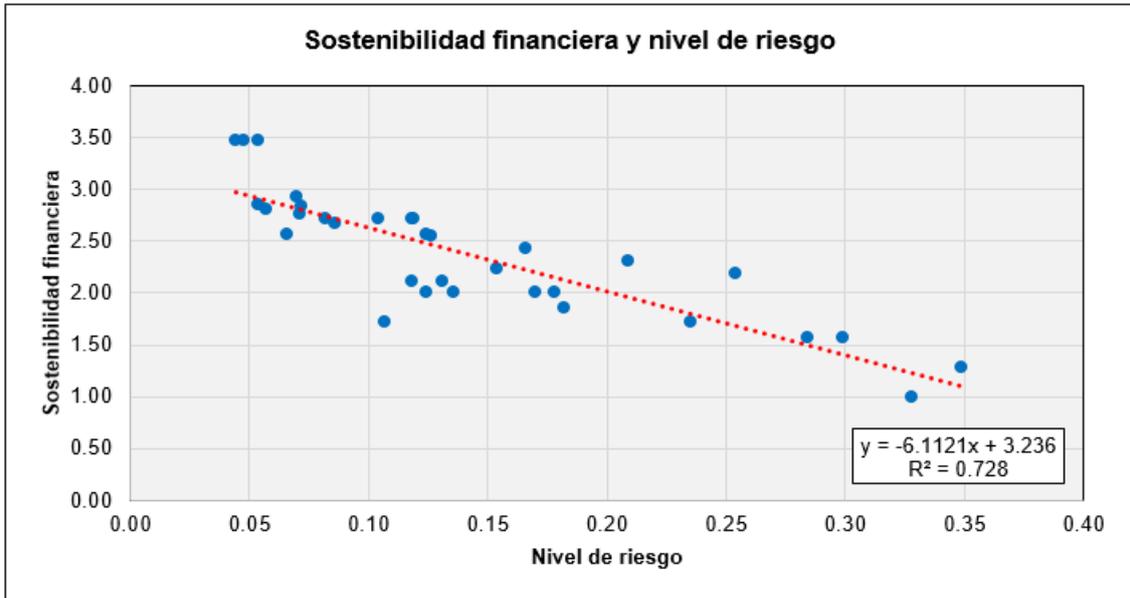
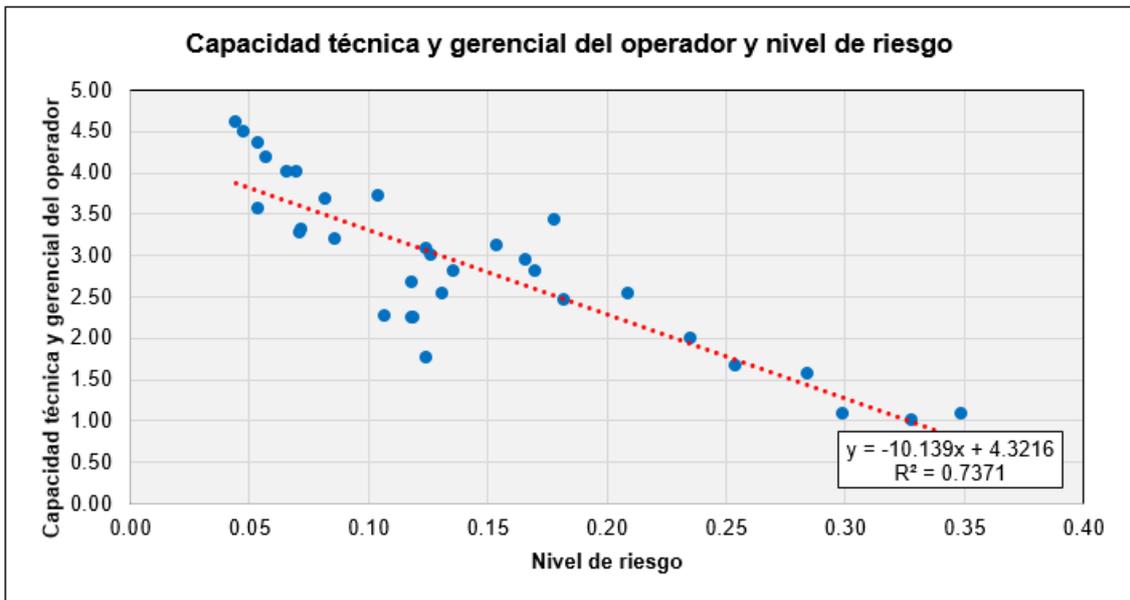


Figura 14. Operación y mantenimiento y nivel de riesgo



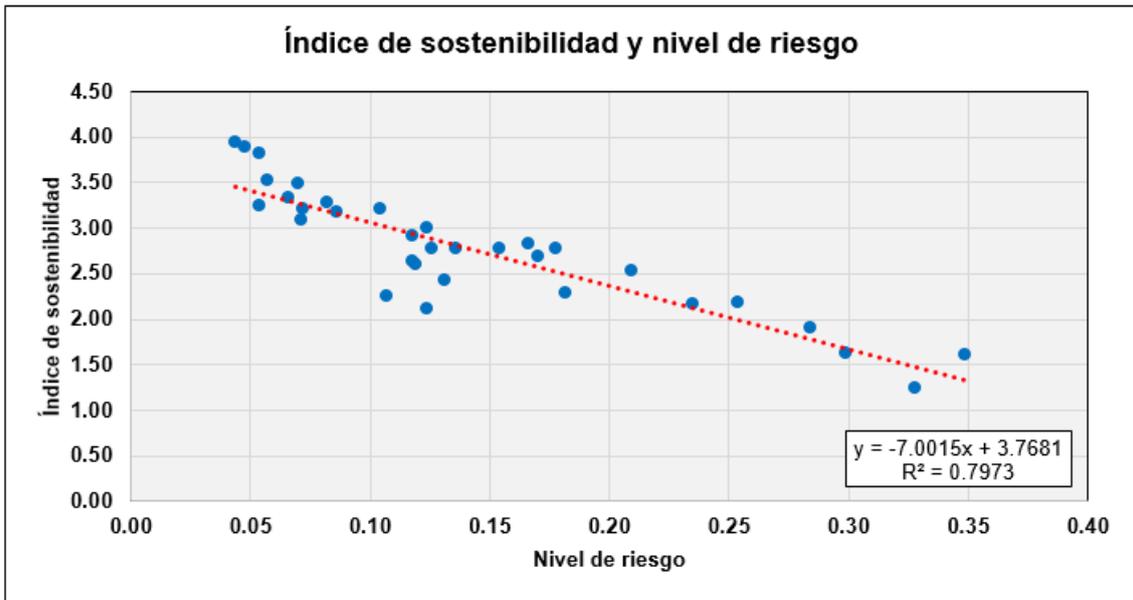
**Figura 15.** Sostenibilidad financiera y nivel de riesgo

Del gráfico anterior el coeficiente de determinación  $R^2$  es igual a 0.7280, lo que indica que los resultados son significativos. Además, el  $r$  de Pearson es igual a -0.8532 lo que muestra la existencia de una relación negativa alta entre las variables. El factor sostenibilidad financiera tiene una relación inversa con el nivel de riesgo.



**Figura 16.** Capacidad del operador y nivel de riesgo

Del gráfico anterior el coeficiente de determinación  $R^2$  es igual 0.7371, lo que indica que los resultados son significativos. El  $r$  de Pearson es igual a - 0.8586 lo que evidencia una relación negativa alta entre las variables. El factor capacidad técnica y gerencial del operador tiene una relación inversa con el nivel de riesgo.



**Figura 17.** Dispersión y regresión del factor nivel de riesgo

Del gráfico anterior el coeficiente de determinación  $R^2$  es igual a 0.7973, lo que indica que los resultados son significativos. El  $r$  de Pearson es igual a - 0.8929 lo que muestra que existe relación negativa alta entre las variables. El nivel de riesgo tiene una relación inversa con el índice de sostenibilidad.

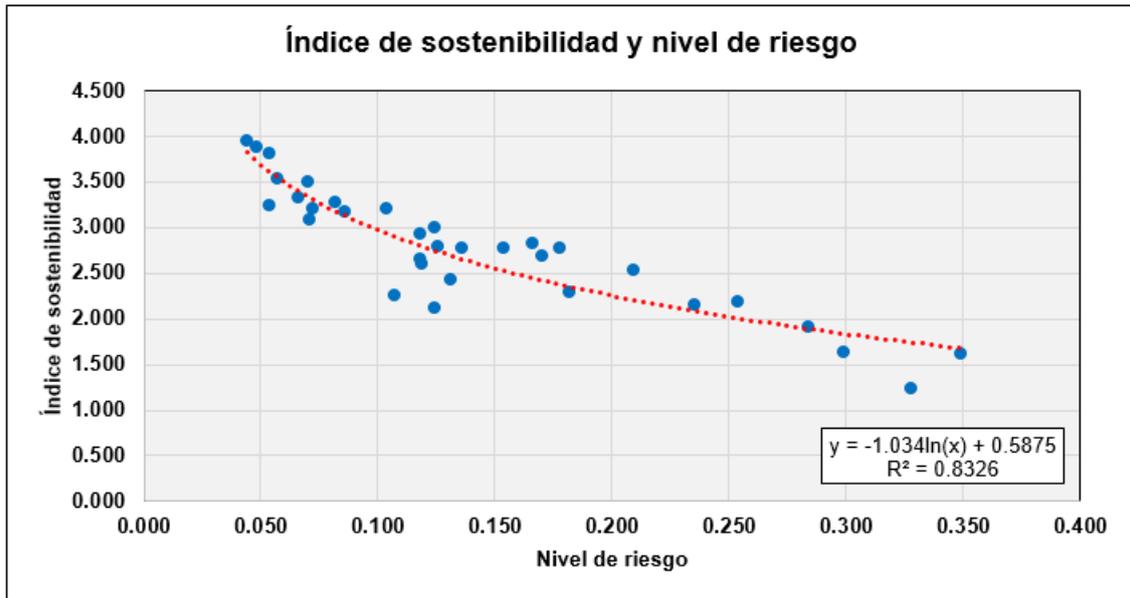
Los factores de operación y mantenimiento de infraestructura, sostenibilidad financiera, capacidad técnica y gerencial del operador se relaciona de forma inversa con el nivel de riesgo. Por ejemplo, en los tramos que existen taludes inestables, el índice de condición de pavimento fue muy malo, existencia de diversas fallas en la estructura a consecuencia de la caída continua de deslizamientos.

El nivel de riesgo afecta negativamente a la sostenibilidad de la infraestructura vial del tramo Cochabamba – Chota, aquí la importancia de controlar y gestionar el riesgo, con el fin de asegurar la inversión durante la vida útil del proyecto.

Según el análisis de dispersión y regresión realizado se concluye que el nivel de riesgo se relaciona de manera inversa con el índice de sostenibilidad.

### 5.2.3. Correlación del nivel de riesgo e índice de sostenibilidad

Considerando que el riesgo nunca es cero, entonces se debe ajustar a una curva logarítmica, como se muestra en el siguiente gráfico.



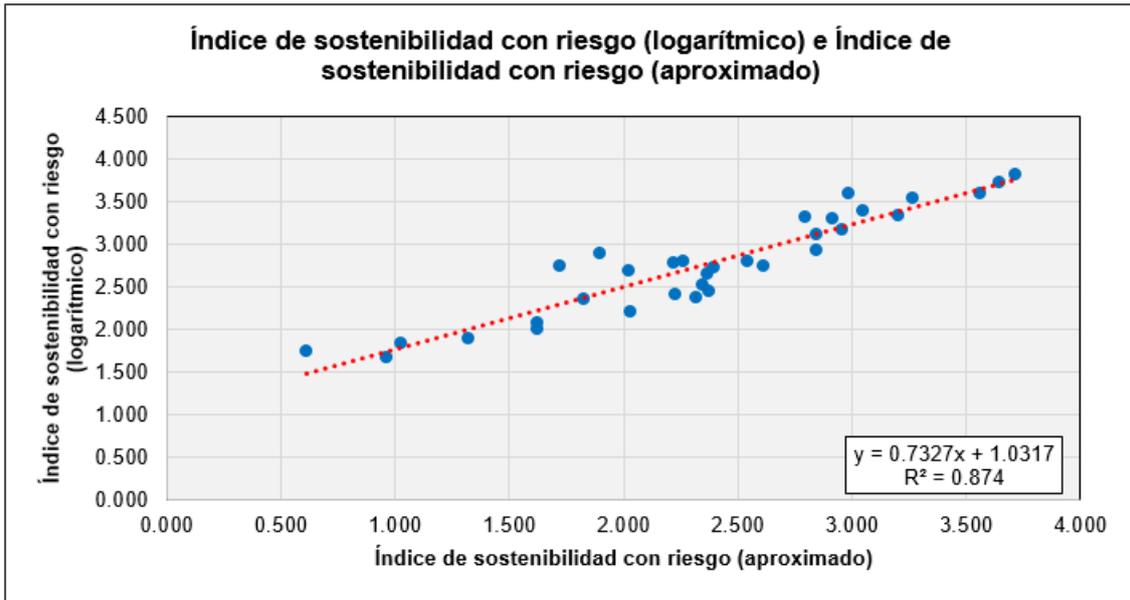
**Figura 18.** Ajuste de las variables índice de sostenibilidad y nivel de riesgo

El coeficiente de determinación es bueno  $R^2$  es igual a 0.8326 lo que indica que los datos están relacionados y son significativos. La ecuación que rige el comportamiento de las variables nivel de riesgo (x) e índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo (y) es:

$$y = -1.034\ln(x) + 0.5875 \quad \dots (26)$$

**Tabla 33.** Cuadro comparativo del análisis del índice de sostenibilidad

Tramo	Nivel de riesgo R	Índice de sostenibilidad con nivel de riesgo (aproximado)	Índice de sostenibilidad con nivel de riesgo (logarítmico)
		$ScR = \frac{5OM+3SF+2CG - 11\sqrt{R}}{10}$	$ScR = -1.034\ln(R) + 0.5875$
1	0.124	1.720	2.746
2	0.131	2.020	2.689
3	0.072	2.915	3.308
4	0.126	2.393	2.729
5	0.349	0.966	1.676
6	0.086	2.846	3.124
7	0.170	2.226	2.420
8	0.166	2.374	2.444
9	0.178	2.315	2.372
10	0.209	2.029	2.206
11	0.284	1.321	1.889
12	0.136	2.366	2.650
13	0.124	2.616	2.746
14	0.254	1.626	2.005
15	0.154	2.348	2.522
16	0.082	2.958	3.174
17	0.182	1.824	2.349
18	0.118	2.544	2.797
19	0.119	2.217	2.789
20	0.104	2.847	2.928
21	0.235	1.624	2.085
22	0.299	1.030	1.836
23	0.328	0.611	1.740
24	0.107	1.900	2.898
25	0.054	2.985	3.606
26	0.118	2.265	2.797
27	0.071	2.796	3.323
28	0.066	3.047	3.398
29	0.070	3.203	3.337
30	0.057	3.268	3.550
31	0.054	3.559	3.606
32	0.044	3.719	3.817
33	0.048	3.642	3.727



**Figura 19.** Dispersión y regresión del índice de sostenibilidad

El coeficiente de ajuste entre el índice de sostenibilidad con riesgo logarítmico y índice de sostenibilidad con riesgo aproximado  $R^2$  es igual a 0.8740, lo que indica que los datos están muy relacionados como se observa en la gráfica anterior.

El índice de sostenibilidad con riesgo (logarítmico) está determinado por la ecuación 26, que en términos de nivel de riesgo (R) y sostenibilidad (ScR) queda expresado de la siguiente manera:

$$\text{ScR} = -1.034\ln(R) + 0.5875 \quad \dots (27)$$

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

$$\text{ScR} = \frac{5\text{OM} + 3\text{SF} + 2\text{CG} - 11\sqrt{R}}{10} \quad \dots (28)$$

$$\text{OM} > 0; \text{OM} = [1,5]$$

$$\text{SF} > 0; \text{SF} = [1,5]$$

$$\text{CG} > 0; \text{CG} = [1,5]$$

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

$$\text{ScR} > 0; \text{ScR} = [0.067, 4.922]$$

### 5.2.4. Planteamiento del método compuesto

El cuadro siguiente muestra la variabilidad de los índices de sostenibilidad de acuerdo a los factores determinantes de operación y mantenimiento de la infraestructura (OM), capacidad técnica y gerencial del operador (CG), sostenibilidad financiera (SF) y nivel de riesgo (R).

**Tabla 34.** Matriz simplificada - método compuesto

		Capacidad técnica y gerencial del operador								
		Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta				
		1	2	3	4	5				
Operación y mantenimiento	Muy alta	5	3.267	3.818	4.252	4.609	4.922	5	Muy alta	
	Alta	4	2.467	3.018	3.452	3.809	4.122	4	Alta	
	Media	3	1.667	2.218	2.652	3.009	3.322	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	
			0.720	0.280	0.100	0.030	0.005			
			Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo			
			Riesgo							

El índice de sostenibilidad es afectado con mayor incidencia, cuando el nivel de riesgo al que está expuesto la infraestructura está entre los rangos de alto a muy alto.

**Tabla 35.** Escala de valoración – método compuesto

Resultado	Interpretación	Índice de sostenibilidad con nivel de riesgo			Escala cromática
Muy bueno	Infraestructura sostenible	4.800	< SsR ≤	4.922	
Bueno	Infraestructura en leve proceso de deterioro	3.800	< SsR ≤	4.800	
Regular	Infraestructura en moderado proceso de deterioro	2.800	< SsR ≤	3.800	
Malo	Infraestructura en grave proceso de deterioro	1.800	< SsR ≤	2.800	
Muy malo	Infraestructura totalmente deteriorada o colapsada	0.067	≤ SsR ≤	1.800	

La tabla anterior es la interpretación de los resultados obtenidos del índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo. Los límites superiores fueron determinados en base a la matriz simplificada y el límite interior se conserva de los rangos del índice de sostenibilidad sin incorporación del nivel de riesgo puesto que es el mayor número entre ambos.

El método compuesto desarrollado en esta investigación, de acuerdo a los resultados numéricos, se selecciona las medidas de reducción de riesgos y tipo de conservación vial con el fin de recuperar los niveles de servicio adecuados.

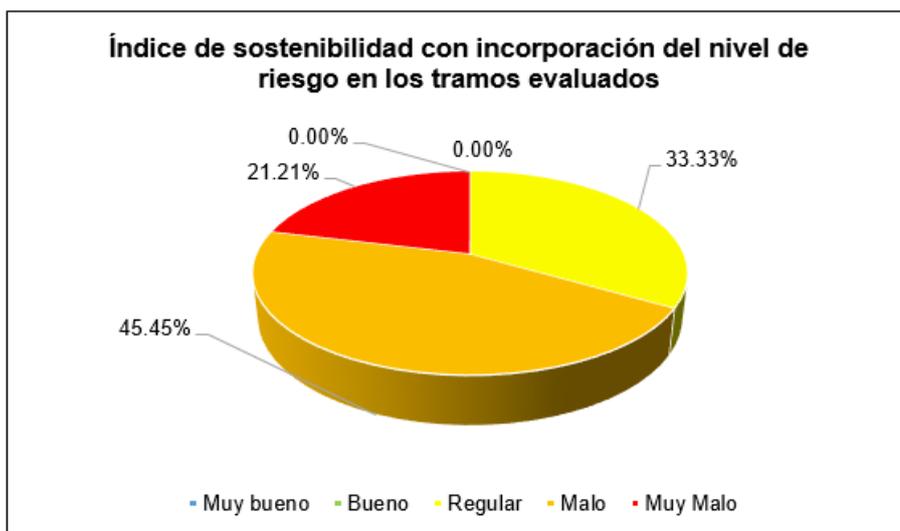
**Tabla 36.** Interpretación del índice de sostenibilidad – método compuesto

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

**Tabla 37.** Resultados del índice de sostenibilidad sin y con riesgo

N°	Tramos evaluados					Índice de sostenibilidad sin incorporación del nivel de riesgo		Nivel de riesgo (R)	Índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo			
	Progresiva		Longitud (m)	Superficie de rodadura	Ubicación	SsR			ScR			
	Inicial	Final				ScR= $\frac{50M+3SF+2CG}{10}$	Calidad		ScR= $\frac{50M+3SF+2CG-11vR}{10}$	Calidad	Calidad	
1	0+000	1+000	1,000.00	Afirmado, concreto	Cochabamba	2.107	Malo	0.124	Moderado	1.720	Muy malo	
2	1+000	2+000	1,000.00	Afirmado, asfalto	Cochabamba	2.418	Malo	0.131	Moderado	2.020	Malo	
3	2+000	3+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	3.210	Regular	0.072	Moderado	2.915	Regular	
4	3+000	4+000	1,000.00	Asfalto, bicapa	Cochabamba	2.783	Malo	0.126	Moderado	2.393	Malo	
5	4+000	5+000	1,000.00	Afirmado, bicapa	Cochabamba	1.616	Muy malo	0.349	Muy Alto	0.966	Muy malo	
6	5+000	6+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	3.169	Regular	0.086	Moderado	2.846	Regular	
7	6+000	7+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	2.680	Malo	0.170	Alto	2.226	Malo	
8	7+000	8+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	2.822	Regular	0.166	Alto	2.374	Malo	
9	8+000	9+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	2.780	Malo	0.178	Alto	2.315	Malo	
10	9+000	10+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	2.531	Malo	0.209	Alto	2.029	Malo	
11	10+000	11+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.907	Malo	0.284	Muy Alto	1.321	Muy malo	
12	11+000	12+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	2.772	Malo	0.136	Moderado	2.366	Malo	
13	12+000	13+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	3.004	Regular	0.124	Moderado	2.616	Malo	
14	13+000	14+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	2.180	Malo	0.254	Alto	1.626	Muy malo	
15	14+000	15+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	2.779	Malo	0.154	Alto	2.348	Malo	
16	15+000	16+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	3.273	Regular	0.082	Moderado	2.958	Regular	
17	16+000	17+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	2.293	Malo	0.182	Alto	1.824	Malo	
18	17+000	18+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	2.922	Regular	0.118	Moderado	2.544	Malo	
19	18+000	19+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba, Lajas	2.596	Malo	0.119	Moderado	2.217	Malo	

N°	Tramos evaluados					Índice de sostenibilidad sin incorporación del nivel de riesgo		Nivel de riesgo (R)	Índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo		
	Progresiva		Longitud (m)	Superficie de rodadura	Ubicación	SsR			ScR		
	Inicial	Final				ScR= $\frac{50M+3SF+2CG}{10}$			ScR= $\frac{50M+3SF+2CG-11\sqrt{R}}{10}$		
20	19+000	20+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	3.202	Regular	0.104	Moderado	2.847	Regular
21	20+000	21+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	2.157	Malo	0.235	Alto	1.624	Muy malo
22	21+000	22+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	1.631	Muy malo	0.299	Muy Alto	1.030	Muy malo
23	22+000	23+000	1,000.00	Afirmado, concreto	Lajas	1.241	Muy malo	0.328	Muy Alto	0.611	Muy malo
24	23+000	24+000	1,000.00	Concreto, asfalto	Lajas	2.260	Malo	0.107	Moderado	1.900	Malo
25	24+000	25+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	3.240	Regular	0.054	Moderado	2.985	Regular
26	25+000	26+000	1,000.00	Asfalto, afirmado, bicapa	Lajas	2.643	Malo	0.118	Moderado	2.265	Malo
27	26+000	27+000	1,000.00	Bicapa, asfalto	Lajas	3.089	Regular	0.071	Moderado	2.796	Malo
28	27+000	28+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	3.329	Regular	0.066	Moderado	3.047	Regular
29	28+000	29+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	3.494	Regular	0.070	Moderado	3.203	Regular
30	29+000	30+000	1,000.00	Asfalto	Lajas, Chota	3.530	Regular	0.057	Moderado	3.268	Regular
31	30+000	31+000	1,000.00	Asfalto	Chota	3.814	Bueno	0.054	Moderado	3.559	Regular
32	31+000	32+000	1,000.00	Asfalto	Chota	3.949	Bueno	0.044	Bajo	3.719	Regular
33	32+000	32+610	610.00	Asfalto	Chota	3.883	Bueno	0.048	Bajo	3.642	Regular
Promedio						2.767		0.143		2.367	



**Figura 20.** Índice de sostenibilidad con riesgo

La figura 20, muestra la afectación que tiene el índice de sostenibilidad de acuerdo al nivel de riesgo que está expuesta la infraestructura.

El índice de sostenibilidad global de la carretera evaluada, a enero del año 2020, fue calculado con los promedios de los resultados numéricos de los años 2018 y 2019:

Operación y mantenimiento de la infraestructura (OM): 2.968

Sostenibilidad financiera (SF): 2.362

Capacidad técnica y gerencial del operador (CG): 2.872

Nivel de riesgo (R): 0.143

Reemplazando en la expresión determinada en la investigación (ecuación 28), se obtuvo un índice de sostenibilidad global con incorporación del nivel de riesgo al año 2019 de  $ScR=2.351$ ; dicho resultado significa que la infraestructura se encuentra en grave proceso de deterioro.

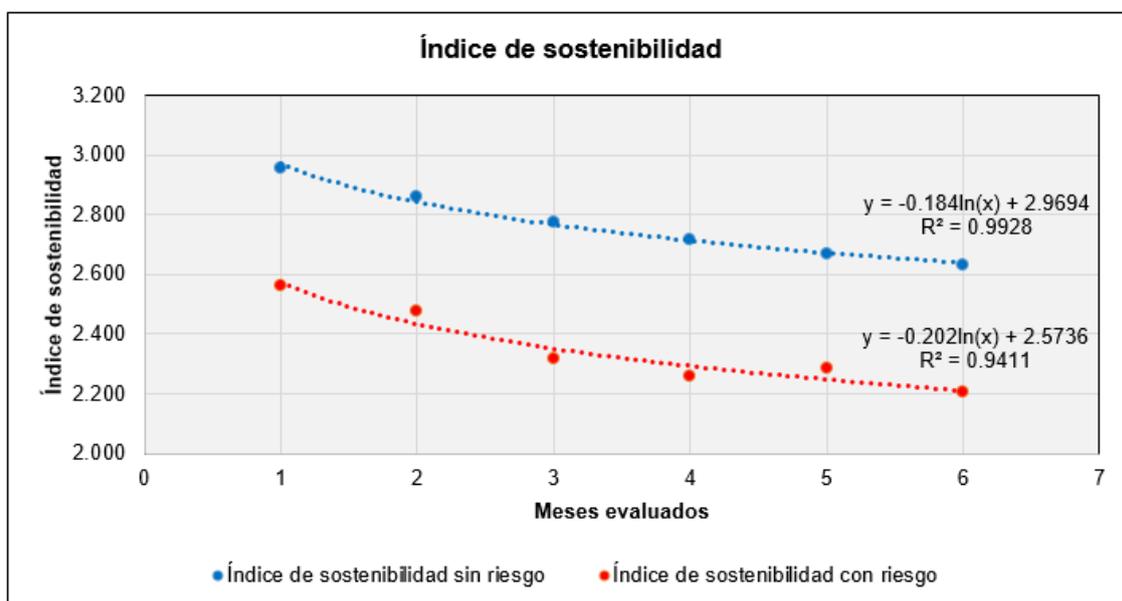
En la tabla 37 están los resultados promedio de los factores determinantes del índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo evaluados durante los años 2018 y 2019.

**Tabla 38.** Resultado de los factores del índice de sostenibilidad con riesgo

N°	Mes evaluado	OM	SF	CG	R	ScR
1	Marzo 2018	3.092	2.580	3.186	0.129	2.562
2	Julio 2018	3.040	2.429	3.045	0.119	2.478
3	Noviembre 2018	2.990	2.350	2.860	0.170	2.318
4	Marzo 2019	2.956	2.273	2.788	0.172	2.261
5	Julio 2019	2.910	2.264	2.658	0.120	2.285
6	Noviembre 2019	2.822	2.281	2.685	0.151	2.205

Los resultados de los índices de sostenibilidad sin riesgo y con riesgo obtenidos en la tabla 31 y tabla 38 respectivamente, se representaron en la figura 21.

Las líneas de tendencia llevan una clara secuencia en el tiempo de la relación inversa que existe entre el nivel de riesgo y el índice de sostenibilidad, el resultado obtenido en el mes de julio del 2019 refleja que aparentemente mejoró la sostenibilidad, esto debido a que en el periodo evaluado no existió el factor desencadenante del riesgo que es la lluvia.

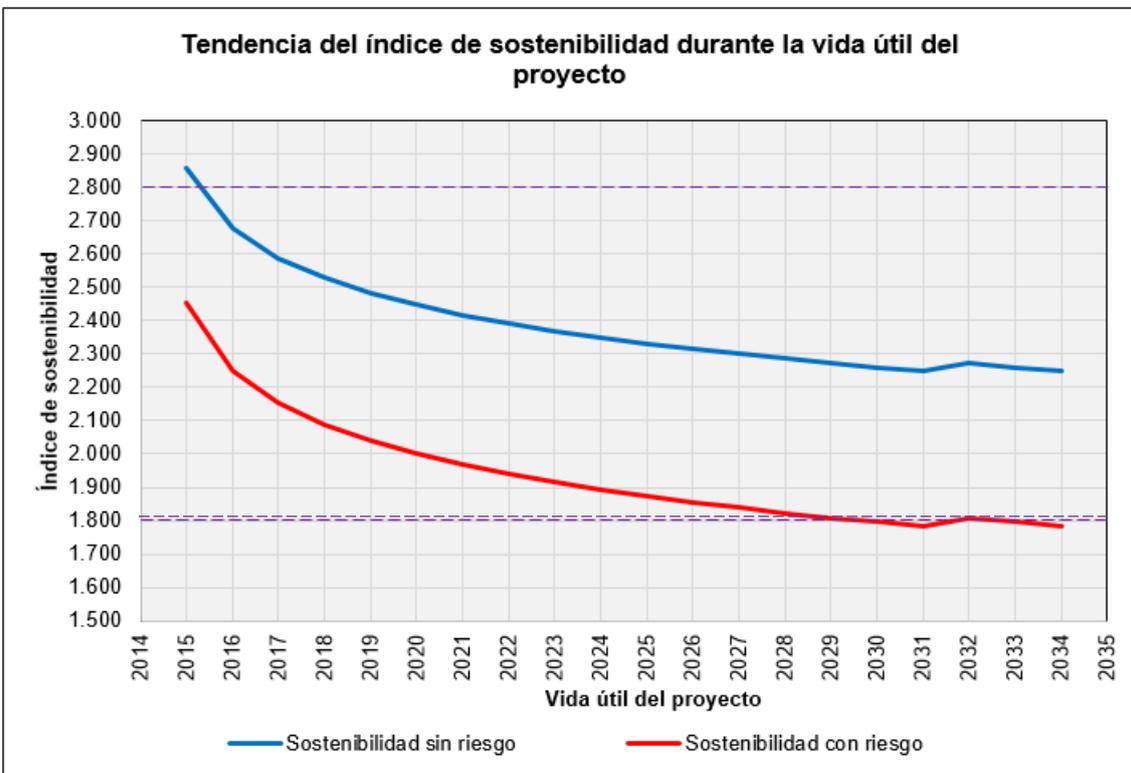


**Figura 21.** Tendencia mensual de los índices de sostenibilidad

Las fórmulas obtenidas en la gráfica anterior dieron lugar a la proyección del índice de sostenibilidad en el horizonte de vida útil de la infraestructura.

**Tabla 39.** Índice de sostenibilidad durante el periodo de diseño del proyecto

Año	SsR	ScR	SsR - ScR
2015	2.860	2.453	0.407
2016	2.676	2.251	0.425
2017	2.588	2.155	0.433
2018	2.529	2.090	0.439
2019	2.484	2.041	0.443
2020	2.448	2.002	0.446
2021	2.418	1.969	0.449
2022	2.393	1.940	0.453
2023	2.370	1.916	0.454
2024	2.350	1.893	0.457
2025	2.332	1.874	0.458
2026	2.315	1.855	0.460
2027	2.300	1.839	0.461
2028	2.286	1.823	0.463
2029	2.273	1.809	0.464
2030	2.261	1.796	0.465
2031	2.250	1.783	0.467
2032	2.273	1.809	0.464
2033	2.261	1.796	0.465
2034	2.250	1.783	0.467



**Figura 22.** Tendencia del índice de sostenibilidad durante el periodo de diseño

La figura 22 muestra el índice de sostenibilidad sin y con incorporación del nivel de riesgo desde el año que entra en operación (2015) hasta el término de los 20 años del periodo de diseño (2034). Ambas curvas en los últimos años tienden a ser constante, lo que significa que habrá un momento en que el índice de sostenibilidad tenga un límite inferior último, el cual será permanente en la infraestructura.

De las proyecciones realizadas, el índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo desde el 2015 al 2028 es malo calificándola como una infraestructura en grave proceso de deterioro; a partir del 2029 al 2034 la infraestructura estará totalmente deteriorada o colapsada, lo que indica que no llegará a cumplir la vida útil para la cual fue planteada; en conclusión, la carretera Cochabamba - Chota no es sostenible en el periodo de diseño, debido principalmente a la acción de los riesgos originados por las lluvias (erosión, movimiento de masas e inundación).

El índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Cochabamba – Chota, de la evaluación realizada en el periodo de diseño al 2034, resultó muy malo y califica a la infraestructura totalmente deteriorada.

Los resultados obtenidos muestran coherencia con lo propuesto desde el planteamiento del problema, los objetivos y la hipótesis, observándose que en los tramos con diversas fallas estructurales el peligro fue inminente ante una infraestructura expuesta. El nivel de riesgo en cada tramo evaluado tuvo relación inversa con el índice de sostenibilidad, mientras más alto fue el nivel de riesgo menor fue el índice de sostenibilidad.

### **5.3. Contrastación de la hipótesis**

El desarrollo de la tesis se basó principalmente en una hipótesis general de tipo descriptivo correlacional, condiciones que finalmente fueron corroboradas por los resultados obtenidos, la interpretación y discusión de resultados.

Las variables de la investigación fueron dependiente (nivel de riesgo) e independiente (índice de sostenibilidad) las cuales tuvieron sus definiciones conceptuales y operacionales, se tiene el contexto de análisis para la prueba de la hipótesis y se desarrolla a continuación.

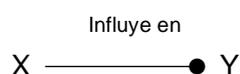
Para la prueba de hipótesis, las variables correlacionales son el índice de sostenibilidad (Y) y el nivel de riesgo (X), verificándose que el riesgo tiene alto nivel

correlacional con el índice de sostenibilidad, sin considerar la causa y efecto que produzcan entre ellas



Como se observa en la figura 23, el análisis de riesgos es fundamental e imprescindible para la determinación efectiva del índice de sostenibilidad ya que el deterioro de una infraestructura vial está completamente asociado a ellos.

La condición de hipótesis es causal, puesto que las variables utilizadas se comportan no solo como correlacionales, sino también como causales, ya que presentan una relación de causa-efecto entre la variable independiente y la dependiente.

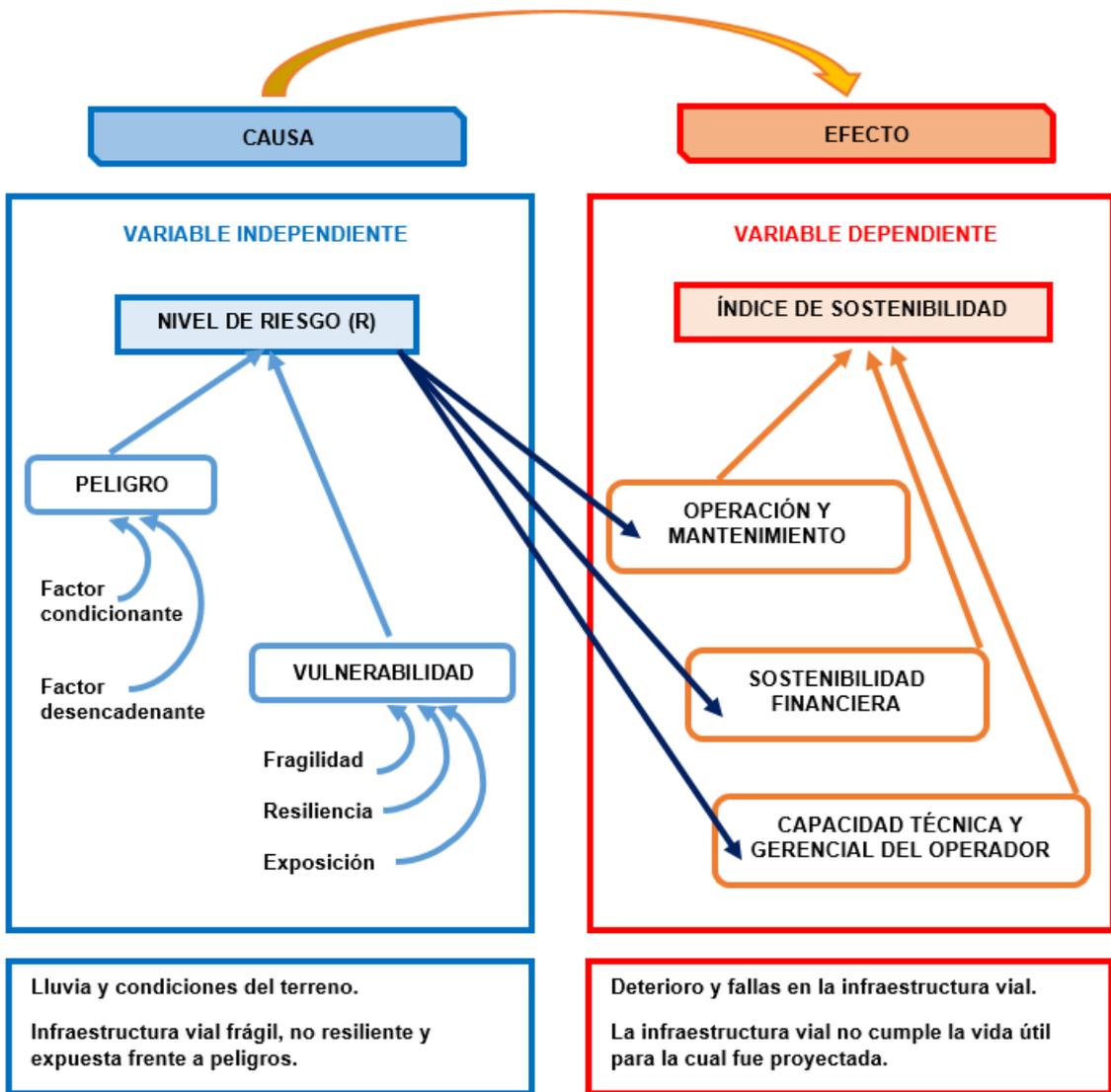


En los tramos que el nivel de riesgo fue alto, las condiciones de operación de la carretera fueron deficientes, asimismo la acción de los peligros es la causa principal que provoca el efecto de fallas en la infraestructura. La ocurrencia de un riesgo es originada fundamentalmente por los factores desencadenantes como son la lluvia asociado a la inestabilidad de taludes, condiciones del suelo y exposición a vulnerabilidad alta produce el deterioro estructural de la plataforma, obras de arte y drenaje no garantizando un adecuado servicio de transitabilidad.

La sostenibilidad es afectada negativamente por la exposición de la infraestructura frente a peligros y vulnerabilidades, en esta investigación se determinó la importancia que tiene la influencia del nivel de riesgo en la estimación del índice de sostenibilidad.

Verificamos así que la hipótesis de investigación, fue formulada coherente con la realidad observada en todas las infraestructuras viales, con el fin de realizar la evaluación se tomó como muestra la carretera Cochabamba – Chota, del procedimiento de análisis, interpretación y discusión de resultados se ha demostrado que el índice de sostenibilidad disminuye significativamente con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018.

De acuerdo a los resultados obtenidos, en el año 2018 el índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo fue malo calificándola como una infraestructura en grave proceso de deterioro.



**Figura 23.** Correlación inversa y causalidad entre variables

## CAPÍTULO VI

### PROPUESTA

El método compuesto planteado en esta investigación es una propuesta para el cálculo del índice de sostenibilidad en carreteras incorporando el nivel de riesgo que está expuesta la infraestructura. La metodología permite estimar el valor que representa los niveles de servicio de la carretera incluyendo la acción de los peligros existentes durante el periodo de diseño, significando que la estimación del índice de sostenibilidad incluye la probabilidad de la ocurrencia de los peligros con el fin de lograr la ejecución de las intervenciones necesarias para recuperar la adecuada operación de los servicios de transitabilidad.

La metodología del método compuesto está basada fundamentalmente en los resultados de cuatro factores determinantes de sostenibilidad (OM, SF, CG y R) en base a los diversos parámetros y descriptores que los explican. Las evaluaciones de los factores son realizadas por cada kilómetro de carretera.

#### *Factor 1: operación y mantenimiento de la infraestructura (OM)*

La estimación de los descriptores determinantes del factor operación y mantenimiento de la infraestructura (OM), son valorados de acuerdo a los criterios propuestos en el anexo VI.

Los parámetros que deben ser evaluados son las condiciones estructurales en lo referido a la plataforma es determinado mediante el método del índice de condición de pavimento (PCI) utilizando la ficha de evaluación física de la plataforma de tabla 23, los demás descriptores son determinados de acuerdo a la observación directa y mediciones realizadas en campo verificando los datos con los criterios propuestos en el anexo VI, encontrándose el valor de acuerdo a la escala de Likert.

#### *Factor 2: sostenibilidad financiera (SF)*

La información obtenida de los recursos financieros utilizados para la ejecución y mantenimiento de la carretera permiten determinar la eficiencia en costo de la inversión. Los descriptores son valorados de acuerdo a los criterios propuestos en el anexo VI.

### *Factor 3: Capacidad técnica y gerencial del operador (CG)*

El operador de las carreteras asfaltadas es el Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través de Provías Nacional, este factor principalmente evalúa la capacidad técnica, gerencial y administrativa, asimismo la disponibilidad de recursos necesarios para mantener un nivel de servicio adecuado a los usuarios. Los descriptores son valorados de acuerdo a los criterios propuestos en el anexo VI.

### *Factor 4: Riesgos (R)*

El nivel de riesgo es calculado de acuerdo a la ficha de identificación y análisis de riesgos de la tabla 22, para completar la ficha es indispensable evaluar los parámetros de cada peligro y la vulnerabilidad existente en la carretera mediante los criterios propuestos en las tablas del anexo VII.

Los resultados de los descriptores se consolidan en la ficha de evaluación de los factores de la sostenibilidad de la tabla 24, estos valores se multiplican por la columna de pesos de la ponderación de los criterios de la sostenibilidad de la tabla 28, encontrando la estimación de cada uno de los cuatro factores de sostenibilidad.

Los valores obtenidos en cada uno de los factores determinantes de sostenibilidad son reemplazados en la expresión matemática (28), este resultado numérico es explicado con la escala de valoración de la tabla 35, la interpretación del índice de sostenibilidad, tipo de medida de reducción de riesgos a realizar y para la recuperación del servicio el tipo de intervención vial a ejecutar, estas acciones están contenidas en la tabla 36.

## CONCLUSIONES

El análisis de riesgos realizado en los 33 tramos evaluados de la carretera Cochabamba - Chota determinó que el 12.12% fue muy alto, el 54.55% fue alto y el 33.33% fue moderado. El nivel de riesgo global estimado fue alto ( $R=0.143$ ). La ocurrencia de la materialización del riesgo principalmente es por la acción de los factores desencadenantes como la lluvia y la pendiente del terreno sobre los factores condicionantes y la vulnerabilidad de la infraestructura vial.

El análisis del índice de sostenibilidad realizado mediante la determinación de los tres factores clásicos de evaluación como la operación y mantenimiento referido a las condiciones estructurales, funcionales, seguridad, características físicas, conservación, cantidad y calidad de los servicios producidos de la infraestructura vial ( $OM=2.968$ ), capacidad técnica y gerencial del operador basado en la disponibilidad de información técnica y el control adecuado de la logística por el ejecutor para mantener la continuidad y calidad del servicio ofrecido durante el periodo de operación de la carretera ( $CG=2.872$ ) y sostenibilidad financiera referente a la rentabilidad económica que genera los servicios brindados por la infraestructura ( $SF=2.362$ ).

El resultado final determinó que el índice de sostenibilidad disminuye al incorporar el nivel de riesgo, entre ambas variables existe correlación inversa y causalidad, así a mayor nivel de riesgo en la carretera Cochabamba – Chota, menor índice de sostenibilidad.

El Índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo ( $ScR$ ) de la carretera Cochabamba – Chota, fue de 2.453 en el primer año de operación en el 2015 calificada como una infraestructura vial en grave proceso de deterioro y de 1.783 proyectado al último año en el 2034 lo que da lugar a una infraestructura totalmente deteriorada o colapsada.

La propuesta planteada para determinar el índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo en carreteras, está basada en el método compuesto desarrollado en esta investigación, el cual se fundamenta en el método multicriterio proceso de análisis jerárquico (PAJ).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguarón, J., Moreno, J. M. (2001). *The Geometric Consistency Index. Approximated Thresholds*, España.
- Aguilar, O. (2015). Gestión de las áreas técnicas de saneamiento en el servicio de agua potable, región Cajamarca, 2015 [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca.
- Avellaneda, E. M., Castiblanco, L. N. (2021). Guía para evaluar la sostenibilidad en proyectos viales adaptada a las condiciones de biodiversidad geográfica de Colombia [Tesis de Especialización, Universidad Santo Tomás]. Repositorio Institucional de la Universidad Santo Tomás.
- Baltodano, W. E. (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 de Maestría, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Digital de la Universidad Privada Antenor Orrego.
- Aliaga, F. A. (2014). Sostenibilidad del sistema de agua potable del centro poblado la Paccha, Cajamarca 2014 [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca.
- CARE PERÚ (2002). Lecciones aprendidas del proyecto piloto de agua y saneamiento rural PROPILAS en Cajamarca, Perú.
- Carretero, H., Pérez, C. (2005). Normas para el desarrollo y revisión de estudios instrumentales. *International journal of clinical and healthpsychology*.
- Casas, J. (2014). La sostenibilidad de los sistemas de agua potable en el centro poblado el Cerrillo, del distrito de Baños del Inca – Cajamarca, 2014 [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca.

- Castillo, D. (2016). Un sistema de indicadores para evaluar la sustentabilidad de proyectos de infraestructura carretera: SISIC [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2014). Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales. Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú.
- European Union Road Federation. (2009). Sustainable roads and optimal mobility. Bruselas, Bélgica.
- George, D., Mallery, P. (2003). SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference. 11.0 update (4th ed.). Boston: Allyn y Bacon.
- Hyrkäs, K., Appelqvist-Schmidlechner, K., Oksa, L. (2003). Validating an instrument for clinical supervision using an expert panel. *International Journal of nursing studies*.
- Ibrahim, A. H., Shaker, M. A. (2019). Sustainability index for highway construction projects. *Alexandria Engineering Journal*, 58, 1399–1411. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.11.011>
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2006). Manual básico para la estimación del riesgo. Biblioteca del Instituto Nacional de Defensa Civil.
- Instituto para la Integración de América Latina y El Caribe. (2016). La Gestión de Riesgos de Desastres en COSIPLAN: Metodología y aplicación en infraestructura de Chile y Perú.
- McGartland, D., Berg, M., Tebb, S. S., Lee, E. S., Rauch, S. (2003). Objectifying content validity: Conducting a content validity study in social work research. *Social Work Research*.

- Medina, A. E. (2013). Diagnóstico de la infraestructura, gestión, operación y mantenimiento de los servicios de agua de consumo humano de cinco caseríos del distrito de Celendín. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca.
- Ministerio del Ambiente. (2011). Memoria descriptiva del mapa de vulnerabilidad física del Perú, herramienta para la gestión del riesgo. Depósito Legal en la Biblioteca Nacional.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2007). Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los proyectos de inversión pública. Depósito Legal en la Biblioteca Nacional.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2012). Pautas generales para la evaluación ex post de proyectos de inversión pública. Depósito Legal en la Biblioteca Nacional.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2014). Pautas generales para la evaluación ex post de proyectos de inversión pública – Sector Transportes. Depósito Legal en la Biblioteca Nacional.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Resolución Directoral N° 03-2018-MTC/14. Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018. Diario Oficial El Peruano.
- Moreno, J. P. (2018). Estudio comparativo de sostenibilidad en carreteras mexicanas [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Catalunya]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica de Catalunya.
- Ordoñez, M. M., Meneses, L. C. (2015). Criterios e indicadores de sostenibilidad en subsector vial. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25 (2), 81 - 98, DOI: <http://dx.doi.org/10.18359/rcin.1433>
- Organismo Supervisor de las Contrataciones del Estado. (2017). Directiva N° 012-2017-OSCE/CD: Gestión de riesgos en la planificación de la ejecución de obras. Diario Oficial El Peruano.

- Orosco, G., Guevara, O. (2011). Gestión Integrada del Riesgo de Desastres. La Escuela Latinoamericana de Cooperación y Desarrollo. Pregón Ltda.
- Palma, J. A. (2012). Análisis de riesgo y vulnerabilidad en proyectos de carreteras [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad San Carlos de Guatemala]. Repositorio Institucional de la Universidad San Carlos de Guatemala.
- Paucar, M. E., Suarez, R. P. (2018). Beneficios de la carretera Interoceánica Norte para el comercio internacional peruano. [Tesis para optar el título de Licenciada en Administración de Negocios Internacionales, Universidad San Martín de Porres]. Repositorio Institucional de la Universidad San Martín de Porres.
- Plasencia, R. S. (2013). Diagnóstico del sistema de agua potable del centro poblado el Tuco del distrito de Bambamarca – Hualgayoc – Cajamarca [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca.
- Project Management Institute. (2017). Project Management Body of Knowledge (PMBOK). Pensilvania.
- Salinas, V., Ventura, M. R. (2010). Riesgo y vulnerabilidad de la infraestructura de servicios de agua potable y saneamiento: caso proyecto mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado de Oxapampa [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- Saaty, T. L. (1980). The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.
- Simón, L. M. (2019). Modelo de gestión de conservación vial para optimizar los costos de mantenimiento en la carretera Dv. Rio Seco – Oyón, Año-2019 [Tesis de Maestría, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional de la Universidad Ricardo Palma.

Soto, A. R. (2014). La sostenibilidad de los sistemas de agua potable en el centro poblado Nuevo Perú, distrito de la Encañada – Cajamarca, 2014 [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Vásquez, L R. (2002). Pavement Condition Index (PCI): Para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. Colombia.

## **ANEXOS**

**ANEXO I**  
**CUESTIONARIO ESTRUCTURADO**

## CUESTIONARIO ESTRUCTURADO

Indicaciones:

De acuerdo a su experiencia profesional coloque números según la importancia que considere en referencia a la siguiente tabla:

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
9	Absolutamente o muchísimo más importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Moderadamente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Fuente: Saaty, 1980.

1. Para lograr la sostenibilidad de una carretera, ¿qué factores cree usted son los más importantes?

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

2. Para lograr la sostenibilidad de una carretera, respecto al factor de operación y mantenimiento de la infraestructura, ¿Cuál de los siguientes parámetros cree usted tienen más importancia?

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

3. Para lograr la sostenibilidad de una carretera, respecto al parámetro de condiciones estructurales, ¿Cuál de los siguientes sub - parámetros cree usted tienen más importancia?

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

4. Para lograr la sostenibilidad de una carretera, respecto al parámetro de condiciones estructurales y sub - parámetro de plataforma, ¿Cuál de los siguientes descriptores cree usted tienen más importancia?

a)	Calzada	
b)	Bermas	

5. Para lograr la sostenibilidad de una carretera, respecto al parámetro de condiciones estructurales y sub - parámetro de drenaje superficial, ¿Cuál de los siguientes descriptores cree usted tienen más importancia?

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

6. Para lograr la sostenibilidad de una carretera, respecto al parámetro de condiciones estructurales y sub - parámetro de muros, ¿Cuál de los siguientes descriptores cree usted tienen más importancia?

a)	Muros de contención	
b)	Muros de encauzamiento	

7. Para lograr la sostenibilidad de una carretera, respecto al parámetro de condiciones estructurales y sub - parámetro de puentes, ¿Cuál de los siguientes descriptores cree usted tienen más importancia?

a)	Encauzamiento	
b)	Subestructura	
c)	Superestructura	
d)	Acceso a puente	

8. Para lograr la sostenibilidad de una carretera, respecto al parámetro de condiciones estructurales y sub - parámetro de taludes, ¿Cuál de los siguientes descriptores cree usted tienen más importancia?

a)	Taludes de corte	
b)	Taludes de terraplenes	

9. Para lograr la sostenibilidad de una carretera, respecto al parámetro de condiciones funcionales, ¿Cuál de los siguientes sub - parámetros cree usted tienen más importancia?

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

10. Para lograr la sostenibilidad de una carretera, respecto al parámetro de condiciones funcionales y sub - parámetro de plataforma, ¿Cuál de los siguientes descriptores cree usted tienen más importancia?

a)	Calzada	
b)	Bermas	

11. Para lograr la sostenibilidad de una carretera, respecto al parámetro de condiciones funcionales y sub - parámetro de drenaje superficial, ¿Cuál de los siguientes descriptores cree usted tienen más importancia?

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

12. Para lograr la sostenibilidad de una carretera, respecto al parámetro de condiciones funcionales y sub - parámetro de muros, ¿Cuál de los siguientes descriptores cree usted tienen más importancia?

a)	Muros de contención	
b)	Muros de encauzamiento	

13. Para lograr la sostenibilidad de una carretera, respecto al parámetro de condiciones funcionales y sub - parámetro de puentes, ¿Cuál de los siguientes descriptores cree usted tienen más importancia?

a)	Encauzamiento	
b)	Subestructura	
c)	Superestructura	
d)	Acceso a puente	

14. Para lograr la sostenibilidad de una carretera, respecto al parámetro de condiciones funcionales y sub - parámetro de taludes, ¿Cuál de los siguientes descriptores cree usted tienen más importancia?

a)	Taludes de corte	
b)	Taludes de terraplenes	

15. Para lograr la sostenibilidad de una carretera, respecto al parámetro de condiciones de seguridad, ¿Cuál de los siguientes descriptores cree usted tienen más importancia?

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

16. Para lograr la sostenibilidad de una carretera, respecto al parámetro de condición vial, ¿Cuál de los siguientes descriptores cree usted tienen más importancia?

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

17. Para lograr la sostenibilidad de una carretera, respecto al parámetro de características físicas, ¿Cuál de los siguientes descriptores cree usted tienen más importancia?

a)	Tipo de material	
b)	Antigüedad de la infraestructura	

18. Para lograr la sostenibilidad de una carretera, respecto al parámetro de cantidad de los servicios producidos, ¿Cuál de los siguientes descriptores cree usted tienen más importancia?

a)	Volumen de tráfico ofertado	
b)	Volumen de tráfico demandado	

19. Para lograr la sostenibilidad de una carretera, respecto al parámetro de calidad de los servicios producidos, ¿Cuál de los siguientes descriptores cree usted tienen más importancia?

a)	Transitabilidad en la vía durante el periodo de operación y mantenimiento	
b)	Transitabilidad en la vía proyectada al periodo de diseño	

20. Para lograr la sostenibilidad de una carretera, respecto al factor de sostenibilidad financiera, ¿Cuál de los siguientes descriptores cree usted tienen más importancia?

a)	Ingresos recaudados	
b)	Presupuesto asignado para la operación y mantenimiento	
c)	Probabilidades de que el costo de OyM sea cubierto durante la vida útil del proyecto	

21. Para lograr la sostenibilidad de una carretera, respecto al factor de capacidad técnica y gerencial del operador, ¿Cuál de los siguientes descriptores cree usted tienen más importancia?

a)	Capacidad gerencial del operador	
b)	Disponibilidad de información técnica relacionada a la infraestructura	
c)	Disponibilidad de instrumentos y equipos requeridos para la operación y mantenimiento	
d)	Capacidad técnica y administrativa del operador	

22. Los riesgos afectan la sostenibilidad de una carretera, respecto al parámetro riesgo ambiental, ¿Cuál de los siguientes descriptores cree usted afecta más significativamente la sostenibilidad?

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	

**ANEXO II**  
**JUICIO DE EXPERTOS**

**JUICIO DE EXPERTOS**

Criterios	Código	Experto 1:	Experto 2:	Experto 3:	Experto 4:	Experto 5:	Experto 6:	Experto 7:	Experto 8:	Experto 9:	Experto 10:	Promedio
		Ing. Julio Enrique Rojas Quiroz	Ing. Leysi Fuentes Pérez	Ing. Esposorio Nuñez Rimarachin	Ing. José Luis Silva Tarrillo	Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo	Ing. José Manuel Silva Mego	Ing. Eliana Melina Arica Cieza	Ing. Elgar Reyes Rodríguez	Ing. Jaime Salatiel Fustamante Barboza	Ing. Trinidad Infante Chávez	
1. Operación y mantenimiento de la infraestructura	OM	8	7	8	9	7	8	9	6	7	8	7.70
1.1. Condiciones estructurales	OM1	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9.00
1.1.1. Plataforma	CE1	9	9	8	9	9	9	7	7	9	6	8.20
1.1.1.1. Calzada	CE11	7	9	5	7	5	9	7	5	7	9	7.00
1.1.1.2. Bermas	CE12	3	5	3	3	3	5	3	3	3	5	3.60
1.1.2. Drenaje superficial	CE2	8	8	9	8	7	8	6	6	8	7	7.50
1.1.2.1. Alcantarillas	CE21	8	8	5	6	7	7	6	6	8	6	6.70
1.1.2.2. Cunetas	CE22	9	9	8	8	6	9	9	7	9	9	8.30
1.1.2.3. Badenes	CE23	6	6	3	4	3	4	3	4	5	4	4.20
1.1.2.4. Zanjias de drenaje y coronas	CE24	7	7	6	7	4	6	5	5	7	7	6.10
1.1.3. Muros	CE3	3	3	4	3	3	4	2	3	2	3	3.00
1.1.3.1. Muros de contención	CE31	7	5	7	9	7	7	7	7	9	5	7.00
1.1.3.2. Muros de encauzamiento	CE32	3	3	5	5	3	5	5	3	7	3	4.20
1.1.4. Puentes	CE4	6	5	5	6	5	5	4	4	5	4	4.90
1.1.4.1. Encauzamiento	CE41	7	7	5	6	4	6	5	5	6	7	5.80
1.1.4.2. Subestructura	CE42	9	9	8	8	7	9	9	7	9	9	8.40
1.1.4.3. Superestructura	CE43	8	8	7	7	6	7	6	6	7	6	6.80
1.1.4.4. Acceso a puente	CE44	6	6	3	4	3	4	3	4	5	4	4.20

Criterios	Código	Experto 1:	Experto 2:	Experto 3:	Experto 4:	Experto 5:	Experto 6:	Experto 7:	Experto 8:	Experto 9:	Experto 10:	Promedio
		Ing. Julio Enrique Rojas Quiroz	Ing. Leysi Fuentes Pérez	Ing. Esposorio Nuñez Rimarachin	Ing. José Luis Silva Tarrillo	Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo	Ing. José Manuel Silva Mego	Ing. Eliana Melina Arica Cieza	Ing. Elgar Reyes Rodríguez	Ing. Jaime Salafiel Fustamante Barboza	Ing. Trinidad Infante Chávez	
1.1.5. Taludes	CE5	7	7	7	7	6	7	5	5	7	5	6.30
1.1.5.1. Taludes de corte	CE51	9	8	7	9	9	7	9	7	9	7	8.10
1.1.5.2. Taludes de terraplenes	CE52	7	7	5	7	7	5	5	5	7	5	6.00
1.2. Condiciones funcionales	OM2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7.90
1.2.1. Plataforma	CF1	9	7	5	8	8	8	7	7	7	9	7.50
1.2.1.1. Calzada	CF11	5	7	5	7	5	9	5	5	7	7	6.20
1.2.1.2. Bermas	CF12	3	5	3	3	3	5	3	3	5	5	3.80
1.2.2. Drenaje superficial	CF2	7	9	7	9	9	9	5	9	5	8	7.70
1.2.2.1. Alcantarillas	CF21	8	8	5	6	7	7	6	6	7	6	6.60
1.2.2.2. Cunetas	CF22	9	9	8	8	6	9	9	7	9	9	8.30
1.2.2.3. Badenes	CF23	6	6	3	4	3	5	3	4	5	4	4.30
1.2.2.4. Zanjas de drenaje y coronas	CF24	7	7	6	7	4	6	5	5	6	7	6.00
1.2.3. Muros	CF3	2	3	2	4	3	4	2	3	2	4	2.90
1.2.3.1. Muros de contención	CF31	7	5	7	9	7	7	7	7	9	5	7.00
1.2.3.2. Muros de encauzamiento	CF32	5	3	5	5	3	5	5	3	7	3	4.40
1.2.4. Puentes	CF4	4	5	4	5	6	5	3	6	4	5	4.70
1.2.4.1. Encauzamiento	CF41	7	7	5	6	4	6	5	5	6	7	5.80
1.2.4.2. Subestructura	CF42	9	9	8	8	7	9	9	7	9	9	8.40
1.2.4.3. Superestructura	CF43	8	8	7	7	6	7	6	6	7	6	6.80
1.2.4.4. Acceso a puente	CF44	6	6	3	4	3	4	3	4	5	4	4.20

Criterios	Código	Experto 1:	Experto 2:	Experto 3:	Experto 4:	Experto 5:	Experto 6:	Experto 7:	Experto 8:	Experto 9:	Experto 10:	Promedio
		Ing. Julio Enrique Rojas Quiroz	Ing. Leysi Fuentes Pérez	Ing. Esposorio Nuñez Rimarachin	Ing. José Luis Silva Tamillo	Ing. Miguel Ángel Silva Tamillo	Ing. José Manuel Silva Mego	Ing. Eliana Melina Arica Cieza	Ing. Elgar Reyes Rodríguez	Ing. Jaime Salatiel Fustamante Barboza	Ing. Trinidad Infante Chávez	
1.2.5. Taludes	CF5	8	8	6	7	7	7	6	8	6	7	7.00
1.2.5.1. Taludes de corte	CF51	9	8	6	9	9	7	9	7	9	7	8.00
1.2.5.2. Taludes de terraplenes	CF52	8	7	5	7	8	6	7	6	7	6	6.70
1.3. Condiciones de seguridad	OM3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2.60
1.3.1. Señalización horizontal	CS1	8	8	7	7	6	7	6	6	7	6	6.80
1.3.2. Señalización vertical	CS2	9	9	8	8	7	9	9	7	9	9	8.40
1.3.3. Visibilidad	CS3	7	7	6	6	4	6	5	5	6	7	5.90
1.3.4. Puntos negros	CS4	5	5	3	4	3	4	3	4	5	4	4.00
1.3.5. Accidentes	CS5	3	3	2	3	2	3	2	3	4	3	2.80
1.4. Conservación vial	OM4	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6.90
1.4.1. Mantenimiento rutinario	CV1	8	8	7	7	6	6	5	6	7	6	6.60
1.4.2. Mantenimiento periódico	CV2	3	3	2	3	2	3	2	3	4	3	2.80
1.4.3. Mantenimiento de emergencia	CV3	7	7	6	6	4	7	6	5	6	7	6.10
1.4.4. Mantenimiento preventivo	CV4	9	9	8	8	7	9	9	7	9	9	8.40
1.4.5. Mantenimiento mecanizado	CV5	5	5	3	4	3	4	3	4	5	4	4.00
1.5. Características físicas	OM5	6	6	6	6	6	6	5	6	5	4	5.60
1.5.1. Tipo de material	FI1	5	7	5	7	7	5	7	5	7	6	6.10
1.5.2. Antigüedad de la infraestructura	FI2	3	5	3	6	5	3	6	4	5	7	4.70

Criterios	Código	Experto 1:	Experto 2:	Experto 3:	Experto 4:	Experto 5:	Experto 6:	Experto 7:	Experto 8:	Experto 9:	Experto 10:	Promedio
		Ing. Julio Enrique Rojas Quiroz	Ing. Leysi Fuentes Pérez	Ing. Esposorio Nuñez Rimarachín	Ing. José Luis Silva Tarrillo	Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo	Ing. José Manuel Silva Mego	Ing. Eliana Melina Arica Cieza	Ing. Elgar Reyes Rodríguez	Ing. Jaime Salabiel Fustamante Barboza	Ing. Trinidad Infante Chávez	
1.6. Cantidad de los servicios producidos	OM6	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3.60
1.6.1. Volumen de tráfico ofertado	CT1	7	9	7	9	7	7	9	7	7	9	7.80
1.6.2. Volumen de tráfico demandado	CT2	5	5	5	7	6	5	7	5	5	7	5.70
1.7. Calidad de los servicios producidos	OM7	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	4.70
1.7.1. Transitabilidad en la vía durante el periodo de operación y mantenimiento	CP1	7	9	7	9	7	7	9	7	7	9	7.80
1.7.2. Transitabilidad en la vía proyectada al periodo de diseño	CP2	3	7	5	7	3	5	5	3	5	7	5.00
2. Sostenibilidad financiera	SF	7	6	7	8	5	7	7	5	6	6	6.40
2.1. Ingresos recaudados	SF1	7	5	4	6	3	5	5	5	5	4	4.90
2.2. Presupuesto asignado para la operación y mantenimiento	SF2	9	9	7	9	7	9	9	7	9	7	8.20
2.3. Presupuesto de inversión	SF3	8	8	6	8	6	8	7	6	8	6	7.10
3. Capacidad técnica y gerencial del operador	CG	6	5	6	7	4	5	6	4	5	7	5.50
3.1. Capacidad gerencial del operador	CG1	7	7	5	6	4	6	7	5	6	7	6.00
3.2. Disponibilidad de información técnica relacionada a la infraestructura	CG2	5	5	3	4	3	4	3	4	5	4	4.00
3.3. Disponibilidad de instrumentos y equipos requeridos para la operación y mantenimiento	CG3	8	8	7	7	5	7	6	6	7	6	6.70
3.4. Capacidad técnica y administrativa del operador	CG4	9	9	9	8	7	9	9	7	9	9	8.50
4. Riesgo	R											
4.1. Riesgo de la infraestructura vial por erosión	R1	8	8	8	7	6	8	8	6	8	7	7.40
4.2. Riesgo de la infraestructura vial por movimiento de masas	R2	9	9	9	8	7	9	9	7	9	9	8.50
4.3. Riesgo de la infraestructura vial por inundación	R3	5	6	5	4	3	4	5	4	6	5	4.70

**ANEXO III**  
**COEFICIENTE DE CRONBACH**

### Coeficiente Alfa de Cronbach

#### Factores determinantes del índice de sostenibilidad

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

Donde:

$K$ : El número de criterios

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

$S_T^2$ : Varianza de la suma de los criterios

$\alpha$ : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios		
	1	2	3
Experto 1	8	7	6
Experto 2	7	6	5
Experto 3	8	7	6
Experto 4	9	8	7
Experto 5	7	5	4
Experto 6	8	7	5
Experto 7	9	7	6
Experto 8	6	5	4
Experto 9	7	6	5
Experto 10	8	6	7
VARP	0.81	0.84	1.05

Suma	
21	
18	
21	
24	
16	
20	
22	
15	
18	
21	
$S_T^2 =$	7.04

(Varianza de la Población)

$$\sum S_i^2 = 2.70$$

$K = 3$

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

### Coeficiente Alfa de Cronbach

#### Parámetros determinantes del factor operación y mantenimiento

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

Donde:

$K$ : El número de criterios

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

$S_T^2$ : Varianza de la suma de los criterios

$\alpha$ : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios						
	1.1.	1.2.	1.3.	1.4.	1.5.	1.6.	1.7.
Experto 1	9	8	3	7	6	4	5
Experto 2	9	8	3	7	6	4	5
Experto 3	9	8	3	7	6	4	5
Experto 4	9	8	3	7	6	4	5
Experto 5	9	8	3	7	6	4	5
Experto 6	9	8	3	7	6	4	5
Experto 7	9	8	2	7	5	3	4
Experto 8	9	8	2	7	6	3	4
Experto 9	9	8	2	7	5	3	4
Experto 10	9	7	2	6	4	3	5
VARP	0.00	0.09	0.24	0.09	0.44	0.24	0.21

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 1.31$$

$$\alpha = 0.85 \text{ Bueno}$$

Suma
42
42
42
42
42
42
38
39
38
36
$S_T^2 =$
4.81

$$S_T^2 = 4.81$$

$$K = 7$$

### Coeficiente Alfa de Cronbach

#### Sub - parámetros determinantes del parámetro condiciones estructurales

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

Donde:

$K$ : El número de criterios

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

$S_T^2$ : Varianza de la suma de los criterios

$\alpha$ : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios					Suma
	1.1.1.	1.1.2.	1.1.3.	1.1.4.	1.1.5.	
Experto 1	9	8	3	6	7	33
Experto 2	9	8	3	5	7	32
Experto 3	8	9	4	5	7	33
Experto 4	9	8	3	6	7	33
Experto 5	9	7	3	5	6	30
Experto 6	9	8	4	5	7	33
Experto 7	7	6	2	4	5	24
Experto 8	7	6	3	4	5	25
Experto 9	9	8	2	5	7	31
Experto 10	6	7	3	4	5	25
VARP	1.16	0.85	0.40	0.49	0.81	

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 3.71$$

$$S_T^2 = 12.69$$

$$K = 5$$

$$\alpha = 0.88 \text{ Bueno}$$

### Coeficiente Alfa de Cronbach

#### Descriptores determinantes del sub - parámetro plataforma

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

Donde:

$K$ : El número de criterios

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

$S_T^2$  : Varianza de la suma de los criterios

$\alpha$  : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios		Suma
	1.1.1.1.	1.1.1.2.	
Experto 1	7	3	10
Experto 2	9	5	14
Experto 3	5	3	8
Experto 4	7	3	10
Experto 5	5	3	8
Experto 6	9	5	14
Experto 7	7	3	10
Experto 8	5	3	8
Experto 9	7	3	10
Experto 10	9	5	14
VARP	2.40	0.84	$S_T^2 = 5.64$

(Varianza de la

población)

$$\sum S_i^2 = 3.24$$

$K = 2$

$$\alpha = 0.85 \text{ Bueno}$$

### Coeficiente Alfa de Cronbach

#### Descriptorios determinantes del sub - parámetro drenaje superficial

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

Donde:

$K$ : El número de criterios

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

$S_T^2$  : Varianza de la suma de los criterios

$\alpha$  : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios				Suma
	1.1.2.1.	1.1.2.2.	1.1.2.3.	1.1.2.4.	
Experto 1	8	9	6	7	30
Experto 2	8	9	6	7	30
Experto 3	5	8	3	6	22
Experto 4	6	8	4	7	25
Experto 5	7	6	3	4	20
Experto 6	7	9	4	6	26
Experto 7	6	9	3	5	23
Experto 8	6	7	4	5	22
Experto 9	8	9	5	7	29
Experto 10	6	9	4	7	26
<b>VARP</b>	1.01	1.01	1.16	1.09	<b><math>S_T^2 = 11.41</math></b>

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 4.27$$

$K = 4$

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

### Coeficiente Alfa de Cronbach

#### Descriptorios determinantes del sub - parámetro muros

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

Donde:

$K$ : El número de criterios

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

$S_T^2$  : Varianza de la suma de los criterios

$\alpha$  : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios	
	1.1.3.1.	1.1.3.2.
Experto 1	7	3
Experto 2	5	3
Experto 3	7	5
Experto 4	9	5
Experto 5	7	3
Experto 6	7	5
Experto 7	7	5
Experto 8	7	3
Experto 9	9	7
Experto 10	5	3
<b>VARP</b>	1.60	1.76

Suma	
10	
8	
12	
14	
10	
12	
12	
10	
16	
8	
<b><math>S_T^2 =</math></b>	<b>5.76</b>

(Varianza de la población)

$\sum S_i^2 =$  3.36

$K = 2$

$\alpha =$  **0.83** *Bueno*

### Coeficiente Alfa de Cronbach

#### Descriptorios determinantes del sub - parámetro puentes

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

Donde:

$K$ : El número de criterios

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

$S_T^2$  : Varianza de la suma de los criterios

$\alpha$  : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios			
	1.1.4.1.	1.1.4.2.	1.1.4.3.	1.1.4.4.
Experto 1	7	9	8	6
Experto 2	7	9	8	6
Experto 3	5	8	7	3
Experto 4	6	8	7	4
Experto 5	4	7	6	3
Experto 6	6	9	7	4
Experto 7	5	9	6	3
Experto 8	5	7	6	4
Experto 9	6	9	7	5
Experto 10	7	9	6	4
VARP	0.96	0.64	0.56	1.16

Suma	
30	
30	
23	
25	
20	
26	
23	
22	
27	
26	
$S_T^2 =$	9.76

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 3.32$$

$$K = 4$$

$$\alpha = 0.88 \text{ Bueno}$$

### Coeficiente Alfa de Cronbach

#### Descriptorios determinantes del sub - parámetro taludes

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

Donde:

$K$ : El número de criterios

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

$S_T^2$ : Varianza de la suma de los criterios

$\alpha$ : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios		Suma
	1.1.5.1.	1.1.5.2.	
Experto 1	9	7	16
Experto 2	8	7	15
Experto 3	7	5	12
Experto 4	9	7	16
Experto 5	9	7	16
Experto 6	7	5	12
Experto 7	9	5	14
Experto 8	7	5	12
Experto 9	9	7	16
Experto 10	7	5	12
VARP	0.89	1.00	$S_T^2 = 3.29$

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 1.89$$

$K = 2$

$$\alpha = 0.85 \text{ Bueno}$$

### Coeficiente Alfa de Cronbach

Sub - parámetros determinantes del parámetro condiciones funcionales

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

Donde:

$K$ : El número de criterios

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

$S_T^2$  : Varianza de la suma de los criterios

$\alpha$  : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios				
	1.2.1.	1.2.2.	1.2.3.	1.2.4.	1.2.5.
Experto 1	9	7	2	4	8
Experto 2	7	9	3	5	8
Experto 3	5	7	2	4	6
Experto 4	8	9	4	5	7
Experto 5	8	9	3	6	7
Experto 6	8	9	4	5	7
Experto 7	7	5	2	3	6
Experto 8	7	9	3	6	8
Experto 9	7	5	2	4	6
Experto 10	9	8	4	5	7
VARP	1.25	2.41	0.69	0.81	0.60

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = \boxed{5.76}$$

$$\alpha = \mathbf{0.83} \quad \text{Bueno}$$

Suma
30
32
24
33
33
33
23
33
24
33
$S_T^2 =$
$\boxed{16.96}$

$$K = 5$$

### Coeficiente Alfa de Cronbach

#### Descriptores determinantes del sub - parámetro plataforma

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

Donde:

$K$ : El número de criterios

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

$S_T^2$  : Varianza de la suma de los criterios

$\alpha$  : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios	
	1.2.1.1.	1.2.1.2.
Experto 1	5	3
Experto 2	7	5
Experto 3	5	3
Experto 4	7	3
Experto 5	5	3
Experto 6	9	5
Experto 7	5	3
Experto 8	5	3
Experto 9	7	5
Experto 10	7	5
VARP	1.76	0.96

Suma
8
12
8
10
8
14
8
8
12
12
$S_T^2 =$ 4.80

(Varianza de la

población)

$$\sum S_i^2 = 2.72$$

$K = 2$

$$\alpha = 0.87 \text{ Bueno}$$

### Coeficiente Alfa de Cronbach

#### Descriptores determinantes del sub - parámetro drenaje superficial

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

Donde:

$K$ : El número de criterios

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

$S_T^2$  : Varianza de la suma de los criterios

$\alpha$  : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios				Suma
	1.2.2.1.	1.2.2.2.	1.2.2.3.	1.2.2.4.	
Experto 1	8	9	6	7	30
Experto 2	8	9	6	7	30
Experto 3	5	8	3	6	22
Experto 4	6	8	4	7	25
Experto 5	7	6	3	4	20
Experto 6	7	9	5	6	27
Experto 7	6	9	3	5	23
Experto 8	6	7	4	5	22
Experto 9	7	9	5	6	27
Experto 10	6	9	4	7	26
VARP	0.84	1.01	1.21	1.00	$S_T^2 = 10.56$

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 4.06$$

$K = 4$

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

### Coeficiente Alfa de Cronbach

#### Descriptorios determinantes del sub - parámetro muros

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

Donde:

$K$ : El número de criterios

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

$S_T^2$  : Varianza de la suma de los criterios

$\alpha$  : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios		Suma
	1.2.3.1.	1.2.3.2.	
Experto 1	7	5	12
Experto 2	5	3	8
Experto 3	7	5	12
Experto 4	9	5	14
Experto 5	7	3	10
Experto 6	7	5	12
Experto 7	7	5	12
Experto 8	7	3	10
Experto 9	9	7	16
Experto 10	5	3	8
VARP	1.60	1.64	$S_T^2 = 5.64$

(Varianza de la

población)

$$\sum S_i^2 = 3.24$$

$K = 2$

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

### Coeficiente Alfa de Cronbach

#### Descriptores determinantes del sub - parámetro puentes

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

Donde:

- $K$ : El número de criterios
- $\sum S_i^2$ : Sumatoria de varianzas de los criterios
- $S_T^2$ : Varianza de la suma de los criterios
- $\alpha$ : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios				Suma
	1.2.4.1.	1.2.4.2.	1.2.4.3.	1.2.4.4.	
Experto 1	7	9	8	6	30
Experto 2	7	9	8	6	30
Experto 3	5	8	7	3	23
Experto 4	6	8	7	4	25
Experto 5	4	7	6	3	20
Experto 6	6	9	7	4	26
Experto 7	5	9	6	3	23
Experto 8	5	7	6	4	22
Experto 9	6	9	7	5	27
Experto 10	7	9	6	4	26
<b>VARP</b>	0.96	0.64	0.56	1.16	$S_T^2 = 9.76$

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 3.32$$

$K = 4$

$$\alpha = 0.88 \quad \text{Buena}$$

### Coeficiente Alfa de Cronbach

#### Descriptorios determinantes del sub - parámetro taludes

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

Donde:

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

$\alpha$  : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios		Suma
	1.2.5.1.	1.2.5.2.	
Experto 1	9	8	17
Experto 2	8	7	15
Experto 3	6	5	11
Experto 4	9	7	16
Experto 5	9	8	17
Experto 6	7	6	13
Experto 7	9	7	16
Experto 8	7	6	13
Experto 9	9	7	16
Experto 10	7	6	13
VARP	1.20	0.81	$S_T^2 = 3.81$

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 2.01$$

K= 2

$$\alpha = 0.94 \text{ Excelente}$$

### Coeficiente Alfa de Cronbach

**Descriptorios determinantes del parámetro condiciones de seguridad**

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

Donde:

*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

$\alpha$ : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios				
	1.3.1.	1.3.2.	1.3.3.	1.3.4.	1.3.5.
Experto 1	8	9	7	5	3
Experto 2	8	9	7	5	3
Experto 3	7	8	6	3	2
Experto 4	7	8	6	4	3
Experto 5	6	7	4	3	2
Experto 6	7	9	6	4	3
Experto 7	6	9	5	3	2
Experto 8	6	7	5	4	3
Experto 9	7	9	6	5	4
Experto 10	6	9	7	4	3
<b>VARP</b>	0.56	0.64	0.89	0.60	0.36

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 3.05$$

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

Suma
32
32
26
28
22
29
25
25
31
29
<b><math>S_T^2 = 10.09</math></b>

$$S_T^2 = 10.09$$

$$K = 5$$

### Coeficiente Alfa de Cronbach

#### Descriptorios determinantes del parámetro conservación vial

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

Donde:

$K$ : El número de criterios

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

$S_T^2$ : Varianza de la suma de los criterios

$\alpha$ : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios					Suma
	1.4.1.	1.4.2.	1.4.3.	1.4.4.	1.4.5.	
Experto 1	8	3	7	9	5	32
Experto 2	8	3	7	9	5	32
Experto 3	7	2	6	8	3	26
Experto 4	7	3	6	8	4	28
Experto 5	6	2	4	7	3	22
Experto 6	6	3	7	9	4	29
Experto 7	5	2	6	9	3	25
Experto 8	6	3	5	7	4	25
Experto 9	7	4	6	9	5	31
Experto 10	6	3	7	9	4	29
VARP	0.84	0.36	0.89	0.64	0.60	

(Varianza de la población)

$$\sum S_i^2 = 3.33$$

$$S_T^2 = 10.09$$

$$K = 5$$

$$\alpha = 0.84 \quad \text{Bueno}$$

### Coeficiente Alfa de Cronbach

#### Descriptorios determinantes del parámetro características físicas de la infraestructura

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

Donde:

$K$ : El número de criterios

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

$S_T^2$ : Varianza de la suma de los criterios

$\alpha$ : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios	
	1.5.1.	1.5.2.
Experto 1	5	3
Experto 2	7	5
Experto 3	5	3
Experto 4	7	6
Experto 5	7	5
Experto 6	5	3
Experto 7	7	6
Experto 8	5	4
Experto 9	7	5
Experto 10	6	7
VARP	0.89	1.81

Suma
8
12
8
13
12
8
13
9
12
13
$S_T^2 =$ 4.56

(Varianza de la población)

$\sum S_i^2 =$  2.70

$K = 2$

$\alpha =$  **0.82** *Bueno*

### Coeficiente Alfa de Cronbach

#### Descriptores determinantes del parámetro cantidad de servicios producidos

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

Donde:

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

$\alpha$  : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios		Suma
	1.6.1.	1.6.2.	
Experto 1	7	5	12
Experto 2	9	5	14
Experto 3	7	5	12
Experto 4	9	7	16
Experto 5	7	6	13
Experto 6	7	5	12
Experto 7	9	7	16
Experto 8	7	5	12
Experto 9	7	5	12
Experto 10	9	7	16
VARP	0.96	0.81	$S_T^2 = 3.05$

(Varianza de la población)

$\sum S_i^2 = 1.77$

K= 2

$\alpha = 0.84$  *Bueno*

### Coeficiente Alfa de Cronbach

#### Descriptorios determinantes del parámetro calidad de servicios producidos

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

Donde:

$K$ : El número de criterios

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

$S_T^2$ : Varianza de la suma de los criterios

$\alpha$ : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios		Suma
	1.7.1.	1.7.2.	
Experto 1	7	3	10
Experto 2	9	7	16
Experto 3	7	5	12
Experto 4	9	7	16
Experto 5	7	3	10
Experto 6	7	5	12
Experto 7	9	5	14
Experto 8	7	3	10
Experto 9	7	5	12
Experto 10	9	7	16
VARP	0.96	2.40	$S_T^2 = 5.76$

(Varianza de la

población)

$$\sum S_i^2 = 3.36$$

$$K = 2$$

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

### Coeficiente Alfa de Cronbach

#### Descriptores determinantes del factor sostenibilidad financiera

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

Donde:

$K$ : El número de criterios

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

$S_T^2$ : Varianza de la suma de los criterios

$\alpha$ : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios			Suma
	2.1.	2.2.	2.3.	
Experto 1	7	9	8	24
Experto 2	5	9	8	22
Experto 3	4	7	6	17
Experto 4	6	9	8	23
Experto 5	3	7	6	16
Experto 6	5	9	8	22
Experto 7	5	9	7	21
Experto 8	5	7	6	18
Experto 9	5	9	8	22
Experto 10	4	7	6	17
<b>VARP</b>	1.09	0.96	0.89	$S_T^2 = 7.56$

(Varianza de la Población)

$\sum S_i^2 = 2.94$

$K = 3$

$\alpha = 0.92$  Excelente

### Coeficiente Alfa de Cronbach

#### Descriptores determinantes del factor capacidad técnica y gerencial del operador

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

Donde:

$K$ : El número de criterios

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

$S_T^2$ : Varianza de la suma de los criterios

$\alpha$ : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios			
	3.1.	3.2.	3.3.	3.4.
Experto 1	7	5	8	9
Experto 2	7	5	8	9
Experto 3	5	3	7	9
Experto 4	6	4	7	8
Experto 5	4	3	5	7
Experto 6	6	4	7	9
Experto 7	7	3	6	9
Experto 8	5	4	6	7
Experto 9	6	5	7	9
Experto 10	7	4	6	9
VARP	1.00	0.60	0.81	0.65

(Varianza de la Población)

$$\sum S_i^2 = 3.06$$

Suma
29
29
24
25
19
26
25
22
27
26
$S_T^2 = 8.36$

$$K = 4$$

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

### Coeficiente Alfa de Cronbach

#### Descriptorios determinantes del factor riesgo

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

Donde:

$K$ : El número de criterios

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

$S_T^2$ : Varianza de la suma de los criterios

$\alpha$ : Coeficiente de Alfa de Cronbach

Expertos	Criterios		
	4.1.	4.2.	4.3.
Experto 1	8	9	5
Experto 2	8	9	6
Experto 3	8	9	5
Experto 4	7	8	4
Experto 5	6	7	3
Experto 6	8	9	4
Experto 7	8	9	5
Experto 8	6	7	4
Experto 9	8	9	6
Experto 10	7	9	5
<b>VARP</b>	0.64	0.65	0.81

Suma
22
23
22
19
16
21
22
17
23
21

$$S_T^2 = 5.44$$

(Varianza de la Población)

$$\sum S_i^2 = 2.10$$

$$K = 3$$

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

**ANEXO IV**  
**MÉTODO MULTICRITERIO – PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (PAJ)**

## MÉTODO MULTICRITERIO - PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (PAJ)

### Factores determinantes de la sostenibilidad

#### 1. Ponderación de los factores determinantes de la sostenibilidad

- Paso 1.** Factores determinantes. Se identifican y se ordenan de mayor a menor importancia los factores que permitan caracterizar la sostenibilidad. En función del número de factores identificados tendremos el número de filas y columnas de la matriz de ponderación (matriz cuadrada).

Parámetro	Símbolo	Juicio de expertos (promedio)	Diferencia de importancias consecutivas	Suma acumulada	Importancia relativa (*)
Operación y mantenimiento de la infraestructura	OM	7.7		1.00	1
Sostenibilidad financiera	SF	6.4	1.30	2.30	2
Capacidad técnica y gerencial del operador	CG	5.5	0.90	3.20	3

(\*) Redondeado al entero menor

Factores	OM	SF	CG
OM			
SF			
CG			

- Paso 2.** Matriz de Comparación de Pares. Se realiza la comparación de pares para la determinación de la importancia relativa usando la escala de Saaty.

#### Escala de Saaty

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
9	Absolutamente o muchísimo más importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.

5	Más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Moderadamente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Moderadamente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Fuente: Saaty, 1980.

Factores	OM	SF	CG
OM	1		
SF		1	
CG			1

La comparación de 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. (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 capacidad técnica y gerencial del operador. (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 es 2 veces más importante que la capacidad técnica y gerencial del operador. (Ligeramente más importante).

Terminada la comparación de pares tenemos la matriz terminada.

Factores	OM	SF	CG
OM	1	2	3
SF	1/2	1	2
CG	1/3	1/2	1

**Paso 3.** Los valores de la matriz deben estar en decimales para una facilidad en el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz para 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
<b>Suma</b>	1.833	3.500	6.000
<b>1/suma</b>	0.545	0.286	0.167

**Paso 4.** Matriz de Normalización. Se elabora la matriz multiplicando la inversa de las sumas totales por cada elemento de su columna 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

**Paso**

5. Se determina el vector priorización (ponderación), mediante la suma promedio de cada fila. Debe cumplir que la suma de cada columna debe ser igual a la unidad.

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

El vector de priorización indica la importancia (peso) de cada factor 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)**

Este coeficiente debe ser menor al 10% ( $RC < 0.10$ ), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada. Para matrices de 3 parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro deben ser menores a 0.10

**Paso 1.** Hallando el vector suma ponderada. Se obtiene por una multiplicación de matrices.

Factores	OM	SF	CG		Vector priorización (ponderación)	=	Vector suma ponderada
OM	1.000	2.000	3.000	x	0.539	=	1.625
SF	0.500	1.000	2.000		0.297		0.894
CG	0.333	0.500	1.000		0.164		0.492
			1.000	x	0.539	=	0.539
			0.500				0.269
			0.333				0.180
			2.000	x	0.297	=	0.595
			1.000				0.297
			0.500				0.149
			3.000	x	0.164	=	0.491
			2.000				0.328
			1.000				0.164
	0.539	+	0.595	+	0.491	=	1.625
	0.269		0.297		0.328		0.894
	0.180		0.149		0.164		0.492

**Paso 2.** Hallando  $\lambda$  max. Se determina al dividir los valores del vector suma ponderada y el vector de priorización. Luego se obtiene el promedio.

Vector suma ponderada		Vector priorización (ponderación)	=	$\lambda$ máx
1.625	/	0.539	=	3.015
0.894		0.297		3.008
0.492		0.164		3.004

$$\lambda_{\text{máx}} = 3.009$$

**Paso 3.** Hallando el Índice de consistencia (IC)

$$IC = \frac{\lambda_{\text{máx}} - n}{n - 1} = 0.00460$$

*n*: Número de factores evaluados  
*n*= 3

**Paso 4.** Hallando la relación de consistencia (RC)

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

Valores del Índice Aleatorio (IA) para los diferentes "n"

<b>n</b>	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>IA</b>	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484

Fuente: Aguarón y Moreno – Jiménez, 2001.

RC = 0.00877 Cumples

**3. Estimación del valor de la importancia relativa de cada uno de los factores determinantes de la sostenibilidad**

SsR=	0.539	x OM +	0.297	x SF +	0.164	x CG
------	-------	-----------	-------	-----------	-------	------

**ANEXO V**  
**PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD**

**PONDERACIÓN DE CRITERIOS DETERMINANTES DE LA SOSTENIBILIDAD**

Criterios	Código	Pesos (método multi- criterio PAJ)	Pondera- ción	Escala de valoración					Puntaje	Resultado
				Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta		
				1	2	3	4	5		
1. Operación y mantenimiento de la infraestructura	OM	1.000	0.539							
1.1. Condiciones estructurales	OM1	0.350	0.189							
1.1.1. Plataforma	CE1	0.369	0.070							
1.1.1.1. Calzada	CE11	0.800	0.056							
1.1.1.2. Bermas	CE12	0.200	0.014							
1.1.2. Drenaje superficial	CE2	0.260	0.049							
1.1.2.1. Alcantarillas	CE21	0.272	0.013							
1.1.2.2. Cunetas	CE22	0.482	0.024							
1.1.2.3. Badenes	CE23	0.088	0.004							
1.1.2.4. Zanjas de drenaje y coronación	CE24	0.158	0.008							
1.1.3. Muros	CE3	0.079	0.015							
1.1.3.1. Muros de contención	CE31	0.750	0.011							
1.1.3.2. Muros de encauzamiento	CE32	0.250	0.004							

Criterios	Código	Pesos (método multi- criterio PAJ)	Pondera- ción	Escala de valoración					Puntaje	Resultado
				Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta		
				1	2	3	4	5		
1.1.4. Puentes	CE4	0.117	0.022							
1.1.4.1. Encauzamiento	CE41	0.158	0.003							
1.1.4.2. Subestructura	CE42	0.482	0.011							
1.1.4.3. Superestructura	CE43	0.272	0.006							
1.1.4.4. Acceso a puente	CE44	0.088	0.002							
1.1.5. Taludes	CE5	0.175	0.033							
1.1.5.1. Taludes de corte	CE51	0.750	0.025							
1.1.5.2. Taludes de terraplenes	CE52	0.250	0.008							
1.2. Condiciones funcionales	OM2	0.237	0.128							
1.2.1. Plataforma	CF1	0.237	0.030							
1.2.1.1. Calzada	CF11	0.750	0.023							
1.2.1.2. Bermas	CF12	0.250	0.008							

Criterios	Código	Pesos (método multi- criterio PAJ)	Pondera- ción	Escala de valoración					Puntaje	Resultado
				Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta		
				1	2	3	4	5		
1.2.2. Drenaje superficial	CF2	0.328	0.042							
1.2.2.1. Alcantarillas	CF21	0.272	0.011							
1.2.2.2. Cunetas	CF22	0.482	0.020							
1.2.2.3. Badenes	CF23	0.088	0.004							
1.2.2.4. Zanjas de drenaje y coronación	CF24	0.158	0.007							
1.2.3. Muros	CF3	0.105	0.013							
1.2.3.1. Muros de contención	CF31	0.750	0.010							
1.2.3.2. Muros de encauzamiento	CF32	0.250	0.003							
1.2.4. Puentes	CF4	0.143	0.018							
1.2.4.1. Encauzamiento	CF41	0.158	0.003							
1.2.4.2. Subestructura	CF42	0.482	0.009							
1.2.4.3. Superestructura	CF43	0.272	0.005							
1.2.4.4. Acceso a puente	CF44	0.088	0.002							

Criterios	Código	Pesos (método multi- criterio PAJ)	Pondera- ción	Escala de valoración					Puntaje	Resultado
				Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta		
				1	2	3	4	5		
1.2.5. Taludes	CF5	0.187	0.024							
1.2.5.1. Taludes de corte	CF51	0.667	0.016							
1.2.5.2. Taludes de terraplenes	CF52	0.333	0.008							
1.3. Condiciones de seguridad	OM3	0.032	0.017							
1.3.1. Señalización horizontal	CS1	0.265	0.005							
1.3.2. Señalización vertical	CS2	0.435	0.007							
1.3.3. Visibilidad	CS3	0.154	0.003							
1.3.4. Puntos negros	CS4	0.090	0.002							
1.3.5. Accidentes	CS5	0.055	0.001							
1.4. Conservación vial	OM4	0.159	0.086							
1.4.1. Mantenimiento rutinario	CV1	0.265	0.023							
1.4.2. Mantenimiento periódico	CV2	0.055	0.005							
1.4.3. Mantenimiento de emergencia	CV3	0.154	0.013							
1.4.4. Mantenimiento preventivo	CV4	0.435	0.037							
1.4.5. Mantenimiento mecanizado	CV5	0.090	0.008							

Criterios	Código	Pesos (método multi- criterio PAJ)	Pondera- ción	Escala de valoración					Puntaje	Resultado
				Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta		
				1	2	3	4	5		
1.5. Características físicas	OM5	0.106	0.057							
1.5.1. Tipo de material	F11	0.667	0.038							
1.5.2. Antigüedad de la infraestructura	F12	0.333	0.019							
1.6. Cantidad de los servicios producidos	OM6	0.046	0.025							
1.6.1. Volumen de tráfico ofertado	CT1	0.750	0.019							
1.6.2. Volumen de tráfico demandado	CT2	0.250	0.006							
1.7. Calidad de los servicios producidos	OM7	0.070	0.038							
1.7.1. Transitabilidad en la vía durante el periodo de operación y mantenimiento	CP1	0.750	0.028							
1.7.2. Transitabilidad en la vía proyectada al periodo de diseño	CP2	0.250	0.009							
2. Sostenibilidad financiera	SF	1.000	0.30							
2.1. Ingresos recaudados	SF1	0.143	0.042							
2.2. Presupuesto asignado para la operación y mantenimiento	SF2	0.571	0.170							
2.3. Presupuesto de inversión	SF3	0.286	0.085							

Criterios	Código	Pesos (método multi- criterio PAJ)	Pondera- ción	Escala de valoración					Puntaje	Resultado
				Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta		
				1	2	3	4	5		
3. Capacidad técnica y gerencial del operador	CG	1.000	0.16							
3.1. Capacidad gerencial del operador	CG1	0.158	0.026							
3.2. Disponibilidad de información técnica relacionada a la infraestructura	CG2	0.088	0.014							
3.3. Disponibilidad de instrumentos y equipos requeridos para la operación y mantenimiento	CG3	0.272	0.045							
3.4. Capacidad técnica y administrativa del operador	CG4	0.482	0.079							
4. Riesgo	R	1.000	1.000							
4.1. Riesgo de la infraestructura vial por erosión	R1	0.286	0.286							
4.2. Riesgo de la infraestructura vial por movimiento de masas	R2	0.571	0.571							
4.3. Riesgo de la infraestructura vial por inundación	R3	0.143	0.143							

**ANEXO VI**  
**CALIFICACIÓN DE CRITERIOS DETERMINANTES DEL ÍNDICE 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:	CE11	Calzada

Escala de valoración	Condición estructural	Calificación de condición		
		Afirmado o no pavimentado	Flexible	Rígido
1 Muy baja	Muy malo	≤ 50	≤ 250	≤ 250
2 Baja	Malo	> 50 y ≤ 150	> 250 y ≤ 400	> 250 y ≤ 400
3 Media	Regular	> 150 y ≤ 400	> 400 y ≤ 700	> 400 y ≤ 700
4 Alta	Bueno	> 400 y ≤ 450	> 700 y ≤ 850	> 700 y ≤ 850
5 Muy alta	Muy bueno	> 450	> 850	> 850

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM1	Condiciones estructurales
Sub - parámetro:	CE1	Plataforma
Descriptor:	CE12	Bermas

Escala de valoración	Condición estructural	Calificación de condición		
		Afirmado o no pavimentado	Flexible	Rígido
1 Muy baja	Muy malo	No tiene	≤ 40	≤ 40
2 Baja	Malo	No tiene	> 40 y ≤ 60	> 40 y ≤ 60
3 Media	Regular	No tiene	> 60 y ≤ 105	> 60 y ≤ 105
4 Alta	Bueno	No tiene	> 105 y ≤ 130	> 105 y ≤ 130
5 Muy alta	Muy bueno	No tiene	> 130	> 130

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM1	Condiciones estructurales
Sub - parámetro:	CE2	Drenaje superficial
Descriptor:	CE21	Alcantarillas

Escala de valoración	Condición estructural	Descripción
----------------------	-----------------------	-------------

1	Muy baja	Muy malo	Toda la estructura se encuentra destruida
2	Baja	Malo	Quebrado en más que el 30% de la estructura
3	Media	Regular	Quebrado entre 10% y 30% de la estructura
4	Alta	Bueno	Quebrado en menos del 10% de la estructura
5	Muy alta	Muy bueno	No hay necesidad de reparaciones

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM1	Condiciones estructurales
Sub - parámetro:	CE2	Drenaje superficial
Descriptor:	CE22	Cunetas

	Escala de valoración	Condición estructural	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	Toda la estructura se encuentra destruida o no existe
2	Baja	Malo	Quebrado en más que el 30 % de la longitud
3	Media	Regular	Quebrado entre 10% y 30% de la longitud
4	Alta	Bueno	Quebrado en menos del 10% de la longitud
5	Muy alta	Muy bueno	No hay necesidad de reparaciones

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM1	Condiciones estructurales
Sub - parámetro:	CE2	Drenaje superficial
Descriptor:	CE23	Badenes

	Escala de valoración	Condición estructural	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	Toda la estructura se encuentra destruida
2	Baja	Malo	Tiene fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3mm). El deterioro de elementos principales afecta la capacidad de servicio.
3	Media	Regular	Tiene fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1mm y ≤ 3mm)
4	Alta	Bueno	Existe fisuras finas (ancho ≤ 1mm)
5	Muy alta	Muy bueno	No hay necesidad de reparaciones

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro:	OM1	Condiciones estructurales	
Sub - parámetro:	CE2	Drenaje superficial	
Descriptor:	CE24	Zanjas de drenaje y coronación	
	Escala de valoración	Condición estructural	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	Toda la estructura se encuentra destruida
2	Baja	Malo	Quebrado en más que el 30 % de la longitud
3	Media	Regular	Quebrado entre 10% y 30% de la longitud
4	Alta	Bueno	Quebrado en menos del 10% de la longitud
5	Muy alta	Muy bueno	No hay necesidad de reparaciones

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro:	OM1	Condiciones estructurales	
Sub - parámetro:	CE3	Muros	
Descriptor:	CE31	Muros de contención	
	Escala de valoración	Condición estructural	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	La estructura ha fallado por deslizamiento o volteo
2	Baja	Malo	La estructura se ha desplazado y afecta la capacidad de servicio
3	Media	Regular	Puede tener problemas que afecten seriamente componentes principales de la estructura
4	Alta	Bueno	Estable con leves daños estructurales
5	Muy alta	Muy bueno	No hay necesidad de reparaciones

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro:	OM1	Condiciones estructurales	
Sub - parámetro:	CE3	Muros	
Descriptor:	CE32	Muros de encauzamiento	
	Escala de valoración	Condición estructural	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	La estructura ha fallado por deslizamiento o volteo
2	Baja	Malo	La estructura se ha desplazado y afecta la capacidad de servicio

3	Media	Regular	Puede tener problemas que afecten seriamente componentes principales de la estructura
4	Alta	Bueno	Estable con leves daños estructurales
5	Muy alta	Muy bueno	No hay necesidad de reparaciones

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM1	Condiciones estructurales
Sub - parámetro:	CE4	Puentes
Descriptor:	CE41	Encauzamiento

Escala de valoración	Condición estructural	Descripción	
1	Muy baja	Muy malo	La subestructura se ha desplazado por severa socavación y afecta la capacidad de servicio. No existe protección de orillas
2	Baja	Malo	Moderada socavación de la subestructura. Mal comportamiento estructural de protección de orillas
3	Media	Regular	Leve socavación de la subestructura. Hay estabilidad y buen comportamiento de los bordes y protección de orillas.
4	Alta	Bueno	Existe adecuado espacio bajo el puente para permitir el paso de las aguas. Hay estabilidad y buen comportamiento de los bordes y protección de orillas.
5	Muy alta	Muy bueno	No existe socavación. Hay estabilidad y buen comportamiento de los bordes y protección de orillas.

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM1	Condiciones estructurales
Sub - parámetro:	CE4	Puentes
Descriptor:	CE42	Subestructura

Escala de valoración	Condición estructural	Descripción	
1	Muy baja	Muy malo	Desplazamiento estructural. Grietas en el encuentro entre el cuerpo y las alas.
2	Baja	Malo	Severo deterioro de subestructura en línea de agua y zona de los apoyos
3	Media	Regular	Moderado deterioro de subestructura en línea de agua y zona de los apoyos

4	Alta	Bueno	Existe fisuras finas superficiales (ancho $\leq$ 1mm)
5	Muy alta	Muy bueno	No hay necesidad de reparaciones

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM1	Condiciones estructurales
Sub - parámetro:	CE4	Puentes
Descriptor:	CE43	Superestructura

	Escala de valoración	Condición estructural	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	Grietas anchas $\geq$ 3 mm en vigas y losas
2	Baja	Malo	Grietas anchas $>1\text{mm}$ y $<$ 3 mm en vigas y losas
3	Media	Regular	Moderado deterioro de superestructura (descascamiento de la superficie de rodadura)
4	Alta	Bueno	Existe fisuras finas superficiales (ancho $\leq$ 1mm)
5	Muy alta	Muy bueno	No hay necesidad de reparaciones

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM1	Condiciones estructurales
Sub - parámetro:	CE4	Puentes
Descriptor:	CE44	Acceso a puente

	Escala de valoración	Condición estructural	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	No existen losas de aproximación
2	Baja	Malo	Grietas anchas $>1\text{mm}$ y $\leq 3$ mm en losas de aproximación
3	Media	Regular	Descascamiento de la superficie de rodadura
4	Alta	Bueno	Existe fisuras finas superficiales (ancho $\leq$ 1mm)
5	Muy alta	Muy bueno	No hay necesidad de reparaciones

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM1	Condiciones estructurales
Sub - parámetro:	CE5	Taludes
Descriptor:	CE51	Taludes de corte

	Escala de valoración	Condición estructural	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	Talud deslizado
2	Baja	Malo	Sin conformación. Sin banquetas de corte. Inadecuada pendiente de corte.
3	Media	Regular	Taludes bajos ( $\leq 5m$ ) conformados. Taludes altos ( $>5m$ ) sin banquetas de corte. Inadecuada pendiente de corte.
4	Alta	Bueno	Taludes bajos ( $\leq 5m$ ) conformados. Taludes altos ( $>5m$ ) con banquetas de corte. Adecuada pendiente de corte.
5	Muy alta	Muy bueno	Taludes bajos ( $\leq 5m$ ). No hay necesidad de conformación. Adecuada pendiente de corte.

Fuente: Adaptado del Diseño Geométrico de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM1	Condiciones estructurales
Sub - parámetro:	CE5	Taludes
Descriptor:	CE52	Taludes de terraplenes

	Escala de valoración	Condición estructural	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	Terraplén deslizado
2	Baja	Malo	Sin conformación. Sin banquetas de relleno. Inadecuada pendiente de terraplén.
3	Media	Regular	Taludes bajos ( $\leq 5m$ ) conformados. Taludes altos ( $>5m$ ) sin banquetas de relleno. Inadecuada pendiente de terraplén.
4	Alta	Bueno	Taludes bajos ( $\leq 5m$ ) conformados. Taludes altos ( $>5m$ ) con banquetas de relleno. Adecuada pendiente de terraplén.
5	Muy alta	Muy bueno	Taludes bajos ( $\leq 5m$ ). No hay necesidad de conformación. Adecuada pendiente de terraplén.

Fuente: Adaptado del Diseño Geométrico de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM2	Condiciones funcionales
Sub - parámetro:	CF1	Plataforma
Descriptor:	CF11	Calzada

	Escala de valoración	Condición funcional	Descripción
1	Muy baja	Intransitable	Deterioro total de la calzada

2	Baja	Interrumpido	La vía tiene obstáculos de gran tamaño que afectan el tránsito vehicular. Existencia de fallas estructurales.
3	Media	Accesible	La vía tiene obstáculos de moderado tamaño que afectan parcialmente el tránsito vehicular. Existencia de fallas superficiales.
4	Alta	Transitable	La vía tiene obstáculos que no afectan el tránsito normal vehicular
5	Muy alta	Transitable libre de obstaculos	La vía está libre de obtáculos

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro:	OM2	Condiciones funcionales	
Sub - parámetro:	CF1	Plataforma	
Descriptor:	CF12	Bermas	
Escala de valoración	Condición funcional	Descripción	
1	Muy baja	Intransitable	Deterioro total de la berma
2	Baja	Interrumpido	La berma tiene obstáculos de gran tamaño que afectan el tránsito peatonal. Existencia de fallas estructurales.
3	Media	Accesible	La berma tiene obstáculos de moderado tamaño que afectan parcialmente el tránsito peatonal. Existencia de fallas superficiales.
4	Alta	Transitable	La berma tiene obstáculos que no afectan el tránsito normal peatonal
5	Muy alta	Transitable libre de obstaculos	La berma está libre de obtáculos

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro:	OM2	Condiciones funcionales	
Sub - parámetro:	CF2	Drenaje superficial	
Descriptor:	CF21	Alcantarillas	
Escala de valoración	Condición funcional	Descripción	
1	Muy baja	Colapsada	Destruída o no existe
2	Baja	Totalmente obstruida	Se encuentra totalmente obstruido con sólidos y sedimentos
3	Media	Parcialmente obstruida	Se encuentra parcialmente obstruido con sólidos y sedimentos, que restringen el paso normal del agua

4	Alta	Limpia	Se encuentra con sedimentos, que no restringen el paso del agua
5	Muy alta	Totalmente limpia	Está libre de sólidos y sedimentos

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM2	Condiciones funcionales
Sub - parámetro:	CF2	Drenaje superficial
Descriptor:	CF22	Cunetas

	Escala de valoración	Condición funcional	Descripción
1	Muy baja	Colapsada	Destruída o no existe
2	Baja	Totalmente obstruida	Se encuentra con rocas y sedimentos, no permiten el paso normal del agua
3	Media	Parcialmente obstruida	Se encuentra con detritos, que restringen moderadamente el paso normal del agua
4	Alta	Limpia	Se encuentra con sedimentos, que no restringen el paso del agua
5	Muy alta	Totalmente limpia	Está libre de materiales en toda la longitud

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM2	Condiciones funcionales
Sub - parámetro:	CF2	Drenaje superficial
Descriptor:	CF23	Badenes

	Escala de valoración	Condición funcional	Descripción
1	Muy baja	Colapsado	Destruído o no existe
2	Baja	Totalmente obstruido	Se encuentra con rocas y sedimentos, no permiten el paso normal del agua
3	Media	Parcialmente obstruido	Se encuentra con detritos, que restringen moderadamente el paso normal del agua
4	Alta	Limpio	Se encuentra con sedimentos, que no restringen el paso del agua
5	Muy alta	Totalmente limpio	Está libre de materiales en toda la superficie

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
---------	----	---

Parámetro:	OM2	Condiciones funcionales	
Sub - parámetro:	CF2	Drenaje superficial	
Descriptor:	CF23	Zanjas de drenaje y coronación	
Escala de valoración	Condición funcional	Descripción	
1	Muy baja	Colapsada	Destruída o no existe
2	Baja	Totalmente obstruida	Se encuentra con rocas y sedimentos, no permiten el paso normal del agua
3	Media	Parcialmente obstruida	Se encuentra con detritos, que restringen moderadamente el paso normal del agua
4	Alta	Limpia	Se encuentra con sedimentos, que no restringen el paso del agua
5	Muy alta	Totalmente limpia	Está libre de materiales en toda la longitud

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro:	OM2	Condiciones funcionales	
Sub - parámetro:	CF3	Muros	
Descriptor:	CF31	Muros de contención	
Escala de valoración	Condición funcional	Descripción	
1	Muy baja	Colapsado	La estructura ha fallado por deslizamiento o volteo
2	Baja	Malo	Inestable con fallas estructurales
3	Media	Regular	Estable con fallas estructurales
4	Alta	Bueno	Estable con fallas superficiales
5	Muy alta	Muy bueno	Estable sin fallas superficiales

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro:	OM2	Condiciones funcionales	
Sub - parámetro:	CF3	Muros	
Descriptor:	CF32	Muros de encauzamiento	
Escala de valoración	Condición funcional	Descripción	
1	Muy baja	Colapsado	La estructura ha fallado por deslizamiento o volteo
2	Baja	Malo	Inestable con fallas estructurales
3	Media	Regular	Estable con fallas estructurales

4	Alta	Bueno	Estable con fallas superficiales
5	Muy alta	Muy bueno	Estable sin fallas superficiales

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM2	Condiciones funcionales
Sub - parámetro:	CF4	Puentes
Descriptor:	CF41	Encauzamiento

	Escala de valoración	Condición funcional	Descripción
1	Muy baja	Inexistente	No existe
2	Baja	Totalmente obstruido	Se encuentra en malas condiciones el encauzamiento
3	Media	Parcialmente obstruido	Se encuentra en moderadas condiciones el encauzamiento
4	Alta	Limpio	Se encuentra en buenas condiciones el encauzamiento
5	Muy alta	Totalmente limpio	Se encuentra en óptimas condiciones el encauzamiento

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM2	Condiciones funcionales
Sub - parámetro:	CF4	Puentes
Descriptor:	CF42	Subestructura

	Escala de valoración	Condición funcional	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	Desplazamiento estructural.
2	Baja	Malo	Estable con fallas estructurales importantes
3	Media	Regular	Estable con fallas estructurales poco importantes
4	Alta	Bueno	Estable con fallas superficiales
5	Muy alta	Muy bueno	Estable sin fallas superficiales

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM2	Condiciones funcionales
Sub - parámetro:	CF4	Puentes
Descriptor:	CF43	Superestructura

	Escala de valoración	Condición funcional	Descripción
1	Muy baja	Intransitable	Colapso del puente
2	Baja	Interrumpido	Existencia de fallas estructurales
3	Media	Accesible	Existencia de fallas superficiales
4	Alta	Transitable	El puente tiene obstáculos que no afectan el tránsito normal vehicular y buen estado estructural
5	Muy alta	Transitable libre de obstáculos	El puente está libre de obstáculos y buen estado estructural

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM2	Condiciones funcionales
Sub - parámetro:	CF4	Puentes
Descriptor:	CF44	Acceso a puente

	Escala de valoración	Condición funcional	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	No existen losas de aproximación
2	Baja	Malo	Existencia de fallas estructurales
3	Media	Regular	Existencia de fallas superficiales
4	Alta	Bueno	Existencia de obstáculos que no afectan el tránsito normal vehicular y buen estado estructural
5	Muy alta	Muy bueno	Está libre de obstáculos y buen estado estructural

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM2	Condiciones funcionales
Sub - parámetro:	CF5	Taludes
Descriptor:	CF51	Taludes de corte

	Escala de valoración	Condición funcional	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	Siempre hay deslizamiento de material de magnitud importante
2	Baja	Malo	Frecuentemente hay deslizamiento de material de magnitud importante
3	Media	Regular	Ocasionalmente hay deslizamiento de material de magnitud poco importante
4	Alta	Bueno	Raramente hay deslizamiento de material de magnitud sin importancia

5	Muy alta	Muy bueno	Deslizamiento de material de tamaño pequeño
---	----------	-----------	---

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM2	Condiciones funcionales
Sub - parámetro:	CF5	Taludes
Descriptor:	CF52	Taludes de terraplenes

	Escala de valoración	Condición funcional	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	Siempre hay deslizamiento de material de magnitud importante
2	Baja	Malo	Frecuentemente hay deslizamiento de material de magnitud importante
3	Media	Regular	Ocasionalmente hay deslizamiento de material de magnitud poco importante
4	Alta	Bueno	Raramente hay deslizamiento de material de magnitud sin importancia
5	Muy alta	Muy bueno	Deslizamiento de material de tamaño pequeño

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM3	Condiciones de seguridad
Descriptor:	CS1	Señalización horizontal

	Escala de valoración	Condición de seguridad	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	Se encuentra totalmente deteriorada. No existe
2	Baja	Malo	Señalización deficiente y en grave proceso de deterioro
3	Media	Regular	Señalización adecuada con moderados daños
4	Alta	Bueno	Señalización adecuada con leves daños
5	Muy alta	Muy bueno	Señalización adecuada y bien conservada

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM3	Condiciones de seguridad
Descriptor:	CS2	Señalización vertical

	Escala de valoración	Condición de seguridad	Descripción
--	----------------------	------------------------	-------------

1	Muy baja	Muy malo	Se encuentra totalmente deteriorada. No existe
2	Baja	Malo	Señalización deficiente y grave proceso de deterioro
3	Media	Regular	Señalización adecuada con moderados daños
4	Alta	Bueno	Señalización adecuada con leves daños
5	Muy alta	Muy bueno	Señalización adecuada y bien conservada

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM3	Condiciones de seguridad
Descriptor:	CS3	Visibilidad

	Escala de valoración	Condición de seguridad	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	No existe visibilidad
2	Baja	Malo	Distancias de visibilidad inapropiadas. Curvas verticales y vegetación que interfieran la visibilidad
3	Media	Regular	Objetos que afectan moderadamente la visibilidad
4	Alta	Bueno	Objetos pequeños que no afectan la visibilidad
5	Muy alta	Muy bueno	Distancias de visibilidad apropiadas y sin interferencias

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM3	Condiciones de seguridad
Descriptor:	CS4	Puntos negros

	Escala de valoración	Severidad	Descripción
1	Muy baja	Muy alta	Puntos negros con muy alta accidentalidad ( $\geq 2$ accidentes con muertos y/o heridos graves). Requiere cambio de trazo
2	Baja	Alta	Puntos negros con alta accidentalidad ( $\geq 3$ accidentes con solo heridos leves).
3	Media	Moderada	Puntos negros con baja accidentalidad ( $\geq 6$ accidentes con solo daños materiales).
4	Alta	Baja	Puntos negros con muy baja accidentalidad ( $\leq 5$ accidentes con solo daños materiales).
5	Muy alta	Muy baja	No se identificaron

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
---------	----	---

Parámetro:	OM3	Condiciones de seguridad
Descriptor:	CS5	Accidentes

	Escala de valoración	Severidad	Descripción
1	Muy baja	Muy alta	Con muertos
2	Baja	Alta	Con heridos graves
3	Media	Moderada	Con heridos leves
4	Alta	Baja	Con daños materiales
5	Muy alta	Muy baja	No hay registro de accidentes

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM4	Conservación vial
Descriptor:	CV1	Mantenimiento rutinario

	Escala de valoración	Conservación	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	No se realiza
2	Baja	Malo	Se realizan < 50% de actividades
3	Media	Regular	Se realizan entre 50% y 80% de actividades
4	Alta	Bueno	Se realizan > 80% de actividades
5	Muy alta	Muy bueno	Se realizan todas las actividades

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
Parámetro:	OM4	Conservación vial
Descriptor:	CV2	Mantenimiento periódico

	Escala de valoración	Conservación	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	No se realiza
2	Baja	Malo	Se realizan < 50% de actividades
3	Media	Regular	Se realizan entre 50% y 80% de actividades
4	Alta	Bueno	Se realizan > 80% de actividades
5	Muy alta	Muy bueno	Se realizan todas las actividades

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura
---------	----	---

Parámetro:	OM4	Conservación vial	
Descriptor:	CV3	Mantenimiento de emergencia	
	Escala de valoración	Conservación	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	No se realiza
2	Baja	Malo	Se realiza inadecuadamente y de manera inoportuna
3	Media	Regular	Se realiza inadecuadamente y de manera oportuna
4	Alta	Bueno	Se realiza adecuadamente y de manera oportuna
5	Muy alta	Muy bueno	Se realiza adecuadamente y de manera inmediata

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro:	OM4	Conservación vial	
Descriptor:	CV4	Mantenimiento preventivo	
	Escala de valoración	Conservación	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	No se realiza
2	Baja	Malo	Se realiza rara vez
3	Media	Regular	Se realiza ocasionalmente
4	Alta	Bueno	Se realiza frecuentemente
5	Muy alta	Muy bueno	Siempre se realiza

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro:	OM4	Conservación vial	
Descriptor:	CV5	Mantenimiento mecanizado	
	Escala de valoración	Conservación	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	No se realiza
2	Baja	Malo	Se realiza rara vez
3	Media	Regular	Se realiza ocasionalmente
4	Alta	Bueno	Se realiza frecuentemente
5	Muy alta	Muy bueno	Siempre se realiza

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
---------	----	---	--

Parámetro:	OM5	Características físicas	
Descriptor:	DV1	Tipo de material	
	Escala de valoración	Resultado	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	Trocha carrozable
2	Baja	Malo	Afirmado sin mantenimiento
3	Media	Regular	Afirmado con mantenimiento
4	Alta	Bueno	Bicapa
5	Muy alta	Muy bueno	Concreto o Asfalto

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro:	OM5	Características físicas	
Descriptor:	DV1	Antigüedad de la infraestructura	
	Escala de valoración	Resultado	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	Mayor a 20 años
2	Baja	Malo	15 a 20 años
3	Media	Regular	5 a 10 años
4	Alta	Bueno	1 a 5 años
5	Muy alta	Muy bueno	0 a 1 año

Fuente: Adaptado del Manual de Conservación de Carreteras, MTC, 2018.

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro:	OM6	Cantidad de los servicios producidos	
Descriptor:	CT1	Volumen de tráfico ofertado	
	Escala de valoración	Resultado	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	Volumen ofertado es igual a cero
2	Baja	Malo	Volumen ofertado es menor que el volumen demandado
3	Media	Regular	Volumen ofertado es igual o ligeramente mayor que el volumen demandado
4	Alta	Bueno	Volumen ofertado es mayor que el volumen demandado
5	Muy alta	Muy bueno	Volumen ofertado es mucho mayor que el volumen demandado
Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	

Parámetro:	OM6	Cantidad de los servicios producidos	
Descriptor:	CT1	Volumen de tráfico demandado	
	Escala de valoración	Resultado	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	Volumen demandado es igual a cero
2	Baja	Malo	Volumen demandado es mayor que el volumen ofertado
3	Media	Regular	Volumen demandado es igual o ligeramente menor que el volumen ofertado
4	Alta	Bueno	Volumen demandado es menor que el volumen ofertado
5	Muy alta	Muy bueno	Volumen demandado es mucho mayor que el volumen ofertado

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro:	OM7	Calidad de los servicios producidos	
Descriptor:	CT1	Transitabilidad en la vía durante el periodo de operación y mantenimiento	

	Escala de valoración	Transitabilidad	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	Se cumple que los niveles de servicio de menos del 25% de los componentes de la vía, son menores a los límites mínimos admisibles
2	Baja	Malo	Se cumple que los niveles de servicio de menos del 50% de los componentes de la vía, son menores a los límites mínimos admisibles
3	Media	Regular	Se cumple que los niveles de servicio de más del 50% de los componentes de la vía, son menores a los límites mínimos admisibles
4	Alta	Bueno	Se cumple que los niveles de servicio de más del 75% de los componentes de la vía, son menores a los límites mínimos admisibles
5	Muy alta	Muy bueno	Se cumple que los niveles de servicio de todos los componentes de la vía, son menores a los límites mínimos admisibles

Factor:	OM	Operación y mantenimiento de la infraestructura	
Parámetro:	OM7	Calidad de los servicios producidos	
Descriptor:	CT2	Transitabilidad en la vía proyectada al periodo de diseño	

	Escala de valoración	Transitabilidad	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	Se cumple que los niveles de servicio de menos del 25% de los componentes de la vía, son menores a los límites mínimos admisibles

2	Baja	Malo	Se cumple que los niveles de servicio de menos del 50% de los componentes de la vía, son menores a los límites mínimos admisibles
3	Media	Regular	Se cumple que los niveles de servicio de más del 50% de los componentes de la vía, son menores a los límites mínimos admisibles
4	Alta	Bueno	Se cumple que los niveles de servicio de más del 75% de los componentes de la vía, son menores a los límites mínimos admisibles
5	Muy alta	Muy bueno	Se cumple que los niveles de servicio de todos los componentes de la vía, son menores a los límites mínimos admisibles

Factor: SF Sostenibilidad financiera

Descriptor: SF1 Ingresos recaudados

Escala de valoración		Resultado	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	No se genera ingresos o son escasos
2	Baja	Malo	Los ingresos recaudados cubren parcialmente los costos de OyM
3	Media	Regular	Los ingresos recaudados cubren parcialmente los costos de inversión y totalmente costos de OyM
4	Alta	Bueno	Los ingresos recaudados cubren totalmente los costos de inversión y costos de OyM
5	Muy alta	Muy bueno	Los ingresos recaudados cubren totalmente los costos de inversión, costos de OyM y rehabilitación

Factor: SF Sostenibilidad financiera

Descriptor: SF2 Presupuesto asignado para la operación y mantenimiento

Escala de valoración		Resultado	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	No existe asignación de presupuesto para la OyM
2	Baja	Malo	El presupuesto asignado cubre menos del 50% los costos de OyM
3	Media	Regular	El presupuesto asignado cubre más del 50% los costos de OyM
4	Alta	Bueno	El presupuesto asignado cubre más de 80% los costos de OyM
5	Muy alta	Muy bueno	El presupuesto asignado cubre totalmente los costos de OyM

---

Factor: SF Sostenibilidad financiera

---

Descriptor: SF3 Presupuesto de inversión

---

	Escala de valoración	Resultado	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	eficiencia de costo < 0.50 y eficiencia de tiempo < 0.50
2	Baja	Malo	eficiencia de costo < 0.85 y eficiencia de tiempo < 0.85
3	Media	Regular	eficiencia de costo < 1.00 y eficiencia de tiempo < 1.00
4	Alta	Bueno	eficiencia de costo = 1.00 y eficiencia de tiempo = 1.00
5	Muy alta	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	Nivel de percepción	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	Muy deficiente
2	Baja	Malo	Deficiente
3	Media	Regular	Regular
4	Alta	Bueno	Bueno
5	Muy alta	Muy bueno	Muy bueno

---

Factor: CG Capacidad técnica y gerencial del operador

---

Descriptor: CG2 Disponibilidad de información técnica relacionada a la infraestructura

---

	Escala de valoración	Nivel de percepción	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	No existe información
2	Baja	Malo	Escasa información
3	Media	Regular	Información es de limitado acceso
4	Alta	Bueno	Información de libre acceso
5	Muy alta	Muy bueno	Abundante información de libre acceso

---

Factor: CG Capacidad técnica y gerencial del operador

---

Descriptor: CG3 Disponibilidad de instrumentos y equipos requeridos para la operación y mantenimiento

---

	Escala de valoración	Nivel de percepción	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	No cuenta con instrumentos y equipos
2	Baja	Malo	Instrumentos y equipos en mal estado o inadecuados
3	Media	Regular	Instrumentos y equipos necesarios en regular estado
4	Alta	Bueno	Instrumentos y equipos necesarios en buen estado
5	Muy alta	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	Nivel de percepción	Descripción
1	Muy baja	Muy malo	Muy deficiente
2	Baja	Malo	Deficiente
3	Media	Regular	Regular
4	Alta	Bueno	Bueno
5	Muy alta	Muy bueno	Muy bueno

Factor: R Riesgo

Descriptor: R1 Riesgo de la infraestructura vial por erosión

	Rango de valoración		Nivel de riesgo		Descripción
0.280	< R ≤	0.720	Muy baja	Muy alto	Muy baja probabilidad de ocurrencia
0.100	< R ≤	0.280	Baja	Alto	Baja probabilidad de ocurrencia
0.030	< R ≤	0.100	Media	Moderado	Mediana probabilidad de ocurrencia
0.005	< R ≤	0.030	Alta	Bajo	Alta probabilidad de ocurrencia
0.001	≤ R ≤	0.005	Muy alta	Muy bajo	Muy alta probabilidad de ocurrencia

Fuente: Adaptado del PMBOK, 2017.

Factor: R Riesgo

Descriptor: R2 Riesgo de la infraestructura vial por movimiento de masas

	Rango de valoración		Nivel de riesgo		Descripción
0.280	< R ≤	0.720	Muy baja	Muy alto	Muy baja probabilidad de ocurrencia
0.100	< R ≤	0.280	Baja	Alto	Baja probabilidad de ocurrencia
0.030	< R ≤	0.100	Media	Moderado	Mediana probabilidad de ocurrencia
0.005	< R ≤	0.030	Alta	Bajo	Alta probabilidad de ocurrencia

0.001	$\leq R \leq$	0.005	Muy alta	Muy bajo	Muy alta probabilidad de ocurrencia
-------	---------------	-------	----------	----------	-------------------------------------

Fuente: Adaptado del PMBOK, 2017.

Factor:	R	Riesgo
Descriptor:	R3	Riesgo de la infraestructura vial por inundación

Rango de valoración			Nivel de riesgo		Descripción
0.280	$< R \leq$	0.720	Muy baja	Muy alto	Muy baja probabilidad de ocurrencia
0.100	$< R \leq$	0.280	Baja	Alto	Baja probabilidad de ocurrencia
0.030	$< R \leq$	0.100	Media	Moderado	Mediana probabilidad de ocurrencia
0.005	$< R \leq$	0.030	Alta	Bajo	Alta probabilidad de ocurrencia
0.001	$\leq R \leq$	0.005	Muy alta	Muy bajo	Muy alta probabilidad de ocurrencia

Fuente: Adaptado del PMBOK, 2017.

**ANEXO VII**

**PROCEDIMIENTO DE LA EVALUACIÓN DE RIESGOS Y EVALUACIÓN DE LA  
SOSTENIBILIDAD EN LA CARRETERA CHONGOYAPE – COCHABAMBA -  
CAJAMARCA, TRAMO COCHABAMBA – CHOTA – 2018**

RESULTADOS DE EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD Y RIESGOS										
<b>Tesis</b>	Título	Índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018								
	Maestría	Karina del Rocío Silva Tarrillo								
<b>Número y fecha del documento</b>	Número	005								
	Fecha	30 de noviembre del 2019								
<b>Datos generales de la infraestructura vial</b>	Carretera	Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca								
	Tramo	Cochabamba – Chota								
	Código de ruta	PE - 3N								
<b>Sección evaluada</b>	Progresivas	Km 4+000 al Km 5+000								
	Superficie de rodadura	Asfalto: 4+870 - 5+000; Bicapa: 4+000 - 4+050, 4+280 - 4+475, 4+610 - 4+740; Afirmado: 4+050 - 4+280, 4+475 - 4+610, 4+740 - 4+870								
	Ubicación	Cochabamba - Chota - Cajamarca								
Factores determinantes	Código	Pesos (método multi-criterio)	Ponderación	Escala de valoración					Puntaje	Resultado
				Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta		
				1	2	3	4	5		
1. Operación y mantenimiento de la infraestructura	OM	0.539	0.539							1.041
1.1. Condiciones estructurales	OM1	0.350	0.189							0.342
1.1.1. Plataforma	CE1	0.369	0.070							0.070
1.1.1.1. Calzada	CE11	0.800	0.056	1					1	0.056
1.1.1.2. Bermas	CE12	0.200	0.014	1					1	0.014

Factores determinantes	Código	Pesos (método multi- criterio)	Pondera- ción	Escala de valoración					Puntaje	Resultado
				Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta		
				1	2	3	4	5		
1.1.2. Drenaje superficial	CE2	0.260	0.049							0.078
1.1.2.1. Alcantarillas	CE21	0.272	0.013		2				2	0.026
1.1.2.2. Cunetas	CE22	0.482	0.024	1					1	0.024
1.1.2.3. Badenes	CE23	0.088	0.004					5	5	0.020
1.1.2.4. Zanjas de drenaje y coronación	CE24	0.158	0.008	1					1	0.008
1.1.3. Muros	CE3	0.079	0.015							0.026
1.1.3.1. Muros de contención	CE31	0.750	0.011		2				2	0.022
1.1.3.2. Muros de encauzamiento	CE32	0.250	0.004	1					1	0.004
1.1.4. Puentes	CE4	0.117	0.022							0.110
1.1.4.1. Encauzamiento	CE41	0.158	0.003					5	5	0.015
1.1.4.2. Subestructura	CE42	0.482	0.011					5	5	0.055
1.1.4.3. Superestructura	CE43	0.272	0.006					5	5	0.030
1.1.4.4. Acceso a puente	CE44	0.088	0.002					5	5	0.010

Factores determinantes	Código	Pesos (método multi- criterio)	Pondera- ción	Escala de valoración					Puntaje	Resultado
				Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta		
				1	2	3	4	5		
1.1.5. Taludes	CE5	0.175	0.033							0.058
1.1.5.1. Taludes de corte	CE51	0.750	0.025		2				2	0.050
1.1.5.2. Taludes de terraplenes	CE52	0.250	0.008	1					1	0.008
1.2. Condiciones funcionales	OM2	0.237	0.128							0.275
1.2.1. Plataforma	CF1	0.237	0.030							0.053
1.2.1.1. Calzada	CF11	0.750	0.023		2				2	0.046
1.2.1.2. Bermas	CF12	0.250	0.007	1					1	0.007
1.2.2. Drenaje superficial	CF2	0.328	0.042							0.080
1.2.2.1. Alcantarillas	CF21	0.272	0.011			3			3	0.033
1.2.2.2. Cunetas	CF22	0.482	0.020	1					1	0.020
1.2.2.3. Badenes	CF23	0.088	0.004					5	5	0.020
1.2.2.4. Zanjas de drenaje y coronación	CF24	0.158	0.007	1					1	0.007
1.2.3. Muros	CF3	0.105	0.013							0.023
1.2.3.1. Muros de contención	CF31	0.750	0.010		2				2	0.020
1.2.3.2. Muros de encauzamiento	CF32	0.250	0.003	1					1	0.003

Factores determinantes	Código	Pesos (método multi- criterio)	Pondera- ción	Escala de valoración					Puntaje	Resultado
				Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta		
				1	2	3	4	5		
1.2.4. Puentes	CF4	0.143	0.019							0.095
1.2.4.1. Encauzamiento	CF41	0.158	0.003					5	5	0.015
1.2.4.2. Subestructura	CF42	0.482	0.009					5	5	0.045
1.2.4.3. Superestructura	CF43	0.272	0.005					5	5	0.025
1.2.4.4. Acceso a puente	CF44	0.088	0.002					5	5	0.010
1.2.5. Taludes	CF5	0.187	0.024							0.024
1.2.5.1. Taludes de corte	CF51	0.667	0.016	1					1	0.016
1.2.5.2. Taludes de terraplenes	CF52	0.333	0.008	1					1	0.008
1.3. Condiciones de seguridad	OM3	0.032	0.017							0.027
1.3.1. Señalización horizontal	CS1	0.265	0.004	1					1	0.004
1.3.2. Señalización vertical	CS2	0.435	0.007		2				2	0.014
1.3.3. Visibilidad	CS3	0.154	0.003		2				2	0.006
1.3.4. Puntos negros	CS4	0.090	0.002	1					1	0.002
1.3.5. Accidentes	CS5	0.055	0.001	1					1	0.001

Factores determinantes	Código	Pesos (método multi- criterio)	Pondera- ción	Escala de valoración					Puntaje	Resultado
				Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta		
				1	2	3	4	5		
1.4. Conservación vial	OM4	0.159	0.086							0.120
1.4.1. Mantenimiento rutinario	CV1	0.265	0.023	1					1	0.023
1.4.2. Mantenimiento periódico	CV2	0.055	0.005	1					1	0.005
1.4.3. Mantenimiento de emergencia	CV3	0.154	0.013			3			3	0.039
1.4.4. Mantenimiento preventivo	CV4	0.435	0.037	1					1	0.037
1.4.5. Mantenimiento mecanizado	CV5	0.090	0.008		2				2	0.016
1.5. Características físicas	OM5	0.106	0.057							0.190
1.5.1. Tipo de material	FI1	0.667	0.038			3			3	0.114
1.5.2. Antigüedad de la infraestructura	FI2	0.333	0.019				4		4	0.076
1.6. Cantidad de los servicios producidos	OM6	0.046	0.025							0.050
1.6.1. Volumen de tráfico ofertado	CT1	0.750	0.019		2				2	0.038
1.6.2. Volumen de tráfico demandado	CT2	0.250	0.006		2				2	0.012
1.7. Calidad de los servicios producidos	OM7	0.070	0.037							0.037
1.7.1. Transitabilidad en la vía durante el periodo de operación y mantenimiento	CP1	0.750	0.028	1					1	0.028
1.7.2. Transitabilidad en la vía proyectada al periodo de diseño	CP2	0.250	0.009	1					1	0.009

Factores determinantes	Código	Pesos (método multi- criterio)	Pondera- ción	Escala de valoración					Puntaje	Resultado
				Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta		
				1	2	3	4	5		
<b>2. Sostenibilidad financiera</b>	<b>SF</b>	<b>0.297</b>	<b>0.297</b>							<b>0.382</b>
2.1. Ingresos recaudados	SF1	0.143	0.042	1					1	0.042
2.2. Presupuesto asignado para la operación y mantenimiento	SF2	0.571	0.170	1					1	0.170
2.3. Presupuesto de inversión	SF3	0.286	0.085		2				2	0.170
<b>3. Capacidad técnica y gerencial del operador</b>	<b>CG</b>	<b>0.164</b>	<b>0.164</b>							<b>0.178</b>
3.1. Capacidad gerencial del operador	CG1	0.158	0.026	1					1	0.026
3.2. Disponibilidad de información técnica relacionada a la infraestructura	CG2	0.088	0.014		2				2	0.028
3.3. Disponibilidad de instrumentos y equipos requeridos para la operación y mantenimiento	CG3	0.272	0.045	1					1	0.045
3.4. Capacidad técnica y administrativa del operador	CG4	0.482	0.079	1					1	0.079
<b>4. Riesgo</b>	<b>R</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>							<b>0.369</b>
4.1. Riesgo de la infraestructura vial por erosión	R1	0.286	0.286		0.352				0.352	0.101
4.2. Riesgo de la infraestructura vial por movimiento de masas	R2	0.571	0.571	0.425					0.425	0.243
4.3. Riesgo de la infraestructura vial por inundación	R3	0.143	0.143		0.179				0.179	0.026

EVALUACIÓN DE CONDICIONES ESTRUCTURALES DE LA PLATAFORMA DE CARRETERAS CON PAVIMENTO FLEXIBLE																				
Tesis	Título:	Índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018				Datos generales de la infraestructura		Carretera: Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca			Sección evaluada	Progresivas: Km 4+160 al Km 4+200		Número y fecha del documento	Número:	005				
	Maestría:	Karina del Rocío Silva Tarrillo						Tramo: Cochabamba – Chota				Superficie de rodadura: Alfirmado				Fecha:	30 de noviembre del 2019			
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 (Efi)	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	Piel de cocodrilo	1: Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto 2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto 3: Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto	1	40.00	5.40	216.00			5.40	40.00	216.00	100.0000%	100.0000%	P= 0	0 < P < 40	40 ≤ P < 200	P= 200	200	
	2	Fisuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho ≤ 1 mm) 2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm) 3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.	43	40.00	0.10	172.00		0.30	0.00	5.40	40.00	216.00	79.6296%	79.6296%	P= 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100	100
	3	Deformación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm 2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm 3: Profundidad > 4 cm	1	40.00	5.40	216.00			0.00	5.40	40.00	216.00	100.0000%	100.0000%	P= 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100	100
	4	Ahuellamiento	1: Profundidad sensible al usuario pero ≤ 6 mm 2: Profundidad > 6 mm y ≤ 12 mm 3: Profundidad > 12 mm	2	40.00	1.50	120.00			0.00	5.40	40.00	216.00	55.5556%	55.5556%	P= 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100	100
	5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales. 2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado. 3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.							0.00	5.40	40.00	216.00	0.0000%	0.0000%	P= 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P= 50	50
CALZADA Deterioros o fallas superficiales	6	Peladura y desprendimiento	1: Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial). 2: Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular. 3: Continuo con aparición de la base granular.	1	40.00	5.40	216.00			0.00	5.40	40.00	216.00	100.0000%	100.0000%	P= 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P= 50	50
	7	Baches (huecos)	1: Diámetro < 0.2 m 2: Diámetro entre 0.2 y 0.5 m 3: Diámetro > 0.5 m	3										3.00	EFp= 0	0 < EFp < 1	1 ≤ EFp < 2	EFp > 2		
	8	Fisuras transversales	1: Fisuras Finas (ancho ≤ 1 mm) 2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm) 3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.	29	40.00	0.10	116.00		0.30	0.00	5.40	40.00	216.00	53.7037%	53.7037%	P= 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P= 50	50
	9	Exudación	1: Puntual 2: Continua 3: Continua con superficie viscosa							0.00	5.40	40.00	216.00	0.0000%	0.0000%	P= 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100	100
BERMAS Pavimentadas y no pavimentadas	10	Daños puntuales	1: Daños puntuales baches o huecos, erosión 2: Daños en menos del 30 % del área de bermas en la longitud evaluada 3: Deterioros en más del 30 % del área de bermas en la longitud evaluada	2	40.00	0.50	40.00			1.00	40.00	40.00	100.0000%	100.0000%	P= 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P= 50	50	
	11	Desnivel calzada - berna	1: Deseñivel leve < 15 mm 2: Deseñivel moderado entre 15 y 50 mm 3: Deseñivel severo > 50 mm	2	40.00		80.00			0.00		80.00	100.0000%	100.0000%	P= 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100	100	
															Suma puntaje de condición =		850			
															Calificación de condición (1000 - suma puntaje de condición) =		150			
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 con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018				Datos generales de la infraestructura				Carretera: Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca			Sección evaluada		Progresivas: Km 4+400 al Km 4+440		Número y fecha del documento		Número: 005	
	Maestría:	Karina del Rocío Silva Tarrillo								Tramo: Cochabamba – Chota			Superficie de rodadura: Bicapa		Ubicación: Cochabamba - Chota - Cajamarca		Fecha: 30 de noviembre del 2019			
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 de la sección evaluada (m)	Área de la sección evaluada (m2)	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	Piel de cocodrilo	1: Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto 2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto 3: Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto	1	40.0000	5.2000	208.00	208.00	5.20	40.00	208.00	100.0000%	P= 0 0	0 < P < 40 400	40 ≤ P < 200 760	P= 200 200	200			
	2	Fisuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho ≤ 1 mm) 2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm) 3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.	19	40.0000	0.3000	228.00	228.00	5.20	40.00	208.00	109.6154%	P= 0 0	0 < P < 20 220	20 ≤ P < 100 418	P= 100 100	100			
	3	Deformación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm 2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm 3: Profundidad > 4 cm	1	40.0000	0.8000	32.00	32.00	5.20	40.00	208.00	15.3846%	P= 0 0	0 < P < 20 31	20 ≤ P < 100 42	P= 100 100	42			
	4	Ahuellamiento	1: Profundidad sensible al usuario pero ≤ 6 mm 2: Profundidad > 6 mm y ≤ 12 mm 3: Profundidad > 12 mm	2	30.0000	1.2000	72.00	72.00	5.20	40.00	208.00	34.6154%	P= 0 0	0 < P < 20 70	20 ≤ P < 100 118	P= 100 100	100			
	5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales. 2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado. 3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.	8	1.2000	0.8000	7.68	7.68	5.20	40.00	208.00	3.6923%	P= 0 0	0 < P < 10 4	10 ≤ P < 50 -3	P= 50 50	4			
CALZADA Deterioros o fallas superficiales	6	Peladura y desprendimiento	1: Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial). 2: Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular. 3: Continuo con aparición de la base granular.	1	9.0000	5.6000	50.40	50.40	5.20	40.00	208.00	24.2308%	P= 0 0	0 < P < 10 25	10 ≤ P < 50 38	P= 50 50	38			
	7	Baches (huecos)	1: Diámetro < 0.2 m 2: Diámetro entre 0.2 y 0.5 m 3: Diámetro > 0.5 m	7 5								12.00	EFp= 0 P= 0 0	0 < EFp < 1 0 < P < 20 240	1 ≤ EFp ≤ 2 20 ≤ P < 100 927	EFp > 2 P= 100 100	100			
	8	Fisuras transversales	1: Fisuras Finas (ancho ≤ 1 mm) 2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm) 3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.	8	40.0000	0.3000	96.00	96.00	5.20	40.00	208.00	46.1538%	P= 0 0	0 < P < 10 47	10 ≤ P < 50 82	P= 50 50	50			
	9	Exudación	1: Puntual 2: Continua 3: Continua con superficie viscosa	1	20.0000	1.2000	24.00	24.00	5.20	40.00	208.00	11.5385%	P= 0 0	0 < P < 20 24	20 ≤ P < 100 26	P= 100 100	26			
BERMAS Pavimentadas y no pavimentadas	10	Daños puntuales	1: Daños puntuales baches o huecos, erosión 2: Daños en menos del 30 % del área de bermas en la longitud evaluada 3: Deterioros en más del 30 % del área de bermas en la longitud evaluada	2	40.0000	0.5000	40.00	40.00	1.00	40.00	40.00	100.0000%	P= 0 0	0 < P < 10 100	10 ≤ P < 50 190	P= 50 50	50			
	11	Desnivel calzada - berna	1: Desnivel leve < 15 mm 2: Desnivel moderado entre 15 y 50 mm 3: Desnivel severo > 50 mm	1	12.0000		12.00	12.00		80.00	80.00	15.0000%	P= 0 0	0 < P < 20 30	20 ≤ P < 100 40	P= 100 100	40			
												Suma puntaje de condición =				750				
												Calificación de condición (1000 - suma puntaje de condición) =				250				
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 con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018				Datos generales de la infraestructura		Carretera: Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca			Sección evaluada	Progresivas: Km 0+640 al Km 0+680		Número y fecha del documento	Número:	005			
	Maestría:	Karina del Rocío Silva Tarrillo						Tramo: Cochabamba – Chota				Superficie de rodadura: Bicapa			Fecha:	30 de noviembre del 2019			
Clasificación de los deterioros/fallas	Código de deterioro/ falla	Deterioro / Falla	Gravedad (G)	Número de deterioros (Ni)	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 (Efi)	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 0% < Efp < 10%	2: Moderado 10% ≤ Efp < 30%	3: Severo Efp ≥ 30%	
CALZADA Deterioros o fallas estructurales	1	Piel de cocodrilo	1: Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto 2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto 3: Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto	1	40.0000	5.4000	216.00					216.00	100.0000%	100.0000%	P= 0	0 < P < 40	40 ≤ P < 200	P= 200	200
	2	Fisuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho ≤ 1 mm) 2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm) 3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.	24	40.0000	0.3000	288.00					216.00	133.3333%	133.3333%	P= 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100	100
	3	Deformación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm 2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm 3: Profundidad > 4 cm	1	40.0000	0.5000	20.00					216.00	9.2593%	9.2593%	P= 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100	19
	4	Ahuellamiento	1: Profundidad sensible al usuario pero ≤ 6 mm 2: Profundidad > 6 mm y ≤ 12 mm 3: Profundidad > 12 mm	2	32.0000	1.2000	76.80					216.00	35.5556%	35.5556%	P= 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100	100
	5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales. 2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado. 3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.	2	1.8000	1.0000	3.60					216.00	1.6667%	1.6667%	P= 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P= 50	2
CALZADA Deterioros o fallas superficiales	6	Peladura y desprendimiento	1: Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial). 2: Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular. 3: Continuo con aparición de la base granular.	1	11.0000	4.0000	44.00					216.00	20.3704%	20.3704%	P= 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P= 50	31
	7	Baches (huecos)	1: Diámetro < 0.2 m 2: Diámetro entre 0.2 y 0.5 m 3: Diámetro > 0.5 m	11									19.00	19.00	EFp= 0	0 < EFp < 1	1 ≤ EFp < 2	EFp ≥ 2	100
	8	Fisuras transversales	1: Fisuras Finas (ancho ≤ 1 mm) 2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm) 3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.	11	40.0000	0.3000	132.00					216.00	61.1111%	61.1111%	P= 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P= 50	50
	9	Exudación	1: Puntual 2: Continua 3: Continua con superficie viscosa	1	28.0000	1.5000	42.00					216.00	19.4444%	19.4444%	P= 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100	58
BERMAS Pavimentadas y no pavimentadas	10	Daños puntuales	1: Daños puntuales baches o huecos, erosión 2: Daños en menos del 30 % del área de bermas en la longitud evaluada 3: Deterioros en más del 30 % del área de bermas en la longitud evaluada	2	40.0000	0.5000	40.00					40.00	100.0000%	100.0000%	P= 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P= 50	50
	11	Desnivel calzada - berna	1: Deseñel leve < 15 mm 2: Deseñel moderado entre 15 y 50 mm 3: Deseñel severo > 50 mm	1	21.0000		21.00					80.00	26.2500%	26.2500%	P= 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100	85
														Suma puntaje de condición =				795	
														Calificación de condición (1000 - suma puntaje de condición) =				205	
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 con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018				Datos generales de la infraestructura				Carretera: Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca			Sección evaluada		Progresivas: Km 4+880 al Km 4+920		Número y fecha del documento		Número:	005	
	Maestría:	Karina del Rocío Silva Tarrillo								Tramo: Cochabamba – Chota					Superficie de rodadura: Asfalto		Ubicación: Cochabamba - Chota - Cajamarca		Fecha:	30 de noviembre del 2019	
Clasificación de los deterioros/fallas	Código de deterioro/ fallas	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)	Porcentaje de la extensión del deterioro/falla (Efi)	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 0% < EFp < 10%	2: Moderado 10% ≤ EFp < 30%	3: Severo EFp > 30%			
CALZADA Deterioros o fallas estructurales	1	Piel de cocodrilo	1: Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto	1	40.0000	6.0000	240.00			6.00	40.00	240.00	100.0000%	P= 0	0 < P < 40	40 ≤ P < 200	P= 200	200			
			2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto				0.00	6.00	40.00	240.00	0.0000%	0	400	760	200						
			3: Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto				0.00	6.00	40.00	240.00	0.0000%										
	2	Fisuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho ≤ 1 mm)	2	40.0000	0.3000	24.00	6.00	40.00	240.00	10.0000%	P= 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100	20					
			2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm)				0.00	6.00	40.00	240.00	0.0000%	0	20	100							
CALZADA Deterioros o fallas superficiales	3	Deformación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm	1	20.0000	0.8000	16.00	6.00	40.00	240.00	6.6667%	P= 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100	14					
			2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm				0.00	6.00	40.00	240.00	0.0000%	0	14	7	100						
	4	Ahuellamiento	1: Profundidad sensible al usuario pero ≤ 6 mm				0.00	6.00	40.00	240.00	0.0000%	P= 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100	0					
			2: Profundidad > 6 mm y ≤ 12 mm				0.00	6.00	40.00	240.00	0.0000%	0	0	-20	100						
			3: Profundidad > 12 mm				0.00	6.00	40.00	240.00	0.0000%										
5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales.				0.00	6.00	40.00	240.00	0.0000%	P= 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P= 50	0						
		2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado.				0.00	6.00	40.00	240.00	0.0000%	0	0	-10	50							
CALZADA Deterioros o fallas superficiales	6	Peladura y desprendimiento	1: Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial).	1	20.0000	1.5000	30.00	6.00	40.00	240.00	12.5000%	P= 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P= 50	15					
			2: Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular.				0.00	6.00	40.00	240.00	0.0000%	0	13	15	50						
	7	Baches (huecos)	1: Diámetro < 0.2 m	3								3.00	EFp= 0	0 < EFp < 1	1 ≤ EFp < 2	EFp > 2	100				
			2: Diámetro entre 0.2 y 0.5 m										0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100					
CALZADA Deterioros o fallas superficiales	8	Fisuras transversales	1: Fisuras Finas (ancho ≤ 1 mm)	3	40.0000	0.1000	12.00	6.00	40.00	240.00	5.0000%	P= 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P= 50	5					
			2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm)				0.00	6.00	40.00	240.00	0.0000%	0	5	0	50						
			3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.				0.5000	0.00	6.00	40.00	240.00	0.0000%									
CALZADA Deterioros o fallas superficiales	9	Exudación	1: Puntual	1	23.0000	2.0000	46.00	6.00	40.00	240.00	19.1667%	P= 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100	57					
			2: Continua				0.00	6.00	40.00	240.00	0.0000%	0	39	57	100						
BERMAS Pavimentadas y no pavimentadas	10	Daños puntuales	1: Daños puntuales baches o huecos, erosión				0.00	1.00	40.00	40.00	0.0000%	P= 0	0 < P < 10	10 ≤ P < 50	P= 50	20					
			2: Daños en menos del 30 % del área de bermas en la longitud evaluada	1	12.0000	0.5000	6.00	1.00	40.00	40.00	15.0000%	0	15	20	50						
BERMAS Pavimentadas y no pavimentadas	11	Desnivel calzada - bérma	1: Deseñel leve < 15 mm				0.00		80.00		0.0000%	P= 0	0 < P < 20	20 ≤ P < 100	P= 100	0					
			2: Deseñel moderado entre 15 y 50 mm				0.00		80.00		0.0000%	0	0	-20	100						
			3: Deseñel severo > 50 mm				0.00		80.00		0.0000%										
														Suma puntaje de condición =				431			
														Calificación de condición (1000 - suma puntaje de condición) =				569			
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													

FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGO										
1	Tesis	Título		Índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018						
		Maestría		Karina del Rocío Silva Tarrillo						
2	Número y fecha del documento	Número		005						
		Fecha		30 de noviembre del 2019						
3	Datos generales de la infraestructura vial	Carretera		Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca						
		Tramo		Cochabamba – Chota						
		Código de ruta		PE - 3N						
4	Sección evaluada	Progresivas		Km 4+000 al Km 5+000						
		Superficie de rodadura		Asfalto: 4+870 - 5+000; Bicapa: 4+000 - 4+050, 4+280 - 4+475, 4+610 - 4+740; Afirmando: 4+050 - 4+280, 4+475 - 4+610, 4+740 - 4+870						
		Ubicación		Cochabamba - Chota - 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	Análisis y evaluación de peligrosidad									
	Parámetros de evaluación		Descripción					Nivel de peligrosidad		
								Valor	Percepción	
	Factores desencadenantes (Fd)									
	Erosividad de lluvias	Estación:	Cochabamba		Intensidad:	49.00 mm/día		0.30	Bajo	
		Mes:	Noviembre 2019		Clasificación:	Baja erosividad				
	Aumento del nivel de la corriente de agua	Nombre:	Chotano		Altura:	0.75 m		0.50	Moderado	
		Mes:	Noviembre 2019		Clasificación:	Moderada erosión lateral				
	6.1 Factores condicionantes (Fc)									
	Textura del suelo	Clase textural:	Franco arenoso					0.30	Bajo	
		Textura general:	Moderadamente gruesa							
	Pendiente del cauce	Pendiente : 1.67%		Tipo de cauce:		Alta montaña		0.90	Muy alto	
	Erosión en corriente de agua	Caudal:	14.92 m3/s		Erosión:	Leve		0.30	Bajo	
		Tipo de material:	Canto rodado pequeño							
	Cobertura vegetal	Tipo de cobertura:		Tierra desolada					0.70	Alto
	Conservación de suelo	Tipo de práctica de conservación:		No se aplican					0.90	Muy alto
	Nivel de peligrosidad: [0.75(Fd)+0.25(Fc)]							0.455	Bajo	
6.2	Análisis de vulnerabilidad									
	Parámetros de evaluación		Descripción					Nivel de vulnerabilidad		
								Valor	Percepción	
	Dimensión física (df)	Exposición	Tramo de carretera expuesto		: 100.00%		0.80	Muy alto		
		Fragilidad	Estado de conservación		: Muy malo		0.80	Muy alto		
	Dimensión social (ds)	Resiliencia	Estado de obras de protección		: No tiene		0.80	Muy alto		
		Exposición	Localización del tramo expuesto		: Muy cercana		0.80	Muy alto		
	Dimensión económica (de)	Fragilidad	Nivel de organización		: Muy deficiente		0.80	Muy alto		
		Resiliencia	Actitud frente al riesgo		: Actitud conformista		0.80	Muy alto		
	Dimensión ambiental (da)	Exposición	Servicio de transporte expuesto		: Interrumpido		0.80	Muy alto		
		Fragilidad	Ingreso económico por el servicio		: No se genera ningún ingreso		0.80	Muy alto		
		Resiliencia	Cultura de pago por el servicio		: Algunas empresas circulan formalmente		0.40	Alto		
		Exposición	Pérdida de suelo		: Pendientes pronunciadas		0.80	Muy alto		
	Fragilidad	Explotación de recursos naturales		: Prácticas negligentes e intensas		0.80	Muy alto			
	Resiliencia	Actividades de protección		: No se aplica		0.80	Muy alto			
Nivel de vulnerabilidad: [0.40(df)+0.20(ds)+0.20(de)+0.20(da)]							0.773	Muy alto		
7	Cálculo del riesgo									
	7.1	Peligro			7.2	Vulnerabilidad				
		Muy bajo	0.10	0.455		Muy bajo	0.05	0.773		
		Bajo	0.30	0.455		Bajo	0.10	0.773		
		Moderado	0.50	0.455		Moderado	0.20	0.773		
		Alto	0.70	0.455		Alto	0.40	0.773		
		Muy alto	0.90	0.455		Muy alto	0.80	0.773	x	
Moderado			0.455	Muy alto				0.773		
7.3	Nivel de riesgo									
Riesgo = Peligro x Vulnerabilidad		0.352		Nivel de riesgo			Muy alto			

## 1.00 Análisis y evaluación de peligrosidad

### 1.01 Erosividad de lluvias

#### Datos hidrometeorológicos - SENAMHI

Estación:	Cochabamba	Mes:	Noviembre	2019
Intensidad máxima diaria (I):	49.00		mm/día	
Precipitación media mensual:	140.00		mm/mes	
Precipitación media anual:	970.70		mm/año	(año 2019)

Nivel de peligrosidad según la intensidad de las lluvias

Clasificación	Rango (mm/día)			Nivel de peligrosidad	
Lluvia nula	I =	0		0.10	Muy bajo
Lluvias ligeras	0 < I ≤	5		0.10	Muy bajo
Lluvias moderadas	5 < I ≤	20		0.30	Bajo
Lluvias fuertes	20 < I ≤	70		0.50	Moderado
Lluvias intensas	70 < I ≤	150		0.70	Alto
Lluvias torrenciales	I >	150		0.90	Muy Alto

Fuente: Adaptado de Escalante y Amores, 2013.

I: Intensidad máxima diaria de lluvia durante el mes

Clasificación: Lluvias fuertes  
 Nivel de peligrosidad: 0.50 Moderado

Nivel de peligrosidad según la erosividad de la lluvia

Caracterización	Rango			Nivel de peligrosidad	
Muy baja erosividad	IF ≤	15		0.10	Muy bajo
Baja erosividad	15 < IF ≤	30		0.30	Bajo
Moderada erosividad	30 < IF ≤	50		0.50	Moderado
Alta erosividad	50 < IF ≤	65		0.70	Alto
Muy alta erosividad	IF >	65		0.90	Muy Alto

Fuente: Adaptado de Delgado, 2003.

índice de agresividad climática  
(Fournier,1970)

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

Donde:

*IF:* Índice de Fournier  
(adimensional)  
*p:* precipitación media anual del mes  
(mm)  
*P:* Precipitación media anual  
(mm)

$$IF = 20.19$$

Evaluación: Baja erosividad

Nivel de peligrosidad: 0.30 Bajo

## 1.02 Aumento del nivel de la corriente de agua

### Datos del Estudio de Hidrología e Hidráulica del Expediente Técnico

Nombre de la corriente de agua: Chotano  
Tirante máximo: 1.45 m

### Datos de la corriente de agua

Mes: Noviembre 2019  
Nivel de la corriente de agua: 0.75 m

Nivel de peligrosidad según el aumento de nivel de agua en el cauce

Nivel de erosión	Altura del tirante (m)			Nivel de peligrosidad	
Muy leve	0.00	< t ≤	0.29	0.10	Muy bajo
Leve	0.29	< t ≤	0.58	0.30	Bajo
Medio	0.58	< t ≤	0.87	0.50	Moderado
Fuerte	0.87	< t ≤	1.16	0.70	Alto
Muy fuerte		t >	1.45	0.90	Muy Alto

Evaluación: Moderada erosión lateral

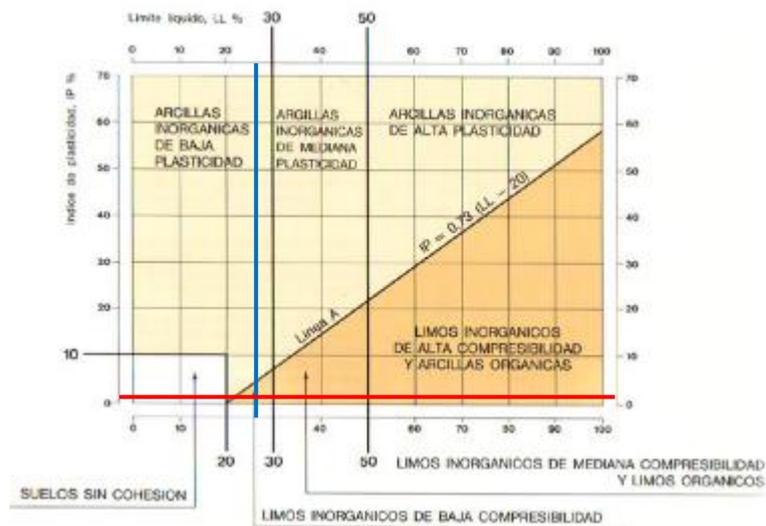
Nivel de peligrosidad: 0.50 Moderado

### 1.03 Textura del suelo

#### Datos del Estudio de Suelos del Expediente Técnico

Grava:	42.90 %	LL:	27	Clasificación SUCS:	GM
Arena:	57.10 %	LP:	26		
Finos:	22.30 %	IP:	1		

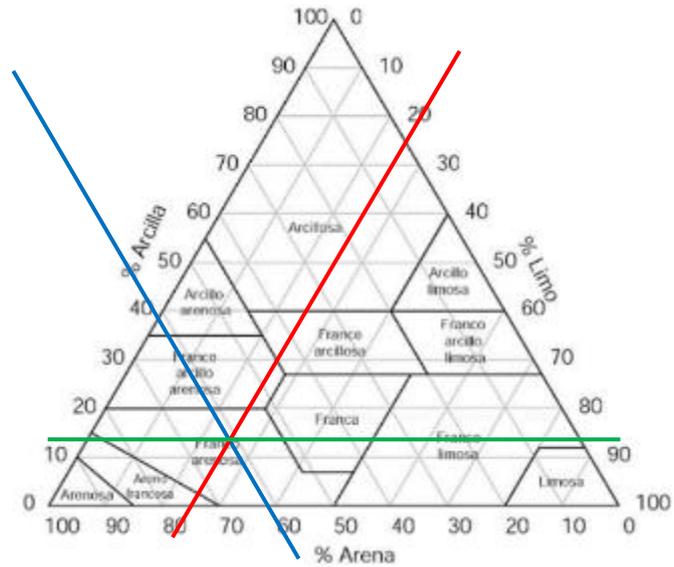
Plasticidad de los suelos de grano fino



Fuente: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Arena:	60.95 %	Limo:	26.04%	Arcilla:	13.02%
--------	---------	-------	--------	----------	--------

Diagrama triangular de las clases texturales básicas del suelo según el tamaño de partículas



Fuente: Triángulo de texturas, United States Department of Agriculture (USDA) - FAO, 1977.

Clase textural: Franco arenoso

Nivel de peligrosidad según las clases texturales básicas del suelo

Nombre de los suelos (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
Suelos francos (textura mediana)	Limoso	0.50 Moderado
	Franco limoso	
	Franco	
Suelos francos (textura moderadamente fina)	Franco limoso arcilloso	0.70 Alto
	Franco arenoso arcilloso	
	Franco arcilloso	
Suelos arcillosos (textura fina)	Arcilloso	0.90 Muy Alto
	Arcilloso limoso	
	Arcilloso arenoso	

Fuente: Adaptado de United States Department of Agriculture (USDA) - FAO, 1977.

Textura general: Moderadamente gruesa

Nivel de peligrosidad: 0.30 Bajo

#### 1.04 Pendiente del cauce

##### Datos del Estudio de Hidrología e Hidráulica del Expediente Técnico

Nombre de la Sub Cuenca:	Chotano	
Área de la sub cuenca:	142.50	km <sup>2</sup>
Perímetro de la sub cuenca:	54.13	km
Longitud cauce:	420.00	km
Cota máxima:	2,772.00	m.s. n.m.
Cota mínima:	2,243.00	m.s. n.m.
Pendiente de cauce:	0.13%	

##### Datos del tramo del cauce

Nombre de la corriente de agua:	Chotano	
Longitud del tramo:	7,325.00	m
Cota máxima:	1,760.00	m.s. n.m.
Cota mínima:	1,638.00	m.s. n.m.
Pendiente del tramo (S):	0.01666	m/m
Tipo de material de fondo:	Canto rodado pequeño	
Diámetro medio de partículas (D):	0.37500	m

Fórmula de aplicación (García y Maza, 1995):  $\frac{D}{S}$

Donde:

*D*: Diámetro medio de partículas de fondo (m)

*S*: Pendiente del tramo del cauce (m/m)

$$D/S = 22.52$$

Nivel de peligrosidad según el tipo de cauce del tramo en estudio

Tipo de cauce	D/S		Nivel de peligrosidad	
Planicie	0	$\leq D/S \leq 5$	0.10	Muy bajo
Intermedio	5	$< D/S \leq 6$	0.30	Bajo
Falda de montaña	6	$< D/S \leq 7$	0.50	Moderado
Montaña	7	$< D/S \leq 10$	0.70	Alto
Alta montaña		$D/S > 10$	0.90	Muy Alto

Fuente: Adaptado del Manual de Ingeniería de Ríos, 1995.

Tipo de cauce: Alta montaña

Nivel de peligrosidad: 0.90 Muy alto

### 1.05 Erosión en corriente de agua

#### Datos del Estudio de Hidrología e Hidráulica del Expediente Técnico

Nombre de la corriente de agua: Chotano

Caudal máximo (Q): 139.50 m<sup>3</sup>/s

#### Datos de la corriente de agua

Ancho de la corriente de agua (B): 11.20 m      Noviembre 2019

Tipo de material de fondo: Canto rodado pequeño

Clasificación de materiales sedimentarios de la American Geophysical Union

Tamaño (mm)			Tipo de material
4000	-	2000	Canto rodado muy grande
2000	-	1000	Canto rodado grande
1000	-	500	Canto rodado medio
500	-	250	Canto rodado pequeño

250	-	130	Cascajo grande
130	-	64	Cascajo pequeño
64	-	32	Grava muy gruesa
32	-	16	Grava gruesa
16	-	8	Grava media
8	-	4	Grava fina
4	-	2	Grava muy fina
2	-	1	Arena muy gruesa
1	-	0.500	Arena gruesa
0.500	-	0.250	Arena media
0.250	-	0.125	Arena fina
0.125	-	0.062	Arena muy fina
0.062	-	0.031	Limo grueso
0.031	-	0.016	Limo medio
0.016	-	0.008	Limo fino
0.008	-	0.004	Limo muy fino
0.004	-	0.002	Arcilla gruesa
0.002	-	0.001	Arcilla media

0.001	-	0.0005	Arcilla fina
0.0005	-	0.00024	Arcilla muy fina

Fuente: Manual de Ingeniería de Ríos, 1995.

Diámetro medio (dm): 375.00 mm

Fórmula de socavación general (Lacey, 1930):

$$h_{ms} = 0.389 * \frac{Q^{\frac{1}{3}}}{d_m^{\frac{1}{6}}}$$

Donde:  $h_{ms}$ : Profundidad media de socavación (m)  
 $Q$ : Caudal de diseño ( $m^3/s$ )  
 $d_m$ : Diámetro medio (mm)

$$h_{ms} = 0.75 \text{ m}$$

Nivel de peligrosidad según la erosión en cauce de corriente de agua

Nivel de erosión	Profundidad media de socavación (m)	Nivel de peligrosidad
Muy leve o nula	0.00 ≤ $h_{ms}$ ≤ 0.19	0.10 Muy bajo
Leve	0.19 < $h_{ms}$ ≤ 0.38	0.30 Bajo
Medio	0.38 < $h_{ms}$ ≤ 0.75	0.50 Moderado
Fuerte	0.75 < $h_{ms}$ ≤ 1.13	0.70 Alto
Muy fuerte	$h_{ms}$ > 1.13	0.90 Muy Alto

Fórmula de sección estable de cauce (Simons y Henderson):

$$B = \frac{K_1}{Q_1^{1/2}} \quad \longrightarrow \quad Q_1 = (B/K_1)^2$$

Donde:  $B$ : Ancho del cauce actual (m)  
 $Q_1$ : Caudal actual ( $m^3$ )

$K_1$ : condiciones de fondo de río

$$Q_1 = 14.92 \text{ m}^3$$

$$\text{Socavación actual} = 0.36 \text{ m}$$

Clasificación: Leve

Nivel de peligrosidad: 0.30 Bajo

### 1.06 Cobertura vegetal

#### Datos

Descripción: Tierras con cubierta vegetal inferior al 10%

Nivel de peligrosidad según la cobertura vegetal

Tipo	Contenido	Nivel de peligrosidad	
Bosque	Tierras cubiertas de árboles, con cubierta vegetal más del 30%	0.10	Muy bajo
Pradera	Terrenos cubiertos de césped natural con una cubierta más del 10%	0.30	Bajo
Las superficies artificiales	Tierras modificadas por las actividades humanas	0.50	Moderado
Matorral	Tierras cubiertas de arbustos con una cubierta de más del 30%		
Tierra desolada	Tierras con cubierta vegetal inferior al 10%	0.70	Alto
Tierra cultivada	Las tierras utilizadas para la agricultura, horticultura y jardines	0.90	Muy Alto

Fuente: Adaptado de la clasificación del GLC - FAO, 2000.

Evaluación: Tierra desolada

Nivel de peligrosidad: 0.70 Alto

## 1.07 Conservación de suelo

### Datos

Descripción: No se aplican

Nivel de peligrosidad según las prácticas de conservación de suelo

Tipo de práctica	Estructura	Nivel de peligrosidad	
Barreras vivas	Hileras de plantas	0.10	Muy bajo
Barreras muertas	Muros de concreto, gaviones, enrocado	0.30	Bajo
Recubrimiento vegetal	Diques de madera, esterillado, cunas vivas, gaviones ligeros vivos	0.50	Moderado
Pantallas de protección	Pantallas con arcilla, suelos estabilizados, bolsacreto, coraza metálica	0.70	Alto
No se aplican		0.90	Muy Alto

Fuente: Adaptado de Martinez, 1989.

Tipo de práctica: No se aplican

Nivel de peligrosidad: 0.90 Muy alto

## 2 Análisis de vulnerabilidad

### 2.01 Dimensión física

#### a. Exposición física

**Tramo de carretera expuesto**

### Datos

Ancho de la sección evaluada:	5.50	m
Longitud de la sección evaluada:	1,00	m
Area de la sección evaluada:	5,50	m <sup>2</sup>
Ancho de la sección evaluada expuesto:	5.50	m
Longitud de la sección evaluada expuesta:	1,00	m
Area de la sección evaluada expuesta:	5,50	m <sup>2</sup>

Nivel de vulnerabilidad según la exposición del tramo de la carretera

Tramo de carretera expuesto			Nivel de vulnerabilidad	
0%	$\leq E \leq$	10%	0.05	Muy bajo
10%	$< E \leq$	25%	0.10	Bajo
25%	$< E \leq$	50%	0.20	Moderado
50%	$< E \leq$	75%	0.40	Alto
	$E >$	75%	0.80	Muy Alto

Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2015.

Infraestructura vial expuesta: 100.00%

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

### **b. Fragilidad física**

#### **Estado de conservación**

### Datos

Descripción: No recibe mantenimiento.

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

Estado de conservación		Nivel de vulnerabilidad	
Muy bueno:	El tramo de la carretera recibe mantenimiento permanente y no presenta deterioro alguno.	0.05	Muy bajo
Bueno:	El tramo de carretera recibe mantenimiento permanente y solo tiene ligeros deterioros superficiales debido al uso normal.	0.10	Bajo
Regular:	El tramo de la carretera recibe mantenimiento esporádico, no tiene deterioros y si lo tiene, no lo comprometen y es subsanable.	0.20	Moderado
Malo:	En tramo de carretera no recibe mantenimiento regular, presenta deterioros que lo comprometen aunque sin peligro de colapso.	0.40	Alto
Muy malo:	El tramo de la carretera presenta un deterioro tal que hace presumir su colapso.	0.80	Muy Alto

Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2015.

Evaluación: Muy malo

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

### c. Resiliencia física

#### 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	
Muy bueno:	Obra en estado óptimo, no es necesario las obras de protección ya que el peligro se encuentra muy alejado de la infraestructura	0.05	Muy bajo
Bueno:	Obra en estado bueno	0.10	Bajo
Regular:	Obra en estado regular	0.20	Moderado
Malo:	Obra de protección deteriorada	0.40	Alto
Muy malo:	No tiene obras de protección	0.80	Muy Alto

*Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2018.*

Evaluación: No tiene

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

## 2.02 Dimensión social

### a. Exposición social

#### Localización del tramo expuesto

##### Datos

Cercanía al peligro: Muy cercana

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

Localización del tramo expuesto		Nivel de vulnerabilidad	
Muy alejada	> 5 km	0.05	Muy bajo
Alejada	3 – 5 km	0.10	Bajo
Medianamente cerca	1 – 3 km	0.20	Moderado
Cercana	0.2 km – 1 km	0.40	Alto
Muy cercana	0 km – 0.2 km	0.80	Muy Alto

Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2015.

Evaluación: Muy cercana

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

## b. Fragilidad social

### Nivel de organización

#### Datos

Descripción: Este tramo solo recibe mantenimiento de emergencia.  
Los taludes son inestables.  
Peligro inminente.

Nivel de vulnerabilidad según el nivel de organización del operador

<b>Nivel de organización</b>	<b>Nivel de vulnerabilidad</b>	
Muy bueno	0.05	Muy bajo
Bueno	0.10	Bajo
Regular	0.20	Moderado
Deficiente	0.40	Alto
Muy deficiente	0.80	Muy Alto

*Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2018.*

Evaluación: Muy deficiente

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

### **c. Resiliencia social**

#### **Actitud frente al riesgo**

##### Datos

Descripción: El operador no ha gestionado el control mediante actividades para la mitigación del riesgo existente.

Nivel de vulnerabilidad según la actitud del operador frente al riesgo

<b>Actitud frente al riesgo</b>	<b>Nivel de vulnerabilidad</b>	
Actitud previsoras del operador, implementando diversas medidas para prevenir el riesgo	0.05	Muy bajo
Actitud parcialmente previsoras del operador, asumiendo el riesgo e implementando escasas medidas para prevenir riesgo.	0.10	Bajo
Actitud parcialmente previsoras del operador, asumiendo el riesgo, sin implementación de medidas para prevenir riesgo.	0.20	Moderado
Actitud escasamente previsoras del operador	0.40	Alto
Actitud fatalista, conformista y con desidia del operador	0.80	Muy Alto

Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2015.

Evaluación: Actitud conformista

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

## 2.03 Dimensión económica

### a. Exposición económica

#### Servicio de transporte expuesto

##### Datos

Descripción: En el caso que se origine la erosión en el área expuesta, el servicio es interrumpido

Nivel de vulnerabilidad según el servicio expuesto durante el impacto del peligro

<b>Servicio de transporte expuesto</b>		<b>Nivel de vulnerabilidad</b>	
Muy bueno:	Permanente	0.05	Muy bajo
Bueno:	Continuo	0.10	Bajo
Regular:	Discontinuo	0.20	Moderado
Malo:	Restringido	0.40	Alto
Muy malo:	Interrumpido	0.80	Muy Alto

Evaluación: Interrumpido

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy 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

<b>Ingreso económico por el servicio</b>		<b>Nivel de vulnerabilidad</b>	
Permanente:	Se genera ingresos normales	0.05	Muy bajo
Continuo:	Se genera ingresos incompletos	0.10	Bajo

Discontinuo:	Se genera ingresos eventuales	0.20	Moderado
Restringido:	Se genera ingresos mínimos	0.40	Alto
Interrumpido:	No se genera ningún ingreso	0.80	Muy Alto

Evaluación: No se genera ningún ingreso

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 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 circulan formalmente

Nivel de vulnerabilidad: 0.40 Alto

## 2.04 Dimensión ambiental

### a. Exposición ambiental

#### Pérdida de suelo

##### Datos

Descripción: Protección inadecuada en los márgenes de corrientes de agua y laderas inestables

Nivel de vulnerabilidad según la pérdida de suelo

Pérdida de suelo	Nivel de vulnerabilidad	
Factor cultivo y contenido en sales ocasiona pérdidas por desertificación.	0.05	Muy bajo
Longitud de la pendiente del suelo, relaciona las pérdidas de un campo de cultivo de pendiente y longitud conocida.	0.10	Bajo
Protección inadecuada en los márgenes de corrientes de agua en ámbitos geográficos extensos.	0.20	Moderado
Deforestación agravada, uso indiscriminado de suelos, expansión urbana, sobrepastoreo.	0.40	Alto
Erosión provocada por las lluvias: pendientes pronunciadas y terrenos montañosos, lluvias estacionales y el fenómeno El Niño.	0.80	Muy Alto

Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2015.

Evaluación: Pendientes pronunciadas

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

## b. Fragilidad ambiental

### Explotación de recursos naturales

#### Datos

Descripción: Prácticas negligentes e intensas de degradación en el cauce y márgenes del río

Nivel de vulnerabilidad según la explotación de recursos naturales

Explotación de recursos naturales	Nivel de vulnerabilidad	
Prácticas de consumo/uso del cauce y márgenes del río con asesoramiento técnico permanente bajo criterios de sostenibilidad económica y ambiental.	0.05	Muy bajo
Prácticas de consumo/uso del cauce y márgenes del río con asesoramiento técnico capacitado bajo criterios de sostenibilidad.	0.10	Bajo
Prácticas de degradación del cauce y márgenes del río sin asesoramiento técnico capacitado. Pero las actividades son de baja intensidad.	0.20	Moderado
Prácticas negligentes periódicas o estacionales de degradación en el cauce y márgenes del río.	0.40	Alto
Prácticas negligentes e intensas de degradación en el cauce y márgenes del río, entre otros considerados básicos propios del lugar de estudio.	0.80	Muy Alto

Fuente: Adaptado del CENEURED, 2015.

Evaluación: Prácticas negligentes e intensas

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

## c. Resiliencia ambiental

### Actividades de protección

Datos

Descripción: No se aplica

Nivel de vulnerabilidad según la aplicación de actividades de protección

<b>Actividades de protección</b>	<b>Nivel de vulnerabilidad</b>	
Conformación de terrazas reforestadas con plantas e instalación de adecuado drenaje en los taludes	0.05	Muy bajo
Diques de madera, esterillado	0.10	Bajo
Cunas vivas, gaviones ligeros vivos	0.20	Moderado
Recubrimiento de taludes con pasto	0.40	Alto
No se aplica actividades de protección	0.80	Muy Alto

*Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2018.*

Evaluación: No se aplica

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGO									
1	Tesis	Título		Índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018					
		Maestría		Karina del Rocío Silva Tarrillo					
2	Número y fecha del documento	Número		005					
		Fecha		30 de noviembre del 2019					
3	Datos generales de la infraestructura vial	Carretera		Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca					
		Tramo		Cochabamba – Chota					
		Código de ruta		PE - 3N					
4	Sección evaluada	Progresivas		Km 4+000 al Km 5+000					
		Superficie de rodadura		Asfalto: 4+870 - 5+000; Bicapa: 4+000 - 4+050, 4+280 - 4+475, 4+610 - 4+740; Afirmado: 4+050 - 4+280, 4+475 - 4+610, 4+740 - 4+870					
		Ubicación		Cochabamba - Chota - Cajamarca					
5	Identificación de riesgos								
	5.1	Código de riesgo	R2						
	5.2	Descripción del riesgo	Riesgo de la infraestructura vial por movimiento de masas						
5.3	Tipo de movimiento	Deslizamiento de roca o suelo							
6	Análisis y evaluación de peligrosidad								
	Parámetros de evaluación		Descripción					Nivel de peligrosidad	
								Valor	Percepción
	Factores desencadenantes (Fd)								
	Erosividad de lluvia		Estación: Cochabamba		Intensidad: 49.00 mm/día		0.30		Bajo
			Mes: Noviembre 2019		Calificación: Baja erosividad				
	Pendiente del terreno		Pendiente del terreno: 59.10%		Tipo de relieve: Accidentado		0.70		Alto
	Factores condicionantes (Fc)								
	Erodabilidad del suelo		Clase textural: Franco arenoso				0.30		Bajo
			Textura general: Moderadamente gruesa						
	Topografía del terreno		Longitud horizontal: 577.00 m		Factor topográfico: 13.87		0.50		Moderado
			Pendiente del terreno: 30.58°		Topografía: Moderada				
	Erosión por movimiento de masas		Características:		Laderas muy inestables		0.90		Muy alto
	Velocidad de desplazamiento		Tipo de movimiento:		El movimiento es muy rápido		0.90		Muy alto
	Cobertura vegetal		Tipo de cobertura:		Tierra desolada		0.70		Alto
Conservación del suelo		Tipo de práctica de conservación:		No se aplican		0.90		Muy alto	
						Nivel de peligrosidad: [0.75(Fd)+0.25(Fc)]		0.550	Moderado
6.2	Análisis de vulnerabilidad								
	Parámetros de evaluación		Descripción					Nivel de vulnerabilidad	
								Valor	Percepción
	Dimensión física (df)	Exposición	Tramo de carretera expuesto		: 100.00%		0.80		Muy alto
		Fragilidad	Estado de conservación		: Muy malo		0.80		Muy alto
		Resiliencia	Estado de taludes		: Falta conformación de banquetas		0.80		Muy alto
	Dimensión social (ds)	Exposición	Localización del tramo expuesto		: Muy cercana		0.80		Muy alto
		Fragilidad	Nivel de organización		: Muy deficiente		0.80		Muy alto
		Resiliencia	Actitud frente al riesgo		: Actitud conformista		0.80		Muy alto
	Dimensión económica (de)	Exposición	Servicio de transporte expuesto		: Interrumpido		0.80		Muy alto
		Fragilidad	Ingreso económico por el servicio		: No se genera ningún ingreso		0.80		Muy alto
	Dimensión ambiental (da)	Resiliencia	Cultura de pago por el servicio		: Algunas empresas circulan formalmente		0.40		Alto
		Exposición	Pérdida de suelo		: Pendiente pronunciada		0.80		Muy alto
		Fragilidad	Características geológicas del suelo		: Zona muy fracturada		0.80		Muy alto
			Resiliencia		Actividades de protección		: No se aplica		0.80
						Nivel de vulnerabilidad: [0.40(df)+0.20(ds)+0.20(de)+0.20(da)]		0.773	Muy alto
7	Cálculo del riesgo								
	7.1	Peligro			7.2	Vulnerabilidad			
		Muy bajo	0.10	0.550		Muy bajo	0.05	0.773	
		Bajo	0.30	0.550		Bajo	0.10	0.773	
		Moderado	0.50	0.550		Moderado	0.20	0.773	
		Alto	0.70	0.550		Alto	0.40	0.773	
		Muy alto	0.90	0.550		Muy alto	0.80	0.773	x
	Moderado			0.550	Muy alto				0.773
7.3	Nivel de riesgo								
Riesgo = Peligro x Vulnerabilidad		0.425		Nivel de riesgo		Muy alto			

## 1.00 Análisis y evaluación de peligrosidad

### 1.01 Erosividad de lluvia

#### Datos hidrometeorológicos - SENAMHI

Estación:	Cochabamba	Mes:	Noviembre	2019
Intensidad máxima diaria (I):	49.00		mm/día	
Precipitación media mensual:	140.00		mm/mes	
Precipitación media anual:	970.70		mm/año	(año 2019)

Nivel de peligrosidad según la erosividad de la lluvia

Caracterización	Rango			Nivel de peligrosidad	
Muy baja erosividad		IF ≤	15	0.10	Muy bajo
Baja erosividad	15	< IF ≤	30	0.30	Bajo
Moderada erosividad	30	< IF ≤	50	0.50	Moderado
Alta erosividad	50	< IF ≤	65	0.70	Alto
Muy alta erosividad		IF >	65	0.90	Muy Alto

Fuente: Adaptado de Delgado, 2003.

Índice de agresividad climática (Fournier, 1970)

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

Donde:

*IF*: Índice de Fournier (adimensional)

*p*: precipitación media anual del mes (mm)

*P*: Precipitación media anual (mm)

$$IF = 20.19$$

Evaluación: Baja erosividad

Nivel de peligrosidad: 0.30 Bajo

## 1.02 Pendiente del terreno

### Datos (transversal a la vía)

Cota máxima: 2,058.00 m.s.n.m.  
Cota mínima: 1,717.00 m.s.n.m.  
Desnivel: 341.00 m  
Longitud horizontal: 577.00 m  
Pendiente: 59.10% = 30.58°

Nivel de peligrosidad según la pendiente del terreno

Relieve	Pendiente		Nivel de peligrosidad		
Muy plano	$P \leq$	3%	0.10	Muy bajo	
Plano	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

Fuente: Adaptado Diseño Geométrico de Carreteras, MTC, 2018.

Evaluación: Accidentado

Nivel de peligrosidad: 0.70 Alto

## 1.03 Erodabilidad del suelo

Clase textural: Franco arenoso

Nivel de peligrosidad según las clases texturales básicas del suelo

Nombre de los suelos (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
Suelos francos (textura mediana)	Limoso	0.50	Moderado
	Franco limoso		
	Franco		
Suelos francos (textura moderadamente fina)	Franco limoso arcilloso	0.70	Alto
	Franco arenoso arcilloso		
	Franco arcilloso		
Suelos arcillosos (textura fina)	Arcilloso	0.90	Muy Alto
	Arcilloso limoso		
	Arcilloso arenoso		

Fuente: Adaptado de United States Department of Agriculture (USDA) - FAO, 1977.

Textura general: Moderadamente gruesa

Nivel de peligrosidad: 0.30 Bajo

#### 1.04 Topografía del terreno

Datos (transversal a la vía)

Cota máxima:	2,058.00	m.s.n.m.
Cota mínima:	1,717.00	m.s.n.m.
Desnivel:	341.00	m
Longitud horizontal ( $\lambda$ ):	577.00	m
Pendiente ( $\alpha$ ):	59.10%	= 30.58°

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

Fuente: Adaptado de Jiang y Zheng, 2008.

Fórmula de aplicación (Jiang y Zheng, 2008):

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

Donde:

*LS*: Factor topográfico

*L*: Factor de longitud

*S*: Factor de pendiente

$\lambda$ : Longitud de pendiente a lo largo de la proyección horizontal (m)

$\alpha$ : Ángulo de inclinación (grados)

$$LS = 13.87$$

Evaluación: Moderada

Nivel de peligrosidad: 0.50 Moderado

### 1.05 Erosión por movimiento de masas

Datos

Descripción: Laderas muy inestables

Nivel de peligrosidad según la erosión en laderas

<b>Erosión por movimiento de masas</b>	<b>Nivel de peligrosidad</b>	
Laderas con substrato rocoso no meteorizado. Se pueden presentar inestabilidades en las laderas adyacentes a los ríos y quebradas, por socavamiento y erosión.	0.10	Muy bajo
Laderas con materiales poco fracturados, moderada a poca meteorización, parcialmente erosionadas, no saturadas.	0.30	Bajo
Zonas de estabilidad marginal, laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, moderadamente meteorizados.	0.50	Moderado
Zonas inestables, macizos rocosos con meteorización y/o alteración intensa a moderada, muy fracturadas; depósitos superficiales inconsolidados, materiales parcialmente a muy saturados, zonas de intensa erosión.	0.70	Alto
Zonas muy inestables. Laderas con zonas de falla, masas de rocas intensamente meteorizadas y/o alteradas; saturadas y muy fracturadas y depósitos superficiales inconsolidados y zonas con intensa erosión (cárcavas)	0.90	Muy Alto

Fuente: Adaptado del CENEPRD, 2015.

Evaluación: Laderas muy inestables

Nivel de peligrosidad: 0.90 Muy alto

## 1.06 Velocidad de desplazamiento

### Datos

Descripción: El movimiento es muy rápido

Nivel de peligrosidad según la velocidad de los movimientos de ladera

<b>Velocidad</b>	<b>Naturaleza del impacto</b>	<b>Nivel de peligrosidad</b>	
Extremadamente lento (no hay movimiento)	No hay daño a las estructuras construidas con precaución.		
Muy lento (v=0.016 m/año)	Algunas estructuras permanentes no son dañadas, y si son agrietadas por el movimiento, pueden ser reparadas.	0.10	Muy bajo
Lento (v=1.6 m/año)	Carreteras y estructuras poco sensibles pueden ser mantenidas a través de frecuente trabajo de mantenimiento, si el movimiento no es de mucha duración y los movimientos diferenciales a lo largo de las márgenes del movimiento están distribuidas a lo largo de una zona ancha.	0.30	Bajo
Moderado (v=13 m/mes)	Estructuras poco sensibles pueden ser mantenidas si están localizadas a una distancia considerable en relación con el pie de la masa desplazada. Estructuras localizadas en la mesa desplazada son dañadas en gran medida.	0.50	Moderado
Rápido (v=1.8 m/hora)	Posible escape y evacuación, estructura, posesiones y equipo destruido por la masa desplazada.	0.70	Alto
Muy rápido (v=3 m/min)	Pérdida de algunas vidas debido a que la velocidad del movimiento es muy rápida para permitir que todas las personas escapen, gran destrucción.		
Extremadamente rápido (v=1.8 m/hora)	Catástrofe de gran violencia, edificios expuestos, edificios expuestos totalmente destrozados y deceso de la población por el impacto de material desplazado, o por la disgregación del material desplazado.	0.90	Muy Alto

Fuente: Adaptado de Cruden y Varnes, 1996.

Evaluación: El movimiento es muy rápido  
 Nivel de peligrosidad: 0.90 Muy alto

## 1.07 Cobertura vegetal

### Datos

Descripción: Tierras con cubierta vegetal inferior al 10%

Nivel de peligrosidad según la cobertura vegetal

<b>Tipo</b>	<b>Contenido</b>	<b>Nivel de peligrosidad</b>	
Bosque	Tierras cubiertas de árboles, con cubierta vegetal más del 30%	0.10	Muy bajo
Pradera	Terrenos cubiertos de césped natural con una cubierta más del 10%	0.30	Bajo
Las superficies artificiales	Tierras modificadas por las actividades humanas	0.50	Moderado
Matorral	Tierras cubiertas de arbustos con una cubierta de más del 30%		
Tierra desolada	Tierras con cubierta vegetal inferior al 10%	0.70	Alto
Tierra cultivada	Las tierras utilizadas para la agricultura, horticultura y jardines	0.90	Muy Alto

*Fuente: Adaptado de la clasificación del GLC - FAO, 2000.*

Evaluación: Tierra desolada

Nivel de peligrosidad: 0.70 Alto

## 1.08 Conservación del suelo

### Datos

Descripción: No se aplican prácticas de conservación de suelo.

Nivel de peligrosidad según las prácticas de conservación de suelo

<b>Tipo de práctica</b>	<b>Estructura</b>	<b>Nivel de peligrosidad</b>	
Barreras vivas	Hileras de plantas en banquetas	0.10	Muy bajo
Barreras muertas	Muros de concreto, gaviones, enrocado	0.30	Bajo
Recubrimiento vegetal	Hidrosiembra, cajuelas vivas, enramados, entretejidos, taludes en escalera, pasto natural	0.50	Moderado
Pantallas de protección	Suelos estabilizados, enrejado metálico, cubrimiento con fibras	0.70	Alto
No se aplican		0.90	Muy Alto

Fuente: Adaptado de Martínez, 1989.

Tipo de práctica: No se aplican

Nivel de peligrosidad: 0.90 Muy alto

## 2.00 Análisis de vulnerabilidad

### 2.01 Dimensión física

#### a. Exposición física

##### Tramo de carretera expuesto

###### Datos

Ancho de la sección evaluada:	5.50	m
Longitud de la sección evaluada:	1,000.00	m
Area de la sección evaluada:	5,500.00	m <sup>2</sup>
Ancho de la sección evaluada expuesto:	5.50	m
Longitud de la sección evaluada expuesta:	1,000.00	m
Area de la sección evaluada expuesta:	5,500.00	m <sup>2</sup>

Nivel de vulnerabilidad según la exposición del tramo de la carretera

Tramo de carretera expuesto			Nivel de vulnerabilidad	
0%	$\leq E \leq$	10%	0.05	Muy bajo
10%	$< E \leq$	25%	0.10	Bajo
25%	$< E \leq$	50%	0.20	Moderado
50%	$< E \leq$	75%	0.40	Alto
	$E >$	75%	0.80	Muy Alto

Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2015.

Infraestructura vial expuesta: 100.00%

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

## b. Fragilidad física

### Estado de conservación

#### Datos

Descripción: No recibe mantenimiento.

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

Estado de conservación		Nivel de vulnerabilidad	
Muy bueno:	El tramo de la carretera recibe mantenimiento permanente y no presenta deterioro alguno.	0.05	Muy bajo
Bueno:	El tramo de carretera recibe mantenimiento permanente y solo tiene ligeros deterioros superficiales debido al uso normal.	0.10	Bajo

Regular:	El tramo de la carretera recibe mantenimiento esporádico, no tiene deterioros y si lo tiene, no lo comprometen y es subsanable.	0.20	Moderado
Malo:	En tramo de carretera no recibe mantenimiento regular, presenta deterioros que lo comprometen aunque sin peligro de colapso.	0.40	Alto
Muy malo:	El tramo de la carretera presenta un deterioro tal que hace presumir su colapso.	0.80	Muy Alto

Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2015.

Evaluación: Muy malo

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

### c. Resiliencia física

#### Estado de taludes

##### Datos

Descripción: El relieve es accidentado, los taludes sobrepasan a 5.00m, necesita construcción de banquetas

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

Estado de taludes		Nivel de vulnerabilidad	
Muy bueno:	Talud en estado óptimo, no es necesario obra de protección	0.05	Muy bajo
Bueno:	Talud en buen estado, con pendientes y drenaje 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
Malo:	Talud en mal estado, con pendientes y drenaje inadecuados, obras de protección deteriorada	0.40	Alto

Muy malo:	No tiene banquetas de corte, ni obras de protección	0.80	Muy Alto
-----------	---	------	----------

Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2018.

Evaluación: Falta conformación de banquetas

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

## 2.02 Dimensión social

### a. Exposición social

#### Localización del tramo expuesto

##### Datos

Cercanía al peligro: Muy cercana

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

Localización del tramo expuesto		Nivel de vulnerabilidad	
Muy alejada	> 5 km	0.05	Muy bajo
Alejada	3 – 5 km	0.10	Bajo
Medianamente cerca	1 – 3 km	0.20	Moderado
Cercana	0.2 km – 1 km	0.40	Alto
Muy cercana	0 km – 0.2 km	0.80	Muy Alto

Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2015.

Evaluación: Muy cercana  
 Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

**b. Fragilidad social**

**Nivel de organización**

Datos

Descripción: Este tramo solo recibe mantenimiento de emergencia.  
Los taludes son inestables.  
Peligro inminente.

Nivel de vulnerabilidad según el nivel de organización del operador

<b>Nivel de organización</b>	<b>Nivel de vulnerabilidad</b>	
Muy bueno	0.05	Muy bajo
Bueno	0.10	Bajo
Regular	0.20	Moderado
Deficiente	0.40	Alto
Muy deficiente	0.80	Muy Alto

*Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2018.*

Evaluación: Muy deficiente

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

**c. Resiliencia social**

**Actitud frente al riesgo**

Datos

Descripción: El operador no ha gestionado el control mediante actividades para la mitigación del riesgo existente.

Nivel de vulnerabilidad según la actitud del operador frente al riesgo

<b>Actitud frente al riesgo</b>	<b>Nivel de vulnerabilidad</b>	
Actitud previsoras del operador, implementando diversas medidas para prevenir el riesgo	0.05	Muy bajo
Actitud parcialmente previsoras del operador, asumiendo el riesgo e implementando escasas medidas para prevenir riesgo.	0.10	Bajo
Actitud parcialmente previsoras del operador, asumiendo el riesgo, sin implementación de medidas para prevenir riesgo.	0.20	Moderado
Actitud escasamente previsoras del operador	0.40	Alto
Actitud fatalista, conformista y con desidia del operador	0.80	Muy Alto

Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2015.

Evaluación: Actitud conformista  
 Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

## 2.03 Dimensión económica

### a. Exposición económica

#### Servicio de transporte expuesto

##### Datos

Descripción: En el caso que se materialice el peligro en el área expuesta el servicio es interrumpido

Nivel de vulnerabilidad según el servicio expuesto durante el impacto del peligro

<b>Servicio de transporte expuesto</b>		<b>Nivel de vulnerabilidad</b>	
Muy bueno:	Permanente	0.05	Muy bajo
Bueno:	Continuo	0.10	Bajo
Regular:	Discontinuo	0.20	Moderado
Malo:	Restringido	0.40	Alto
Muy malo:	Interrumpido	0.80	Muy Alto

Evaluación: Interrumpido

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy 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

<b>Ingreso económico por el servicio</b>		<b>Nivel de vulnerabilidad</b>	
Permanente:	Se genera ingresos normales	0.05	Muy bajo
Continuo:	Se genera ingresos incompletos	0.10	Bajo

Discontinuo:	Se genera ingresos eventuales	0.20	Moderado
Restringido:	Se genera ingresos mínimos	0.40	Alto
Interrumpido:	No se genera ningún ingreso	0.80	Muy Alto

Evaluación: No se genera ningún ingreso

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 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 circulan formalmente

Nivel de vulnerabilidad: 0.40 Alto

## 2.04 Dimensión ambiental

### a. Exposición ambiental

#### Pérdida de suelo

##### Datos

Descripción: Pérdidas de suelo por pendiente pronunciada

Nivel de vulnerabilidad según la pérdida de suelo

Pérdida de suelo	Nivel de vulnerabilidad	
Factor cultivo y contenido en sales ocasiona pérdidas por desertificación.	0.05	Muy bajo
Longitud de la pendiente del suelo, relaciona las pérdidas de un campo de cultivo de pendiente y longitud conocida.	0.10	Bajo
Protección inadecuada en los márgenes de corrientes de agua en ámbitos geográficos extensos.	0.20	Moderado
Deforestación agravada, uso indiscriminado de suelos, expansión urbana, sobrepastoreo.	0.40	Alto
Erosión provocada por las lluvias: pendientes pronunciadas y terrenos montañosos, lluvias estacionales y el fenómeno El Niño.	0.80	Muy Alto

Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2015.

Evaluación: Pendiente pronunciada

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

## b. Fragilidad ambiental

### Características geológicas del suelo

#### Datos

Descripción: Zona muy fracturada

Nivel de vulnerabilidad según las características geológicas del suelo

Características geológicas del suelo	Nivel de vulnerabilidad	
Zonas sin fallas ni fracturas, suelos con buena características geotécnicas	0.05	Muy bajo
Zonal ligeramente fracturada, suelos de alta capacidad portante	0.10	Bajo
Zona ligeramente fracturada, suelos de mediana capacidad portante.	0.20	Moderado
Zona medianamente fracturada, suelos con baja capacidad portante.	0.40	Alto
Zona muy fracturada, fallada, suelos colapsables (relleno, napa freática alta turba, material inorgánico, etc).	0.80	Muy Alto

Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2015.

Evaluación: Zona muy fracturada

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

## c. Resiliencia ambiental

### Actividades de protección

#### Datos

Descripción: No se aplica

Nivel de vulnerabilidad según la aplicación de actividades de protección

<b>Actividades de protección</b>	<b>Nivel de vulnerabilidad</b>	
Conformación de terrazas reforestadas con plantas e instalación de adecuado drenaje en los taludes, desquinche permanente de taludes	0.05	Muy bajo
Conformación de terrazas reforestadas con plantas en los taludes, desquinche frecuente de taludes	0.10	Bajo
Conformación de terrazas reforestadas con pastos en los taludes, desquinche regular de taludes	0.20	Moderado
Recubrimiento de taludes con pasto, desquinche esporádico de taludes	0.40	Alto
No se aplica actividades de protección	0.80	Muy Alto

*Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2018.*

Evaluación: No se aplica

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGO											
1	Tesis	Título			Índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018						
		Maestría			Karina del Rocío Silva Tarrillo						
2	Número y fecha del documento	Número			005						
		Fecha			30 de noviembre del 2019						
3	Datos generales de la infraestructura vial	Carretera			Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca						
		Tramo			Cochabamba – Chota						
		Código de ruta			PE - 3N						
4	Sección evaluada	Progresivas			Km 4+000 al Km 5+000						
		Superficie de rodadura			Asfalto: 4+870 - 5+000; Bicapa: 4+000 - 4+050, 4+280 - 4+475, 4+610 - 4+740; Afirmado: 4+050 - 4+280, 4+475 - 4+610, 4+740 - 4+870						
		Ubicación			Cochabamba - Chota - 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 inundación	Fluvial									
6	Análisis y evaluación de peligrosidad										
	Parámetros de evaluación		Descripción					Nivel de peligrosidad			
								Valor	Percepción		
	Factores desencadenantes (Fd)										
	6.1	Intensidad de lluvias	Estación:	Cochabamba		Intensidad:	49.00 mm/día		0.30	Bajo	
			Mes:	Noviembre 2019		Clasificación:	Inundación superficial				
	6.1	Pendientes	Terreno:	59.10%		Relieve:	Accidentado		Vía:	0.46%	
	Factores condicionantes (Fc)										
	6.1	Topografía	Longitud horizontal de declive:		577.00 m		Factor topográfico:		13.87		
			Pendiente del terreno:		30.58°		Topografía:		Moderada		
6.1	Cercanía a corriente de agua	Distancia al peligro:		Cercana				0.70		Alto	
Nivel de peligrosidad: $[0.75(Fd)+0.25(Fc)]$							0.400		Bajo		
6	Análisis de vulnerabilidad										
	Parámetros de evaluación		Descripción					Nivel de vulnerabilidad			
								Valor	Percepción		
	6.2	Dimensión física (df)	Exposición	Tramo de carretera expuesto		: 2.73%		0.05		Muy bajo	
			Fragilidad	Estado de conservación		: Muy malo		0.80		Muy alto	
	6.2	Dimensión social (ds)	Resiliencia	Estado de obras de protección		: Obra de protección deteriorada		0.40		Alto	
			Exposición	Localización del tramo expuesto		: Medianamente cerca		0.20		Moderado	
	6.2	Dimensión económica (de)	Fragilidad	Nivel de organización		: Muy deficiente		0.80		Muy alto	
			Resiliencia	Actitud frente al riesgo		: Actitud conformista		0.80		Muy alto	
	6.2	Dimensión económica (de)	Exposición	Servicio de transporte expuesto		: Continuo		0.10		Bajo	
Fragilidad			Ingreso económico por el servicio		: Se genera ingresos incompletos		0.20		Moderado		
6.2	Dimensión ambiental (da)	Resiliencia	Cultura de pago por el servicio		: Algunas empresas circulan formalmente		0.40		Alto		
		Exposición	Deforestación		: 90.00% deforestado		0.80		Muy alto		
6.2	Dimensión ambiental (da)	Fragilidad	Estado del suelo		: Bueno		0.10		Bajo		
		Resiliencia	Reforestación		: 0.00% reforestación		0.80		Muy alto		
Nivel de vulnerabilidad: $[0.40(df)+0.20(ds)+0.20(de)+0.20(da)]$							0.447		Alto		
7	Cálculo del riesgo										
	7.1	Peligro			7.2	Vulnerabilidad					
		Muy bajo	0.10	0.400		Muy bajo	0.05	0.447			
		Bajo	0.30	0.400		x	Bajo	0.10	0.447		
		Moderado	0.50	0.400			Moderado	0.20	0.447		
		Alto	0.70	0.400			Alto	0.40	0.447	x	
		Muy alto	0.90	0.400			Muy alto	0.80	0.447		
Bajo			0.400	Alto			0.447				
7.3	Nivel de riesgo										
Riesgo = Peligro x Vulnerabilidad		0.179		Nivel de riesgo		Alto					

## 1.00 Análisis y evaluación de peligrosidad

### 1.01 Intensidad de lluvias

#### Datos hidrometeorológicos - SENAMHI

Estación: Cochabamba Mes: Noviembre 2019

Intensidad máxima diaria (I): 49.00 mm/día

#### Datos del Estudio de Hidrología e Hidráulica del Expediente Técnico

Nombre de la corriente de agua: Chotano

Tirante máximo: 1.45 m

#### Datos obtenidos de la corriente de agua

Altura de la corriente de agua: 0.75 m Noviembre 2019

Nivel de peligrosidad por inundaciones según la intensidad de las lluvias

<b>Caracterización de las inundaciones</b>	<b>Intensidad de lluvia (mm/día)</b>			<b>Nivel de peligrosidad</b>	
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	< $I \leq$	20	0.30	Bajo
Inundación moderada $0.30$ m < $t \leq 0.45$ m $0.90$ m < $h \leq 2.00$ m	20	< $I \leq$	70	0.50	Moderado
Inundación profunda $0.45$ m < $t \leq 0.60$ m $2.00$ m < $h \leq 4.00$ m	70	< $I \leq$	150	0.70	Alto
Inundación muy profunda $t > 0.60$ m $h > 4.00$ m		$I >$	150	0.90	Muy Alto

Fuente: Adaptado de Leyva, 2012.

*l*: Intensidad máxima diaria de lluvia durante el mes

*t*: tirante o profundidad de inundación en la vía

*h*: tirante en depresiones o zonas bajas

Clasificación: Inundación superficial

Nivel de  
peligrosidad: 0.30 Bajo

## 1.02 Pendientes

Pendiente del terreno (transversal a la vía)

Pendiente: 59.10%

Nivel de peligrosidad según la pendiente del terreno

Relieve	Pendiente			Nivel de peligrosidad	
Escarpado		$P >$	100%	0.10	Muy bajo
Accidentado	50%	$< P \leq$	100%	0.30	Bajo
Ondulado	10%	$< P \leq$	50%	0.50	Moderado
Plano	3%	$< P \leq$	10%	0.70	Alto
Muy plano		$P \leq$	3%	0.90	Muy Alto

Fuente: Adaptado Diseño Geométrico de Carreteras, MTC, 2018

Relieve: Accidentado

Pendiente de la vía (longitudinal a la vía)

Cota final: 1,746.00 m.s.n.m.

Cota inicial: 1,741.42 m.s.n.m.

Desnivel: 4.58 m

Longitud horizontal: 1,000.00 m

Pendiente media: 0.46%

Nivel de peligrosidad según la pendiente de la vía

Relieve	Pendiente		Nivel de peligrosidad	
Escarpado	P >	8%	0.10	Muy bajo
Accidentado	6% < P ≤	8%	0.30	Bajo
Ondulado	3% < P ≤	6%	0.50	Moderado
Plano	1% < P ≤	3%	0.70	Alto
Muy plano	P ≤	1%	0.90	Muy Alto

Fuente: Adaptado Diseño Geométrico de Carreteras, MTC, 2018

Evaluación: El relieve es accidentado y la pendiente de la vía es baja, hay peligro de inundación en la vía.

Nivel de peligrosidad: 0.30 Bajo

### 1.03 Topografía

Datos (transversal a la vía)

Longitud horizontal ( $\lambda$ ): 577.00 m  
 Pendiente ( $\alpha$ ): 30.58°

Nivel de peligrosidad según la topografía

Clase LS	Rango LS		Nivel de peligrosidad	
Muy fuerte	LS >	50	0.10	Muy bajo
Fuerte	25 < LS ≤	50	0.30	Bajo
Moderada	12 < LS ≤	25	0.50	Moderado
Suave	1 < LS ≤	12	0.70	Alto
Muy suave	0 ≤ LS ≤	1	0.90	Muy Alto

Fuente: Adaptado de Jiang y Zheng, 2008.

Fórmula de aplicación (Jiang y Zheng, 2008):

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

Donde:

*LS*: Factor topográfico

*L*: Factor de longitud

*S*: Factor de pendiente

$\lambda$ : Longitud de pendiente a lo largo de la proyección horizontal (m)

$\alpha$ : Ángulo de inclinación (grados)

$$LS = 13.87$$

Evaluación: Moderada

Nivel de peligrosidad: 0.70 Alto

#### 1.04 Cercanía a corriente de agua

##### Datos

Cercanía a la corriente de agua: Cercana

Nivel de peligrosidad según la cercanía a una corriente de agua

Cercanía a corriente de agua		Nivel de peligrosidad	
Muy alejada	Mayor a 1000m	0.10	Muy bajo
Alejada	Entre 500 y 100 m	0.30	Bajo
Moderadamente cerca	Entre 100 y 500 m	0.50	Moderado
Cercana	Entre 20 y 100 m	0.70	Alto
Muy cercana	Menor a 20 m	0.90	Muy Alto

Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2015.

Evaluación: Cercana

Nivel de peligrosidad: 0.70 Alto

## 2 Análisis de vulnerabilidad

### A. Dimensión física

#### a. Exposición física

##### Tramo de carretera expuesto

###### Datos

Ancho de la sección evaluada:	5.50	m
Longitud de la sección evaluada:	1,000.00	m
Area de la sección evaluada:	5,500.00	m <sup>2</sup>
Ancho de la sección evaluada expuesta:	1.00	m
Longitud de la sección evaluada expuesta:	150.00	m
Area de la sección evaluada expuesta:	150.00	m <sup>2</sup>

Nivel de vulnerabilidad según la exposición del tramo de la carretera

Tramo de carretera expuesto			Nivel de vulnerabilidad	
0 %	$\leq E \leq$	10%	0.05	Muy bajo
10 %	$< E \leq$	25%	0.10	Bajo
25 %	$< E \leq$	50%	0.20	Moderado
50 %	$< E \leq$	75%	0.40	Alto
	$E >$	75%	0.80	Muy Alto

Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2015.

Infraestructura vial expuesta: 2.73%

Nivel de vulnerabilidad: 0.05 Muy bajo

**b. Fragilidad física**

**Estado de conservación**

Datos

Descripción: No recibe mantenimiento.

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

	<b>Estado de conservación</b>	<b>Nivel de vulnerabilidad</b>	
Muy bueno:	El tramo de la carretera recibe mantenimiento permanente y no presenta deterioro alguno.	0.05	Muy bajo
Bueno:	El tramo de carretera recibe mantenimiento permanente y solo tiene ligeros deterioros superficiales debido al uso normal.	0.10	Bajo
Regular:	El tramo de la carretera recibe mantenimiento esporádico, no tiene deterioros y si lo tiene, no lo comprometen y es subsanable.	0.20	Moderado
Malo:	En tramo de carretera no recibe mantenimiento regular, presenta deterioros que lo comprometen aunque sin peligro de colapso.	0.40	Alto
Muy malo:	El tramo de la carretera presenta un deterioro tal que hace presumir su colapso.	0.80	Muy Alto

*Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2015.*

Evaluación: Muy malo

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

**c. Resiliencia física**

**Estado de obras de protección**

Datos

Descripción: Obra de protección deteriorada

Nivel de vulnerabilidad según el estado de las obras de protección

Estado de obras de protección		Nivel de vulnerabilidad	
Muy bueno:	Obra en estado óptimo, no es necesario las obras de protección ya que el peligro se encuentra muy alejado de la infraestructura	0.05	Muy bajo
Bueno:	Obra en estado bueno	0.10	Bajo
Regular:	Obra en estado regular	0.20	Moderado
Malo:	Obra de protección deteriorada	0.40	Alto
Muy malo:	No tiene obras de protección	0.80	Muy Alto

*Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2018.*

Evaluación: Obra de protección deteriorada

Nivel de vulnerabilidad: 0.40 Alto

**B. Dimensión social**

**a. Exposición social**

**Localización del tramo expuesto**

Datos

Cercanía al peligro: Medianamente cerca

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

Localización del tramo expuesto		Nivel de vulnerabilidad	
Muy alejada	> 5 km	0.05	Muy bajo
Alejada	3 – 5 km	0.10	Bajo
Medianamente cerca	1 – 3 km	0.20	Moderado
Cercana	0.2 km – 1 km	0.40	Alto
Muy cercana	0 km – 0.2 km	0.80	Muy Alto

Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2015.

Evaluación: Medianamente cerca

Nivel de vulnerabilidad: 0.20 Moderado

**b. Fragilidad social**

**Nivel de organización**

Datos

Descripción: Este tramo solo recibe mantenimiento de emergencia.  
Los taludes son inestables.  
Peligro inminente.

Nivel de vulnerabilidad según el nivel de organización del operador

Nivel de organización	Nivel de vulnerabilidad	
Muy bueno	0.05	Muy bajo
Bueno	0.10	Bajo
Regular	0.20	Moderado
Deficiente	0.40	Alto
Muy deficiente	0.80	Muy Alto

Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2018.

Evaluación: Muy deficiente

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

**c. Resiliencia social**

**Actitud frente al riesgo**

Datos

Descripción: El operador no ha gestionado el control mediante actividades para la mitigación del riesgo existente.

Nivel de vulnerabilidad según la actitud del operador frente al riesgo

Actitud frente al riesgo	Nivel de vulnerabilidad	
Actitud previsoras del operador, implementando diversas medidas para prevenir el riesgo	0.05	Muy bajo
Actitud parcialmente previsoras del operador, asumiendo el riesgo e implementando escasas medidas para prevenir riesgo.	0.10	Bajo

Actitud parcialmente previsor del operador, asumiendo el riesgo, sin implementación de medidas para prevenir riesgo.	0.20	Moderado
Actitud escasamente previsor del operador	0.40	Alto
Actitud fatalista, conformista y con desidia del operador	0.80	Muy Alto

Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2015.

Evaluación: Actitud conformista

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

### C. Dimensión económica

#### a. Exposición económica

##### Servicio de transporte expuesto

###### Datos

Descripción: En el caso que se materialice el peligro en el área expuesta el servicio es continuo

Nivel de vulnerabilidad según el servicio expuesto durante el impacto del peligro

Servicio de transporte expuesto		Nivel de vulnerabilidad	
Muy bueno:	Permanente	0.05	Muy bajo
Bueno:	Continuo	0.10	Bajo
Regular:	Discontinuo	0.20	Moderado
Malo:	Restringido	0.40	Alto

---

Muy malo:	Interrumpido	0.80	Muy Alto
-----------	--------------	------	----------

---

Evaluación: Continuo

Nivel de vulnerabilidad: 0.10 Bajo

**b. Fragilidad económica**

**Ingreso económico por el servicio**

Datos

Descripción: Se genera ingresos incompletos

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

---

	<b>Ingreso económico por el servicio</b>		<b>Nivel de vulnerabilidad</b>
Permanente:	Se genera ingresos normales	0.05	Muy bajo
Continuo:	Se genera ingresos incompletos	0.10	Bajo
Discontinuo:	Se genera ingresos eventuales	0.20	Moderado
Restringido:	Se genera ingresos mínimos	0.40	Alto
Interrumpido:	No se genera ningún ingreso	0.80	Muy Alto

---

Evaluación: Se genera ingresos incompletos

Nivel de vulnerabilidad: 0.20 Moderado

**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

<b>Cultura de pago por el servicio</b>		<b>Nivel de vulnerabilidad</b>	
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 circulan formalmente

Nivel de vulnerabilidad: 0.40 Alto

## C. Dimensión ambiental

### a. Exposición ambiental

#### Deforestación

##### Datos

Área total: 7,000.00 m<sup>2</sup>

Área vegetal: 700.00 m<sup>2</sup>

Área deforestada 90.00%

Nivel de vulnerabilidad según la deforestación

Deforestación	Nivel de vulnerabilidad
Menor a 5 % del total del ámbito de estudio	0.05 Muy bajo
5 – 25 % del total del ámbito de estudio	0.10 Bajo
25 – 50 % del total del ámbito de estudio	0.20 Moderado
50 – 75 % del total del ámbito de estudio	0.40 Alto
75 – 100 % del total del ámbito de estudio	0.80 Muy Alto

*Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2015.*

Evaluación: 90.00% deforestado

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

**b. Fragilidad ambiental**

**Estado del suelo**

Datos del Estudio de Suelos del Expediente Técnico

Tipo de suelo: Grava limosa con arena, compacto, en estado medianamente húmedo, de plasticidad media

Clasificación: GM

CBR: 17.97%

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

Estado del suelo		Nivel de vulnerabilidad	
Estado del suelo	CBR		
Muy bueno	CBR ≥ 20%	0.05	Muy bajo
Bueno	10% ≤ CBR < 20%	0.10	Bajo
Regular	6% ≤ CBR < 10%	0.20	Moderado
Pobre	3% ≤ CBR < 6%	0.40	Alto
Inadecuado	CBR < 3%	0.80	Muy Alto

*Fuente: Adaptado de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, MTC, 2013.*

Evaluación: Bueno

Nivel de vulnerabilidad: 0.10 Bajo

**c. Resiliencia ambiental**

**Reforestación**

Datos

Área total:	7,000.00	m <sup>2</sup>
Área reforestada:	0.00	m <sup>2</sup>
% área reforestada	0.00%	

Nivel de vulnerabilidad según la reforestación

<b>Reforestación</b>	<b>Nivel de vulnerabilidad</b>	
75 – 100 % del total del ámbito de estudio	0.05	Muy bajo
50 – 75 % del total del ámbito de estudio	0.10	Bajo
25 – 50 % del total del ámbito de estudio	0.20	Moderado
5 – 25 % del total del ámbito de estudio	0.40	Alto
Menor a 5 % del total del ámbito de estudio	0.80	Muy Alto

*Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2015.*

Evaluación: 0.00% reforestado

Nivel de vulnerabilidad: 0.80 Muy alto

**ANEXO VIII**

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD CON INCORPORACIÓN  
DEL NIVEL DE RIESGO EN LA CARRETERA CHONGOYAPE – COCHABAMBA -  
CAJAMARCA, TRAMO COCHABAMBA – CHOTA – 2018**

**RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DE SOSTENIBILIDAD**

<b>Tesis</b>	Título	Índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018
	Maestría	Karina del Rocío Silva Tarrillo
<b>Datos generales de la infraestructura vial</b>	Carretera	Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca
	Tramo	Cochabamba – Chota
	Código de ruta	PE - 3N
<b>Mes que corresponde</b>	Mes	Marzo del 2018

N°	Secciones evaluadas					Factores de sostenibilidad de la infraestructura vial			
	Progresiva		Longitud (m)	Superficie de rodadura	Ubicación	Operación y mantenimiento	Sostenibilidad financiera	Capacidad técnica y gerencial del operador	Nivel de riesgo R
	Inicial	Final							
1	0+000	1+000	1,000.00	Afirmado, concreto	Cochabamba	1.229	0.552	0.223	0.116
2	1+000	2+000	1,000.00	Afirmado, asfalto	Cochabamba	1.370	0.594	0.387	0.129
3	2+000	3+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.979	1.018	0.625	0.063
4	3+000	4+000	1,000.00	Asfalto, bicapa	Cochabamba	1.543	0.806	0.492	0.114
5	4+000	5+000	1,000.00	Afirmado, bicapa	Cochabamba	1.100	0.382	0.178	0.319
6	5+000	6+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.964	0.934	0.611	0.076
7	6+000	7+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.703	0.594	0.461	0.156
8	7+000	8+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.671	0.806	0.506	0.150
9	8+000	9+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.677	0.594	0.625	0.161
10	9+000	10+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.440	0.764	0.461	0.188
11	10+000	11+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.346	0.467	0.433	0.245
12	11+000	12+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.785	0.594	0.461	0.123
13	12+000	13+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.784	0.764	0.506	0.111
14	13+000	14+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.430	0.764	0.342	0.224
15	14+000	15+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.686	0.806	0.551	0.138
16	15+000	16+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.874	0.806	0.604	0.075
17	16+000	17+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.416	0.551	0.480	0.161
18	17+000	18+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.792	0.976	0.520	0.108
19	18+000	19+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba, Lajas	1.606	0.806	0.506	0.104
20	19+000	20+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	1.826	0.806	0.611	0.096
21	20+000	21+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	1.361	0.509	0.328	0.213
22	21+000	22+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	1.040	0.467	0.178	0.273
23	22+000	23+000	1,000.00	Afirmado, concreto	Lajas	0.783	0.297	0.164	0.299
24	23+000	24+000	1,000.00	Concreto, asfalto	Lajas	1.402	0.509	0.373	0.098
25	24+000	25+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	1.904	1.018	0.670	0.048
26	25+000	26+000	1,000.00	Asfalto, afirmado, bicapa	Lajas	1.792	0.806	0.506	0.103
27	26+000	27+000	1,000.00	Bicapa, asfalto	Lajas	1.881	0.976	0.656	0.062
28	27+000	28+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	1.958	0.764	0.775	0.059
29	28+000	29+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	2.041	1.018	0.775	0.060
30	29+000	30+000	1,000.00	Asfalto	Lajas, Chota	2.073	0.976	0.775	0.048
31	30+000	31+000	1,000.00	Asfalto	Chota	2.127	1.188	0.820	0.046
32	31+000	32+000	1,000.00	Asfalto	Chota	2.229	1.188	0.820	0.038
33	32+000	32+610	610.00	Asfalto	Chota	2.194	1.188	0.820	0.042

**RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DE SOSTENIBILIDAD**

<b>Tesis</b>	Título	Índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018
	Maestría	Karina del Rocío Silva Tarrillo
<b>Datos generales de la infraestructura vial</b>	Carretera	Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca
	Tramo	Cochabamba – Chota
	Código de ruta	PE - 3N
<b>Mes que corresponde</b>	Mes	Julio del 2018

N°	Secciones evaluadas					Factores de sostenibilidad de la infraestructura vial			
	Progresiva		Longitud (m)	Superficie de rodadura	Ubicación	Operación y mantenimiento	Sostenibilidad financiera	Capacidad técnica y gerencial del operador	Nivel de riesgo R
	Inicial	Final							
1	0+000	1+000	1,000.00	Afirmado, concreto	Cochabamba	1.229	0.552	0.223	0.092
2	1+000	2+000	1,000.00	Afirmado, asfalto	Cochabamba	1.370	0.594	0.387	0.116
3	2+000	3+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.896	0.806	0.611	0.059
4	3+000	4+000	1,000.00	Asfalto, bicapa	Cochabamba	1.543	0.806	0.492	0.106
5	4+000	5+000	1,000.00	Afirmado, bicapa	Cochabamba	1.100	0.382	0.178	0.298
6	5+000	6+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.909	0.764	0.506	0.071
7	6+000	7+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.703	0.594	0.461	0.146
8	7+000	8+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.671	0.806	0.506	0.137
9	8+000	9+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.677	0.594	0.625	0.148
10	9+000	10+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.440	0.764	0.461	0.177
11	10+000	11+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.183	0.467	0.223	0.242
12	11+000	12+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.785	0.594	0.461	0.112
13	12+000	13+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.784	0.764	0.506	0.102
14	13+000	14+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.430	0.764	0.342	0.210
15	14+000	15+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.686	0.806	0.551	0.128
16	15+000	16+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.874	0.806	0.604	0.068
17	16+000	17+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.357	0.551	0.387	0.155
18	17+000	18+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.792	0.976	0.520	0.100
19	18+000	19+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba, Lajas	1.407	0.806	0.342	0.096
20	19+000	20+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	1.826	0.806	0.611	0.089
21	20+000	21+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	1.361	0.509	0.328	0.198
22	21+000	22+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	1.040	0.467	0.178	0.254
23	22+000	23+000	1,000.00	Afirmado, concreto	Lajas	0.783	0.297	0.164	0.277
24	23+000	24+000	1,000.00	Concreto, asfalto	Lajas	1.402	0.509	0.373	0.089
25	24+000	25+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	1.858	1.018	0.656	0.043
26	25+000	26+000	1,000.00	Asfalto, afirmado, bicapa	Lajas	1.658	0.594	0.342	0.100
27	26+000	27+000	1,000.00	Bicapa, asfalto	Lajas	1.844	0.806	0.656	0.057
28	27+000	28+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	1.958	0.764	0.775	0.054
29	28+000	29+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	2.008	0.976	0.775	0.055
30	29+000	30+000	1,000.00	Asfalto	Lajas, Chota	2.070	0.806	0.775	0.043
31	30+000	31+000	1,000.00	Asfalto	Chota	2.103	1.018	0.820	0.041
32	31+000	32+000	1,000.00	Asfalto	Chota	2.191	1.018	0.820	0.033
33	32+000	32+610	610.00	Asfalto	Chota	2.138	1.018	0.820	0.037

**RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DE SOSTENIBILIDAD**

<b>Tesis</b>	Título	Índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018
	Maestría	Karina del Rocío Silva Tarrillo
<b>Datos generales de la infraestructura vial</b>	Carretera	Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca
	Tramo	Cochabamba – Chota
	Código de ruta	PE - 3N
<b>Mes que corresponde</b>	Mes	Noviembre del 2018

N°	Secciones evaluadas					Factores de sostenibilidad de la infraestructura vial			
	Progresiva		Longitud (m)	Superficie de rodadura	Ubicación	Operación y mantenimiento	Sostenibilidad financiera	Capacidad técnica y gerencial del operador	Nivel de riesgo R
	Inicial	Final							
1	0+000	1+000	1,000.00	Afirmado, concreto	Cochabamba	1.229	0.552	0.223	0.145
2	1+000	2+000	1,000.00	Afirmado, asfalto	Cochabamba	1.370	0.594	0.387	0.151
3	2+000	3+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.788	0.806	0.506	0.078
4	3+000	4+000	1,000.00	Asfalto, bicapa	Cochabamba	1.543	0.806	0.492	0.134
5	4+000	5+000	1,000.00	Afirmado, bicapa	Cochabamba	1.100	0.382	0.178	0.369
6	5+000	6+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.854	0.764	0.506	0.093
7	6+000	7+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.703	0.594	0.461	0.180
8	7+000	8+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.671	0.806	0.506	0.176
9	8+000	9+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.677	0.594	0.625	0.188
10	9+000	10+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.466	0.806	0.506	0.222
11	10+000	11+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.183	0.467	0.223	0.305
12	11+000	12+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.785	0.594	0.461	0.145
13	12+000	13+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.784	0.764	0.506	0.132
14	13+000	14+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.188	0.594	0.237	0.313
15	14+000	15+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.589	0.594	0.492	0.190
16	15+000	16+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.874	0.806	0.604	0.101
17	16+000	17+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.357	0.551	0.387	0.223
18	17+000	18+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.792	0.976	0.520	0.144
19	18+000	19+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba, Lajas	1.407	0.806	0.342	0.148
20	19+000	20+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	1.826	0.806	0.611	0.126
21	20+000	21+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	1.361	0.509	0.328	0.286
22	21+000	22+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	1.040	0.467	0.178	0.363
23	22+000	23+000	1,000.00	Afirmado, concreto	Lajas	0.783	0.297	0.164	0.398
24	23+000	24+000	1,000.00	Concreto, asfalto	Lajas	1.402	0.509	0.373	0.130
25	24+000	25+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	1.788	0.764	0.551	0.066
26	25+000	26+000	1,000.00	Asfalto, afirmado, bicapa	Lajas	1.658	0.594	0.342	0.146
27	26+000	27+000	1,000.00	Bicapa, asfalto	Lajas	1.678	0.764	0.506	0.089
28	27+000	28+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	1.904	0.764	0.625	0.082
29	28+000	29+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	1.955	0.806	0.625	0.096
30	29+000	30+000	1,000.00	Asfalto	Lajas, Chota	2.054	0.806	0.775	0.079
31	30+000	31+000	1,000.00	Asfalto	Chota	2.079	1.018	0.715	0.075
32	31+000	32+000	1,000.00	Asfalto	Chota	2.132	1.018	0.775	0.059
33	32+000	32+610	610.00	Asfalto	Chota	2.091	1.018	0.775	0.065

**RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DE SOSTENIBILIDAD**

<b>Tesis</b>	Título	Índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018
	Maestría	Karina del Rocío Silva Tarrillo
<b>Datos generales de la infraestructura vial</b>	Carretera	Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca
	Tramo	Cochabamba – Chota
	Código de ruta	PE - 3N
<b>Mes que corresponde</b>	Mes	Marzo del 2019

N°	Secciones evaluadas					Factores de sostenibilidad de la infraestructura vial			
	Progresiva		Longitud (m)	Superficie de rodadura	Ubicación	Operación y mantenimiento	Sostenibilidad financiera	Capacidad técnica y gerencial del operador	Nivel de riesgo R
	Inicial	Final							
1	0+000	1+000	1,000.00	Afirmado, concreto	Cochabamba	1.263	0.552	0.223	0.165
2	1+000	2+000	1,000.00	Afirmado, asfalto	Cochabamba	1.370	0.594	0.387	0.187
3	2+000	3+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.788	0.806	0.506	0.094
4	3+000	4+000	1,000.00	Asfalto, bicapa	Cochabamba	1.543	0.806	0.492	0.163
5	4+000	5+000	1,000.00	Afirmado, bicapa	Cochabamba	1.100	0.382	0.178	0.442
6	5+000	6+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.854	0.764	0.506	0.115
7	6+000	7+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.568	0.594	0.461	0.214
8	7+000	8+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.589	0.636	0.461	0.217
9	8+000	9+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.580	0.594	0.566	0.229
10	9+000	10+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.400	0.594	0.356	0.267
11	10+000	11+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.183	0.467	0.223	0.370
12	11+000	12+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.771	0.594	0.461	0.178
13	12+000	13+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.760	0.764	0.506	0.164
14	13+000	14+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.219	0.594	0.237	0.286
15	14+000	15+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.589	0.594	0.492	0.172
16	15+000	16+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.874	0.806	0.604	0.092
17	16+000	17+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.357	0.551	0.387	0.203
18	17+000	18+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.607	0.636	0.356	0.131
19	18+000	19+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba, Lajas	1.407	0.806	0.342	0.135
20	19+000	20+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	1.826	0.806	0.611	0.116
21	20+000	21+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	1.361	0.509	0.328	0.263
22	21+000	22+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	1.040	0.467	0.178	0.334
23	22+000	23+000	1,000.00	Afirmado, concreto	Lajas	0.783	0.297	0.164	0.367
24	23+000	24+000	1,000.00	Concreto, asfalto	Lajas	1.402	0.509	0.373	0.121
25	24+000	25+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	1.788	0.764	0.551	0.061
26	25+000	26+000	1,000.00	Asfalto, afirmado, bicapa	Lajas	1.658	0.594	0.342	0.132
27	26+000	27+000	1,000.00	Bicapa, asfalto	Lajas	1.678	0.764	0.506	0.081
28	27+000	28+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	1.904	0.764	0.625	0.074
29	28+000	29+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	1.955	0.806	0.625	0.077
30	29+000	30+000	1,000.00	Asfalto	Lajas, Chota	2.054	0.806	0.775	0.063
31	30+000	31+000	1,000.00	Asfalto	Chota	2.079	1.018	0.715	0.062
32	31+000	32+000	1,000.00	Asfalto	Chota	2.132	1.018	0.775	0.049
33	32+000	32+610	610.00	Asfalto	Chota	2.091	1.018	0.775	0.055

**RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DE SOSTENIBILIDAD**

<b>Tesis</b>	Título	Índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018
	Maestría	Karina del Rocío Silva Tarrillo
<b>Datos generales de la infraestructura vial</b>	Carretera	Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca
	Tramo	Cochabamba – Chota
	Código de ruta	PE - 3N
<b>Mes que corresponde</b>	Mes	Julio del 2019

N°	Secciones evaluadas					Factores de sostenibilidad de la infraestructura vial			
	Progresiva		Longitud (m)	Superficie de rodadura	Ubicación	Operación y mantenimiento	Sostenibilidad financiera	Capacidad técnica y gerencial del operador	Nivel de riesgo R
	Inicial	Final							
1	0+000	1+000	1,000.00	Afirmado, concreto	Cochabamba	1.263	0.552	0.223	0.099
2	1+000	2+000	1,000.00	Afirmado, asfalto	Cochabamba	1.381	0.594	0.387	0.116
3	2+000	3+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.822	0.806	0.506	0.061
4	3+000	4+000	1,000.00	Asfalto, bicapa	Cochabamba	1.574	0.806	0.492	0.106
5	4+000	5+000	1,000.00	Afirmado, bicapa	Cochabamba	1.111	0.382	0.178	0.298
6	5+000	6+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.805	0.764	0.506	0.071
7	6+000	7+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.579	0.594	0.461	0.146
8	7+000	8+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.589	0.636	0.461	0.137
9	8+000	9+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.580	0.594	0.461	0.150
10	9+000	10+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.431	0.594	0.356	0.177
11	10+000	11+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.169	0.467	0.223	0.242
12	11+000	12+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.678	0.594	0.461	0.112
13	12+000	13+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.735	0.764	0.506	0.102
14	13+000	14+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.219	0.594	0.237	0.220
15	14+000	15+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.589	0.594	0.492	0.128
16	15+000	16+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.824	0.806	0.604	0.068
17	16+000	17+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.299	0.551	0.387	0.155
18	17+000	18+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.618	0.636	0.356	0.100
19	18+000	19+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba, Lajas	1.407	0.806	0.342	0.101
20	19+000	20+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	1.662	0.806	0.611	0.089
21	20+000	21+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	1.311	0.509	0.328	0.198
22	21+000	22+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	1.005	0.467	0.178	0.254
23	22+000	23+000	1,000.00	Afirmado, concreto	Lajas	0.820	0.297	0.164	0.277
24	23+000	24+000	1,000.00	Concreto, asfalto	Lajas	1.402	0.509	0.373	0.089
25	24+000	25+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	1.733	0.764	0.537	0.045
26	25+000	26+000	1,000.00	Asfalto, afirmado, bicapa	Lajas	1.669	0.594	0.342	0.100
27	26+000	27+000	1,000.00	Bicapa, asfalto	Lajas	1.646	0.806	0.447	0.059
28	27+000	28+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	1.814	0.764	0.625	0.055
29	28+000	29+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	1.918	0.806	0.625	0.056
30	29+000	30+000	1,000.00	Asfalto	Lajas, Chota	2.009	0.806	0.506	0.045
31	30+000	31+000	1,000.00	Asfalto	Chota	1.976	0.976	0.670	0.042
32	31+000	32+000	1,000.00	Asfalto	Chota	2.102	0.976	0.670	0.034
33	32+000	32+610	610.00	Asfalto	Chota	2.028	0.976	0.670	0.038

**RESUMEN DE LA EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DE SOSTENIBILIDAD**

<b>Tesis</b>	Título	Índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018
	Maestría	Karina del Rocío Silva Tarrillo
<b>Datos generales de la infraestructura vial</b>	Carretera	Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca
	Tramo	Cochabamba – Chota
	Código de ruta	PE - 3N
<b>Mes que corresponde</b>	Mes	Noviembre del 2019

N°	Secciones evaluadas					Factores de sostenibilidad de la infraestructura vial			
	Progresiva		Longitud (m)	Superficie de rodadura	Ubicación	Operación y mantenimiento	Sostenibilidad financiera	Capacidad técnica y gerencial del operador	Nivel de riesgo R
	Inicial	Final							
1	0+000	1+000	1,000.00	Afirmado, concreto	Cochabamba	1.263	0.806	0.611	0.128
2	1+000	2+000	1,000.00	Afirmado, asfalto	Cochabamba	1.381	0.806	0.566	0.088
3	2+000	3+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.715	0.806	0.506	0.078
4	3+000	4+000	1,000.00	Asfalto, bicapa	Cochabamba	1.429	0.509	0.492	0.134
5	4+000	5+000	1,000.00	Afirmado, bicapa	Cochabamba	1.041	0.382	0.178	0.369
6	5+000	6+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.805	0.764	0.506	0.093
7	6+000	7+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.557	0.594	0.461	0.180
8	7+000	8+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.533	0.636	0.461	0.176
9	8+000	9+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.483	0.594	0.461	0.191
10	9+000	10+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.431	0.594	0.356	0.222
11	10+000	11+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.183	0.467	0.223	0.305
12	11+000	12+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.606	0.594	0.461	0.145
13	12+000	13+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.597	0.764	0.506	0.132
14	13+000	14+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.219	0.594	0.237	0.274
15	14+000	15+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.456	0.594	0.492	0.164
16	15+000	16+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.824	0.806	0.604	0.088
17	16+000	17+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	1.264	0.551	0.387	0.194
18	17+000	18+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	1.577	0.636	0.356	0.126
19	18+000	19+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba, Lajas	1.381	0.806	0.342	0.129
20	19+000	20+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	1.662	0.806	0.611	0.111
21	20+000	21+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	1.282	0.509	0.328	0.249
22	21+000	22+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	0.929	0.467	0.178	0.318
23	22+000	23+000	1,000.00	Afirmado, concreto	Lajas	0.841	0.297	0.164	0.349
24	23+000	24+000	1,000.00	Concreto, asfalto	Lajas	1.343	0.509	0.373	0.114
25	24+000	25+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	1.733	0.764	0.537	0.058
26	25+000	26+000	1,000.00	Asfalto, afirmado, bicapa	Lajas	1.641	0.594	0.342	0.127
27	26+000	27+000	1,000.00	Bicapa, asfalto	Lajas	1.666	0.806	0.447	0.077
28	27+000	28+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	1.814	0.764	0.520	0.074
29	28+000	29+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	1.848	0.806	0.520	0.074
30	29+000	30+000	1,000.00	Asfalto	Lajas, Chota	1.698	0.806	0.520	0.061
31	30+000	31+000	1,000.00	Asfalto	Chota	1.921	0.976	0.551	0.058
32	31+000	32+000	1,000.00	Asfalto	Chota	2.059	0.976	0.670	0.048
33	32+000	32+610	610.00	Asfalto	Chota	2.008	0.976	0.565	0.053

**ANÁLISIS DE DATOS**

<b>Tesis</b>	Título	Índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018
	Maestría	Karina del Rocío Silva Tarrillo
<b>Datos generales de la infraestructura vial</b>	Carretera	Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca
	Tramo	Cochabamba – Chota
	Código de ruta	PE - 3N
<b>Año que corresponde</b>	Años	2018 - 2019

Tramo	Operación y mantenimiento OM	Sostenibilidad financiera SF	Capacidad técnica y gerencial del operador CG	Nivel de riesgo R	Índice de sostenibilidad				
					Sin riesgo $S_{SR} = \frac{5(OM) + 3(SF) + 2(CG)}{10}$	Con riesgo $S_{CR} = \frac{5(OM) + 3(SF) + 2(CG)}{10} - \frac{11}{10} \sqrt{R}$	Con riesgo (lineal) $S_{CR} = a(R) + b$	Con riesgo (logarítmico) $S = a \ln(R) + b$	Con riesgo (aproximado) $S_{CR} = \frac{5(OM) + 3(SF) + 2(CG)}{10} - R$
1	2.312	2.000	1.756	0.124	2.107	1.720	2.900	2.746	1.983
2	2.549	2.118	2.543	0.131	2.418	2.020	2.851	2.689	2.287
3	3.397	2.832	3.311	0.072	3.210	2.915	3.264	3.308	3.138
4	2.837	2.549	3.000	0.126	2.783	2.393	2.886	2.729	2.657
5	2.026	1.286	1.085	0.349	1.616	0.966	1.325	1.676	1.267
6	3.460	2.667	3.195	0.086	3.169	2.846	3.166	3.124	3.083
7	3.035	2.000	2.811	0.170	2.680	2.226	2.578	2.420	2.510
8	3.007	2.428	2.951	0.166	2.822	2.374	2.606	2.444	2.656
9	2.991	2.000	3.421	0.178	2.780	2.315	2.522	2.372	2.602
10	2.662	2.310	2.537	0.209	2.531	2.029	2.305	2.206	2.322
11	2.241	1.572	1.573	0.284	1.907	1.321	1.780	1.889	1.623
12	3.219	2.000	2.811	0.136	2.772	2.366	2.816	2.650	2.636
13	3.230	2.572	3.085	0.124	3.004	2.616	2.900	2.746	2.880
14	2.382	2.192	1.659	0.254	2.180	1.626	1.990	2.005	1.926
15	2.967	2.239	3.122	0.154	2.779	2.348	2.690	2.522	2.625
16	3.445	2.714	3.683	0.082	3.273	2.958	3.194	3.174	3.191
17	2.490	1.855	2.457	0.182	2.293	1.824	2.494	2.349	2.111
18	3.147	2.714	2.671	0.118	2.922	2.544	2.942	2.797	2.804
19	2.664	2.714	2.250	0.119	2.596	2.217	2.935	2.789	2.477
20	3.286	2.714	3.726	0.104	3.202	2.847	3.040	2.928	3.098
21	2.486	1.714	2.000	0.235	2.157	1.624	2.123	2.085	1.922
22	1.885	1.572	1.085	0.299	1.631	1.030	1.675	1.836	1.332
23	1.482	1.000	1.000	0.328	1.241	0.611	1.472	1.740	0.913
24	2.583	1.714	2.274	0.107	2.260	1.900	3.019	2.898	2.153
25	3.341	2.859	3.561	0.054	3.240	2.985	3.390	3.606	3.186
26	3.115	2.118	2.250	0.118	2.643	2.265	2.942	2.797	2.525
27	3.213	2.761	3.268	0.071	3.089	2.796	3.271	3.323	3.018
28	3.510	2.572	4.012	0.066	3.329	3.047	3.306	3.398	3.263
29	3.625	2.929	4.012	0.070	3.494	3.203	3.278	3.337	3.424
30	3.698	2.808	4.195	0.057	3.530	3.268	3.369	3.550	3.473
31	3.800	3.475	4.360	0.054	3.814	3.559	3.390	3.606	3.760
32	3.972	3.475	4.604	0.044	3.949	3.719	3.460	3.817	3.905
33	3.881	3.475	4.500	0.048	3.883	3.642	3.432	3.727	3.835

**RESUMEN DE RESULTADOS DEL ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD Y NIVEL DE RIESGO**

<b>Tesis</b>	Título	Índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo de la carretera Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca, tramo Cochabamba – Chota – 2018
	Maestría	Karina del Rocío Silva Tarrillo
<b>Datos generales de la infraestructura vial</b>	Carretera	Chongoyape – Cochabamba - Cajamarca
	Tramo	Cochabamba – Chota
	Código de ruta	PE - 3N
<b>Año que corresponde</b>	Años	2018 - 2019

N°	Tramos evaluados					Sostenibilidad de la infraestructura vial sin riesgo					Riesgo			Índice de sostenibilidad con incorporación del nivel de riesgo ScR			
	Progresiva		Longitud (m)	Superficie de rodadura	Ubicación	Operación y mantenimiento OM	Sostenibilidad financiera SF	Capacidad técnica y gerencial del operador CG	Índice de sostenibilidad sin incorporación del nivel de riesgo SsR		Escala cromática	Nivel de riesgo R				Escala cromática	
	Inicial	Final															
1	0+000	1+000	1,000.00	Asfalto, concreto	Cochabamba	2.312	2.000	1.756	2.107	Malo		0.124	Moderado		1.720	Muy malo	
2	1+000	2+000	1,000.00	Asfalto, asfalto	Cochabamba	2.549	2.118	2.543	2.418	Malo		0.131	Moderado		2.020	Malo	
3	2+000	3+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	3.397	2.832	3.311	3.210	Regular		0.072	Moderado		2.915	Regular	
4	3+000	4+000	1,000.00	Asfalto, bicapa	Cochabamba	2.837	2.549	3.000	2.783	Malo		0.126	Moderado		2.393	Malo	
5	4+000	5+000	1,000.00	Asfalto, bicapa	Cochabamba	2.026	1.286	1.085	1.616	Muy malo		0.349	Muy Alto		0.966	Muy malo	
6	5+000	6+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	3.460	2.667	3.195	3.169	Regular		0.086	Moderado		2.846	Regular	
7	6+000	7+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	3.035	2.000	2.811	2.680	Malo		0.170	Alto		2.226	Malo	
8	7+000	8+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	3.007	2.428	2.951	2.822	Regular		0.166	Alto		2.374	Malo	
9	8+000	9+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	2.991	2.000	3.421	2.780	Malo		0.178	Alto		2.315	Malo	
10	9+000	10+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	2.662	2.310	2.537	2.531	Malo		0.209	Alto		2.029	Malo	
11	10+000	11+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	2.241	1.572	1.573	1.907	Malo		0.284	Muy Alto		1.321	Muy malo	
12	11+000	12+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	3.219	2.000	2.811	2.772	Malo		0.136	Moderado		2.366	Malo	
13	12+000	13+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	3.230	2.572	3.085	3.004	Regular		0.124	Moderado		2.616	Malo	
14	13+000	14+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	2.382	2.192	1.659	2.180	Malo		0.254	Alto		1.626	Muy malo	
15	14+000	15+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	2.967	2.239	3.122	2.779	Malo		0.154	Alto		2.348	Malo	
16	15+000	16+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	3.445	2.714	3.683	3.273	Regular		0.082	Moderado		2.958	Regular	
17	16+000	17+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba	2.490	1.855	2.457	2.293	Malo		0.182	Alto		1.824	Malo	
18	17+000	18+000	1,000.00	Asfalto	Cochabamba	3.147	2.714	2.671	2.922	Regular		0.118	Moderado		2.544	Malo	
19	18+000	19+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Cochabamba, Lajas	2.664	2.714	2.250	2.596	Malo		0.119	Moderado		2.217	Malo	
20	19+000	20+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	3.286	2.714	3.726	3.202	Regular		0.104	Moderado		2.847	Regular	
21	20+000	21+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	2.486	1.714	2.000	2.157	Malo		0.235	Alto		1.624	Muy malo	
22	21+000	22+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	1.885	1.572	1.085	1.631	Muy malo		0.299	Muy Alto		1.030	Muy malo	
23	22+000	23+000	1,000.00	Asfalto, concreto	Lajas	1.482	1.000	1.000	1.241	Muy malo		0.328	Muy Alto		0.611	Muy malo	
24	23+000	24+000	1,000.00	Concreto, asfalto	Lajas	2.583	1.714	2.274	2.260	Malo		0.107	Moderado		1.900	Malo	
25	24+000	25+000	1,000.00	Asfalto, afirmado	Lajas	3.341	2.859	3.561	3.240	Regular		0.054	Moderado		2.985	Regular	
26	25+000	26+000	1,000.00	Asfalto, afirmado, bicapa	Lajas	3.115	2.118	2.250	2.643	Malo		0.118	Moderado		2.265	Malo	
27	26+000	27+000	1,000.00	Bicapa, asfalto	Lajas	3.213	2.761	3.268	3.089	Regular		0.071	Moderado		2.796	Malo	
28	27+000	28+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	3.510	2.572	4.012	3.329	Regular		0.066	Moderado		3.047	Regular	
29	28+000	29+000	1,000.00	Asfalto	Lajas	3.625	2.929	4.012	3.494	Regular		0.070	Moderado		3.203	Regular	
30	29+000	30+000	1,000.00	Asfalto	Lajas, Chota	3.698	2.808	4.195	3.530	Regular		0.057	Moderado		3.268	Regular	
31	30+000	31+000	1,000.00	Asfalto	Chota	3.800	3.475	4.360	3.814	Bueno		0.054	Moderado		3.559	Regular	
32	31+000	32+000	1,000.00	Asfalto	Chota	3.972	3.475	4.604	3.949	Bueno		0.044	Bajo		3.719	Regular	
33	32+000	32+610	610.00	Asfalto	Chota	3.881	3.475	4.500	3.883	Bueno		0.048	Bajo		3.642	Regular	

**ANEXO IX**  
**PANEL FOTOGRÁFICO**

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 01</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 0+000 al Km 1+000
<b>Descripción del tramo</b>	
<p>El tramo inicia en la zona urbana del distrito de Cochabamba, desde el punto de inicio hasta el puente Lanchiconga se encuentra con afirmado (0+000 al 0+190), sigue con pavimento rígido (0+190 al 0+945), finalmente hay un tramo de afirmado (0+945 al 1+000).</p>	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
<p>Riesgo alto por erosión, puente por la quebrada Lanchiconga y río Chotano entre 0+800 al 1+000, ambas zonas se encuentran protegidos por gaviones.  Riesgo muy bajo por movimiento de masas.  Riesgo muy alto por inundación, desborde del río Chotano y quebrada Lanchiconga.</p>	
<b>Estado de la vía</b>	
<p>Los tramos de afirmado se encuentran con fallas como baches, ahuellamientos y deformaciones.  El tramo de concreto presenta fisuras, baches y desprendimientos.  Se encuentra en pésimas condiciones de servicio.</p>	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
	

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 02</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 1+000 al Km 2+000
<b>Descripción del tramo</b>	
<p>Este tramo en el año 2018 era de afirmado, en el año 2019 fue ejecutado un proyecto de pistas y veredas. Se encuentra el badén Alacuniz que siempre contiene agua corriente. Existe 2 alcantarillas de concreto y 2 TMC 48". 300 metros lineales de gaviones y un muro de contención de concreto armado de 10 metros.</p>	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
<p>Riesgo alto por erosión, cercanía al río Chotano.  Riesgo moderado por movimiento de masas entre 1+800 al 2+000.  Riesgo bajo por inundación, aumento de caudal de la quebrada Alacuniz.</p>	
<b>Estado de la vía</b>	
<p>Antes de la ejecución del proyecto la vía se encontraba en pésimas condiciones, actualmente se encuentra en buenas condiciones. Cuenta con obras de protección como son los muros de contención y gaviones. Las alcantarillas estructuralmente presentan deterioros. El badén estructuralmente presenta pequeñas fisuras.</p>	
<b>Nivel de riesgo</b>	
<b>Índice de sostenibilidad</b>	

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 03</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 2+000 al Km 3+000
<b>Descripción del tramo</b>	
Este tramo es de asfalto, existen 5 alcantarillas de concreto armado y 2 TMC 36", no existen obras de protección puesto que no es necesario.	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
Riesgo de erosión bajo. Riesgo de movimiento de masas moderado, taludes inestables con pendiente moderada. Riesgo de inundación bajo.	
<b>Estado de la vía</b>	
La vía se encuentra en regulares condiciones, presentando algunas fallas y deterioros moderados. Las obras de drenaje se encuentran estructural y funcionalmente en regulares condiciones con fallas superficiales.	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
■	■

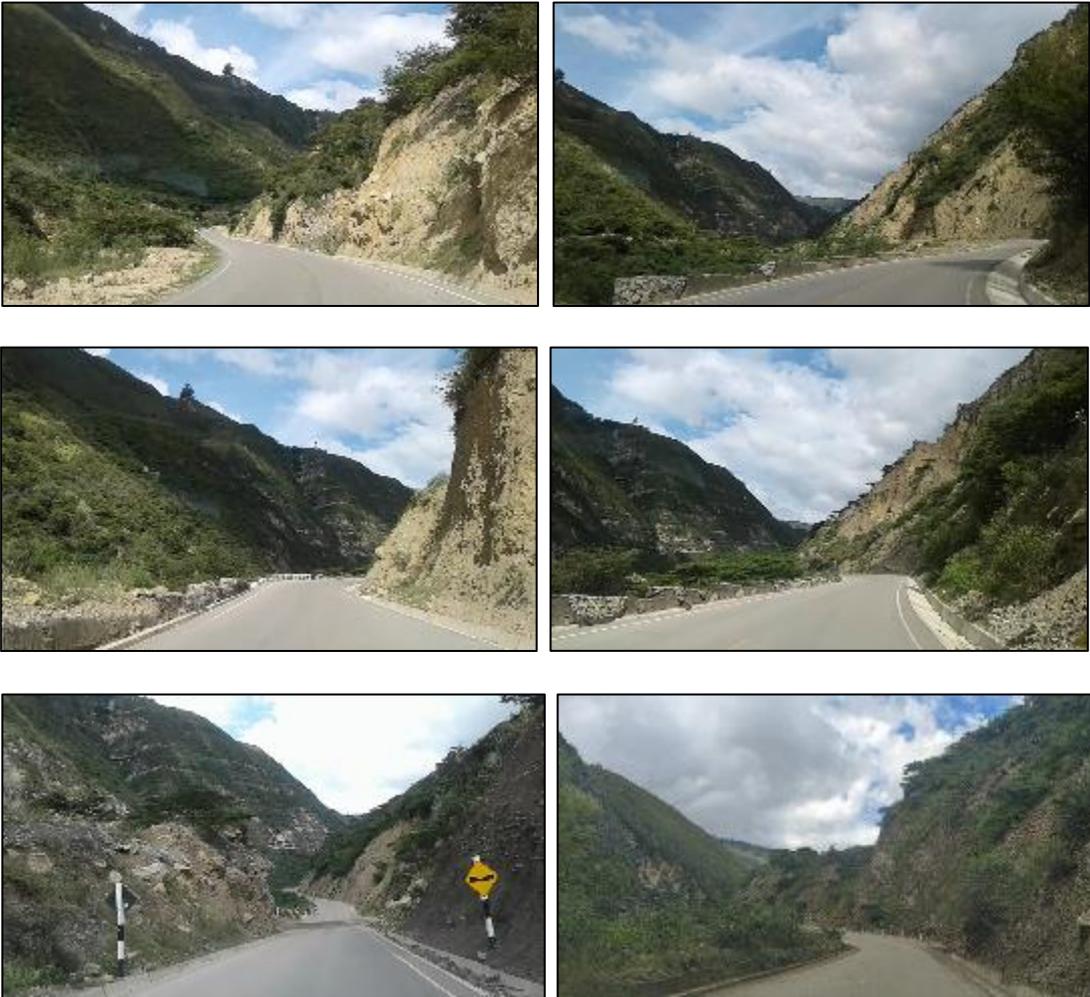
<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 04</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 3+000 al Km 4+000
<b>Descripción del tramo</b>	
Este tramo por disponibilidad de pases se encuentra con bicapa en una longitud de 540 metros. Está el pontón El Molino. Presenta varios taludes inestables. Existen 3 alcantarillas de concreto armado, 1 TMC 48", 1 TMC 36".	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
Riesgo de erosión bajo. Riesgo de movimiento de masas alto, taludes inestables. Riesgo de inundación bajo, desborde de quebrada El Molino y el río Chotano.	
<b>Estado de la vía</b>	
La vía se encuentra con varios deterioros y fallas en los tramos de bicapa que comprometen la parte estructural de la vía. El pontón El Molino presenta deterioros estructurales y está obstruido.	
<b>Nivel de riesgo</b>	
<b>Índice de sostenibilidad</b>	

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 05</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 4+000 al Km 5+000
<b>Descripción del tramo</b>	
<p>El tramo presenta diversos daños y fallas, ha habido muchos accidentes, la vía se encuentra en relieve muy accidentado. La superficie ha sido de bicapa, por la acción continua de la caída de grandes masas de los taludes, ha ido deteriorándose hasta eliminar toda la capa de rodadura. No tiene obras de protección y hay alcantarillas 1 TMC 48" y 3 TMC 36".</p>	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
<p>Riesgo por erosión muy alto, acción del río Chotano.  Riesgo por movimiento de masas muy alto, pendiente pronunciada de taludes.  Riesgo por inundación muy bajo.</p>	
<b>Estado de la vía</b>	
<p>La vía se encuentra en pésimas condiciones de servicio por los múltiples deterioros críticos que presenta.  Las obras de arte y drenaje dos están colapsadas y las otras están muy deterioradas.  No se hace mantenimiento en este tramo, únicamente cuando existen emergencias.</p>	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
■	■

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 06</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 5+000 al Km 6+000
<b>Descripción del tramo</b>	
<p>La capa de rodadura es asfalto. El puente Santa Isolina tiene muros de encausamiento con gaviones, se encuentra sin limpieza. Hay 2 alcantarillas de concreto armado, 1 TMC 48", 2 TMC 36".</p>	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
<p>Riesgo por erosión es moderado, tiene obras de protección.  Riesgo por movimiento de masas es moderado, hay taludes inestables, pero no presentan pendiente pronunciada.  Riesgo por inundación moderado, probable desborde del río Santa Isolina.</p>	
<b>Estado de la vía</b>	
<p>La vía se encuentra en regulares condiciones de servicio, presenta fallas pequeñas fallas estructurales. Las alcantarillas tienen deterioros moderados, pero se encuentran parcialmente obstruidas.</p>	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
■	■

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 07</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 6+000 al Km 7+000
<b>Descripción del tramo</b>	
<p>La capa de rodadura es asfalto. Presenta múltiples deterioros estructurales por la caída de masas de los taludes. Hay 7 alcantarillas de concreto armado, 1 TMC 48", 2 TMC 36".</p>	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
<p>Riesgo por erosión alto, cercanía al río Chotano.  Riesgo por movimiento de masas alto, inestabilidad de taludes.  Riesgo por inundación bajo.</p>	
<b>Estado de la vía</b>	
<p>La vía presenta múltiples deterioros por la caída continua de rocas del talud. Los cabezales de las alcantarillas tienen deterioros como fracturas.  Las condiciones de servicio son deficientes.</p>	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
	

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 08</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 7+000 al Km 8+000
<b>Descripción del tramo</b>	
La vía es de asfalto. Se encuentra el badén higuierón en buenas condiciones. En este tramo ha ocurrido accidentes en la curva vertical contiguo al badén. Hay 2 alcantarillas de concreto armado, 1 TMC 48", 1 TMC 36".	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
Riesgo por erosión es alto, cercanía al río Chotano y no tiene obras de protección. Riesgo por movimiento de masas es moderado, presenta taludes inestables de baja altura. Riesgo por inundación es alto, desborde de río Chotano.	
<b>Estado de la vía</b>	
En varios puntos hay hundimientos de plataforma, fisuras y grietas. Las alcantarillas se encuentran en regular estado estructural. El badén tiene fisuras pequeñas. La cuneta se encuentra con varios deterioros por la caída de rocas de los taludes.	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
■	■

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 09</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 8+000 al Km 9+000
<b>Descripción del tramo</b>	
<p>La capa de rodadura es asfalto. Hay un badén denominado Tranquilla por la quebrada. Hay 2 alcantarillas de concreto armado, 1 TMC 48", 1 TMC 36". Tiene obras de protección como gaviones y muros de contención.</p>	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
<p>Riesgo muy alto por erosión, cercanía al río Chotano.  Riesgo alto por movimiento de masas, taludes inestables de altura considerable.  Riesgo alto por inundación, probable desborde del río Chotano.</p>	
<b>Estado de la vía</b>	
<p>La vía se encuentra con múltiples deterioros a consecuencia de caída de rocas y asentamientos diferenciales de plataforma. Los cabezales de las alcantarillas se encuentran con fracturas y desprendimientos de concreto por el impacto de las rocas, asimismo frecuentemente se encuentran obstruidas. El badén en la parte de aguas arriba se encuentra con varios deterioros moderados a consecuencia de las avenidas fuertes en épocas de lluvia y desprendimiento de rocas de los taludes contiguos, en esta zona han ocurrido varios accidentes.</p>	
<b>Nivel de riesgo</b>	
<b>Índice de sostenibilidad</b>	

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 10</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 9+000 al Km 10+000
<b>Descripción del tramo</b>	
La capa de rodadura es asfalto. Hay 1 badén de concreto armado. Hay 4 alcantarillas de concreto armado y 2 TMC 36". Tiene obras de protección como gaviones.	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
<p>Riesgo alto por erosión, cercanía al río Chotano.</p> <p>Riesgo muy alto por movimiento de masas, taludes inestables de gran altura y pendiente pronunciada de terreno.</p> <p>Riesgo alto por inundación, desborde de río Chotano.</p>	
<b>Estado de la vía</b>	
<p>La vía presenta varios deterioros severos en la estructura como fisuras, desprendimientos y deformaciones. El badén está en buenas condiciones. Los cabezales de las alcantarillas se encuentran con críticos daños por la caída de rocas de los taludes. Las obras de protección que son gaviones están en moderadas condiciones, en el tramo crítico donde existe erosión no hay obras de protección.</p>	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
	

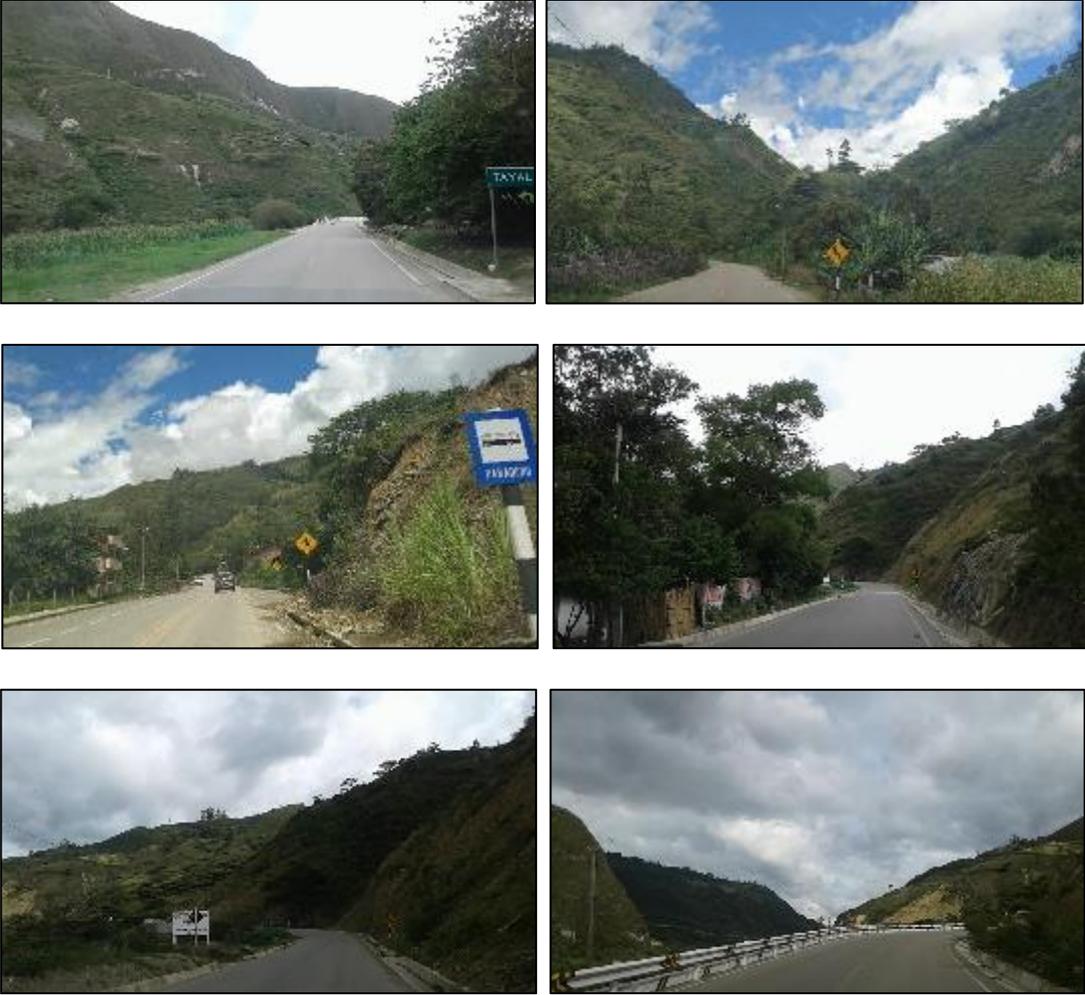
<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 11</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 10+000 al Km 11+000
<b>Descripción del tramo</b>	
Tiene 535 metros de afirmado ubicado entre 10+225 al 10+760, toda esta zona es inestable; el resto del tramo es asfalto. Existen obras de drenaje en el tramo de asfalto 2 alcantarillas de concreto armado y 1 TMC 36”.	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
<p>Riesgo por erosión muy alto, el tramo de afirmado está adyacente al río Chotano y no existe obras de protección.</p> <p>Riesgo por movimiento de masas muy alto, todo el tramo presenta taludes inestables de gran altura y pendiente pronunciada.</p> <p>Riesgo por inundación alta, desborde de río Chotano.</p>	
<b>Estado de la vía</b>	
La vía tiene baches, fisuras, grietas, fracturas y desprendimientos. Los cabezales de las alcantarillas y cunetas tienen fracturas por las frecuentes caídas de rocas de los taludes inestables.	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
■	■

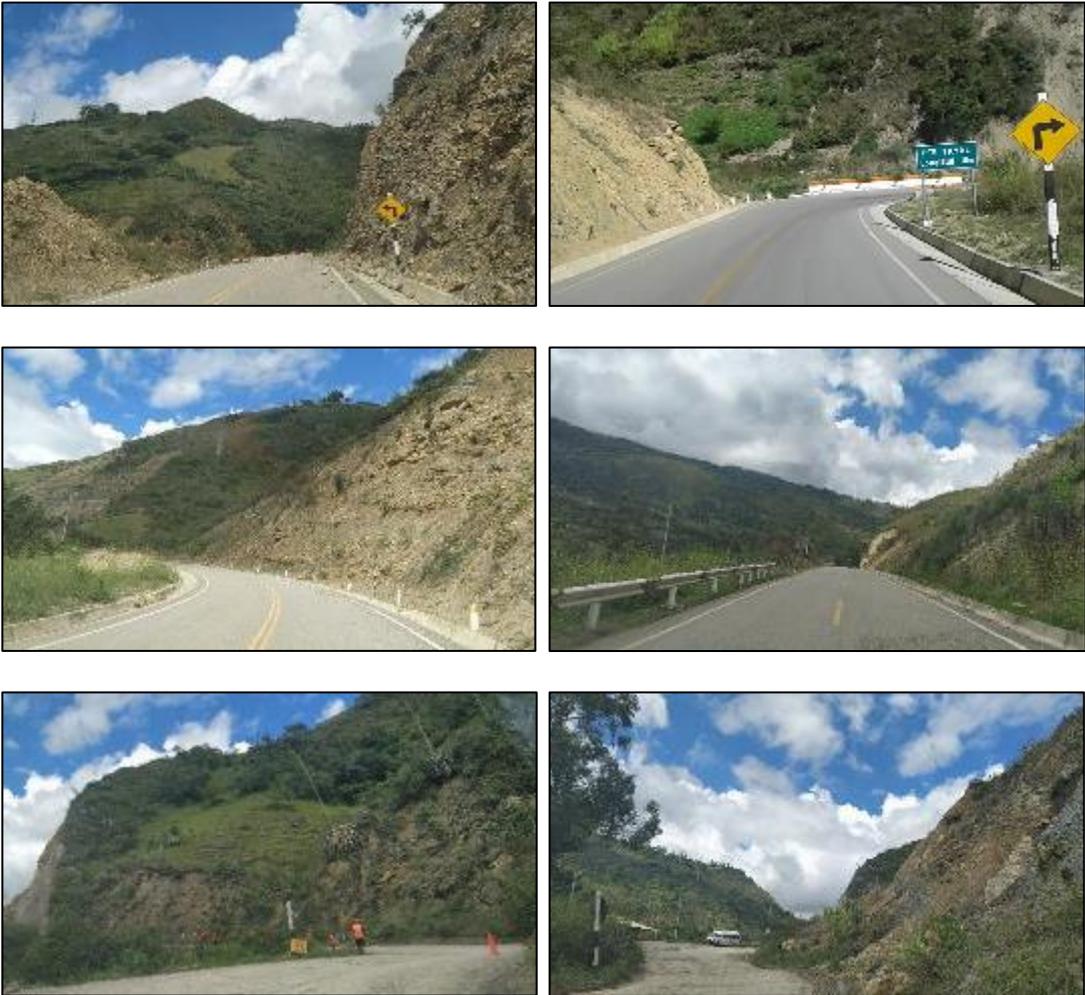
<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 12</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 11+000 al Km 12+000
<b>Descripción del tramo</b>	
El tramo es de asfalto. 2 badenes de concreto armado. 4 alcantarillas de TMC 36", 2 de concreto armado y 1 TMC 48". En este tramo se encuentra ubicado el caserío de Mamaruribamba.	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
<p>Riesgo alto por erosión, cercanía al río Chotano.</p> <p>Riesgo moderado por movimiento de masas, taludes inestables de mediana altura, desprendimiento de rocas.</p> <p>Riesgo alto por inundación, probable desborde de río Chotano.</p>	
<b>Estado de la vía</b>	
La vía presenta diversas fallas superficiales. Los badenes se encuentran en buenas condiciones. Las alcantarillas y cunetas presentan deterioros superficiales. A la altura de Mamaruribamba hay un tramo pequeño de talud inestable.	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
	

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 13</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 12+000 al Km 13+000
<b>Descripción del tramo</b> El tramo es de asfalto. Hay 3 alcantarillas de concreto armado, 1 TMC 48" y 2 TMC 36". Cuneta de concreto.	
	
<b>Riesgos existentes</b> Riesgo por erosión moderado, existencia de obras de protección. Riesgo por movimiento de masas alto, taludes inestables de mediana altura constituido por suelos como roca suelta, gravas, arcillas y limos. Riesgo por inundación moderado.	
<b>Estado de la vía</b> La vía se encuentra con varias fallas como fisuras y fracturas. Los cabezales de las alcantarillas y cuneta fracturadas por el impacto de la caída de material de los taludes.	
<b>Nivel de riesgo</b> <span style="background-color: yellow; display: inline-block; width: 20px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span>	<b>Índice de sostenibilidad</b> <span style="background-color: orange; display: inline-block; width: 20px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span>

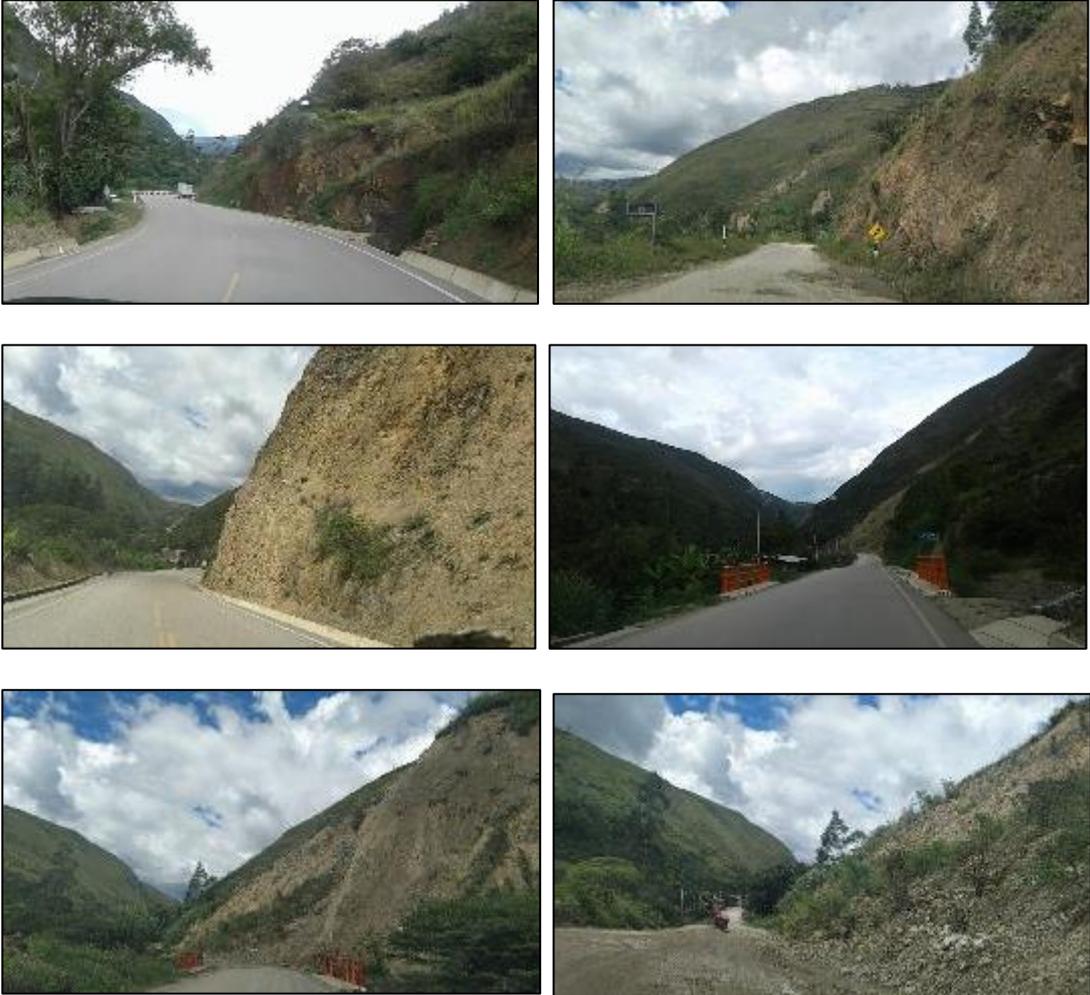
<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 14</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 13+000 al Km 14+000
<b>Descripción del tramo</b>	
<p>La zona entre el 13+700 al 13+930 conocida como la Peña de los Loros es crítica, este tramo es de afirmado, la longitud restante es asfalto. Hay 2 alcantarillas de TMC 36". No hay un drenaje adecuado puesto que es una zona inestable. Se encuentra el caserío Pasamayo. Se encuentra el pontón Chuquil.</p>	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
<p>Riesgo alto de erosión, proximidad al río Chotano y sin obras de protección.  Riesgo muy alto de movimiento de masas, en la zona crítica por deslizamientos.  Riesgo alto por inundación, desborde de los ríos Chuquil y Chotano.</p>	
<b>Estado de la vía</b>	
<p>Los tramos de asfalto se encuentran en buenas condiciones, el tramo ubicado en la zona crítica se encuentra en pésimas condiciones de servicio puesto que no tiene adecuado drenaje por falta de obras de arte. El pontón Chuquil estructuralmente se encuentra en buenas condiciones, pero siempre está parcialmente obstruido con vegetación por falta de limpieza, tiene muros de encausamiento de gaviones. Las alcantarillas y cunetas existentes están en regulares condiciones estructurales.</p>	
<b>Nivel de riesgo</b>	
<b>Índice de sostenibilidad</b>	

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 15</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 14+000 al Km 15+000
<b>Descripción del tramo</b>	
<p>Hay un tramo crítico de 90 metros ubicado en km 14+220 donde el terreno tiende a desplazarse por ser inestable, este tramo aproximadamente hasta el año 2017 tenía bicapa, en la actualidad esta capa se ha desprendido en su totalidad. El resto del tramo está con asfalto. Hay 1 badén de concreto armado. 3 alcantarillas de concreto armado, 2 TMC 36".</p>	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
<p>Riesgo por erosión moderado.  Riesgo por movimientos de masas alto, taludes inestables de gran altura.  Riesgo por inundación moderado, por avenidas de quebradas en tiempos de lluvia.</p>	
<b>Estado de la vía</b>	
<p>Los tramos con asfalto se encuentran con fisuras y fracturas moderados. El tramo de afirmado es crítico. Las alcantarillas tienen fisuras causadas por el desprendimiento de material de los taludes. El badén se encuentra en buenas condiciones.</p>	
<b>Nivel de riesgo</b>	
<b>Índice de sostenibilidad</b>	

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 16</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 15+000 al Km 16+000
<b>Descripción del tramo</b>	
La capa de rodadura es asfalto. Tiene 2 alcantarillas TMC 36" y 4 de concreto armado. En el trayecto se ubica el caserío de El Tayal.	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
Riesgo por erosión moderado, proximidad al río Chotano con obras de protección. Riesgo por movimiento de masas moderado, hay taludes inestables de baja altura. Riesgo por inundación moderado, probable desborde de río Chotano.	
<b>Estado de la vía</b>	
La vía se encuentra en regulares condiciones, existen fisuras superficiales. Las alcantarillas están en buen estado estructural. Los muros de contención se encuentran en adecuadas condiciones.	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
■	■

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 17</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 16+000 al Km 17+000
<b>Descripción del tramo</b>	
<p>Hay un tramo crítico de suelos inestables ubicado entre el km 16+650 hasta el 17+000, este suelo está compuesto de aglomerados y roca, el resto del tramo es asfalto donde hay 3 alcantarillas TMC 48". Está el puente Tayal II.</p>	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
<p>Riesgo alto por erosión, taludes relleno inestables en el tramo de afirmado, no tiene obras de protección.</p> <p>Riesgo alto por movimiento de masas, taludes de corte inestables de gran altura sin banquetas.</p> <p>Riesgo moderado de inundación, por desborde del río Tayal.</p>	
<b>Estado de la vía</b>	
<p>El tramo de afirmado se encuentra en pésimas condiciones al no tener obra de drenaje. Los cabezales de las alcantarillas del tramo tienen fallas y fracturas causadas por la caída de materiales de los taludes de corte.</p>	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
■	■

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 18</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 17+000 al Km 18+000
<b>Descripción del tramo</b>	
<p>El tramo es de asfalto. Tiene 2 alcantarillas de concreto armado y 4 TMC 36". En la quebrada EL Ingenio hay 1 badén de concreto armado. Se ubica el cruce a la provincia de santa Cruz en donde se encuentra una isla vial. Hay 1 canal de coronación.</p>	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
<p>El riesgo por erosión es moderado, los taludes de relleno tienen obras de protección. El riesgo por movimiento de masas es alto, taludes de corte inestables de mediana altura sin vegetación. Riesgo por inundación moderado, máximas avenidas de la quebrada El Ingenio.</p>	
<b>Estado de la vía</b>	
<p>La vía se encuentra en severas condiciones por asentamientos de calzada, las cunetas y alcantarillas están obstruidas por la caída de material del talud. El badén se encuentra en buenas condiciones con algunas fisuras superficiales.</p>	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
	

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 19</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 18+000 al Km 19+000
<b>Descripción del tramo</b>	
<p>Entre las progresivas 18+295 y 18+385 la capa de rodadura es bicapa, 18+875 y 18+990 es afirmado está en zona crítica por terrenos inestables y el resto es asfalto. Hay 3 alcantarillas de concreto armado y 2 TMC 36". Hay 2 pontones Quebrada Seca y Ajjipampa.</p>	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
<p>Riesgo por erosión moderado.  Riesgo por movimiento de masas alto, taludes de corte inestables sin banquetas.  Riesgo por inundación moderado, desborde de la quebrada Seca y Ajjipampa.</p>	
<b>Estado de la vía</b>	
<p>El tramo de bicapa presenta varios deterioros por asentamiento de la calzada, el tramo de afirmado con baches, ahuellamiento y deformaciones, y el tramo de asfalto en regulares condiciones. Las alcantarillas se encuentran en buenas condiciones, en los tramos de afirmado y bicapa no hay drenaje transversal ni longitudinal. Los puentes están en buenas condiciones faltando la limpieza del cauce.</p>	
<b>Nivel de riesgo</b>	
<b>Índice de sostenibilidad</b>	

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 20</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 19+000 al Km 20+000
<b>Descripción del tramo</b>	
<p>Todo el tramo está con asfalto. Hay 4 alcantarillas TMC 36" y 1 TMC 48". Hay 1 badén de concreto armado. En el trayecto está el caserío del Centro Poblado Ajjpampa.</p>	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
<p>Riesgo por erosión moderado, tiene defensas ribereñas que protegen a la infraestructura.  Riesgo por movimiento de masas alto, taludes de corte de gran altura inestables.  Riesgo por inundación moderado, desborde de río Chotano.</p>	
<b>Estado de la vía</b>	
<p>La vía en esta zona se encuentra en regulares condiciones de servicio, presentando fallas superficiales. Las alcantarillas están con fisuras faltando limpieza. Las obras de protección se encuentran en regulares condiciones. El badén presenta fisuras superficiales.</p>	
<b>Nivel de riesgo</b>	
<b>Índice de sostenibilidad</b>	

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 21</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 20+000 al Km 21+000
<b>Descripción del tramo</b> Entre las progresivas 20+495 al 20+845 está con afirmado en este tramo no hay obras de arte ni drenaje. Hay 3 alcantarillas TMC 36" y 1 TMC 48".	
	
<b>Riesgos existentes</b> Riesgo alto por erosión, cercanía al río Chotano sin obras de protección. Riesgo alto por movimiento de masas, taludes inestables de mediana altura. Riesgo alto de inundación, desborde de río Chotano.	
<b>Estado de la vía</b> El tramo con afirmado está muy deteriorado, en pésimas condiciones de servicio, no existiendo obras de arte ni drenaje. Los tramos con asfalto se encuentran en condiciones operacionales moderadas, las alcantarillas y cunetas tienen fisuras y fracturas superficiales faltando limpieza.	
<b>Nivel de riesgo</b> <span style="display: inline-block; width: 20px; height: 15px; background-color: yellow; vertical-align: middle;"></span>	<b>Índice de sostenibilidad</b> <span style="display: inline-block; width: 20px; height: 15px; background-color: red; vertical-align: middle;"></span>

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 22</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 21+000 al Km 22+000
<b>Descripción del tramo</b>	
El tramo con capa de rodadura de afirmado se ubica entre las progresivas 21+600 al 22+000 y su estado actual es crítico, el resto es asfalto. Está el puente Cullacmayo y la comunidad de La Succha. Hay 1 alcantarilla de concreto armado.	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
<p>Riesgo muy alto por erosión, cercanía al río Chotano sin obras de protección.</p> <p>Riesgo muy alto por movimiento de masas, taludes inestables de roca de gran altura.</p> <p>Riesgo alto por inundación, desborde del río Cullacmayo.</p>	
<b>Estado de la vía</b>	
El tramo de asfalto se encuentra en regulares condiciones, pero el tramo de afirmado las condiciones de servicio son pésima. No hay defensas ribereñas para la protección de la carretera. Los cabezales de las alcantarillas tienen fisuras superficiales. Taludes inestables de gran altura que muestran peligro inminente.	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
█	█

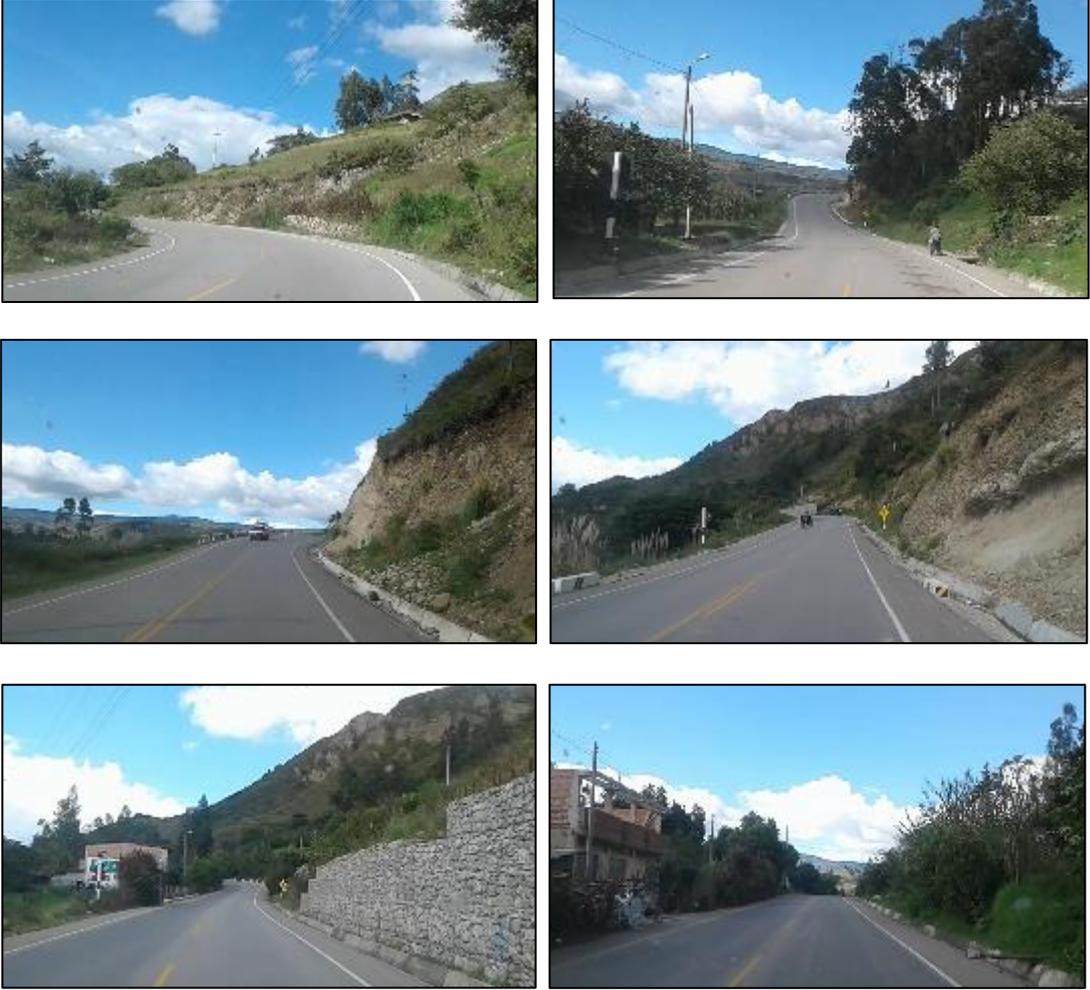
<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 23</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 22+000 al Km 23+000
<p><b>Descripción del tramo</b>  Entre el km 22+000 hasta el km 22+755 es de afirmado no tiene obras de arte ni drenaje, en este tramo ha ocurrido muchos accidentes. Entre el km 22+735 hasta el 23+000 es de concreto, se encuentra la zona urbana del distrito de Lajas y el puente Jalqueño.</p>	
	
<p><b>Riesgos existentes</b>  Riesgo muy alto por erosión, en tramos críticos no existe obras de protección.  Riesgo muy alto por movimiento de masas, taludes inestables de gran altura.  Riesgo alto por inundación, desborde del río Chotano y Jalqueño.</p>	
<p><b>Estado de la vía</b>  El tramo de afirmado se encuentra en pésimas condiciones, hasta el año 2017 tenía bicapa, por las continuas caídas de rocas de los taludes inestables se ha perdido la capa de rodadura inicial, además no cuenta con obras de drenaje ni de protección. El tramo de concreto está con diversas fallas y fracturas El puente Jalqueño se encuentra en buenas condiciones.</p>	
<b>Nivel de riesgo</b>	
<b>Índice de sostenibilidad</b>	

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 24</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 23+000 al Km 24+000
<b>Descripción del tramo</b>	
El tramo inicia en el puente Jalqueño hasta el km 23+750 es de concreto, el resto es de asfalto, en este último hay 2 alcantarillas de concreto y tiene taludes de gran altura con banquetas conformado por conglomerados.	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
Riesgo bajo por erosión. Riesgo moderado por movimiento de tierras, los taludes de gran altura tienen banquetas que le dan estabilidad. Riesgo alto por inundación, cercanía al río Chotano y Jalqueño.	
<b>Estado de la vía</b>	
El tramo de concreto se encuentra muy deteriorado, el pavimento presenta muchas fisuras y fracturas. Las alcantarillas y cunetas tienen fracturas por las piedras que caen de los taludes. Los taludes cuentan con banquetas las cuales dan estabilidad.	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
■	■

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 25</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 24+000 al Km 25+000
<b>Descripción del tramo</b>	
Del 24+000 al 24+410 es asfalto, del 24+410 al 24+560 es afirmado a consecuencia de la falta de disponibilidad de terreno por el propietario, del 24+560 al 25+000 es asfalto. Hay 5 alcantarillas de concreto. Está el puente retama I.	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
Riesgo moderado por erosión, cercanía al río Retama I. Riesgo bajo de movimiento de masas, los taludes de corte son de baja altura. Riesgo alto por inundación, desborde de río Retama I.	
<b>Estado de la vía</b>	
El tramo de asfalto se encuentra con fisuras superficiales. El tramo de afirmado está en pésimas condiciones. El puente Retama I está con severos daños estructurales, no tiene muros de encausamiento. Las alcantarillas están en buenas condiciones faltando frecuentemente limpieza.	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
■	■

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 26</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 25+000 al Km 26+000
<b>Descripción del tramo</b>	
Entre el 25+000 al 25+860 está asfaltado, 3 alcantarillas de concreto y 1 TMC 36". Continúa un tramo de afirmado de 120 metros y 20 metros de bicapa. El puente Retama II es viga losa. Hay un badén en la quebrada llamada Anchanchón.	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
Riesgo por erosión moderado. Riesgo por movimiento de masas moderado, el tramo con afirmado es el más crítico. Riesgo por inundación alto, desborde de río Chotano, quebrada Retama y Anchanchon.	
<b>Estado de la vía</b>	
El tramo de asfalto tiene fallas como deformaciones y fisuras. El tramo de afirmado es inestable, hay un muro de contención. Las cunetas y alcantarillas tienen fisuras por el impacto del material que cae de los taludes. Hay pocos taludes de gran altura sin banquetas de corte. El puente retama II se encuentra en buenas condiciones estructurales con muros de encauzamiento tipo gavión. El badén es de concreto armado y presenta fisuras superficiales.	
<b>Nivel de riesgo</b>	
<b>Índice de sostenibilidad</b>	

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 27</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 26+000 al Km 27+000
<b>Descripción del tramo</b>	
Entre el 26+000 hasta el 26+220 está con bicapa en mal estado, de ahí hasta el 27+000 es asfalto. Hay 2 alcantarillas de concreto y 1 TMC 36". En el trayecto se encuentra la comunidad de Anchanchon.	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
Riesgo bajo por erosión. Riesgo moderado por movimiento de masas, por taludes inestables de mediana altura sin banquetas de corte. Riesgo bajo de inundación.	
<b>Estado de la vía</b>	
El tramo de la bicapa se encuentra con baches, hundimientos y fracturas no brindando buenas condiciones de servicio. El tramo de asfalto se encuentra con fisuras, fracturas y deformaciones superficiales. Las alcantarillas y cunetas están en buenas condiciones estructurales faltando continuamente limpieza.	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
	

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 28</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 27+000 al Km 28+000
<b>Descripción del tramo</b>	
La capa de rodadura es asfalto. Hay 2 alcantarillas de concreto y 4 TMC 36". Existe un muro de contención tipo gavión.	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
Riesgo muy bajo por erosión. Riesgo moderado por movimiento de masas, taludes inestables de altura media sin obras de protección. Riesgo bajo por inundación.	
<b>Estado de la vía</b>	
La vía se encuentra en buenas condiciones, presenta fisuras superficiales. Las alcantarillas y cunetas con fracturas pequeñas faltando frecuentemente limpieza. El muro de contención se encuentra en regulares condiciones estructurales.	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
■	■

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 29</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 28+000 al Km 29+000
<b>Descripción del tramo</b>	
<p>La capa de rodadura es asfalto. 4 alcantarillas TMC 36" y 1 de concreto armado. En este tramo hay dos accidentes. Tiene taludes inestables de mediana altura sin banquetas.</p>	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
<p>Riesgo bajo por erosión.  Riesgo moderado por movimiento de masas, taludes inestables de altura media sin obras de protección, ni banquetas.  Riesgo bajo por inundación.</p>	
<b>Estado de la vía</b>	
<p>La vía se encuentra en buen estado con algunas fisuras superficiales. Las alcantarillas y cunetas tienen fracturas por la caída de rocas del talud además frecuentemente están obstruidas. Hay taludes de mediana altura inestables sin banquetas de corte.</p>	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
■	■

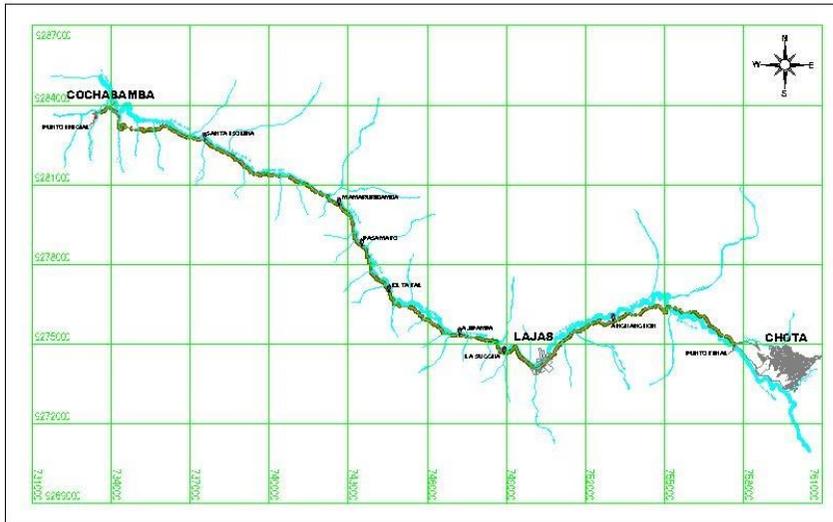
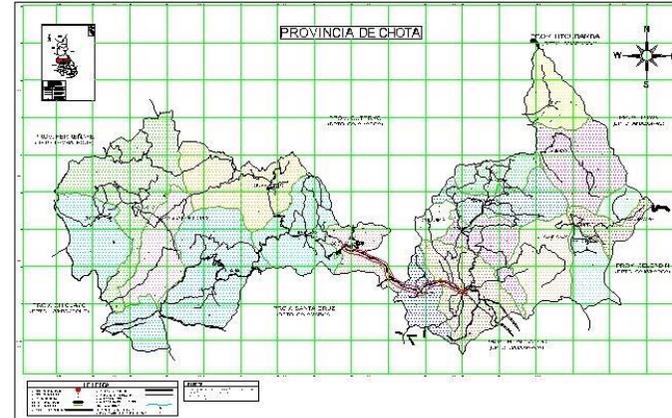
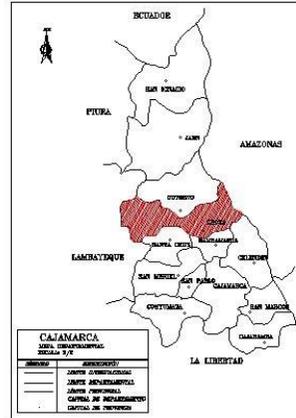
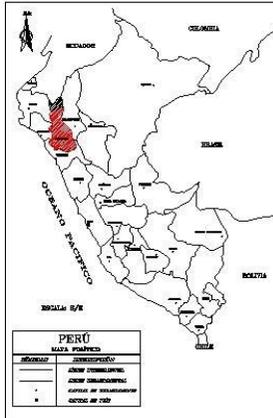
<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 30</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 29+000 al Km 30+000
<b>Descripción del tramo</b>	
<p>El tramo tiene capa de rodadura de asfalto, está el puente Oscar Burga de concreto armado y vigas de acero. Hay 2 alcantarillas de concreto y 4 TMC 36". Hay una zona inestable que tiene muro de contención tipo gavión, para la protección de erosión hay muros de concreto armado. No hay taludes inestables.</p>	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
<p>Riesgo moderado por erosión, cercanía al río Chotano.  Riesgo bajo por movimiento de masas, no hay taludes inestables.  Riesgo alto por inundación, desborde del río Chotano.</p>	
<b>Estado de la vía</b>	
<p>La vía se encuentra en buenas condiciones estructurales con fisuras superficiales. El puente se encuentra en buenas condiciones estructurales faltando siempre limpieza del cauce, cuenta con obras de protección tipo gavión. Las alcantarillas y cunetas están en buenas condiciones faltando frecuentemente limpieza.</p>	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
■	■

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 31</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 30+000 al Km 31+000
<b>Descripción del tramo</b>	
La superficie de rodadura es asfalto. Hay gaviones y muros de concreto armado en puntos críticos. Tiene 2 alcantarillas TMC 48", 1 TMC 36" y 1 de concreto.	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
<p>Riesgo bajo por erosión, las zonas críticas tienen muros de contención de concreto armado.</p> <p>Riesgo bajo por movimiento de tierras.</p> <p>Riesgo alto por inundación, desborde de río Chotano.</p>	
<b>Estado de la vía</b>	
La vía se encuentra en buenas condiciones estructurales con fisuras superficiales. Los gaviones están deformados por la acción de las cargas del talud. Las alcantarillas están en buenas condiciones estructurales faltando frecuentemente limpieza.	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
■	■

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 32</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 31+000 al Km 32+000
<b>Descripción del tramo</b>	
La capa de rodadura es asfalto. Hay muros de contención de concreto armado. Tiene 2 alcantarillas de concreto, 1 TMC 36" y 1 TMC 48".	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
Riesgo bajo por erosión, tiene obras de protección como muros de concreto armado. Riesgo bajo por movimiento de masas, no hay taludes inestables. Riesgo alto por inundación, cercanía al río Chotano.	
<b>Estado de la vía</b>	
La plataforma, muros de contención de concreto, alcantarillas y cunetas se encuentran en buenas condiciones estructurales, faltando frecuentemente limpieza.	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
	

<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN N° 33</b>	
<b>Carretera</b>	Cochabamba – Lajas - Chota
<b>Progresivas</b>	Km 32+000 al Km 32+610
<b>Descripción del tramo</b>	
La superficie de rodadura es asfalto. Hay 2 alcantarillas TMC 36". Hay una zona de talud de corte. El tramo termina en la bifurcación de vías a la altura de la Avenida Perú.	
	
<b>Riesgos existentes</b>	
Riesgo bajo por erosión. Riesgo bajo por movimiento de masas. Riesgo alto por inundación, desborde del río Chotano.	
<b>Estado de la vía</b>	
La plataforma, alcantarillas, las obras de protección y cunetas se encuentran en buenas condiciones estructurales.	
<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Índice de sostenibilidad</b>
	

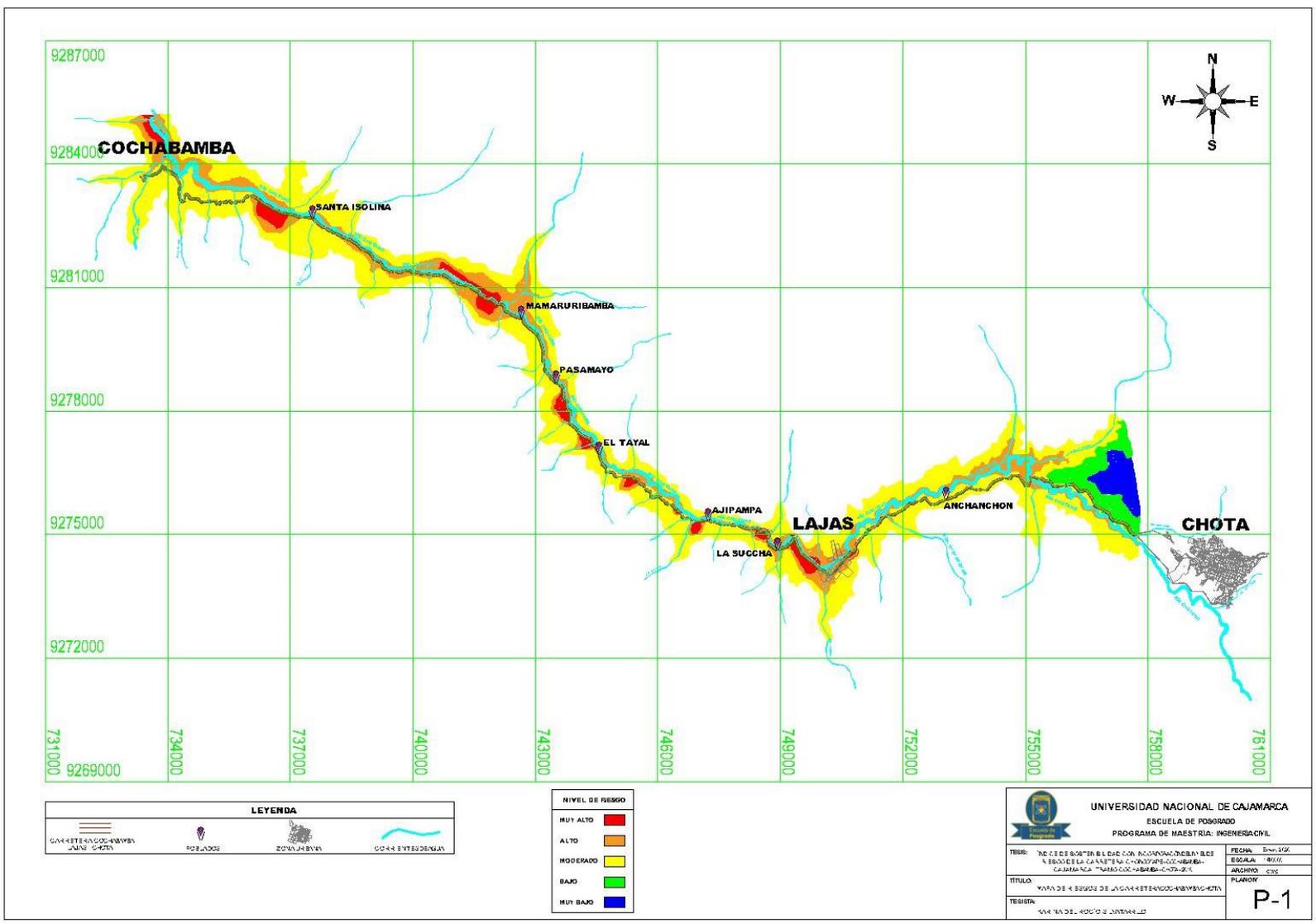
**ANEXO X**  
**PLANO DE UBICACIÓN**  
**MAPA DE RIESGOS DE LA CARRETERA COCHABAMBA – LAJAS - CHOTA**



DESCRIPCIÓN	COORDENADAS GEOGRAFICAS		COORDENADAS UTM	
	LATITUD	LONGITUD	ESTE	NORTE
PUNTO INICIAL - COCHABAMBA	6°28'37.08"S	78°53'22.77"O	733391.04 m E	9283585.75 m S
SANTA ISOLINA	6°29'54.1"S	78°51'47.66"O	737540.26 m E	9282697.83 m S
MAMARURIBAMBA	6°30'23.43"S	78°48'21.09"O	742649.12 m E	9280287.24 m S
PASAMAYO	6°31'14.49"S	78°47'53.28"O	743497.46 m E	9278705.38 m S
EL TAYAL	6°32'10.96"S	78°47'17.99"O	744574.23 m E	9276965.59 m S
AJIPAMPA	6°33'2.59"S	78°45'53.04"O	747153.61 m E	9275367.17 m S
LA SUGCHA	6°33'25.05"S	78°44'56.73"O	748905.17 m E	9274669.20 m S
LAJAS	6°33'37.04"S	78°44'5.68"O	750472.24 m E	9274293.36 m S
ANCHANCHON	6°32'48.64"S	78°42'42.72"O	753829.14 m E	9275892.08 m S
PUNTO FINAL - CHOTA	6°33'13.04"S	78°40'11.39"O	757676.94 m E	9274989.71 m S

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
ESCUELA DE POSGRADO  
PROGRAMA DE MAESTRIA: INGENIERIA CIVIL

TEMA: <b>ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUESTA DE COCHABAMBA - CAJAMARCA</b>	FECHA: <b>2016</b>
TÍTULO: <b>PLAN DE TRAZADO</b>	ARCHIVO: <b>PLAN</b>
TEMA: <b>ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUESTA DE COCHABAMBA - CAJAMARCA</b>	<b>P-1</b>



**LEYENDA**

CANALIZACIONES CANALIZACIONES	POBLADOS	ZONAS URBANAS	CORRIENTES DE AGUA

**NIVEL DE RIESGO**

MUY ALTO	
ALTO	
MODERADO	
BAJO	
MUY BAJO	

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA ESCUELA DE POSGRADO PROGRAMA DE MAESTRIA: INGENIERIA CIVIL</p>	
TEMA: <b>NECESIDADES DE INGENIERIA CIVIL EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE LA SUCCHA, COCHABAMBA</b>	FECHA: 2014-05-20
TITULO: <b>MAPA DE RIESGO DE LA ZONA URBANA DE LA SUCCHA, COCHABAMBA</b>	ESCALA: 1:5000
TESIS: <b>LA SUCCHA DEL 2010 A LA PRESENTE</b>	ARCHIVO: 2014-05-20
	<b>P-1</b>