



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

**Análisis de riesgos por inundación e impacto en el
mejoramiento de la carretera Yauri – Suykutambo,
Espinar, Cusco 2021**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo

AUTOR

Yury Roberto ORTIZ DE ZEVALLOS ZANABRIA

ASESOR

Dr. Ciro Sergio BEDIA GUILLEN

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Ortiz, Y. (2022). *Análisis de riesgos por inundación e impacto en el mejoramiento de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Yury Roberto Ortiz de Zevallos Zanabria
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72503523
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-1288-095X
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Ciro Bedia Guillen
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06130412
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-9990-2722
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Javier Pablo Jacay Huarache
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08085704
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Rosa Julia Medina Sandoval
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06132417
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Maritza Mercedes Cantorin Vilchez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09216506
Datos de investigación	

Línea de investigación	C.0.1.14. Geología Aplicada a la Ingeniería
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Cusco Provincia: Espinar Distrito: Espinar Latitud: -14.809023 Longitud: -71.430090
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2021 – Mayo 2022
URL de disciplinas OCDE	Geotecnia https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.02



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO**

En el salón de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, el día Lunes 28 de noviembre del año 2022 siendo las 9:00 am, en presencia de los señores docentes designados como miembros de Jurado Calificador:

Mag. JAVIER PABLO JACAY HUARACHE	(Presidente de Jurado)
Ing. ROSA JULIA MEDINA SANDOVAL	(Miembro de Jurado)
Ing. MARITZA MERCEDES CANTORIN VILCHEZ	(Miembro de Jurado)

Reunidos para el acto académico público de colación de la Tesis del Bach. **YURY ROBERTO ORTIZ DE ZEVALLOS ZANABRIA**, quien sustentará la Tesis titulada: **“ANÁLISIS DE RIESGOS POR INUNDACION E IMPACTO EN EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA YAURI – SUYKUTAMBO, ESPINAR, CUSCO 2021”**; su asesor fue el docente Dr. **Ciro Sergio Bedia Guillen**, para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Geólogo.

Los miembros del Jurado, escuchada la sustentación respectiva, plantearon al graduando las observaciones pertinentes, que fueron absueltas:

A Satisfacción del Jurado

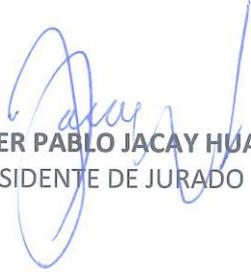
El Jurado procedió a la calificación, cuyo resultado fue:

Dieciocho (18)

Habiendo sido aprobada la sustentación de Tesis por el Jurado Calificador, el presidente recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, proponga se le otorgue el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO** al Bach. **YURY ROBERTO ORTIZ DE ZEVALLOS ZANABRIA**.

Siendo las 10.00 horas se dio por concluido el acto académico, expidiéndose dos (02) Actas Originales de la Sustentación de la Tesis.

Lima, 28 de noviembre de 2022


MAG. JAVIER PABLO JACAY HUARACHE
PRESIDENTE DE JURADO


ING. ROSA JULIA MEDINA SANDOVAL
MIEMBRO DE JURADO


ING. MARITZA MERCEDES CANTORIN VILCHEZ
MIEMBRO DE JURADO


DR. CIRO SERGIO BEDIA GUILLEN
MIEMBRO ASESOR



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

Anexo 1

1. Facultad:

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

2. Escuela:

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica.

3. Autoridad Académica que emite el informe de originalidad

Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica.

4. Apellidos y nombres de la autoridad académica

Dr. Ciro Sergio Bedia Guillen

5. Operador del programa informático de similitudes

Bedia Guillen Ciro Sergio / Cayo Serrano Alexandra

6. Documento evaluado

Tesis para obtención de título profesional.

7. Autor del documento

Yury Roberto Ortiz de Zevallos Zanabria

8. Fecha de recepción del documento

17/10/2022

9. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes

18/10/2022

10. Software utilizado

Turnitin

11. Configuración del programa detector de similitudes

- a. Excluye textos entrecomillados
- b. Excluye bibliografía
- c. Excluye cadenas menores a 40 palabras

12. Porcentaje de similitudes según programa de detector de similitudes

Siete por ciento (7 %) de similitud.

Dedico mi tesis a mis padres Yury y Vilma quienes me han enseñado a ser la persona que soy hoy, mis principios, mis valores, mi perseverancia y mi empeño, a mis hermanas Mariela y Yulyssa quienes me apoyaron todo el tiempo, a mi mamá Maruja quien me ayudo a forjar mi vida profesional.

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme brindado una familia hermosa quien siempre me ha apoyado.

De igual manera quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por permitir convertirme en ser un profesional, a mi asesor académico Dr. Ciro Bedia Guillen por sus sugerencias, revisión y seguimiento durante el proceso de mi tesis.

A mi amigo Ing. Diógenes Olascoaga Vásquez por su amistad y apoyo en todo el proceso de mi tesis y sustentación.

Y finalmente quiero agradecer a mi amigos y familiares por todo sus consejos, amistad y apoyo moral, han aportado un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

CONTENIDO

Lista de cuadros	3
Lista de figuras	6
Resumen.....	7
Abstract.....	8
1. INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES.....	9
1.1. Planteamiento del problema	9
1.1.2. Formulación del problema	9
1.1.3. Justificación de la investigación5.....	10
1.2. Objetivos de la investigación.....	10
1.2.1. General.....	10
1.2.2. Específicos.....	11
1.3. Ubicación del área de estudio.....	11
1.4. Accesibilidad.....	13
2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	14
2.1. Operacionalización de variables	14
2.2. Matriz de consistencia	16
3. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	18
3.1. Antecedentes	18
3.2. Bases teóricas.....	20
3.3. Geomorfología	24
3.4.1. Unidades geomorfológicas.....	25
3.4. Marco geológico	27
3.4.1. Unidades litoestratigráficas.....	27
3.5. Geología estructural.....	32
3.6. Clima, hidrología y vegetación.....	32
3.7. Glosario.....	38
4. ANÁLISIS DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD.....	44
4.1. Delimitación del peligro.....	44
4.2. Inventario de puntos críticos de peligros por inundaciones.....	45
4.3. Metodología de trabajo.....	48
4.4. Determinación de los niveles de peligrosidad por inundación	55
4.3.1. Susceptibilidad del ámbito geográfico.....	58

4.3.2.	Definición de escenarios.....	64
4.3.3.	Estratificación de los niveles de peligrosidad de inundación	64
4.3.4.	Mapa de zonificación del nivel de peligro por inundación	67
4.5.	Análisis del elemento expuesto.....	69
5.	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD POR INUNDACION.....	69
5.1.	Dimensión económica.	70
5.1.1	Análisis de fragilidad económica.	70
5.1.2	Análisis de resiliencia económica.....	74
5.2.	Dimensión social.....	77
5.1.1.	Análisis de la fragilidad social.....	78
5.1.2.	Análisis de resiliencia social.	83
5.3.	Dimensión ambiental.	89
5.3.1.	Análisis de fragilidad ambiental	89
5.3.2.	Análisis de la resiliencia ambiental.....	95
5.4.	Determinación del nivel de vulnerabilidad	107
6.	ANÁLISIS DEL NIVEL DE RIESGO.....	111
6.1.	Riesgo por Inundación.....	111
6.1.1.	Mapa de niveles de riesgo por inundación.....	115
7.	CONCLUSIONES.....	117
8.	RECOMENDACIONES.....	118
8.1	Medidas estructurales.....	118
8.2	Medidas no estructurales.....	119
	Referencias Bibliográficas.....	120
	Anexos	122
Anexo 1.	Panel fotográfico	122

Lista de cuadros

Cuadro 1.1: Accesibilidad desde el departamento de Cusco.....	13
Cuadro 1.2: Accesibilidad desde el departamento de Arequipa- Espinar.....	13
Cuadro 2.1: Operacionalización de variables.....	14
Cuadro 2.2: Matriz de consistencia.....	16
Cuadro 3.1: Clasificación de la pendiente.....	22
Cuadro 3.2: Escala de Saaty.....	23
Cuadro 3.3: Principales ríos de Espinar.....	32
Cuadro 3.4: “Temperatura y precipitación media mensual (junio 2005 – junio 2015)”.....	34
Cuadro 3.5: “Provincia Espinar: Temperatura, Precipitación y Humedad”.....	34
Cuadro 4.1: Identificación de puntos críticos de zonas inundación.....	45
Cuadro 4.2: Matriz de frecuencia de los eventos lluviosos.....	56
Cuadro 4.3: Normalización de frecuencia de los eventos lluviosos.....	57
Cuadro 4.4: Factores Condicionantes y desencadenantes.....	58
Cuadro 4.5: Matriz de los factores condicionantes.....	58
Cuadro 4.6: Normalización de los factores condicionantes.....	59
Cuadro 4.7: Matriz del parámetro pendiente.....	60
Cuadro 4.8: Normalización del parámetro pendiente.....	60
Cuadro 4.9: Matriz del parámetro geología.....	61
Cuadro 4.10: Normalización del parámetro geología.....	61
Cuadro 4.11: Matriz del parámetro vegetación.....	62
Cuadro 4.12: Normalización del parámetro vegetación.....	63
Cuadro 4.13: Matriz de precipitación.....	63
Cuadro 4.14: Normalización del parámetro precipitación.....	64
Cuadro 4.15: Estratificación de los niveles de peligrosidad de inundación.....	64
Cuadro 4.16: Niveles de peligro.....	66
Cuadro 4.17: Descripción de nivel de peligro.....	67
Cuadro 4.18: Elementos expuestos.....	69
Cuadro 5.1: Matriz de las dimensiones de Vulnerabilidad.....	69
Cuadro 5.2: Normalización de las dimensiones de Vulnerabilidad.....	69
Cuadro 5.3: Matriz de análisis de fragilidad económica.....	70
Cuadro 5.4: Normalización de análisis de fragilidad económica.....	70
Cuadro 5.5: Matriz de la infraestructura vial.....	71
Cuadro 5.6: Normalización de la infraestructura vial.....	71
Cuadro 5.7: Matriz del estado de mantenimiento de la infraestructura vial.....	72
Cuadro 5.8: Normalización del estado de mantenimiento de la infraestructura vial.....	72
Cuadro 5.9: Matriz de parámetro de incumplimiento de procedimientos constructivos.....	73
Cuadro 5.10: Normalización de parámetro de incumplimiento de procedimientos constructivos.....	73
Cuadro 5.11: Matriz de parámetro análisis de resiliencia económica.....	74
Cuadro 5.12: Normalización de parámetro análisis de resiliencia económica.....	74
Cuadro 5.13: Matriz de parámetro capacidad de respuesta logística del gobierno regional.....	75
Cuadro 5.14: Normalización de parámetro capacidad de respuesta logística del gobierno regional.....	75
Cuadro 5.15: Matriz de parámetro capacidad de respuesta logística del gobierno regional.....	76

Cuadro 5.16: Normalización de parámetro capacidad de respuesta logística del gobierno regional.	76
Cuadro 5.17: Matriz de parámetro capacidad de respuesta logística de los pobladores.....	77
Cuadro 5.18: Normalización de pares de parámetro capacidad de respuesta logística de los pobladores.	77
Cuadro 5.19: Matriz de parámetros de fragilidad social.	78
Cuadro 5.20: Normalización de parámetros de fragilidad social.	79
Cuadro 5.21: Matriz de grupo etario.	80
Cuadro 5.22: Normalización de parámetros de grupo etario.....	80
Cuadro 5.23: Matriz del parámetro nivel de educación.....	81
Cuadro 5.24: Normalización de parámetros de nivel de educación.	81
Cuadro 5.25: Matriz de acceso a servicios básicos.	82
Cuadro 5.26: Normalización de parámetros de acceso a servicios básicos.	83
Cuadro 5.27: Matriz de resiliencia social.	84
Cuadro 5.28: Normalización de parámetros de resiliencia social.....	84
Cuadro 5.29: Matriz de actitud frente al riesgo.	85
Cuadro 5.30: Normalización de parámetro actitud frente al riesgo.....	85
Cuadro 5.31: Matriz de capacitación de la población y gestión de riesgos.	86
Cuadro 5.32: Normalización de capacitación de la población y gestión de riesgos.	86
Cuadro 5.33: Matriz del parámetro conocimiento de la normativa en gestión de riesgo y desastre.....	88
Cuadro 5.34: Normalización del parámetro conocimiento de la normativa en gestión de riesgo y desastre.....	88
Cuadro 5.35: Matriz de parámetro análisis de fragilidad ambiental.....	89
Cuadro 5.36: Normalización de parámetro análisis de fragilidad ambiental.....	90
Cuadro 5.37: Matriz de parámetro características geológicas del suelo.....	90
Cuadro 5.38: Normalización de parámetro características geológicas del suelo.....	91
Cuadro 5.39: Matriz de parámetro explotación de recursos naturales.....	92
Cuadro 5.40: Normalización de parámetro explotación de recursos naturales.....	93
Cuadro 5.41: Matriz del parámetro localización de la infraestructura vial ante la inundación. .	94
Cuadro 5.42: Normalización de parámetro localización de la infraestructura vial ante la inundación.....	94
Cuadro 5.43: Matriz de parámetro de análisis de resiliencia ambiental.	95
Cuadro 5.44: Normalización de parámetro de análisis de resiliencia ambiental.	95
Cuadro 5.45: Matriz de parámetro de conocimiento y obediencia de las normas ambientales.	96
Cuadro 5.46: Normalización de parámetro de información y cumplimiento de las normas ambientales.	97
Cuadro 5.47: Matriz de parámetro de conocimiento ancestral para la explotación de sus recursos naturales.	98
Cuadro 5.48: Normalización de parámetro de conocimiento ancestral para la explotación de sus recursos naturales.....	98
Cuadro 5.49: Matriz de parámetro de capacitación de la población en términos de los mantenimientos ambientales.	99

Cuadro 5.50: Normalización de parámetro de capacitación de la población en términos de los mantenimientos ambientales.	101
Cuadro 5.51: Resumen de análisis de vulnerabilidad por inundación.	103
Cuadro 5.52: Nivel de vulnerabilidad por inundación.	105
Cuadro 5.53: Descripción de niveles de peligro.	105
Cuadro 5.54: Parámetro fragilidad social.	107
Cuadro 5.55: Parámetro resiliencia social.	107
Cuadro 5.56: Parámetro dimensión social.	107
Cuadro 5.57: Parámetro fragilidad económica.	107
Cuadro 5.58: Parámetro resiliencia económica.	108
Cuadro 5.59: Parámetro dimensión económica.	108
Cuadro 5.60: Parámetro fragilidad ambiental.	108
Cuadro 5.61: Parámetro resiliencia ambiental.	109
Cuadro 5.62: Parámetro dimensión ambiental.	109
Cuadro 5.63: Vulnerabilidad.	109
Cuadro 6.1: Valor de nivel de riesgo por inundación.	111
Cuadro 6.2: Rango de nivel de riesgo.	111
Cuadro 6.3: Estratificación de niveles de riesgo por inundación.	112
Cuadro 6.4: Matriz de riesgo por inundaciones del area de estudio.	112
Cuadro 6.5: Valoración de consecuencias.	113
Cuadro 6.6: Valoración de frecuencias.	113
Cuadro 6.7: Consecuencia y daño.	114
Cuadro 6.8: Aceptabilidad y tolerancia.	114
Cuadro 6.9: Prioridad de intervención.	114

Lista de figuras

Figura 1.1: Ubicación del área de estudio.....	12
Figura 3.1. Esquema de inundación adaptado de Mugerza – Perelló 2003	20
Figura 3.2. Mapa de pendientes	26
Figura 3.3. Mapa geológico del área de estudio	31
Figura 3.4. Estación Yauri precipitación acumulada año 2020-2021	35
Figura 3.5. Mapa de vegetación del área de estudio	37
Figura 4.1. Inventario de puntos críticos de peligros por inundación.....	47
Figura 4.2. Mapa Conceptual General del Procedimiento de Análisis de Información.....	52
Figura 4.3. Matriz de comparación de pares 3x3.....	53
Figura 4.4. Suma de cada columna de la matriz.	53
Figura 4.5. Matriz de normalización.....	54
Figura 4.6. Multiplicación de matriz de comparaciones de pares por vectores de priorización ..	54
Figura 4.7. Cálculo del vector suma y λ_{max}	54
Figura 4.8. Cálculo del índice de consistencia y relación de consistencia.....	55
Figura 4.9. Nivel de peligro por inundación	68
Figura 5.1. Esquema de dimensión social.....	78
Figura 5.2. Nivel de vulnerabilidad por inundación	110
Figura 6.1. Nivel de riesgo por inundación.....	116

Resumen

El trabajo de investigación realizado trata del Análisis de riesgos por inundación e impacto en el mejoramiento de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco – 2021, es preciso mencionar que en el área de investigación se evidencia diferentes tipos de peligro como son los deslizamientos, flujo de detritos y el peligro al cual nos avocaremos es el de inundación.

En la primera etapa del proyecto de investigación se manejó una recopilación de data en instituciones como el INGEMMET, INEI, CENEPRED, COPESCO, así como también fue necesario identificar en el campo los puntos críticos de inundación, seguidamente se utilizó las plataformas del SIGRID, GEOCATMIN, EARTHDATA, para realizar los mapas de geología, pendientes, vegetación, niveles de vulnerabilidad, niveles de riesgo y niveles de peligro.

El análisis de los riesgos por inundación en la zona de Suykutambo está caracterizada por eventos que durante el tiempo de diciembre a marzo, es cuando existen precipitaciones intensas, es por eso que se ha determinado dichas precipitaciones como factor desencadenante, y la geología, pendiente y vegetación como factores condicionantes; todos estos factores se han analizado utilizando el método empleado por Tomas Saaty, dicho método nos ayudó a entender y jerarquizar de forma eficiente todos los descriptores considerados en dicho análisis, estos resultados han sido geoprocesados en Sistema de información Geográfica; así como, el uso de los programas de ArcGis para la realización de los mapas de geología, pendientes, vegetación, niveles de vulnerabilidad, niveles de riesgo y niveles de peligro.

El resultado del análisis de riesgos por inundaciones en el territorio de investigación está relacionado con el análisis de peligrosidad y vulnerabilidad, siendo la vía Yauri – Suykutambo, las obras de drenaje y acueductos de agua los componentes exhibidos en campo, mostrando grados de riesgo elevados y muy elevados en los 16 primeros kilómetros, todos estos relacionados con los puntos críticos de vulnerabilidad. Se muestra también, un nivel de riesgo medio del kilómetro 17 al 49, el cual está relacionado con una pendiente baja a moderada, estando conformado por una geología volcánica de ceniza.

Abstract

The research work addresses the Flood Risk and Impact Analysis on the improvement of the Yauri – Suykutambo highway, Espinar, Cusco – 2021. It should be mentioned that in the research area have been identified different types of hazards such as landslides. However, the present study will deal with the hazard of flooding.

In the first stage of the research project, a compilation of information was carried out from institutions such as INGEMMET, INEI, CENEPRED, COPESCO, and it was also necessary to identify in the field the critical points of flood. Subsequently, information from SIGRID, GEOCATMIN and EARTHDATA survey were used to make geologic maps, slopes, vegetation, vulnerability levels, risk levels and hazard levels.

The risk analysis due to flooding in the Suykutambo area is characterized by events that during the time from December to March, which is when there is intense rainfall, that is why precipitations have been determined as a triggering factor and, the geology, the slopes and vegetation as conditioning factors; all these factors have been analyzed using the method applied by Tomas Saaty. This method was useful to understand and rank efficiently all the descriptors considered in the analysis, these results were processed in a Geographic Information System such as ArcGis software to carry out geologic maps, slopes, vegetation, vulnerability levels, risk levels and hazard levels. This method was useful to understand and rank efficiently all the descriptors considered in the analysis, these results were processed in a Geographic Information System such as ArcGis software to carry out geologic maps, slopes, vegetation, vulnerability levels, risk levels and hazard levels.

The result of the flood risk analysis in the research territory is related to the hazard and vulnerability analysis, being the via Yauri - Suykutambo, drainage works and water aqueducts the elements exposed in field, showing high and very high-risk levels in the first 16 kilometers, all related to the critical points of vulnerability. Also it as identify as an average risk level from kilometer 17 to 49, which is related to low to moderate slope, being formed by volcanic ash geology.

1. INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Situación problemática

Del análisis de varios casos de inundación las grandes precipitaciones de larga persistencia en cuencas grandes se relacionan con inundaciones fluviales, entretanto, en cuencas pequeñas, lluvias intensas de corta perdurabilidad pueden producir inundaciones pluviales. El control de los efectos de las inundaciones se complica por el deslizamiento de sedimentos, rocas, árboles, puentes, y otros objetos que pueden dañar otra infraestructura en el interior o cercana a los ríos o sus llanuras de inundación. El problema de control de inundaciones se torna más complejo, pues los factores señalados no son constantes, por ejemplo, la energía de precipitación es afectada por el calentamiento global.

Asimismo, la construcción de una obra de infraestructura en este caso la carretera Yauri – Suykutambo afecta el equilibrio natural del terreno, condicionando de esta manera la ocurrencia de ciertos fenómenos como la precipitación intensa en los meses de diciembre a marzo ya que afectan el proceso constructivo e inclusive generan daños después de terminada la obra. Por otro lado, un espacio geográfico siempre está expuesto a cierto tipo de peligro geológico de origen natural, que no tiene que ver con la construcción de una obra; sin embargo, es necesario su evaluación y análisis para implementar medidas de prevención con el objetivo de amenguar o prevenir los daños y peligros a la vida útil de la infraestructura, economía y la población.

1.1.2. Formulación del problema

Problema general

¿En qué medida el análisis de riesgos por inundación influye en el impacto en el mejoramiento de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco?

Problemas específicos

¿De qué manera los factores condicionantes influyen en el análisis de riesgo por inundación e impacto en el mejoramiento de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco?

¿Cuál es la influencia de los factores desencadenantes en el análisis de riesgo por inundación e impacto en el mejoramiento de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco?

1.1.3. Justificación de la investigación

Este estudio se enfocará en el análisis de riesgo por inundación, a lo largo del tramo de la carretera Yauri-Suykutambo localizado en la provincia de Espinar, región Cusco: con lo cual se pretende contribuir en la zonificación del riesgo a lo largo de la obra, asimismo, implementar medidas preventivas y de atenuación en caso de que ocurran eventos naturales.

Por otro lado, el estudio de análisis de peligrosidad y niveles de riesgo en esta importante obra de infraestructura vial, permitirá la construcción más duradera, generando un impacto económico positivo en cuanto al mantenimiento de la vía, implementando medidas preventivas de control y mitigación; así como también, mejorar la transitabilidad de la población a lo largo de la vía Yauri – Suykutambo.

1.2.Objetivos de la investigación

1.2.1. General

Determinar en qué medida el análisis de riesgos por inundación influye en el impacto en el mejoramiento de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco 2021.

1.2.2. Específicos

Determinar de qué manera los factores condicionantes influye en el análisis de riesgo por inundación e impacto en el mejoramiento de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco.

Determinar cuál la influencia de los factores desencadenantes en el análisis de riesgo por inundación e impacto en el mejoramiento de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco.

1.3. Ubicación del área de estudio

La indagación está localizada en el departamento del Cusco, provincia de Espinar en el Sur del Perú, hidrográficamente pertenece a la cuenca del río Apurímac y esta a su vez a la gran cuenca de Ucayali.

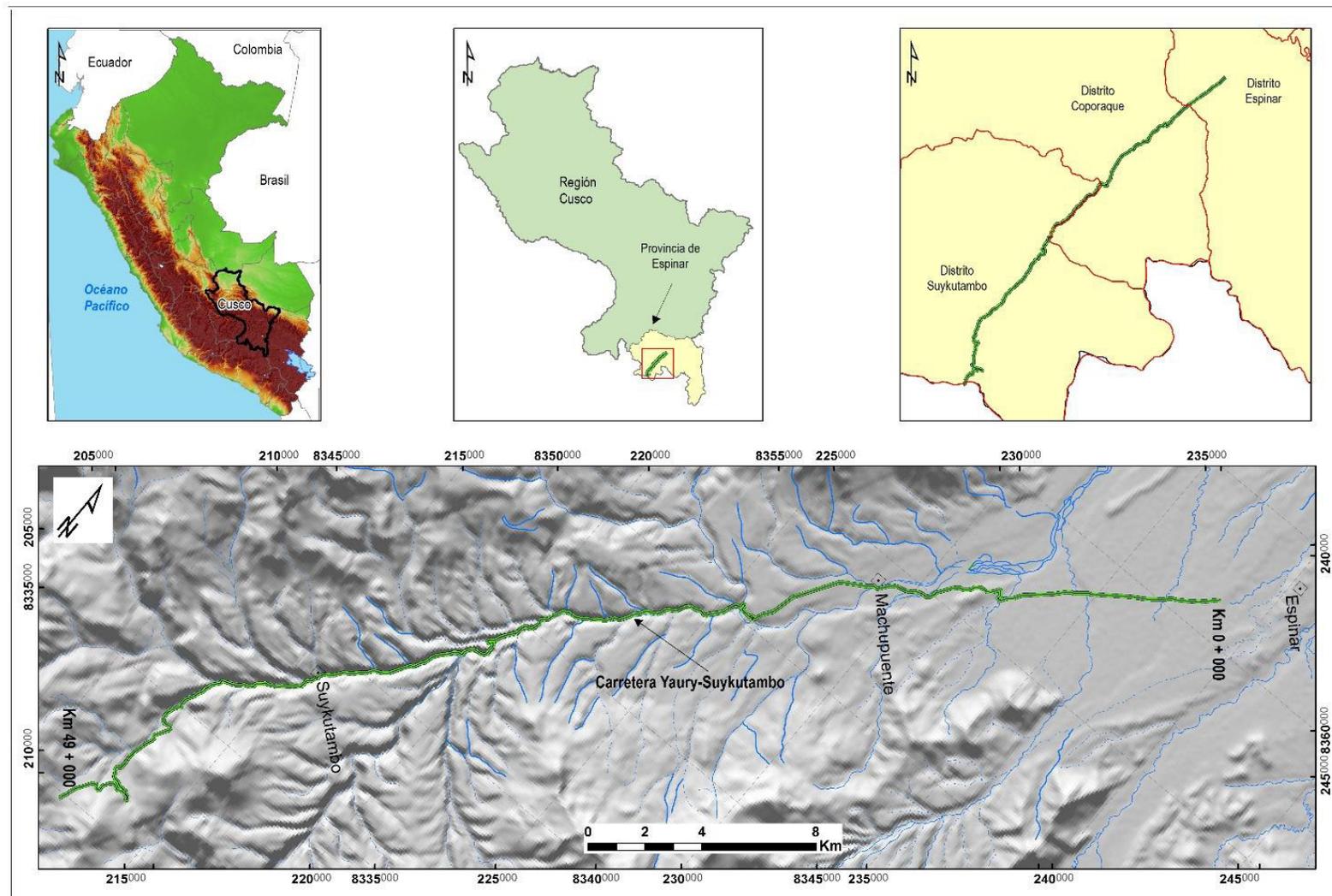


Figura 1.1: Ubicación del área de estudio.

1.4. Accesibilidad

Las vías de accesibilidad a través de las cuales es posible llegar al proyecto; carretera asfaltada Cusco – Sicuani. Luego se debe continuar por la carretera afirmada Sicuani Espinar de acuerdo con el siguiente **Cuadro 1.1**

Cuadro 1.1: Accesibilidad desde el departamento de Cusco.

Desde	Hasta	Tipo de vía	Tiempo	Distancia (Km)
Cusco	Sicuani	Asfaltada	2.00 hr	148+000
Sicuani	Yauri	Asfalto en Proceso	2.50 hr	132+000
TOTAL				280+000

La otra vía de accesibilidad es mediante del departamento de Arequipa, esta continúa la carretera asfaltada a Chivay y luego hasta el distrito de Callalli, finalmente una carretera afirmada a Suykutambo como se evidencia en el **Cuadro 1.2**

Cuadro 1.2: Accesibilidad desde el departamento de Arequipa- Espinar.

Desde	Hasta	Tipo de vía	Tiempo	Distancia (Km)
Arequipa	Chivay	Asfaltada	4.00 hr	208+000
Chivay	Callalli	Asfaltada	0.85 hr	37+000
Callalli	Suykutambo	Afirmada	2.00 hr	75+000
TOTAL				320+000

2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

2.1. Operacionalización de variables

Cuadro 2.1: Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems
Análisis de riesgo por inundación.	Es un estudio donde existe una acumulación de agua en donde normalmente no existe, ocasionada por desbordamiento de ríos, por lluvias intensas o de larga duración. (MSc. Juana Herminia Serrano Méndez, y otros, 2014)	Es un estudio significativo de los factores condicionantes y desencadenantes en una inundación, donde probablemente existen daños físicos, pérdidas económicas, y número de personas afectadas.	Factores condicionantes Según CENEPRED, 2014 se refiere a los parámetros propios del ámbito geográfico.	Pendiente	3
				Geología	
			Factores desencadenantes Según CENEPRED, 2014 se refiere a los parámetros que tienen una influencia preponderante en la ocurrencia de eventos que pueden generar peligros específicos, por ejemplo: lluvias intensas, sismos, etc.	Precipitación	

<p>Impacto en el mejoramiento de la carretera.</p>	<p>Los impactos se tienen cuando el agua afecta la carretera debido a la falta de las defensas contra inundaciones, o cuando el agua alcanza cierta profundidad, el tráfico se detiene . (Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial, 2016)</p>	<p>Las inundaciones en redes viales impactan significativamente debido a una falta de análisis de riesgo del peligro previamente a la construcción ya que este análisis nos muestra que zonas son las más críticas y que zonas no.</p>			
---	--	--	--	--	--

2.2. Matriz de consistencia

Cuadro 2.2: Matriz de consistencia.

TÍTULO: ANÁLISIS DE RIESGOS POR INUNDACIÓN E IMPACTO EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA YAURI – SUYKUTAMBO, ESPINAR, CUSCO 2021				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
<p>General: ¿En qué medida el análisis de riesgos por inundación influye en el impacto en el mejoramiento de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco 2021?</p> <p>PE 1: ¿De qué manera los factores condicionantes influyen en el análisis de riesgo por inundación e impacto en la construcción de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco?</p> <p>PE 2: ¿Cuál es la influencia de los factores desencadenantes en el análisis de riesgo por inundación e impacto en la construcción de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco?</p>	<p>General: Determinar en qué medida el análisis de riesgos por inundación influye en el impacto en el mejoramiento de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco 2021.</p> <p>OE1: Determinar de qué manera los factores condicionantes influye en el análisis de riesgo por inundación e impacto en la construcción de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco.</p> <p>OE2: Determinar cuál es la influencia de los factores desencadenantes en el análisis de riesgo por inundación e impacto en la construcción de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco.</p>	<p>General: El análisis de riesgos por inundación influye significativamente en el impacto en el mejoramiento de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco 2021.</p> <p>HE1: Los factores condicionantes influyen de manera sustancial en el análisis de riesgo por inundación e impacto en la construcción de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco.</p> <p>HE2: Los factores desencadenantes influyen significativamente en el análisis de riesgo por inundación e impacto en la construcción de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco.</p>	<p>Variable dependiente: Impacto en el mejoramiento.</p> <p>Variable independiente: Análisis de riesgo por inundación.</p> <p>Dimensiones Factores condicionantes. Factores desencadenantes.</p>	<p>Nivel correlacional</p> <p>Tipo Básico – descriptivo</p> <p>Diseño no experimental</p> <p>Unidad de análisis: Tramo de la carretera Yauri – Suykutambo, del kilómetro 00 + 000 al 49 + 076</p> <p>Lugar de estudio: Superficies del área de influencia del tramo de la carretera Yauri – Suykutambo.</p> <p>Técnicas e instrumentos de medición. “Proceso de análisis jerárquico Matriz de Saaty”</p>

2.3 Planteamiento de hipótesis

General:

El análisis de riesgos por inundación influye significativamente en el impacto del mejoramiento de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco 2021.

Específica 1:

Los factores condicionantes influyen de manera sustancial en el análisis de riesgo por inundación e impacto en el mejoramiento de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco.

Específica 2:

Los factores desencadenantes influyen significativamente en el análisis de riesgo por inundación e impacto en el mejoramiento de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco.

3. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1. Antecedentes

(Cercedo Vidal, 2019) el informe que lleva por título “Evaluaciones de los riesgos de inundaciones fluviales en centros densamente poblados de El Sausal - localidad de Luyando 2019” tiene como objetivo de valorar el riesgo ocasionados por “inundaciones fluviales” en la comunidad “El Sausal” de la localidad de Luyando, considerando aspectos metodológicos como el análisis matemático Saaty (1980), se enfoca en solucionar dificultades complejas multicriterio mediante la implementación de modelos jerárquicos que permiten conseguir resultados objetivos a partir de subjetivos. Considera una fase de gabinete, fase de campo identificando los niveles de riesgo, recopilación de información, áreas de influencia por inundaciones, determinando el análisis del factor condicionante, desencadenante y análisis de vulnerabilidad teniendo como resultado el análisis de riesgo de dicho centro poblado.

Este informe muestra las siguientes conclusiones; en el extremo derecho de la Vía Fernando Veraunde T. existen 22 casas de alto peligro, 6 casas de muy alto peligro, 25 casas de mediano peligro; en los márgenes izquierdos se reconoció 55 casas en peligro medio y 11 casas en peligro alto. La examinación de vulnerabilidad mostró que en los márgenes derechos de la carretera Fernando Belaunde T. Existen 18 casas de baja vulnerabilidad, 5 viviendas de mediana vulnerabilidad, 4 viviendas de alta vulnerabilidad y 10 viviendas de muy alta vulnerabilidad; Del lado izquierdo se identificaron 22 viviendas residenciales con vulnerabilidad baja, 5 casas residenciales con vulnerabilidad alta y 1 vivienda residencial con vulnerabilidad muy alta. Se estableció el nivel de riesgo para cada residencia, identificándose 21 residencias de muy alto riesgo, 19 residencias de alto riesgo, 8 residencias de mediano riesgo y 5 residencias de bajo riesgo en los márgenes derechos de la Carretera Fernando Belaúnde Terry y del lado izquierdo se identificaron 6 viviendas de alto riesgo y 60 de muy bajo riesgo.

Este trabajo de investigación ayudo a la comprensión de la metodología elaborada por Tomas Saaty en el uso del análisis jerárquico para resolver problemas complejos ya que este trabajo evalúa los riesgos originados por inundación en un centro poblado EL Sauzal

teniendo en cuenta los condicionantes factores que son las pendientes, geomorfologías y litologías; así como, los factores desencadenantes que son las precipitaciones, esto ayudará a enfocar el trabajo de una forma eficaz en determinar los factores desencadenantes y condicionantes; así mismo, orientará en la examinación de vulnerabilidad teniendo en cuenta las fragilidades y resiliencias económicas, sociales y ambientales, para así establecer de forma óptima el nivel de riesgo.

(Hanco, 2018) en su investigación: “Evaluaciones de los riesgos geológicos en la localidad de Tiabaya” consideró como objetivo general evaluar los riesgos geológicos en la localidad de Tiabaya, teniendo en cuenta criterios geomorfológicos y geológicos, enfocado en los riesgos por flujos de detritos en el cual caracterizó zonas de peligrosidad y recomendó medidas de mitigación. Del mismo modo con aspectos metodológicos se orientó en un modelo funcional pasa por diversas etapas, que van desde la captura de la información, pasando por la reproducción del modelo de elevación digital, la base geográfica, la base geológica y geomorfológica, hasta definir las relaciones de integración entre los componentes que participan en el modelo, al final tener como resultado un mapa de susceptibilidad por riesgos de flujos de detritos en la localidad de Tiabaya.

El trabajo de investigación presenta las siguientes conclusiones

- Se identificó los factores condicionantes de la evaluación por flujo detritos y su posterior análisis, dichos factores fueron la litología, la geomorfología y la pendiente del terreno.
- Se correlacionó eventos anómalos de precipitación como desencadenante componente para examinar los riesgos por flujos de detritos, cuyo patrón de recurrencia se da principalmente en los meses de enero a marzo.
- Se identificó y evaluó la peligrosidad por los eventos de flujos de detritos, determinando su grado de peligrosidad y su aplicación en el mapa de peligros elaborado.

Este trabajo investigación ayudará a usar de forma eficaz los Sistemas de Información Geográfica para la elaboración de mapas, para así observar de manera temática todas las herramientas que necesitamos para determinar el nivel de riesgo, todo esto utilizando como base la matriz de Saaty; también, ayudará a comprender la correlación de los

componentes desencadenantes y condicionantes para la examinación de peligrosidad; así como, la resiliencia y fragilidad económica, ambiental y social para la examinación de vulnerabilidad los cuales son fundamentales para establecer los riesgos en las zonas de investigación.

3.2.Bases teóricas

Riesgo

Según él (Ministerio de Energía y Minas, 2017) lo conceptualiza como las combinaciones de las probabilidades de que suceda un peligro bajo determinadas condiciones y genere perjuicios a la población, medio ambiente e infraestructura.

Inundación

Las inundaciones son el evento que, por precipitaciones, oleaje, marejadas, o fallas de cualquiera de las estructuras hidráulicas, provoque un aumento del espejo de libre agua, dando lugar a la infiltración o intrusión de agua en lugares donde este suele ser el caso, no hay, generalmente hay daño a la población, la agricultura, la ganadería y la infraestructura (Marco Antonio Salas Salinas, 2004). Estas se producen cuando existen precipitaciones torrenciales y/o de larga duración, exceder las capacidades de campo del suelo o incrementan los volúmenes de transporte del río, ocasionando inundaciones en zonas de baja pendiente o desborde en caso de los ríos, (“Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, 2014”).

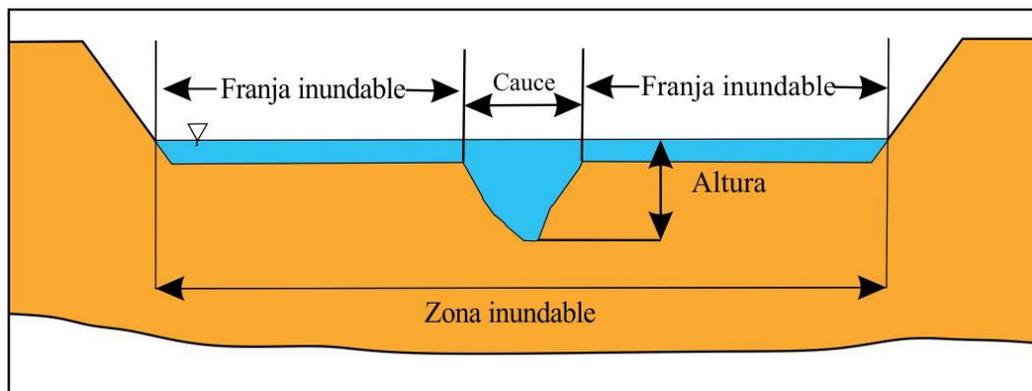


Figura 3.1. “Esquema de inundación adaptado de Mugerza – Perelló 2003”

Tipos de inundaciones en redes viales

Según (Larsen, 2010) la inundación en redes viales se describe en tres grupos.

- Si el sistema de drenaje no tiene la capacidad suficiente, el agua se acumulará en la superficie de las depresiones bajas. Las áreas que ayudan a los drenajes pueden ser tanto áreas perimetrales como drenaje directo en las calles.
- Los ríos pueden desbordarse debido a la falta de capacidad suficiente aguas abajo.
- El acrecentamiento del nivel del mar induce a inundaciones en zonas bajas.

Inundaciones por operaciones incorrectas en obras de infraestructura.

Ocurre principalmente en lo que se refiere a rotura de presas o embalses, ya sea por defectos constructivos o por factores indirectos como deslizamientos de laderas en el embalse ocasionado desborde del agua. Estos fenómenos pueden ocasionar una serie de estragos y daños aguas abajo, no solo la población, sino también a la agricultura, medio ambiente, y la infraestructura

Por otro lado, a veces, el taponamiento de cauces naturales o artificiales originados por aglomeramiento de materiales, también provoca desbordamientos; generando inundaciones en zonas adyacentes (CENEPRED, 2014).

Riesgo por inundación

Es la probabilidad de que un peligro en este caso la inundación provoque perjuicios en la población, animales e infraestructura afectando la salud y economía de estos.

Factores condicionantes

Según (CENEPRED, 2014) se refiere a los parámetros propios del ámbito geográfico, como son la pendiente, geología, geomorfología, vegetación, etc.

Factores desencadenantes

Según (CENEPRED, 2014) se refiere a los parámetros que tienen una influencia preponderante en la ocurrencia de eventos que pueden generar peligros específicos, por ejemplo: precipitaciones intensas, sismos, etc.

Pendiente

Es el Angulo que forma el terreno con respecto a una horizontal, esta inclinación normalmente es expresada en ángulos sexagesimales o como porcentaje (ECOMEXICO, 2000).

Clasificación de la pendiente

(Zuidam, Aerial photointerpretation in terrain analysis and geomorphological mapping. The Hague, Smits Publishers, 1986) propone una clasificación de la pendiente que se evidencia en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1: Clasificación de la pendiente.

“PENDIENTE”	“CONDICIONES DEL TERRENO”
(%)	
0 - 2	Planicie sin denudación apreciable
2 - 4	Pendiente muy baja, peligro de erosión
4 - 8	Pendiente baja, peligro severo de erosión
8 - 16	Pendiente moderada, deslizamientos ocasionales, peligro de erosión severo
16 - 35	Pendiente fuerte, deslizamiento denudacionales intensos, peligro extremo de erosión de suelos
35 - 55	Pendiente muy fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos, reforestación posible
> 55	Pendiente extremadamente fuerte, afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos severos (caídas de rocas), cobertura vegetal limitada

Fuente: Tomado de (Zuidam, Aerial photointerpretation in terrain analysis and geomorphological mapping. The Hague, Smits Publishers, 1986)

Peligro

Situación que puede ocasionar deterioro a la comunidad, infraestructura y medio. (Ministerio de Energia y Minas, 2017), por otro lado, él (CENEPRED, 2014) lo conceptualiza como las probabilidades que acontezca fenómenos naturales con potencial

perjudicial en un sitio dado. Entonces podemos decir que el peligro es aquella actividad o circunstancia ya sea natural o creada por el ser humano que puede provocar daños o lesión, a la infraestructura o paralización del algún tipo de proceso.

Proceso de Análisis Jerárquico (AHP)

Planteado por Thomas L. Saaty, en el año 1980, este proceso es una técnica empleada para tomar decisiones con propiedades diferentes, este proceso nos indica que aquel que tome la decisión evalúe los criterios subjetivamente y después asigne un valor a cada uno de los criterios evaluados, así la opinión es resuelta sistemáticamente mediante la comparación de pares. En un ámbito de incertidumbre, el AHP brinda la perspectiva de operacionalizar datos mediante la asignación de valores, basados en una escala propuesta por el mismo autor, llegando así a alternativas de decisión. Para definir el valor cuantitativo o la relativa importancia de los indicadores se da a la escala de Saaty para asignar importancias mediante un puntaje tal en mención se evidencia en el cuadro 3.2

Cuadro 3.2: “Escala de Saaty”

“Escala Numérica”	“Escala Verbal”	“Explicación”
9	Absolutamente o muchísimo más importante que ...	Al contrastar un descriptor con un tercero el inicial se toma absolutamente o muchísimo más importante que el siguiente
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al contrastar un descriptor con un tercero el inicial se toma mucho más importante o preferido que el siguiente
5	Más importante o preferido que ...	Al contrastar un descriptor con un tercero el inicial se toma más importante o preferido que el siguiente
3	ligeramente más importante o preferido que ...	Al contrastar un descriptor con un tercero, el inicial se es ligeramente más importante o preferido que el siguiente
1	Igual o indiferente a ...	Al contrastar un descriptor con un tercero, hay indiferencia entre ambos
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al contrastar un descriptor con un tercero, el inicial se toma ligeramente menos importante o preferido que el siguiente

1/5	Menos importante o preferido que ...	Al contrastar un descriptor con un tercero, el inicial se toma menos importante o preferido que el siguiente
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al contrastar un descriptor con un tercero, el inicial se toma mucho menos importante o preferido que el siguiente
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante que...	Al contrastar un descriptor con un tercero el inicial se toma absolutamente o muchísimo más importante que el siguiente.
2,4,6,8	Valor medio entre 2 calificaciones inmediatas, utilizado cuando se requiere un valor promedio entre dos intensidades preliminares.	

Fuente: Tomado de (Saaty, 1980)

Ciertas ventajas del análisis jerárquico de procesos sobre otros métodos de toma de decisiones multicriterio, de detallan a continuación:

- ✓ Presenta un sustento matemático basado en análisis matricial
- ✓ Permite desmenuzar e individualizar un problema en partes.
- ✓ Esto permite la operacionalización de criterios cualitativos y cuantitativos mediante una escala común.
- ✓ Generar un consenso mediante la participación de equipos multidisciplinarios
- ✓ Permite incorporar los índices de consistencias y realizar las modificaciones si es necesario.
- ✓ Suscita un resumen y da las posibilidades de elaborar análisis de sensibilidades.
- ✓ Es fácil de usar y le permite optimizar sus resultados utilizando métodos matemáticos.

3.3. Geomorfología

La geomorfología vista principalmente en la zona de estudio de la carretera Yauri - Suykutambo son las altiplanicies que van de desde el kilómetro 0+000 hasta el kilómetro 22+000 aproximadamente seguidamente nos encontramos con la entrada hacia los cañones por donde discurren los ríos Callumani, Cerritambo y Apurímac para conectarse

en el Gran Apurímac, estos ríos forman el paisaje turístico los tres cañones de Suykutambo con alturas de 80 metros aproximadamente, estas geoformas las pudimos visualizar desde el kilómetro 22+000 hasta el kilómetro 42+00 aproximadamente, llegando ya casi al límite territorial entre Cusco y Arequipa tenemos los cerros y lomas ya finalizando la vía en dirección a Caylloma – Arequipa.

3.4.1. Unidades geomorfológicas

Altiplanicie

Esta geoforma se distribuye en los cuadrángulos de Yauri, Ayaviri y Azángaro, posee una extensión notable y se forma sobre altitudes que varían de los 4000 y 3900 m. s. n. m., en la zona de estudio se encuentra representadas por zonas planas ubicadas a ambos márgenes de la vía principal desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 22+000, en la que se encuentra zonas de bofedal, inundación y paleocauces, tal como se describe Cruz, 1995.

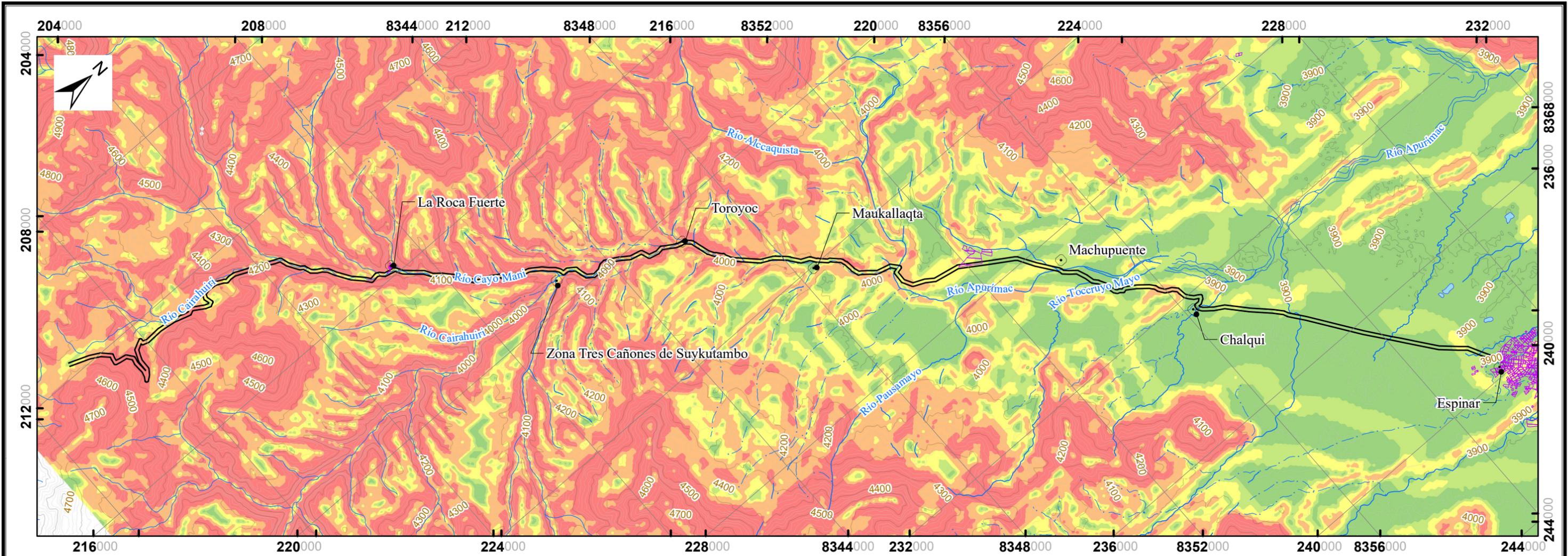
Cerros – Lomas

Esta unidad geomorfológica se encuentra distribuida en las partes distales en ambos márgenes de la vía y sobre todo en los tramos finales de la vía, se caracteriza por su relieve suavemente ondulado, con pendientes suaves a moderadas.

Valle-Cañón

El área se define principalmente por la existencia de los tres cañones de Suykutambo además existe un característico patrón de drenaje paralelos y concurrentes a ambos lados de la vía, el cual es modelado por tobas del Complejo Volcánico Caylloma.

Su característica principal, como en el caso del río Apurímac, es la escarpadura del valle en forma de V que se profundiza gradualmente.. (Cruz, 1995), tal como se evidencia en el mapa dependientes de la figura 3.2 se muestra claramente dos sectores de pendientes; el primero de pendientes planas (0 - 4 %), y un segundo sector caracterizado por pendientes altas (8 % a más), en la segunda mitad de la vía se observa un sistema de drenaje paralelo y concurrentes a la margen derecha de la vía, y presentan pendientes altas en ambos flancos.



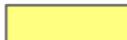
Símbolos

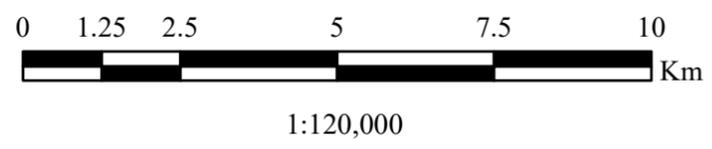
-  Zona urbana
-  Laguna
-  Carretera existente
-  Drenaje
-  Curvas Primarias
-  Curvas secundarias

Leyenda

Clasificación de pendiente

Porcentaje (%)

-  0 -2
-  2 - 4
-  4 - 8
-  8 - 15
-  15 a más



		Universidad Nacional Mayor de San Marcos Universidad del Perú. Decana de América Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica Escuela Profesional de Ingeniería Geológica			
Análisis de riesgos por inundación e impacto en el mejoramiento de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco.					
MAPA DE PENDIENTES					
PROYECCIÓN GWS- 84, UTM -19 S	ELABORADO POR Y. R. Ortiz de Zevallos Z.	FECHA Mayo, 2022	Figura 3.2		

3.4. Marco geológico

La información de geología se abordó con principio en la cartografía a escala 1: 50000 del INGEMMET (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico), específicamente los cuadrángulos de Yauri, Velille, Azángaro y Ayaviri hojas 30s y 30t, cuadrángulo de Condorama hoja31s, y cuadrángulo de Cailloma 31t observando principalmente unidades litológicas volcánicas, y depósitos cuaternarios en toda la vía Yauri – Suykutambo.

3.4.1. Unidades litoestratigráficas

3.4.1.1. Mesozoico

Formación Hualhuani

Los afloramientos se ubican en el cuadrángulo de Yauri, En la zona de estudio se presenta esta formación a ambos márgenes de la vía principal a unos 800 a 1200 m de distancia. Consiste en areniscas de cuarzo blanco de granulometría media a gruesa con soportes de cuarcita subredondeados que están obliterados. En algunas zonas alcanzan una sucesión de unos 300 metros de areniscas cuarzosas pardo amarillentas intercaladas con estratos delgados de areniscas arcillosas pardas en estratos de 20 a 30 cm. (Cruz, 1995).

La Formación Hualhuani al sur tiene una estructura obliterada cuando está impura, es decir, incrustada con limolitas, mientras que las areniscas de cuarzo son más resistentes.

Formación Arcurquina

La mayoría son afloramientos de calizas de color gris azulado de aspecto masivo Las capas blanquecinas y azuladas de piedra caliza tienen menos de 1 m de espesor y se particularizan por intersecciones de venillas de calcita; La piedra caliza también está recristalizada y veteadas con parches verdosos de óxido de cobre., en las áreas de investigación se encuentra restringida en al sureste del centro poblado de Chalqui tal como se muestra en la. (Cruz, 1995).

3.4.1.2.Cenozoico

Grupo Tacaza

Descrito por Newell, N.D. como Volcánico Tacaza, actualmente, esta unidad también incluye una secuencia de depósitos lagunares y volcánicos de naturaleza lávica, piroclástica y aglomerádica.

En la zona de investigación se localiza al sureste del centro poblado Machupunte, y se dispone en contacto principalmente con la Formación Ichicollo y Arcurquina.

Formación Orcopampa

Está ubicada en el margen derecho, al finalizar la vía principal. Originalmente fue descrita por Caldas, J. (1994) en el Cuadrángulo de Orcopampa. Litológicamente, esta unidad está compuesta por capas aglomerádicas de composición dacítica con colores que varían de gris púrpura a verdoso.

Formación Ichocollo

Esta unidad se encuentra a ubicada a ambos márgenes de la vía en contacto principalmente con el complejo volcánico Cailloma como se muestra en la figura 3.3

Esta unidad fue descrita por Dávila, D. en el cuadrángulo de Cailloma, constituidos por coladas de andesita y composición andesita-basáltica. Estos flujos consisten en algunas biotitas con sericitización y fenocristales de plagioclasa tal como describe (Cruz, 1995).

Grupo Barroso

Originalmente fue descrita como formación Garza y asignada con edad pleistocénica esta formación es la que predomina en el área de estudio y consiste de tobas soldadas de color blanquecino con contenido de cristales y matriz de ceniza. Según Colque, 2003 forma parte de los productos explosivos de la caldera Cailloma.

Grupo Maure

Esta unidad está presente en el are de estudio en el tramo inicial hasta el cruce con el rio Toccruyo Mayo, consiste en secuencias de conglomerados polimícticos en la base ,seguidamente por areniscas y limoarcillitas que antes fue denominada formación Casa blanca, después viene limoarcillitas, dolomitas y calizas en estratos delgados anteriormente llamada formación Yauri, y en la parte superior se tiene tobas cristalolíticas de composición riolítica a dacítica, como menciona en la memoria descriptiva de las revisiones y actualizaciones de los cuadrángulos Condorama 31-t (M. A. S., 2003).

3.4.1.3. Depósitos pleistocénicos

Estos depósitos cubren las unidades prepleistocenas y su distribución está controlada por la Depresión de Cailloma; Generalmente ocupan zonas bajas del área de estudio.

El material de las morrenas consiste principalmente en grava suelta, arena y limo de varios tipos, predominantemente material volcánico andesítico. Los depósitos glaciofluviales tienen una matriz más compacta y son de naturaleza arenosa.

Estos depósitos están parcialmente cubiertos por depósitos recientes como material aluvial y por los volcánicos (Cruz, 1995).

Depósitos glaciofluviales

Se distribuyen en los cuatro cuadrángulos que abarca el estudio, formando terrazas que se hallan en los márgenes de los principales ríos como los ríos Toccruyo Mayo, el rio Apurímac entre otros estas están compuestas por clastos polimicticos de rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas de tamaños diferentes con una matriz granular.

Morrenas

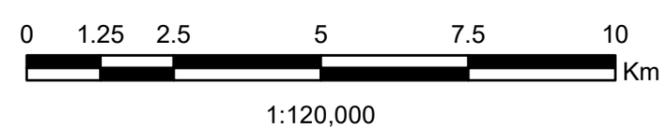
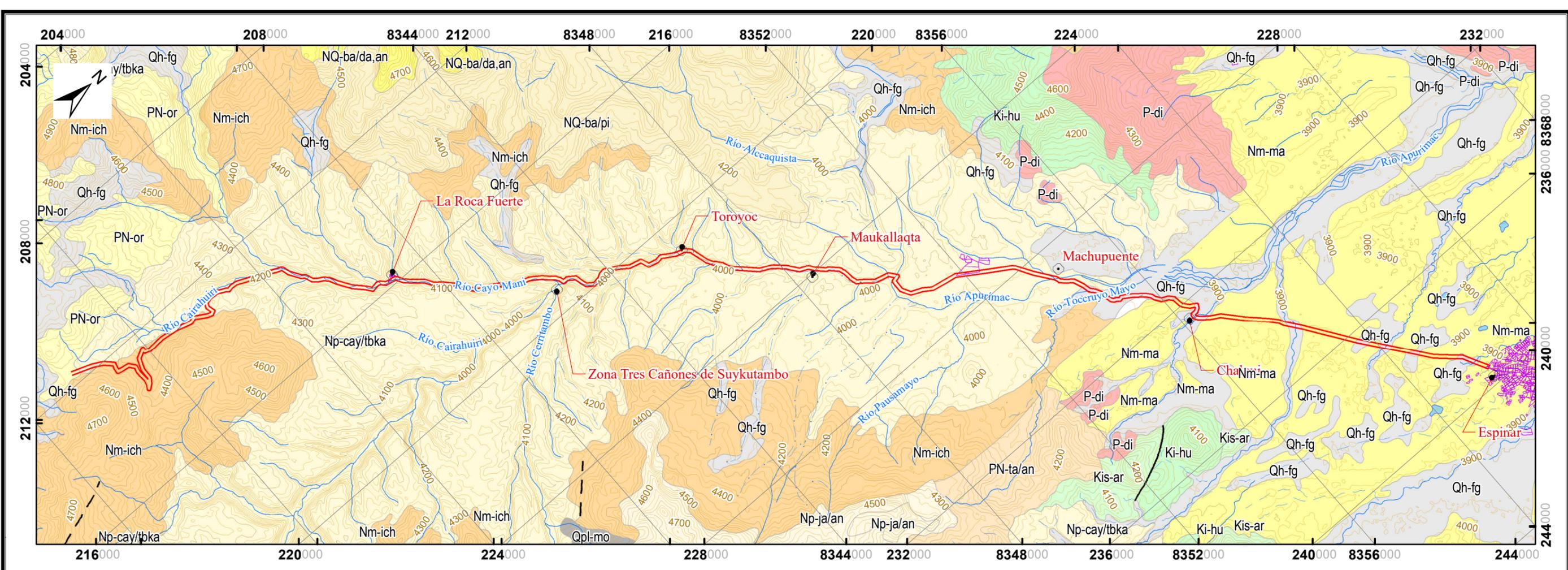
Se hallan limitadas en la zona de investigación al sureste de los tres cañones de Suykutambo, su litología está compuesta de rocas volcánicas de los Grupos Barroso y Tacaza distribuida en material limo-arenoso tal como describe (Cruz, 1995).

Depósitos aluviales

Estos depósitos están ubicados a lo largo de los márgenes de los ríos principalmente el río Apurímac, Están compuestos por materiales polimícticos de diferentes tamaños desde arcilla hasta gravas de diferentes tamaños (Cruz, 1995).

Rocas intrusivas

En las áreas de investigación se hallan distales a la vía principal, estas compuestas de rocas graníticas de composición granítica y granodiorita (Cruz, 1995).



Símbolos	
	Zona urbana
	Laguna
	Carretera existente
	Drenaje
	Falla normal
	Falla inferida
	Curvas Primarias
	Curvas secundarias

Leyenda					
	Qh-fg	Depósitos aluviales y fluvio-glaciares		Nm-ich	Grupo Tacaza - Fm Ichicollo, flujos de lava andesítica y andesita basáltica
	Qpl-mo	Depósitos morrénicos		PN-ta/an	Grupo Tacaza - andesitas
	NQ-ba/da,an	Grupo Barroso - andesitas		PN-or	Fm. Orcopampa - Conglomerados de composición dacítica, piroclastos
	NQ-ba/pi	Grupo Barroso - intercalación de tobas cineríticas a líticas		P-di	Rocas intrusivas - granito, granodiorita
	Np-ja/an	Complejo volcánico Jaruma - tobas cristalíticas de composición dacítica a riódacítica		P-pu	Grupo Puno: areniscas rojas y conglomerados
	Np-cay/tbka	Complejo volcánico Caylloma - tobas cristalíticas de composición dacítica a riódacítica		Kis-ar	Fm Arcurquina - Calizas
	Nm-ma	Grupo Maure - volcánico-lástico, areniscas, calizas, limolitas, tobas		Ki-hu	Fm Hualhuani - Areniscas



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
 Universidad del Perú. Decana de América
 Facultad de Ingeniería Geológica, Minera,
 Metalúrgica y Geográfica
 Escuela Profesional de Ingeniería Geológica



Análisis de riesgos por inundación e impacto en el mejoramiento de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco.

MAPA GEOLÓGICO DEL AREA DE ESTUDIO

PROYECCIÓN GWS- 84, UTM -19 S	ELABORADO POR Y. R. Ortiz de Zevallos Z.	FECHA Mayo, 2022	Figura 3.3
---	--	----------------------------	-----------------------------

3.5. Geología estructural

Presenta estructuras a nivel regional, afectando rocas sedimentarias como a la formación Hualhuani y formación Arcurquina: Estas fallas regionales en dirección andina se ubican en dirección perpendicular a la vía Yauri-Suykutambo, no tiene implicancia directa en la evaluación del riesgo ya que no se considera una falla activa, además está fuera de la influencia del proyecto.

Debido a que el área se encuentra cubierta en su mayoría por depósitos volcánicos, por lo que las posibles estructuras están enmascaradas por estos depósitos, y no es posible reconocer en superficie.

3.6. Clima, hidrología y vegetación

Hidrográficamente pertenece:

Gran cuenca: Amazonas

A la Vertiente: “Atlántico”

Sector de cuenca: Alto Apurímac

Cuenca: Apurímac

Cuadro 3.3: Principales ríos de Espinar.

“Distrito”	“Nombre”	“Caudal”	“%”
Coporaque	Sañu	0,795	7,8
Coporaque	Quero	0,9032	8,7
Coporaque	Apurímac	4,084	39,8
Coporaque	Tincoc May	0,1544	1,4
Coporaque	Suykutambo	0,2309	2,3
Coporaque	Cayomani	0,2694	2,5
Espinar	Salado	3,29	31,8
Espinar	Cañipia	0,5719	5,7
“Total”		10,2866	100

Fuente: “Gobierno Regional Cusco” - Mun. “Provincial de Espinar-GEA” (Núñez Monroy W. , 2011)

Del Cuadro 3.3, donde se señalan los esenciales ríos de Espinar como es el río Apurímac que presenta mayor caudal.

Clima.

En la zona presenta un promedio de temperatura anual de 6.7 °C, teniendo la aparición de heladas desde los meses de mayo a setiembre y de precipitaciones desde los meses octubre a abril. La diversidad climática otorga a la provincia de Espinar condiciones y oportunidades especiales en cuanto a los recursos naturales, la composición vegetal y del suelo, así como las posibilidades de uso del territorio.

Las dos estaciones meteorológicas más cercanas son la Estación Huayhuahuasi ubicada en la localidad de Coporaque, provincia de Espinar

Precipitación

En la zona de estudio presenta precipitaciones de 750 mm en promedio, siendo así los meses de octubre a abril con más, mientras que de mayo a septiembre tiene la menor precipitación

A. Humedad relativa. 63% promedio anual.

B. Evapotranspiración. Mide 1.087 mm (Gobierno regional Cusco, 2019).

Temperatura

Las temperaturas mínimas entre 0 y 4 °C, y las más frías oscilan entre 6 y 1 °C, siendo teniendo heladas los meses de mayo a junio. (Núñez Monroy W., 2011).

Cuadro 3.4: “Temperatura y precipitación media mensual promedio (junio 2005 – junio 2015)”.

“Meses”	“Temperatura(C°)”	“Precipitación (mm)”
Enero	9.07	128.69
Febrero	8.86	159.55
Marzo	9.08	106.54
Abril	8.48	48.27
Mayo	6.99	13.13
Junio	5.42	10.02
Julio	4.75	2.14
Agosto	6.5	14.23
Setiembre	8.26	13.95
Octubre	10.15	53.52
Noviembre	10.06	73.42
Diciembre	9.39	112.97
Promedio	8.09	61.36

Fuente: “estación Meteorológica Xstrata Tintaya S.A”

De mayo a septiembre el periodo es seco, de octubre a abril muestra un periodo húmedo, de octubre a marzo las temperaturas aumentan, y los meses de junio y julio muestran mínimas temperaturas tal como se muestra en el cuadro 3.4.

Cuadro 3.5: “Provincia Espinar: Temperatura, Precipitación y Humedad Relativa”

	“Temperatura (°C)”	“Precipitación (mm)”	“Humedad Relativa (%)”
Max	16.3	“700 a 750 Yauri (espinar)-Coporaque- Suykutambo”	64
Min	-4.47		58
Media anual	6.68	775.9	63

Fuente: “Diagnóstico integral y lineamientos de desarrollo sostenible de la provincia de Espinar”, 2005 “En base a diagnóstico del IMA”

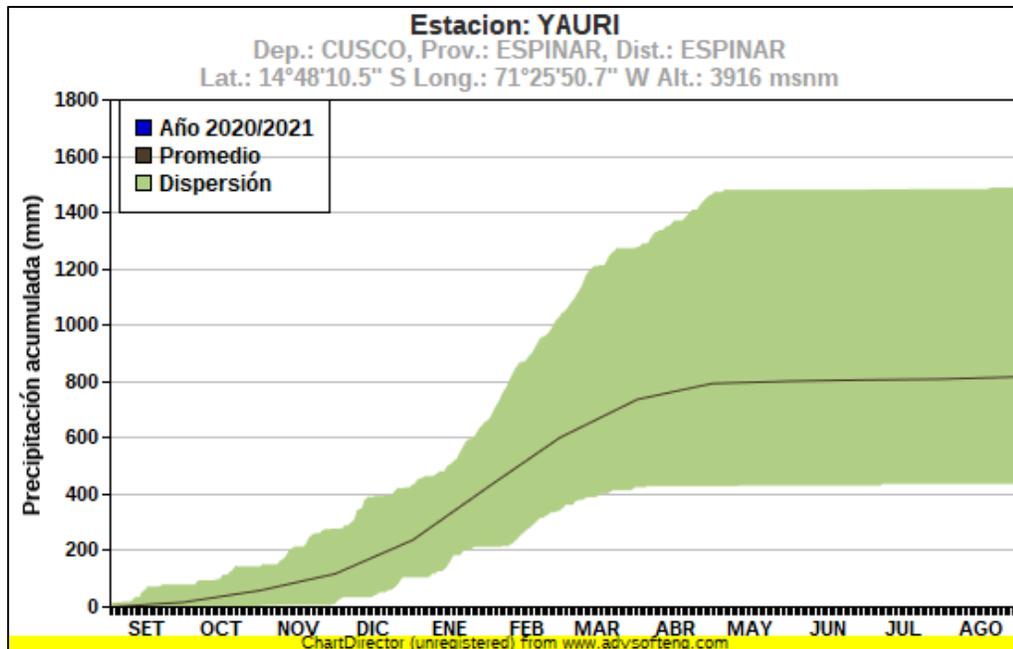


Figura 3.4. Estación Yauri precipitación acumulada año 2020-2021

Fuente Senamhi.

Vegetación

Pajonal Andino - Pastizal

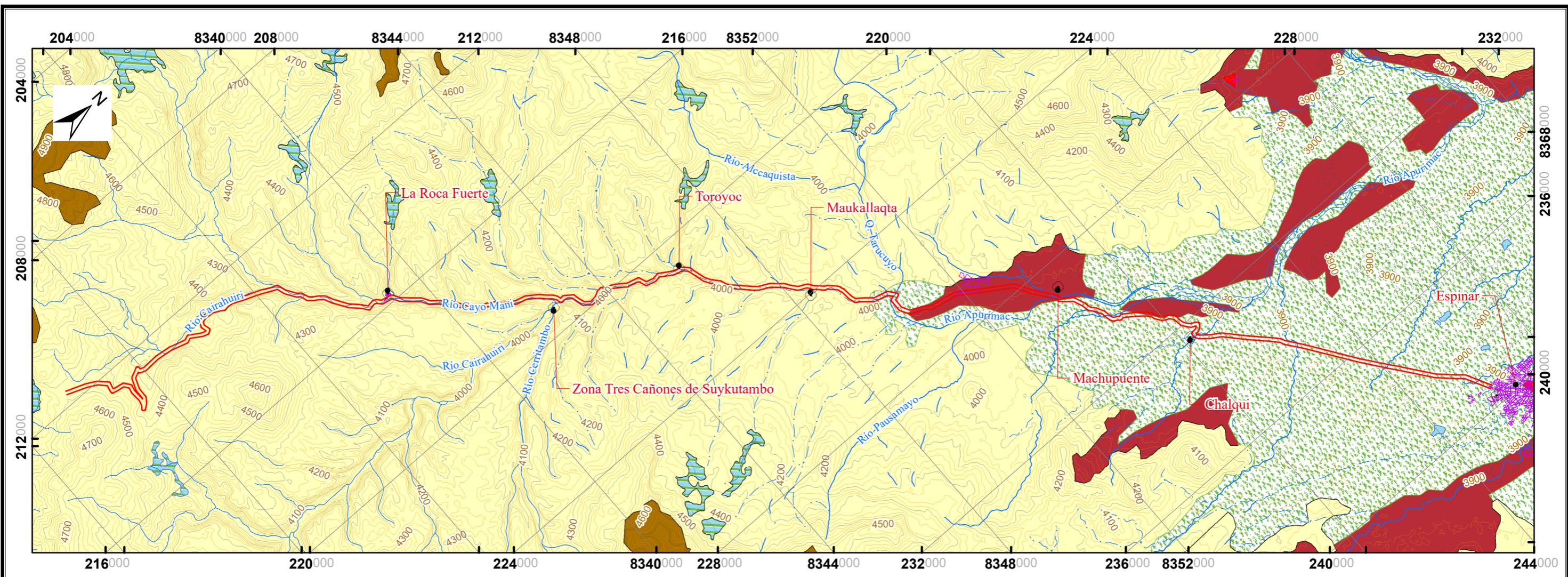
Observamos en la mayor parte de la zona de estudio desde el kilómetro 20+000 hasta finalizar la vía límite de Cusco con Arequipa como se evidencia en la figura 3.5, está conformada principalmente por pastizales en la parte alta de la cadena andina, entre unos 3.800 y 4.800 m.s.n.m. Sí n. m. Se desarrolla en terrenos llanos como en el altiplano hasta escarpados o empinados en los valles y depresiones (**Ministerio del Ambiente, 2015**).

Matorral Arbustivo – Bofedal

Se encuentra por encima de los 3.500 m.s.n.m. en contacto con los pastizales andinos, también está compuesta de bofedales ya que es una superficie con pendientes muy bajas (**Ministerio del Ambiente, 2015**) estas se encuentran del kilómetro 0+000 hasta el kilómetro 14+000 tal como se muestra en la Figura 3.5

Agricultura andina – terrenos de cultivo.

Corresponde a todas las áreas actualmente dedicadas a actividades agrícolas activas y latentes, Este tipo de cobertura abarca desde el kilómetro 14+00 hasta el kilómetro 20+000 como muestra la figura 3.5 Además, los pisos y taludes de los valles interandinos hasta el límite de los pastizales altoandinos. (**Ministerio del Ambiente, 2015**).

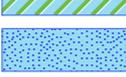
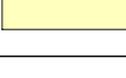


Símbolos

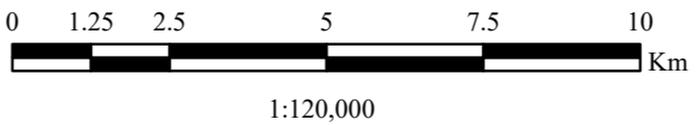
-  Zona urbana
-  Laguna
-  Carretera existente
-  Drenaje
-  Curvas Primarias
-  Curvas secundarias

Leyenda

Cobertura Vegetal

-  Agricultura costera y andina
-  Area altoandina con escasa y sin vegetación
-  Area urbana
-  Bofedal
-  Lagunas, lagos y cochas
-  Matorral arbustivo
-  Pajonal andino

Nota:
 Fuente: Mapa elaboradon con base en la información del Ministerio de Agricultura



	Universidad Nacional Mayor de San Marcos Universidad del Perú. Decana de América Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica Escuela Profesional de Ingeniería Geológica		
Análisis de riesgos por inundación e impacto en el mejoramiento de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco.			
VEGETACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO			
PROYECCIÓN GWS- 84, UTM -19 S	ELABORADO POR Y. R. Ortiz de Zevallos Z.	FECHA Mayo, 2022	Figura 3.5

3.7. Glosario

Amenaza geológica

Según Naciones Unidas, son procesos o fenómenos geofísicos o volcánicos que pueden causar daños mayores o menores a los servicios, el medio ambiente, los bienes y la salud. Los peligros geológicos pueden estar relacionados con los peligros hidrometeorológicos y peligros antrópicos (Reducción de Desastres de las Naciones Unidas, 2009)

Es decir, es un proceso natural o un fenómeno natural que puede causar daños a la vida humana o a la propiedad, trastornos sociales y económicos o degradación ambiental. Los peligros geológicos incluyen procedimientos terrestres internos (endógenos) o de origen tectónico, por ejemplo: fallas geológicas, vulcanismo y emisiones; y procedimientos externos (exógenos) por ejemplo movimientos en masa: deslizamientos de tierra, desprendimientos de rocas, flujos de agua, avalanchas, colapsos superficiales. licuefacción, tierras expansivas, deslizamientos marítimos. Los peligros geológicos pueden ser únicos, continuos o combinados en su origen e impacto. Así mismo podemos decir que una amenaza geológica son eventos de origen natural ya sea de origen interno o tectónico como la activación de fallas geológicas, emisiones volcánicas y origen externo como el movimiento en deslizamientos, masa, licuefacción, etc., que afectan de manera significativa a las personas, infraestructura, economía y el medio ambiente.

Amenaza

Riesgo externo a la persona, infraestructura o elemento expuesto, el cual está potencialmente expuesto a una situación de actividad humana u origen natural que puede surgir en un determinado lugar. (UNISDR, 2009). Por lo tanto, la amenaza es un factor de riesgo el cual provoca daños materiales, económicos y ambientales en un periodo de tiempo y lugar. En otras palabras, es un evento físico, fenómeno y/o acción humana latentemente dañino; que tiene la facultad de causar lesiones corporales o la muerte, daños a la propiedad, trastornos sociales y económicos o degradación ambiental. Las amenazas pueden contener condiciones potenciales que pueden ser una amenaza futura, y estas condiciones pueden tener varias fuentes: naturales (geológicas, hidrometeorológicas y biológicas) o causadas por diferentes procedimientos humanos.

Amenazas hidrometeorológicas

“La Reducción de Desastres de las Naciones Unidas” (UNISDR, 2009) define como el fenómeno de origen atmosférico, hidrológico u oceanográfico como son los ciclones, lluvias torrenciales, tormentas, granizos, sequías, etc., que puede causar daños fatales a la salud, así como daños a la infraestructura, pérdida de terrenos agrícolas y ganaderas, provocando trastornos sociales, económicos y ambientales.

Amenazas de origen antrópico

Son riesgos provocados o agravados por el hombre de manera intencional o accidental a lo largo del tiempo, estos pueden ser productos de los procesos de evolución y necesidad del ser humano, así como también del incremento demográfico ya que al aumentar la población esta requiere de más terrenos y trae consecuencia la construcción de nuevas infraestructuras las cuales tienen que cumplir estándares para su permanencia y cubrir las necesidades del hombre a lo largo del tiempo. Es decir, las amenazas al medio ambiente causadas por la acción o inacción humana son antinaturales o creadas por el hombre e incluyen: incendios forestales, contaminación por derrames químicos, gases tóxicos y partículas de humo, acumulación de desechos, mala planificación y redes de infraestructura, asentamientos ilegales y urbanización inestable, etc.

Comunicación

Actividad en la cual los diferentes entes del estado brindan información mediante diferentes medios como la televisión, periódicos, radios, redes sociales, etc., a la población de las diferentes actividades y avances de los proyectos, así como también de la prevención de desastres teniendo transparencia en dicha información.

Desastre

“El Instituto Nacional de Defensa Civil” precisa como el bloqueo grave de la articulación de la sociedad causada por peligros ya sea de forma nativa o con la intervención humana, ocasionando efectos graves en la salud (INDECI, 2006), como también pérdida de materiales, daños en el ambiente, la producción y culturales; y también excede la capacidad de respuesta local para hacer frente con eficacia a las consecuencias del desastre. En otras palabras, es la alteración grave del trabajo de una sociedad o comunidad,

que da lugar a pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales importantes que superan la habilidad de la comunidad o sociedad impactada con el fin de hacer frente a la circunstancias con su propio recurso. Los desastres son una función del procedimiento de riesgo y son el resultado de diversas amenazas, condiciones de vulnerabilidad y capacidad o medidas insuficientes con el fin de amenguar los posibles efectos negativos del riesgo.

Emergencia

Eventos adversos que requieren atención y que los grupos de población afectados pueden enfrentar por sí mismos (Oficina de los Estados Unidos de Asistencia para Desastres en el Extranjero, 2009), así mismo, podemos decir que la emergencia es una acción o evento repentino que necesita una atención inmediata ya que puede tener impactos humanos, económicos, infraestructurales y ambientales causados por la ocurrencia de fenómenos naturales o por acciones humanas, esto puede alterar el desarrollo normal de actividades en las zonas afectadas

Escenario de riesgo

El CENEPRED define a los escenarios de riesgo como datos importantes que permiten calcular los niveles de riesgo existentes en intensidad y ampliar el área de exposición a fenómenos naturales, con base en registros de información de riesgo geoespacial y administrativo, y frecuencia de los fenómenos, así como criterios de vulnerabilidad y resiliencias de los expuestos factores (infraestructura, población, actividad económica, etc.).

Evaluación del riesgo

Estudio objetivo orientado a el análisis del ambiente y condiciones de peligro por medio del estudio de amenazas, exposición y vulnerabilidad que, de forma combinada, pueden originar deterioros (UNISDR, 2009).

Exposición

Población e infraestructura que se encuentran en áreas peligrosas y por lo tanto expuestas potencialmente en riesgo de daño. Esto se puede combinar con la vulnerabilidad específica de elementos expuestos a un peligro particular para evaluar cuantitativamente el riesgo asociado con ese peligro en el área de interés (USAID/OFDA/LAC., 2009); así mismo,

podemos entender que la exposición está directamente relacionada con la vulnerabilidad, entendiéndose como las decisiones y prácticas que carecen de conocimiento y ubican al ser humano o infraestructura ante un peligro o amenaza.

Fragilidad

Estas son condiciones en las que una persona o una forma de vida se encuentra en debilidad o desventaja cuando surge el peligro.

Medidas Estructurales

Constituye una o varias estructuras físicas diseñadas para reducir o eliminar el riesgo mediante el empleo de técnicas de ingeniería con el fin de conseguir la resiliencia de una estructura o sistema a los peligros. (CENEPRED, 2014); así mismo, podemos decir que estas medidas tienen la prioridad en reducir los caudales punta, los niveles de inundación y el tiempo de duración de dicho peligro.

Medidas No Estructurales

Las actividades de construcción no físicas emplear el saber, la práctica y la experiencia existentes para disminuir los peligros y su impacto a través de políticas, legislación, conciencia pública, capacitación y educación. (CENEPRED, 2014); proponiendo una mejora en la respuesta frente al peligro, obteniendo un plan de prevención y evacuación, teniendo un mejor control de un futuro desastre.

Mitigación

Efectos de las intervenciones destinadas a disminuir el riesgo mediante medidas no estructurales y estructurales (USAID/OFDA/LAC., 2009); así mismo, evitar y minimizar los impactos mediante operaciones de reparación, conservación y restauración de la salud de la sociedad y del medio ambiente; también, (Vilma Iovon, 2009) lo define como reducir el impacto de los desastres, principalmente reduciendo la vulnerabilidad. Las medidas cautelares adoptadas a nivel técnico, prescritas por la ley, la planificación y otras normas, para proteger la vida humana, la propiedad física y la producción contra los desastres naturales, biológicos y tecnológicos.

Preparación

Una agrupación de acciones y medidas orientadas a menguar la pérdida de vidas y otros daños a través de una organización de respuesta y rehabilitación oportuna y eficaz. (USAID/OFDA/LAC., 2009)

Según el INDECI es una serie de medidas de planificación, fortalecimiento de capacidades, organización social, funcionamiento eficiente de los organismos locales y regionales encargados de la atención, apoyo, establecimiento del funcionamiento de redes nacionales de alerta temprana y gestión de desastres, anticiparse y responder con eficiencia y eficacia a situaciones de desastre o peligro inminente para garantizar una solución adecuada en cada uno de los grados de la sociedad y el gobierno. (INDECI, 2018).

Prevención

Agrupación de medidas destinadas a prever o prevenir situaciones indeseables originadas por la actividad humana o por fenómenos naturales. (USAID/OFDA/LAC., 2009). Según el INDECI corresponden a todas las acciones y medidas diseñadas para consolidar el amparo constante contra desastres. Incluyen medidas técnicas (protección de riberas, estructuras sísmo resistentes y algunas estructuras) y medidas legislativas (uso racional de los recursos de agua y suelo, planificación urbana, algunas medidas) (Vilma lovon, 2009). Entendiendo las concepciones de ambos autores, podemos deducir que la cultura de prevención es una agrupación de conocimientos, principios, valores y acciones en la sociedad, que permite la identificación, prevención y reducción ante un desastre, a partir de los comportamientos de todos sus integrantes de la comunidad.

Reconstrucción

Un proceso de mediano a largo plazo que tiene como objetivo restaurar y rehabilitar las infraestructuras críticas, los servicios, las viviendas, las instalaciones y el medio ambiente en sistemas socialmente significativos. Buscar el cambio social en vinculación con el desarrollo sostenible y las metas de disminución de los peligros de desastres (UNISDR, 2009), entendiéndose también como la fase fundamental en la que se restaura en base a las enseñanzas que nos deja el desastre, de tal manera de que esta no vuelva a suceder y si sucede la afectación sea mínima.

Recuperación

Restauración de los medios de vida, las condiciones sanitarias y los sistemas físicos, educativos, ambientales, culturales, sociales y económicos de los colectivos sociales o comunidades afectadas, logrado sobre el cimiento del comienzo del crecimiento sostenido y la gestión integral del riesgo (UNISDR, 2009).

Rehabilitación

Restauración de servicios e instalaciones esenciales que permiten que comience la recuperación de comunidades o sociedades afectadas por desastres o emergencias (UNISDR, 2009); así mismo, (Vilma Iovon, 2009) Medidas y definiciones en el período inmediatamente posterior a un desastre. Este consiste principalmente en los restablecimientos temporales de los servicios esenciales (saneamiento, alimentación, comunicaciones, agua, etc.) y la normalización de las operaciones en las zonas afectadas. Según los dos autores, esto significa que la recuperación es una parte urgente y necesaria de la respuesta ante desastres que involucra a los gobiernos locales, las autoridades locales y las personas mismas.

Resiliencia

Capacidad de la sociedad frente a amenazas para soportar sus impactos, y adaptarse a ellos, transformarlos y reconstruir de forma oportuna y eficiente, incluso mediante de la gestión de riesgos, para preservar y restaurar su estructura y funciones esenciales (UNISDR, 2009), esto quiere decir que la población se organiza para su funcionamiento aceptable y aprender de errores o negligencias cometidas durante el desastre para posteriormente protegerse y minimizar los daños causados.

Respuesta

Una serie de acciones y actividades que deben realizarse inmediatamente luego de un desastre. (INDECI, 2018), estas acciones contemplan la asistencia de los gobiernos locales y regionales con alimentación, techo y diferentes bienes y servicios básicos para la recuperación temporal de los damnificados.

Riesgo de desastre

Probabilidad de daño y pérdida de comunidad y sus medios de subsistencias debido a las vulnerabilidades y las consecuencias de los desastres (INDECI, 2018), estos riesgos pueden ser originados por riesgos de origen natural (geodinámica externa, geodinámica interna, fenómenos hidrometeorológicos u oceanográficos) o por peligros de origen antrópico en efecto de sus condiciones de vulnerabilidades.

Sensibilización

La necesidad de promover la colaboración responsable de la comunidad en la realización, gestión y sostenibilidad de los proyectos de inversión para lograr la participación ciudadana comprometida (Vilma Iovon, 2009).

Vulnerabilidad

Según el informe de Reducción de Desastres de las Naciones Unidas 2009 la vulnerabilidad es un factor intrínseco del individuo, sistema u objeto que enfrenta el peligro, correspondiente a la naturaleza inherente de ser dañado (UNISDR, 2009), así como también el INDECI, 2018 lo define como la fragilidad de la población y la infraestructura a los daños causados por los impactos de las amenazas (INDECI, 2018). Esto quiere decir que las vulnerabilidades dependen de los grados de resistencia y susceptibilidades de la población y actividades socioeconómicas a la ocurrencia de un desastre, en el proceso de vulnerabilidad se examina las existentes condiciones las cuales son: fragilidad, exposición, medios de vida y resiliencias de la comunidad (CENEPRED, 2014).

4. ANÁLISIS DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD

4.1. Delimitación del peligro.

En la zona de estudio se encontraron diferentes peligros tales como flujo de detritos, deslizamiento e inundación, en este trabajo de investigación se centrará básicamente en el peligro por inundación ya que es considerado el que tiene mayor impacto en la vía Yauri-Suykutambo.

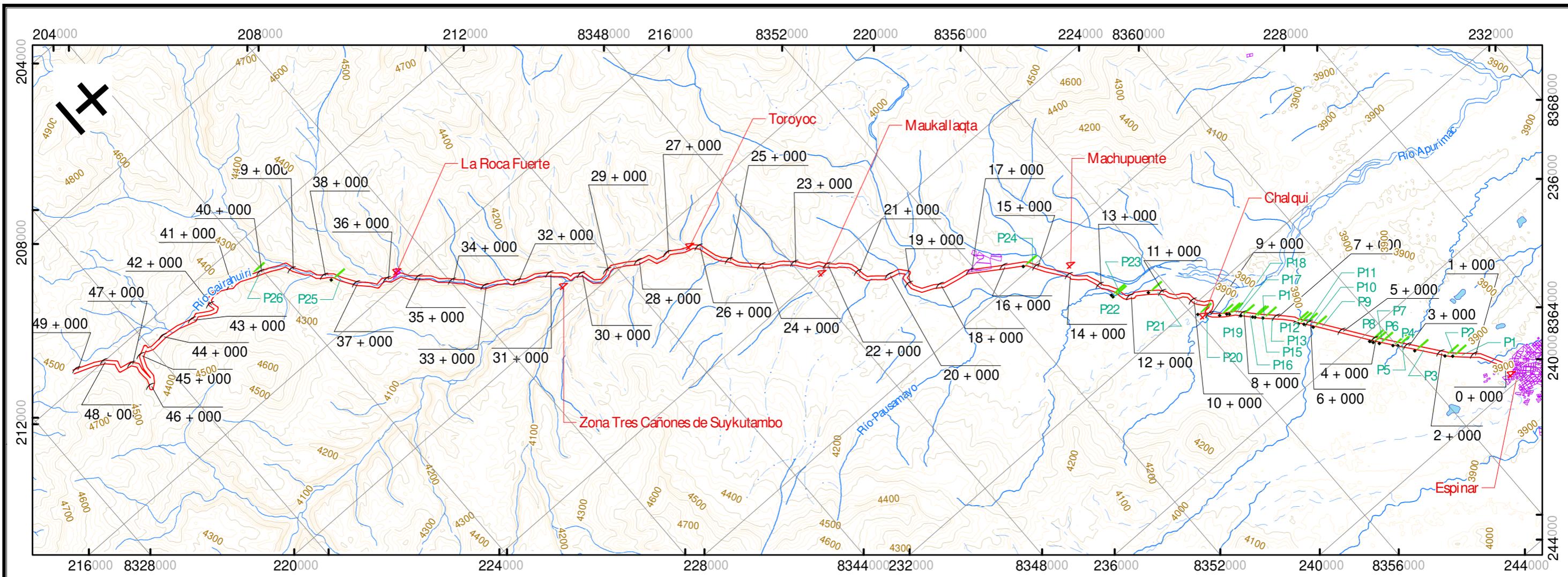
4.2. Inventario de puntos críticos de peligros por inundaciones

El inventario de los peligros en la zona de influencia se realizó en noviembre de 2021, en la cual se identificó 25 puntos críticos de peligros por inundación tal como se precisa en el Cuadro 4.1 y en la figura 4.1; en el anexo 1 se muestra el registro fotográfico de dichos puntos críticos de inventario; además, se hace las descripciones correspondientes de cada punto de acuerdo con las observaciones realizadas en campo.

Cuadro 4.1: Identificación de puntos críticos de zonas inundación.

Código	Coordenadas UTM WGS-84, 19S		Cota (msn m)	Descripción
	Este (m)	Norte (m)		
P1	238342	8361266	3931	Canal de irrigación saturada en el km 1+400
P2	238189	8361099	3933	Zona de inundación en el km 1+600
P3	237480	8360525	3933	Canal de drenaje taconeado por sedimentos km 2+530
P4	237038	8360243	3924	Zona de inundación de 250 metros en el km 3+050
P5	236942	8360128	3921	Estancamiento de agua en badén deteriorado en km 3+200
P6	236627	8359867	3926	Zona de inundación de 1 ha en el km 3+600
P7	236483	8359750	3924	Canal de drenaje taponeado con sedimentos en el km 3+790
P8	236396	8359688	3924	Zona de inundación de 1 ha en el km 3+900
P9	234974	8358698	3929	Humedales en ambos márgenes de la vía en km 5+360
P10	234612	8358433	3915	Vía afectada por flujo de detritos en el km 5+900
P11	234521	8358376	3916	Zona de inundación margen izquierdo de la vía en km 6+100
P12	233799	8357744	3928	Zona de inundación margen derecho de la vía en km 6+200
P13	233624	8357579	3930	Zona de inundación margen derecho de la vía en km 7+150
P14	233574	8357533	3926	Canal de drenaje obstruido por sedimentos en km 7+400
P15	233313	8357299	3930	Zona de inundación al margen izquierdo en km 7+460
P16	233057	8357069	3927	Zona de inundación margen izquierdo de la vía en km 7+380
P17	233005	8357014	3930	Zona de inundación margen izquierdo de la vía en km 8+128
P18	232895	8356824	3926	Canal de drenaje colmatado en km 8+200
P19	232446	8356353	3917	Zona de inundación margen izquierdo de la vía en km 8+430
P20	230998	8355662	3922	Discurrimiento de río secundario por la vía en km 9+100
P21	230400	8354795	3927	Canal de drenaje tapado con sedimentos en el km 11+100
P22	230334	8354790	3927	Estancamiento de agua margen derecho de la vía km 12+220
P23	227981	8353364	3964	Zona de inundación margen derecho de la vía en km 15+160

Código	Coordenadas UTM WGS-84, 19S		Cota (msnm)	Descripción
	Este (m)	Norte (m)		
P24	214785	8337582	4132	Socavamiento de la plataforma en el margen derecho de río Apurímac en km 37+530
P25	213078	8335897	4174	Zona de inundación flujo de detritos de la vía en km 40+00



Símbolos

-  Inventario de puntos críticos de peligros
-  Zona urbana
-  Laguna
-  Carretera existente
-  Drenaje

INVENTARIO DE PELIGROS		
Código	Coordenadas UTM WGS-84, 19S	
	Este (m)	Norte (m)
P1	238342	8361266
P2	238189	8361099
P3	237480	8360525
P4	237038	8360243
P5	236942	8360128
P6	236627	8359867
P7	236483	8359750
P8	236396	8359688
P9	234974	8358698
P10	234612	8358433
P11	234521	8358376
P12	233799	8357744

Código	Coordenadas UTM WGS-84, 19S	
	Este (m)	Norte (m)
P13	233624	8357579
P14	233574	8357533
P15	233313	8357299
P16	233057	8357069
P17	233005	8357014
P18	232895	8356824
P19	232446	8356353
P20	230998	8355662
P21	230400	8354795
P22	230334	8354790
P23	227981	8353364
P24	213078	8335897
P25	214785	8337582





Universidad Nacional Mayor de San Marcos
 Universidad del Perú. Decana de América
 Facultad de Ingeniería Geológica, Minera,
 Metalúrgica y Geográfica
 Escuela Profesional de Ingeniería Geológica



Análisis de riesgos por inundación e impacto en el mejoramiento de la carretera Yauri - Suykutambo, Espinar, Cusco.

INVENTARIO DE PUNTOS CRÍTICOS DE PELIGROS POR INUNDACIÓN

PROYECCIÓN GWS- 84, UTM -19 S	ELABORADO POR Y. R. Ortiz de Zevallos Z.	FECHA Mayo, 2022	Figura 4.1
----------------------------------	---	---------------------	---------------

4.3. Metodología de trabajo

Recopilación y homogenización de la información.

- Se ha obtenido información técnica científica disponibles de instituciones como el INGEMMET, INEI, COPESCO y CENEPRED, información histórica, estudio de peligros geológicos de diferentes zonas, topografía, geología y geomorfología de la provincia de Cusco.
- Información geológica del boletín N° 58 Geología de los cuadrángulos de Yauri, Ayaviri, Azángaro y Velille, 30s, 30t, 31u, 31v del INGEMMET. (Cruz, 1995)
- Información geológica del boletín N° 40 Geología del cuadrángulo de Cailloma 31s (M. D. D., 1988)
- Información geológica de boletín N°143 serie A Geología del cuadrángulo de Condoroma 31t (Luis Cerpa, 2011)
- Para la cartografía digital del mapa geológico se utilizaron la plataforma GEOCATMIN (Sistema de información Geológico y Catastro Minero) y se descargaron los shapefiles a una esc. de 1:50000 en UTM-WGS84 19S.
- Descargas de imágenes satelitales de la plataforma EARTHDATASEARCH Programa de Sistemas de Datos de Ciencias de la Tierra (ESDS) que fue recolectado y elaborado por de la NASA (Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio)
- Información de elementos expuestos de la plataforma del Sistema de Información para la Gestión de Riesgo de Desastre (SIGRID).
- Descarga de información y shapefiles del Ministerio del Ambiente sobre memoria descriptiva de Mapa Nacional de Cobertura Vegetal 2015 (MINAM, 2015)
- En el trabajo de campo la identificación de puntos críticos de inundación en campo como se observa en el cuadro 4.1.
- Evaluación de las características del elemento expuesto en este caso la vía Yauri – Suykutambo, sistemas de drenaje, puentes, badén, cercanía a ríos primarios y secundarios, cercanía a los centros poblados por donde pasa la vía y su documentación fotográfica respectivamente como se evidencia en el Anexo 1.

- Se identificó los parámetros condicionantes y desencadenantes como muestra el cuadro 4.4 para el análisis de la peligrosidad y vulnerabilidad.

Ponderación de los parámetros utilizando el Proceso de Análisis Jerárquico AHP

La matriz creada es una matriz cuadrada, en otras palabras, la cantidad de columnas y filas es el mismo. (CENEPRED, 2014)

La notación matemática sería: $A = X_{ij}$

Primero, se crea una matriz de comparaciones por pares. En la ponderación de criterios, esta matriz ayuda a establecer las importancias de un criterio en relación con otro.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & x_{12} & \dots & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & 1 & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \ddots & \vdots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \ddots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Se suma los elementos verticalmente de cada columna.

Obteniendo: $v_1, v_2, \dots, v_n = \sum_{i=1}^n x_i$

Segundo: se crea una matriz de comparación fija, en la que se consigue dividiendo cada elemento de la matriz por la suma alcanzada.

$$A \text{ normalizada} = \begin{pmatrix} \frac{1}{v_1} & \frac{x_{12}}{v_2} & \dots & \dots & \frac{x_{1n}}{v_n} \\ \frac{x_{21}}{v_1} & \frac{1}{v_2} & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\dots}{v_1} & \frac{\dots}{v_2} & \ddots & \vdots & \dots \\ \frac{\dots}{v_1} & \frac{\dots}{v_2} & \dots & \ddots & \dots \\ \frac{x_{n1}}{v_1} & \frac{x_{n2}}{v_2} & \dots & \dots & \frac{1}{v_n} \end{pmatrix}$$

Tercero, se obtiene el vector de prioridad, que da el peso de cada criterio de la matriz establecida:

Cálculo del vector columna:

$$p = \begin{pmatrix} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{1j} \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{2j} \\ \dots \\ \dots \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{nj} \end{pmatrix}$$

Se determina el vector de prioridades de los criterios:

$$P = \begin{pmatrix} P_{C11} \\ P_{C12} \\ \dots \\ \dots \\ P_{C1n} \end{pmatrix}$$

Teniendo en cuenta que la sumatoria de los componentes del vector prioridad debe ser equivalente a 1.

$$\sum_{i=1}^n P_{C1i} = P_{C11} + P_{C12} + \dots + P_{C1n} = 1$$

El cálculo de la Relación de Consistencia (RC), se basa en examinar la concordancia posible entre las decisiones tomadas.

Primero, multiplique el componente de la columna “primera de la matriz de comparación” correspondiente por la “prioridad relativa” del primer componente que se está considerando. Lo mismo ocurre a continuación. Para conseguir un “vector de valores” nombrado “vector de suma ponderada (VSP)”, debe combinar los valores de fila.

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \ddots & \vdots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \ddots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & \dots & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} P_{C11} \\ P_{C12} \\ \dots \\ \dots \\ P_{C1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} VSP_{11} \\ VSP_{12} \\ \dots \\ \dots \\ VSP_{1n} \end{pmatrix}$$

Luego divida los elementos del vector de suma ponderada por el valor apropiado para cada criterio:

$$\frac{VSP_{11}}{P_{C11}} = \lambda_1$$

$$\frac{VSP_{12}}{P_{C12}} = \lambda_2$$

...

...

$$\frac{VSP_{1n}}{P_{C1n}} = \lambda_n$$

Tercero: se establece la “lambda máxima”:

$$\lambda_{max} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) / n$$

Cuarto: Se calcula el “Índice de Consistencia (IC)”:

$$IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$$

Esto le ayuda encontrar relaciones de consistencia en su matriz y verificar si sus decisiones son racionales.

Quinto: Establecer la “Relación de Consistencia” (RC);

$$RC = IC / IA$$

En el cual IA es el “Índice Aleatorio de una Matriz de Comparaciones Pareadas”, originada, como lo sugiere su nombre, de manera fortuita.

Los valores del IA para los distintos “n”, conseguidos a través de la “simulación de 100,000 matrices” (Aguarón, 2001), son:

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

RC debe ser inferior a 0.04 para matrices con 3 medidas, inferior a 0.08 para matrices con cuatro medidas e inferior a 0.10 para matrices con más de cuatro medidas. (CENEPRED, 2014).

Después se vincula la información de peligro y vulnerabilidad con la información de mapeo proporcionada por las plataformas anteriores nos ayuda a crear mapas de peligrosidad, vulnerabilidad y niveles de riesgo.

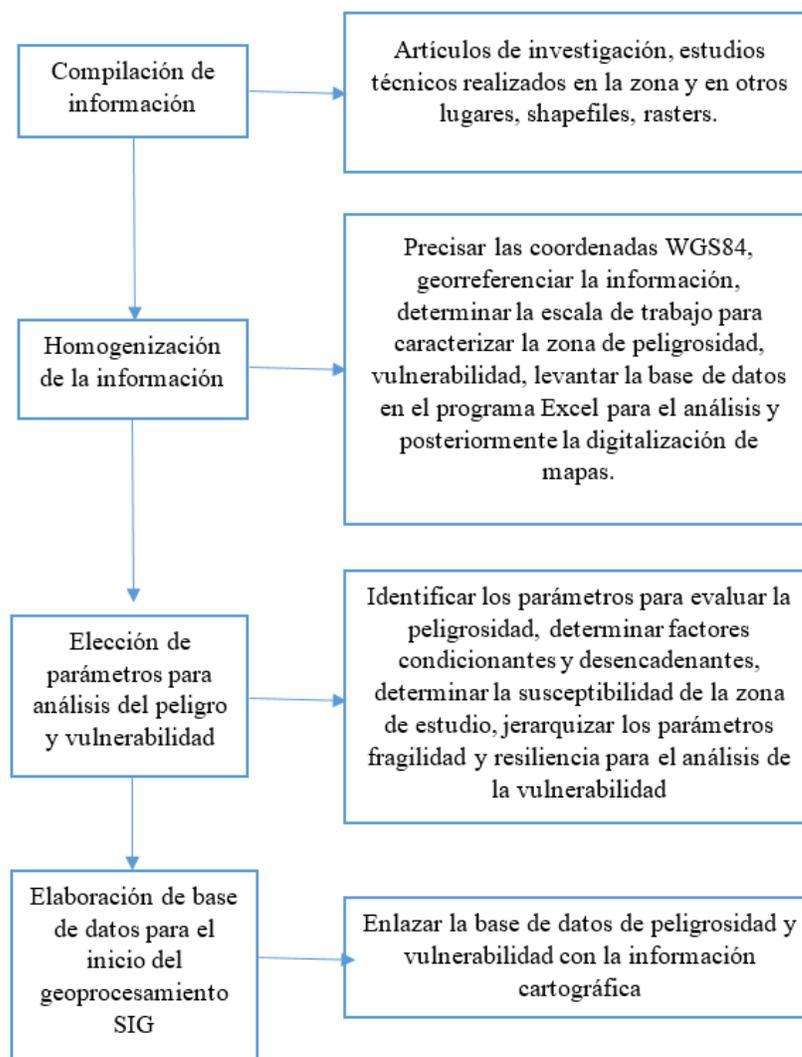


Figura 4.2. Mapa Conceptual General del “Proceso de Análisis de Información”

Fuente: Adaptada del CENEPRED.

En la figura 4.2 nos explica el procedimiento que CENEPRED utiliza para la elaboración y procesamiento de los datos, así como para la creación de los mapas temáticos respectivos.

Para una mejor comprensión de la metodología de la matriz de Saaty se elaboró unas hojas de cálculo Excel en donde de manera más sencilla introduciremos los valores correspondientes para determinar los vectores de priorización, relación de consistencia e índice de consistencia.

En una matriz de 3x3 daremos a conocer los pasos correspondientes para entender la metodología de Saaty en los cuadros que se muestran en el desarrollo del trabajo de investigación.

Parametro	D1	D2	D3
D1	1	2	5
D2	0.5	1	2
D3	0.2	0.5	1
Suma	1.7	3.5	8
1/Suma	0.588	0.286	0.125

Figura 4.3. Matriz de comparación de pares 3x3.

En la Figura 4.3 se evidencia una comparación de pares de 3 x 3 los cuales son D1, D2,D3; el cotejo de dos descriptores de equivalente magnitud será siempre 1, posteriormente se coloca los valores según el criterio y análisis del profesional utilizando la escala de Saaty vista en el cuadro 3.2; en este caso de la matriz 3 x 3 se puso al descriptor D1 el valor de 2 sobre el descriptor D2 esto quiere decir que el descriptor D1 es dos veces más importante que el descriptor D2; el descriptor D1 el valor de 5 sobre el descriptor D3 que quiere decir que el descriptor D1 es 5 veces más importante que el descriptor D3; el descriptor D2 se puso el valor de 2 sobre el descriptor D3 que quiere decir que el descriptor D2 es dos veces más importante que el descriptor D3, así obtenemos toda la matriz terminada.

Posteriormente se suma cada columna de la matriz y de ahí obtiene el recíproco de la suma como se evidencia en la Figura 4.4.

Parametro	D1	D2	D3
D1	1	2	5
D2	0.5	1	2
D3	0.2	0.5	1
Suma	1.7	3.5	8
1/Suma	0.588	0.286	0.125

Figura 4.4. Suma de cada columna de la matriz.

El paso siguiente es determinar la matriz de normalización la cual se crea multiplicando el recíproco de la suma por para cada elemento en la columna correspondiente.

Es igualmente importante determinar el vector de prioridad, encontrar la media de cada fila y la sumatoria de cada columna debe ser equivalente a las unidades que se muestran en la Figura 4.5.

Parametro	D1	D2	D3	Vector de Priorización	%
D1	0.588	0.571	0.625	0.595	59.49
D2	0.294	0.286	0.25	0.277	27.66
D3	0.118	0.143	0.125	0.129	12.85
	1.000	1.000	1.000	1.000	100.00

Figura 4.5. Matriz de normalización

Entonces podemos determinar el RC, que debe ser inferior al 10%, lo que sugiere que el criterio utilizado para comparar pares es el más adecuado. Esta relación se establece multiplicando cada valor de la matriz de comparación de pares por una matriz vectorial de priorización.

Parametro	D1	D2	D3
D1	1	2	5
D2	0.5	1	2
D3	0.2	0.5	1
Suma	1.7	3.5	8
1/Suma	0.588	0.286	0.125

x

Vector de Priorización
0.595
0.277
0.129
1.000

Figura 4.6. Multiplicación de matriz de comparación de pares por vector de priorización

Así del producto de estas matrices se obtiene se obtiene los siguientes valores los al sumar las filas se obtiene el vector suma; así mismo ya teniendo el vector suma ponderada y el vector de priorización se consigue el cociente el cual es λ obteniendo valores los cuales su promedio nos da el λ_{max} .

			Vector suma ponderada	Vector de priorización	λ_{max}
0.595	0.553	0.643	1.791	0.595	3.010
0.297	0.277	0.257	0.831	0.277	3.004
0.119	0.138	0.129	0.386	0.129	3.002
				λ_{max}	3.006

Figura 4.7. Cálculo del vector suma y λ_{max}

Ya obteniendo el λ_{\max} este nos servirá para determinar el índice de consistencia el cual se halla de la manera mostrada a continuación;

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - 3}{3-1} = 0.0028$$

Ahora ya teniendo el IC procedemos a determinar la RC el cual se calcula de la manera siguiente:

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

El Índice Aleatorio se obtiene de una simulación de 100000 matrices realizadas por Aguaron y Moreno – Jiménez el 2001, estos valores son:

"n"	3	4	5	6	7	8	9	10
IA	0.526	0.883	1.116	1.253	1.342	1.405	1.453	1.485

Por lo tanto:

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0.0028}{0.525} = 0.0053$$

IC	0.0028
----	--------

RC	0.0053
----	--------

Figura 4.8. Cálculo del índice de consistencia y relación de consistencia

4.4. Determinación de los niveles de peligrosidad por inundación

Se ha considerado un solo parámetro la frecuencia de los eventos lluviosos que son los que ocasionan la inundación, el peso ponderado es 1.

Cuadro 4.2: Matriz de frecuencia de los eventos lluviosos.

Frecuencia	Un evento de El niño > 5 eventos en promedio anual	entre 3 y 4 eventos anuales	entre 2 y 3 eventos anuales	entre 1 y 2 eventos anuales	< 1 evento
Un evento de El niño > 5 eventos en promedio anual	1.00	2.00	4.00	7.00	9.00
entre 3 y 4 eventos anuales	0.50	1.00	2.00	4.00	7.00
entre 2 y 3 eventos anuales	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
entre 1 y 2 eventos anuales	0.14	0.25	0.50	1.00	2.00
< 1 evento	0.11	0.14	0.25	0.50	1.00
Suma	2.00	3.89	7.75	14.50	23.00
1/Suma	0.50	0.26	0.13	0.07	0.04

En este cuadro 4.2 se colocó los valores de importancia a cada descriptor siendo la frecuencia un parámetro de gradualidad dicha importancia de mayor valor en este caso el valor de 9 se colocó al descriptor de exista un evento del fenómeno de El Niño o más de cinco eventos en media anual, esto quiere decir que este descripto es muchísimo más importante que el descriptor de que exista un evento o inferior.

Cuadro 4.3: Normalización de frecuencia de los eventos lluviosos.

Frecuencia	Un evento de El niño > 5 eventos en promedio anual	entre 3 y 4 eventos anuales	entre 2 y 3 eventos anuales	entre 1 y 2 eventos anuales	< 1 evento	Vector de priorización	Porcentaje (%)
Un evento de El niño > 5 eventos en promedio anual	0.499	0.514	0.516	0.483	0.391	0.481	48.059
entre 3 y 4 eventos anuales	0.250	0.257	0.258	0.276	0.304	0.269	26.893
entre 2 y 3 eventos anuales	0.125	0.128	0.129	0.138	0.174	0.139	13.881
entre 1 y 2 eventos anuales	0.071	0.064	0.065	0.069	0.087	0.071	7.119
< 1 evento	0.055	0.037	0.032	0.034	0.043	0.040	4.047
Suma	1	1	1	1	1	1	100.000

Presentamos el cuadro 4.3 de matriz normalización del parámetro frecuencia de los eventos lluviosos, donde vector de priorización y el porcentaje nos da a conocer que descriptor es más prioritario que otro; el descriptor con mayor importancia es el que exista un fenómeno de El Niño o eventos superiores a 5 en promedio anual.

“Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)” para la frecuencia de los eventos lluviosos.

IC	0.008
-----------	-------

RC	0.00718
-----------	---------

“La relación de consistencia” es de 0.00718 lo que quiere decir que el criterio tomado es el correcto ya que la RC es menor de 0.1 como indica la metodología tomada por Tomas Saaty.

4.3.1. Susceptibilidad del ámbito geográfico.

Factores que permiten la ocurrencia de inundaciones.

Para el análisis de inundaciones se tiene en cuenta los condicionantes factores, que son parámetros característicos de la zona de investigación, el cual ayuda de forma propicia o no a la ocurrencia del fenómeno. En cambio, desencadenantes factores son aquellos que actúan de manera decisiva y ocasiona finalmente el fenómeno, por ejemplo, en el caso de caída bloques en una zona de pendiente, el parámetro desencadenante puede ser la ocurrencia de un sismo, esto se muestra en el cuadro 4.4.

Entre los parámetros principales a evaluar en la ocurrencia de inundaciones se tienen los siguientes:

Cuadro 4.4: Factores Condicionantes y desencadenantes.

FACTORES CONDICIONANTES	FACTORES DESENCADENANTES
Pendiente, Geología, Vegetación	Precipitación

Factor condicionante:

Cuadro 4.5: Matriz de los “factores condicionantes”

“Parámetros”	“Pendiente”	“Geología”	Vegetación
Pendiente	1.00	2.00	3.00
Geología	0.50	1.00	2.00
Vegetación	0.33	0.50	1.00
Suma	1.83	3.50	6.00
1/Suma	0.55	0.29	0.17

El Cuadro 4.5 muestra de descriptores a los factores condicionantes, donde la pendiente tiene un valor de 3 veces más importante que la vegetación y dos veces más importante que la geología, la geología es dos veces más importante que la vegetación.

En este trabajo de investigación la pendiente es muy importante ya que si un terreno presente pendientes muy bajas y condiciones de precipitación es propenso a que sufra una inundación, seguidamente tenemos a la geología que si esta presenta suelos no porosos o porosos pero no permeables estas se sobresaturan produciendo zonas inundadas, posteriormente tenemos la vegetación que es un importante ya que permite que se infiltre al agua de las precipitaciones y sirva como esponja donde almacena y con el transcurso del tiempo lo limpia y libera.

Cuadro 4.6: “Normalización de los factores condicionantes”

Parámetros	Pendiente	Geología	Vegetación	Vector de priorización	Porcentaje (%)
Pendiente	0.545	0.571	0.500	0.539	53.896
Geología	0.273	0.286	0.333	0.297	29.726
Vegetación	0.182	0.143	0.167	0.164	16.378
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	100.000

El Cuadro 4.6 presenta la matriz de normalización del factor condicionante, donde el resultado es el vector de priorización siendo la pendiente el descriptor con 53.9% de importancia, seguidamente por la geología con un 29.7% de importancia y finalmente tenemos la vegetación con un 16.4% de importancia.

Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) para el factor condicionante son:

IC	0.0046
-----------	--------

RC	0.0087
-----------	--------

La RC es de 0.0087 esto quiere decir que según Saaty los criterios fueron tomados correctamente ya que el RC es menor de 0.04 para matrices de 3x3.

Ponderación de los descriptores del parámetro PENDIENE:

Cuadro 4.7: Matriz del parámetro pendiente.

Pendiente (%)	0 a 2	2 a 4	4 a 8	8 a 15	15 a más
0 a 2	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
2 a 4	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
4 a 8	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
8 a 15	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
15 a más	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.78	4.69	9.54	16.34	25.00
1/Suma	0.57	0.22	0.11	0.07	0.05

El Cuadro 4.7 muestra la comparación de pares del parámetro pendiente donde muestra como descriptores al valor de porcentaje de pendiente donde por ser un parámetro gradual en una inundación, la pendiente más baja presenta la mayor importancia y probabilidad de que exista dicho peligro.

Cuadro 4.8: Normalización del parámetro pendiente.

Pendiente (%)	0 a 2	2 a 4	4 a 8	8 a 15	15 a más	Vector de priorización	Porcentaje (%)
0 a 2	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.50	50.28
2 a 4	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.26	26.02
4 a 8	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.13	13.44
8 a 15	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.07	6.78
15 a más	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	3.48
Suma	1	1	1	1	1	1	100.00

En el Cuadro 4.8 presenta el vector de normalización donde la pendiente de 0 a 2 % presenta un porcentaje de importancia de 50.28% y la más baja es de 15 a más que presenta un porcentaje de 3.48%.

“Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para el descriptor “GEOLOGIA”.

IC	0.061
-----------	-------

RC	0.054
-----------	-------

Ponderación de los descriptores del parámetro GEOLOGÍA:

Cuadro 4.9: Matriz del parámetro geología.

Geología	Dep. volcánicos	Dep. aluviales	Dep. fluvio-glaciares
Dep. volcánicos	1.00	3.00	5.00
Dep. aluviales	0.33	1.00	3.00
Dep. fluvio-glaciares	0.20	0.34	1.00
Suma	1.54	4.34	9.00
1/Suma	0.66	0.24	0.11

En el Cuadro 4.9 muestra como descriptores a los tres depósitos que se en encontraron en la zona de estudio donde los depósitos volcánicos predominan sobre los depósitos aluviales y sobre los depósitos fluvio-glaciares.

Cuadro 4.10: Normalización del parámetro geología.

Geología	Dep. volcánicos	Dep. aluviales	Dep. fluvio-glaciares	Vector de priorización	Porcentaje (%)
Dep. volcánicos	0.65	0.69	0.56	0.63	63.33
Dep. aluviales	0.22	0.23	0.33	0.26	26.05
Dep. fluvio-glaciares	0.13	0.08	0.11	0.11	10.62
Suma	1.00	1.00	1.00	1.00	100.00

En el Cuadro 4.10 muestra el vector de priorización donde los depósitos volcánicos muestran un 63.33% de importancia, los depósitos aluviales un 26.05%, los depósitos fluvio-glaciares un 10.62% de importancia.

“Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para el descriptor PENDIENTE.

IC	0.019
-----------	-------

RC	0.037
-----------	-------

Ponderación de los descriptores del parámetro VEGETACION:

Cuadro 4.11: Matriz del parámetro vegetación.

Vegetación	Bofedal	Pastizales	Terrenos de cultivo
Bofedal	1.00	3.00	5.00
Pastizales	0.33	1.00	3.00
Terrenos de cultivo	0.21	0.34	1.00
Suma	1.54	4.34	9.00
1/Suma	0.66	0.24	0.11

En el Cuadro 4.11 se muestra como descriptores del parámetro vegetación, los bofedales como descriptor importante ya que son el tipo de vegetación donde se sobesatura el nivel de agua produciendo grandes zonas inundadas, seguidamente tenemos los pastizales que son grandes zonas las cuales filtran el agua al suelo, después tenemos los terrenos de cultivo que en su mayoría tienen irrigaciones de riachuelos y canales naturales.

Cuadro 4.12: Normalización del parámetro vegetación.

Vegetación	Bofedal	Pastizales	Terrenos de cultivo	Vector de priorización	Porcentaje (%)
Bofedal	0.65	0.69	0.56	0.63	63.33
Pastizales	0.22	0.23	0.33	0.26	26.05
Terrenos de cultivo	0.13	0.08	0.11	0.11	10.62
Suma	1	1	1	1	100.00

En Cuadro 4.12 muestra el vector de priorización donde los bofedales tienen un 63.33% de importancia, los pastizales un 26.05% y los terrenos de cultivo un 10.62%.

“Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para el descriptor VEGETACION.

IC	0.019
-----------	-------

RC	0.037
-----------	-------

Factor desencadenante:

Se consideró el parámetro Nivel de Precipitación, por lo tanto, el peso ponderado de dicho parámetro es 1.

Cuadro 4.13: Matriz de precipitación.

Precipitación	Más de 200 mm	De 150 a 200 mm	De 120 a 150 mm	De 80 a 120 mm	De 10 a 80 mm
Más de 200 mm	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
De 150 a 200 mm	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
De 120 a 150 mm	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
De 80 a 120 mm	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
De 10 a 80 mm	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.78	4.69	9.54	16.34	25.00
1/Suma	0.57	0.22	0.11	0.07	0.04

En el Cuadro 4.13 se muestra al parámetro precipitación donde la cantidad de milímetros se presenta como descriptores, siendo la cantidad de más de 200 mm el descriptor más importante.

Cuadro 4.14: Normalización del parámetro precipitación.

Precipitación	Más de 200 mm	De 150 a 200 mm	De 120 a 150 mm	De 80 a 120 mm	De 10 a 80 mm	Vector de priorización	Porcentaje (%)
Más de 200 mm	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503	50.282
De 150 a 200 mm	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260	26.023
De 120 a 150 mm	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134	13.435
De 80 a 120 mm	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068	6.778
De 10 a 80 mm	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035	3.482
Suma	1	1	1	1	1	1	100.000

El Cuadro 4.14 muestra el vector de priorización donde la precipitación mayor a 200 mm presenta un 50.28% de importancia, el de 150 a 200 mm un 26.02%, de 120 a 150 mm un 14.44%, de 80 a 120 mm un 6.78 % y finalmente de 10 a 80 mm un 3.48% de importancia.

“Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para el descriptor PRECIPITACION.

IC	0.0607
-----------	--------

RC	0.0543
-----------	--------

4.3.2. Definición de escenarios

Se ha tomado en cuenta el escenario más crítico donde las frecuencias de precipitación son más de 5 eventos por año, con lluvias de 150 a 200 mm

4.3.3. Estratificación de los niveles de peligrosidad de inundación

Cuadro 4.15: Estratificación de los niveles de peligrosidad de inundación.

PARAMETROS GENERALES			
Inundación		Valor Parámetros generales	Peso parámetro generales
Ppar	Pdesc		
1.00	0.481	0.481	0.20
1.00	0.481	0.481	0.20
1.00	0.481	0.481	0.20
1.00	0.481	0.481	0.20
1.00	0.481	0.481	0.20

Parámetros condicionantes							
Geología		Pendiente		Vegetación		Valor Condicionante	Peso Condicionante
“Ppar (1)”	“Pdesc”	“Ppar (1)”	“Pdesc”	“Ppar (1)”	“Pdesc”		
0.297	0.633	0.539	0.503	0.164	0.633	0.563	0.8
0.297	0.26	0.539	0.26	0.164	0.26	0.26	0.8
0.297	0.106	0.539	0.134	0.164	0.106	0.121	0.8
		0.539	0.068			0.037	0.8
		0.539	0.035			0.019	0.8

PARAMETRO DESCENCADENANTE		Valor Susceptibilidad	Peso Susceptibilidad	Valor del Peligro
Valor Descadenante	Peso Descadenante			
0.260	0.20	0.502	0.80	0.498
0.260	0.20	0.260	0.80	0.304
0.260	0.20	0.149	0.80	0.215
0.260	0.20	0.081	0.80	0.161
0.260	0.20	0.067	0.80	0.150

Cálculo del Peligro

Parámetros y descriptores de inundación:

Parámetro = 1.000

Descriptor = 0.481

$$\text{Valor} = \text{Parámetro} \times \text{Descriptor} = 0.481$$

Cálculo de factores condicionantes y desencadenantes de inundación

Factor desencadenante

$$\text{Parámetro} = 0.100$$

$$\text{Descriptor} = 0.260$$

$$\text{Valor} = \text{Parámetro} \times \text{Descriptor} = 0.260$$

Factor condicionante

$$\text{Pendiente} = 0.260 \quad \text{Parámetro} = 0.539$$

$$\text{Geología} = 0.633 \quad \text{Parámetro} = 0.297$$

$$\text{Vegetación} = 0.260 \quad \text{Parámetro} = 0.164$$

$$\text{Valor} = (\text{Pendiente} \times \text{Parámetro}) + (\text{Geología} \times \text{Parámetro}) + (\text{Vegetación} \times \text{Parámetro})$$

$$\text{Valor} = 0.370781$$

Valor de la susceptibilidad.

$$(\text{Vdesencadenante} \times \text{Ppar}) + (\text{Vcondicionante} \times \text{Ppar}) = \text{Susceptibilidad}$$

$$(0.260 \times 0.20) + (0.370781 \times 0.80) = 0.3486248$$

Ppar = peso del parámetro

Valor de Peligro.

$$\text{Peligro} = (\text{V. susceptibilidad} \times \text{Ppar}) + (\text{V. Parámetro} \times \text{Ppar})$$

$$\text{Peligro} = (0.349 \times 0.80) + (0.481 \times 0.20)$$

$$\text{Peligro} = 0.3751$$

Cuadro 4.16: “Niveles de peligro”

NIVEL	“RANGO”				
MUY ALTO	0.304	≤	P	≤	0.498
ALTO	0.215	≤	P	<	0.304
MEDIO	0.161	≤	P	<	0.215
BAJO	0.150	≤	P	<	0.161

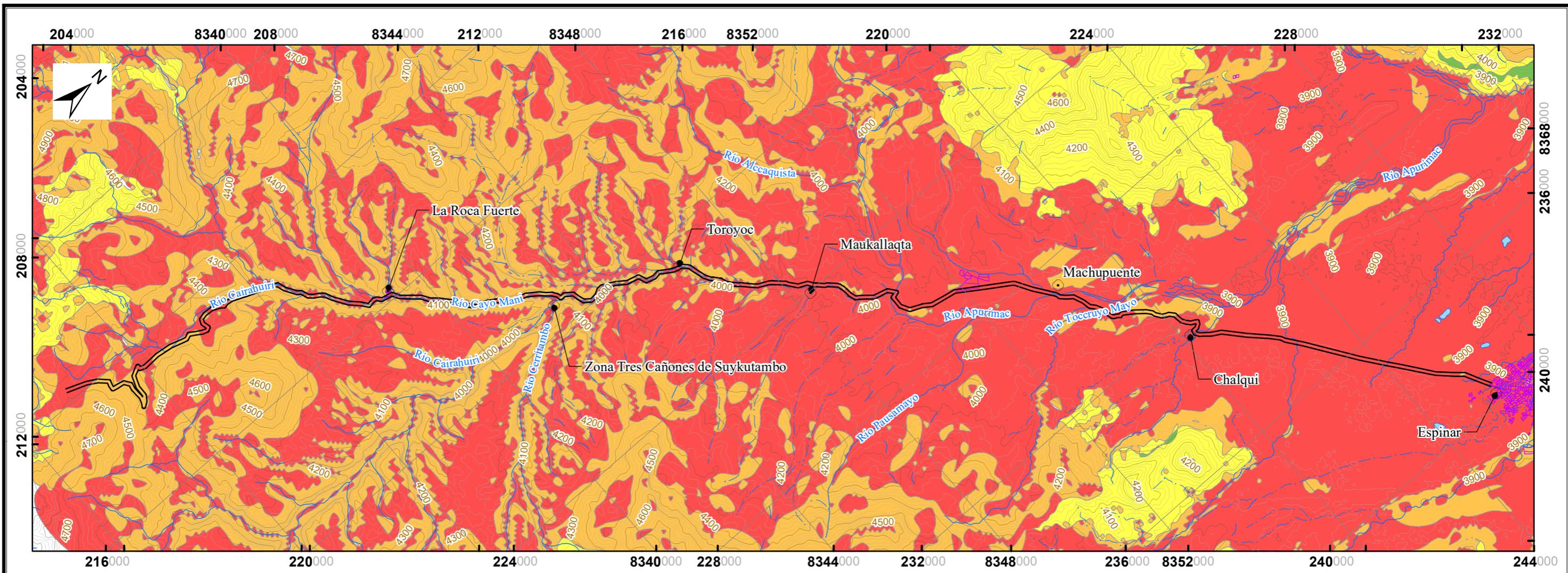
V = “Valor del nivel de peligro”

Cuadro 4.17: Descripción de nivel de peligro.

Descripción	Peligro
Considerando el análisis de por lo menos un suceso de El Niño al año o >5 eventos de inundaciones al año como media, teniendo precipitaciones mayores > 200 mm, generando cuerpos de agua, bofedales, en terrenos con pendiente baja entre 0 a 2 %, presentando depósitos volcánicos (cenizas volcánicas, arcillas)	Muy alto
Este nivel presenta de tres a cuatro eventos de inundación por año en promedio, mostrando precipitaciones de 120 a 150 mm, depósitos fluviales, pendientes ligeramente inclinada (2 – 4°).	Alto
Este nivel presenta de dos a tres eventos de inundación por año en promedio, con precipitaciones de 80 a 120 mm. Presentando depósitos fluviales, esta presenta pendientes moderadamente inclinada (4 – 8°).	Medio
Este nivel representa < 1 evento con escasas de precipitación menor < 80 mm, tiene depósitos aluviales recientes, con una pendiente fuertemente inclinada (8 – 15° a 15 – 25°).	Bajo

4.3.4. Mapa de zonificación del nivel de peligro por inundación

El mapa de la figura 4.9 presenta los resultados para el nivel de peligro por inundación, se clasifica en 4 categorías (muy alto, alto, medio y bajo). La categoría de peligro muy alto está relacionada principalmente a zonas de baja pendiente (0-2%) las cuales se ubican desde la progresiva 0 +000 hasta la 22 + 000, en el resto del tramo de la vía se caracteriza por presentar un nivel de peligro alto, las categorías de peligro más bajas se localizan fuera del área de influencia de la vía. De esta manera se puede considerar que la zona expuesta al peligro por inundación está influenciado por la baja pendiente del terreno, sobretodo en la primera mitad del trazo de la vía, tal como se ilustra en las fotografías del Anexo 1.



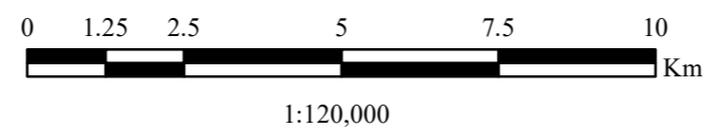
Símbolos

-  Zona urbana
-  Laguna
-  Carretera existente
-  Drenaje
-  Curvas Primarias
-  Curvas secundarias

Leyenda

Nivel de peligro

-  Bajo
-  Medio
-  Alto
-  Muy Alto



		<p>Universidad Nacional Mayor de San Marcos Universidad del Perú. Decana de América Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica Escuela Profesional de Ingeniería Geológica</p>			
<p>Análisis de riesgos por inundación e impacto en el mejoramiento de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco.</p>					
<p>NIVEL DE PELIGRO POR INUNDACIÓN</p>					
<p>PROYECCIÓN GWS- 84, UTM -19 S</p>	<p>ELABORADO POR Y. R. Ortiz de Zevallos Z.</p>	<p>FECHA Mayo, 2022</p>	<p>Figura 4.9</p>		

4.5. Análisis de elementos expuestos.

Cuadro 4.18: Elementos expuestos.

Ítem	Elementos
1	Infraestructura de la carretera Yauri-Suykutambo
2	Obras de drenaje y acueducto de agua potable

5. ANALISIS DE VULNERABILIDAD POR INUNDACION

Se tiene en cuenta tres parámetros; social, económica y ambiental como se muestra en el cuadro 5.1.

“Ponderación de las dimensiones de vulnerabilidad”

Cuadro 5.1: “Matriz de las dimensiones de Vulnerabilidad”.

Vulnerabilidad	“Económica”	“Social”	“Ambiental”
Económica	1.01	3.01	5.01
Social	0.34	1.01	3.01
Ambiental	0.21	0.34	1.01
Suma	1.54	4.34	9.01
1/Suma	0.66	0.24	0.12

Cuadro 5.2: Normalización de las dimensiones de “Vulnerabilidad”.

Vulnerabilidad	“Económica”	“Social”	“Ambiental”	“Vector de priorización”	Porcentaje (%)
Económica	0.65	0.69	0.56	0.63	63.33
Social	0.22	0.23	0.33	0.26	26.05
Ambiental	0.13	0.08	0.11	0.11	10.62
Suma	1	1	1	1	100.00

“Índice de Consistencia (IC)” y “Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para las dimensiones de vulnerabilidad.

IC	0.019
-----------	-------

RC	0.037
-----------	-------

5.1. Dimensión económica.

Para este análisis de dimensión económica, se evaluaron la fragilidad y resiliencia económica, como se muestra en los cuadros 5.3:

5.1.1 Análisis de fragilidad económica.

Cuadro 5.3: Matriz de análisis de “fragilidad económica”

Fragilidad económica	Material predominante de la infraestructura vial	Estado de conservación	Incumplimientos de procedimientos de construcción
Material predominante de la infraestructura vial	1.00	3.00	5.00
Estado de conservación	0.34	1.01	3.00
Incumplimientos de procedimientos de construcción	0.21	0.34	1.00
Suma	1.54	4.34	9.00
1/Suma	0.66	0.24	0.12

Cuadro 5.4: Normalización de análisis de “fragilidad económica”.

Fragilidad económica	Material predominante de la infraestructura vial	Estado de conservación	Incumplimientos de procedimientos de construcción	Vector de priorización	Porcentaje (%)
Material predominante de la infraestructura vial	0.652	0.692	0.556	0.633	63.335
Estado de conservación	0.217	0.231	0.333	0.260	26.050
Incumplimientos de procedimientos de construcción	0.130	0.077	0.111	0.106	10.616
Suma	1	1	1	1	100

“Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para las medidas de “fragilidad económica”.

IC	0.019
-----------	-------

RC	0.037
-----------	-------

Material predominante de la infraestructura vial

Los materiales de construcción de una infraestructura vial son importantes frente a un fenómeno de inundación, ya que al ser de un material precario esta es más vulnerable a sufrir diferentes tipos de daños esto se muestra en el cuadro 5.5.

Cuadro 5.5: Matriz de la infraestructura vial.

Material predominante de la infraestructura vial	Ceniza volcánica	Limo	Arena	Gravas	Mezclas Asfálticas
Ceniza volcánica	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Limo	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Arena	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Gravas	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Mezclas Asfálticas	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.78	4.69	9.54	16.34	25.01
1/Suma	0.57	0.22	0.11	0.07	0.05

Cuadro 5.6: Normalización de la infraestructura vial.

Material predominante de la infraestructura vial	Ceniza volcánica	Limo	Arena	Gravas	Mezclas Asfálticas	Vector Priorización
Ceniza volcánica	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Limo	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Arena	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Gravas	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Mezclas Asfálticas	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

“Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para los parámetros de parámetros de material predominante de la infraestructura vial.

IC	0.061
-----------	-------

RC	0.054
-----------	-------

Estado de conservación de la infraestructura vial

Cuadro 5.7: Matriz del estado de conservación de la infraestructura vial.

“Estado de conservación”	“Muy malo”	“Malo”	“Regular”	“Bueno”	“Muy bueno”
Muy malo	1.01	3.01	5.01	7.01	9.01
Malo	0.34	1.01	3.01	5.01	7.01
Regular	0.21	0.34	1.01	3.01	5.01
Bueno	0.15	0.21	0.34	1.01	3.01
Muy bueno	0.12	0.15	0.21	0.34	1.01
Suma	1.78	4.69	9.54	16.35	25.01
1/Suma	0.57	0.22	0.11	0.07	0.05

Cuadro 5.8: Normalización del estado de conservación de la infraestructura vial.

“Estado de conservación”	“Muy malo”	“Malo”	“Regular”	“Bueno”	“Muy bueno”	“Vector Priorización”
Muy malo	0.571	0.653	0.535	0.438	0.371	0.514
Malo	0.198	0.225	0.326	0.317	0.291	0.271
Regular	0.123	0.082	0.116	0.195	0.211	0.145
Bueno	0.091	0.054	0.046	0.072	0.131	0.079
Muy bueno	0.073	0.042	0.032	0.031	0.051	0.046
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

En el cuadro 5.7 mostramos la matriz del estado de conservación de la infraestructura vial obteniendo como mayor importancia la zona muy mala el cual tiene un vector de priorización de 0.503.

“Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para los parámetros de parámetros “estado de conservación” de la infraestructura vial.

IC	0.061
-----------	-------

RC	0.054
-----------	-------

Incumplimiento de procedimientos constructivos.

Cuadro 5.9: Matriz de parámetro de incumplimiento de procedimientos constructivos.

“Incumplimiento de procedimientos constructivos”	No cumple	Parcialmente cumple	Medianamente cumple	La mayoría cumple	Cumple
No cumple	1.01	3.01	5.01	7.01	9.01
Parcialmente cumple	0.34	1.01	3.01	5.01	7.01
Medianamente cumple	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
La mayoría cumple	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Cumple	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.78	4.69	9.54	16.34	25.01
1/Suma	0.57	0.22	0.11	0.07	0.05

Cuadro 5.10: Normalización de parámetro de incumplimiento de procedimientos constructivos.

Incumplimiento de procedimientos constructivos	No cumple	Parcialmente cumple	Medianamente cumple	La mayoría cumple	Cumple	Vector Priorización
No cumple	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Parcialmente cumple	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Medianamente cumple	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
La mayoría cumple	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Cumple	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

“Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para los parámetros de parámetros de incumplimiento de procedimientos constructivos.

IC	0.061
-----------	-------

RC	0.054
-----------	-------

5.1.2 Análisis de resiliencia económica.

Cuadro 5.11: Matriz de parámetro análisis de resiliencia económica.

Resiliencia económica	Capacidad de respuesta logística del gobierno regional	Capacidad de respuesta logística del municipio	Capacidad de respuesta logística de los pobladores
Capacidad de respuesta logística del gobierno regional	1.00	3.00	5.00
Capacidad de respuesta logística del municipio	0.33	1.00	3.00
Capacidad de respuesta logística de los pobladores	0.20	0.34	1.01
Suma	1.54	4.34	9.01
1/Suma	0.66	0.24	0.12

Cuadro 5.12: Normalización de parámetro análisis de resiliencia económica.

Resiliencia económica	Capacidad de respuesta logística del gobierno regional	Capacidad de respuesta logística del municipio	Capacidad de respuesta logística de los pobladores	Vector de priorización	Porcentaje (%)
Capacidad de respuesta logística del gobierno regional	0.652	0.692	0.556	0.633	63.335
Capacidad de respuesta logística del municipio	0.217	0.231	0.333	0.260	26.050
Capacidad de respuesta logística de los pobladores	0.130	0.077	0.111	0.106	10.616
Suma	1	1	1	1	100

Índice de Consistencia (IC) y “Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para los parámetros de parámetros de resiliencia económica.

IC	0.019
-----------	-------

RC	0.037
-----------	-------

Capacidad de respuesta logística del gobierno regional.

Cuadro 5.13: Matriz de parámetro capacidad de respuesta logística del gobierno regional.

Capacidad de respuesta logística del gobierno regional	No existe capacidad logística	Débil organización	Relativa organización	Buena organización	Si existe capacidad logística
No existe capacidad logística	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Débil organización	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Relativa organización	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Buena organización	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Si existe capacidad logística	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.78	4.69	9.54	16.34	25.01
1/Suma	0.57	0.22	0.11	0.07	0.05

Cuadro 5.14: Normalización de parámetro capacidad de respuesta logística del gobierno regional.

Capacidad de respuesta logística del gobierno regional	No existe capacidad logística	Débil organización	Relativa organización	Buena organización	Si existe capacidad logística	Vector Priorización
No existe capacidad logística	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Débil organización	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Relativa organización	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Buena organización	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Si existe capacidad logística	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

“Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para los parámetros de parámetros de capacidad de respuesta logística del gobierno regional.

IC	0.061
-----------	-------

RC	0.054
-----------	-------

Capacidad de respuesta logística del municipio.

Cuadro 5.15: Matriz de parámetro capacidad de respuesta logística del gobierno regional.

Capacidad de respuesta logística del municipio	No existe	débil organización	Relativa organización	Buena organización	Si existe capacidad logística
No existe	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
débil organización	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Relativa organización	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Buena organización	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Si existe capacidad logística	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.78	4.69	9.54	16.34	25.01
1/Suma	0.57	0.22	0.11	0.07	0.05

Cuadro 5.16: Normalización de parámetro capacidad de respuesta logística del gobierno regional.

Capacidad de respuesta logística del municipio	No existe	débil organización	Relativa organización	Buena organización	Si existe capacidad logística	Vector Priorización
No existe	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.50
débil organización	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.26
Relativa organización	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.13
Buena organización	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.07
Si existe capacidad logística	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

“Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para los parámetros de parámetros de capacidad de respuesta logística del municipio.

IC	0.061
-----------	-------

RC	0.054
-----------	-------

Capacidad de respuesta logística de los pobladores.

Cuadro 5.17: Matriz de parámetro capacidad de respuesta logística de los pobladores.

Capacidad de respuesta logística de los pobladores	No existe	“Débil organización”	“Relativa organización”	“Buena organización”	“Existe Capacidad logística”
No existe	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Débil organización	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Relativa organización	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Buena organización	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Existe Capacidad logística	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.69	9.54	16.34	25.01
1/SUMA	0.57	0.22	0.11	0.07	0.05

Cuadro 5.18: Normalización de pares de parámetro capacidad de respuesta logística de los pobladores.

Capacidad de respuesta logística de los pobladores	No existe	“débil organización”	“Relativa organización”	“Buena organización”	“Existe Capacidad logística”	Vector Priorización
No existe	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.50
débil organización	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.26
Relativa organización	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.13
Buena organización	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.07
Existe Capacidad logística	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

“Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para los parámetros de parámetros de capacidad de respuesta logística de los pobladores.

IC	0.061
-----------	-------

RC	0.054
-----------	-------

5.2. Dimensión social.

En área de investigación se analiza la población expuesta teniendo en cuenta el análisis de fragilidad, resiliencia, lo que establece los grados de vulnerabilidad. La relación de

consistencia, donde el riesgo no debe exceder al 10% con el fin de que el modelo sea válido, se presenta en la siguiente figura.

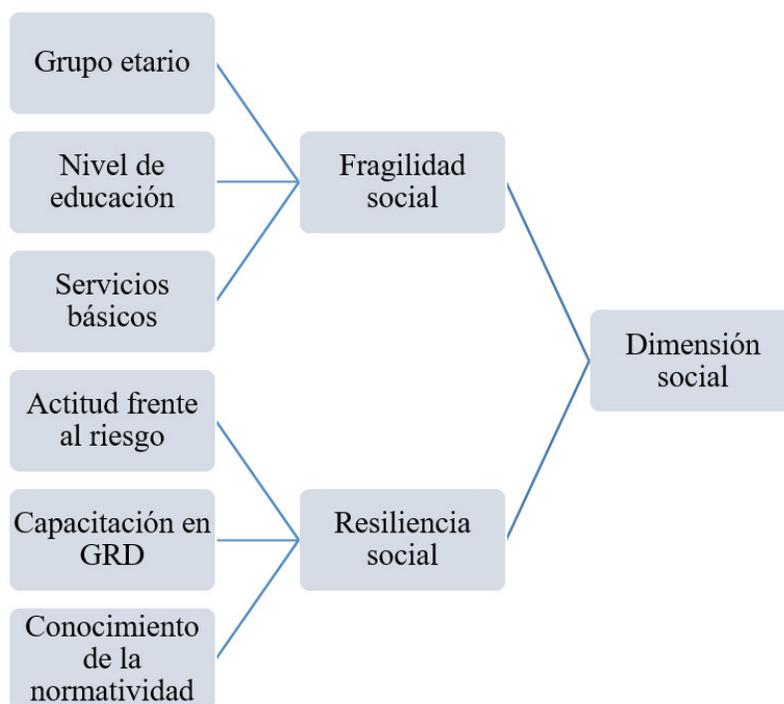


Figura 5.1. Esquema de dimensión social.

5.1.1. Análisis de la fragilidad social

Se manejó con tres medidas: Grupo etario, Nivel de educación, y Servicio básico los cuales están vinculados con la población teniendo en cuenta que las personas son más importantes que frente a los otros parámetros.

Ponderación de los parámetros de la fragilidad social

Cuadro 5.19: “Matriz de parámetros de fragilidad social”

“Fragilidad Social”	Grupo etario	Nivel de educación	Servicio básico
Grupo etario	1.00	3.00	5.00
Nivel de educación	0.33	1.00	3.00
Servicio básico	0.20	0.33	1.00
Suma	1.53	4.33	9.00
1/Suma	0.65	0.23	0.11

En el Cuadro 5.3 observamos una matriz de balances pareados de 3x3 donde presenta los criterios tomados de fragilidad social, teniendo en cuenta lo siguiente; el Grupo etario tiene valor de 3 sobre el nivel de educación y 5 sobre el servicio básico lo que significa que el dicho parámetro es ligeramente más preferido que el nivel de educación y más importante que el servicio básico, así como también el nivel de educación tiene un valor de 3 sobre el servicio básico entendiéndose que es ligeramente más importante que dicho parámetro.

Cuadro 5.20: Normalización de parámetros de fragilidad social.

Fragilidad Social	Grupo etario	Nivel de educación	Servicio básico	Vector de priorización	Porcentaje (%)
Grupo etario	0.652	0.692	0.556	0.633	63.335
Nivel de educación	0.217	0.231	0.333	0.260	26.050
Servicio básico	0.130	0.077	0.111	0.106	10.616
Suma	1	1	1	1	100

En el Cuadro 5.4 se muestra la matriz de normalización donde expone los pesos ponderados de cada criterio el cual nos indica la prioridad obteniendo el grupo etario un vector de priorización de 0.63, el nivel de educación de 0.26 y el servicio básico de 0.106.

Índice de Consistencia (IC) y “Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para los parámetros de “fragilidad social”.

IC	0.019
-----------	-------

RC	0.037
-----------	-------

Grupo etario.

La población más vulnerable son los que presentan edades inferiores a 5 años y superiores a 70 años, estos necesitaran mayor atención.

Cuadro 5.21: “Matriz de grupo etario”

“Grupo etario”	“De 0 a 5 años y mayores de 70 años”	“De 6 a 12 años y de 60 a 70 años”	“De 13 a 15 años y de 50 a 59 años”	“De 16 a 30 años”	“De 31 a 49 años”
De 0 a 5 años y mayores de 70 años	1.01	3.01	5.01	7.01	9.01
De 6 a 12 años y de 60 a 70 años	0.34	1.01	3.01	5.01	7.01
De 13 a 15 años y de 50 a 59 años	0.21	0.34	1.01	3.01	5.01
De 16 a 30 años	0.15	0.21	0.34	1.01	3.01
De 31 a 49 años	0.12	0.15	0.21	0.34	1.01
Suma	1.78	4.69	9.54	16.34	25.01
1/Suma	0.57	0.22	0.11	0.07	0.05

Cuadro 5.22: Normalización de parámetros de grupo etario.

Grupo etario	“De 0 a 5 años y mayores de 70 años”	“De 6 a 12 años y de 60 a 70 años”	“De 13 a 15 años y de 50 a 59 años”	“De 16 a 30 años”	“De 31 a 49 años”	“Vector Priorización”
De 0 a 5 años y mayores de 70 años	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.50
De 6 a 12 años y de 60 a 70 años	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.26
De 13 a 15 años y de 50 a 59 años	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.13
De 16 a 30 años	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.07
De 31 a 49 años	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Índice de Consistencia (IC) y “Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para los parámetros de grupo etario.

IC	0.061
-----------	-------

RC	0.054
-----------	-------

Nivel de educación

El grupo más vulnerable es aquellas personas que no cuentan ningún tipo de estudios.

Cuadro 5.23: Matriz del parámetro nivel de educación.

Nivel de educación	“Sin estudio”	“Primaria”	“Secundaria”	“Superior no universitario”	“Superior universitario”
Sin estudio	1.01	3.01	5.01	7.01	9.01
Primaria	0.34	1.01	3.01	5.01	7.01
Secundaria	0.21	0.34	1.01	3.01	5.01
Superior no universitario	0.14	0.21	0.34	1.01	3.01
Superior universitario	0.12	0.15	0.21	0.34	1.01
Suma	1.79	4.69	9.54	16.34	25.01
1/Suma	0.56	0.22	0.11	0.06	0.05

Cuadro 5.24: Normalización de parámetros de nivel de educación.

Nivel de educación	“Sin estudio”	“Primaria”	“Secundaria”	“Superior no universitario”	“Superior universitario”	“Vector Priorización”
Sin estudio	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.50
Primaria	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.26
Secundaria	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.13
Superior no universitario	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.07
Superior universitario	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Índice de Consistencia (IC) y “Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para los parámetros de nivel de educación.

IC	0.061
-----------	-------

RC	0.054
-----------	-------

Acceso a servicios básicos

Se establece como población más vulnerable aquellos que no tienen los servicios básicos.

Cuadro 5.25: “Matriz de acceso a servicios básicos”

“Acceso a servicios básicos”	“No cuentan con servicios”	“Solo cuentan con agua entubada”	“Solo cuentan con agua entubada y luz”	“Cuentan con agua, luz y desagüe”	“Todos cuentan con servicios”
No cuentan con servicios	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Solo cuentan con agua entubada	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Solo cuentan con agua entubada y luz	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Cuentan con agua, luz y desagüe	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Todos cuentan con servicios	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.78	4.69	9.54	16.34	25.01
1/Suma	0.57	0.22	0.11	0.07	0.05

Cuadro 5.26: “Normalización de parámetros de acceso a servicios básicos”

“Acceso a servicios básicos”	“No cuentan con servicios”	“Solo cuentan con agua entubada”	“Solo cuentan con agua entubada y luz”	“Cuentan con agua, luz y desagüe”	“Todos cuentan con servicios”	“Vector Priorización”
No cuentan con servicios	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Solo cuentan con agua entubada	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Solo cuentan con agua entubada y luz	0.112	0.071	0.115	0.184	0.200	0.134
Cuentan con agua, luz y desagüe	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Todos cuentan con servicios	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

“Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para los parámetros de acceso a servicios básicos.

IC	0.061
-----------	-------

RC	0.054
-----------	-------

5.1.2. Análisis de resiliencia social.

Se manejó con tres medidas que son la actitud de la población con respecto al riesgo, la capacitación en gestión de riesgos y el conocimiento de la normativa en gestión de riesgos tal como se muestra en el cuadro 5.27.

Cuadro 5.27: Matriz de resiliencia social.

Resiliencia Social	“Actitud frente al riesgo”	“Capacitación en gestión de riesgo”	“Conocimiento en la normativa GRD”
Actitud frente al riesgo	1.00	3.00	5.00
Capacitación en gestión de riesgo	0.33	1.00	3.00
Conocimiento en la normativa GRD	0.20	0.33	1.00
Suma	1.53	4.33	9.00
1/Suma	0.65	0.23	0.11

Cuadro 5.28: “Normalización de parámetros de resiliencia social”

Resiliencia Social	“Actitud frente al riesgo”	“Capacitación en gestión de riesgo”	“Conocimiento en la normativa GRD”	“Vector de priorización”	Porcentaje (%)
Actitud frente al riesgo	0.652	0.692	0.556	0.633	63.335
Capacitación en gestión de riesgo	0.217	0.231	0.333	0.260	26.050
Conocimiento en la normativa GRD	0.130	0.077	0.111	0.106	10.616
Suma	1	1	1	1	100

“Índice de Consistencia (IC)” y “Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para los parámetros de “resiliencia social”.

IC	0.019
-----------	-------

RC	0.036
-----------	-------

Actitud frente al riesgo.

En el cuadro 5.29 se muestra los descriptores de la actitud frente al riesgo de la población.

Cuadro 5.29: Matriz de actitud frente al riesgo.

“Actitud frente al riesgo”	“Sin cultura de prevención”	“Limitada cultura de prevención”	“Cierto conocimiento de prevención”	“Parcialmente provisoro”	“Con cultura de prevención”
Sin cultura de prevención	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Limitada cultura de prevención	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Cierto conocimiento de prevención	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Parcialmente provisoro	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Con cultura de prevención	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.79	4.69	9.54	16.34	25.01
1/Suma	0.57	0.22	0.11	0.07	0.05

Cuadro 5.30: Normalización de parámetro actitud frente al riesgo

“Actitud frente al riesgo”	“Sin cultura de prevención”	“Limitada cultura de prevención”	“Cierto conocimiento de prevención”	“Parcialmente provisoro”	“Con cultura de prevención”	“Vector Priorización”
Sin cultura de prevención	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Limitada cultura de prevención	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Cierto conocimiento de prevención	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134

Parcialmente provisora	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Con cultura de prevención	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Índice de Consistencia (IC) y “Relación de Consistencia (RC)” respectivamente del parámetro “actitud frente al riesgo”.

IC	0.061
-----------	-------

RC	0.054
-----------	-------

Capacitación de la población en gestión de riesgos.

En el cuadro 5.31 se muestra “los descriptores de la capacitación” de la población en gestión de riesgos.

Cuadro 5.31: Matriz de capacitación de la población y gestión de riesgos.

Capacitación de la población en gestión de riesgos	Sin capacitación	Escasamente capacitada	Medianamente capacitada	La mayoría está capacitada	Constantemente está capacitado
Sin capacitación	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Escasamente capacitada	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Medianamente capacitada	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
La mayoría está capacitada	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Constantemente está capacitado	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.78	4.69	9.54	16.34	25.01
1/Suma	0.57	0.22	0.11	0.07	0.05

Cuadro 5.32: Normalización de capacitación de la población y gestión de riesgos.

Capacitación de la población en gestión de riesgos	Sin capacitación	Escasamente capacitada	Medianamente capacitada	La mayoría está capacitada	Constantemente está capacitado	Vector Priorización
Sin capacitación	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Escasamente capacitada	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Medianamente capacitada	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
La mayoría está capacitada	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Constantemente está capacitado	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

“Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para los parámetros de capacitación de la “población en gestión de riesgos”.

IC	0.061
-----------	-------

RC	0.054
-----------	-------

Conocimiento de la normativa en gestión de riesgos y desastre (GRD)

En el cuadro 5.33 se muestra los descriptores y su operacionalización del conocimiento de la normativa en gestión de riesgo y desastre.

Cuadro 5.33: Matriz del parámetro conocimiento de la normativa en gestión de riesgo y desastre.

Conocimiento de la normativa GRD	Desconocimiento total	Escaso conocimiento	Regular conocimiento	La mayoría tiene conocimiento	Todos tienen conocimiento
Desconocimiento total	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Escaso conocimiento	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Regular conocimiento	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
La mayoría tiene conocimiento	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Todos tienen conocimiento	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.78	4.69	9.54	16.34	25.01
1/Suma	0.57	0.22	0.11	0.07	0.05

Cuadro 5.34: Normalización del parámetro conocimiento de la normativa en gestión de riesgo y desastre.

Conocimiento de la normativa GRD	Desconocimiento total	Escaso conocimiento	Regular conocimiento	La mayoría tiene conocimiento	Todos tienen conocimiento	Vector Priorización
Desconocimiento total	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Escaso conocimiento	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Regular conocimiento	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
La mayoría tiene	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068

conocimiento						
Todos tienen conocimiento	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

“Índice de Consistencia (IC)” y “Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para los parámetros de conocimiento de la normativa en GRD.

IC	0.061
-----------	-------

RC	0.054
-----------	-------

5.3. Dimensión ambiental.

En el área de investigación, la ubicación y planificación de la infraestructura vial incide en la vulnerabilidad del medio ambiente dentro de los límites de vulnerabilidad, y las acciones de las autoridades reguladoras del desarrollo deben promover su sostenibilidad, los descriptores se muestran en el cuadro 5.35.

5.3.1. Análisis de fragilidad ambiental

Cuadro 5.35: Matriz de parámetro análisis de fragilidad ambiental.

“Fragilidad ambiental”	“Características geológicas del suelo”	“Explotación de recursos naturales”	“Localización de infraestructura”
Características geológicas del suelo	1.00	3.00	5.00
Explotación de recursos naturales	0.33	1.00	3.00
Localización de infraestructura	0.20	0.33	1.00
Suma	1.54	4.34	9.01
1/Suma	0.66	0.24	0.12

Cuadro 5.36: Normalización de parámetro análisis de fragilidad ambiental.

Fragilidad ambiental	“Características geológicas del suelo”	“Explotación de recursos naturales”	“Localización de infraestructura”	“Vector de priorización”	Porcentaje (%)
Características geológicas del suelo	0.663	0.681	0.567	0.644	63.335
Explotación de recursos naturales	0.228	0.242	0.344	0.271	26.050
Localización de infraestructura	0.141	0.088	0.122	0.117	10.616
Suma	1	1	1	1	100

Índice de Consistencia (IC) y “Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para los parámetros de parámetros de fragilidad ambiental.

IC	0.019
-----------	-------

RC	0.037
-----------	-------

Características geológicas del suelo.

En el cuadro 5,37 se muestran la importancia de los descriptores de las características geológicas del suelo.

Cuadro 5.37: Matriz de parámetro características geológicas del suelo.

“Características geológicas del suelo”	Zonas impermeables	Zonas medianamente permeables	Zonas ligeramente permeables	Zonas moderadamente permeables	Zonas permeables
Zonas impermeables	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Zonas medianamente permeables	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00

Zonas ligeramente permeables	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Zonas moderadamente permeables	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Zonas permeables	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.78	4.69	9.54	16.34	25.01
1/Suma	0.57	0.22	0.11	0.07	0.05

Cuadro 5.38: Normalización de parámetro características geológicas del suelo.

Características geológicas del suelo	Zonas impermeables	Zonas medianamente permeables	Zonas ligeramente permeables	Zonas moderadamente permeables	Zonas permeables	Vector Priorización
Zonas impermeables	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Zonas medianamente permeables	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Zonas ligeramente permeables	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Zonas moderadamente permeables	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Zonas permeables	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

“Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para los parámetros de parámetros de características geológicas del suelo.

IC	0.061
-----------	-------

RC	0.054
-----------	-------

Explotación de recursos naturales.

Cuadro 5.39: “Matriz de parámetro explotación de recursos naturales”

“Explotación de recursos naturales”	“Practicas negligentes periódicas de degradación”	“Practicas negligentes periódicas de degradación”	“Prácticas de degradación de baja intensidad”	“Practicas con ejecución técnica bajo criterios de sostenibilidad”	“Prácticas de uso de cauce y márgenes con asesoramiento permanente bajo criterios de sostenibilidad”
Practicas negligentes periódicas de degradación	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Practicas negligentes periódicas de degradación	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Prácticas de degradación de baja intensidad	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Practicas con ejecución técnica bajo criterios de sostenibilidad	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Prácticas de uso de cauce y márgenes con asesoramiento permanente bajo criterios de sostenibilidad	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.78	4.69	9.54	16.34	25.01
1/Suma	0.57	0.22	0.11	0.07	0.05

Cuadro 5.40: Normalización de parámetro explotación de recursos naturales.

Explotación de recursos naturales	“Prácticas negligentes periódicas de degradación”	“Prácticas negligentes periódicas de degradación”	“Prácticas de degradación de baja intensidad”	“Prácticas con ejecución técnica bajo criterios de sostenibilidad”	“Prácticas de uso de cauce y márgenes con asesoramiento permanente bajo criterios de sostenibilidad”	“Vector Priorización”
Prácticas negligentes periódicas de degradación	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Prácticas negligentes periódicas de degradación	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Prácticas de degradación de baja intensidad	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Prácticas con ejecución técnica bajo criterios de sostenibilidad	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Prácticas de uso de cauce y márgenes con asesoramiento permanente bajo criterios de sostenibilidad	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

“Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para los parámetros de explotación de recursos naturales.

IC	0.061
-----------	-------

RC	0.054
-----------	-------

Localización de la infraestructura vial ante la inundación.

Cuadro 5.41: Matriz del parámetro localización de la infraestructura vial ante la inundación.

Localización de la infraestructura vial	0 m - 10 m	10 m - 20 m	20 m - 40 m	40 m - 50 m	> 50 m
0 m - 10 m	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
10 m - 20 m	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
20 m - 40 m	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
40 m - 50 m	0.15	0.21	0.34	1.01	3.01
> 50 m	0.12	0.15	0.21	0.34	1.01
Suma	1.78	4.69	9.54	16.34	25.01
1/Suma	0.57	0.22	0.11	0.07	0.05

Cuadro 5.42: Normalización de parámetro localización de la infraestructura vial ante la inundación.

Localización de la infraestructura vial	0 m - 10 m	10 m - 20 m	20 m - 40 m	40 m - 50 m	> 50 m	Vector Priorización
0 m - 10 m	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
10 m - 20 m	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
20 m - 40 m	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
40 m - 50 m	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
> 50 m	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

“Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC)” alcanzado del Procedimiento de Estudio Jerárquico dirigido a los parámetros de parámetros de localización de la infraestructura vial ante la inundación.

IC	0.061
-----------	-------

RC	0.054
-----------	-------

5.3.2. Análisis de la resiliencia ambiental

Cuadro 5.43: Matriz de parámetro de análisis de resiliencia ambiental.

Resiliencia ambiental	“Conocimiento y cumplimiento de la normativa”	“Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus RRNN”	“Capacitación en temas de conservación ambiental”
Conocimiento y cumplimiento de la normativa	1.00	3.00	5.00
Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus RRNN	0.33	1.00	3.00
Capacitación en temas de conservación ambiental	0.20	0.33	1.00
Suma	1.54	4.34	9.01
1/Suma	0.66	0.24	0.12

Cuadro 5.44: Normalización de parámetro de análisis de resiliencia ambiental.

“Resiliencia ambiental”	“Conocimiento y cumplimiento de la normativa”	“Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus RRNN”	“Capacitación en temas de conservación ambiental”	“Vector de priorización”	Porcentaje (%)
Conocimiento y cumplimiento de la normativa	0.663	0.683	0.567	0.644	63.335
Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus RRNN	0.217	0.231	0.333	0.260	26.050
Capacitación en temas de conservación ambiental	0.141	0.088	0.122	0.117	10.616
Suma	1	1	1	1	100

“Índice de Consistencia (IC)” y “Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para las medidas de parámetros de resiliencia ambiental.

IC	0.019
-----------	-------

RC	0.037
-----------	-------

Conocimiento y cumplimiento de la normatividad ambiental.

Cuadro 5.45: Matriz de parámetro de conocimiento y cumplimiento de la normatividad ambiental.

“Conocimiento y cumplimiento de la normatividad ambiental”	“La población tiene poco conocimiento”	“Solo las autoridades conocen su existencia”	“Las autoridades y la población cumplen parcialmente”	“Las autoridades y la población cumplen regularmente”	“Las autoridades y la población conocen y cumplen totalmente”
La población tiene poco conocimiento	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Solo las autoridades conocen su existencia	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Las autoridades y la población cumplen parcialmente	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
las autoridades y la población cumplen regularmente	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Las autoridades y la población conocen y cumplen totalmente	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.78	4.69	9.54	16.34	25.01
1/Suma	0.57	0.22	0.11	0.07	0.05

Cuadro 5.46: Normalización de parámetro de conocimiento y cumplimiento de la normatividad ambiental.

Conocimiento y cumplimiento de la normativa ambiental	La población tiene poco conocimiento	Solo las autoridades conocen su existencia	Las autoridades y la población cumplen parcialmente	las autoridades y la población cumplen regularmente	Las autoridades y la población conocen y cumplen totalmente	Vector Priorización
La población tiene poco conocimiento	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Solo las autoridades conocen su existencia	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Las autoridades y la población cumplen parcialmente	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
las autoridades y la población cumplen regularmente	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Las autoridades y la población conocen y cumplen totalmente	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

“Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para los parámetros de parámetros de conocimiento y cumplimiento de la normatividad ambiental.

IC	0.061
-----------	-------

RC	0.054
-----------	-------

Conocimiento ancestral para la explotación de sus recursos naturales.

Cuadro 5.47: “Matriz de parámetro de conocimiento ancestral para la explotación de sus recursos naturales”

“Conocimiento ancestral para la explotación de sus RRNN”	“La población en su totalidad desconoce”	“Algunos pobladores poseen y aplican”	“Parte de la población posee y aplica”	“La mayoría de la población posee y aplica”	“La población en su totalidad posee y aplica”
La población en su totalidad desconoce	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Algunos pobladores poseen y aplican	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Parte de la población posee y aplica	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
La mayoría de la población posee y aplica	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
La población en su totalidad posee y aplica	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.78	4.69	9.54	16.34	25.01
1/Suma	0.57	0.22	0.11	0.07	0.05

Cuadro 5.48: Normalización de parámetro de conocimiento ancestral para la explotación de sus recursos naturales.

“Conocimiento ancestral para la explotación de sus RRNN”	“La población en su totalidad desconoce”	“Algunos pobladores poseen y aplican”	“Parte de la población posee y aplica”	“La mayoría de la población posee y aplica”	“La población en su totalidad posee y aplica”	Vector Priorización
La población en su totalidad desconoce	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Algunos pobladores poseen y aplican	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260

Parte de la población posee y aplica	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
La mayoría de la población posee y aplica	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
La población en su totalidad posee y aplica	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

“Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para los parámetros de parámetros de “conocimiento ancestral para la explotación de sus recursos naturales”

IC	0.061
-----------	-------

RC	0.054
-----------	-------

Capacitación de la población en términos de conservación ambiental.

Cuadro 5.49: Matriz de parámetro de capacitación de la población en términos de conservación ambiental.

“Capacitación en términos de conservación ambiental”	“No recibe y/o desarrolla capacitaciones en temas de conservación ambiental”	“Esta escasamente capacitada en temas de conservación ambiental”	“Se capacita con regular frecuencia en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura parcial”	“Se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura mayoritaria”	“Se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura total”
“No recibe y/o desarrolla capacitaciones en temas de conservación ambiental”	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
“Esta escasamente capacitada en temas de”	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00

conservación ambiental”					
“Se capacita con regular frecuencia en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura parcial”	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
“Se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura mayoritaria”	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
“Se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura total”	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.78	4.69	9.54	16.34	25.01
1/SUMA	0.57	0.22	0.11	0.07	0.05

Cuadro 5.50: Normalización de parámetro de capacitación de la población en términos de conservación ambiental.

“Capacitación en términos de conservación ambiental”	“No recibe y/o desarrolla capacitaciones en temas de conservación ambiental”	“Esta escasamente capacitada en temas de conservación ambiental”	“Se capacita con regular frecuencia en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura parcial”	“Se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura mayoritaria”	“Se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura total”	Vector Priorización
“No recibe y/o desarrolla capacitaciones en temas de conservación ambiental”	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
“Esta escasamente capacitada en temas de conservación ambiental”	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
“Se capacita con regular frecuencia en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura parcial”	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
“Se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura mayoritaria”	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068

“Se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura total”	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

“Índice de Consistencia (IC) y Relación de Consistencia (RC)” respectivamente para los parámetros de parámetros de “capacitación en términos de conservación ambiental”

IC	0.061
-----------	-------

RC	0.054
-----------	-------

Cuadro 5.51: Resumen de análisis de vulnerabilidad por inundación.

DIMENSIÓN SOCIAL																			
FRAGILIDAD SOCIAL								RESILIENCIA SOCIAL											
Grupo Etario		Nivel de Educación		Acceso a Servicio Básico		Valor Fragilidad Social		Peso Fragilidad Social		“Actitud frente al riesgo”		Capacitación de la población en GRD		Conocimiento de la normativa GRD		“Valor Resiliencia Social”	“Peso Resiliencia Social”	“Valor dimensión social”	“Peso dimensión social”
										Ppar (1)	Pdesc	Ppar (1)	Pdesc	Ppar (1)	Pdesc				
0.633	0.503	0.260	0.503	0.106	0.503	0.503	0.500	0.633	0.503	0.260	0.503	0.106	0.503	0.503	0.500	0.503	0.633		
0.633	0.260	0.260	0.260	0.106	0.260	0.260	0.500	0.633	0.260	0.260	0.260	0.106	0.260	0.260	0.500	0.260	0.633		
0.633	0.134	0.260	0.134	0.106	0.134	0.134	0.500	0.633	0.134	0.260	0.134	0.106	0.134	0.134	0.500	0.134	0.633		
0.633	0.068	0.260	0.068	0.106	0.068	0.068	0.500	0.633	0.068	0.260	0.068	0.106	0.068	0.068	0.500	0.068	0.633		
0.633	0.035	0.260	0.035	0.106	0.035	0.035	0.500	0.633	0.035	0.260	0.035	0.106	0.035	0.035	0.500	0.035	0.633		

DIMENSIÓN ECONÓMICA																			
FRAGILIDAD ECONÓMICA								RESILIENCIA ECONOMICA											
Material predominante de la infraestructura vial		Estado de conservación de la infraestructura vial		Incumplimiento de procedimientos de la construcción		Valor Fragilidad Económica		Peso Fragilidad Económica		Capacidad de respuesta logística del gobierno regional		Capacidad de respuesta logística del municipio		Capacidad de respuesta logística de los pobladores		Valor Resiliencia Económica	Peso Resiliencia Económica	Valor dimensión económica	Peso dimensión económica
										Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc				
0.633	0.503	0.260	0.503	0.106	0.503	0.503	0.500	0.633	0.503	0.260	0.503	0.106	0.503	0.503	0.500	0.503	0.260		

0.633	0.260	0.260	0.260	0.106	0.260	0.260	0.500	0.633	0.260	0.260	0.260	0.106	0.260	0.260	0.500	0.260	0.260
0.633	0.134	0.260	0.134	0.106	0.134	0.134	0.500	0.633	0.134	0.260	0.134	0.106	0.134	0.134	0.500	0.134	0.260
0.633	0.068	0.260	0.068	0.106	0.068	0.068	0.500	0.633	0.068	0.260	0.068	0.106	0.068	0.068	0.500	0.068	0.260
0.633	0.035	0.260	0.035	0.106	0.035	0.035	0.500	0.633	0.035	0.260	0.035	0.106	0.035	0.035	0.500	0.035	0.260

DIMENSIÓN AMBIENTAL																		Valor de la vulnerabilidad
FRAGILIDAD AMBIENTAL								RESILIENCIA AMBIENTAL								Valor dimensión ambiental	Peso dimensión ambiental	
Características geológicas del suelo		Explotación de recursos naturales		Localización de la infraestructura		Valor Fragilidad ambiental	Peso Fragilidad ambiental	Conocimiento y cumplimiento de la normatividad		"Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus RRNN"		Capacitación en temas de conservación ambiental		Valor Resiliencia ambiental	Peso Resiliencia ambiental			
Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc					Ppar
0.633	0.503	0.260	0.503	0.106	0.503	0.503	0.500	0.633	0.503	0.260	0.503	0.106	0.503	0.503	0.500	0.503	0.106	0.503
0.633	0.260	0.260	0.260	0.106	0.260	0.260	0.500	0.633	0.260	0.260	0.260	0.106	0.260	0.260	0.500	0.260	0.106	0.260
0.633	0.134	0.260	0.134	0.106	0.134	0.134	0.500	0.633	0.134	0.260	0.134	0.106	0.134	0.134	0.500	0.134	0.106	0.134
0.633	0.068	0.260	0.068	0.106	0.068	0.068	0.500	0.633	0.068	0.260	0.068	0.106	0.068	0.068	0.500	0.068	0.106	0.068
0.633	0.035	0.260	0.035	0.106	0.035	0.035	0.500	0.633	0.035	0.260	0.035	0.106	0.035	0.035	0.500	0.035	0.106	0.035

Cuadro 5.52: Nivel de vulnerabilidad por inundación.

NIVEL	RANGO		
MUY ALTO	0.261	≤ V ≤	1.000
ALTO	0.135	≤ V <	0.260
MEDIO	0.069	≤ V <	0.134
BAJO	0.035	≤ V <	0.068

Cuadro 5.53: Descripción de niveles de peligro.

Vulnerabilidad Muy Alta	<p>Sector en el cual la infraestructura vial está construida sobre ceniza volcánica, igualmente dominada por población < 5 años y > de 65 años, múltiples poblaciones que desconocen el grado de peligrosidad y vulnerabilidad que existe en sus barrios, incluso hay una población con discapacidades Porque no asisten a mítines ni coordinan reuniones con otros grupos vecinales, su organización social es baja, sus familias tienen un solo ingreso económico, un solo integrante, sus trabajos son precarios o hay un problema con la demanda. Las familias y los residentes no han tomado las medidas ambientales adecuadas, hay mucha deforestación y no hay un tratamiento adecuado de las aguas residuales.</p>
Vulnerabilidad Alta	<p>En estos sectores la infraestructura vial está construida sobre limos, su mantenimiento es deficiente a moderado, sus servicios básicos son deficientes e incompletos, y su población de edades inferiores a 18 y edades superiores a 55 años, hay población con deterioro cognitivo o conocimiento inadecuado de los riesgos y peligros que existen en el vecindario. Poca participación de los vecinos en reuniones sociales. Se coordinan con otros grupos vecinales. Las familias y las comunidades no implementan medidas ambientales adecuadas, la deforestación es rampante y el tratamiento del agua residual es frágil y defectuoso debido a la falta de conectividad a las redes de recolección.</p>

<p>Vulnerabilidad media</p>	<p>Las casas están construidas sobre material arenoso, el mantenimiento es medio, el servicio básico es parcial, sin embargo, de buena calidad y persistencia, y la comunidad es predominantemente de 19 a 30 años y ninguna persona con discapacidad. Hay información sobre el peligro y vulnerabilidades de la vivienda y los vecinos, pero falta comprensión e interés Participación vecinal, por lo que las organizaciones sociales se comunican Coordinación con otros grupos vecinales, pero Solo para pedir trabajo Tienen ingresos económicos diferentes Solo 1 miembros de la familia tiene 2 trabajos y tiene menos de 40 años. La familia depende de estos ingresos y el residente es el dueño o propietaria. Las familias y las comunidades están comprometidas con prácticas ambientales razonables, como el manejo del agua, el reciclaje de desechos, la protección de la vegetación, la reforestación es floreciente y el tratamiento de aguas residuales está conectado adecuadamente a las redes de recolección. .</p>
<p>Vulnerabilidad Baja</p>	<p>En estas zonas la infraestructura vial está construida sobre ripio, conservada en regular a buen estado, y el servicio básico es completo y eficaz con disposición y persistencia, similar por lo que domina la población de 31 a 54 años, no hay personas con discapacidad, son conscientes de los peligros cerca de su casa y barrio así como de su vulnerabilidad, también están atentos y preparados, buena organización social ya que los vecinos se integran, se coordinan con otros grupos vecinales para reuniones, tareas domésticas y fiestas, tienen algún ingreso económico , con algunos miembros de la familia que poseen 2 ocupaciones y menos de 20 % de los miembros de la familia están supeditados a este ingreso; los hogares y los residentes adoptan criterios ambientales apropiadas, como la conservación del agua, el reciclaje del residuo sólido y la conservación de la vegetación, la forestación y el tratamiento adecuado del agua residual con conexión a una red de recolección.</p>

5.4. Determinación del nivel de vulnerabilidad

Cuadro 5.54: Parámetro fragilidad social.

Parámetros fragilidad social						
Grupo etario		Nivel de educación		Servicio básico		“Valor”
“Parámetro”	“Descriptor”	“Parámetro”	“Descriptor”	“Parámetro”	“Descriptor”	
0.644	0.134	0.271	0.079	0.117	0.145	0.117

Cuadro 5.55: Parámetro resiliencia social.

Parámetros resiliencia social						
Grupo etario		Nivel de educación		Servicio básico		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.643	0.260	0.283	0.260	0.074	0.260	0.260

Cuadro 5.56: Parámetro dimensión social.

Dimensión social				
“Fragilidad social”		“Resiliencia Social”		“Valor”
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.5	0.117	0.5	0.26	0.188

Cuadro 5.57: Parámetro fragilidad económica.

Parámetros fragilidad económica						
Material preponderante de la infraestructura vial		Estado de conservación		Incumplimiento de procedimientos de construcción		“Valor”
“Parámetro”	“Descriptor”	“Parámetro”	“Descriptor”	“Parámetro”	“Descriptor”	
0.63	0.26	0.26	0.13	0.11	0.13	0.21

Cuadro 5.58: Parámetro resiliencia económica.

Parámetros resiliencia económica						
Capacidad de respuesta logística del gobierno regional		Capacidad de respuesta logística del municipio		Capacidad de respuesta logística de pobladores		“Valor”
“Parámetro”	“Descriptor”	“Parámetro”	“Descriptor”	“Parámetro”	“Descriptor”	
0.72	0.26	0.19	0.13	0.08	0.26	0.24

Cuadro 5.59: Parámetro dimensión económica.

Dimensión Económica				
“Fragilidad Económica”		“Resiliencia Económica”		“Valor”
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.50	0.21	0.24	0.50	0.22

Cuadro 5.60: Parámetro fragilidad ambiental.

Parámetros fragilidad ambiental						
Características geológicas del suelo		Explotación de recursos naturales		Localización de la infraestructura		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.63	0.26	0.26	0.07	0.11	0.50	0.24

Cuadro 5.61: Parámetro resiliencia ambiental.

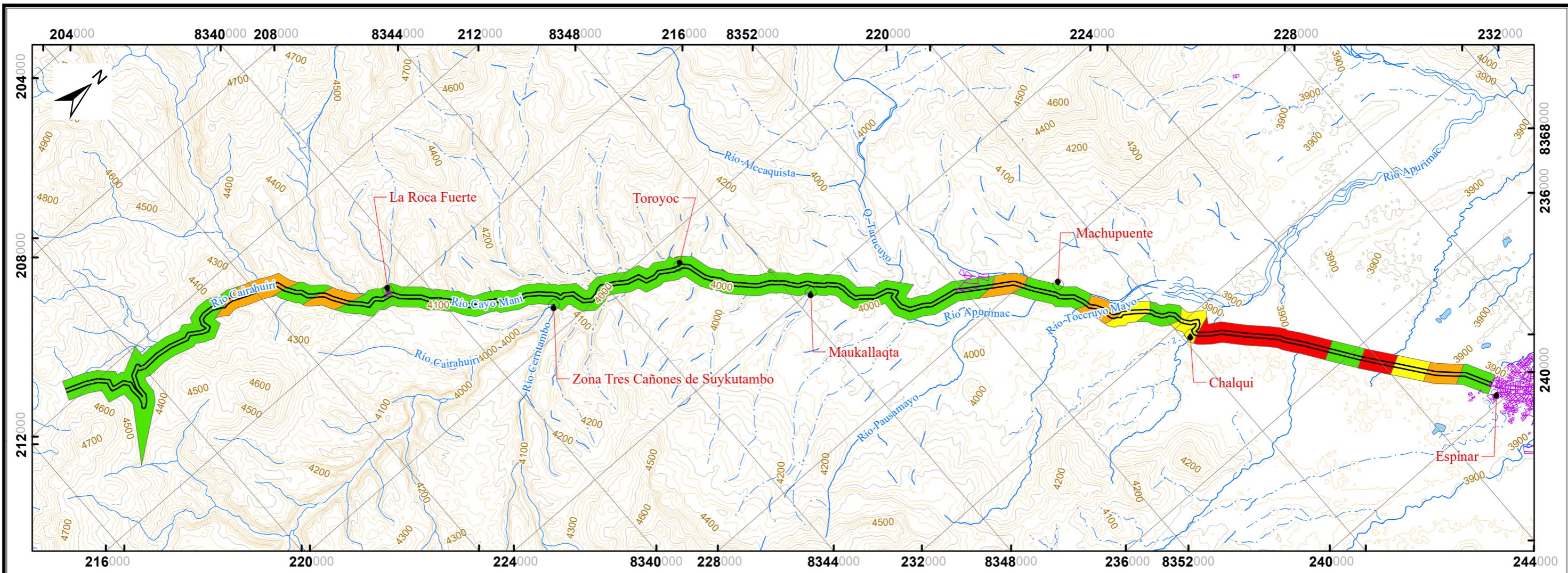
Parámetros resiliencia ambiental						
“Conocimiento y cumplimiento de la normatividad”		“Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus RRNN”		“Capacitación en temas de conservación ambiental”		“Valor”
“Parámetro”	“Descriptor”	“Parámetro”	“Descriptor”	“Parámetro”	“Descriptor”	
0.63	0.26	0.26	0.13	0.11	0.26	0.23

Cuadro 5.62: Parámetro dimensión ambiental.

Dimensión Ambiental				
Fragilidad Ambiental		Resiliencia Ambiental		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.50	0.24	0.50	0.23	0.23

Cuadro 5.63: Vulnerabilidad.

Vulnerabilidad						
Social		Económico		Ambiental		“Valor”
“Parámetro”	“Descriptor”	“Parámetro”	“Descriptor”	“Parámetro”	“Descriptor”	
0.63	0.19	0.26	0.22	0.11	0.23	0.202



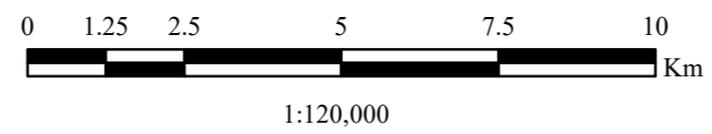
Símbolos

-  Zona urbana
-  Laguna
-  Carretera existente
-  Drenaje
-  Curvas Primarias
-  Curvas secundarias

Leyenda

Nivel de vulnerabilidad

-  Muy alto
-  Alto
-  Medio
-  Bajo



		<p>Universidad Nacional Mayor de San Marcos Universidad del Perú. Decana de América Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica Escuela Profesional de Ingeniería Geológica</p>			
<p>Análisis de riesgos por inundación e impacto en el mejoramiento de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco.</p>					
<p>NIVEL DE VULNERABILIDAD POR INUNDACIÓN</p>					
<p>PROYECCIÓN GWS- 84, UTM -19 S</p>	<p>ELABORADO POR Y. R. Ortiz de Zevallos Z.</p>	<p>FECHA Mayo, 2022</p>	<p>Figura 5.2</p>		

6. ANÁLISIS DEL NIVEL DE RIESGO

Es un proceso fundamental que faculta establecer y examinar el potencial de peligro para obtener una visión general del nivel de riesgo al que uno está expuesto en caso de que ocurra un desastre. Esta visión se logra interpretando la información disponible y usándola sistemáticamente para identificar amenazas y vulnerabilidades. Su análisis conduce a la identificación de eventos potencialmente dañinos como las inundaciones.

En el actual trabajo de estudio se analizó minuciosamente los puntos críticos observados en el sitio, dando como resultado un nivel de riesgo medio alto para la carretera Yauri-Suykutambo.

Cuadro 6.1: Valor de nivel de riesgo por inundación.

Riesgo		
Peligro	Vulnerabilidad	Valor
0.375	0.202	0.076

6.1. Riesgo por Inundación

Cuadro 6.2: Rango de nivel de riesgo.

Nivel	Rango		
Muy alto	0.079	< R ≤	0.250
Alto	0.029	< R ≤	0.079
Medio	0.011	< R ≤	0.029
Bajo	0.005	≤ R ≤	0.011

Cuadro 6.3: “Estratificación de niveles de riesgo por inundación”

“Niveles de riesgo”	Descripción	Rango
Muy alta	La ocurrencia de un fenómeno de el niño y > a 5 eventos de precipitación fuerte anual, con precipitaciones > a 200 mm, presencia de bofedales y zonas de inundación con pendientes bajas de 0 a 2 %, en zonas de depósitos volcánicos sin sistemas de drenaje, la población no cuenta con servicios básicos, su organización es nula, no tienen capacitación en gestión de riesgo de desastre, tanto la población como las autoridades no tienen cabida de solución logística.	0.079 ≤ r ≤ 0.250
Alta	El suceso de eventos de precipitación fuerte de 3 a 4, con precipitaciones de 120 a 150 mm en pendientes de 2 a 4 %, existen zonas de inundación como bofedales y existe un sistema de drenaje precario, la población esta escasamente informado sobre la gestión de riesgo, poseen poca coordinación y organización, las autoridades y la población poseen poca capacidad de respuesta ante la emergencia.	0.023 ≤ r ≤ 0.079
Media	La ocurrencia de 2 a 3 eventos de precipitación fuerte en promedio, con precipitaciones de 80 a 120 mm en zonas de pendiente inclinada de 4 a 8%, existen sistemas de drenaje medianamente tecnificado, la población posee un conocimiento ligero sobre gestión de riesgos así como también ya poseen una organización medianamente constituida, las autoridades y la población ya hacen frente con poco presupuesto a las diferentes emergencias.	0.005 ≤ r ≤ 0.023
Baja	La ocurrencia de 1 evento fuerte de precipitación menor a 80 mm con pendientes que varían de 8 % a más, poseen sistemas de drenaje tecnificado, la comunidad se encuentra informada en gestión del riesgo, poseen una organización y mantiene comunicación constantemente, las autoridades y la población tienen capacidad de respuesta logística ante las emergencias.	0.001 < r < 0.005

Cuadro 6.4: Matriz de riesgo por inundación de la zona de estudio.

PMA	0.498	0.034	0.067	0.130	0.250
PA	0.304	0.021	0.041	0.079	0.153
PM	0.215	0.015	0.029	0.056	0.108
PB	0.161	0.011	0.022	0.042	0.081
		0.079	0.145	0.271	0.514
		VB	VM	VA	VMA

Este cuadro nos faculta en alcanzar los riesgos de forma resumida, a partir del conocimiento del nivel de peligro alto y vulnerabilidad alta, se obtiene un valor de riesgo alto.

Aceptabilidad y tolerancia

Cuadro 6.5: Valoración de consecuencias.

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy Alta	Los resultados de los efectos de los fenómenos naturales son devastadoras.
3	Alta	Los resultados de los efectos de los fenómenos naturales tienen la facultad de ser administradas con soporte extrínseco.
2	Medio	Los resultados de los efectos de los fenómenos naturales tienen la facultad de ser administradas con el recurso disponible.
1	Baja	Los resultados de los efectos de los fenómenos naturales tienen la facultad de ser administradas sin problema.

Del Cuadro 6.5 se obtiene que la valorización de consecuencias posee un nivel 2 – Medio debido a que el impacto del fenómeno natural puede ser gestionada con el recurso disponible.

Cuadro 6.6: Valoración de frecuencia.

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy Alta	Tiene la facultad de suceder en la mayor parte de los contextos
3	Alta	Tiene la facultad de suceder en lapsos de tiempo moderadamente extensos conforme al contexto
2	Medio	Tiene la facultad de ocurrir en lapsos de tiempo extensos conforme al contexto
1	Baja	Tiene la facultad de suceder en un contexto excepcional

Del Cuadro 6.6 se concluye que el contexto de inundación y desborde pueden acontecer en lapsos de tiempo moderadamente extenso conforme al contexto, en otras palabras, posee un nivel 3 – Alto.

Cuadro 6.7: Consecuencia y daño.

Consecuencias	Nivel	Zona de Consecuencias y daños			
Muy Alta	4	Alta	Media	Muy Alta	Muy Alta
Alta	3	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Media	2	Media	Media	Alta	Alta
Baja	1	Baja	Media	Media	Alta
	Nivel	1	2	3	4
	Frecuencia	Baja	Media	Alta	Muy Alta

Cuadro 6.8: “Aceptabilidad y tolerancia”

Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inadmisible	Riesgo Inadmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inadmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable
Riesgo Aceptable	Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable

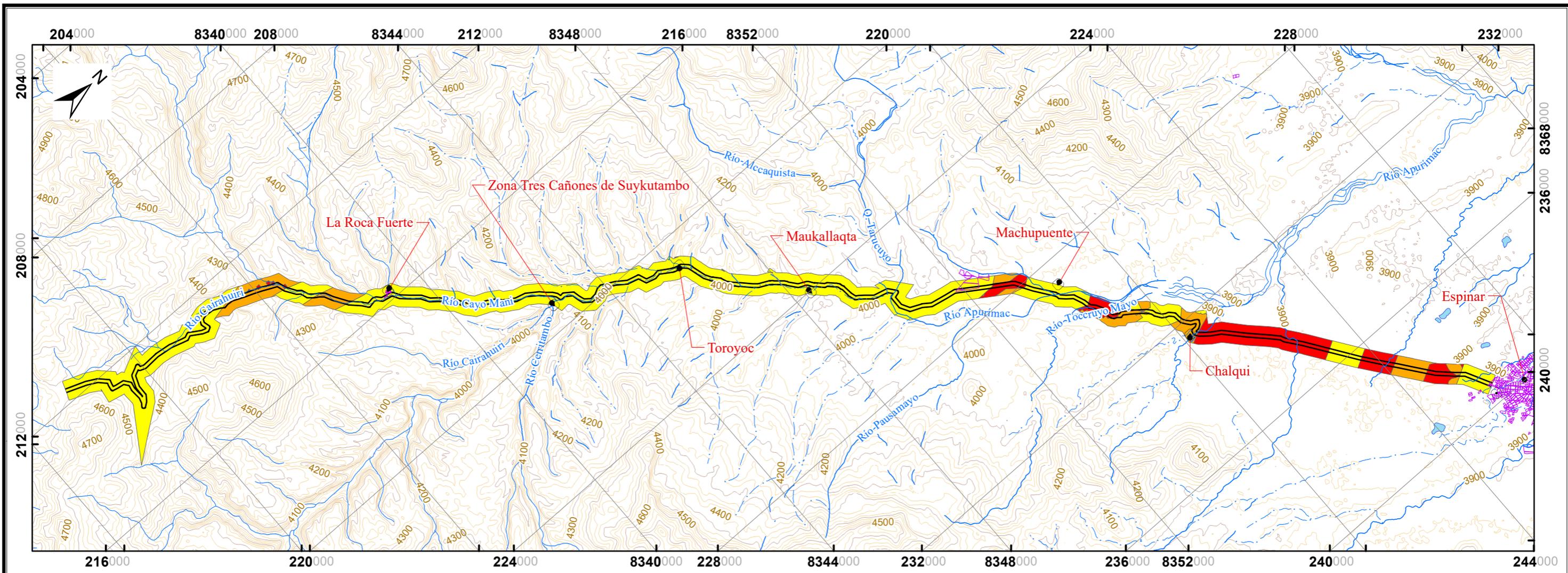
Cuadro 6.9: Prioridad de intervención.

Elaborar acciones prioritarias e inmediatas con el fin del control de riesgos por inundación, considerando que el grado de riesgo es muy elevado en la parte inicial de la vía que va de la progresiva 0+000 hasta aproximadamente la progresiva 15+000, nivel alto de la

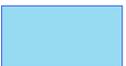
progresiva 37+000 hasta aproximadamente hasta la progresiva 40+000 y nivel medio de la progresiva 15+000 hasta aproximadamente la progresiva 37+000 tal como se muestra la figura 6.1 se planifica discretas de tipo no estructural y estructural conforme al grado de priorización mostrado a continuación:

Valor	Nivel	Nivel de Priorización
4	Inadmisible	I
3	inaceptable	II
2	tolerable	III
1	aceptable	IV

6.1.1. Mapa de niveles de riesgo por inundación



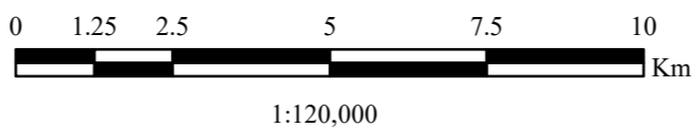
Símbolos

-  Zona urbana
-  Laguna
-  Carretera existente
-  Drenaje
-  Curvas Primarias
-  Curvas secundarias

Leyenda

Nivel de Riesgo

-  Muy Alto
-  Alto
-  Medio



		<p>Universidad Nacional Mayor de San Marcos Universidad del Perú. Decana de América Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica Escuela Profesional de Ingeniería Geológica</p>			
<p>Análisis de riesgos por inundación e impacto en el mejoramiento de la carretera Yauri – Suykutambo, Espinar, Cusco.</p>					
<p>NIVEL DE RIESGO POR INUNDACIÓN</p>					
<p>PROYECCIÓN GWS- 84, UTM -19 S</p>	<p>ELABORADO POR Y. R. Ortiz de Zevallos Z.</p>	<p>FECHA Mayo, 2022</p>	<p>Figura 6.1</p>		

7. CONCLUSIONES

Se realizó el análisis de riesgo por inundación determinando que influye significativamente en la construcción de la carretera Yauri-Suykutambo ya que se pudo identificar y caracterizar los peligros por inundación, logrando observar 25 puntos críticos por inundación en la vía principal Yauri-Suykutambo tal como se muestra en el Anexo fotográfico y el Cuadro 4.1, así como también se realizó el mapa de peligros por inundación como se evidencia en la figura 4.9 donde nos muestra que las zonas con pendiente baja son propicias para que se produzca este tipo de peligro por inundación.

Se determinó y se analizó la influencia de los factores condicionantes siendo estos la geología, la pendiente, y la vegetación, estos son medidas propias del área de estudio el cual favorece a la acontecimiento del fenómeno determinado, los valores estimados de niveles de peligrosidad se estimó en 4 rangos, nivel muy alto ($0.304 < P < 0.498$), nivel alto ($0.215 < P < 0.304$), nivel medio ($0.161 < P < 0.215$), nivel bajo ($0.150 < P < 0.161$), tal como se observa en el cuadro 4.16, este nivel de peligro se obtuvo gracias a la determinación de los valores de susceptibilidad y el valor del parámetro; así como también, se halló el nivel de vulnerabilidad teniendo en cuenta el análisis de los elementos expuestos los cuales son principalmente la infraestructura y obras de drenaje, así como también las poblaciones cercanas a dicha vía, además de analizar la fragilidad y resiliencia social, económica y ambiental, obteniendo unos rangos de vulnerabilidad tales como, muy alto ($0.261 < V < 1.00$), nivel alto ($0.135 < V < 0.260$), nivel medio ($0.069 < V < 0.134$), nivel bajo ($0.035 < V < 0.068$), tal como se muestra el cuadro 5.52.

Se determinó y se analizó la influencia de los factores desencadenantes siendo la única la precipitación, este parámetro actúa de manera decisiva y ocasiona finalmente el fenómeno de inundación, todo esto sirvió para hallar el nivel de riesgo de la vía Yauri – Suykutambo utilizando las evaluaciones de nivel de peligro y nivel de vulnerabilidad obteniendo como resultado rangos de riesgo, muy alto ($0.079 < R < 0.2509$), nivel alto ($0.029 < R < 0.079$), nivel medio ($0.011 < R < 0.029$), nivel bajo ($0.005 < R < 0.011$) tal como se exhibe en el cuadro 6.2 en el mapa de niveles de riesgo se visualiza con el color rojo el riesgo de muy alto nivel representado más por la zonas que van de la progresiva 1+000 a 2+000, 3+000 a 4+000,

5+000 a 10+000 y 12+000 a 13+000, el color naranja de nivel alto representadas en las zonas de la progresiva 2+000 a 3+000, 9+00 a 10+000,11+000 a 12+000, 37+000 a 38+000 y 40+000 a 41+000, y el color amarillo de nivel medio que representa el restante la infraestructura vial

8. RECOMENDACIONES

Medidas de prevención y reducción del riesgo

8.1 Medidas estructurales

- Sistemas de drenaje que sirvan para colectar la lluvia, abatir el nivel freático ya que esta se encuentra en la superficie del terreno y desaguar el agua estancada que se encuentra confinada en varios puntos críticos como se observa en el anexo fotográfico ya que no se puede escurrir de forma natural. Estos drenajes se deben colocar a lo largo de las zonas más bajas y pendientes bajas, a esto sumado la presencia de suelos con una permeabilidad baja.
- Ya que la zona de estudio presenta zonas de confinamiento natural, se tiene que cortar el confinamiento mediante tajos y ser llevados hacia a un cauce natural. Así como también los confinamientos que forma la vía principal, esta se deberá cortar para dejar pasar los drenes, lo que nos obliga a construir puentes en las zonas como los puntos críticos P10, P17, P18, P 19, P22 y P26.
- Limpieza de drenajes por la acumulación de sedimentos, estos taconean el drenaje e impiden la fluidez del agua, esta limpieza se debe de llevar a cabo en los puntos críticos como P1, P3, P7, P14, P18 y P21. El diseño de los drenes se debe realizar con el método del esfuerzo cortante crítico, mediante el cual el esfuerzo cortante que ejerce el agua contra los taludes es igual al que resiste el material de los mismos.
- Construcción de muros de contención en el punto crítico P25 ya que el socavamiento del rio hace que la vía se debilite y empiece a desmoronarse,

8.2 Medidas no estructurales

- Las medidas no estructurales complementan las medidas estructurales por lo que tenemos que fortalecer las capacidades de los sujetos para hacer frente a las inundaciones, incluidas las rutas de evacuación y las áreas seguras contra inundaciones.
- Se deben realizar una investigación profunda de eventos similares producidos y a que zonas se afectaron y el tiempo de afectación
- Realizar un cartografiado teniendo en cuenta la faja marginal del río para los diferentes usos ya sea para zonas de cultivo, uso industrial, residencias o zonas públicas como centros recreativos.
- Instalar medidas de seguridad y señalización
- Programa de reforestación y manejo de erosión de suelos
- Fortalecer a la población en la capacitación de los pobladores de acuerdo con los estándares de ingeniería estructural y la gestión predictiva, reactiva y correctiva de los riesgos de desastres como medida de seguridad para la construcción de infraestructura futura.
- Fortalecer y desarrollar sistemas de alerta temprana utilizando en tiempo real información hidrológica, e informar a la población mediante medios de comunicación local especialmente en temporadas de diciembre a marzo ya que son las épocas donde más precipitaciones se acumulan.
- Publicación de los mapas de peligrosidad, riesgo y vulnerabilidad en los centros comunales, colegios, etc.

Referencias Bibliográficas

- Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial. (2016). *Riesgo de inundaciones en redes viales*. Washinton DC: Banco Mundial.
- Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial. (2016). *Riesgo de inundaciones en redes viales*.
- CENEPRED. (2014). *MANUAL PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS ORIGINADOS POR FENÓMENOS NATURALES, 2DA VERSIÓN*. Lima.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión*. LIMA: NEVA STUDIO SAC.
- Cercedo Vidal, F. O. (2019). *EVALUACIÓN DE RIESGO ORIGINADO POR INUNDACIONES FLUVIALES EN EL CENTRO POBLADO DE SAUSAL-DISTRITO DE LUYANDO 2019*. Tingo Maria: Municipalidad Distrital de Luyando.
- Colque, L. Q. (2003). *MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA REVISIÓN Y ATUALIZACIÓN DE LOS CUADRANGULOS 30 S - 31T*. LIMA: INGEMMET.
- Cruz, N. d. (1995). *Geología de los cuadrangulos de Velille, Yauri, Ayaviri y Azangaro*. Lima: INGEMMET.
- ECOMEXICO. (2000). *Generalidades de Topografía*. Mexico.
- Felipe Ignacio Arreguín Cortez, M. L. (2016). *Las inundaciones en un marco de incertidumbre climática*. Mexico: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Gobierno regional Cusco. (2019). *"Estudio de Diagnóstico y Zonificación de la provincia de Espinar"*. Cusco: Gobierno regional Cusco.
- Hanco, C. A. (2018). *"EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL DISTRITO DE TIABAYA"*. Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa .
- Hechavarria, F. G. (2006). *ESTRATEGIA PROSPECTIVA PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES A NIVEL LOCAL EN CUBA*. CIUDAD DE LA HABANA : INSTITUTO SUPERIOR POLITECNICO "JOSE ANTONIO ECHEVERRIA".
- INDECI. (2006). *Manual Básico para la Estimación de Riesgo*. LIMA: INDECI.
- INDECI. (2018). *LINEAMIENTOS PARA LA RESPUESTA PROCESO DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES*. LIMA: INDECI.
- INDECI. (2018). *LINENAMIENTOS PARA LA RESPUESTA PROCESO DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES*. LIMA: INDECI.
- Larsen, M. R. (2010). *Development of a screening method to assess flood risk on Danish national roads and highway systems*. DINAMARCA.
- Luis Cerpa, L. M. (2011). *Geología del cuadrangulo de Condoroma*. LIMA: INGEMMET.

- M., A. S. (2003). *MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE LOS CUADRÁNGULOS DE CONDOROMA (31-t)*. LIMA: INGEMMET.
- M., D. D. (1988). *Geología del cuadrángulo de Cailloma 31s*. Lima: INGEMMET.
- Marco Antonio Salas Salinas, M. J. (2004). *Inundaciones*. México: CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES.
- MINAM. (2015). *Memoria descriptiva Mapa Nacional de Cobertura Vegetal*. LIMA: TIPSAL S.A.C.
- Ministerio de Energía y Minas. (2017). D.S.N° 023 - 2017 - EM. *MODIFICAN DIVERSOS ARTÍCULOS Y ANEXOS DEL D.S.N° 024 - 2016 - EM, 234*.
- Ministerio de Energía y Minas. (2017). D.S.N° 023 - 2017 - EM. *MODIFICAN DIVERSOS ARTÍCULOS Y ANEXOS DEL D.S.N° 024 - 2016 - EM*.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal - Memoria descriptiva*. Lima: Imprenta TIPSAL S. A. C.
- MSc. Juana Herminia Serrano Méndez, MSc. Ida Inés Pedroso Herrera, MSc. Osvaldo Enrique Pérez López, MSc. Sheila Silvia Chang Fentes, Ing. Ramón Omar Pérez Aragón, MSc. Elsa Lidia Fonseca Arcalla, & Dr. Armando Graciano Santiago Errasti. (2014). *METODOLOGÍAS PARA LA DETERMINACIÓN DE RIESGOS Y DESASTRES A NIVEL TERRITORIAL*. PLAYA, CUBA: Agencia de Medio Ambiente.
- Núñez Monroy W. . (2011). *“Fortalecimiento del Desarrollo de Capacidades de Ordenamiento Territorial en la Región Cusco” Diagnostico provincial de Espinar*. Cusco: Municipalidad Provincial de Espinar.
- Oficina de los Estados Unidos de Asistencia para Desastres en el Extranjero. (2009). *Curso de Reducción del Riesgo de Desastre (RRD)*. USA: (USAID/OFDA/LAC).
- PEREZ-SAMBRANO. (2014). *RIESGOS X INUNDACION. REVIS GEOLOGIA, 26*.
- Reducción de Desastres de las Naciones Unidas. (2009). *Terminología sobre Reducción de Riesgo de Desastre*. Ginebra, Suiza: Naciones Unidas .
- Saaty, T. L. (1980). *Fundamentals of the Analytic Hierarchy Process*. E.E.U.U.: University ofPittsburgh, Pittsburgh PA USA.
- UNISDR. (2009). *Terminología para Reducción de Riesgos de Desastre*. Ginebra, Suiza: Naciones Unidas.
- USAID/OFDA/LAC. (2009). *Curso de Reducción de Riesgo de Desastre*. USA: (USAID/OFDA/LAC).
- Vilma Iovon, M. S. (2009). *Gestión del Riesgo de Desastres para la planificación del desarrollo local*. Lima: Biblioteca Nacional .
- Zuidam, V. (1986).

Zuidam, V. (1986). *Aerial photointerpretation in terrain analysis and geomorphological mapping*. The Hague, Smits Publishers. Brazil .

Anexos

Anexo 1. Panel fotográfico



Fotografía 01: P1 Coordenadas 238342E 8361266N, Cota 3931m.s.n.m.

En este punto se observa el estancamiento de agua, producida por atascamiento de sedimentos en el canal de drenaje que atraviesa la vía, así como también la sobresaturación del suelo produciendo zonas de bofedal cercanas a la vía, como se observa en la fotografía la pendiente es muy baja, esta zona está ubicado aproximadamente en la progresiva 1+400.



Fotografía 02: P2 Coordenadas 238189E, 8361099N, Cota 3933 m.s.n.m.

Punto crítico donde se observa una zona de inundación, aproximadamente de unos 300 metros de longitud, con presencia de bofedales a 5 metros al margen izquierdo de la vía. Se ubica en la progresiva 1+ 600.



Fotografía 03: P3 Coordenadas 237480E, 8360525N, Cota 3933 m.s.n.m.

Punto crítico donde se observa el taponamiento de un canal de drenaje por sedimentos que impide el flujo del agua, este punto está ubicado en la progresiva 2+530.



Fotografía 04: P4 Coordenadas 237038E, 8360243N, Cota 3924 m.s.n.m.

Punto crítico donde se observa una zona de inundación de aproximadamente 250 m. de longitud en el margen izquierdo de la vía, este punto se en la progresiva 3+050.



Fotografía 05: P5 Coordenadas 236942E, 8360128N, Cota 3921 m.s.n.m.

Punto crítico en donde se observa estancamiento de agua en un badén ya deteriorado, el agua proviene de un riachuelo, la topografía muestra una pendiente plana, la cual permite dicho estancamiento, este punto se ubica en la progresiva 3+200.



Fotografía 06: P6 Coordenadas E 236627 N 8359867 Cota 3926 m.s.n.m.

Punto crítico en que se observa una zona de estancamiento de agua de aproximadamente 1 ha, se encuentra a escasos metros de viviendas y de la vía principal, se ubica en la progresiva 3+600.



Fotografía 07: P7 Coordenadas E 236483 N 8359750 Cota 3924 m.s.n.m.

Canal de drenaje taponeado debido a la baja gradiente y zona plana, dejando un pequeño orificio donde discurre el agua. Este punto se ubica en la progresiva 3+790.



Fotografía 8: P8 Coordenadas 236396E 8359688N, Cota 3924 m.s.n.m.

Zona de estancamiento y humedal de aproximadamente 1 Hm², se ubica en el margen derecho de la vía, está ubicado en la progresiva 3+900.



Fotografía 09: P9 Coordenadas 234974E, 8358698E, Cota 3929 m.s.n.m.

Humedal en ambos márgenes de la vía, están ubicadas en la progresiva 5+630.



Fotografía 10: P10 Coordenadas 234612E, 8358433N, Cota 3915 m.s.n.m.

La vía atraviesa una quebrada, la misma ha sido afectado por fenómenos de geodinámica externa, un flujo de detritos la cual destruyó la vía principal, se ubica a 900 m de la progresiva 5+000.



Fotografía 11: P11 Coordenadas 234521E, 8358376N, Cota 3916 m.s.n.m.

Zona de inundación ubicada al margen izquierdo de la vía con una longitud aproximada de 250 m, se ubica en la progresiva 6+100.



Fotografía 12: P12 Coordenadas 233799 E, 8357744 N, Cota 3928 m.s.n.m.

Amplia zona de inundación al margen derecho de la vía de aproximadamente 250 m, está ubicada en la progresiva 6+200.



Fotografía 13: P13 Coordenadas 233624E, 8357579N, Cota 3930 m.s.n.m.

Zona de inundación de aproximadamente 100 m de longitud, esta se encuentra al lado derecho de la vía principal, está ubicada en la progresiva 7+150.



Fotografía 14: P14 Coordenadas 233574E, 8357533N, Cota 3926 m.s.n.m.

Canal de drenaje obstruido por sedimentos debido al bajo gradiente que se presenta, dando lugar al estancamiento del agua, se ubica en la progresiva 7+400.



Fotografía 15: P15 Coordenadas 233313E, 8357299N, Cota 3930 m.s.n.m.

Se muestra una zona con estancamiento de agua a 3 metros de la vía principal con una longitud de 100 m al margen izquierdo, está ubicada en la progresiva 7+460.



Fotografía 16: P16 Coordenadas 233057E, 8357069N, Cota 3927 m.s.n.m.

Estancamiento de agua en el margen izquierdo de la vía principal, está ubicado en la progresiva 7+830.



Fotografía 17: P17 Coordenadas 233005E, 8357014N, Cota 3930 m.s.n.m.

Zona de inundación con presencia de al humedal que se encuentra al margen izquierdo de la vía. Se ubica en la progresiva 8+128



Fotografía 18: P18 Coordenadas 232895E, 8356824N, Cota 3926 m.s.n.m.

Se ubica un canal de drenaje colmatado debido al bajo gradiente, lo cual provoca estancamiento del agua, se ubica en la progresiva 8+200.



Fotografía 19: P19 Coordenadas 232446E, 8356353N, Cota 3917 m.s.n.m.

Zona de inundación donde el agua se acumula al margen izquierdo de la vía provocando daños en la misma, esta se ubica en la progresiva 8+430



Fotografía 20: P20 Coordenadas 230998E, 8355662N, Cota 3922 m.s.n.m.

Discurriramiento de un río secundario por la vía principal, está ubicado en la progresiva 9+100



Fotografía 21: P21 Coordenadas 230400E, 8354795N, Cota 3927 m.s.n.m.

Canal de drenaje tapado con sedimentos, estos producen el estancamiento del agua en dicho canal, está ubicado en la progresiva 11+100.



Fotografía 22: P22 Coordenadas 230334E, 8354790N, Cota 3927 m.s.n.m.

Estancamiento de agua en el margen derecho de la vía, se ubica en la progresiva 12+220



Fotografía 23: P23 Coordenadas 227981E, 8353364N, Cota 3964 m.s.n.m.

Zona de humedal ubicada al margen derecho de la vía, esta se encuentra en la progresiva 15+160



Fotografía 24: P24 Coordenadas 214785E, 8337582N, Cota 4132 m.s.n.m.

Socavamiento de la plataforma en la margen derecha del río Apurímac, zona de erosión ocasionado por la acción del socavamiento del río, se ubica en la progresiva 37+530.



Fotografía 25: P25 Coordenadas 213078E, 8335897N, Cota 4174 m.s.n.m.

Flujo de detritos en el cauce del río Apurímac, ocasionó la destrucción del puente de la vía principal, se ubica en la progresiva 40+100