

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



CAMBIO CLIMÁTICO Y RESILIENCIA EN CARRETERAS

**TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADA POR
Bach. CACHI CALDERÓN, KARLA
Bach. SÁNCHEZ CUELLAR, NURIA**

ASESOR: Mg. Ing. ARÉVALO LAY VÍCTOR

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

Dedico la tesis a mi familia, por haberme brindado amor, dedicación y comprensión. Especialmente a mis padres Carlos y Bertha por el apoyo y confianza incondicional.

Cachi Calderón, Karla

DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a Dios por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi padre y madre, que son mis pilares más importantes que me demuestran siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

Sánchez Cuellar, Nuria Katheryn

AGRADECIMIENTO

A nuestras familias, por habernos dado la oportunidad de formarnos en esta prestigiosa universidad y haber sido nuestro apoyo durante todo este tiempo. De manera especial a nuestro asesor de tesis, por habernos guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de nuestra carrera universitaria y habernos brindado el apoyo para desarrollarnos profesionalmente y seguir cultivando nuestros valores. A la Universidad Ricardo Palma, por habernos brindado tantas oportunidades y enriquecernos en conocimiento.

Karla Cachi y Nuria Sánchez

ÍNDICE

RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. Descripción de la realidad de la problemática	2
1.2. Formulación del problema	4
1.2.1. Problema principal	4
1.2.2. Problemas secundarios.....	4
1.3. Objetivos de la investigación	4
1.3.1. Objetivo principal	4
1.3.2. Objetivo secundarios.....	4
1.4. Justificación e importancia	4
1.4.1. Conveniencia:	4
1.4.2. Relevancia Social:.....	5
1.4.3. Implicancia práctica:.....	5
1.5. Limitaciones de la investigación:	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes de la investigación	6
2.1.1. En el ámbito internacional	6
2.1.2. En el ámbito Nacional.....	11
2.2. Bases teóricas.....	12
2.3. Definiciones conceptuales	13
2.4. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio	13
2.4.1. Conceptos básicos para la gestión de riesgos de desastres	13
2.4.2. Cambio Climático	15
2.4.3. Metodologías de análisis del riesgo climático	25
2.4.4. Teoría de Adaptación.....	34
2.5. Formulación de hipótesis:.....	41
2.5.1. Hipótesis general:	41

2.5.2. Hipótesis específicas:.....	41
2.5.3. Variables:.....	42
CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO.....	43
3.1. Tipo y nivel:.....	43
3.2. Diseño de la investigación:.....	43
3.3. Población y muestra:.....	43
3.4. Técnicas de recolección de datos:.....	43
3.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos:.....	43
3.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos.....	44
3.4.3. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos.....	44
CAPITULO IV: DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN.....	45
4.1. Gestión de riesgos de desastres en carreteras.....	45
4.1.1. Red vial en el Perú.....	46
4.1.2. Situación actual del sistema vial de Chanchamayo:.....	48
4.2. Cambio climático.....	51
4.2.1. Cambio climático en la provincia de Chanchamayo.....	51
4.2.2. Riesgo de precipitación.....	53
4.2.3. Amenazas de deslizamientos.....	57
4.2.4. Vulnerabilidad de aluviones.....	59
4.3. Resiliencia en carreteras.....	63
4.3.1. Anticiparse ante la interrupción del tránsito.....	63
4.3.2. Adaptarse al bloqueo de carreteras.....	64
4.3.3. Prosperar ante la destrucción de la infraestructura.....	69
CAPITULO V: PROPUESTA O APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	70
5.1. Búsqueda de información de la existencia de peligros en el área de estudio.....	70
5.2. Definición de la ubicación y localización del tramo en estudio.....	70
5.3. Análisis de las amenazas más significativos en el tramo.....	70
5.4. Análisis de vulnerabilidad del tramo en estudio.....	73
5.5. Calculo de riesgo por acción de las amenazas.....	76
5.6. Medidas de Adaptación de la carretera frente al cambio climático.....	76
5.6.1. Desarrollo de planes específicos de adaptación al clima para el tramo Km 77+100..	76
5.6.2. Planeación del proyecto de la infraestructura vial.....	77

5.6.3. Medidas específicas para la ejecución de la infraestructura vial más resilientes	77
CAPITULO VI: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	81
6.1. Resultados de la investigación	81
6.1.1. El nivel de Amenaza, vulnerabilidad y riesgo	81
6.1.2. Resiliencia en la carretera	84
6.2. Análisis e interpretación de los resultados.....	85
6.3. Contrastación de Hipótesis	86
6.3.1. Hipótesis específica 1	86
6.3.2. Hipótesis específica 2	87
6.3.3. Hipótesis específica 3	87
6.3.4. Hipótesis General.....	88
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES.....	91
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	92
ANEXOS	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Descripción de Fenómenos climáticos.....	16
Tabla N° 2: Consecuencias de los Fenómenos Climáticos.....	17
Tabla N° 3: Factores climáticos.....	18
Tabla N° 4: Amenazas climáticas e impactos previsible en carreteras	20
Tabla N° 5: Escalas De Ponderación De Frecuencia E Intensidad De Amenazas	26
Tabla N° 6: Operacionalización de variables	42
Tabla N° 7: Enfoques para la gestión de riesgos del cambio climático.....	45
Tabla N° 8: Clasificación de la red vial nacional	49
Tabla N° 9: Principales ejes viales de articulación en la provincia.....	50
Tabla N° 10: Identificación de amenazas en la zona de ejecución del proyecto	52
Tabla N° 11: Guía de presentación de la leyenda de las amenazas naturales.....	58
Tabla N° 12: Vulnerabilidades por exposición, fragilidad resiliencia.....	60
Tabla N° 13: Lineamientos para la interpretación de los resultados de la tabla N° 12	61
Tabla N° 14: Identificación del grado de vulnerabilidad.....	62
Tabla N° 15: Actores involucrados en la infraestructura para el transporte.....	68
Tabla N° 16: Respuesta de la identificación de amenazas en la zona del proyecto	71
Tabla N° 17: Niveles de Frecuencia	72
Tabla N° 18: Grado de amenazas	73
Tabla N° 19: Vulnerabilidades existentes por exposición, fragilidad resiliencia.....	74
Tabla N° 20: Conocimiento del grado de vulnerabilidad	75
Tabla N° 21: Escala de Nivel de Riesgo, considerando amenazas y vulnerabilidades	76
Tabla N° 22: Drenaje	78
Tabla N° 23: Taludes	79
Tabla N° 24: Estructura	80
Tabla N° 25: Pavimentos	80
Tabla N° 26: Descripción de amenazas identificadas en campo.....	81
Tabla N° 27: Resultado del grado de Amenaza.....	82
Tabla N° 28: Grado de vulnerabilidad.....	83
Tabla N° 29: Resultados del Nivel de Riesgo	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Carretera Monteagudo Muyupampa (Bolivia); impacto de fuertes lluvias	2
Figura N° 2: Enfoque de la gestión adaptativa	3
Figura N° 3: Destrucción de la carretera Churin – Oyon recién inaugurada	19
Figura N° 4: Gestión del Riesgo y Adaptación.....	24
Figura N° 5: Impacto de Eventos Naturales.	27
Figura N° 6: Identificación del alcance, variables, Riesgos y datos	30
Figura N° 7: Evaluación y priorización de riesgos	31
Figura N° 8: Desarrollo y selección de respuestas y estrategias de adaptación	32
Figura N° 9: Integración de resultados en el proceso de toma de decisiones	33
Figura N° 10: Fases de implementación en las medidas de adaptación	36
Figura N° 11: Variabilidad y cambio climático de la vida útil de una infraestructura	37
Figura N° 12: Actores implicados en la adaptación de las carreteras a la variabilidad.....	38
Figura N° 13: Diagrama de flujo para la adaptación de carreteras nuevas.....	40
Figura N° 14: Diagnostico de gestión del riesgo para la infraestructura carretera	41
Figura N° 15: Sistema Nacional de Carreteras del Perú	47
Figura N° 16: Hidrograma de precipitaciones (2001)	53
Figura N° 17: Hidrograma de precipitaciones (2006)	54
Figura N° 18: Hidrograma de precipitaciones (2012)	55
Figura N° 19: Hidrograma de precipitaciones (2016)	56
Figura N° 20: Hidrograma Histórico	56
Figura N° 21: Inundación de la carretera de la provincia de Chanchamayo (2019).....	57
Figura N° 22: Inundación de la carretera de la provincia de Chanchamayo (2019).....	58
Figura N° 23: Destrucción de la carretera de la provincia de Chanchamayo (2019)	62
Figura N° 24: Adaptación al cambio climático como un proceso de gestión integral.....	65

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la provincia de Chanchamayo se apoya en una investigación bibliográfica, en el cual se describe los efectos negativos que generan los fenómenos climáticos sobre la infraestructura vial para reducir o minimizar los daños que puedan ocasionar.

El cambio climático son variaciones meteorológicas que se presentan en las fechas de enero a marzo en la provincia de Chanchamayo, temporada de invierno en la que se producen precipitaciones pluviales con mayor frecuencia generando inundaciones, deslizamientos, aluviones/huaycos y a su vez ocasionan la interrupción, bloqueo y destrucción de carreteras.

El objetivo de esta investigación fue identificar las amenazas del cambio climático que generan daños en la infraestructura de la zona en el tramo Km 77+100 y desarrollar la gestión del riesgo que tiene como enfoque principal la adaptación al cambio climático y así lograr la resiliencia frente a consecuencias futuras que perjudican el diseño, ejecución, operación y mantenimiento de la infraestructura vial.

Palabras claves: cambio climático, resiliencia, amenaza, precipitación pluvial

ABSTRACT

This research work was carried out in the province of Chanchamayo based on a bibliographic investigation, which describes the negative effects generated by climatic phenomena on the road infrastructure to reduce or minimize the damages that may be caused.

Climate change are meteorological variations that occur in the dates from January to March in the province of Chanchamayo, winter season in which rainfall occurs most frequently generating floods, landslides, floods / huaycos and in turn cause disruption, road blockage and destruction.

The objective of this research was to identify the threats of climate change that generate damage to the area's infrastructure in the Km 77 + 100 section and develop risk management whose main focus is climate change adaptation and thus achieve resilience against to future consequences that damage the design, execution, operation and maintenance of the road infrastructure.

Keywords: climate change, resilience, threat, rainfall

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el cambio climático ha generado daños en las infraestructuras viales, la constancia y fuerza de los fenómenos climáticos y sus consecuencias han llevado a originar preocupación en el desarrollo de la resiliencia que abarca tres aspectos fundamentales: anticipar, adaptar y prosperar ante la severidad de los impactos del cambio del clima.

Se deberá identificar las amenazas del cambio climático mediante un proceso de reconocimiento del sector.

La zona estudiada ha percibido diferentes impactos tales como inundaciones, deslizamientos, huaycos y erosiones generados por fuertes precipitaciones pluviales en la temporada de invierno.

Para combatir estos impactos en la infraestructura es fundamental tomar acciones de adaptación con la participación de la sociedad y los actores involucrados de cada provincia, estos impactos negativos generan pérdidas relevantes ya sean económicas o sociales.

El ámbito del transporte tiene como objetivo asegurar la integridad física de las carreteras (interrupción, bloqueo y destrucción de la carretera) y asegurar a las personas.

La presente investigación busca desarrollar la resiliencia de la infraestructura mediante a través de medidas de adaptación que son las soluciones o acciones para enfrentar los impactos del cambio climático; dividido en seis capítulos.

En el capítulo I se plantea el problema, descripción de la realidad problemática del sector de estudio y se menciona los objetivos.

En el capítulo II se presenta los antecedentes internacionales, nacionales y bases teóricas.

En el capítulo III se realizó el diseño metodológico, diseño de investigación, población y muestra.

En el capítulo IV se desarrolló la investigación en el que se expone la situación actual de la red vial, cambio climático y la resiliencia en carreteras.

Capítulo V se desarrolla la aplicación de la investigación en el que se analiza las amenazas y vulnerabilidades para calcular el riesgo y proponer medidas de adaptación.

Finalmente, en el capítulo VI se presenta los resultados y se realiza la contrastación de hipótesis

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad de la problemática

En los últimos sucesos, a nivel mundial se ha estado presentando cambios importantes en el clima, como por ejemplo la incrementación de altas precipitaciones, provocando el bloqueo de vías producto de deslizamientos, aluviones muchas veces con pérdidas humanas y materiales por la variabilidad climatológica como se observa en la Figura N°1. Ante los acontecimientos actuales, se tiene que tomar medidas para adaptar las infraestructuras viales ante el cambio climático.



Figura N° 1: Carretera Montegudo Muyupampa (Bolivia); impacto de fuertes lluvias en marzo 2018.

Fuente: Equipo de evaluación de CAF – banco de desarrollo de América Latina.

En el Perú en los últimos años se han presentado variaciones climáticas con mayor frecuencia, siendo denominada la más importante “El fenómeno del Niño”, en gran parte de las regiones la intensidad y frecuencia de precipitaciones se incrementará ocasionando daños en las infraestructuras viales debido a las inundaciones.

En el centro poblado de la Merced – Chanchamayo se viene presentando amenazas del cambio climático principalmente precipitaciones pluviales que generan inundaciones, deslizamientos y aluviones/huaicos en el sector de la Merced (77+100) en épocas de enero a marzo ocasionando pérdidas humanas, interrupción de tránsito, bloqueo de carreteras y

destrucción de la infraestructura de la carretera, lo cual afecta a la población social y económica, siendo una ruta principal de alto tránsito de transporte pesado que une la capital y la selva central. Constantemente se invierte en la reconstrucción de la carretera sin resultados favorables para la población.

En la presente investigación tiene como propósito desarrollar la resiliencia a través de un proceso que involucra 3 fases como anticipar, adaptar, prosperar.

La evaluación del riesgo, respuesta de adaptación y la resiliencia en las infraestructuras viales existentes y la aplicación en las nuevas construcciones de vías de tránsito, resulta preocupante la falta de implementación de estrategias específicas para adaptar las infraestructuras viales a los efectos del cambio climático para ello es necesario la participación del estado y entidades encargadas de obras públicas y privadas de manera que se pueda enfrentar efectiva y eficazmente uno de los grandes desafíos en el presente y futuro. (Ver Figura N°2).



Figura N° 2: Enfoque de la gestión adaptativa.

Fuente: Panorama internacional de la Adaptación de la infraestructura Carretera ante el Cambio Climático.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema principal

¿Frente a las amenazas del cambio climático, qué resiliencia se puede aplicar en el sector 77+100 de la provincia de Chanchamayo?

1.2.2. Problemas secundarios

- a) ¿cuáles son los riesgos de la precipitación pluvial del cambio climático que genera interrupción de tránsito?
- b) ¿cuáles son los riesgos de la precipitación pluvial del cambio climático que genera bloqueo de carreteras?
- c) ¿cuáles son los riesgos de la precipitación pluvial del cambio climático que genera destrucción?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo principal

Identificar las amenazas del cambio climático, para implementar la resiliencia en el sector Km 77+100, a través de un proceso de reconocimiento del sector.

1.3.2. Objetivo secundarios

- a) Identificar el riesgo de la precipitación pluvial del cambio climático, que generan inundaciones para anticiparse a la interrupción de tránsito.
- b) Identificar el riesgo de la precipitación pluvial del cambio climático, que generan deslizamientos para adaptarse al bloqueo de carreteras.
- c) Identificar el riesgo de la precipitación pluvial del cambio climático, que generan aluviones para prosperar ante la destrucción de la infraestructura.

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Conveniencia:

Es cierto que siempre ha existido una relación entre las infraestructuras viales y el clima con efectos adversos, es fundamental desarrollar la resiliencia para tomar medidas que ayuden a minimizar los impactos que puedan ocasionar en las infraestructuras.

Por ello es importante que las entidades a cargo busquen desarrollar técnicas y prácticas de la ingeniería para el diseño y ejecución de infraestructuras resilientes.

Por tanto, la gestión de riesgo se vuelve prioridad para garantizar la adaptación y la aplicación a los nuevos proyectos con el fin de minimizar costos a futuro.

1.4.2. Relevancia Social:

La finalidad de desarrollar la resiliencia de las carreteras es recuperar rápidamente la transitabilidad de las carreteras y no afectar el comercio y desarrollo de la población.

1.4.3. Implicancia práctica:

Esta investigación se realizará con el propósito de utilizar estrategias de adaptación para mejorar y fortalecer las infraestructuras vulnerables frente a los fenómenos climáticos y desarrollar la fortaleza del sistema vial. También contribuir con el conocimiento de los riesgos en la infraestructura vial generados por los fenómenos climáticos cuyos resultados podrán utilizarse como una propuesta de prevención y adaptación.

1.5. Limitaciones de la investigación:

- Falta de antecedentes sobre investigaciones referente a la resiliencia frente al cambio climático que afectan las infraestructuras viales.
- La presente investigación se realizó en épocas que las precipitaciones pluviales fueron escasas.
- Las entidades encargadas cuentan con información limitada, en la zona de investigación no cuentan con una base de datos oficial.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. En el ámbito internacional

El Instituto Mexicano del Transporte (2017), en el artículo Panorama Internacional de la Adaptación de la Infraestructura de carretera ante el cambio climático menciona que: En las últimas décadas, los cambios en el clima han causado impactos en los sistemas naturales y humanos. El aumento de la frecuencia e intensidad de los fenómenos climáticos ha llevado a generar una preocupación internacional para adaptarse y con ello reducir la severidad de los impactos del cambio climático. Cada región en el país ha experimentado en los últimos años diferentes impactos climáticos, tales como fenómenos hidrometeorológicos extremos, sequías, olas de calor, nevadas, etc., cuyas consecuencias han sido en varios de los casos catastróficas. Los diferentes fenómenos climáticos y sus consecuencias afectan el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento de la infraestructura y los sistemas de transporte. Un clima cambiante plantea preguntas críticas respecto a cómo las alteraciones en la temperatura, las precipitaciones, las tormentas y otros aspectos del clima están afectando los activos carreteros que conforman los sistemas de transporte y que lo seguirán impactando en el futuro (PIARC, 2015). Para mitigar estos efectos adversos sobre los sistemas y los ecosistemas es importante adaptarse. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC, 1997) reconoce la necesidad de adaptarse a los impactos previsibles de la variabilidad y el cambio climático. La adaptación es un concepto que se entiende como la acción y el efecto de adaptar o adaptarse, un verbo que hace referencia a la acomodación o ajuste de algo respecto a otra situación, de esta manera, la adaptación en el contexto del cambio climático se puede definir como la habilidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluida la variabilidad del clima y sus extremos) para contener daños posibles, aprovechar oportunidades o enfrentarse con capacidad de resiliencia a las futuras consecuencias. De esta manera se busca que la adaptación al cambio climático sea el mecanismo para reducir la vulnerabilidad de la infraestructura estratégica en México, en este estudio muestra un panorama sobre la adaptación al cambio climático desde una perspectiva internacional, con especial énfasis en la infraestructura carretera. En algunos países,

la adaptación se ha incorporado en algunos procesos de planificación, aunque la respuesta es limitada ya que, normalmente, se integran a los programas del manejo de desastres o riesgos, la gestión de los recursos hídricos, sistemas de alerta temprana, etc. Sin embargo, se requiere un mayor esfuerzo para diseminar el conocimiento, capacitar a la sociedad y a los profesionales, realizar ajustes e implementar más acciones de adaptación, asegurando incrementar los co-beneficios de adaptarse. El proceso de adaptación no puede ser estático, sino que debe ser un proceso iterativo que permita evaluar las incertidumbres actuales del clima y que, a medida que se adquiera más conocimiento, se podrá ser más asertivo en el diseño de las medidas de adaptación implementando estas medidas.

El primer grupo denominado “iniciativas para la adaptación al cambio climático”, incluye las políticas nacionales que diversos países como Colombia y México han implementado, donde el transporte y su infraestructura han sido identificados como prioridad y, a través de diversas estrategias y acciones, pretenden aumentar la resiliencia de los sistemas de transporte.

Un segundo grupo de metodologías, que se están aplicando a nivel país, es el uso de técnicas tales como la superposición de mapas, donde los mapas pueden ser de sitios de riesgos de fenómenos climáticos basados en registros históricos o también en mapas que incluyen pronósticos climáticos de temperatura o precipitación, que al superponer las capas sobre la red de carreteras se pueden identificar los activos que podrían estar vulnerables ante los diferentes fenómenos climáticos. Esta metodología es útil para asegurar la resiliencia de la infraestructura si se aplicaran acciones de adaptación en un corto plazo con base en registros históricos y, en un largo plazo, si se utilizan proyecciones de clima bajo los diferentes escenarios del IPCC a pesar de las incertidumbres existentes. Éste grupo se denominó “metodologías basadas en herramientas”.

Un tercer grupo de metodologías para abordar la adaptación de infraestructura es a través procesos, donde se guía mediante etapas a los administradores de carreteras para que puedan evaluar la red carretera y con ello identificar la vulnerabilidad de sus activos, evaluando su grado de exposición y sensibilidad, así como la probabilidad y severidad del impacto para que, en la etapa final, se definan las estrategias de

adaptación y se prioricen las respuestas de adaptación. Este grupo se denominó “metodologías para tomadores de decisiones”.

El cuarto grupo de metodologías es aquel que se apoya en diferentes técnicas tales como grupos ad-hoc, redes causa-efecto, listas de verificación, entre otros, mediante las cuales los ingenieros de carreteras identifican, bajo criterio experto. (pag.5)

Banco de Desarrollo de América Latina (2018) en la Guía de Buenas Prácticas para la adaptación de la carretera menciona que las acciones relacionadas con la gestión de riesgos de desastres y las medidas de mitigación y adaptación al clima en el sector del transporte están cobrando una atención creciente a nivel internacional; específicamente en el sector vial se han identificado algunos eventos climáticos en la región de América Latina y El Caribe en los últimos años, que están impactando en la vida útil de las infraestructuras. Así, por ejemplo, los fenómenos del Niño y la Niña o las tormentas tropicales y huracanes en Centroamérica y la zona del Caribe, han provocado elevadas pérdidas en las carreteras de algunos países (Colombia: 2% PIB en pérdidas en la ola invernal 2010-2011).

Por otro lado, CAF – banco de desarrollo de América Latina tiene una identidad fuertemente asociada con la financiación de proyectos de transporte, y por lo tanto tiene un fuerte interés en la preservación de activos de infraestructura en su agenda de conocimiento líneas de trabajo que incluyen por un lado la sostenibilidad de los proyectos y por otro la eficiencia de las inversiones destinadas a dotar de mayor resiliencia las infraestructuras del transporte, entendiendo que un mayor conocimiento en la materia contribuirá a asegurar que las inversiones se orienten a infraestructuras menos vulnerables, que permitan desarrollar una economía competitiva y mantener servicios a largo plazo que soporten las expectativas de desarrollo. Con este propósito se ha elaborado esta Guía de buenas prácticas para la adaptación de las carreteras al clima, máxime en la situación actual de grandes inversiones en planes de infraestructuras en la Región, que prevén la construcción de nuevas carreteras y la rehabilitación y mejora de las redes existentes.

Las acciones de planificación estratégica son el contexto para el desarrollo de medidas posteriores de tipo técnico, por lo que su puesta en marcha es, si cabe, aún más prioritaria que las propias medidas específicas. En este contexto, la Guía plantea,

desde una perspectiva global, un procedimiento de trabajo basado en los escalones que se definen a continuación:

1. El primer paso para trabajar en la adaptación de las carreteras de Colombia al clima es lograr un verdadero compromiso institucional que permita establecer políticas, planes, asignaciones presupuestarias, así como realizar acciones de fortalecimiento institucional para garantizar que los gobiernos estén preparados para liderar el cambio conceptual que inevitablemente debe producirse.

2. Una vez garantizado y asumido el establecimiento de una verdadera política de adaptación de las carreteras a la variabilidad y cambio climático, llega el momento de generar planes específicos de adaptación de las carreteras al clima.

3. Tan pronto como se aseguren las bases anteriormente descritas, es fundamental crear un entorno colaborativo de trabajo por la adaptación al clima; bajo este término se engloba la predisposición a la cooperación en este ámbito por parte del sector público, el sector privado, la academia, los medios de comunicación y la sociedad en su conjunto.

4. La implantación y monitoreo de medidas de adaptación al clima deberían realizarse a través de charlas de concientización. (pag.2)

Banco de Desarrollo de América Latina (2014), infraestructura para el desarrollo de

América Latina el Caribe menciona que han sufrido y sufrirá los efectos del cambio climático. La gravedad de los impactos dependerá de la vulnerabilidad específica de cada país, la cual está determinada por la exposición, la sensibilidad de la población y la capacidad adaptativa institucional. La vulnerabilidad al cambio climático se define como el grado en que los sistemas geofísicos, biológicos y socioeconómicos son capaces o incapaces de

Afrontar los impactos negativos del cambio climático (CAF & Maplecroft, 2014).

Recientemente CAF, con el apoyo de Maplecroft, elaboró el índice de vulnerabilidad al cambio climático de los países y principales ciudades de la región LAC. Los resultados muestran que los países cuentan con una alta probabilidad de experimentar graves consecuencias como resultado del cambio climático. Si bien estos impactos varían en su alcance en cada país, en general se observa que la región

presenta una vulnerabilidad media - alta – extrema frente a los efectos del cambio climático.

Dentro de las prioridades se encuentra mejorar las redes de estaciones meteorológicas y sistemas de monitoreo para identificar los lugares más críticos y sensibles a los eventos climáticos extremos. Con esta identificación se pueden elaborar mapas de vulnerabilidad que permitan identificar los sectores de la infraestructura que requieran de una intervención más urgente y así poder preparar un esquema de priorización de esfuerzos.

En el sector de transporte es de vital importancia promover la redundancia del sistema, esto se puede lograr por medio de la construcción de nuevas vías y modos complementarios que permitan darle robustez al sistema y minimizar los efectos sobre la operación y productividad. De tal manera que si algún elemento en la infraestructura de transporte se ve afectado (p. ej. deslizamientos en carreteras o bloqueo de túneles y puentes) el sistema tenga varias alternativas para continuar prestando el servicio y poder minimizar las pérdidas en productividad. Una de las medidas de adaptación que también es válida, como estrategia de mitigación, es la inversión en fuentes no convencionales de energía como centrales de energía eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, etc. El uso de estas fuentes tiene un componente de mitigación del cambio climático, ya que reduce las emisiones de GEI al evitar la quema de combustibles fósiles en la generación eléctrica. Igualmente, esta medida busca abordar la problemática asociada con las centrales hidroeléctricas que pueden no ser útiles en escenarios en los que se prevé un aumento en la duración y frecuencia de las sequías y olas de calor. Por esta misma razón, es importante realizar cambios en la operación de este tipo de infraestructuras, los sistemas de generación hidroeléctricos deben operarse bajo escenarios de cambio climático. Así mismo, es necesario el mantenimiento de las infraestructuras y mejorar la distribución de recursos energéticos (líneas de transmisión), para minimizar su vulnerabilidad y garantizar el suministro de electricidad. (pag.10)

2.1.2. En el ámbito Nacional

Gallardo Maruja, Gómez Anelí, Torres Juan, Walter Adam – Cambio Climático en el Perú (2008).

En el Perú, la sociedad civil y el Estado ya han dado pasos para hacer frente a los nuevos escenarios iniciando un proceso de análisis de los nuevos fenómenos que se esperan comprender con nitidez en los próximos años. Sin embargo, aún no se cuenta con un balance nacional sobre los potenciales y déficit de la investigación, información, acciones y políticas que contribuyan a tomar decisiones acertadas entre las instituciones implicadas en los procesos de adaptación y mitigación a nivel nacional, regional y local. En este sentido, el presente trabajo busca contribuir a generar información sobre el estado del tema en el Perú en sus diversos planos, realizando un inventario, con carácter de primera aproximación, de las instituciones involucradas, un directorio de los investigadores y profesionales afines, compilación de las políticas de Estado, un inventario de los programas, proyectos e iniciativas y una primera recopilación bibliográfica de todos los temas relacionados al cambio climático en el Perú. Somos conscientes que esta tarea es titánica y nunca será completa, pero buscamos iniciar un movimiento que permita la complementación y mejora de este directorio en sus puntos débiles. En una siguiente etapa, se aumentarán datos e información regional, ayudando a dibujar mejor un mapa de la acción contra el cambio climático en el Perú. (pag.9)

Paola Vargas – Banco Central de Reserva (2009). El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú.

El Perú muestra una gran vulnerabilidad ante variaciones climáticas drásticas, siendo evidencia de ello las pérdidas económicas que implicaron fenómenos como el Niño. Así, bajo un escenario pasivo los efectos del cambio climático podrían ser incluso superiores ya que los efectos se potenciarían al involucrarse otros mecanismos que afectan negativamente el crecimiento; como la pérdida de disponibilidad de recursos hídricos (para consumo humano y generación energética) debido al retroceso glaciar, la pérdida de productividad primaria agrícola y pesquera producto del aumento de la temperatura del mar, la pérdida de biodiversidad, y efectos sobre la salud humana. Este informe otorga una descripción general sobre el fenómeno de

cambio climático, así como el contexto global en el que éste se interrelaciona, enfocando el análisis en las consecuencias e impactos económicos tanto para la economía global como para la peruana. Para el caso peruano en particular, a partir del marco teórico propuesto por Dell, Jones y Olken (2008) se cuantifica el impacto sobre el crecimiento a partir de proyecciones. (pag.3)

2.2. Bases teóricas

Álvaro Enríquez de salamanca (2017). Las infraestructuras contribuyen al cambio climático precisando medidas de mitigación, y el cambio climático afecta a las infraestructuras, requiriendo adaptación, que a su vez pueden generar impactos. Estos aspectos deben considerarse en la EIA. La contribución al cambio climático se evalúa por la emisión de GEI en la construcción, explotación y mantenimiento y la destrucción de sumideros; otros indicadores son la ratio de emisiones por viajero o mercancía o la reducción de emisiones por trasvase modal. Estos indicadores deben incorporarse a la toma de decisiones.

La mitigación del cambio climático en el transporte se plantea mediante grandes objetivos, que quedan fuera de la EIA, pero también es posible actuar en esta fase. La prevención es posible sobre todo en el diseño; en la explotación y mantenimiento suele exceder el ámbito de la EIA. La compensación es posible mediante secuestro de carbono y compensación de sumideros destruidos; está infravalorada, pese a ser viable, y tener ventajas adicionales. Sus retos son la voluntad política y la financiación.

El cambio climático repercute sobre las infraestructuras de forma positiva o negativa. La EIA debe analizar si el diseño tiene en cuenta estos impactos, que además son la base para la adaptación. La adaptación puede aplicarse de muchas maneras, o no aplicarse; las decisiones están muy relacionadas con funcionalidad y costes. El enfoque sectorial de la adaptación limita la posibilidad de afrontarla de forma global. Las nuevas infraestructuras están mejor adaptadas, pero las existentes precisan adaptación, que puede quedar al margen de la EIA. La adaptación se considera positiva en sí misma, pero puede producir impactos ambientales no deseados, aspecto que está siendo poco considerado. Es preciso por tanto evaluar la propia adaptación en el marco de la EIA. (pag.7)

2.3. Definiciones conceptuales

- Resiliencia: este término se refiere exclusivamente a la disposición que tienen las infraestructuras de carreteras o poblaciones para anticiparse y adaptarse frente al cambio climático.
- Adaptación: La adaptación es un proceso de ajustarse a una situación luego de un inconveniente.
- Fenómenos climáticos: Son las consecuencias de las alteraciones del cambio de clima, y entre esos fenómenos son las lluvias torrenciales, tormentas, granizos que afectan a la humanidad.
- Vulnerabilidad: Representa el grado de debilidad del sistema de transporte y no puede afrontar los efectos desfavorables de los fenómenos climáticos.
- Riesgo: Es la posibilidad de que ocurra una circunstancia originado por el cambio climático, teniendo como consecuencia impacto alto para la población
- Hidrometeorológico: Es generada por los agentes atmosféricos como inundaciones pluviales, granizadas, heladas, sequías.

2.4. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

2.4.1. Conceptos básicos para la gestión de riesgos de desastres

El término riesgo encierra diferentes significados y enfoques, a su vez el riesgo se puede clasificar en una o diversas categorías como representaciones interpretativas, modelos analógicos, procesos y explicaciones estructuralista.

Según Rowe (1977) propone un modelo de proceso que se utiliza extensamente en el campo de los riesgos tecnológicos, dicho enfoque son cuatro determinaciones:

- Identificación del Riesgo
- Estimación del riesgo
- Evaluación del riesgo
- Gestión del Riesgo

Según Palmlund (1992) propone un modelo analógico que involucra la estructura clásica de la tragedia griega para así dar a conocer la tragedia ambiental desde el punto de vista social y político.

Según Douglas y Wildasky (1982) proponen una clásica explicación estructuralista en el que el riesgo se vincula estrictamente a ámbito social o a la cultura del riesgo también se

puede hacer referencia a los ámbitos económicos y políticos que se consideran como panoramas constructivistas.

La escuela de la ecología Humana UNDRO y UNESCO proponen una unificación de definiciones de la teoría del riesgo concluyendo la siguiente fórmula general:

$$R_t = E \cdot R_s = E \cdot H \cdot V$$

Donde:

- Riesgo total (R_t): se refiere a la cantidad de pérdidas humanas, pérdida o daños de las propiedades y consecuencias de las actividades económicas debido al suceso de un desastre.
- Elementos en riesgo (E): se refiere a todo aquello que está expuesto a daños como las infraestructuras, obras civiles, la población.
- Riesgo Específico (R_s): Es el nivel de pérdidas como consecuencia de un suceso particular teniendo como factores la amenaza y la vulnerabilidad.
- Amenaza (A): Es la posibilidad que ocurra un suceso altamente desastroso, durante un tiempo de duración en un lugar determinado.
- Vulnerabilidad (V): Es el nivel de pérdidas de elementos bajo un riesgo de una probable ocurrencia de un evento catastrófico que se mide con daños o pérdidas totales.

Factores que influyen a la vulnerabilidad:

- Exposición: es un agente que está relacionado con las prácticas que ubican a infraestructuras viales en zonas vulnerables a los fenómenos. La vulnerabilidad se presenta en circunstancias inseguras respecto al peligro, ocasionado por un fenómeno climático.
- Fragilidad: un agente de protección frente a los daños de los fenómenos que ocasiona el cambio del clima, en circunstancias de vulnerabilidad de una infraestructura vial que está relacionado con el proceso constructivo de la calidad de material y tecnología.

- Resiliencia: Es la capacidad que tiene una población o infraestructura de anticiparse, adaptarse frente a un fenómeno climático.

Según lo establece la convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático define al riesgo como:

$$\text{RIESGO} = \text{AMENAZA} \times \text{VULNERABILIDAD}$$

Según el IPCC (2014) el riesgo se define como los resultados ocasionales en situaciones en que las infraestructuras o personas están expuestas al peligro y el desenlace es desconocido.

Según la estrategia internacional para la reducción de desastre de las naciones unidas (2009), la amenaza es definida como un fenómeno que ocasiona irregularidades sociales y económicas, pérdidas de materiales, daños a la salud provocando la muerte la muerte.

Según el IPCC (2014) la vulnerabilidad se define como la predisposición a ser vulnerado negativamente; la vulnerabilidad comprende la susceptibilidad y la falta de facultad de respuesta y adaptación.

De esta forma, desde los dos puntos de vista la apreciación de la teoría del riesgo se concluye que el riesgo está en función a los factores de amenaza y vulnerabilidad.

Análisis de riesgo: es un mecanismo que permite la identificación y evaluación de los daños y pérdidas que probablemente ocasionara el impacto de un fenómeno climático.

Desastres: son las consecuencias ocasionadas por los fenómenos climáticos, los desastres más frecuentes en el Perú son inundaciones, aluviones y deslizamientos.

2.4.2. Cambio Climático

La tierra presenta diferentes variaciones climatológicas, los registros de los últimos tiempos señalan el incremento de precipitaciones y temperaturas provocando huaicos, inundaciones, sequias, aluviones, nevados, deslizamientos.

El calentamiento global es el principal factor que produce la variabilidad climática de la tierra, es una medición, de los elementos del clima como la precipitación o temperatura que se modifican de un año a otro. Como resultado del cambio climático y la variabilidad climática tenemos los efectos que son producidos por la variación del clima.

Desde otra perspectiva el cambio climático causara el calentamiento de la capa superior del océano lo cual perjudicara la intensidad del Fenómeno del Niño que generara la alteración

del clima provocando intensas lluvias, como consecuencia los estragos que afectan a la humanidad y las infraestructuras viales.

A continuación, en la Tabla N°1 se describe algunos elementos climáticos y en la Tabla N°2 se describen las consecuencias que generan los elementos climáticos:

Tabla N° 1: Descripción de Fenómenos climáticos.

Pictograma	Elementos climáticos	Descripción del Fenómeno climático
	Lluvias y tormentas intensas	<p>La lluvia es un fenómeno atmosférico de tipo hidrometeorológico que se inicia con la condensación del vapor de agua contenido en las nubes. Una tormenta es un fenómeno caracterizado por la coexistencia próxima de dos o más masas de aire.</p>
	Nevadas, heladas y granizadas	<p>La nevada es un fenómeno que hace que se precipite nieve/granizo en lugar de lluvia. El tamaño del cristal de hielo define el tipo de precipitación (nevada o granizada).que consiste en un descenso de la temperatura ambiente a niveles inferiores al punto de congelación del agua y hace que el agua o el vapor que está en el aire se congelen.</p>

Fuente: Panorama internacional de la adaptación de la infraestructura carretera ante el cambio climático.

Tabla N° 2: Consecuencias de los Fenómenos Climáticos

Pictograma	Consecuencias de los Fenómenos Climáticos	Descripción del Fenómeno Climático
	Inundaciones	Una inundación se produce cuando una cantidad determinada de agua ocupa un lugar que normalmente se encuentra libre de ésta.
	Aluviones	Los aluviones corresponden a un tipo de movimiento brusco de tierra mezclado con agua. Se caracterizan por sus flujos rápidos y violentos capaces de arrastrar rocas y otros materiales que descienden por una quebrada o lecho de río.
	Deslizamientos	Un deslizamiento es un tipo de corrimiento o movimiento de masa de tierra, provocado por la inestabilidad de un talud.

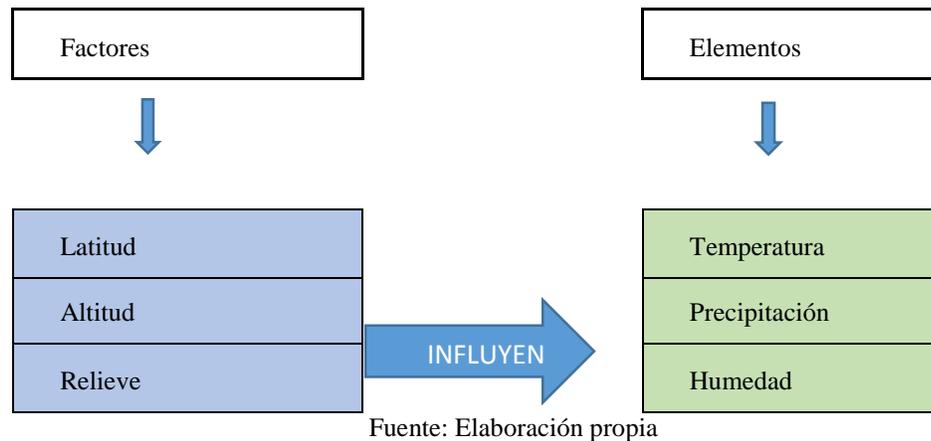
Fuente: Panorama internacional de la adaptación de la infraestructura carretera ante el cambio climático.

2.4.2.1 Clima.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2018) define que el clima de la tierra es un resultado de la interacción de la atmosfera los océanos, continentes y capas de hielo. Cada día se presentan variaciones del clima como temperatura y precipitaciones. es necesario la medición de la temperatura, humedad y lluvia para la asignación numérica del clima

El clima está variando y a lo largo de los años seguirá en constante cambio con una intensidad que va de mano con la contribución de los seres humanos y las infraestructuras de transporte, en la Tabla N°3 se muestran algunos factores climáticos que influyen en los elementos como la temperatura, precipitación y humedad.

Tabla N° 3: Factores climáticos



2.4.2.2 Variabilidad

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM (2018) define la variabilidad del clima como procesos naturales que refiere al cambio del clima en dos periodos día y noche, y estaciones de cada año.

El clima presenta variaciones de diversas duraciones. De acuerdo al paso de los años las estimaciones de las variables del clima como la precipitación, la temperatura del aire, etc. oscilan por encima o por debajo de lo normal, la serie de estas fluctuaciones alrededor de las estimaciones normales, se entiende como variabilidad climática y su estimación se obtiene mediante la especificación de las anomalías. Al estudiar las series históricas de anomalías de una variable de un clima cambiante definido para un lugar determinado se puede examinar una secuencia de periodos interpuestos que tienen duraciones de meses y años, los que demuestran la variabilidad del clima en las escalas intraestacional²⁰¹ e interanual, respectivamente. De esta manera las oscilaciones se originan, por lo general, por los desarrollos de los distintos componentes del sistema climatológico.

2.4.2.3 Cambio Climático en carreteras

Banco de Desarrollo de América Latina (2015) indica que desde su construcción de las carreteras en el mundo cada temporada de invierno las precipitaciones aumentan excediendo el promedio. Los diversos elementos climáticos y sus consecuencias significativas como el fenómeno del niño vienen ocasionando deslizamientos, inundaciones o el bloqueo absoluto de la carretera, causando pérdidas en las infraestructuras viales alterando la operación de las infraestructuras viales y sistemas de transportes como se observa en la Figura N°3.



Figura N° 3: Destrucción de la carretera Churin – Oyon recién inaugurada.
Fuente: Elaboración Propia.

Las carreteras tienen una vida útil aproximadamente 50 años, estas carreteras son perceptibles al clima en el momento de su ejecución y a la variabilidad del clima años después.

Es importante mencionar que el cambio climático afecta directamente a las construcciones de infraestructuras viales, a su vez estas impactan en el cambio climático es decir que estos dos términos están totalmente vinculados.

La crecida de la precipitación es una potencial amenaza con consecuencias importantes sobre las carreteras como se describe en la Tabla N°4, también existen otras amenazas como el aumento de temperatura con problemas económicos y sociales.

Tabla N° 4: Amenazas climáticas e impactos previsibles en carreteras

AMENAZA CLIMÁTICA POTENCIAL	IMPACTOS EN LA INFRAESTRUCTURA DE CARRETERA
Incremento de precipitación y tormentas	Inundaciones en las carreteras Daños en pilares, puentes y estructuras de soporte Daños en las distintas capas del pavimento Daño a la infraestructura de transporte debido al incremento de los deslizamientos Sobrecargas de los sistemas de drenaje Cambios en los patrones superficiales de escorrentía Deterioro de la integridad estructural de carreteras, puentes y túneles debido al incremento de la humedad en las estructuras
Vendavales o vientos Fuertes	Caída de árboles, equipamiento u otros elementos sobre la calzada Inestabilidad de los vehículos en carreteras y puentes Incremento de la erosión de taludes y terraplenes Daños estructurales a los puentes Rotura de la señalización vertical de gran tamaño
Incremento de condiciones de sequía y fuegos en algunas regiones	Pérdida de la cubierta vegetal en los márgenes Daño de la infraestructura por incremento de fuegos y por aumento de la erosión, y movimientos en masa como consecuencia de la pérdida de la capa vegetal quemada
Incremento de días muy calurosos y olas de calor	Expansión térmica de las juntas de puentes y pavimentos de hormigón Daños en el pavimento (surcos, ablandamientos y exudación, entre otros)
Incremento del nivel del mar y oleadas	Daño a autopistas, carreteras, túneles subterráneos y puentes debido a inundaciones, anegamientos permanentes en áreas costeras, y erosión costera Daño a la infraestructura por subsidencia del terreno y deslizamientos
Incremento de temperaturas en áreas muy frías	Cambios en la subsidencia de carreteras y debilitamiento de soportes de puentes debido a descongelamiento de permafrost.
Congelamiento tardío/ descongelamiento temprano en permafrost	Deterioro del pavimento debido al incremento de los ciclos de congelamiento/descongelamiento Reducción del deterioro del pavimento en lugares donde se registra una menor exposición al congelamiento, nieve o hielo (impacto positivo)

Fuente: CAF - banco de desarrollo de América Latina, Mendoza J.F, Trejo J.A, 2015.

2.4.2.4 Impactos del cambio climático en las infraestructuras

Según el Panorama Internacional de la Adaptación de la Infraestructura Carretera ante el Cambio climático (2017). Los distintos fenómenos climáticos y sus desenlaces afectan al diseño, la ejecución y su conservación de la infraestructura vial y el sistema de transporte. Un clima variante plantea interrogaciones críticas respecto a las alteraciones en las precipitaciones, temperatura y tormentas y otros aspectos del clima están perjudicando las nuevas carreteras que constituyen el sistema de transporte y que continuaran impactando en el futuro. Es relevante conocer y evaluar los daños que son ocasionados debido al impacto climático, de esta forma se llega a conocer la vulnerabilidad y los factores permanentes de la

vulnerabilidad, al nivel de exposición que están expuestas la infraestructura con las variaciones del clima y el riesgo a que la infraestructura falle. Los impactos del clima nos permiten conocer los efectos del clima que afectan el sistema de infraestructuras de carreteras. A través de su nivel de sensibilidad y exposición del presente o en un posible futuro conociendo su vulnerabilidad, adaptación y criticidad.

Muchos daños que ocasionan el cambio climático provienen de una mayor exposición de un clima extremo. A continuación, se describe efectos del cambio climático.

Incremento de tormentas y de la precipitación: viene causando interrupciones en las carreteras por causa de las inundaciones, por otro lado, las tormentas de forma inesperada y severa generan daños en las infraestructuras de carretera. Los impactos que se tienen sobre la infraestructura y su operación son los siguientes:

Interrupciones o retrasos del tránsito por el clima, debido a una precipitación excesiva que obligue a bajar velocidades de operación o detenerse, así como una visibilidad inadecuada de los dispositivos para el control del tránsito, accidentes vehiculares, etc.

- Inundación de las carreteras.
- Deslizamiento y deslaves de material de los taludes y terraplenes por una alta penetración de agua.
- Obras de drenaje insuficiente, debido a un incremento del gasto por precipitaciones excesivas y de larga duración.
- Aumento de la humedad del suelo que pueden poner en riesgo la integridad estructural de los pavimentos, puentes, alcantarillas, etc.
- Incremento de escombros provenientes de taludes, de la vegetación o sedimentos de las escorrentías superficiales debido a su erosión.
- Daños a carreteras, túneles subterráneos, y a los sistemas de drenaje debido a las inundaciones.
- Mayor escorrentía de agua en terrenos adyacentes contribuyendo a más superficies con inundaciones.
- Redes y activos inaccesibles.
- Colapso de taludes.
- Inestabilidad de taludes que conducen a deslizamientos, caída de rocas, etc.

Vendavales o vientos fuertes:

Las tormentas suelen estar acompañadas de vientos fuertes que provocan daños severos en la infraestructura vial y principalmente para su operación. Algunos de los impactos de los vientos fuertes:

- Incremento de la erosión de taludes y terraplenes, provocando acarreo de escombros y basura sobre la superficie de rodamiento.
- Daños estructurales a elementos de los puentes

Alta presencia de agua y su acumulación:

El incremento de precipitaciones y tormentas trae consigo daños adicionales a la infraestructura, principalmente por la cantidad y el tiempo de acumulación. Algunos efectos adicionales son:

- Cambios en los patrones superficiales de los escurrimientos que requieren reubicación de las obras de drenaje o la implementación de obras adicionales.
- Mayor presencia de agua en la superficie de rodadura, por lo que el bombeo y las alcantarillas resultan insuficientes para desalojar el agua en menor tiempo.
- Inestabilidad de las estructuras por aumento de los flujos de agua.
- El agua estancada puede tener efectos adversos sobre las capas de base de la carretera.
- El aumento de los caudales pico podría afectar las tasas de socavación e influir en el requisito de tamaño para los puentes y alcantarillas, tales como el periodo de retorno

Altas temperaturas y olas de calor:

El incremento en la constancia y severidad de temperaturas sumamente altas nos conducen a un desgaste del pavimento y la creación de surcos. Estos daños son lentos y se corrigen a través de mantenimiento frecuente, por lo que se le dan prioridad a los efectos que generan impactos repentinos en la infraestructura; sin embargo, son efectos del cambio climático que están impactando las carreteras. Impactos mayores se presentan cuando las altas temperaturas se presentan y la duración de los periodos de mucho calor se prolonga (olas de calor). Las temperaturas extremas y sus variaciones pueden causar daños a la estructura del pavimento, implicando retos importantes de mantenimiento:

- Aumento de la expansión térmica en las juntas de pavimentos de concreto o de puentes, que provocan estrés en la integridad de la estructura.
- Daños en el pavimento, particularmente en la carpeta asfáltica, tales como: surcos, depresiones, canalillos, exudación de asfalto, etc. Los cuales requerirán un mayor mantenimiento correctivo.
- Degradación del asfalto que repercute en su pérdida en plazos más cortos.
- Deterioro de las estructuras y daños a los pavimentos por el calor, tales como ablandamiento, deformaciones y agrietamientos.
- Tráfico generado por el daño superficial del pavimento.

2.4.2.5 Riesgo Climático en carreteras

Panorama internacional de la Adaptación de la Infraestructura Carretera ante el Cambio Climático (2017). El riesgo climático es una dificultad a solucionar de la gestión de riesgo, lo cual implica asistir una mayor cantidad de sucesos que presentan una probabilidad baja de que puedan ocurrir, si llegan a suceder los impactos del cambio climático resultarían daños severos y desastrosos.

El riesgo es la probabilidad de que un evento sea impulsado relevantemente por el cambio del clima, el cual presenta un impacto de mucho valor para la sociedad presente o futura. Dicho riesgo se determina a través de los términos de probabilidad y consecuencia.

Hablar de riesgos implica que en las medidas de adaptación se debe analizar costo y beneficio para la estimación del costo de las medidas de adaptación y estudiar los distintos riesgos ligados a fenómenos del clima.

Las siguientes investigaciones pueden ayudar a añadir en términos de riesgo a los impactos, vulnerabilidad y la adaptación:

- Estudiar los impactos y las visiones de adaptación en términos de riesgos, ya sea a largo o corto plazo para los sectores sociales.
- Analizar en qué ocasión los sectores conocen sus riesgos o se observan con la capacidad de disminuir el riesgo.
- Averiguar en qué situaciones la reducción de los riesgos muestra el aumento o la disminución de la vulnerabilidad a sucesos más representativos.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2009), presentó el Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los desastres, se sugirió el siguiente

esquema para la gestión del riesgo y la adaptación, el cual se ilustra en la Figura N°4 El riesgo se puede estimar a través de dos visiones:

- Ex post a partir de los daños y pérdidas producidos en el pasado.
- Ex ante a partir de:
 - Consideración de escenarios extremos posibles (eventos diseño).
 - Medición de los daños no ocasionados por la adecuada prevención, mitigación e inversión (análisis costo-beneficio).

Los principios para la estimación de los riesgos pueden ser a través del valor de reposición, el valor contables y valor de reconstrucción.

En la Figura N°4 se indica un mapa desarrollado para vincular los riesgos y la adaptación de las carreteras frente al cambio climático.

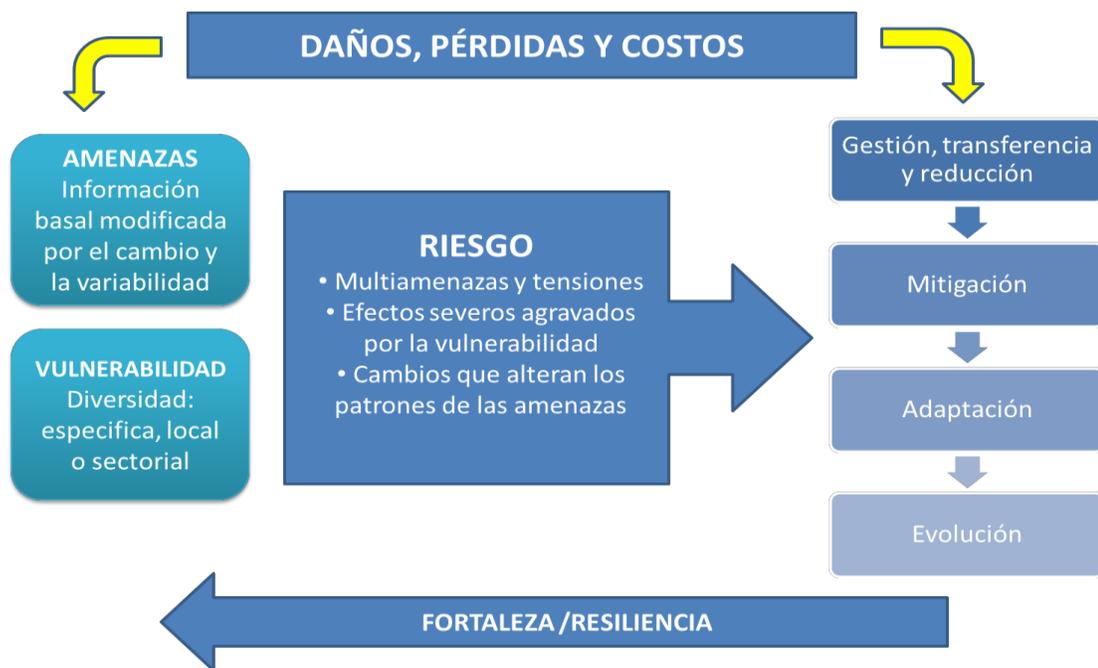


Figura N° 4: Gestión del Riesgo y Adaptación

Fuente: Panorama Internacional de la Adaptación de la infraestructura carretera

Existen diferentes métodos para la gestión de riesgos y que ahondan en cómo los impactos del cambio del clima son tratados como riesgos mediante estas metodologías se puedan tomar acciones de adaptación.

2.4.3. Metodologías de análisis del riesgo climático

Guía de Buenas Prácticas para la Adaptación de las carreteras al clima (2018). Se conocen diferentes tipos de metodologías para la verificación de las amenazas, las características del análisis y vulnerabilidad de los riesgos se han utilizado en la rama de infraestructuras viales en América Latina y el Caribe, se detalla brevemente algunos de estos métodos:

2.4.3.1 Análisis de Gestión de riesgos

Este estudio busca añadir la gestión del riesgo en las etapas de formulación de los proyectos de inversión, con el fin de asegurar la inversión en la sociedad. El estudio se divide en 4 fases que son:

- Análisis de amenazas:

Para el análisis de amenazas es importante saber la ubicación donde se llevará a cabo el proyecto, es necesaria la compilación de datos históricos, antrópicos, socio natural y el mapa de amenazas, se debe conocer que el análisis de amenazas debe ser orientado a la clase de proyecto que se ejecutara en la zona.

En la Tabla N° 5 se describe la escala de valoración de frecuencia e intensidad de las amenazas que pueden ser a corto, mediano o largo plazo.

Tabla N° 5: Escalas De Ponderación De Frecuencia E Intensidad De Amenazas

Ponderación del Factor de Frecuencia			Ponderación del Factor de Frecuencia		
Ocurrencia de la amenaza	Explicación	Valoración	Afectación de la amenaza	Explicación	Valoración
Corto plazo	El evento se presenta 2 o más veces al año	5	Alta (catastrófica)	Generación de muchas muertes, grandes pérdidas económicas y/o ambientales con efectos secundarios	5
	El evento se presenta 1 vez cada año	4		Generación de muchos lesionados y/o gran cantidad de heridos, así como fuertes pérdidas económicas y/o daños al ambiente	4
Mediano plazo	El evento se presentó por lo menos 1 vez en los 3 últimos años	3	Media (seria)	Generación de algunos heridos, pérdidas y daños económicos y ambientales considerables	3
	El evento se presentó por lo menos 1 vez en los 7 últimos años	2		Lesiones personales de no mucha gravedad, algunas pérdidas y daños en la economía y el ambiente	2
Largo plazo	El evento se presentó hace más de 20 años	1	Baja (leve)	Lesiones leves, pérdidas económicas de baja consideración y daños al ambiente no significativos	1

Fuente: Guía de Análisis de Gestión de Riesgo en proyectos de inversión pública

- Análisis de la vulnerabilidad

El análisis de vulnerabilidad consiste en evaluar, estudiar y analizar la zona, identificando las condiciones que le perjudican, reconocer los métodos técnicos de fragilidad y resiliencia que se deben considerar en el diseño, propuesta y ejecución del proyecto que se pretende ejecutar en la zona. El análisis de vulnerabilidad consta de:

- Análisis de la zona por exposición (micro localización)
- Análisis del Método técnico de fragilidad
- Análisis del Método técnico por resiliencia

- Definición de Medidas de Reducción del Riesgo

La gestión del riesgo consta en planificar y aplicar medidas que nos contribuyan a minimizar los efectos ocasionados por los fenómenos climáticos sobre las infraestructuras viales, poblaciones como se muestra en la Figura N°5. Para el cumplir de este proceso se serán realizara lo siguiente:

- Reconocer las medidas de reducción del riesgo
- Estimar costos y beneficios; analizar y evaluar la mejor opción.

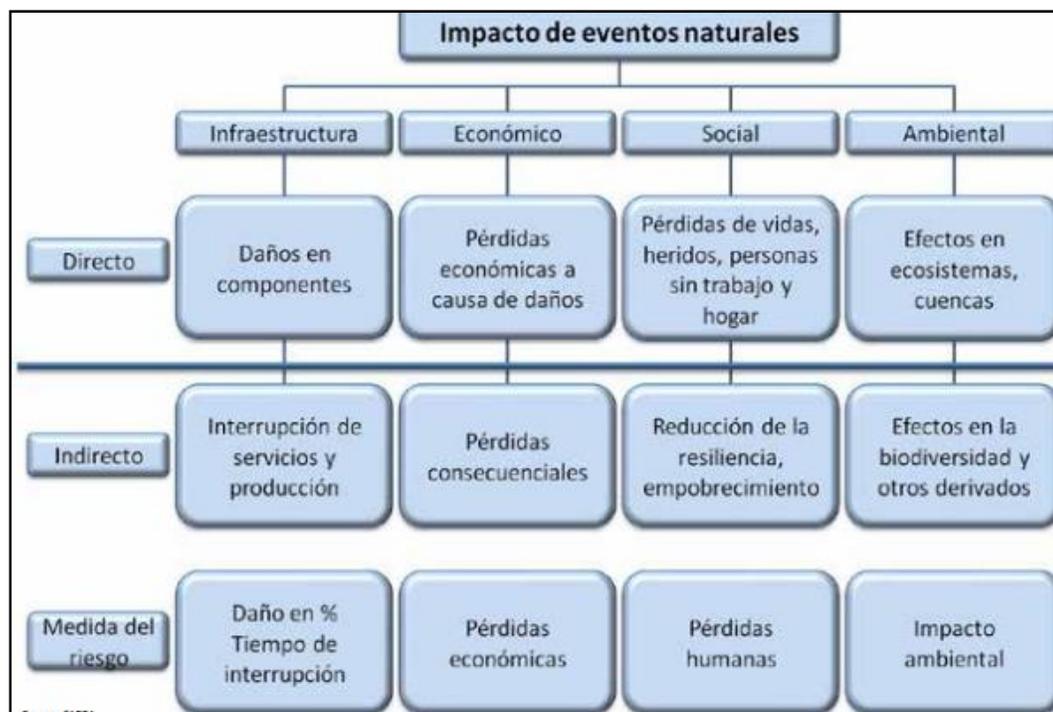


Figura N° 5: Impacto de Eventos Naturales.

Fuente: Guía de Análisis de la Gestión de Riesgos en Proyectos de Inversión Pública.

2.4.3.2 Metodología de Análisis de Amenazas Naturales

Guía de Buenas Prácticas para la Adaptación de las carreteras al clima (2018). Indica que la finalidad de esta metodología es contar con un instrumento de ayuda en el plan de políticas y procedimientos de conservación de inversiones públicas ante los daños de los fenómenos climáticos que admita de la forma simple y objetiva, situar, calificar y estimar un registro en función de las más importantes amenazas naturales. Antes de determinar la ejecución de un proyecto de inversión pública. La metodología fue planteada para su aplicación en la etapa de Perfil. se toman en cuenta los fenómenos naturales que son frecuentes de las amenazas presentes en la geografía. Deslizamiento, Alud, torrencial, deslizamiento, inundación.

2.4.3.3 Guía para la Incorporación de la variable riesgo en la gestión integral de nuevo proyectos de infraestructura.

Guía de Buenas Prácticas para la Adaptación de las carreteras al clima (2018). Esta guía fue realizada con la ayuda del Programa de Naciones Unidas para el desarrollo, es la solución del Gobierno a la necesidad de integrar la variable riesgo en los proyectos a futuro de infraestructura vial fundamentalmente está orientado a los sectores de construcción de infraestructuras y diseños con la finalidad de incorporar la gestión de riesgo en cada etapa que se realizan y se desarrollan en el país.

- Etapa 1 de proyectos, incluyen las etapas de pre-factibilidad, factibilidad, estudios definitivos.
- Etapa 2 de proyectos comprende la contratación, así como los aspectos legales, técnicos y financieros.
- Etapa 3 se vincula con la etapa de ejecución.
- Etapa 4 se relaciona con la etapa operación y mantenimiento. También contiene una lista de verificación de vulnerabilidades y amenazas en proyectos de infraestructuras viales, el propósito es servir como una iniciativa para las instituciones que aspiren generar sus propias listas de verificación.

2.4.3.4 Marco internacional para la adaptación de las infraestructuras al cambio climático (PIARC)

Este marco fue realizado por la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC) para orientar a las entidades encargadas de carreteras a través de una lista de medidas para reconocer los impactos potenciales del cambio climatológico, determinando el nivel de riesgo y

vulnerabilidad, logrando comprender como se debe actuar de manera efectiva frente a los riesgos, orientarlos hacia los recursos favorables y beneficiosos.

Existe una serie de herramientas de información, datos históricos, teorías disponibles en todo el mundo para apoyar a las entidades encargadas de carreteras en el conocimiento de las consecuencias potenciales del cambio climatológico y el clima extremo en la infraestructura vial, de este modo las metodologías de adaptación que una vez implementadas garanticen la adaptación frente a los retos.

En determinados países se han adelantado en su comprensión y su nivel de organización para los futuros impactos del cambio climático en sus infraestructuras viales, por otro lado, otros países y estados tiene restricción en su orientación e información apta para el apoyo de toma de decisiones.

La finalidad de este marco es compilar y simplificar las mejores prácticas y el entendimiento disponible a nivel internacional con una capacidad eficiente y provechosa que permita emplearse en entidades encargadas de carreteras.

El marco permite la identificación y el uso de los conocimientos de otros países, considerando los diferentes niveles de anticiparse y adaptarse.

Este marco sirve a las autoridades encargadas de carreteras para orientarse e incrementar la resiliencia en las infraestructuras viales y activos para el transporte divididas en 4 etapas como se muestra en las Figuras N°6 – N°9:

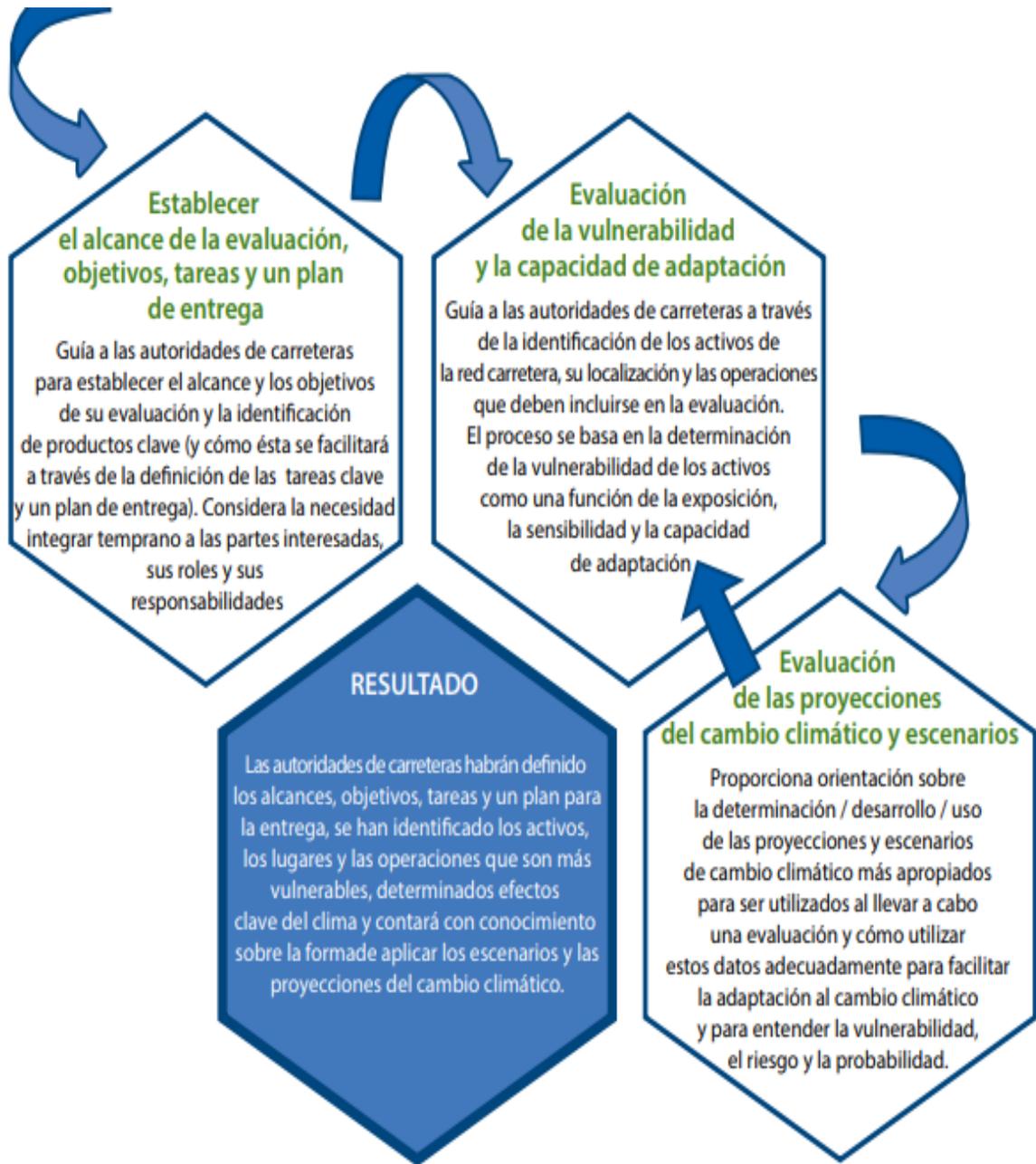


Figura N° 6: Identificación del alcance, variables, Riesgos y datos

Fuente: Marco Internacional para la adaptación de la infraestructura de carreteras ante el cambio climático

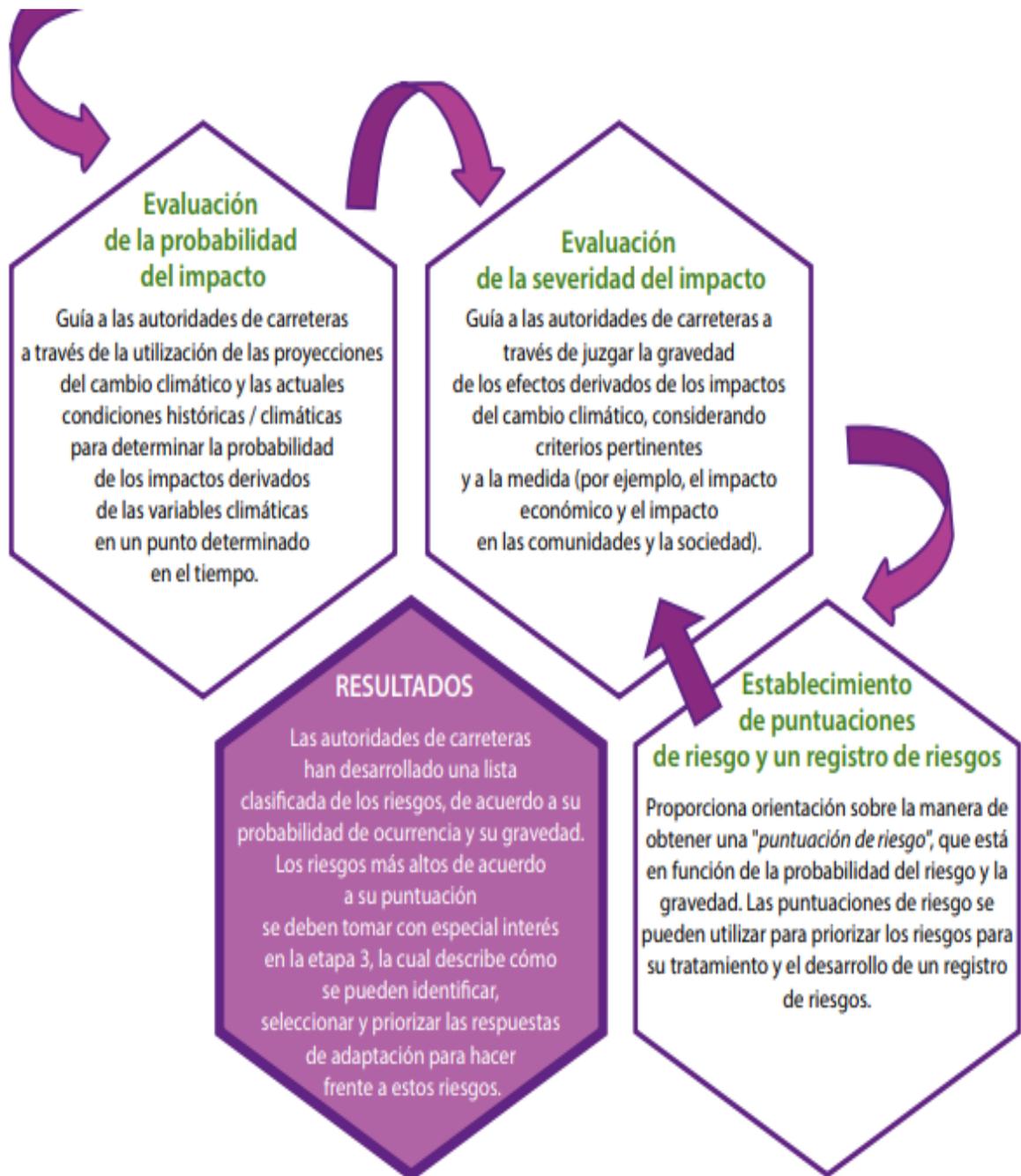


Figura N° 7: Evaluación y priorización de riesgos
 Fuente: Marco Internacional para la adaptación de la infraestructura de carreteras ante el cambio climático



Figura N° 8: Desarrollo y selección de respuestas y estrategias de adaptación

Fuente: Marco Internacional para la adaptación de la infraestructura de carreteras ante el cambio climático



Figura N° 9: Integración de resultados en el proceso de toma de decisiones

Fuente: Marco Internacional para la adaptación de la infraestructura de carreteras ante el cambio climático

2.4.3.5 Marco de Evaluación de la Vulnerabilidad al Cambio Climático.

Guía de Buenas Prácticas para la Adaptación de las carreteras al clima (2018). Este marco brinda un panorama general de las actividades que se deben efectuar para analizar la vulnerabilidad de una red vial, proporcionando ejemplos prácticos. Consta con una estructura de seis normas.

- Establecimiento de objetivos
- Identificación de las variables climáticas clave
- Selección y caracterización de la red vial objeto de estudio
- evaluación de la vulnerabilidad
- Integración de la vulnerabilidad en el proceso de toma de decisiones
- Monitoreo

2.4.4. Teoría de Adaptación

Panorama Internacional de la Adaptación de la Infraestructura Carretera ante el Cambio Climático (2017). La adaptación se entiende como la acción y el efecto de adaptar, los sistemas naturales y humanos tienen la capacidad de enfrentar a diversos factores que los afecten, sin embargo, no siempre se pueden revertir o ajustar los impactos negativos, por lo cual buscan adaptarse al daño que viene ocasionando el cambio climático y en un futuro seguirá afectando.

Las sociedades y la población, se han adecuado para enfrentarse a las condiciones del clima en mayor o menor escala, esta reacción de adaptación posibilitó que los asentamientos se transformen en ciudades grandes.

El cambio climático proyecta nuevos riesgos que a menudo que pasan los años la experiencia histórica va variando: los aumentos de temperatura, precipitaciones, niveles medios del mar y las condiciones climáticas extremas.

El procedimiento de la adaptación al cambio climatológico es muy complejo. Por lo cual es muy complejo elaborar una adaptación analítica. Una secuencia de tipologías se ha elaborado para organizar las acciones de adaptación. Las medidas de adaptación tienen la responsabilidad de adoptar dos formas generales:

- Acciones relacionadas con la planificación y construcción de nueva infraestructura.
- La adaptación y la "protección climática" de los sistemas existentes.

La mayor parte de los trabajos de adaptación se han limitado al reconocimiento de impactos, a analizar la vulnerabilidad y a la planificación de la adaptación y pocos trabajos se han elaborado para estimar los procesos y efectos de las medidas de adaptación.

Adaptación anticipada: Se refiere a la adaptación que se realiza antes que se perciban los impactos climatológicos.

Adaptación autónoma: Es la adaptación que no establece una solución consciente a la provocación del clima, por el contrario, esta es ocasionada por los cambios ecológicos.

Adaptación prevista: Es la adaptación que resulta de una determinación política deliberada, fundamentada en la conciencia de que las circunstancias están en constante cambio y que la acción es fundamental para retornar, mantener y lograr un estado deseado. Hoy en día se han establecido acciones de ingeniería como solución de adaptación y en algunos casos, están constituidos a la gestión de desastres y gestión del agua. Por otro lado, los hechos de adaptación resaltan en los beneficios y sobre todo aumentar la resiliencia de las infraestructuras carreteras.

Según la Guía de Buenas Prácticas para la Adaptación de las Carreteras al Clima (2018), las medidas de adaptación deberían ser integradas a lo largo del ciclo de vida de las infraestructuras viales; los diversos fenómenos meteorológicos traen como consecuencia daño en el diseño, construcción, mantenimiento y la gestión de las infraestructuras viales.

En la siguiente Figura N°10 se menciona los retos que se identifican en las etapas de planificación, diseño, construcción y mantenimiento para las nuevas infraestructuras.

ETAPA DE GESTIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	ASPECTO	RETOS
Planificación	Nueva infraestructura	Vulnerabilidad del corredor a los efectos del clima
		Blindaje de los proyectos
		Redundancia y disponibilidad en situaciones de emergencia
Diseño	Nueva infraestructura	Incidentes debidos a condiciones climáticas extremas
		Incorporación de lecciones aprendidas a través de medidas que permitan aumentar la resiliencia
		Deterioro de la calidad de la carretera debido al clima
Construcción	Nueva infraestructura	Construcción según las condiciones de variabilidad y cambio climáticos
Gestión / Operación / Mantenimiento	Infraestructuras en servicio	Deterioro de las infraestructuras
		Incremento de la resiliencia de las carreteras existentes al clima
		Daños a terceros
		Sobrecostos de reconstrucción

Figura N° 10: Fases de implementación en las medidas de adaptación
Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la Adaptación de las Carreteras al clima.

Incorporar los riesgos climatológicos en el desarrollo de toma de decisiones es complicado ya que el ciclo de vida de las infraestructuras es extenso desde que se proyecta su planificación hasta el final de su ciclo de vida operativa como se hace referencia en la Figura N°11. Durante el tiempo, considerablemente el clima puede ir variando y creando incertidumbres donde las infraestructuras de transporte requieren construirse con flexibilidad para preservarlas.

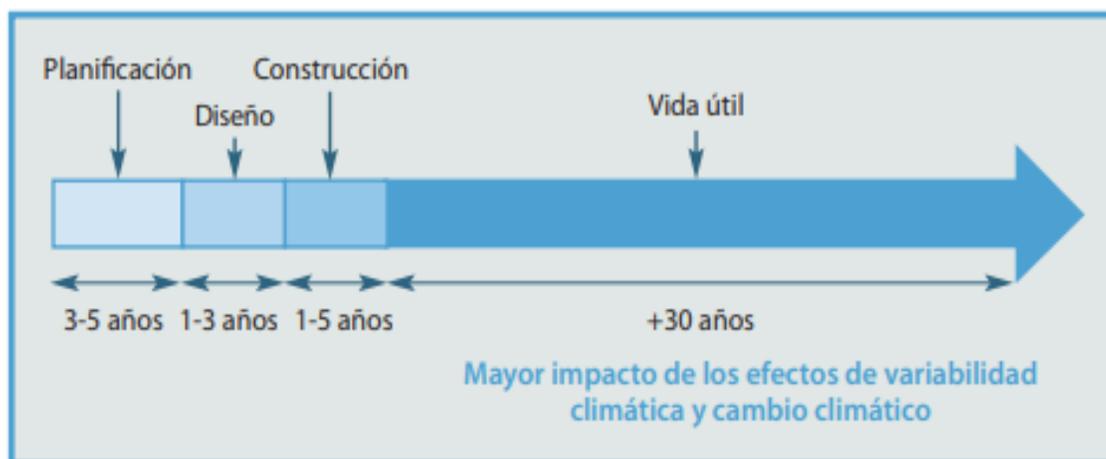


Figura N° 11: Variabilidad y cambio climático de la vida útil de una infraestructura
Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la Adaptación de las Carreteras al clima

Información necesaria para definir las medidas de Adaptación:

Las organizaciones implicadas en la adaptación de carreteras al cambio climático deben contar con información relevante sobre los recursos que se disponen para estas acciones, que permita medir la capacidad para enfrentar la adaptación, es importante disponer con alertas que implique a todos los actores involucrados.

A la hora de proponer medidas de adaptación de las carreteras frente al clima, es importante destacar el papel de oficinas meteorológicas, se disponen los siguientes requisitos:

- Caracterización de la red vial
- Previsiones climáticas en la zona donde se encuentra el sistema vial que se está analizando
- Amenazas asociadas al clima para la red vial
- Diagnóstico de vulnerabilidad
- Análisis del riesgo
- Elaboración de un directorio de zonas o puntos críticos
- Valoración económica de los daños generados por la falta de adaptación de las carreteras al clima

Entidades e instituciones involucradas en el plan de adaptación:

La estrategia de adaptación de las infraestructuras de carreteras frente a la variabilidad climática requiere la participación de actores, algunos implicados en la gestión y desarrollo, otros que adicionan un elemento adicional de conocimiento del entorno climático; la sociedad

civil también está obligada a desarrollar un importante papel. En la Figura N°12 se pueden identificar los actores involucrados en la adaptación al cambio climático, entidades privadas y estatales.



Figura N° 12: Actores implicados en la adaptación de las carreteras a la variabilidad y cambio climático.

Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la Adaptación de las Carreteras al clima

2.4.4.1 Resiliencia

Según la Guía de Buenas Prácticas para la Adaptación de las Carreteras al Clima (2018). La resiliencia consiste en la capacidad de una sociedad o sistema para mantenerse ante la interrupción ocasionada por la variabilidad climática, que permita anticiparse, adaptarse y prosperar a largo o corto plazo que se presentan en el sistema de carreteras y logrando así la continuidad de los servicios antes, durante o después de la presencia de los fenómenos del clima. La importancia de la resiliencia es generar una capacidad de adaptación permanente.

Es usual usar la resiliencia y la adaptación de forma intercambiable, la resiliencia es un concepto extenso y la adaptación tiene resultados específicos a una amenaza para que las infraestructuras se desempeñen correctamente.

Medidas específicas para la construcción de carreteras más resilientes:

Para mejorar la resiliencia de las infraestructuras viales se debe tener en conocimiento la variabilidad y el cambio climático que ocasionan daños en las carreteras y qué estrategias se deben considerar para el diseño, construcción, operación y mantenimiento. Es importante conocer las características de cada zona de proyecto ya que existen regiones que presentan un clima variado. Para reconocer las soluciones técnicas que resultan objetivas en función a la vulnerabilidad y amenazas es de suma importancia conocer la particularidad del clima en cada territorio. A cerca de los diseños, debemos considerar las normas del respectivo país que conlleve a soluciones convenientes al alcance del proyecto. Se conoce la existencia de carreteras deficientes frente a los efectos de un clima variante, se busca mejorar el funcionamiento de las infraestructuras viales.

Se sugiere una serie de medidas para cada fase: diseño, construcción y operación.

En las nuevas vías para los diseños: es recomendable tomar en cuenta las consecuencias de las precipitaciones ya registradas y las estimadas para un futuro, así como los fenómenos que ocasiona el cambio climático, garantizando el diseño adecuado de las obras y el mantenimiento continuo, para ello es necesario la aplicación de las medidas indispensables para reducir los impactos, es importante conocer los estudios técnicos que nos permitan establecer las estimaciones y consecuencias.

En la etapa de construcción: es habitual que ocurran contingencias no tomadas en cuenta en la etapa de diseño, que se ven afectadas por el efecto de la variabilidad del clima, como por ejemplo el uso de materiales con baja resistencia, presencia de agua no tomada en cuenta; desempeña un papel importante la variabilidad del clima asimismo es necesario considerar medidas complementarias en el diseño que ayudan a aumentar la resiliencia del clima en las infraestructuras carreteras.

En las etapas de operación y mantenimiento: es necesario establecer planes de monitoreo para comprobar la apropiada conducta de los elementos de las vías carreteras; en el caso de que se presenten circunstancias de riesgo se deben considerar medidas de resiliencia que va asociado con el diseño. (Ver Figura N°13)

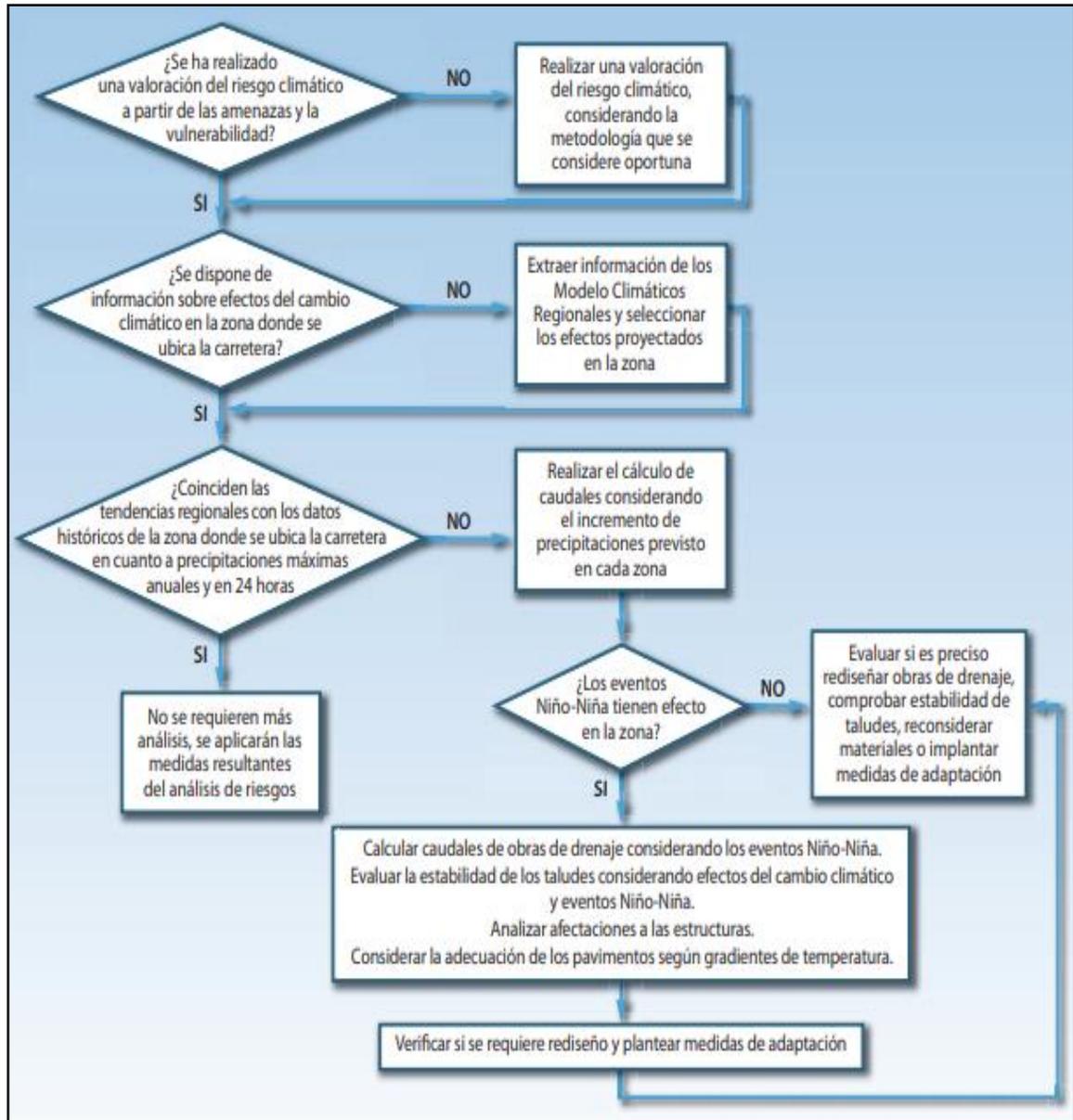


Figura N° 13: Diagrama de flujo para la adaptación de carreteras nuevas
 Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la Adaptación de las Carreteras al clima

En la Gestión de riesgo para la infraestructura carretera ante el cambio climático y los fenómenos hidrometeorológico extremos, con el apoyo de CAF, respecto a la identificación de riesgos se elaboró la Figura N° 14 analizando los impactos en el sector vial que ocasiona la variabilidad y el cambio climático.

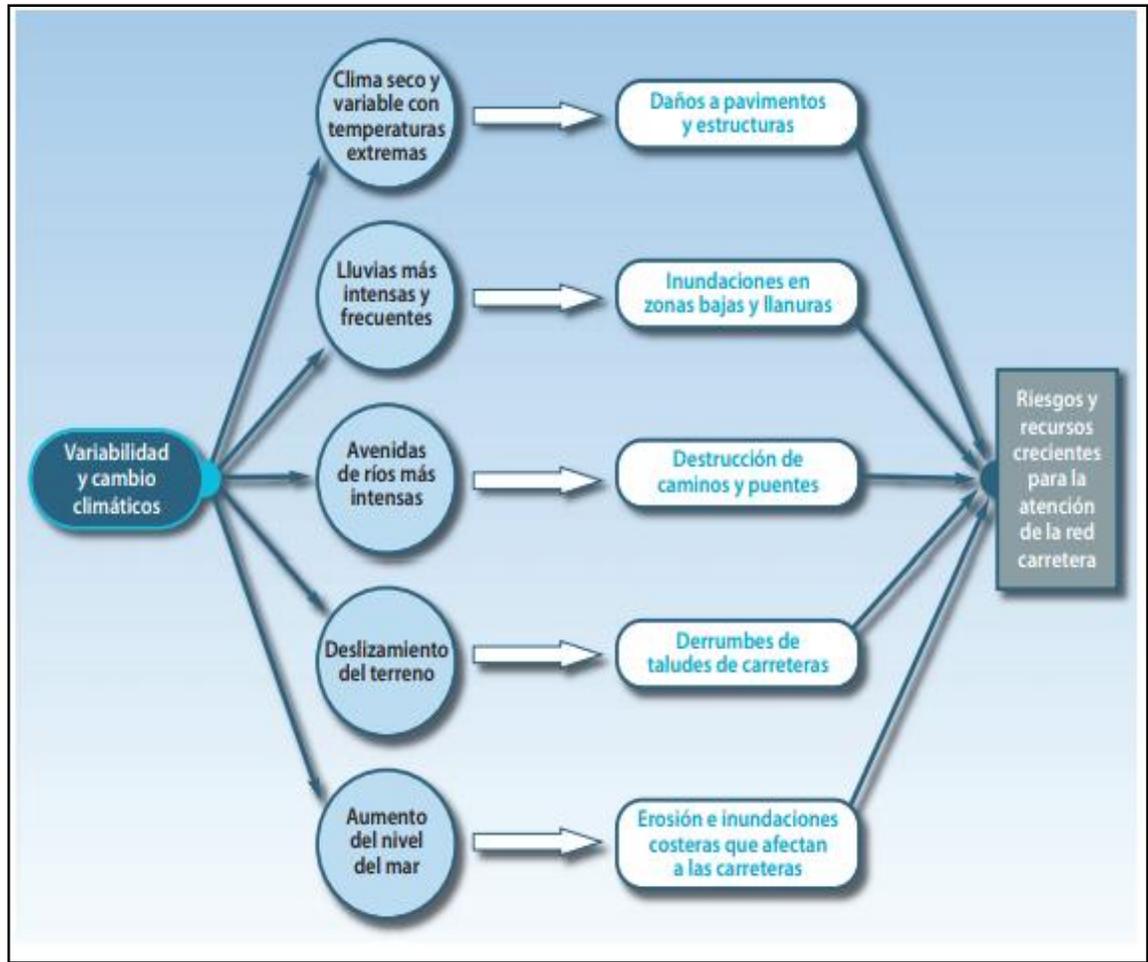


Figura N° 14: Diagnóstico de gestión del riesgo para la infraestructura carretera
Fuente: Guía de Buenas Prácticas para la Adaptación de las Carreteras al clima

2.5. Formulación de hipótesis:

2.5.1. Hipótesis general:

Identificando las amenazas del cambio climático se implementará la resiliencia en el sector Km 77+100, a través de un proceso de reconocimiento del sector.

2.5.2. Hipótesis específicas:

- Identificando el riesgo de la precipitación pluvial del cambio climático, que generan inundaciones se anticipará la interrupción de tránsito.
- Identificando el riesgo de la precipitación pluvial del cambio climático, que generan deslizamientos se adaptará al bloqueo de carreteras.
- Identificando el riesgo de la precipitación pluvial del cambio climático, que generan huaycos/aluviones se prosperará ante la destrucción de la infraestructura.

2.5.3. Variables:

2.5.3.1 Definición conceptual de las variables:

Cambio climático y resiliencia en carreteras:

Es la capacidad de un sistema para sobrevivir ante la interrupción y anticiparse, adaptarse frente al cambio climático

Cambio Climático:

Es la variación del clima de la tierra, es debido a fenómenos naturales y también a la acción del hombre y se producen a diversas escalas de tiempo.

Resiliencia en Carreteras:

Este término se refiere exclusivamente a la disposición que tienen las infraestructuras de carreteras o poblaciones para anticiparse y adaptarse frente al cambio climático.

2.5.3.2 Operacionalización de las variables:

Tabla N° 6: Operacionalización de variables

VARIABLES EN ESTUDIO	VARIABLES	INDICADOR
GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN CARRETERAS.	CAMBIO CLIMÁTICO	Riesgo de Precipitaciones Amenazas de Deslizamientos Vulnerabilidad de huaycos/Aluviones
	RESILIENCIA EN CARRETERAS	Anticiparse a la interrupción de tránsito Adaptarse al bloque de carreteras. Prosperar ante la destrucción de la infraestructura

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel:

Tipo de investigación:

En la presente investigación el estudio es explicativa - descriptiva, consiste en el estudio del problema o fenómeno que generan el cambio del clima. Se analizó mediante observaciones que será necesario para conocer los fenómenos naturales, el método nos permitirá conocer y plantear estrategias de fortalezas.

Nivel de Investigación:

De acuerdo a las condiciones el estudio de la investigación es de nivel descriptivo, explicativo, correlacionado.

3.2. Diseño de la investigación:

Para el diseño de la investigación se utilizó el diseño transversal correlacional/causal.

3.3. Población y muestra:

El siguiente estudio se realizó en la carretera ruta PE – 22 expuesta a riegos de desastres en su infraestructura debido a los fenómenos climáticos, ejecutados en la provincia de Chanchamayo.

La muestra del estudio se realizó en el tramo del Km 77+100, de la provincia de Chanchamayo departamento de Junín.

3.4. Técnicas de recolección de datos:

La técnica que se empleó en el estudio es la consulta y la recopilación de libros, folletos, boletines, periódicos la cual nos ayudó identificar las variables e indicadores. El instrumento de recolección de datos que se utilizó son registros de antecedentes de monitoreo ambientales.

3.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos:

- ✓ Visita a campo para el reconocimiento de la zona vulnerable
- ✓ Recolección de datos de bibliografías
- ✓ Entrevistas con la organización del centro poblado

3.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

La confiabilidad de los instrumentos para esta investigación son las revistas técnicas de la Asociación Mundial de Carreteras (PIARC) y Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) y la validez se basa en estudios realizados por profesionales especializados.

3.4.3. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

Para la investigación se utilizó la técnica documental o bibliográfica donde nos permite revisar documentaciones existentes que sean de gran aporte para el estudio.

CAPITULO IV: DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN

4.1. Gestión de riesgos de desastres en carreteras

La gestión de riesgo del cambio climático es importante en el proceso de adaptación, Panorama Internacional de la Adaptación muestra tres enfoques que se muestran en la Tabla N°7, siendo principalmente aquellos que sufran impactos en las infraestructuras viales. La adaptación amplia las capacidades de los sistemas naturales y humanos para poder enfrentarse al cambio climático. En la adaptación se presenta limitaciones para enfrentar a una problemática o una necesidad de cambiar un sistema que con lleve a respuestas positivas, frente a los impactos o daño generados por el cambio climático.

Tabla N° 7: Enfoques para la gestión de riesgos del cambio climático (continúa)

Enfoque	Categoría	Ejemplos
Reducción de la vulnerabilidad y la exposición	Gestión de riesgos de desastres	Sistemas de alerta temprana; cartografía de peligros y vulnerabilidades; drenaje mejorado; refugios contra inundaciones; códigos y prácticas de edificación; gestión de tormentas y aguas residuales; mejoras del transporte y la infraestructura vial.
	Planificación espacial o de uso del suelo	Infraestructuras y servicios adecuados; gestión del desarrollo en las zonas inundables y otras zonas de alto riesgo; planificación urbanística y programas de Mejoras; legislación sobre división territorial.
Adaptación	Estructura física	<p><u>Opciones de ingeniería</u>: malecones y estructuras de protección costera; diques para el control de crecidas; drenaje mejorado; refugios contra inundaciones y ciclones; elaboración de códigos y prácticas; gestión de tormentas y aguas residuales; mejoras del transporte y la infraestructura vial.</p> <p><u>Opciones tecnológicas</u>: elaboración de esquemas y vigilancia de los peligros y vulnerabilidades; sistemas de alerta temprana; aislamiento de edificios; desarrollo, transferencia y difusión de tecnología.</p> <p><u>Opciones ecosistémicas</u>: restauración ecológica; conservación del suelo; forestación y reforestación.</p>

Fuente: Panorama internacional de la adaptación de la infraestructura carretera ante el cambio climático

Tabla N° 7: Enfoques para la gestión de riesgos del cambio climático

	Institucional	<p><u>Opciones económicas:</u> incentivos financieros; seguros; bonos de catástrofe; fondos para imprevistos en casos de desastre; asociaciones público-privadas.</p> <p><u>Leyes y reglamentos:</u> normas y prácticas de edificación; legislación en apoyo de la reducción de riesgos de desastre; legislación en favor de la contratación de seguros.</p> <p><u>Políticas y programas nacionales y gubernamentales:</u> planes de adaptación nacionales y regionales e incorporación general de la adaptación; planes de adaptación subnacionales y locales; planificación y preparación para casos de desastre; ordenación integrada de los recursos hídricos; ordenación integrada de Las zonas costeras; adaptación de la comunidad.</p>
Transformación	Social	<p><u>Opciones educativas:</u> sensibilización e integración en la educación; intercambio de conocimientos; investigación; plataformas de intercambio de conocimientos y aprendizaje.</p> <p><u>Opciones de información:</u> elaboración de esquemas de peligros y vulnerabilidades; sistemas de alerta temprana y respuesta; vigilancia y teledetección sistemáticas; servicios climáticos.</p> <p><u>Opciones de comportamiento:</u> preparación de viviendas y planificación de la evaluación; conservación del suelo y el agua; desatasco de drenajes pluviales.</p>
	Cambios	<p><u>Práctica:</u> innovaciones sociales y técnicas, cambios de comportamiento o cambios institucionales y de gestión que produzcan modificaciones sustanciales en los resultados.</p> <p><u>Política:</u> decisiones y medidas de carácter político, social, cultural y ecológico en sintonía con la disminución de la vulnerabilidad y el riesgo y el apoyo de la adaptación, la mitigación y el desarrollo sustentable.</p> <p><u>Personal:</u> presunciones, creencias, valores y visiones del mundo individuales y colectivos que influyan en las respuestas al cambio climático.</p>

Fuente: Panorama internacional de la adaptación de la infraestructura carretera ante el cambio climático.

4.1.1. Red vial en el Perú

La red vial en el Perú está compuesta por más de 149,659.97 km de carreteras, comprendida en tres grupos: carreteras longitudinales, penetración y de enlace. Las carreteras su categorización está a cargo del ministerio de Transporte y Comunicaciones. (Ver Figura N°15).

SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS DEL PERÚ							
SITUACIÓN AL 31/12/2012							
(Kilómetros)							
RED VIAL (N° Rutas)	EXISTENTE POR TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA				PROYECTADA	TOTAL	
	PAVIMENTADA	NO PAVIMENTADA		SUB TOTAL			
		Afirmada	Sin Afirmar				
NACIONAL (130)	14,747.74	7,631.51	2,214.16	24,593.40	1,901.29	26,494.69	17.7%
DEPARTAMENTAL (386)	2,339.72	14,263.37	7,632.04	24,235.12	4,794.49	29,029.62	19.4%
VECINAL (6,244)	1,611.10	19,231.34	71,001.39	91,843.83	2,291.83	94,135.66	62.9%
TOTAL	18,698.56	41,126.21	80,847.59	140,672.36	8,987.61	149,659.97	100%

Figura N° 15: Sistema Nacional de Carreteras del Perú
Fuente: Ministerio de transporte y comunicaciones.

Las vías peruanas se clasifican por la calidad y tipo de vehículos autopistas, carreteras y trochas la gran parte de las vías peruanas son caminos afirmados.

4.1.1.1 Red vial en la provincia de Chanchamayo

El sistema vial de la provincia de Chanchamayo está conformado por:

- Rutas Nacionales
- Rutas Departamentales
- Caminos vecinales
- Caminos de herradura

Rutas Nacionales:

Según el MTC existen 3 vías nacionales aprobadas con D.S N°011-2016 – MTC que corresponde a los códigos

La Ruta Nacional PE-22B, es la principal vía de conexión de la provincia de Chanchamayo con la capital de país “Lima”, cuyo recorrido se orienta hacia el Norte este de la provincia, e ingresando a la provincia de Chanchamayo por el distrito de Palca – Provincia de Tarma. Es la vía principal entre los Distritos de Chanchamayo y San Ramón con un recorrido total desde

el límite de la provincia de Tarma, hasta el Emp. Con la PE-5N y PE-5S de 42.337 Km, siendo su superficie de rodadura en su totalidad de Asfaltado y totalmente Transitable.

La Ruta Nacional PE-5S, su recorrido se orienta hacia el Este de la provincia, siendo la principal vía de articulación entre los Distritos de Chanchamayo, Perené y Pichanaqui, teniendo un corrido de 114.797 Km. la vía es Asfaltada con estado bueno y Transitable.

La Ruta Nacional PE-5N, Al igual que la variante anterior la PE-5S, se inicia en el empalme con la PE-22B, siendo la principal vía de articulación para el distrito de San Luis de Shuaro teniendo un recorrido de 17.465 Km y una superficie afirmada con estado Transitable

4.1.2. Situación actual del sistema vial de Chanchamayo:

La estructura vial de la provincia de Chanchamayo se muestra en la Tabla N°8 se detalla la longitud de tipo de superficie de rodadura.

Análisis del sistema vial de la provincia:

La provincia de Chanchamayo cuenta con 359 caminos de los cuales 3 son nacionales y 2 departamentales y el resto son caminos vecinales, solo 25 caminos son registrados un total de 2570.775Km, este cuadro nos permite analizar el sistema vial existente de toda la provincia.

La vía predominante es la vía sin afirmar y trochas la cual reflejan problemas por el estado que se encuentran, en temporadas de lluvias generan interrupciones y cierre total de las vías

Tabla N° 8: Clasificación de la red vial nacional

Ámbito / Red vial	Longitudes de Tipo de Superficie de Rodadura									
	Total		Asfaltado		Afirmado		Sin Afirmar		Trocha	
	Km	%	Km	%	Km	%	Km	%	Km	%
Perú	78,127.0	100.0%	10,189.0	13.00%	18,533.0	23.7%	13,809.0	17.7%	35,596.0	45.6%
Nacional	16,967.0	21.7%	8,141.0	10.40%	6,640.0	8.5%	1,860.0	2.4%	326.0	0.4%
Departamental	14,251.0	18.2%	1,106.0	1.40%	6,015.0	7.7%	4,291.0	5.5%	2,839.0	3.6%
Vecinal	46,909.0	60.0%	942.0	1.20%	5,878.0	7.5%	7,658.0	9.8%	32,431.0	41.5%
Junín	6,440.9	100.0%	576.1	8.90%	2,487.4	38.6%	1,420.5	22.1%	1,957.0	30.4%
Nacional	874.4	13.6%	505.5	7.80%	368.9	5.7%	0.0	0.0%	0.0	0.0%
Departamental	598.8	9.2%	34.2	0.50%	482.0	7.5%	66.6	1.0%	7.0	0.1%
Vecinal	4,976.8	77.3%	36.4	0.60%	1,636.5	25.4%	1,353.9	21.0%	1,950.0	30.3%
Chanchamayo	2,570.70	100.0%	157.4	6.10%	1,193.1	46.4%	1,159.9	45.1%	60.3	2.3%
Nacional	174.6	6.8%	157.1	6.10%	17.5	0.7%	0.0	0.0%	0.0	0.0%
Departamental	43.4	1.7%	0.0	0.00%	43.4	1.7%	0.0	0.0%	0.0	0.0%
Vecinal	2,352.7	91.5%	0.2	0.00%	1,132.2	44.0%	1,159.9	45.1%	60.3	2.3%
Vecinal Registrada	234.3	9.1%	0.0	0.00%	210.7	8.2%	22.5	0.9%	1.1	0.0%
Vecinal no Registrada	2,118.4	82.4%	0.2	0.00%	921.5	35.8%	1,137.5	44.2%	59.2	2.3%

Fuente: Plan Vial Provincial Participativo de Chanchamayo (2011)

En la Tabla N°9 se describe las principales vías que cruzan por la provincia de Chanchamayo donde se muestra su conexión con los centros poblados y el nivel de accesibilidad de las vías.

Tabla N° 9: Principales ejes viales de articulación en la provincia

Tipo de Eje	Tramos		Extensión (Km.)	Situación de la Vía		
				Superficie	Pavimento	
Longitudinal	RED VIAL NACIONAL PE-5N	EMP. PE-22B, EMP. PE-5S(PUENTE RAITHER),EMP JU-578(PUENTE PERUVIAN), EMP. JU-571, DISTRITO DE SAN LUIS DE SHUARO, EMP. JU-574(PUENTE CAPELO), LIMITE DEPARTAMENTAL(PUENTE PAUCARTAMBO	17	AFIRMADO	TRANSITABLE	
Transversal	RED VIAL NACIONAL PE-22B	EMP. PE-22B, EMP. PE-5S(PUENTE RAITHER),EMP JU-578(PUENTE PERUVIAN), EMP. JU-571, DISTRITO DE SAN LUIS DE SHUARO, EMP. JU-574(PUENTE CAPELO), LIMITE DEPARTAMENTAL(PUENTE PAUCARTAMBO	42	ASFALTADO	TRANSITABLE	
	RED VIAL NACIONAL PE-5S	EMP. PE-22B, EMP. PE-5S(PUENTE RAITHER), VILLA PROGRESO, PAMPAMICHI, PERENE, PUERTO YURINAKI, SAN FERNANDO DE KIVINAKI, PICHANAKI, LIMITE PROVINCIAL(CHANCHAMYO-SATIPO)	115	ASFALTADO	TRANSITABLE	
Longitudinal	RED DEPARTAMENTAL JU-104	EMP. PE-22B, VITOC, LA FLORENCIA, TUQUIMAYO, EL TINGO, LIMITE PROVINCIAL(CHANCHAMYO-JAUJA)	27	AFIRMADO	TRANSITABLE	
	RED DEPARTAMENTAL JU-106	EMP. PE-22B, PUENTE CENTENARIO, SAN RAMON, PUENTE VICTORIA, LOURDES, LA PROMISORA.	17	AFIRMADO	TRANSITABLE	
Transversal	CAMINOS VECINALES: JU-574-R292-R306	Troncal	EMP. PE-5N-PUENTE CAPELO-PEUNTE PUÑIZAS-SANTA ROSA DE PUÑIZAS(ZONA 8)-SANTA ROSA DE YAPAZ -LA VICTORIA-ALTO YAPAZ-METRARO-BUENA VISTA-VERDE-CHOCHA-LAGUNA LA BOMBA-SAN JUAN DE PERENE-LUZ MARIA.	36	AFIRMADO -SIN AFIRMAR	TRANSITABLE
			EMP. PE-5S-CC.PP. PUERTO YURINAKI-CC.NN.SCHORMES-CC.PP.LA FLORIDA-ALTO YURINAKI-CC.NN YANESHA-CC.PP.SAN MIGUEL DE ENEÑAS.	29	AFIRMADO	TRANSITABLE
			EMP. PE-22B-PUENTE HERRERIA-PAMPA HERMOSA.	28	AFIRMADO -SIN AFIRMAR	TRANSITABLE
Longitudinal	CAMINOS VECINALES: R1-R5-R91-R143-R215	Troncal	EMP. PE-5S- LAS PUENTE LAS PALMAS CC.PP.LAS PALMAS IPOKI-BAJO SHIMASHIRO-CC.NN.SAN PEDRO DE SHAORIATO-SAN JOSE DE ALTO IPOKI NUEVA ESPERANZA-COLONIA HUANCA-FLORIDA AITE-NUEVA FLORIDA	40	AFIRMADO -SIN AFIRMAR	TRANSITABLE
			EMP. PE-5S-JUAN VELASCO ALVARADO-PAMPA ALEGRE-BUENA VISTA-LA LIBERTAD-SAN PABLO.	36	AFIRMADO-SIN AFIRMAR	TRANSITABLE
			EMP. PE-5S-SAN JUAN DE UBIRKI-INCHATINGARI-LOA ANGELES DE UBIRKI-SAN ANTONIO-SANTA ROSA DE ALTO UBIRKI	38	AFIRMADO -SIN AFIRMAR	TRANSITABLE
			EMP. PE-5S-SANGANI-DV.PALMA PAMPA-MIRICHARD-CENTRO ALADINO-SAN JUAN DE MIRAFLORES.	39	AFIRMADO -SIN AFIRMAR	TRANSITABLE
			EMP. PE-5S(VILLA PROGRESO)-ALTO VILLA PROGRESO-PALMA PAMPA-ALTO UNIVERSAL-VILLA-DORADA-PUNTA CARRETERA.	27	AFIRMADO	TRANSITABLE

Fuente: Plan Vial Provincial Participativo de Chanchamayo

La carretera en el tramo 77+100 es una muestra más de los problemas del cambio climático, las cuales presentan problemas en las temporadas de lluvia, un factor muy importante es el clima y la ubicación geográfica de la Región, ya que se encuentra en selva alta, donde la presencia de lluvias torrenciales son muy frecuentes en los meses de noviembre-abril, el cual es un aliciente en el deterioro de las vías, dejando sin uso las vías en estos meses, debido a la falta de adaptación de las vías a estos fenómenos.

4.2. Cambio climático

En el Perú, en cada temporada de invierno la población y las infraestructuras viales que se encuentran situadas en zonas de inundación son las más afectadas por los impactos generados del fenómeno del niño.

El fenómeno del niño cada temporada viene impactando la costa, sierra, selva, se refleja con la presencia de deslizamientos, inundaciones, aluviones. El cambio del clima afecta considerablemente, siendo la vulnerabilidad el grado de que somos afectados por los impactos generados. El Perú necesita tomar acciones sobre las vulnerabilidades en torno al cambio climatológico que impacta:

- Vulnerabilidad humana.
- Vulnerabilidad agrícola.
- Vulnerabilidad de la infraestructura vial.
- Vulnerabilidad de las Áreas Naturales

El Perú es el país más vulnerable al cambio climático por qué:

- El Perú tiene 28 climas identificadas (SENAMHI, 2005)
- En las dos últimas décadas se incrementaron las emergencias por el fenómeno del niño.
- El Perú no cuenta con un fondo financiero ni medidas para la adaptación y actuar frente a estos daños.

4.2.1. Cambio climático en la provincia de Chanchamayo.

El clima de la Provincia de Chanchamayo fue determinado en base al mapa elaborado por el SENAMHI, siendo un clima tropical, húmedo y lluvioso donde presenta precipitaciones elevadas, en la llanura amazónica se presenta zonas microclimas.

La temperatura anual máxima es 29.9°C y su promedio de 23.2°C Chanchamayo es caracterizado por temporadas lluviosas donde se inicia en octubre con 176.9 mm y noviembre

con 156.5mm. En los meses de febrero y marzo son las más elevadas llegando entre 255.00mm y 252.5mm, el promedio anual de la precipitación acumulada es 1949.9mm/año, las fuertes lluvias originan deslizamientos, destrucción de carreteras y caminos vecinales afectando a la población y el comercio. Dadas las características de la zona, usando las tablas se definirá el grado que existe y posteriormente el nivel de riesgo al que está expuesta la carretera del sector 77+100 km. En la Tabla N°10 se identificarán las amenazas al que está expuesta la zona de estudio.

Tabla N° 10: Identificación de amenazas en la zona de ejecución del proyecto

1. ¿Existen antecedentes de amenazas en la zona en la cual se pretende ejecutar el proyecto?			
AMENAZA	SI	NO	COMENTARIOS
Inundaciones			
Lluvias intensas			
Heladas			
Friaje – nevada			
Sismos			
Sequías			
Huaycos			
Deslizamientos			
Incendios urbanos			
Erosión			
2. ¿Existen estudios que pronostican la probable ocurrencia de amenazas en la zona de análisis? ¿Qué tipo de peligros?			
AMENAZA	SI	NO	COMENTARIOS
Inundaciones			
Lluvias intensas			
Heladas			
Friaje – nevada			
Sismos			
Sequías			
Huaycos			
Deslizamientos			
Incendios urbanos			
Erosión			
3. ¿Existe la probabilidad de ocurrencia de algunos de los peligros señalados en las preguntas anteriores durante la vida útil del proyecto?			SI
4. ¿La información existente sobre la ocurrencia de peligros naturales en la zona es suficiente para tomar decisiones para la formulación y evaluación del proyecto?			NO

Fuente: Pautas Metodológicas para la incorporación del análisis del Riesgo de Desastre en los Proyectos de Inversión Pública.

4.2.2. Riesgo de precipitación

Durante los meses de enero a marzo de cada año, la provincia de Chanchamayo es afectada por el incremento de frecuencia e intensidad de las precipitaciones.

Las precipitaciones pluviales en esta zona son el principal causante de desastres en la zona, debido a que las lluvias generan inundaciones, erosiones, deslizamientos, derrumbes y huaycos.

- En el año 2001 la mayor precipitación fue el mes de febrero con un aproximado de 141 mm. En la Figura N° 16 se muestra el hidrograma de la provincia de Chanchamayo de los meses de enero a marzo.

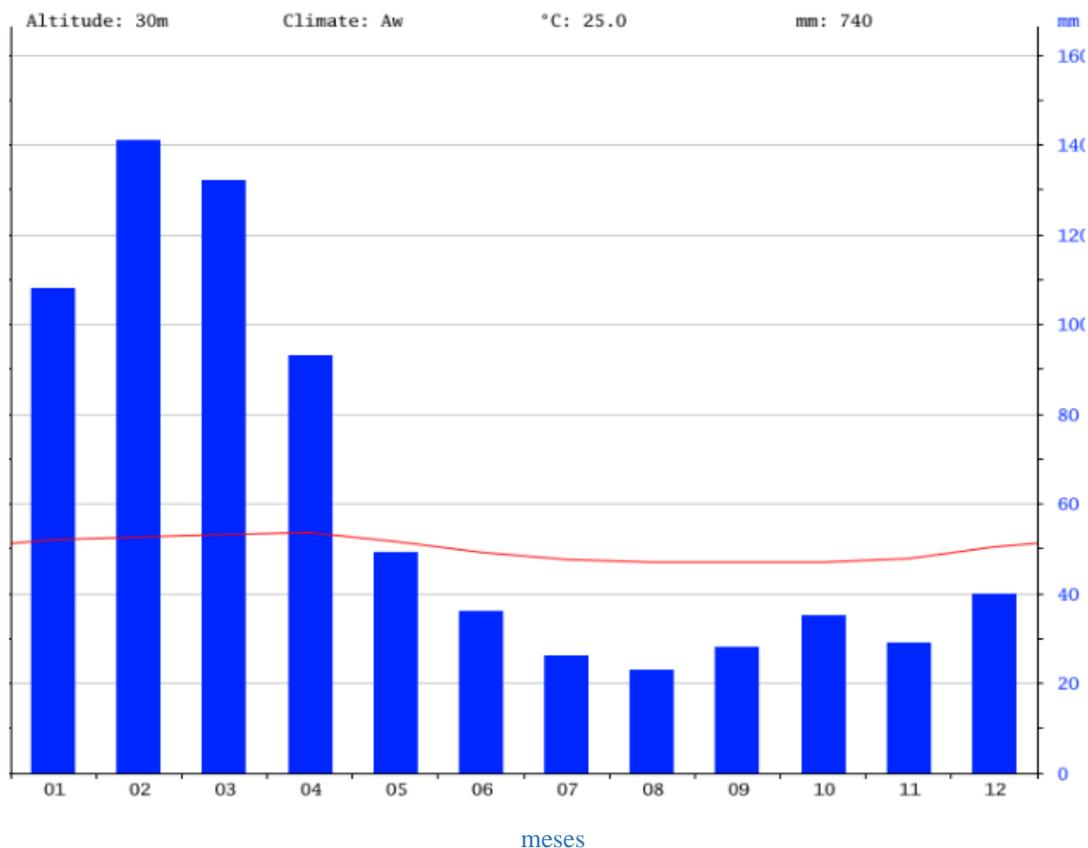


Figura N° 16: Hidrograma de precipitaciones (2001)
Fuente: Climate-Data.Org.

- En el año 2006 la mayor precipitación se da en el mes de enero con un aproximado de 164 mm. En la Figura N°17 se muestra el hidrograma de la provincia de Chanchamayo de los meses de enero a diciembre.

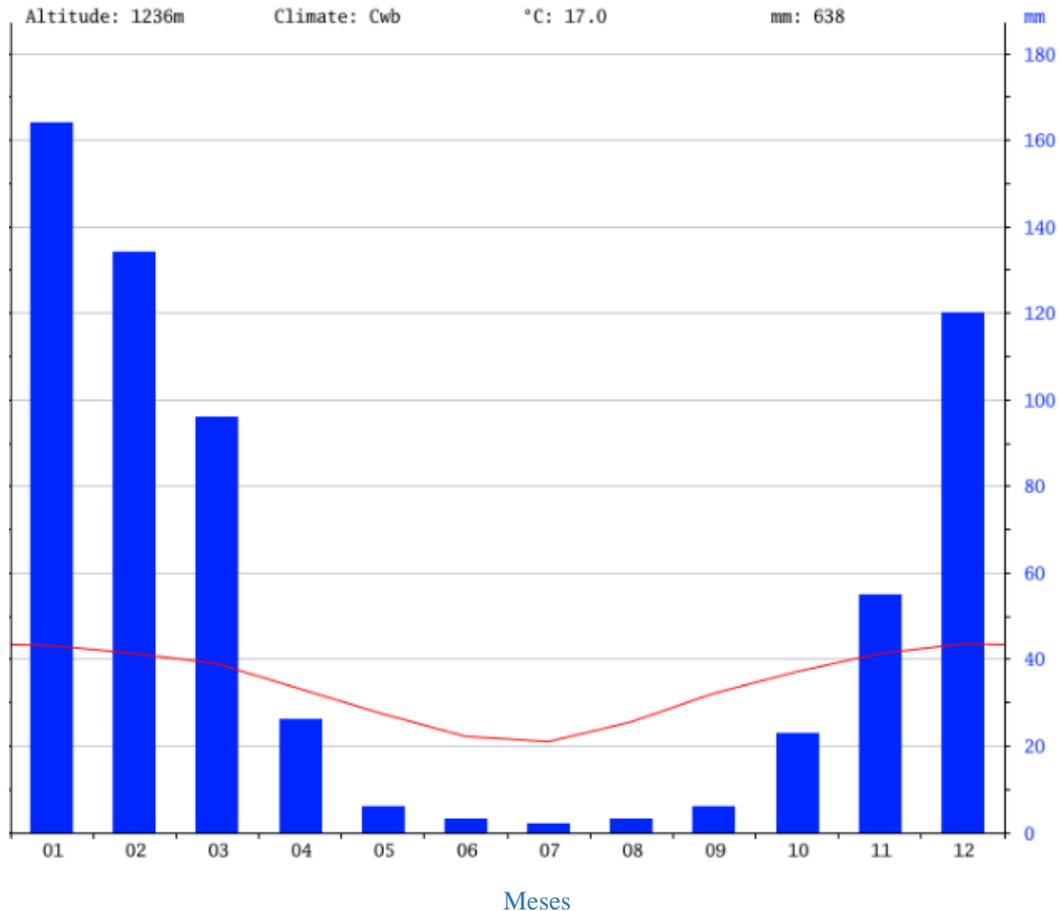


Figura N° 17: Hidrograma de precipitaciones (2006)
Fuente: Climate-Data.Org.

- En el año 2012 la mayor precipitación fue el mes de febrero con un aproximado de 236 mm. En la Figura N° 18 se muestra el hidrograma de la provincia de Chanchamayo de los meses de enero a marzo.

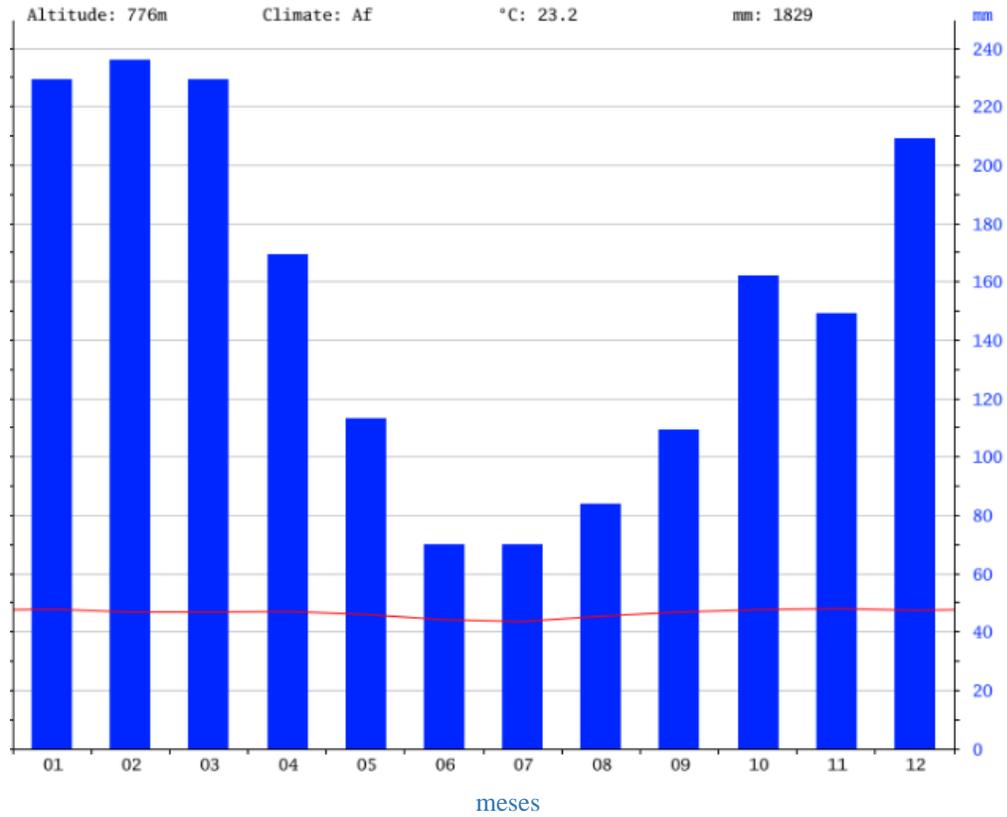


Figura N° 18: Hidrograma de precipitaciones (2012)
Fuente: Climate-Data.Org.

- En el año 2016 la mayor precipitación fue el mes de marzo con un aproximado de 375 mm. En la Figura N° 19 se muestra el hidrograma de la provincia de Chanchamayo de los meses de enero a marzo.

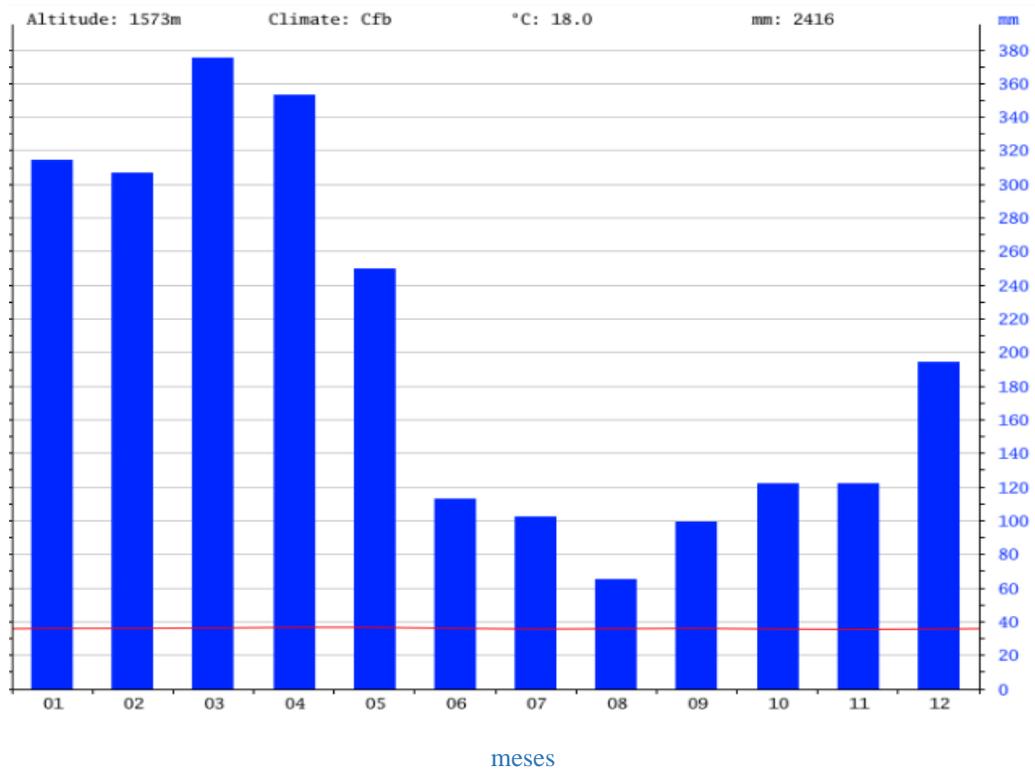


Figura N° 19: Hidrograma de precipitaciones (2016)
 Fuente: Climate-Data.Org.

- Se ha tomado en cuenta las mayores precipitaciones de cada año y podemos observar en la Figura N°20 que la precipitación pluvial cada año aumenta debido al cambio climático.

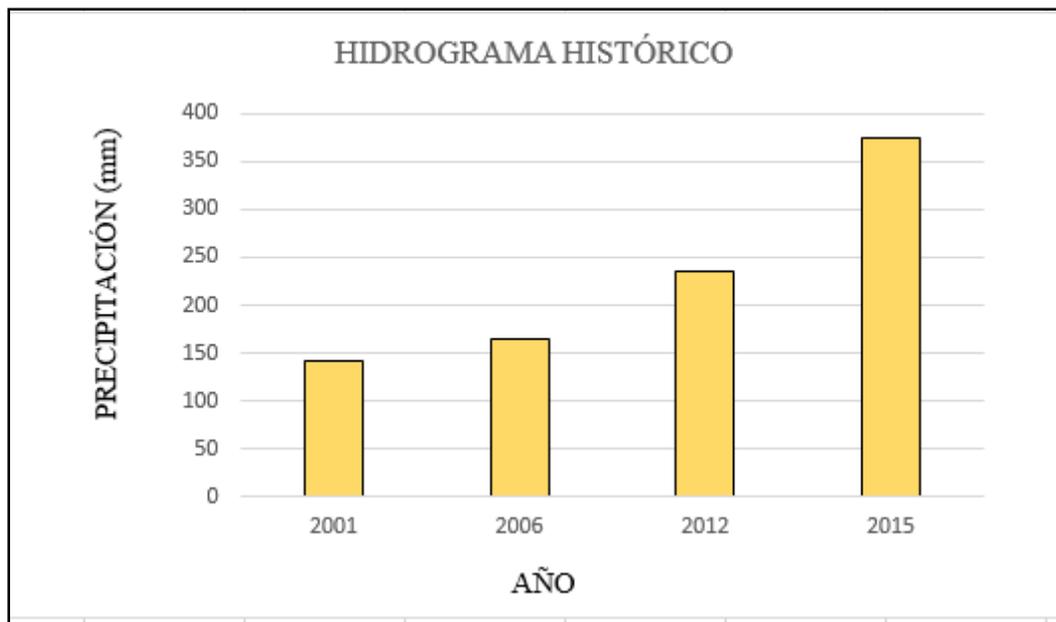


Figura N° 20: Hidrograma Histórico
 Fuente: Elaboración propia.

En la figura N°21 se observa la magnitud de daños que ocasiona la precipitación provocando la interrupción tránsito



Figura N° 21: Inundación de la carretera de la provincia de Chanchamayo (2019)
Fuente: La exitosa.

4.2.3. Amenazas de deslizamientos

En la provincia de Chanchamayo se presentan lluvias de forma periódica, relacionadas con variaciones climáticas produciendo desbordes de cauce denominado inundaciones naturales de las aguas de ríos cubriendo las áreas de carreteras, cultivos y poblaciones.

Por las pendientes máximas que existe en la zona, es vulnerable a deslizamientos originando desprendimientos de rocas que dañan la infraestructura vial y generando bloqueo de carreteras como se observa en la Figura N°22, cada año en el mes de enero a marzo por las intensas precipitaciones se presentan ocurrencias de geodinámica externas como se mencionan en la Tabla N°11.



Figura N° 22: Inundación de la carretera de la provincia de Chanchamayo (2019)
Fuente: Indeci.

Tabla N° 11: Guía de presentación de la leyenda de las amenazas naturales.

Símbolo	Ocurrencia de Geodinámica externa	Áreas vulnerables
	Deslizamientos	Áreas en laderas de cerros con fuerte pendiente y presentación de fracturas
	Huaycos	Áreas expuestas a quebradas activas o inactivas
	Alud o Avalancha	Áreas expuestas a nevados de fuerte pendiente
	Aluvión	Áreas expuestas a zonas de fuerte pendiente y con signos de fuerte erosión
	Derrumbes	Áreas expuestas a terrenos escarpados y sin vegetación
	Desprendimiento de Rocas	Áreas expuestas a capas rocosas inclinadas a favor de la pendiente
	Hundimiento	Áreas expuestas a rocas fracturadas y solubles
	Inundación	Áreas en terrenos bajos relacionados con ríos, riachuelos, lagunas y represas
	Tsunami	Áreas cercanas al mar y con fuerte dinámica marina

Fuente: Plan Vial Provincial Participativo de Chanchamayo.

4.2.4. Vulnerabilidad de aluviones

La exposición a hechos y acontecimientos geodinámicas internas y externas a la que está constantemente expuesta debido a su ubicación geográfica la Región Junín, provincia de Chanchamayo, constituyen amenazas y peligros que ocasionan desastres, es cada vez más frecuente que se generen situaciones de emergencia debido a que se debilita el medio ambiente generado por los cambios ecológicos. El evento más frecuente son los derrumbes esto se debe a la fisiografía del terreno, se originan caídas de rocas, fracciones de suelo o material no consolidado debido a que la resistencia al esfuerzo cortante y a la fuerza de gravedad disminuyen. La existencia de fisuras en el suelo con falta de filtraciones está condicionado a este evento. Es frecuente que en épocas de precipitaciones pluviales en la zona debido a la topografía accidentada y pendiente empinada de los suelos, existencia de depósitos coluviales (suelos sueltos) que están en proceso de consolidación, este hecho ocurre en casi todos los taludes de los cortes de carreteras de la provincia de Chanchamayo. De igual modo la existencia de los deslizamientos en la zona por los inesperados movimientos de materiales depende de la abrupta pendiente y topografía en la superficie terrestre. Continuamente las fuerzas de erosión remueven material de las áreas altas y lo colocan en las áreas bajas. Algunas veces el procedimiento de la erosión es lento, casi imperceptible como por ejemplo el lento arrastre y transporte de sedimentos aguas abajo. En otras ocasiones, la erosión, es catastrófico y abrupto, Los deslizamientos son un peligro natural más frecuente que lleva a la destrucción de infraestructuras viales en la región Junín. Además, existen peligros relacionas a los fenómenos hidrometeoro climático como las inundaciones, sequías, heladas y fuertes vientos.

Análisis de vulnerabilidad se analizará las condiciones de vulnerabilidad que puede tener el proyecto considerando los siguientes aspectos:

- Análisis de la exposición un fenómeno determinando, es decir si estaría o está en el aérea de probable impacto (localización).
- Análisis fragilidad con la cual se enfrentaría el probable impacto de un fenómeno (formas constructivas), materiales, tecnología, diseño.
- Análisis de la resiliencia es decir cuáles son las capacidades disponibles para su recuperación (sociales, financieras, productivas) y qué alternativas existen para continuar brindando los servicios y condiciones mínimas.

Para facilitar este proceso se utiliza una lista de verificación como herramienta de apoyo para determinar si se están incluyendo dichos conceptos como se muestra en la Tabla N°12.

Tabla N°12: Vulnerabilidades por exposición, fragilidad resiliencia.

A. Análisis de Vulnerabilidades por exposición.	SI	NO	COMENTARIOS
1. ¿La localización escogida para la ubicación del proyecto evita su exposición a peligros?			
2. ¿Si la localización prevista para el proyecto lo expone a situaciones de peligro, es posible, técnicamente, cambiar la ubicación del proyecto una zona menos expuesta?			
Análisis de Vulnerabilidad por fragilidad.	SI	NO	COMENTARIOS
1. ¿La construcción de la infraestructura sigue la normativa vigente, de acuerdo con el tipo de infraestructura de que se trate?			
2. ¿Los materiales de construcción consideran las características geográficas y físicas de la zona de ejecución del proyecto? Ejemplo: ¿si se va a utilizar madera en el proyecto, se ha considerado el uso de preservantes y selladores para evitar el daño por humedad o lluvias intensas?			
3. ¿El diseño toma en cuenta las características geográficas y físicas de la zona de ejecución del proyecto? Ejemplo: ¿El diseño de la carretera ha tomado en cuenta el nivel de las avenidas cuando ocurre el Fenómeno El Niño, considerando sus distintos grados de intensidad?			
4. ¿La decisión de tamaño del proyecto considera las características geográficas y físicas de la zona de ejecución del proyecto? Ejemplo: ¿La bocatoma ha sido diseñada considerando que hay épocas de abundantes lluvias y por ende de grandes volúmenes de agua?			
5. ¿La tecnología propuesta para el proyecto considera las características geográficas y físicas de la zona de ejecución del proyecto? Ejemplo: ¿La tecnología de construcción propuesta considera que la zona es propensa a movimientos telúricos?			
6. ¿Las decisiones de fecha de inicio y de ejecución del proyecto toman en cuenta las características geográficas, climáticas y físicas de la zona de ejecución del proyecto? Ejemplo: ¿Se ha tomado en cuenta que en épocas de lluvias es mucho más difícil construir la carretera, porque se dificulta la operación de la maquinaria?			
C. Análisis de Vulnerabilidad por Resiliencia.	SI	NO	COMENTARIOS
1. ¿En la zona de ejecución del proyecto, existen mecanismos técnicos (por ejemplo, sistemas alternativos para la provisión del servicio) para hacer frente a la ocurrencia de desastres?			

Fuente: Pautas Metodológicas para la incorporación del análisis del Riesgo de Desastre en los Proyectos de Inversión Pública

La Tabla N°13 nos permitirá interpretar los resultados de análisis de vulnerabilidad.

Tabla N° 13: Lineamientos para la interpretación de los resultados de la tabla N° 12

Decisiones sobre los Resultados	
<p>El objetivo de la lista de verificación es que el formulador compruebe si se están tomando en cuenta elementos que eviten la generación de vulnerabilidades durante la ejecución y operación del proyecto. La tabla sirve para analizar las condiciones de exposición, fragilidad y resiliencia, las cuales deben analizarse de manera sucesiva pero completa (es decir, todo proyecto debe evaluar los tres factores).</p>	
Para las Preguntas sobre Exposición	
i.	Si las respuestas a las preguntas 1 y 2 son NO, el formulador deberá incluir medidas de reducción de riesgo en el proyecto, para proceder a su evaluación económica posterior.
ii.	Si a la pregunta la respuesta 1 es NO y a la pregunta 2 es SI, el formulador deberá hacer la pregunta 1 para la nueva alternativa de localización. Si la respuesta es NO otra vez, se seguirán las indicaciones de (i) para la localización alternativa.
iii.	Si las respuestas a las preguntas 1 y 2 son SI, entonces se continúa analizando las condiciones de vulnerabilidad por fragilidad o resiliencia.
Para las Preguntas sobre Fragilidad	
i.	Si alguna de las respuestas a las preguntas 1 al 5 es NO, el formulador deberá recopilar información sobre el o los aspectos que no se han incluido: normativa de construcción vigente, materiales de construcción, características geográficas, físicas, climáticas, entre otras, y sobre la base de esa información tomar acciones concretas en el planteamiento de las alternativas, para reducir el riesgo. De ser necesario, deberá realizar una nueva visita de campo a la probable zona de ejecución del proyecto para recopilar la información básica.
ii.	Si la respuesta a la pregunta 6 es NO, el formulador deberá recopilar información sobre las características geográficas, físicas y climáticas de la probable zona de ejecución y deberá diseñar el horizonte de evaluación, considerando dichas características.
Para las Preguntas sobre Resiliencia	
i.	Las respuestas a las preguntas 1 al 3 proporcionan información sobre la existencia de mecanismos para recuperar la operatividad del proyecto frente a la presencia de una situación de riesgo en la zona de ejecución. Las acciones frente a los resultados de estas preguntas se toman a través de la respuesta de la pregunta 4. Así, se presentan dos casos posibles:
	<ul style="list-style-type: none"> • Si alguna de las respuestas a las preguntas 1 al 3 es NO, el formulador deberá verificar que la pregunta 4 tenga una respuesta afirmativa para garantizar que existan mecanismos para mantener la operatividad del proyecto frente a la presencia de situaciones de peligro. Si la respuesta a la pregunta 4 es NO, el formulador deberá incorporar medidas de reducción de riesgo para mantener la operatividad del proyecto.
	<ul style="list-style-type: none"> • Si todas las respuestas a las preguntas 1 al 3 son SI y la pregunta 4 es afirmativa, se puede concluir que el proyecto cuenta con elementos (externos e internos) para responder a situaciones de peligro. Si la respuesta a la pregunta 4 es NO, deberá verificarse que los mecanismos existentes en la zona son suficientes para mantener el proyecto operativo ante situaciones de peligro. Si dichos mecanismos no son suficientes, el formulador del proyecto deberá plantear tales mecanismos adecuados para mantener la operatividad.
ii.	Si la respuesta a la pregunta 5 es NO, deberá lograrse, mediante la coordinación institucional, la promoción de mecanismos de difusión sobre los daños que se ocasionarían si no se toman medidas para reducir las condiciones de riesgo

Fuente: Pautas Metodológicas para la incorporación del análisis del Riesgo de Desastre en los Proyectos de Inversión Pública.

El análisis de la Tabla N°14 nos permite verificar si en la formulación del proyecto se están tomando en cuenta las condiciones de vulnerabilidad que pueden afectar el proyecto

Asimismo, es necesario definir el grado de vulnerabilidad que enfrenta la zona, considerando los factores de vulnerabilidad:

Tabla N°14: Identificación del grado de vulnerabilidad

Factor de vulnerabilidad	Variable	Grado de vulnerabilidad		
		Bajo	Medio	Alto
Exposición	A. Localización del proyecto respecto de la condición de peligro			
	B. características del terreno			
Fragilidad	C. Tipo de construcción			
	D. Aplicación de normas de construcción			
Resiliencia	E. Actividad económica de la zona			
	F. Situación de pobreza de la zona			
	G. Integración institucional de la zona			
	H. Nivel de organización de la población			
	I. Conocimiento sobre ocurrencia de desastres por parte de la población			
	J. Actitud de la población frente a la ocurrencia de desastres			
	K. Existencia de recursos financiero para respuestas ante desastres.			

Fuente: Pautas Metodológicas para la incorporación del análisis del Riesgo de Desastre en los Proyectos de Inversión Pública

Las precipitaciones pluviales del mes de febrero generaron la destrucción de la carretera como se observa en figura N°23.



Figura N° 23: Destrucción de la carretera de la provincia de Chanchamayo (12 de febrero 2019)
Fuente: El Comercio.

4.3. Resiliencia en carreteras

Los países en proceso de desarrollo, la gran mayoría, presentan varios desafíos por afrontar, por ello es complejo prestar atención al cambio de clima. Las amenazas del cambio de clima colocan en peligro los objetivos de desarrollo, es importante relacionar la adaptación en el proceso de desarrollo para cimentar un desarrollo resilientes al cambio de clima. Para asegurar a las infraestructuras, personas y economía es importante desarrollar la resiliencia frente a las amenazas del clima y su variabilidad para adaptarse a los cambios y reducir los daños.

El desarrollo de la resiliencia va asociado a:

- Proyectar para un futuro incluyendo las amenazas producto del cambio climático. Los entendidos del progreso deben reconocer los desafíos del futuro para relacionarlos con los desafíos actuales de la provincia de Chanchamayo.
- Reconocer los factores del clima de los meses de setiembre – abril que generan amenazas en las infraestructuras y usar adecuada información del clima para cada acción como por ejemplo el transporte.
- Minimizar la vulnerabilidad vinculada a los factores del clima que generan amenazas. El objetivo de aplicar la resiliencia es minimizar eficientemente los daños que ocasiona en la vía interrumpiendo el tránsito y afectando al comercio por el cambio de clima.
- Añadir flexibilidad en las acciones del desarrollo de las instituciones encargadas para utilizar diversos enfoques en la gestión del riesgo para seguir adaptándose a situaciones futuras que no han pronosticado con anterioridad y que mantengas los beneficios, incluso si el clima varía en menor o mayor intensidad y lograr evitar impactos negativos.
- La adaptación es fundamentalmente para cada zona, un desarrollo continuo y no un hecho único, ya que el clima seguirá variando, a medida que transcurra el tiempo aparecerán nuevas respuestas y guías de buenas prácticas.

4.3.1. Anticiparse ante la interrupción del tránsito

Dadas las consecuencias del cambio climático para el desarrollo es fundamental anticiparse, debido a que el nivel de vulnerabilidad de la provincia perjudicará

considerablemente sus probabilidades de desarrollarse de forma sostenible. La competencia de una zona y la concientización de los impactos del clima de enfrentar tendrán una notable influencia en el nivel de desarrollo, es esencial para el impulso de la adaptación.

Se ha estado observando en América Latina un crecimiento importante del grado de acondicionamiento de iniciativas y programas para la adaptación frente al cambio climático, se debe principalmente a la toma de conciencia e interés de los gobiernos, del entorno privado y comunidades sobre la relación entre el desarrollo continuo y la adaptación. Este crecimiento se debe también al flujo de financiamiento climático para los países y costos (sociales, económicos, ambientales).

En el Perú lo que revela una cierta falta de coordinación por parte de algunas instituciones públicas (generalmente entre los responsables de fuentes de medio ambiente o cambio climático y de carreteras)

Sin embargo, en la provincia de Chanchamayo el gobierno demuestra poco interés en el tema y no cuenta con información relevante o medidas de prevención.

4.3.2. Adaptarse al bloqueo de carreteras

En la mayoría de países, se ha añadido la adaptación en determinados procesos de planificación, aun cuando la respuesta es restringida, puesto que usualmente se añade a los programas del manejo de desastres, los métodos de alerta temprana; a pesar de ello, se necesita un trabajo amplio en dispersar el conocimiento e información, preparar a los profesionales y comunidad, desarrollar ajuste y acondicionar mejores acciones de adaptación, garantizando aumentar los co-beneficios de la adaptación.

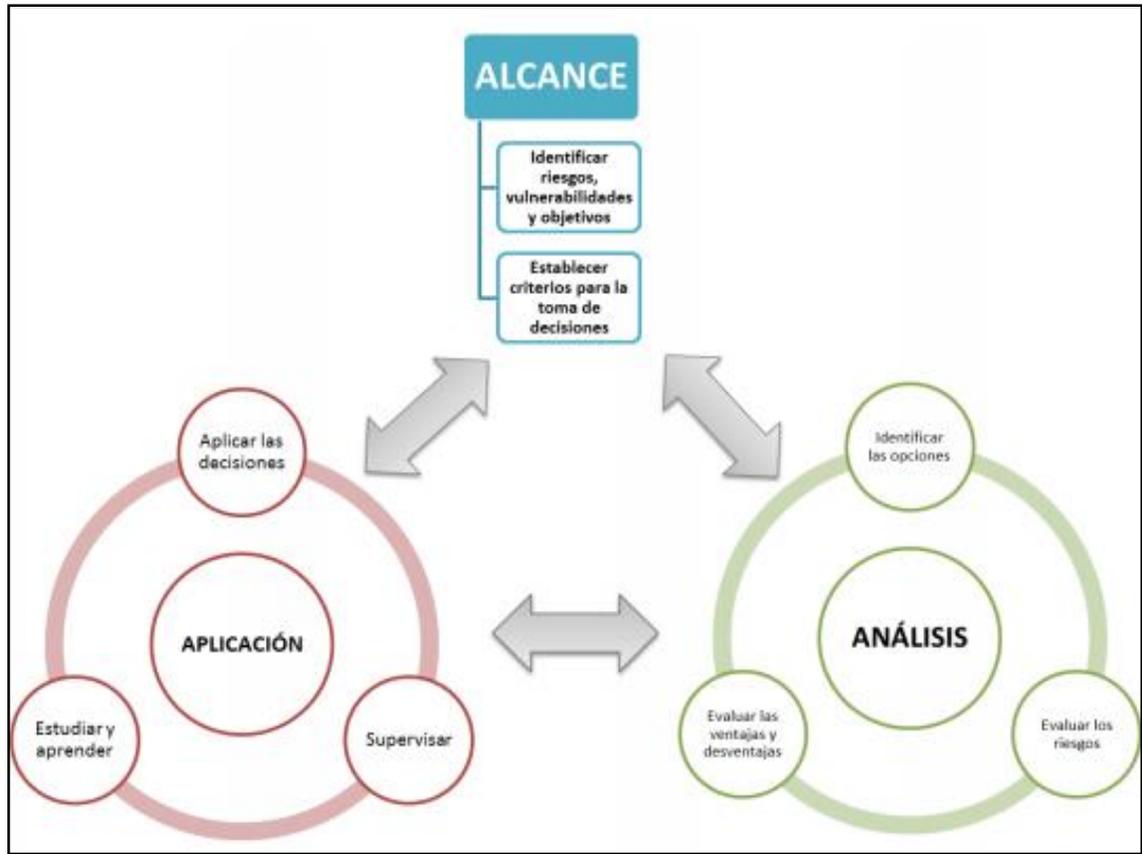


Figura N° 24: Adaptación al cambio climático como un proceso de gestión integral
Fuente: Panorama internacional de la adaptación de la infraestructura carretera ante Cambio climático.

Este desarrollo de la Figura N° 24 indica que la adaptación tiene tres fases que se correlacionan de forma interna; sin embargo, este desarrollo está dirigido por componentes externo, estos componentes externos intervienen en la adaptación de diferentes formas, Así como políticas nacionales para la adaptación, conocimiento como datos históricos, mapas del clima y red de carreteras, compromiso de los encargados de la toma de decisión.

Scherag y Grambsch (1998) proponen ocho principios que deben tomarse en cuenta para proyectar políticas para la adaptación:

- Los efectos del cambio climático van cambiar de acuerdo a la zona o región y a la demografía.
- El cambio climático proyecta riesgos y oportunidades.

- Se tiene que tomar en cuenta los diversos factores de estrés generados por los efectos del cambio climático, ya que son fundamentales para el diseño de soluciones para la adaptación.
- La adaptación requiere de una inversión.
- Las soluciones para la adaptación varían en eficacia, así como lo manifiestan los esfuerzos presentes para afrontar la variabilidad climática.
- La naturaleza del impacto climático dificulta el progreso de la política de adaptación.
- Aplicar una mala adaptación puede ocasionar efectos perjudiciales graves como efectos incitados por el clima que se evitan.
- Varias oportunidades para la adaptación tienen sentido si se desarrollan o no los efectos del cambio climático.

4.3.2.1 Barreras para la adaptación al cambio climático

Hay diversas barreras para las medidas de adaptarse y entender el cambio climático, para incrementar la capacidad de resiliencia de las infraestructuras viales, las barreras tienen que descartarse para poder comenzar a tomar medidas eficaces frente al cambio climático.

Del cuestionario empleado por la PIARC en los años 2014 y 2015, se consiguieron una secuencia de comentarios de las barreras que distintos países han experimentado en el desarrollo de la adaptación para afrontar a los impactos del cambio climático. En seguida se explican alguna de las obtenidas de PIARC y las propuestas por los autores.

- Falta de orientación, conocimiento y competencia en el desarrollo de la adaptación al cambio climático (insertando aspectos vinculados con los efectos e impactos del cambio).
- Falta de organización política y técnica con la finalidad de asegurar la capacidad de resiliencia, también la falta de interés por parte de los que toman las decisiones.
- Complicaciones a la hora de identificar las prioridades de acción, incluso cuando otras peticiones del sector aparentemente tendrían mayor prioridad.
- Recursos restringidos como la tecnología, materiales y el financiamiento.
- Falta de incorporación de la adaptación en distintos sectores, programas, estrategias.
- Inseguridad sobre las predicciones del clima en un futuro.

- Falta de compromiso y competencia por parte del sector de transporte, así como la cooperación con otros actores.
- Perspectivas en las construcciones de infraestructura vial a corto plazo, sin establecer capacidades a futuro.
- Carencia de voluntad para mejorar la actitud de la ejecución de los organismos de carreteras.
- Información escasa sobre el clima en la base de datos para difundir conocimiento y crear pronósticos.

4.3.2.2 Principios para una adaptación efectiva De acuerdo al último reporte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (2014),

Se aconseja un grupo de principios para lograr una adaptación efectiva que se exponen a continuación.

- La adaptación es establecida para una zona y su entorno, y no se halla un método exclusivo para minimizar los riesgos que sean adecuados para la totalidad de circunstancias.
- Se puede perfeccionar la planificación de la adaptación por medio de acciones suplementarias en todos los grados, desde un entorno personal hasta el estatal.
- El paso inicial hacia la adaptación para afrontar el cambio climático es minimizar la vulnerabilidad y la variabilidad climática presente. Las tácticas pueden introducir acciones con ventajas para otros objetivos.
- En los niveles de gobierno la planificación e implementación de la adaptación al cambio climático dependen de la importancia de la sociedad, las metas y la percepción del riesgo. El considerar las expectativas, contexto socio-cultural pueden favorecer a la hora de tomar las decisiones.
- La ayuda a las decisiones es más seguro cuando es perceptible al contexto y a la variedad de los distintos tipos de decisiones, y a sus actores como los organismos que relacionan la ciencia con la toma de decisiones.
- La relación de planificación y la toma de decisiones de la adaptación pueden fomentar la concordancia con la reducción del riesgo de desastres y el progreso.
- Las herramientas económicas emergentes y actuales pueden promover la adaptación al brindar motivos para reducir y anticipar los impactos.

- Pueden cooperar al desarrollo de la resiliencia los mecanismos de financiamiento del riesgo en los ámbitos privados y públicos, como las empresas de seguros.
- Las barreras que existen como los recursos financieros y económicos escasos, dudas de las proyecciones climáticas, tecnología limitada, pueden intervenir para evitar la planificación e implementación de la adaptación.
- El desarrollo inadecuado de una planificación hace hincapié en las consecuencias a corto plazo; una consecuencia anticipada puede originar una mala adaptación.
- Existe evidencia escasa que reconozca un desfase entre los fondos aptos y las necesidades de adaptación.

4.3.2.3 Actores involucrados en la adaptación al cambio climático

La adaptación al cambio de clima aparentemente no posee un liderazgo apropiado en los distintos sectores, pese a que en el sector de transporte el compromiso e interés es de los gobiernos nacionales, regionales o locales. Es fundamental estimar la capacidad y el compromiso de las instituciones y actores implicados en una zona para entender los riesgos climáticos, en el desarrollo de adaptación de un sistema. En los últimos años los actores involucrados han mostrado interés en las acciones relacionadas al cambio climático, tales como las instituciones no estatales como los medios de comunicación y la población. En otros casos han empezado a desarrollar esfuerzos en los organismos estatales y se han extendido a otros actores como las universidades, compañías, ciudadanos. Este compromiso apoya el incremento de colaborar y el incremento de concientización de los actores para enfrentar el cambio climático, aumentando la capacidad adaptativa. En la Tabla N°15 se indica las funciones de cada actor involucrado.

Tabla N°15: Actores involucrados en la infraestructura para el transporte

FUNCIÓN	ACTORES
Financiamiento	Instituciones de financiamiento, Organismos gubernamentales, Fondos de financiamiento
Construcción	Autoridades públicas, Empresas de construcción, Empresas de consultoría, Empresas de planeación, Agencias regulatorias
Mantenimiento	Operadores, Contratistas
Operación	Operadores del transporte, Empresas transportistas

Fuente: Panorama internacional de la adaptación de la infraestructura carretera ante el cambio climático.

4.3.3. Prosperar ante la destrucción de la infraestructura

Prosperar ante las consecuencias de los efectos del cambio climático implica los puntos de anticipar y adaptar y lograr:

- ✓ Poseer infraestructuras viales resilientes y adaptadas posibilita la mejora de la competitividad en un futuro en el sector transporte, también la economía.
- ✓ Proyectar infraestructuras viales considerando el clima del futuro e invertir en el desarrollo de vías resilientes resulta costo-efectivo que estar remediando los daños y pérdidas generados por hechos climáticos.

Infraestructuras viales adaptadas con innovación, que propone la elaboración de un análisis de riesgo climático, con la finalidad de poder precisar medidas de adaptación.

CAPITULO V: PROPUESTA O APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente capítulo se realizó la aplicación del tramo en estudio para la gestión de riesgos, el cual fue descrito en el marco teórico. Como parte del capítulo se desarrollará lo siguiente:

5.1. Búsqueda de información de la existencia de peligros en el área de estudio

En la presente evaluación se desarrolla la existencia de peligro que ocasiona el desastre en el Km 77 +100, en épocas de persistentes lluvias es la Quebrada Yanango siendo una cuenca aproximadamente de 13 km de largo por 5 km de ancho que se desarrolla entre 4350 a 1600 msnm. Con la unión de la Quebrada Umanpaccha generan deslizamientos o huaycos y avalanchas durante las precipitaciones en la parte alta por el microclima.

Habiendo ocasionado desde hace 25 años deslizamientos de gran magnitud que continúan reactivándose constantemente en los meses de septiembre a mayo, estos deslizamientos por el ancho de la Quebrada ocasionalmente generan represamientos que se rompen y generan avalanchas de rocas y lodos donde se ven afectadas las estructuras de la carretera.

5.2. Definición de la ubicación y localización del tramo en estudio

- Región: Junín
- Provincia: Chanchamayo
- Distrito: San Ramón
- Ruta: PE-22A Tramo (Km77+100)
- Ámbito Microregional: Cuenca la Quebrada Yanango
- Ámbito Regional: Presenta Geodinámica muy activa especialmente en temporada lluviosa

5.3. Análisis de las amenazas más significativos en el tramo

Para conocer las amenazas del tramo Km 77+100 analizado, se responderá las preguntas de la Tabla N°16 para conocer qué amenazas presenta la zona y qué estudios pronostican la probable ocurrencia de estas amenazas.

Tabla N° 16: Respuesta de la identificación de amenazas en la zona del proyecto

1. ¿Existen antecedentes de amenazas en la zona en la cual se pretende ejecutar el proyecto?			
AMENAZA	SI	NO	COMENTARIOS
Inundaciones	X		Existencia de cunetas, alcantarillas insuficientes.
Lluvias intensas	X		En los meses de setiembre a abril.
Heladas		X	
Friaje – nevada		X	
Sismos		X	Pertenece a la ZONA 2.
Sequías		X	
Huaycos	X		Producto de las lluvias intensas.
Deslizamientos	X		Rocas depositadas a los costados de la vía.
Incendios urbanos		X	
Erosión fluvial	X		Presencia del río.
2. ¿Existen estudios que pronostican la probable ocurrencia de amenazas en la zona de análisis? ¿Qué tipo de peligros?			
AMENAZA	SI	NO	COMENTARIOS
Inundaciones	X		Mapa Geodinámica del Perú – inundaciones- INGEMMET
Lluvias intensas	X		Mapa de precipitación Acumulada el niño – SENAMHI
Heladas		X	
Friaje – nevada		X	
Sismos		X	
Sequías		X	
Huaycos	X		Mapa Geodinámica del Perú – peligros geológicos- INGEMMET
Deslizamientos	X		Mapa Geodinámica del Perú – derrumbes- INGEMMET
Incendios urbanos		X	
Erosión	X		Mapa Geodinámica del Perú – erosión- INGEMMET
3. ¿Existe la probabilidad de ocurrencia de algunos de las amenazas señalados en las preguntas anteriores durante la vida útil del proyecto?			SI
			X
4. ¿La información existente sobre la ocurrencia de amenazas naturales en la zona es suficiente para tomar decisiones para la formulación y evaluación del proyecto?			SI
			NO
			X

Fuente: Pautas Metodológicas para la incorporación del análisis del Riesgo de Desastre en los Proyectos de Inversión Pública

Se han identificado las siguientes amenazas de acuerdo a mapas geodinámicas y observamos que todas las amenazas son producto de las precipitaciones pluviales (intensas lluvias).

El nivel de frecuencia se refiere a la continuidad en que las amenazas ocurren en la zona, se clasifican en tres grados bajo, medio y alto. (Ver Tabla N°17)

Tabla N° 17: Niveles de Frecuencia

GRADO	FRECUENCIA	
	AMENAZA	CONDICIÓN
BAJO=1	INUNDACIÓN	Inundación con periodos de ocurrencia mayores a 10 años.
	EROSIÓN	Efectos erosivos de la corriente del río en talud con periodo de ocurrencia mayores a 10 años.
	DESLIZAMIENTO/HUAYCO	Deslizamientos o huaycos ocasionados por las precipitaciones con periodos de ocurrencia superiores a 3 años.
MEDIO=2	INUNDACIÓN	Inundación con periodos de ocurrencia de 5 a 10 años.
	EROSIÓN	Efectos erosivos de la corriente del río en talud con periodo de ocurrencia de 5 a 10 años.
	DESLIZAMIENTO/HUAYCO	Deslizamientos o huaycos ocasionados por las precipitaciones con periodos de ocurrencia entre 1 a 3 años.
ALTO=3	INUNDACIÓN	Inundaciones anuales por efecto de lluvias en los meses de enero a marzo.
	EROSIÓN	Erosión anual en talud inferior debido al aumento de caudales en los meses de enero a marzo.
	DESLIZAMIENTO/HUAYCO	Deslizamientos o huaycos recurrentes.

Fuente: Elaboración propia.

Identificando las amenazas se procede a evaluar el grado de vulnerabilidad existente con la ayuda de la Tabla N°18.

Tabla N° 18: Grado de amenazas

A) Para definir el grado de amenaza se requiere utilizar los siguientes conceptos
Frecuencia: se define con el periodo de recurrencia de cada una de las amenazas identificadas, lo cual se puede realizar sobre la base de información histórica o en estudios de prospectiva.
Severidad: se define como el grado de impacto de una amenaza específica (intensidad, área de impacto)
 B) Para definir el grado de frecuencia (a) y severidad (b), utilizar la siguiente escala
 B=Bajo:1 M=Medio:2 A=Alto:3 S.I=Sin información:4

Amenazas	S	N	Frecuencia (a)				Severidad (b)				Resultado
			B	M	A	S.I	B	M	A	S.I	©=(a)*(b)
Inundación											
¿Existen zona con problemas de inundación?											
¿Existen sedimentación en el río o quebrada?											
¿Cambia el flujo del río o acequia principal que estará involucrado con el proyecto?											
Deslizamientos											
¿Existen proceso de erosión?											
¿Existe mal drenaje de suelos?											
¿Existen antecedentes de inestabilidad o fallas Geológicas en las laderas											
¿Existen antecedentes de deslizamientos?											
¿Existen antecedentes de derrumbes?											
Heladas											
Erosión											
Sequias											
Huaycos o aluviones											

Fuente: Pautas Metodológicas para la incorporación del análisis del Riesgo de Desastre en los Proyectos de Inversión Pública

5.4. Análisis de vulnerabilidad del tramo en estudio

El análisis de vulnerabilidad se realizará analizando el tramo de la carretera Km 77+100 Lima – Chanchamayo, como infraestructura se verá afectada por los impactos de las amenazas que se han identificado. se menciona el listado de las amenazas existentes de la zona:

- Inundación
- Erosión
- Huaycos
- Deslizamientos o derrumbes.

Analizaremos las vulnerabilidades que se generan en la carretera Lima – Chanchamayo ante el impacto de las amenazas mencionado para ello utilizaremos la Tabla N° 13.

Tabla N°19: Vulnerabilidades existentes por exposición, fragilidad resiliencia.

A. Análisis de Vulnerabilidades por exposición.	SI	NO	COMENTARIOS
1. ¿La localización escogida para la ubicación del proyecto evita su exposición a peligros?		X	
2. ¿Si la localización prevista para el proyecto lo expone a situaciones de peligro, es posible, técnicamente, cambiar la ubicación del proyecto una zona menos expuesta?		X	
Análisis de Vulnerabilidad por fragilidad.	SI	NO	COMENTARIOS
1. ¿La construcción de la infraestructura sigue la normativa vigente, de acuerdo con el tipo de infraestructura de que se trate?	X		
2. ¿Los materiales de construcción consideran las características geográficas y físicas de la zona de ejecución del proyecto? Ejemplo: ¿si se va a utilizar madera en el proyecto, se ha considerado el uso de preservantes y selladores para evitar el daño por humedad o lluvias intensas?		X	
3. ¿El diseño toma en cuenta las características geográficas y físicas de la zona de ejecución del proyecto? Ejemplo: ¿El diseño de la carretera ha tomado en cuenta el nivel de las avenidas cuando ocurre el Fenómeno El Niño, considerando sus distintos grados de intensidad?		X	
4. ¿La decisión de tamaño del proyecto considera las características geográficas y físicas de la zona de ejecución del proyecto? Ejemplo: ¿La bocatoma ha sido diseñada considerando que hay épocas de abundantes lluvias y por ende de grandes volúmenes de agua?		X	
5. ¿La tecnología propuesta para el proyecto considera las características geográficas y físicas de la zona de ejecución del proyecto? Ejemplo: ¿La tecnología de construcción propuesta considera que la zona es propensa a movimientos telúricos?		X	
6. ¿Las decisiones de fecha de inicio y de ejecución del proyecto toman en cuenta las características geográficas, climáticas y físicas de la zona de ejecución del proyecto? Ejemplo: ¿Se ha tomado en cuenta que en épocas de lluvias es mucho más difícil construir la carretera, porque se dificulta la operación de la maquinaria?	X		
C. Análisis de Vulnerabilidad por Resiliencia.	SI	NO	COMENTARIOS
1. ¿En la zona de ejecución del proyecto, existen mecanismos técnicos (por ejemplo, sistemas alternativos para la provisión del servicio) para hacer frente a la ocurrencia de desastres?		X	

Fuente: Pautas Metodológicas para la incorporación del análisis del Riesgo de Desastre en los Proyectos de Inversión Pública

Los resultados de la Tabla N° 19 permiten comprobar si en el planteamiento del proyecto se están considerando las condiciones de vulnerabilidad que pueden impactar el proyecto. También es necesario definir el grado de vulnerabilidad que enfrenta el proyecto con la ayuda de la Tabla N°20.

Tabla N° 20: Conocimiento del grado de vulnerabilidad

Factor de Vulnerabilidad	Variable	Grado de Vulnerabilidad		
		Baja	Media	Alta
Exposición	Localización del proyecto	Muy alejado	Medianamente cerca	Cerca
	Características del terreno	Terrenos planos o con poca pendiente: roca y suelo compacto y seco con alta capacidad portante; terrenos altos no inundables, alejados de barrancos o cerros deleznable.	Suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas; inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad.	Sectores de altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas; amenazados por aludes o avalanchas; zonas inundables a gran velocidad, con fuerza hidrodinámica y poder erosivo; suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones.
Fragilidad	Tipo de construcción	Estructura sismoresistente con adecuada técnica constructiva (acero o concreto).	Estructura de concreto, acero o madera sin adecuada técnica constructiva.	Estructura de adobe, piedra, madera u otros materiales de menor resistencia, sin esfuerzo estructural.
	Aplicación de normas de construcción	Cumplimiento estricto de las leyes	Cumplimiento parcial de las leyes	No cumplimiento de las leyes, inexistencia de leyes.
Resiliencia	Actividad económica de la zona	Alta productividad y recursos bien distribuidos. Producción dirigida al mercado externo fuera de la localidad.	Productividad media y distribución relativamente equitativa de los recursos. Producción para el mercado interno.	Escasamente productiva y distribución no equitativa de los recursos. Producción para autoconsumo.
	Situación de pobreza de la zona	Reducido porcentaje de la población en situación de pobreza.	Porcentaje de la población en situación de pobreza similar al promedio nacional.	Porcentaje de la población en situación de pobreza superior al promedio nacional.
	Integración institucional de la zona	Coordinación apropiada entre instituciones públicas, privadas y población	Coordinación parcial entre instituciones públicas, privadas y población	Ningún tipo de coordinación entre instituciones públicas, privadas y población.
	Nivel organizativo de la población	Población totalmente organizada.	Población organizada parcialmente.	Población no organizada..
	Conocimiento de población sobre ocurrencia de desastres	Más del 75% de la población conoce las causas y consecuencias de los desastres.	Más del 25% y menos del 75% conoce las causas y consecuencias de los desastres.	Desconocimiento de las causas y consecuencias de los desastres.
	Actitud de la población	Actitud altamente previsor.	Actitud parcialmente previsor.	Actitud sin voluntad para tomar acciones.
	Existencia de recursos financieros para respuesta	La población cuenta con mecanismos de financiamiento para hacer frente a situaciones de riesgo para mantener operativos los servicios.	Existen algunos mecanismos financieros para enfrentar situaciones de riesgo, manteniendo parcialmente operativos los servicios.	No existen mecanismos financieros para hacer frente a situaciones de riesgo.

Fuente: Pautas Metodológicas para la incorporación del análisis del Riesgo de Desastre en los Proyectos de Inversión Pública

5.5. Calculo de riesgo por acción de las amenazas

Se determinará el nivel de peligro asociado al proyecto, con la que se determina el nivel de vulnerabilidad al que la zona del proyecto está expuesta. De esta forma se conocerá el nivel del riesgo al que el proyecto está expuesto, considerando la siguiente escala:

Tabla N° 21: Escala de Nivel de Riesgo, considerando amenazas y vulnerabilidades

Definición de Amenaza /Vulnerabilidad		Grado de vulnerabilidad		
		Bajo	Medio	Alto
Grado de Amenazas	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
	Medio	Bajo	Medio	Alto
	Alto	Medio	Alto	Alto

Fuente: Pautas Metodológicas para la incorporación del análisis del Riesgo de Desastre en los Proyectos de Inversión Pública.

Para la interpretación del grado de peligro se utilizará la Tabla N° 21 donde se aprecia los grados de amenaza y vulnerabilidad. El riesgo se obtendrá ingresando los grados de peligros y vulnerabilidad por cada peligro:

5.6. Medidas de Adaptación de la carretera frente al cambio climático

5.6.1. Desarrollo de planes específicos de adaptación al clima para el tramo Km 77+100

Se sugiere desarrollar seis acciones de adaptación en la carretera existente conociendo el resultado del análisis del riesgo del tramo, las siguientes acciones son:

- Medidas específicas de la estabilidad de talud y drenaje (ítem 5.7.3).
- Conseguir apoyo político orientado a la asignación de partidas presupuestarias para la adaptación de la red vial al clima.
- Mecanismos para la coordinación entre las entidades implicadas.
- Realizar una valoración económica del costo que suponen los fenómenos meteorológicos extremos en la red de carreteras, no sólo en términos de destrucción y necesidad de reconstrucción de vías y puentes, sino también en cuanto a las consecuencias que supone para la sociedad.
- Incorporar profesionales adecuadamente capacitados para liderar el cambio en las infraestructuras viarias de la Región, con experiencia en la evaluación de riesgo climático y la aplicación de medidas de adaptación al clima

- Los manuales o normas de diseño de carreteras deben tener en cuenta las previsiones de variabilidad y cambio climáticos, de manera que los procesos puedan adaptarse a las previsiones de futuro que se han realizado.

5.6.2. Planeación del proyecto de la infraestructura vial

Es una fase importante en la adaptación de la infraestructura donde se integrará las medidas, toma de decisiones y el desarrollo de infraestructuras resilientes que se adapten al cambio climático asegurando su integridad física a continuación se describen acciones:

- Actualización de las normas y especificaciones técnicas que proporcionen capacidad para afrontar a los impactos que vienen generándose producto del cambio climático.
- Integrar estrategias de evaluación en el estudio de impacto ambiental para proporcionar y establecer información de los factores del clima que en futuro podrían ser perjudicial, durante las fases de planificación, construcción, operación y mantenimiento.
- Identificar rutas de puntos críticos vulnerables a las amenazas para la implantación de medidas de que garanticen la seguridad vial.
- En el programa “gestión del riesgo de desastres” es importante desarrollar estrategias de adaptación de infraestructuras viales.

5.6.3. Medidas específicas para la ejecución de la infraestructura vial más resilientes

Desarrollar la resiliencia para la infraestructura de la zona frente al cambio climático implica añadir acciones y soluciones a las carencias físicas y económicas que genera el cambio climático en los aspectos de ejecución y operación.

Las amenazas identificadas afectan a cuatro ámbitos de la ingeniería que son el drenaje, salud, estructura y pavimento los cuales son fundamentales para el diseño de la infraestructura vial.

- Drenaje: el aumento de caudales, inundaciones, arrastre de sólidos y los efectos de microcuencas afectan directamente el drenaje.

Las precipitaciones originadas por el cambio climático en la zona sobre todo cuando se presenta mayor precipitación en un determinado tiempo llamado tormentas, es donde se necesita un conjunto de consideraciones en el diseño de la infraestructura,

también un grupo de medidas durante la ejecución y modificación de protocolos de actuación en la etapa de operación o mantenimiento.

En la etapa de diseño se recomienda desarrollar estadísticas y previsiones de las precipitaciones y seleccionar su periodo de retorno duración de tormenta y el tiempo de concentración para garantizar que los caudales de diseño tengan la adecuada dimensión y no colapsen ante episodios de lluvias excepcionales, además se tiene que tomar en cuenta que estos caudales se arrastran con material que se sedimentan en tramos que tienen menor velocidad o se quedan obstaculizados antes el mal dimensionamiento del drenaje generando obstrucciones, en el caso que ocurra se debe considerar en los protocolos de mantenimiento.

En la etapa de ejecución se debe considerar medidas de protección frente a lluvias o se postergue la ejecución de algunos elementos como cunetas de protección de corte y relleno.

En la etapa de operación el trabajo de control y vigilancia debe ser mayor que en las etapas anteriores, en esta etapa es posible que ocurra el aterramiento de canales y cunetas, así como la alteración de entra y salida afectando la función del sistema de drenaje. Las infiltraciones cada que se detecten deberán ser extraídos. (Ver Tabla N°22)

Tabla N° 22: Drenaje

DRENAJE E HIDROLOGÍA
Solución con obras de drenaje, encauzamiento y sistemas de protección.
Controlar los caudales en cuencas aguas abajo y mejorar el sistema de desagüe (estanque de laminación).
Mejorar el drenaje en bajantes como areneros y disipadores de energía.
Estudiar a profundidad las cuencas y microcuencas.
Controlar el arrastre de los sólidos (azudes de retención).
Tomar datos históricos pluviométricos

Fuente: Elaboración propia

- Taludes: en este ámbito se observan con frecuencia afectaciones superficiales, infiltración y la alteración de los suelos y rocas por efecto del agua.

La estabilidad de los rellenos y cortes depende de las características de los materiales que están influenciadas por los agentes vinculados al clima, siendo el de mayor peligro el agua y es importante agregar el control del agua infiltrada y superficial en la infraestructura vial a construir y brindar medidas para el seguimiento de las infraestructuras viales en uso y así se

adaptarán las carreteras a las condiciones del clima, inclusive anticipando los efectos negativos que el cambio climático produce en la infraestructura.

Para los diseños nuevos de infraestructuras o modificaciones de la carretera existente, es importante tomar medidas para los rellenos, muros de cimentación de estructuras, la estabilidad de cortes, para ello se debe tomar en cuenta los puntos mencionados en la Tabla N°23.

Tabla N° 23: Taludes

TALUDES
Tendidos de taludes y plantaciones.
Muros escolleras en pie de talud de desmonte.
Muros escolleras en pie de talud de rellenos.
Respuestas alternativas a terraplenes y desmontes como túneles o viaductos.
Desplazamiento del eje de la carretera.
Falso túnel.
Concreto hidráulico proyectado.
Soluciones combinadas entre medidas de drenaje superficial y bioingeniería.
Protección de rellenos inundable.
Monitoreo de las condiciones de los taludes.

Fuente: Elaboración propia

En el caso de las carreteras en operación, se debe considerar proponer elementos de control y monitoreo eficaces. Estos controles se deben basar en la transformación de la geometría de la sección fundamentalmente de rellenos y cortes, presencia de grietas sobre los elementos.

- Estructura: el arrastre de cauces, socavación y destrucción de elementos de apoyo, capacidad hidráulica dañan la estructura.

Se recomienda emplear factores como la protección de elementos verticales y de las cimentaciones ante el arrastre de sólidos durante las precipitaciones, la socavación y el tratamiento eficiente de las escorrentías en elementos horizontales.

Se recomienda seguir estrictamente el proceso de construcción con las medidas de protección para afrontar los fenómenos climáticos.

Para la infraestructura vial existente es indispensable instaurar un control eficiente de los elementos que podrían verse afectados. Los efectos de socavación ocasionados por los caudales extremos deben ser inspeccionados y en el caso de que presente señales de posibles

alteraciones se debe examinar y diseñar protocolos de protección. En el caso de las fisuras de los elementos de las estructuras se debe revisar constantemente si existen deterioros que puedan necesitar de reparación, para ello es importante tomar en cuenta los puntos mencionados en la Tabla N°24.

Tabla N° 24: Estructura

ESTRUCTURA
Realizar estudios de socavación en cimentaciones
Mejorar el drenaje de las estructuras en los tableros
Implementar obras de drenaje transversal preventivos
Revisión de los caudales de diseño para el dimensionamiento

Fuente: Elaboración propia

- Pavimento: afecciones de las capas inferiores de soporte del pavimento, afección a la capa de rodadura son problemas frecuentes en el pavimento.

Para los pavimentos en su mayoría son ocasionadas por el aumento de precipitaciones o por la exposición al gradiente térmico en infraestructuras en operación o para nuevos diseños de lo contrario generará mayor costo durante la vida útil y mayor costo en el mantenimiento. Es fundamental un dimensionamiento correcto del pavimento para la seguridad vial.

Otro factor que genera daños es la variación de la temperatura, para proponer soluciones se tiene que identificar el mayor rango térmico. Las soluciones para este caso se basan en un sistema drenante que asegure que las capas de soporte del pavimento funcionen con condiciones de humedad (máximas o mínimas) para las que fueran diseñadas, ayudando a que aumente la duración de las capas del pavimento y el uso de soluciones que ayuden a mejorar el comportamiento de la carpeta de pavimento, a través del uso de ligantes que son menos sensibles a las variaciones y cementos de menor calor de hidratación. (Ver Tabla N°25)

Tabla N° 25: Pavimentos

PAVIMENTOS
Usar pavimentos de concreto.
Minimizar tiempos y longitud de recorrido de las escorrentías a través de hendiduras en el pavimento.
Mejorar el comportamiento del pavimento

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VI: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

6.1. Resultados de la investigación

Resulta prioritario identificar los riesgos para el desarrollo de medidas de adaptación y garantizar infraestructuras resilientes frente a un clima cambiante.

6.1.1. El nivel de Amenaza, vulnerabilidad y riesgo

En la siguiente Tabla N°26 se describe e identifica las amenazas existentes:

Tabla N°26: Descripción de amenazas identificadas en campo.

AMENAZAS	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICADOR DE MAPA
Inundación y erosión	Inundación: En este tipo de peligro se considera las inundaciones ocasionadas por el río, en zonas donde la diferencia de niveles del río y la vía es mínima. También cuando discurren aguas de la quebrada Yanango y depositan sus aguas en la calzada.	Mapa Geodinámico del Perú – inundaciones- INGEMMET
	Erosión: Se considera la erosión que produce las aguas del río en el talud inferior que sostiene la plataforma de la carretera	Mapa Geodinámico del Perú – erosión fluvial- INGEMMET
Deslizamiento	Se considera la existencia de este peligro en áreas donde se encuentra corte del talud superior o se encuentre conformado por material de relleno o rocas fracturadas con probabilidad de desprendimiento. También cuando se encuentra restos de material deslizado con anterioridad (rocas al costado de la vía). Con respecto al talud inferior con la posibilidad de deslizamientos o derrumbes por el material suelto que se tiene (muros de roca, rellenos).	Mapa Geodinámico del Perú – derrumbes- INGEMMET Mapa Geodinámico del Perú – deslizamientos- INGEMMET
Aluvión o huayco	El aluvión es producido por las precipitaciones máximas que ocurren en los meses de enero, febrero y marzo, y como consecuencia traslada sedimentos como arenas y rocas de gran magnitud produciendo daños en la infraestructura a su paso	Mapa Geodinámico del Perú – Huaycos y aluviones- INGEMMET

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°27 se calcula el grado de las amenazas que se presentan en el sector Km 77+100 de la provincia de Chanchamayo:

Tabla N° 27: Resultado del grado de Amenaza

A) Para definir el grado de amenaza se requiere utilizar los siguientes conceptos											
Frecuencia: se define con el periodo de recurrencia de cada una de las amenazas identificadas, lo cual se puede realizar sobre la base de información histórica o en estudios de prospectiva.											
Severidad: se define como el grado de impacto de una amenaza específica (intensidad, área de impacto)											
B) Para definir el grado de frecuencia (a) y severidad (b), utilizar la siguiente escala											
B=Bajo:1 M=Medio:2 A=Alto:3 S.I=Sin información:4											
Amenazas	S	N	Frecuencia (a)				Severidad (b)				Resultado
			B	M	A	S.I	B	M	A	S.I	⊗=(a)*(b)
Inundación	X				3			2			6
¿Existen zonas con problemas de inundación?	X										
¿Existen sedimentación en el río o quebrada?	X										
¿Cambia el flujo del río o acequia principal que estará involucrado con el proyecto?	X										
Deslizamientos	X				3			2			6
¿Existen proceso de erosión?	X										
¿Existe mal drenaje de suelos?	X										
¿Existen antecedentes de inestabilidad o fallas Geológicas en las laderas	X										
¿Existen antecedentes de deslizamientos?	X										
¿Existen antecedentes de derrumbes?	X										
Heladas		X									
Erosión	X			2				2			4
Sequías		X									
Huaycos o aluviones	X				3			2			6

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se observa que el grado de las amenazas de la zona es alta en su mayoría:

- Inundación: alta con grado 6
- Erosión: baja con grado 4
- Deslizamiento: alta de grado 6
- Huayco o aluviones: alta de grado 6

Por lo tanto, el proyecto en general enfrenta una amenaza alta.

En la siguiente Tabla N°28 se identifica el grado de vulnerabilidad de existente de la zona

Tabla N°28: Grado de vulnerabilidad

Factor de vulnerabilidad	Variable	Grado de vulnerabilidad		
		Bajo	Medio	Alto
Exposición	A. Localización del proyecto respecto de la condición de amenaza			X
	B. características del terreno			X
Fragilidad	C. Tipo de construcción		X	
	D. Aplicación de normas de construcción		X	
Resiliencia	E. Actividad económica de la zona	X		
	F. Situación de pobreza de la zona		X	
	G. Integración institucional de la zona		X	
	H. Nivel de organización de la población			X
	I. Conocimiento sobre ocurrencia de desastres por parte de la población		X	
	J. Actitud de la población frente a la ocurrencia de desastres			X
	K. Existencia de recursos financiero para respuestas ante desastres.			X

Fuente: Elaboración propia.

El objetivo de desarrollar la Tabla N°28 es identificar el grado de vulnerabilidad que enfrenta la infraestructura vial de la zona, se observa que una variable de exposición es alta y algunas de las variables de resiliencia y fragilidad son altas por lo tanto el proyecto enfrenta una vulnerabilidad alta.

En la siguiente Tabla N°29 se ha analizado el nivel del riesgo con el conocimiento de las amenazas y vulnerabilidad del tramo.

Tabla N° 29: Resultados del Nivel de Riesgo

Tramo en estudio	Amenazas	Grado de amenaza	grado de vulnerabilidad	Nivel de riesgo
Km77+100	Inundación	Alto	Alto	Alto
	Erosión fluvial	Bajo	Medio	Bajo
	Deslizamientos	Alto	Medio	Alto
	Huayco o aluvión	Alto	Alto	Alto

Fuente: Elaboración propia.

El proyecto tiene un riesgo alto, La clasificación del nivel del riesgo permite estudiar las probables pérdidas que ocurrirían frente a los riesgos y a incluir medidas de reducción de riesgos al proyecto.

6.1.2. Resiliencia en la carretera

Para Fortalecer la resiliencia frente a los impactos climáticos se propondrá medidas de adaptación y lograremos infraestructuras resilientes para un desarrollo sostenible, la resiliencia se divide en tres puntos fundamentales anticipar, adaptar y prosperar:

a) Anticipar

La anticipación consiste en prevenir las consecuencias que traerán las amenazas y que no afecte el tránsito de la carretera, perjudicando el desarrollo económico y se desarrollará a través de:

- La descolmatación periódica de los ríos que consiste en la limpieza de cauces cuyos trabajos consisten en eliminar la vegetación, montículos de basura y obstrucciones que se encuentran en el cauce
- Concientización y educación a las autoridades y población a través de programas como charlas y monitoreo.
- Especializar a los profesionales encargados de la ejecución y mantenimiento de la infraestructura carretera
- Implementar un campamento en el sector ya que se conoce que todos los años en los meses de enero, febrero y marzo ocurren desastres naturales, con la finalidad de mantener limpia la carretera frente a los deslizamientos y no interrumpir el tránsito.
- El mantenimiento periódico del drenaje existente para evitar colapsos.

b) Adaptar

- Diseñar el drenaje proyectándose al aumento de precipitaciones de cada año para que no colapsen y estén operativas durante su vida útil con la finalidad de adaptarlas al cambio climático.
- Habilitar vías alternas durante el suceso de deslizamientos para no afectar el tránsito y el desarrollo económico y social.
- Realizar un cronograma de mantenimiento vial.

c) Prosperar

En las infraestructuras viales para prosperar es fundamental anticiparse y adaptarse cumpliendo estos dos aspectos se logrará que las amenazas no afecten a la población.

Sin embargo, si la carretera ha sido destruida por una de las amenazas es importante la reconstrucción inmediata para ello el gobierno debe contar con un fondo económico establecido, mantenimiento periódico de la vía. También se puede proponer el diseño de un falso túnel para evitar que los desastres ocurran todos los años.

6.2. Análisis e interpretación de los resultados

El análisis de la gestión de riesgos del sector km 77+100, la identificación y el nivel de amenazas y vulnerabilidades son los primeros pasos fundamentales para la elaboración de medidas de adaptación.

En la presente investigación se identificaron cuatro amenazas que se corrobora con el informe de reconocimiento del sector y mapas geodinámicos del Perú (Anexo 1); como la inundación, erosión, deslizamiento y huaycos /aluviones; el grado de amenaza es alto excepto en la erosión fluvial que es grado medio.

El grado de vulnerabilidad de cada amenaza identificada es alto en inundación y huaycos, en el caso de erosión fluvial y deslizamiento es de grado medio.

Por lo tanto, el nivel del riesgo de las amenazas del sector es de grado alto, lo que hace que la información de la zona del proyecto ponga en riesgo la infraestructura vial, el colapso y consecuencias para el acceso y movilidad.

La identificación de amenazas fortalece la etapa del análisis de vulnerabilidad de la infraestructura vial, permitiendo la gestión de riesgo a través de medidas de adaptación frente a los eventos climáticos.

Frente a estas amenazas se propuso medidas para la resiliencia dividido en tres puntos importantes, como anticipar a las amenazas de precipitación ocasionadas por el cambio climático que producen inundaciones y como consecuencia la interrupción de tránsito; a través de descolmatación de ríos, concientización y educación a las autoridades y población, especialización a los profesionales encargados, implementar un campamento en el punto crítico de la zona y el mantenimiento periódico del drenaje existente.

Para adaptar las carreteras frente a las amenazas de precipitación ocasionadas por el cambio climático que generan deslizamientos y como consecuencia el bloqueo de las

carreteras; a través de diseños de drenaje proyectándose al aumento de precipitaciones, habilitar vías alternas y realizar cronogramas de mantenimiento vial.

Para prosperar ante las amenazas de la precipitación ocasionadas por el cambio climático que generan huaycos/aluviones y como consecuencia la destrucción de las carreteras se propuso la reconstrucción inmediata para ello el gobierno debe contar con un fondo económico establecido y el mantenimiento continuo de la carretera. Por otro lado, se propuso una alternativa siempre y cuando cuenten con un fondo financiero, el diseño de un túnel

6.3. Contrastación de Hipótesis

6.3.1. Hipótesis específica 1

Hipótesis Alterna (H_1):” Identificando el riesgo de la precipitación pluvial del cambio climático, que generan inundaciones se anticipará la interrupción de tránsito”.

Hipótesis Nula (H_0):” Identificando el riesgo de la precipitación pluvial del cambio climático, que generan inundaciones no se anticipará la interrupción de tránsito”.

De acuerdo al análisis de la investigación se ha podido demostrar que, aplicando la gestión de riesgos de precipitación pluvial se anticipa a la interrupción de tránsito de la infraestructura vial en las épocas de lluvias a través de descolmatación del río, concientización y educación a las autoridades, especializar a los profesionales, implementar un campamento en el sector y mantenimiento periódico del drenaje.

1. De acuerdo a la tendencia de las lluvias entre los años 2001 y 2016 en la zona se han incrementado desde 141 mm a 375 mm (Figura N°20), lo que demuestra el cambio climático específicamente el aumento de precipitaciones generando inundaciones (Anexo 1).
2. El instituto Mexicano de Transporte indica que el país de México ha puesto en marcha un plan de medidas como el mantenimiento del drenaje ante las precipitaciones ocasionados por el cambio climático
3. El instituto Mexicano de Transporte indica que el país de México ha puesto en marcha un plan de concientización para los actores involucrados ante la necesidad de anticiparse a los impactos generados por el fenómeno de precipitación como la interrupción del tránsito.
4. El Banco de Desarrollo de América Latina en el artículo Guía de buenas prácticas para la adaptación de las carreteras al clima menciona que en el país de Colombia

se está poniendo en marcha la concientización de aumentar el conocimiento de planificación, diseño, ejecución y mantenimiento frente a la variabilidad y cambio climático

Las instituciones que han planteado medidas indican que se vienen desarrollando de manera satisfactorio en los países de México y Colombia, por lo tanto, se verifica la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

6.3.2. Hipótesis específica 2

Hipótesis Alterna (H_1):” Identificando el riesgo de la precipitación pluvial del cambio climático, que generan deslizamientos se adaptará al bloqueo de carreteras”.

Hipótesis Nula (H_0):” Identificando el riesgo de la precipitación pluvial del cambio climático, que generan deslizamientos no se adaptará al bloqueo de carreteras.

De acuerdo al análisis de la investigación se ha podido demostrar que, aplicando la gestión de riesgos de deslizamiento se adapta al bloqueo de la infraestructura vial en las épocas de lluvias a través de las siguientes medidas como el diseño de drenaje proyectándose al aumento de precipitaciones, habilitar vías alternas y realizar el cronograma de mantenimiento vial.

1. Se demuestra el Cambio climático específicamente en precipitaciones por el incremento de lluvias de 141 mm a 375 mm entre los años 2001 y 2016(Figura N°20), generando deslizamientos (Anexo 1).
2. El instituto Mexicano de Transporte menciona que el país de México realiza la proyección de diseño del drenaje que consiste en mejorar el funcionamiento de las obras de drenaje, con el fin de adaptarse al incremento de precipitaciones ocasionadas por el cambio climático y evitan el bloqueo de carreteras.
3. El instituto Mexicano de Transporte recomienda contar con una vía alterna para evitar la interrupción de la carretera y continuar con la fluidez del tránsito, lo que demuestra la resiliencia de adaptación al cambio climático.

Por lo tanto, se verifica la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

6.3.3. Hipótesis específica 3

Hipótesis Alterna (H_1):” Identificando el riesgo de la precipitación pluvial del cambio climático, que generan aluviones se prosperará ante la destrucción de la infraestructura”

Hipótesis Nula (H_0):” Identificando el riesgo de la precipitación pluvial del cambio climático, que generan aluviones no se prosperará ante la destrucción de la infraestructura”

De acuerdo al análisis de la investigación se ha podido demostrar que, aplicando la gestión de riesgos de huaycos o aluviones se prospera ante la destrucción de la infraestructura vial, es fundamental anticiparse y adaptarse. Para prosperar frente a la destrucción de la vía es necesario la reconstrucción inmediata para ello el gobierno debe contar con un fondo económico establecido y mantenimiento periódico de la vía.

También se puede proponer el diseño de un falso túnel para evitar que los desastres sean de grandes impactos.

1. El incremento de las precipitaciones por el cambio climático entre los años 2001 y 2016 ha variado de 141 mm a 375mm (Figura N°20), generando huaycos/aluviones (Anexo 1).
2. El instituto Mexicano de Transporte menciona que existen barreras en los recursos económicos y financieros para la inversión de vías que soporten la variabilidad del clima y la demora de la reconstrucción de carreteras.
3. El instituto Mexicano de Transporte menciona que en México se debe aumentar el control y seguimiento de la carretera para la programación del mantenimiento.
4. En México el desarrollo de la resiliencia de las infraestructuras viales aún es básico porque carece de un marco normativo que motive los trabajos, existe la necesidad de desarrollar la resiliencia.

Por lo tanto, se verifica la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna.

6.3.4. Hipótesis General

Identificando las amenazas del cambio climático se implementará la resiliencia en el sector Km 77+100 a través de un proceso de reconocimiento del sector.

Las amenazas del cambio climático se demuestran con la tendencia de las lluvias entre los años 2001 y 2016 que se incrementan de 141 mm a 375 mm según la Figura N°20 (Pag. 65), esta precipitación pluvial en el sector Km 77+100 genera riesgos, amenazas y vulnerabilidades de inundación, erosión, deslizamientos y huaycos/aluviones lo que se demuestra con el informe de reconocimiento del sector (Anexo 1).

Frente a las amenazas del cambio climático se implementa la resiliencia a través de anticiparse (descolmatación de ríos, concientización y educación a las autoridades

encargadas, especializar a los profesionales, implementar un campamento y mantenimiento periódico del drenaje), adaptarse (diseño de drenaje proyectándose al aumento de precipitaciones, habilitar vías alternas y realizar un cronograma de mantenimiento) y prosperar frente a la destrucción de la vía con la reconstrucción inmediata para lo cual el gobierno debe contar con un fondo económico y el mantenimiento periódico de la vía.

Con lo cual se valida la Hipótesis General.

CONCLUSIONES

1. Se demuestra que las amenazas ocasionadas por el cambio climático a través del incremento de precipitaciones de 141 mm a 375 mm generan inundación, erosión, deslizamiento y huayco/aluvión en el sector Km 77+100 los que fueron verificados en el reconocimiento del sector. Frente a estas amenazas es necesario aplicar la resiliencia de anticiparse, adaptarse y prosperar como se indica en el ítem 6.1.2.
2. Se concluye la existencia del riesgo de interrupciones de tránsito el cual tiene la probabilidad de ocurrencia frecuente en épocas de los meses enero – marzo de la carretera ocasionado por la precipitación del cambio climático generando inundaciones verificadas en el reconocimiento del sector, se debe anticipar como se indica en el ítem 6.1.2(a).
3. Se demuestra que la amenaza de deslizamiento genera el bloqueo de la carretera producto de las precipitaciones pluviales del cambio climático en los meses de enero, febrero y marzo, se debe tomar medidas de adaptación como se indica en el ítem 6.1.2(b).
4. Se demuestra que la amenaza del huayco/aluvión genera la destrucción de la infraestructura producto de las precipitaciones pluviales del cambio climático y se tomar medidas para prosperar como se indica en el ítem 6.1.2(c).
5. La vulnerabilidad existente presenta un nivel de riesgo alto por lo tanto se debe tomar medidas de prevención, adaptación y mitigación para evitar que la carretera se deteriore o quedar fuera de servicio.
6. Se concluye que para la adaptación de las infraestructuras viales se requiere involucrar a todos los actores responsables como municipios, profesionales, técnicos y población.
7. El proceso de adaptación es iterativo, deberá ser actualizado o ajustado continuamente con nuevos conocimientos que se van generando.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que para realizar la identificación de amenazas y vulnerabilidades se revise previamente, información existente de la zona para tener elementos adecuados y anticipados.
2. Tener conocimientos de geotecnia y geología en lo posible contar con un especialista para tener mayor conocimiento y realizar un mejor análisis de las amenazas naturales que afectan la carretera.
3. Se recomienda priorizar el mantenimiento rutinario de la carretera especialmente en el sector Km 77+100 debido a que es un punto crítico.
4. Implementar un programa económico/financiero de acuerdo a las necesidades de prosperar ante la destrucción de la infraestructura vial.
5. El Ministerio de Transporte debe implementar los protocolos de resiliencia en los proyectos de infraestructura de carretera en las 3 etapas (diseño, ejecución y mantenimiento).

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- PIARC. (2015). *Cambio Climatico de la AIPCR elementos de analisis sobre aplicabilidad y perfeccionamiento*.
- Alianza Clima y Desarrollo. (2016). *Vías Adaptadas y resilientes al cambio Climático: Lecciones del plan VIAS-CC en Colombia*. Colombia.
- Ambiente, M. d. (2009). *Cambio Climático y desarrollo sostenible en el Perú*. Lima.
- Asociación Mundial de Carretera. (2014). *Importancia de la Conservación de Carretera*.
- Asociación Mundial de la Carretera (PIARC). (2015). *Marco Internacional para la adaptación de la infraestructura de carreteras ante el cambio climático*. Francia.
- Asociación Mundial de la Carretera (PIARC). (2019). *Gestión de Información de Desastres para Administradores de la Carretera*. Francia.
- Banco de Desarrollo de América Latina . (2018). *Guía de Buenas Practicas para la Adaptación de las Carreteras al Clima* .
- Banco de Desarrollo de América Latina. (2014). *Infraestructura en el desarrollo de América Latina*. Bogota,Colombia.
- Banco Mundial Práctica Global Para Transporte y TIC Region América Latina y el Caribe. (2016). *Mejorando la Confiabilidad de la Red Vial del Perú*. Peru.
- Finanzas, M. d. (2006). *Pauta Metodologicas para la incorporación de análisis del riesgo de desastres en los proyectos de inversión Pública*. Lima.
- <http://bvpad.indeci.gob.pe/html/es/maestria-grd/documentos/GPR/Teoria-del-Riesgo-y-Desastres.Capitulo-1>. (s.f.).
- Instituto Mexicano de Transporte . (2016). *Establecer la vulnerabilidad y evaluar el riesgo por deslizamientos, inundaciones pluviales y socavación de puentes en la Red Federal de Carreteras*. Mexico .
- Instituto Mexicano de Transporte. (2017). *Panorama Internacional de la Adaptación de la Infraestructura Carretera ante el Cambio Climatico*. Mexico.
- Instituto Vial Provincial de Chanchamayo. (2003). *Plan Vial Provincial Participativo de Chanchamayo 2012-2021*. Chanchamayo,Perú.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2006). *Pautas Metodologicas de Análisis de Riesgos de desastres para Proyectos de Inversión Pública*. Lima.
- Ministerio del Ambiente del Perú. (2016). *Perú, un País Climaticamente Responsable*. Perú.

- Municipalidad Provincial de Chanchamayo. (2012). *Plan Vial Provincial Participativo de Chanchamayo*. Chanchamayo.
- PIARC (Asociación Mundial de Carreteras). (2019). *Gestión de Información de Desastres para Administradores de Carreteras*. Francia.
- Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia - Segeplan. (2013). *Análisis de Gestión del Riesgo en Proyectos de Inversión Pública*. Guatemala.
- SENACE. (2011). *Lineamientos para la Incorporación de la Adaptación al Cambio Climático dentro del Estudio de Impacto Ambiental*. Lima.

ANEXOS

ANEXO N°1

INFORME DE RECONOCIMIENTO DEL SECTOR Sector Km 77+100 De la Provincia de Chanchamayo

UBICACIÓN: KM 77+100

DESCRIPCIÓN DEL SECTOR : Inundación



En la foto se observa la inundación de la carretera central en el sector Km 77 +100 debido a las consecuencias de precipitaciones pluviales elevadas en los meses de enero, febrero y marzo, su desborde ocasiono la interrupción del tránsito afectando a la población y el desarrollo económico.

La infraestructura se ve afectada directamente por la inundación ya que el agua filtra y perjudica la estructura del pavimento.

INFORME DE RECONOCIMIENTO DEL SECTOR
Sector Km 77+100 De la Provincia de Chanchamayo

UBICACIÓN: KM 77+100

DESCRIPCIÓN DEL SECTOR : Deslizamiento



En las fotos se observa el deslizamiento en el sector km 77+100 causado por las precipitaciones pluviales del cambio climático.

Los deslizamientos generan el bloqueo de las carreteras algunas ocasiones de menor intensidad como se observa en la primera foto y otras de mayor magnitud como se observa en la segunda foto.



INFORME DE RECONOCIMIENTO DEL SECTOR
Sector Km 77+100 De la Provincia de Chanchamayo

UBICACIÓN: KM 77+100

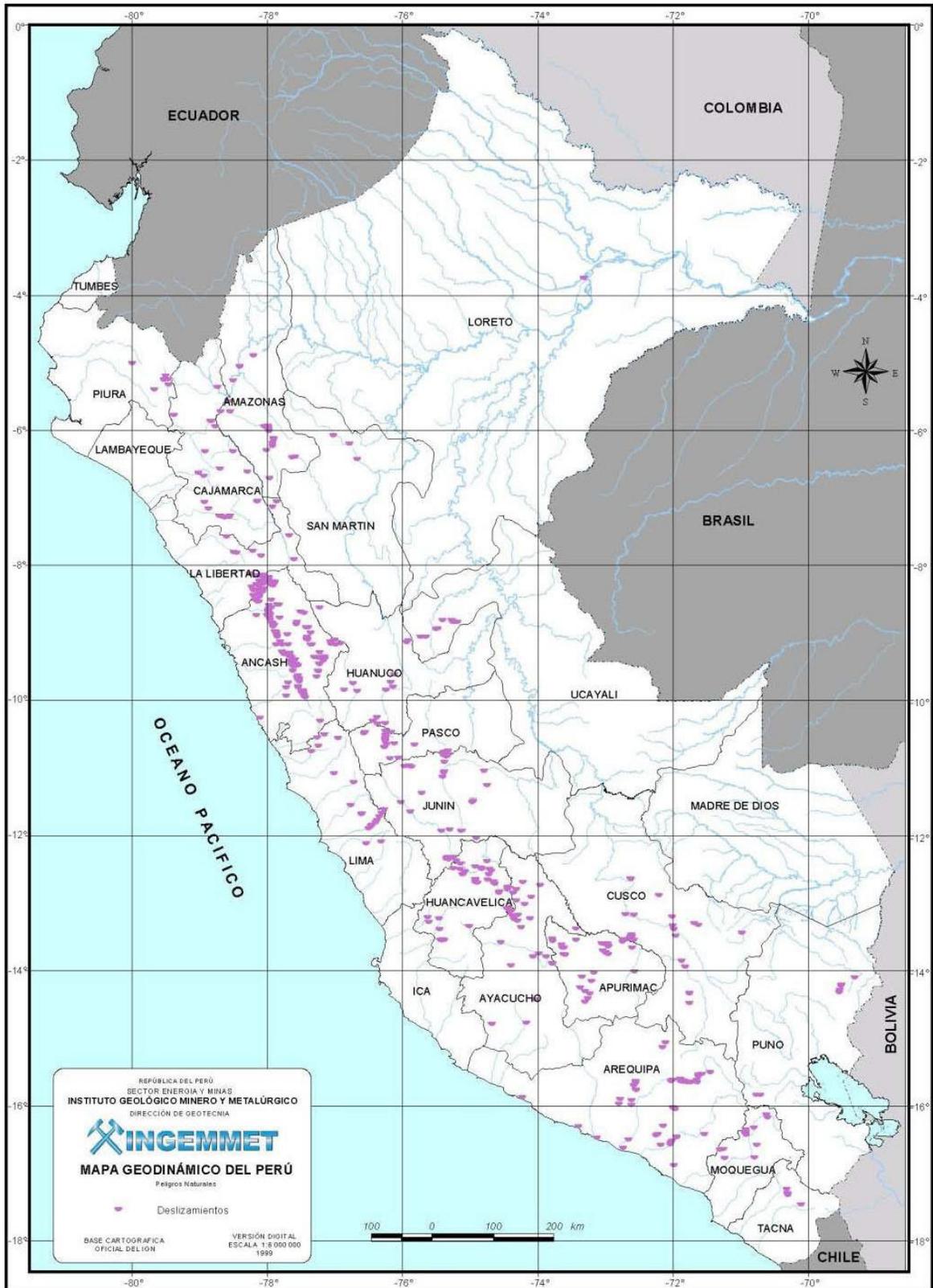
DESCRIPCIÓN DEL SECTOR : huayco/aluvión

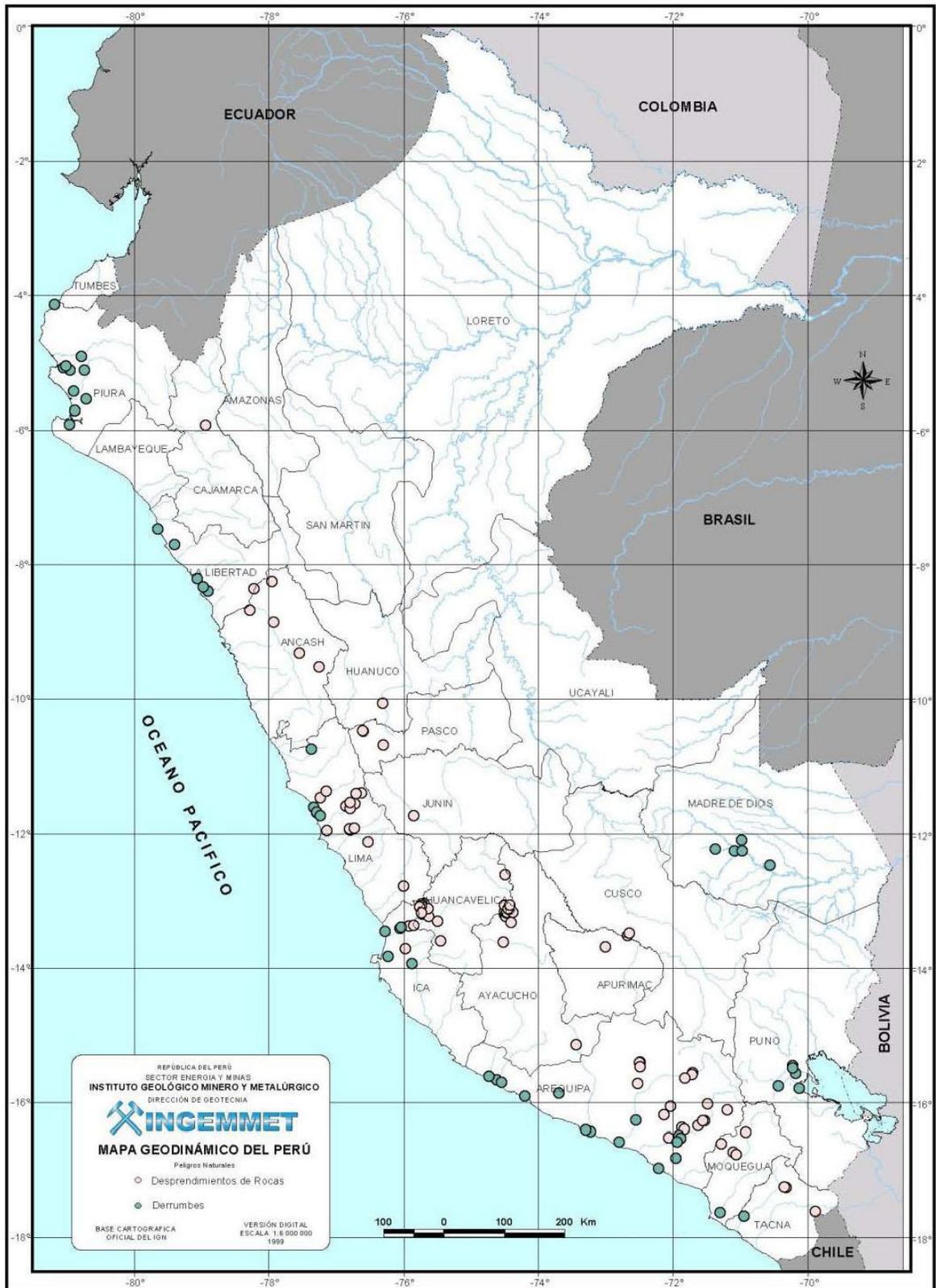


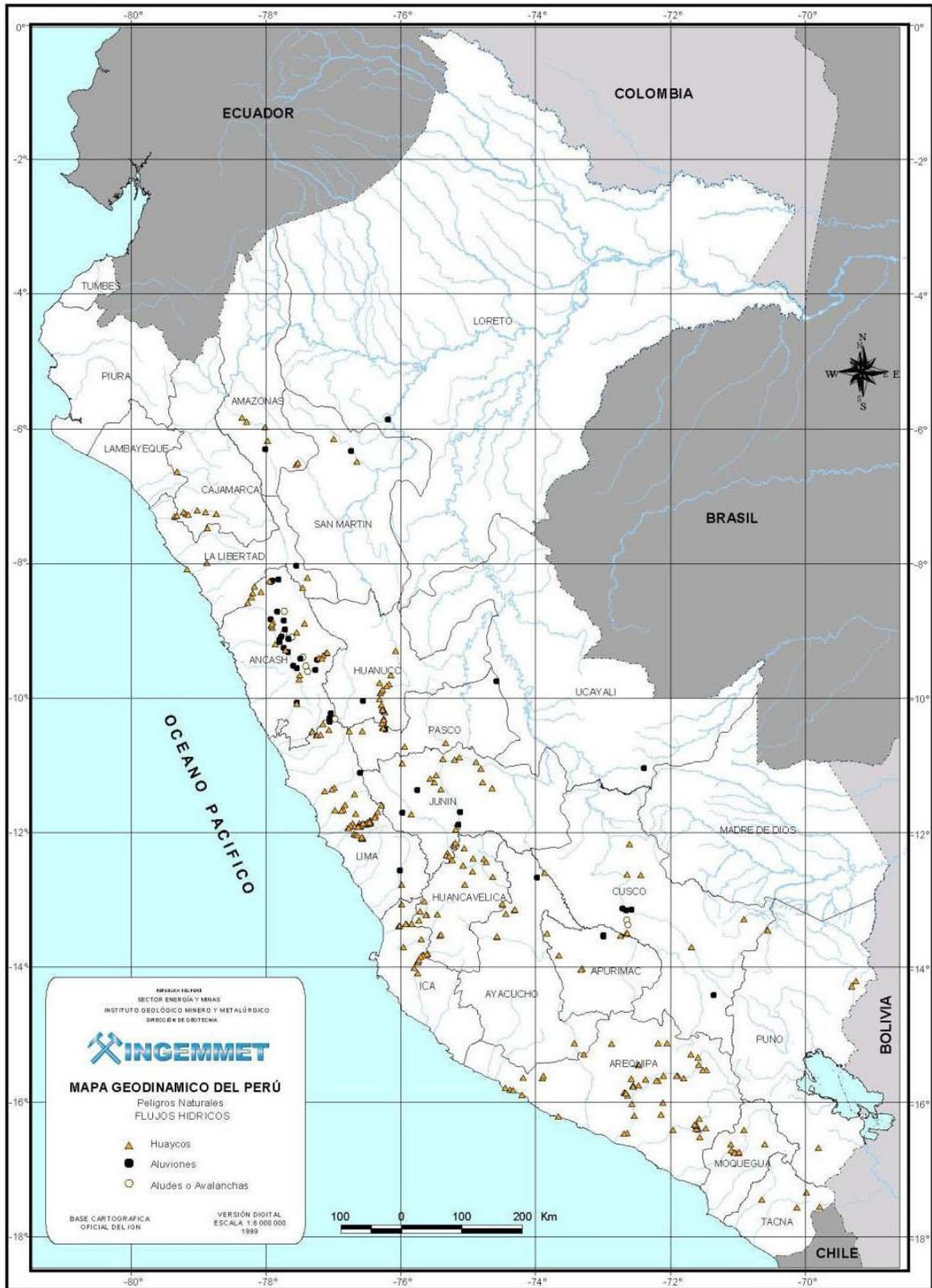
En las fotos se observa la magnitud de los daños que ocasiona el huayco/aluvión provocado por el cambio climático, originando el aumento de precipitaciones pluviales en los meses de enero, febrero, marzo.

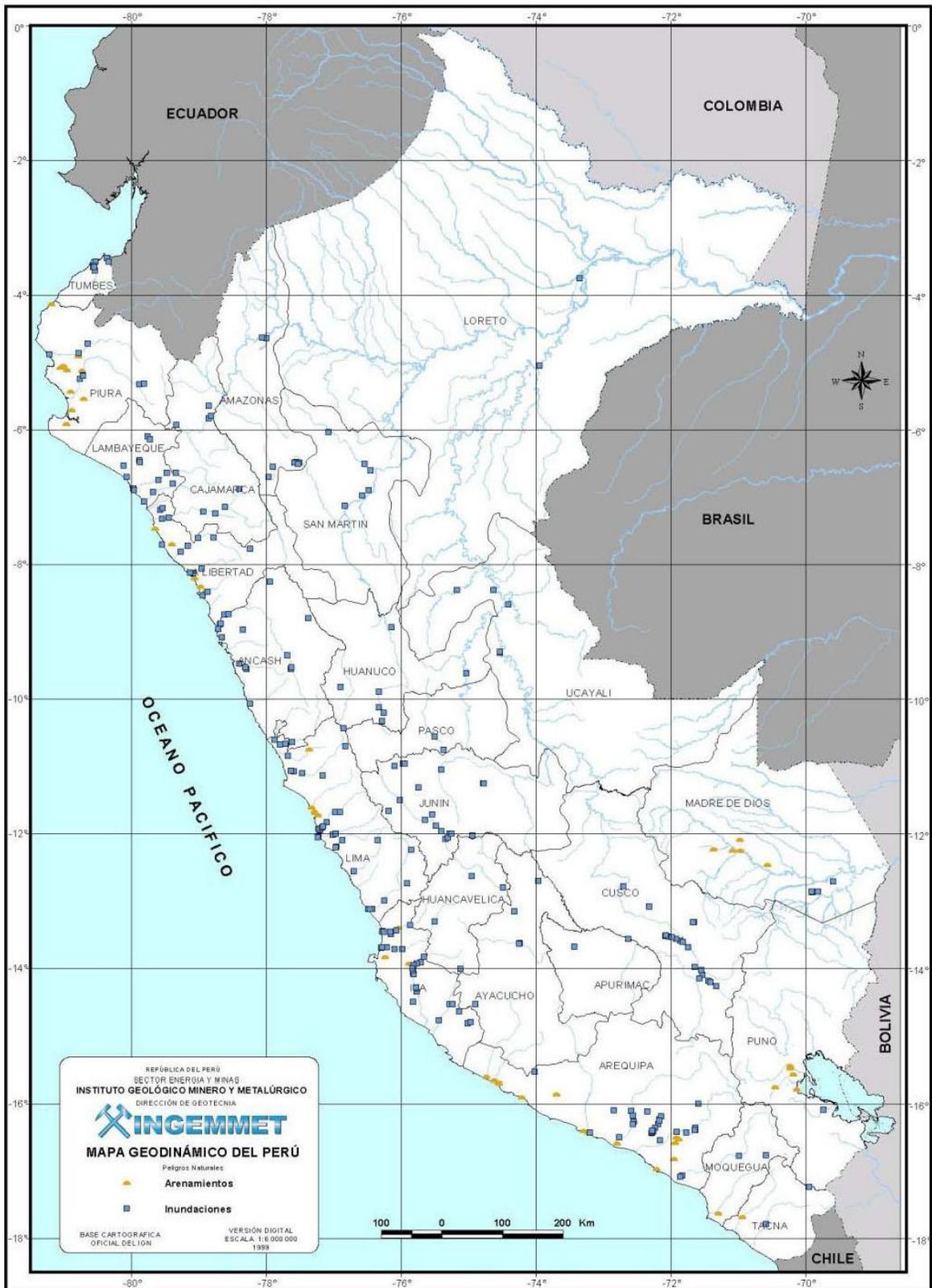
En el caso del huayco/aluvión genera la destrucción de la carretera provocando el cierre total del tránsito.

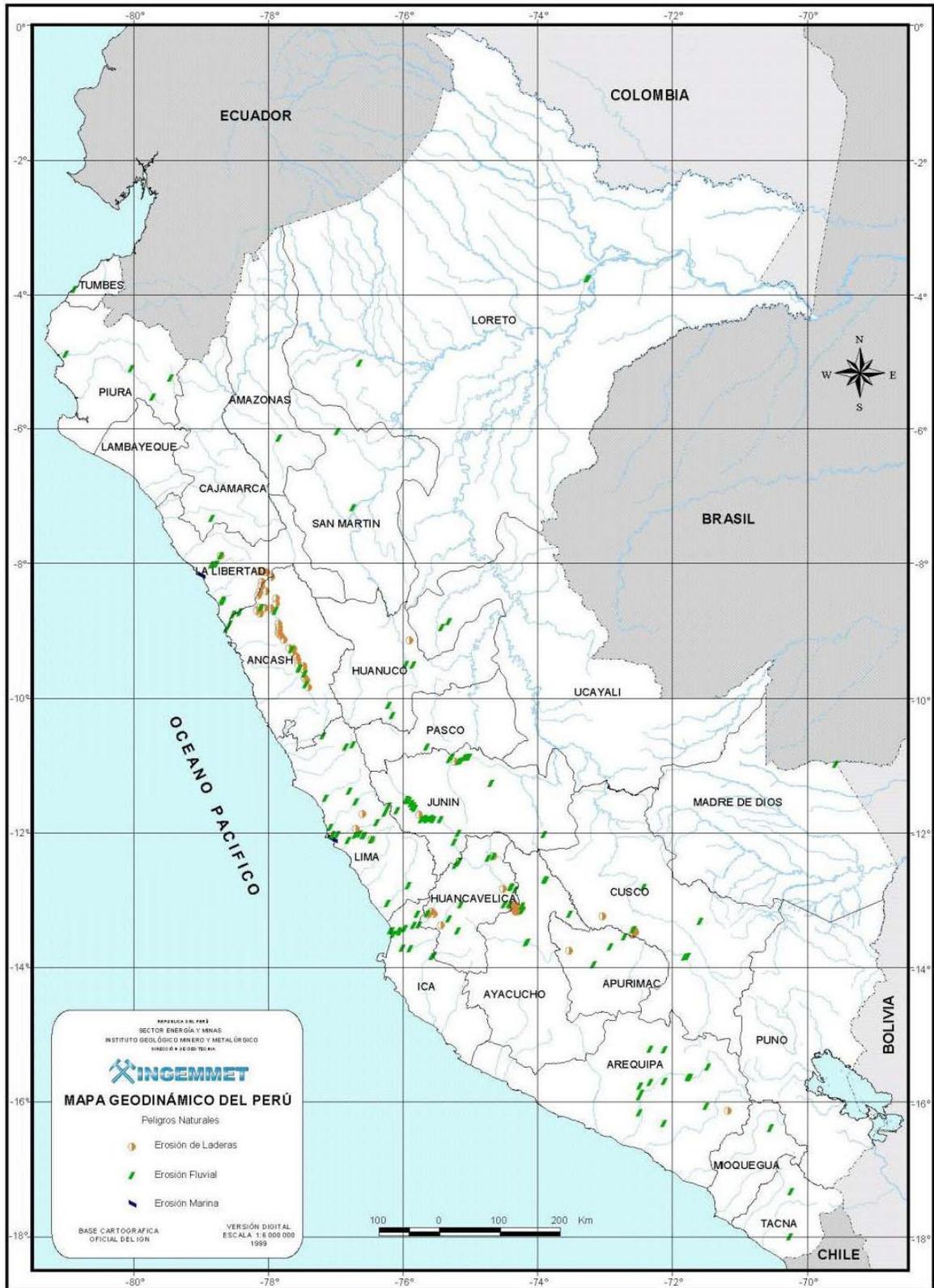


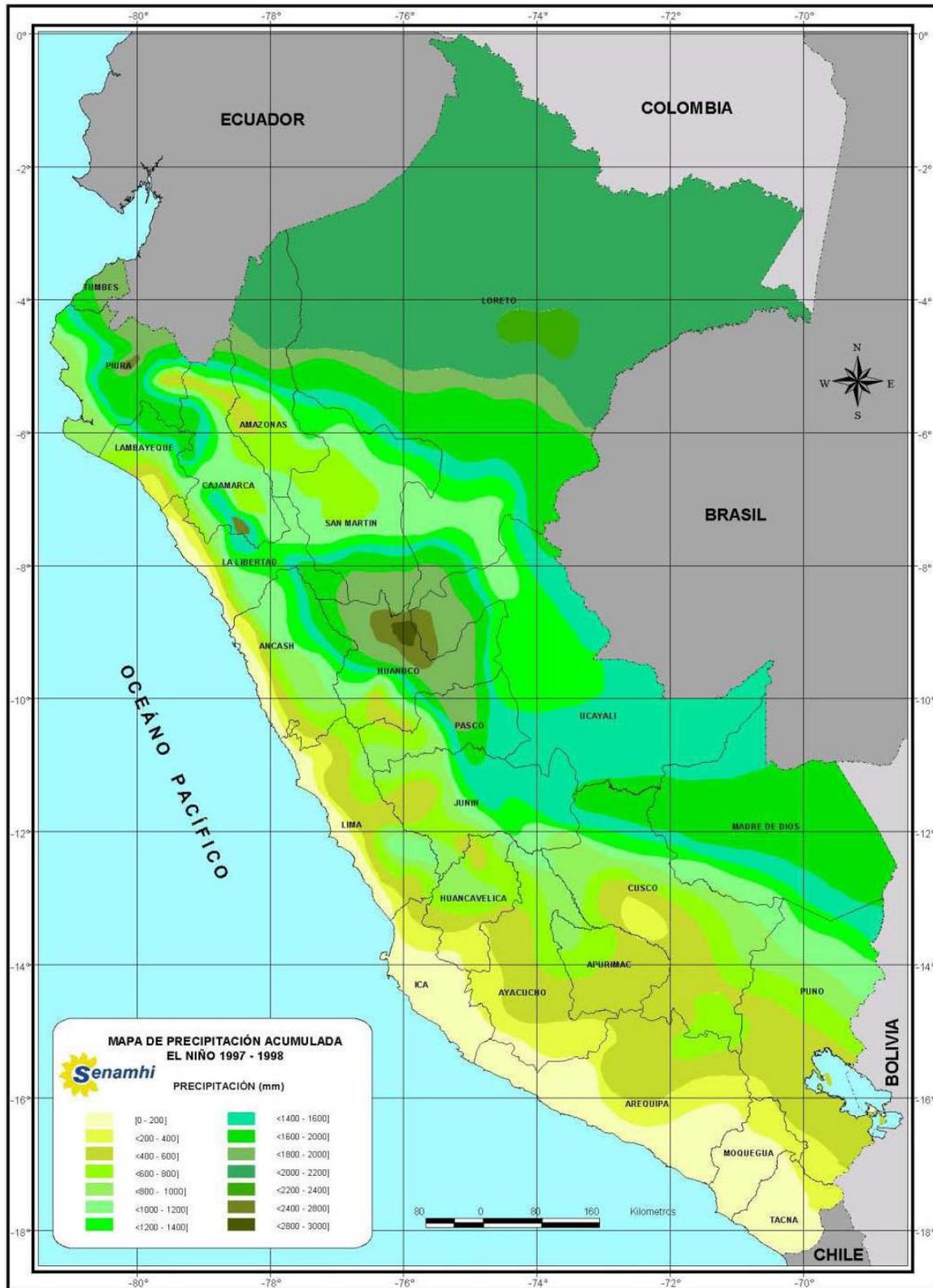


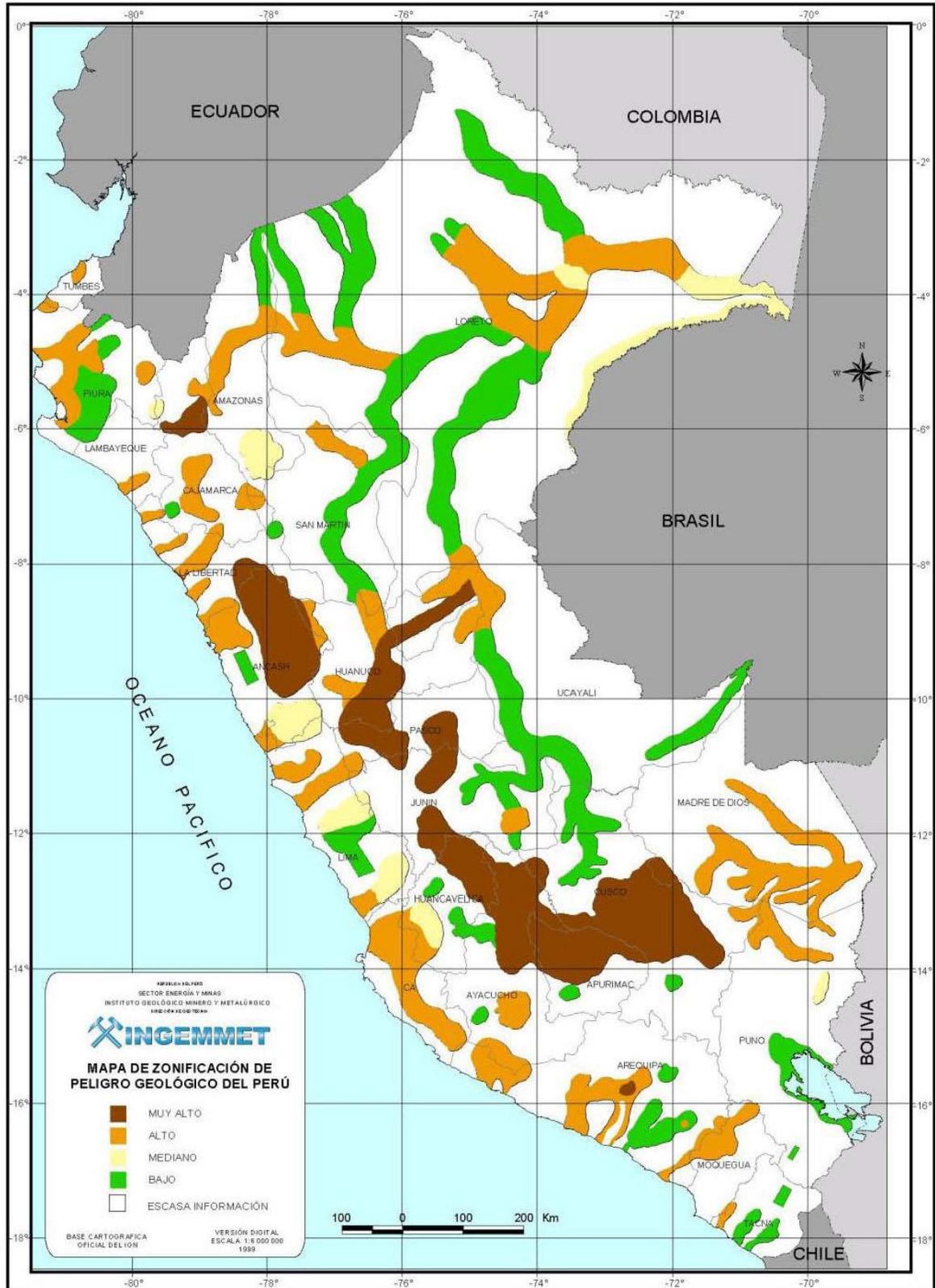












ANEXO N°2

PROTOCOLO DE RESILIENCIA	
<p>SECTOR Km 77+100 DE LA PROVINCIA DE CHANCHAMAYO</p>	<p>FOTO</p>
<p>AMENAZA: Inundación</p> <p>GRADO DE AMENAZA: Alto</p> <p>GRADO DE VULNERABILIDAD: Alto</p> <p>NIVEL DE RIESGO : Alto</p>	
<p>ACTIVIDADES</p> <p>ANTES: La municipalidad debe contar con una medida de alerta temprana, concientización y educación a las autoridades y población, especializar a los profesionales e implementar un campamento en el sector.</p> <p>DURANTE: Se debe realizar un control de impedimento de pase para evitar pérdidas humanas.</p> <p>DESPUES: la descolmatación periódica de los ríos, limpieza de la carretera y mantenimiento periódico del drenaje.</p>	<p>El objetivo de identificar el riesgo de la precipitación pluvial del cambio climático que generan inundaciones es anticiparse a la interrupción del tránsito.</p>

PROTOCOLO DE RESILIENCIA	
SECTOR Km 77+100 DE LA PROVINCIA DE CHANCHAMAYO	FOTO
<p>AMENAZA: Deslizamiento</p> <p>GRADO DE AMENAZA: Alto</p> <p>GRADO DE VULNERABILIDAD: Medio</p> <p>NIVEL DE RIESGO : Alto</p>	
<p>ACTIVIDADES</p> <p>ANTES: La municipalidad debe contar con una medida de alerta temprana, diseñar el drenaje proyectándose al aumento de precipitaciones de cada año y realizar un cronograma de mantenimiento vial.</p> <p>DURANTE: Se debe realizar evacuación de las personas y alertar a los transportistas que transitan por la zona.</p> <p>DESPUES: habilitar vías alternas durante el suceso de deslizamientos y limpieza de la carretera con maquinarias para habilitar el acceso a la brevedad posible.</p>	<p>El objetivo de identificar el riesgo de la precipitación pluvial del cambio climático que generan deslizamientos es adaptarse al bloqueo de carreteras.</p>

PROTOCOLO DE RESILIENCIA	
SECTOR Km 77+100 DE LA PROVINCIA DE CHANCHAMAYO	FOTO
<p>AMENAZA: Huayco/Aluvión</p> <p>GRADO DE AMENAZA: Alto</p> <p>GRADO DE VULNERABILIDAD: Alto</p> <p>NIVEL DE RIESGO : Alto</p>	
<p>ACTIVIDADES</p> <p>Para prosperar es importante desarrollar medidas de anticiparse y adaptarse.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La concientización de las instituciones involucradas y profesionales es fundamental para asegurar la capacidad de la resiliencia. • La reconstrucción inmediata de la carretera y el mantenimiento de la vía son medidas primordiales. • También se propone el diseño de un falso túnel. 	<p>El objetivo de identificar el riesgo de la precipitación pluvial del cambio climático que generan huayco/aluviones es prosperar ante la destrucción de la infraestructura.</p>