



Quillcay - ciudad de Huaraz

Diciembre 2020

Evaluación del riesgo por aluvión en la ciudad de Huaraz,
distritos de Huaraz e Independencia,
provincia de Huaraz, departamento de Áncash

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES
SUBDIRECCIÓN DE RIESGOS ASOCIADOS A GLACIARES



INAIGEM
INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

ELABORACIÓN DEL INFORME TÉCNICO

**Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña
INAIGEM:**

Ing. Jesús Gómez López

Director

Dirección de Investigación en Glaciares

Ing. Juan C. Torres Lázaro

Subdirector

Subdirección de Riesgos Asociados a Glaciares

Equipo Técnico:

Ing. Juan Carlos Torres Lázaro

Geóg. Víctor Luján Ccorahua

Ing. Adriana Caballero Bedriñana

Ing. Harrinson Jara Infantes

Bach. Enver Melgarejo Romero

Ing. Hilbert Villafane Gomez

Bach. Julia Araujo Reyes

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	10
CAPITULO I GENERALIDADES	12
1.1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.2. OBJETIVOS	13
1.2.1. Objetivo general.....	13
1.2.2. Objetivos específicos	13
1.3. JUSTIFICACIÓN	13
1.4. UBICACIÓN	14
1.4.1. Geográfica	14
1.4.2. Política	14
1.4.3. Hidrográfica	14
1.5. ÁMBITOS GLACIARES	16
1.5.1. Laguna Palcacocha	17
1.5.2. Laguna Tullpacocha.....	18
1.6. DESCRIPCIÓN SOCIAL	20
1.6.1. Población	20
1.6.2. Vivienda	20
CAPITULO II ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD	21
2.1. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE LA PELIGROSIDAD.....	21
2.1.1. Metodología de Ponderación	22
2.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS	23
2.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS PELIGROS.....	25
2.3.1. Altura del flujo	25
2.3.2. Modelamiento de la cadena de procesos.....	25
2.3.3. Ponderación de los parámetros de evaluación del peligro por aluvión ...	27
2.3.4. Niveles de peligro	29
2.3.5. Identificación de los elementos expuestos	29
2.4. SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRITORIO	33
2.5. FACTOR DESENCADENANTE Y PONDERACIÓN	33
2.5.1. Volumen del desembalse	33
2.5.2. Ponderación del volumen del desembalse	35
2.6. FACTORES CONDICIONANTES Y PONDERACIÓN	36
2.6.1. Unidades Geotécnicas.....	37
2.6.1.1. Basamento Rocoso.....	37
2.6.1.2. Suelos.....	37
2.6.2. Unidades Geológicas	42
2.6.2.1. Depósitos inconsolidados.	42

2.6.2.2.	Unidades del sustrato	44
2.6.3.	Unidades geomorfológicas.....	48
2.6.4.	Pendientes.....	53
2.7.	ESTRATIFICACIÓN DE LA PELIGROSIDAD.....	56
2.8.	MAPA DE NIVELES DE PELIGROSIDAD	56
CAPITULO III	ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD	58
3.1.	METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD	58
3.2.	VULNERABILIDAD DE VIVIENDAS	60
3.2.1.	Dimensión económica.....	60
a)	Ponderación de la fragilidad social.....	60
b)	Ponderación de resiliencia social	62
3.2.2.	Dimensión Física	64
a)	Ponderación de fragilidad física	64
b)	Ponderación de los descriptores de la Fragilidad Física	65
c)	Ponderación de resiliencia física.....	69
3.2.3.	Dimensión Económica	71
a)	Ponderación de fragilidad económica	71
b)	Ponderación de la resiliencia Económica.....	72
3.2.4.	Dimensión Ambiental	73
a)	Ponderación de la fragilidad ambiental	73
b)	Ponderación de resiliencia ambiental.....	75
3.3.	VULNERABILIDAD DE ESTRUCTURAS	76
3.3.1.	Dimensión física.....	76
a)	Ponderación de exposición física.....	76
b)	Ponderación de fragilidad física	77
3.4.	NIVELES DE VULNERABILIDAD	81
3.4.1.	Nivel de vulnerabilidad de viviendas	81
3.4.2.	Nivel de vulnerabilidad de estructuras.....	82
3.5.	ESTRATIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD.....	82
3.5.1.	Estratificación de Vulnerabilidad de Viviendas	82
3.5.2.	Estratificación de Vulnerabilidad de Estructuras.....	84
3.6.	MAPA DE VULNERABILIDAD.....	85
3.6.1.	Mapa de Vulnerabilidad de Viviendas	85
3.6.2.	Mapa de Vulnerabilidad de Estructuras.....	85
CAPITULO IV	CÁLCULO DEL RIESGO	88
4.1.	RIESGO	88
4.2.	METODOLOGÍA PARA CALCULAR EL RIESGO	89

4.3. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO.....	90
4.3.1. Nivel del Riesgo de Viviendas.....	91
4.3.2. Nivel del Riesgo de Estructuras	92
4.4. ESTRATIFICACIÓN DEL RIESGO	92
4.4.1. Estratificación del riesgo de viviendas.....	92
4.4.2. Estratificación del riesgo de estructuras.....	95
4.5. MAPA DE RIESGO	96
4.5.1. Mapa de Riesgo de Viviendas.....	96
4.5.2. Mapa de Riesgo de Estructuras	96
4.6. CÁLCULO DE LOS DAÑOS PROBABLES	99
4.6.1. Estimación de daños probables	99
4.7. CONTROL DEL RIESGO, ACEPTABILIDAD Y TOLERANCIA.....	103
4.7.1. Valoración de consecuencias.....	103
4.7.2. Valoración de frecuencia.....	104
4.7.3. Nivel de consecuencia y daños.....	104
4.7.4. Aceptabilidad y/o Tolerancia	105
4.7.5. Prioridad de Intervención	105
4.7.6. Medidas de Control.....	105
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	106
5.1. CONCLUSIONES.....	106
5.2. RECOMENDACIONES.....	106
5.2.1. MEDIDAS ESTRUCTURALES.....	107
5.2.2. MEDIDAS NO ESTRUCTURALES	108
BIBLIOGRAFÍA	109
ANEXO A	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tabla para ponderación de parámetros y descriptores desarrollada por Saaty	23
Tabla 2	Antecedentes de eventos aluvionales en la Cordillera Blanca	24
Tabla 3	Ponderación del parámetro de evaluación “Comparación de pares”	27
Tabla 4	Matriz de normalización de la altura de flujo	27
Tabla 5	Índice de consistencia de la altura de flujo	27
Tabla 6	Niveles de peligro	29
Tabla 7	Población expuesta	29
Tabla 8	Viviendas expuestas	29
Tabla 9	Infraestructuras expuestas	30
Tabla 10	Dimensión Económica	31
Tabla 11	Dimensión Ambiental	31
Tabla 12	Factores de susceptibilidad	33
Tabla 13	Intervalos y niveles de volumen del desembalse de las lagunas glaciares	34
Tabla 14	Comparación de pares del factor desencadenante	35
Tabla 15	Matriz de normalización del “Desencadenante - Volumen de Desembalse	35
Tabla 16	Índice de consistencia del desencadenante	35
Tabla 17	Comparación de Pares de los factores condicionantes	36
Tabla 18	Matriz de normalización del factor condicionante	36
Tabla 19	Índice de consistencia del factor condicionante	36
Tabla 20	Comparación de pares de las unidades geotécnicas	41
Tabla 21	Matriz de normalización de las unidades geotécnicas	41
Tabla 22	Índice de consistencia de las unidades geotécnicas	41
Tabla 23	Comparación de pares de las unidades geológicas	47
Tabla 24	Matriz de normalización de las unidades geológicas	47
Tabla 25	Índice de consistencia de las unidades geológicas	47
Tabla 26	Comparación de pares de las unidades geomorfológicas	52
Tabla 27	Matriz de normalización de las unidades geomorfológicas	52
Tabla 28	Índice de consistencia de las unidades geomorfológicas	52
Tabla 29	Comparación de pares de los niveles de pendiente	55
Tabla 30	Matriz de normalización de los niveles de pendiente	55
Tabla 31	Índice de consistencia de los niveles de pendiente	55
Tabla 32	Estratificación de la peligrosidad ante un posible aluvión	56
Tabla 33	Factores de vulnerabilidad y descriptores considerados en cada dimensión – viviendas	59
Tabla 34	Factores de vulnerabilidad y descriptores considerados en cada dimensión – Estructuras	59
Tabla 35	comparación de pares del grupo etario	60

Tabla 36	Matriz de normalización del grupo etario	60
Tabla 37	Índice de consistencia del grupo etario.....	60
Tabla 38	Comparación de pares de discapacidad.....	61
Tabla 39	Matriz de normalización de discapacidad	61
Tabla 40	Índice de consistencia de discapacidad.....	61
Tabla 41	Comparación de pares en temas de gestión del riesgo de desastres	62
Tabla 42	Matriz de normalización en temas de gestión del riesgo de desastres	62
Tabla 43	Índice de consistencia	62
Tabla 44	Comparación de pares del conocimiento sobre desastres en la localidad	63
Tabla 45	Matriz de normalización del conocimiento sobre desastres en la localidad....	63
Tabla 46	Índice de consistencia	63
Tabla 47	Comparación de pares de la fragilidad física.	64
Tabla 48	Matriz de normalización de la fragilidad física	64
Tabla 49	Índice de consistencia de la fragilidad física	64
Tabla 50	Comparación de pares del material predominante en la pared.....	65
Tabla 51	Matriz de normalización del material predominante en la pared	65
Tabla 52	Índice de consistencia del material predominante en la pared.....	65
Tabla 53	Comparación de pares material predominante en el techo.....	66
Tabla 54	Matriz de normalización del material predominante en el techo.....	66
Tabla 55	Índice de consistencia del material predominante en el techo	66
Tabla 56	Comparación de pares del estado de conservación	67
Tabla 57	Matriz de normalización del estado de conservación.....	67
Tabla 58	Índice de consistencia del estado de conservación	67
Tabla 59	Comparación de pares de la antigüedad de la construcción.....	68
Tabla 60	Matriz de normalización de la antigüedad de la construcción	68
Tabla 61	Índice de consistencia de la antigüedad de la construcción.....	68
Tabla 62	Comparación de pares del tipo de vivienda	69
Tabla 63	Matriz de normalización del tipo de vivienda	69
Tabla 64	Índice de consistencia del tipo de vivienda	69
Tabla 65	Comparación de pares del número de pisos de la vivienda.....	70
Tabla 66	Matriz de normalización del número de pisos de la vivienda	70
Tabla 67	Índice de consistencia	70
Tabla 68	Comparación de pares de la actividad principal.....	71
Tabla 69	Matriz de normalización de la actividad principal.....	71
Tabla 70	Índice de consistencia	71
Tabla 71	Comparación de pares del ingreso familiar.....	72
Tabla 72	Matriz de normalización del ingreso familiar	72
Tabla 73	Índice de consistencia del ingreso familiar.....	72

Tabla 74 Comparación de pares del manejo aguas residuales	73
Tabla 75 Matriz de normalización del manejo de aguas residuales.....	73
Tabla 76 Índice de consistencia del manejo de aguas residuales	73
Tabla 77 Comparación de pares del manejo de residuos sólidos.....	74
Tabla 78 Matriz de normalización del manejo de residuos sólidos	74
Tabla 79 Índice de consistencia del manejo de residuos sólidos.....	74
Tabla 80 Comparación de pares de la capacitación en temas ambientales.....	75
Tabla 81 Matriz de normalización de la capacitación en temas ambientales	75
Tabla 82 Índice de consistencia de la capacitación en temas ambientales	75
Tabla 83 Comparación de pares de la exposición física.....	76
Tabla 84 Matriz de normalización de la exposición física	76
Tabla 85 Índice de consistencia de la exposición física.....	76
Tabla 86 Comparación de pares de la fragilidad física.	77
Tabla 87 Matriz de normalización de la fragilidad física	77
Tabla 88 Índice de consistencia de la fragilidad física	77
Tabla 89 Comparación de pares del material predominante en la pared.....	78
Tabla 90 Matriz de normalización del material predominante en la pared	78
Tabla 91 Índice de consistencia del material predominante en la pared.....	78
Tabla 92 Comparación de pares del material predominante en el techo	78
Tabla 93 Matriz de normalización del material predominante en el techo.....	79
Tabla 94 Índice de consistencia del material predominante en el techo	79
Tabla 95 Comparación de pares del estado de conservación	79
Tabla 96 Matriz de normalización del estado de conservación.....	79
Tabla 97 Índice de consistencia del estado de conservación	80
Tabla 98 Comparación de pares de la antigüedad de la construcción.....	80
Tabla 99 Matriz de normalización de la antigüedad de la construcción	80
Tabla 100 Índice de consistencia de la antigüedad de la construcción.....	80
Tabla 101 Nivel de vulnerabilidad – Viviendas	81
Tabla 102 Nivel de vulnerabilidad – Estructuras.....	82
Tabla 103 Nivel de vulnerabilidad estratificada – Viviendas	83
Tabla 104 Nivel de vulnerabilidad estratificada – Estructuras.....	84
Tabla 105 Nivel de Riesgo – Viviendas.....	91
Tabla 106 Nivel de Riesgo – Estructuras	92
Tabla 107 Nivel de Riesgo estratificada – Viviendas.....	93
Tabla 108 Nivel de Riesgo estratificada – Estructuras.	95
Tabla 109 Estimación de los costos de los efectos probables.....	99
Tabla 110 Estimación de los costos de los Daños Probables – Viviendas (Pared).....	100
Tabla 111 Estimación de los costos de los Daños Probables – Viviendas (Techo)	100

<i>Tabla 112 Estimación de los costos de los Daños Probables – Viviendas (techo y pared)</i>	100
<i>Tabla 113 Estimación de los costos de los Daños Probables – Estructuras</i>	101
<i>Tabla 114 Valoración y nivel de la frecuencia de consecuencia</i>	103
<i>Tabla 115 Valoración y nivel de la frecuencia de ocurrencia</i>	104
<i>Tabla 116 Nivel de consecuencias y daños</i>	104
<i>Tabla 117 Aceptabilidad y tolerancia</i>	105
<i>Tabla 118 Prioridad y nivel de intervención</i>	105

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio</i>	15
<i>Figura 2 Nevados Palcaraju y Pucaranra, se observa la lengua glaciar en contacto con la laguna Palcacocha.</i>	16
<i>Figura 3 Nevado Chinchey y nevado Tullparaju, forman a la laguna Tullpacocha.</i>	17
<i>Figura 4 Morrenas laterales y morrena frontal de fondo de valle glaciar, que conforman la laguna Palcacocha</i>	19
<i>Figura 5 Laguna Tullpacocha de origen glaciar.</i>	20
<i>Figura 6 Metodología para determinar los niveles de peligrosidad</i>	21
<i>Figura 7 Cadena de procesos en el ambiente glaciar de la laguna Palcacocha.</i>	26
<i>Figura 8. Mapa de Altura de Flujos del área de estudio</i>	28
<i>Figura 9 Mapa de elementos expuestos.</i>	32
<i>Figura 10 Suelos de resistencia baja, margen del río Quillcay,</i>	38
<i>Figura 11. Mapa de unidades geotécnicas del área de estudio</i>	40
<i>Figura 12 Vista de Depósitos Fluviales, con bloques redondeados a subredondeados.</i>	43
<i>Figura 13. Vista de depósitos aluvionales, donde se ha construido sobre estos depósitos viviendas de material noble.</i>	44
<i>Figura 14 Vista de un afloramiento de roca volcánica.</i>	45
<i>Figura 15. Mapa de unidades geológicas del área de estudio</i>	46
<i>Figura 16 Geoforma de Cauce en la confluencia de los ríos Auqui y Paria, dando formación al río Quillcay.</i>	48

<i>Figura 17 Geoforma de Terraza Aluvional en la Unidad Hidrográfica del río Quillcay...</i>	<i>49</i>
<i>Figura 18 Relieve colinoso en ladera de suelo, subcuenca del río Quillcay.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 19. Mapa de Unidades Geomorfológicas del Área de Estudio.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 20. Mapa de Pendientes del área de estudio</i>	<i>54</i>
<i>Figura 21 Mapa de niveles de peligrosidad</i>	<i>57</i>
<i>Figura 22 Metodología del análisis de la vulnerabilidad</i>	<i>58</i>
<i>Figura 23. Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad de viviendas.</i>	<i>81</i>
<i>Figura 24 Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad de estructuras.</i>	<i>82</i>
<i>Figura 25 Mapa de vulnerabilidad a nivel de viviendas.</i>	<i>86</i>
<i>Figura 26 Mapa de vulnerabilidad de estructuras.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 27 Metodología para el cálculo del riesgo por aluvión.</i>	<i>89</i>
<i>Figura 28 Mapa de riesgo de viviendas.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 29 Mapa de riesgo por aluvión en estructura.....</i>	<i>98</i>



RESUMEN EJECUTIVO

El Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña – INAIGEM, institución encargada de definir la política pública en glaciares y ecosistemas de montaña, a través de la Dirección de Investigación en Glaciares, Sub Dirección de Riesgos Asociados a Glaciares, ha desarrollado, la “Evaluación de riesgo por aluvión de la ciudad de Huaraz, distritos de Huaraz e independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash”, tomando como referencia el “Manual para la Evaluación del Riesgo Originado por Fenómenos Naturales, Segunda Edición”, del Centro Nacional de Estimación y Prevención del Riesgo de Desastres – CENEPRED, el cual constituye un instrumento técnico orientador en la aplicación de procedimientos metodológicos de evaluación de riesgos originados por fenómenos de origen natural en un ámbito geográfico determinado, el cual fue adaptado a condiciones específicas propias de amenazas o peligros de origen glaciar y enmarcado dentro de la gestión prospectiva y correctiva.

Para la evaluación de la susceptibilidad del área de influencia se analizaron los factores desencadenantes y los factores condicionantes, considerando al desembalse de la laguna como factor desencadenante y los factores que condicionan la magnitud del efecto ante un posible aluvión, la geotecnia, geología, geomorfología y pendiente.

Para la determinación de un probable volumen de desembalse de las lagunas Palcacocha y Tullpacocha, se realizó el modelamiento de avalanchas desde los glaciares de su entorno, identificando bloques potencialmente inestables con posibilidad de desprendimiento e impacto en forma de avalanchas hacia las lagunas, siendo estos volúmenes de 1.8 Mm³ y 2.1 Mm³ respectivamente, ello en un escenario crítico. Tomando como base dicha información se realizó el modelamiento de rotura del dique y el modelamiento del flujo de detritos; lo cual permitió, a través de la huella de inundación, definir el área de estudio.

Una vez definida el área de estudio, se consideraron los análisis de peligrosidad y vulnerabilidad, determinando niveles para cada uno de ellos, distribuidos de manera espacial, información base para la estratificación del riesgo.

Para el análisis de peligro, se consideró como parámetro de evaluación la altura del flujo, que representa la altura del desembalse que impactará con los elementos expuestos situados en el área de estudio; se realizó la ponderación de los descriptores de susceptibilidad del territorio, teniendo en cuenta factores condicionantes como: unidades geotécnicas, geológicas, geomorfológicas y de pendientes del terreno; los



cuales fueron procesados por el método de ponderación de Saaty, teniéndose como resultado la estratificación de los peligros.

Respecto del análisis de la vulnerabilidad, los elementos expuestos en el área de influencia pertenecen a la dimensión física, constituidas por viviendas y estructuras tipo puentes, bocatomas, canales de irrigación, plazuelas, entre otros. Para realizar el análisis de la vulnerabilidad de las estructuras se utilizó la dimensión física con los factores de exposición y fragilidad.

Habiéndose realizado la evaluación del riesgo por aluvión en la subcuenca Quillcay, se identificó que los daños y/o pérdidas potenciales debido la ocurrencia de dicho evento representarían un costo económico estimado en S/. 701, 274,343.19 soles, lo cual incluye costos de afectación de viviendas y estructuras. Para el cálculo de los daños probables se ha considerado la afectación de 6 583 viviendas con un costo de s/ 255, 941,947.25 y 68 estructuras con un costo de S/.445, 332,395.94.

Cabe precisar que se ha priorizado el estudio de la parte baja de la subcuenca debido a que es donde se localizan los elementos expuestos conformados por 27407 habitantes, 6 583 viviendas y 68 estructuras de importancia local; asimismo, se identifica que el peligro va del nivel bajo a muy alto.

De acuerdo a la evaluación del riesgo por aluvión de la sub cuenca Quillcay será necesaria la adopción de medidas estructurales y no estructurales; siendo de precisar las medidas estructurales más relevantes como: la Implementación de un Sistema de Alerta Temprana (SAT) considerando los 4 componentes según INDECI; la implementación del monitoreo en tiempo real de los nevados Palcaraju y Pucaranra, así como las lagunas Palcacocha y Tullpacocha; la implementación de un sistema de comunicación de alta tecnología y la construcción de un sistema de estructuras de encausamiento y protección en ambas márgenes del río Quillcay, teniendo en cuenta las zonas críticas a fin de disipar la energía de la masa aluviónica, que pueda mitigar los daños potenciales a los habitantes, viviendas y estructuras de importancia.



CAPITULO I GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña – INAIGEM, institución encargada de establecer la política pública en glaciares y ecosistemas de montaña; a través de la Sub Dirección de Riesgos Asociados a Glaciares (SDRAG) de la Dirección de Investigación en Glaciares (DIG) realiza estudios de gestión de riesgos de desastres asociados a glaciares, con la finalidad de identificar peligros, analizar vulnerabilidades, evaluar los riesgos y recomendar medidas de prevención y reducción del riesgo en los ámbitos de las cuencas de origen glaciar priorizadas a nivel nacional.

En ese sentido, el documento técnico que se presenta, "Evaluación de riesgo por aluvión de la ciudad de Huaraz, distritos de Huaraz e independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash" servirá para conocer el posible impacto del peligro de origen natural "aluvión" en la parte baja de la subcuenca del río Quillcay, permitirá identificar los elementos expuestos como población, viviendas y estructuras importantes, asimismo su nivel de vulnerabilidad y el nivel del riesgo que tendrían si ocurriera un aluvión. De otra parte, este documento presenta las recomendaciones de medidas estructurales y no estructurales a ser implementadas, lo cual permitirá que tomadores de decisión como autoridades regionales y locales puedan gestionar adecuadamente el riesgo en el que se encuentran los pobladores, su infraestructura y sus medios de vida.

Es importante resaltar que el presente estudio ha sido realizado tomando como referencia la normativa nacional que establece el Centro Nacional de Estimación y Prevención del Riesgo de Desastres – CENEPRED, a través del Manual para la evaluación del Riesgo originado por Fenómenos Naturales segunda edición, que se enmarca dentro de la gestión prospectiva y correctiva, dentro del proceso de estimación del riesgo; por consiguiente, INAIGEM a través de la Subdirección de Riesgos Asociados a Glaciares de la Dirección de Investigación en Glaciares adopta acciones de investigación de peligros asociados a glaciares en el marco de la Gestión del Riesgo.



1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Identificar y determinar los niveles de riesgos originados por un aluvión de origen glaciar en la parte baja de la Sub Cuenca Quillcay, teniendo como área de estudio los resultados de la modelización del fenómeno natural que se genera a partir de las lagunas Palcacocha y Tullpacocha, ubicadas en la sub cuenca del río Quillcay, distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar y determinar los niveles de peligro, y elaborar el mapa de peligro del área de influencia.
- Analizar y determinar los niveles de vulnerabilidad, y elaborar el mapa de vulnerabilidad.
- Establecer los niveles del riesgo por aluvión, elaborar el mapa de riesgos y recomendar la implementación de las medidas de prevención y/o reducción de riesgos correspondientes.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En nuestro país, los desastres naturales han ocasionado considerables pérdidas de vidas humanas y cuantiosas pérdidas materiales, es así que en el ámbito de las cordilleras glaciares se han evidenciado múltiples eventos aluviónicos, que en algunos casos han sido originados por el desprendimiento de masas glaciares y de roca, como es el caso del evento de 1970 en Yungay y por otro lado originados por el desborde violento de lagunas, como el caso del evento de la laguna Palcacocha hacía Huaraz en 1941. En ese sentido la importancia de realizar la evaluación del riesgo por aluvión en la sub cuenca del Río Quillcay – parte baja, que tiene por finalidad conocer el nivel del riesgo de los elementos expuestos y estimar los daños potenciales, lo cual nos permitirá determinar las acciones de prevención y/o reducción de riesgos que contribuyan al desarrollo sostenible de las poblaciones emplazadas en el ámbito de influencia y sus medios de vida; asimismo servirá de instrumento de gestión para la toma de decisión por las autoridades locales y regionales.



1.4. UBICACIÓN

1.4.1. Geográfica

El área de estudio se localiza geográficamente en las coordenadas UTM y geográficas, dentro de Datum WGS'84, Zona L-18 Sur, entre los puntos 1 y 2, se tiene:

Punto 1: Ubicación inferior del área de estudio - Desembocadura del río Quillcay.

<u>Coordenadas UTM</u>	<u>Coordenadas Geográficas</u>
Este: 221547.1456m;	Latitud: 9°31'28.8969"S
Norte: 8946106.1765m;	Longitud: 77°32'10.4737"O

Punto 2: Ubicación superior del área de estudio

<u>Coordenadas UTM</u>	<u>Coordenadas Geográficas</u>
Este: 224795.0023m;	Latitud: 9°31'31.2259"S
Norte: 8946058.2443m;	Longitud: 77°30'24.0585"O

1.4.2. Política

El área de estudio se localiza políticamente:

UBIGEO

- Centro Poblado : Ichoca – Coyllur
- Distrito : Independencia y Huaraz 020101
- Provincia : Huaraz 0201
- Departamento : Ancash 02

1.4.3. Hidrográfica

El área de estudio se localiza hidrográficamente:

<u>Clasificación Strahler</u>	<u>Nombre</u>	<u>Clasificación Pfafstetter</u>
• Subcuenca :	Quillcay	13769
• Cuenca :	Santa	1376
• Vertiente :	Pacífico	1



PERÚ

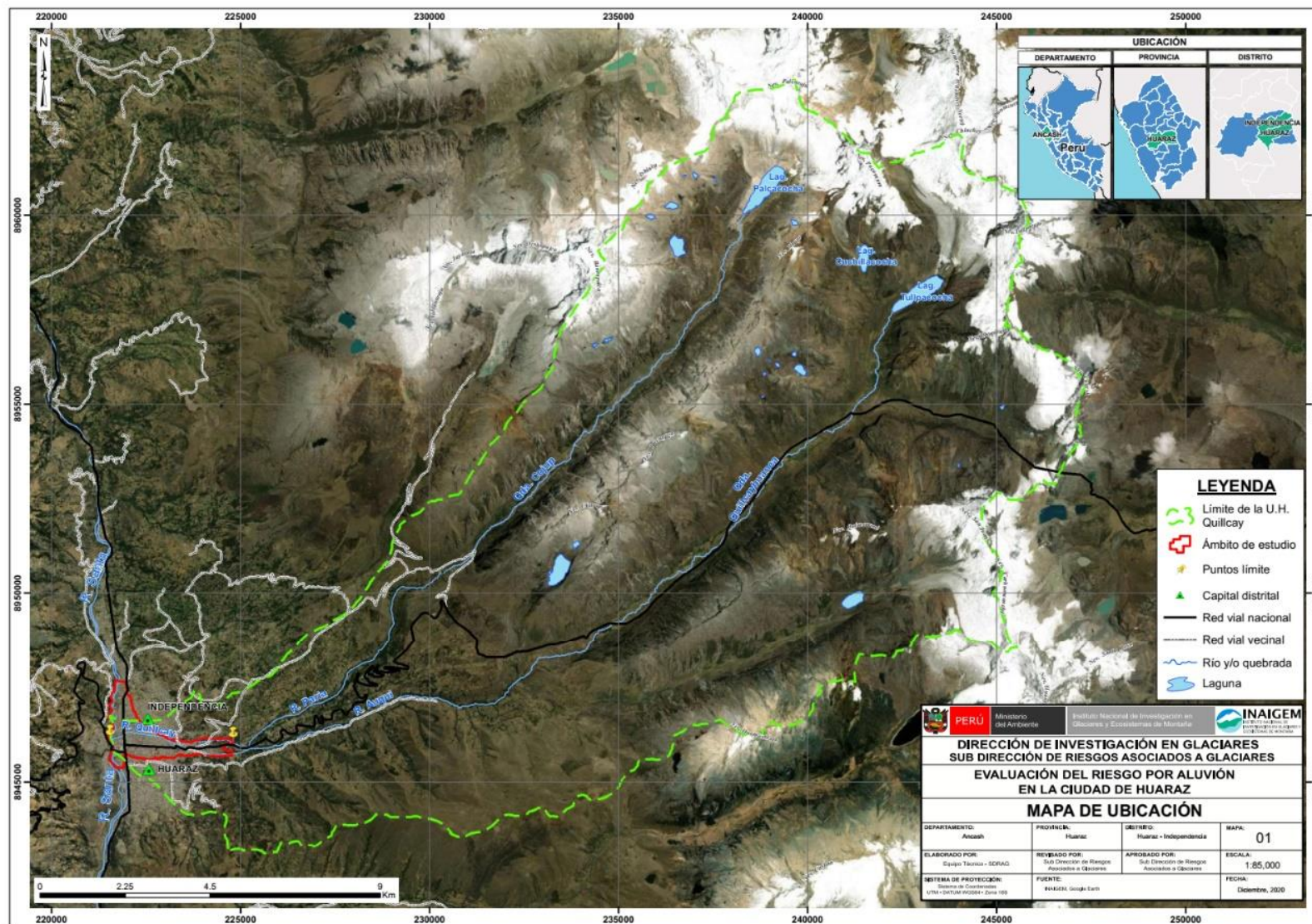
Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



“Decenio de la Igualdad de Oportunidad para Mujeres y
Hombres”
“Año de la Universalización de la Salud”

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio



1.5. ÁMBITOS GLACIARES

Comprendido por los nevados Palcaraju, (6274 msnm), Pucaranra (6156 msnm), Tullparaju (5733 msnm), Chinchey (5733 msnm), San Juan (5843 msnm), Ranrapalca (6162 msnm) y Churup (5495 msnm). A los pies de estos nevados se encuentran las lagunas: Palcacocha, Cuchillacocha, Tullpacocha, Shallap, Perolcocha, y Churup. El circo glaciar está comprendido por los nevados Palcaraju y Pucaranra, en el valle glaciar de Cojup. Y el circo glaciar en valle glaciar de Quillcayhuanca está comprendido por los nevados Tullparaju y Chinchey, estos circos glaciares están sujetos a las variaciones climatológicas regionales. Los nevados Palcaraju y Pucaranra por su naturaleza están asociados a avalanchas o aludes, derrumbes, caída de rocas y detritos. La acumulación en los nevados mencionados se da por las precipitaciones sólidas (nieve, granizo, escarcha) durante el periodo lluvioso del año.

Figura 2

Nevados Palcaraju y Pucaranra, se observa la lengua glaciar en contacto con la laguna Palcacocha.



Fuente: INAIGEM, septiembre 2017.

Figura 3

Nevado Chinchey y nevado Tullparaju, forman a la laguna Tullpacocha.



1.5.1. Laguna Palcacocha

La laguna Palcacocha (Figura 2 y 4) se encuentra ubicada a 9°23' 43.36" S, 77°22' 43.53" W, a una altitud de 4,562 m s.n.m., en la Región Ancash de Perú, y es parte de la subcuenca del río Quillcay en la Cordillera Blanca, la desembocadura de la laguna ingresa a la quebrada Cojup, está al río Paria, un tributario del río Quillcay, que cruza la ciudad de Huaraz hacia el río Santa, el principal río de la región. (Mapa 1).

El retroceso del frente glaciar de los nevados Pucaranra y Palcaraju dieron origen a la laguna Palcacocha, la cual, de acuerdo a los últimos estudios de batimetría realizados por la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos de la ANA, en el año 2016, posee un volumen almacenado de 17 403 353 m³ de agua y una profundidad máxima de 71,10 m; no obstante, es de precisar que en el año 1974 culminada la construcción de las obras de seguridad la laguna Palcacocha, esta contaba con un volumen de 514,800 m³ y una profundidad máxima de 13 m; lo cual denota el gran incremento de su volumen en un corto tiempo.

Al respecto cabe precisar que, después del desembalse de la laguna Palcacocha en año 1941, la evolución de la laguna en un nuevo vaso de embalse ha sido de manera gradual hasta el año 2000, desde entonces el incremento del espejo de agua ha sido acelerado, cada vez ganando más superficie del espejo de agua debido al derretimiento glaciar producto del calentamiento global (Villafane, 2019).

El entorno de la laguna Palcacocha está compuesto de depósitos glaciáricos en forma de morrenas (2 morrenas laterales y 1 morrena frontal que presenta una brecha) que llegan a medir más de 80 m. de altura, visualizándose que existe contacto entre la laguna y la parte terminal de la masa glaciar, esta zona se caracteriza por la recurrencia de avalanchas. En la margen derecha del circo glaciar se observa afloramiento del macizo rocoso del batolito de la cordillera Blanca, visualizado bajo el nevado Palcaraju, en la parte izquierda bajo el nevado Pucaranra se encuentran rocas meta-sedimentarias de la formación Chicama.

La laguna Palcacocha posee un conjunto de obras de seguridad compuestas por un dique de seguridad ubicado al lado derecho aguas abajo que consta de una presa de tierra cubierta por un emboquillado de piedra en mezcla de mortero de concreto, visiblemente deteriorada siendo que posee depresiones en su superficie; de otra parte se tiene un dique principal ubicado al lado izquierdo aguas abajo, el mismo que consta de una presa de tierra cubierta por un emboquillado de piedra en mezcla de concreto; dicha presa posee un conducto de desagüe, con canales de ingreso y salida; a través del cual pasan 10 tuberías de HDPE, las mismas que cumplen la función de sifones entre el vaso de almacenamiento y la zona posterior al dique.

1.5.2. Laguna Tullpacocha

La laguna Tullpacocha o Tullparaju (Figura 5), se encuentra ubicada a 9°25'9.27"S, 77°20'26.96" O, a una altitud de 4319m s.n.m., en la Región Ancash de Perú, y es parte de la U.H del río Quillcay en la Cordillera Blanca, la desembocadura de la laguna ingresa a la quebrada Quillcayhuanca, está al río Auqui, un tributario del río Quillcay, que cruza la ciudad de Huaraz hacia el río Santa, el principal río de la región. (Mapa 1).

La laguna Tullpacocha fue originada por el retroceso del frente glaciar de los nevados Tullparaju y Chinchey, la cual, de acuerdo a los últimos estudios de batimetría realizados por la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos de la

ANA, en noviembre del 2011, posee un área 463 757 m², volumen 12 474 812 m³ y una profundidad máxima de 63m.

El entorno de la laguna está limitado por depósitos cuaternarios entre estos los glaciáricos en forma de morrenas (dos morrenas laterales y una morrena frontal que presenta una brecha), en el circo glaciar afloran rocas meta-sedimentarias de la formación Chicama bajo los nevados Chinchey y Tullparaju. Actualmente, la lengua glaciar se encuentra lejos del espejo de agua. En las morrenas laterales se identifican deslizamientos originados en las paredes internas de las morrenas que cierran la laguna Tullpacocha.

En la morrena frontal de la laguna se emplaza un túnel de descarga de 205 m de longitud y sección de forma de herraje de 1,48 m de altura y 1,56 m de ancho; la estructura de salida está constituida por aletas y losa; presa de tierra y enrocado - emboquillado de 8 m de altura; obras de seguridad ejecutadas por la Corporación Peruana del Santa y ELECTROPERU, que fueron culminadas en la década de los 70 a fin de evacuar las aguas provenientes del deshielo de la lengua glaciar.

Figura 4

Morrenas laterales y morrena frontal de fondo de valle glaciar, que conforman la laguna Palcacocha



Figura 5

Laguna Tullpacocha de origen glaciar.



1.6. DESCRIPCIÓN SOCIAL

1.6.1. Población

La ciudad de Huaraz cuenta con una población aproximada de 53 733 personas, el área urbana del distrito de Independencia 60 683 personas, y el área de estudio según lo estimado por el INAIGEM a través de la Subdirección de Riesgos Asociados a Glaciares es de aproximadamente 30 000 personas, incluyendo las áreas del distrito de Huaraz e Independencia.

1.6.2. Vivienda

Según el censo del 2017, la ciudad de Huaraz cuenta con 13 548 viviendas, el área urbana del distrito de independencia 16 992 viviendas y según el INAIGEM, la cantidad de viviendas expuestas al Aluvión son de 6000. Unidades geomorfológicas.

CAPITULO II

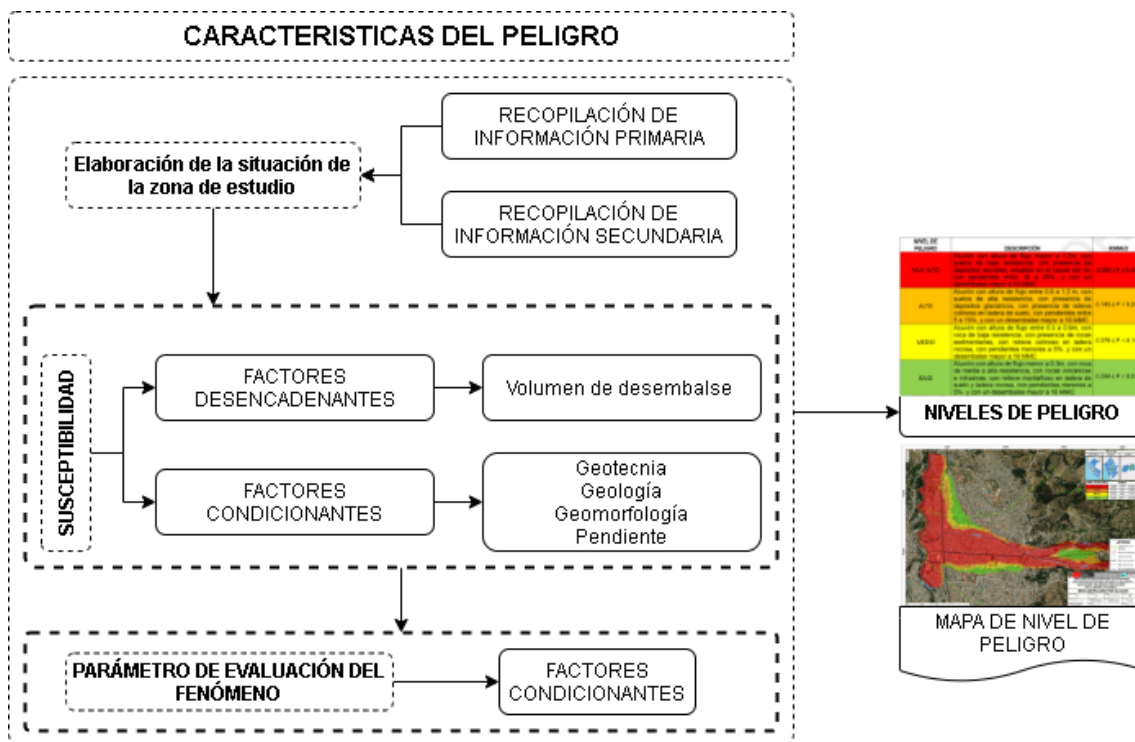
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD

2.1. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE LA PELIGROSIDAD

Para determinar los niveles de peligrosidad, se tuvo en cuenta los alcances establecidos en el "Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales", 2da versión, elaborado por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED, desarrollándose los pasos señalados en la metodología de determinación de los niveles de peligrosidad, ver figura 6.

Figura 6

Metodología para determinar los niveles de peligrosidad



Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2014.



2.1.1. Metodología de Ponderación

Según el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2014) para la ponderación de los criterios, sub criterios y descriptores se utilizó el Proceso de Análisis Jerárquico el cual es un método multicriterio que permite incorporar criterios cuantitativos (infraestructura expuesta, pérdidas humanas, económicas, etc.) y cualitativos (programas de capacitación, creación y/o aplicación de la normatividad, etc.) que son considerados en la Gestión del Riesgo de Desastres. La matriz que se forma es una matriz cuadrada es decir el mismo número de filas y columnas.

Este método fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty (1980), una técnica que permite la resolución de problemas multicriterio, multientorno y multiactores, incorporando en el modelo los aspectos tangibles e intangibles, así como el subjetivismo y la incertidumbre inherente en el proceso de toma de decisiones. En este sentido, el Proceso Analítico Jerárquico es una teoría general sobre juicios y valoraciones que, basada en escalas de razón, permite combinar lo científico y racional con lo intangible para ayudar a sintetizar la naturaleza humana con lo concreto de nuestras experiencias capturadas a través de la ciencia. (Moreno, 2002)

Para la estimación del valor de la importancia relativa de cada uno de los indicadores se recurre a una metodología de comparación de pares, la escala es la que se muestra a continuación:

Tabla 1

Tabla para ponderación de parámetros y descriptores desarrollada por Saaty

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

Fuente: Saaty (1980) citado por (CENEPRED, 2014).

2.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

Para el presente estudio de riesgos se ha identificado como peligro originado por fenómenos de geodinámica externa, el aluvión, el cual caracterizaremos e identificaremos a continuación:

Aluvión: Sedimentos clásticos heterogéneos, en cuanto a tamaño, forma y composición, depositados por los ríos o glaciares. Los materiales sueltos ubicados en las márgenes de los valles o glaciares son arrancados por las aguas o hielos y depositados en los cambios de pendiente o conos de deyección (Dávila, 2011). La composición granulométrica y mineralógica, así como las características estructural-texturales varían ampliamente en función del régimen



de los ríos, de la resistencia de las rocas a la erosión, de la cuenca hidrográfica y de las condiciones geomorfológicas generales (Lugo, 2011),

Catastrófica liberación de agua de un reservorio que ha sido formado al lado, en frente, dentro, debajo o sobre la superficie de un glaciar. Las estructuras de diques o represas que contienen el agua del reservorio pueden estar compuestas principalmente por hielo glaciar, material cuaternario o roca madre.

Tabla 2

Antecedentes de eventos aluvionales en la Cordillera Blanca

AÑO	ALUVIÓN
20/01/1938	Aluvión en la quebrada Uta, provincia de Carhuaz, por la ruptura de dique de la laguna Arteza.
13/12/1941	Aluvión de laguna Palcacocha- Huaraz, ocasionando la pérdida aproximada de 4 a 5 mil vidas humanas.
16/06/1951	Aluvión en la laguna Artesoncocha – Laguna Parón.
28/10/1951	Aluvión en la laguna Artesoncocha – Laguna Parón.
10/01/1962	Avalancha del Nevado Huascarán Norte, destruyendo Ranrahirca y ocasionando la pérdida de 4000 vidas humanas.
31/05/1970	Aluvión en Yungay y Ranrahirca, lo cual ocasionó la pérdida de 18,000 vidas humanas.
20/05/1997	Se produjo la ruptura del dique de la laguna Artizón, provocando su desembalse, cuyo efecto fue amortiguado por la laguna Jatuncocha.
19/03/2003	Se suscita un derrumbe sobre la laguna Palcacocha, produciendo su desborde y arrastre de material a través del río, consecuentemente, el desabastecimiento temporal de agua potable en la ciudad de Huaraz (6 días).
11/04/2010	Avalancha sobre la laguna 513, ocasionando daños, a diversas infraestructuras emplazadas aguas abajo.
08/02/2012	Se produjo la ruptura del dique de la laguna Artizón bajo, quebrada Santa Cruz, produciéndose un aluvión, que llegó hasta la laguna Jatuncocha.
15/02/2015	Avalancha de hielo y roca del nevado Chequiaraju, la cual impacta sobre la laguna Hualcacocha.

Fuente: Revista "Lo que el agua se llevó", (Wegner, 2014)



2.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS PELIGROS

2.3.1. Altura del flujo

La altura del flujo es el nivel máximo del aluvión registrado a partir de la simulación y calculado para cada espacio diferencial de la llanura de inundación y el abanico aluvional. La obtención fue realizada a partir del modelamiento de avalanchas desde los glaciares Palcaraju y Tullparaju hacia las lagunas Palcacocha y Tullpacocha, ello en un escenario crítico, generándose posterior a ello ondas de impulso, ruptura de los diques y el flujo de detritos valle abajo.

La información física considerada para el modelamiento de la inundación fue: la topografía de la llanura de inundación a través de un modelo digital de elevación (DEM) con una resolución espacial de 5 m; la información batimétrica obtenida del Área de Evaluación de Glaciares y Lagunas de la Autoridad Nacional del Agua (año 2016); el coeficiente de rugosidad de Manning estimado mediante el Índice de vegetación Normalizada NDVI obtenido de las imágenes satelitales de Sentinel 2A de resolución espacial de 10 m

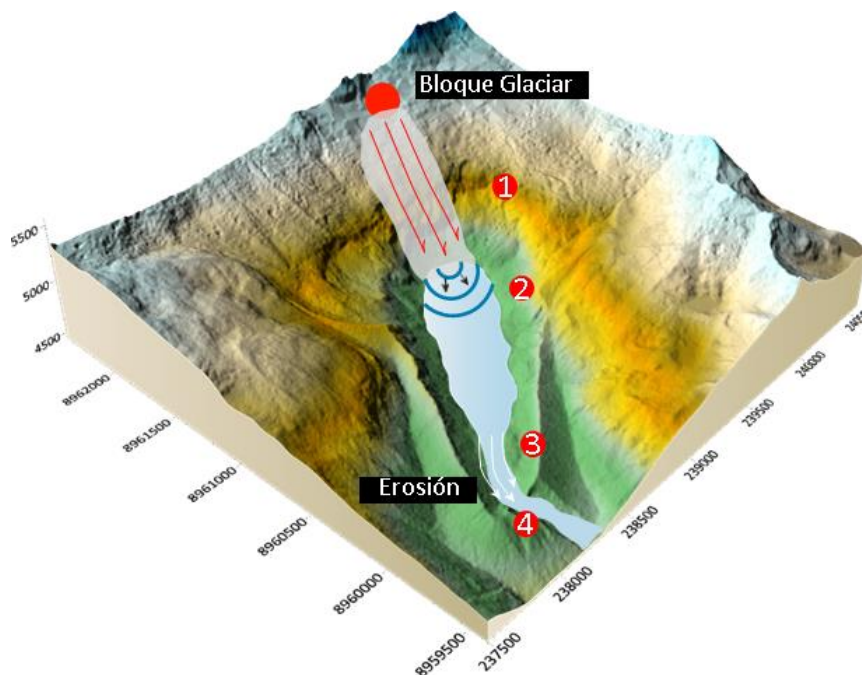
2.3.2. Modelamiento de la cadena de procesos

Los fenómenos originados en las lagunas de origen glaciar tienen su cadena de procesos (Figura 7), correspondientes a: (1) avalanchas, (2) ondas de impulso, (3) erosión del dique natural y (4) flujo de detritos como se muestran en la figura. Cada proceso en cadena es simulado individualmente considerando el tipo de flujo, los datos de entrada y características particulares del territorio.

Para el modelamiento de avalanchas los volúmenes de masas glaciares desprendidos en un escenario crítico fueron consideradas de 1.8 Mm³ para la laguna Palcacocha y 2.1 Mm³ para la laguna Tullpacocha, cuyo impacto genera olas que rebasan y erosionan los diques naturales librando volúmenes de 12 000 000 m³ para el caso de la laguna Palcacocha y 12 470 000 m³ para la laguna Tullpacocha, finalizando con el flujo de detritos que fluyen valle abajo, confluyendo en la intersección de los ríos Paria y Auqui y distribuyéndose en el abanico aluvional de la ciudad Huaraz. El resultado es una extensa área de inundación en las poblaciones aledañas aguas debajo, siendo el caso de las capitales de los distritos de Huaraz e Independencia.

Figura 7

Cadena de procesos en el ambiente glaciar de la laguna Palcacocha.



Para el modelamiento de avalanchas los volúmenes de masas glaciares desprendidos en un escenario crítico fueron consideradas de 1.8 Mm³ para la laguna Palcacocha y 2.1 Mm³ para la laguna Tullpacocha, cuyo impacto genera olas que rebasan y erosionan los diques naturales librando volúmenes de 12 000 000 m³ para el caso de la laguna Palcacocha y 12 470 000 m³ para la laguna Tullpacocha, finalizando con el flujo de detritos que fluyen valle abajo, confluyendo en la intersección de los ríos Paria y Auqui y distribuyéndose en el abanico aluvional de la ciudad Huaraz. El resultado es una extensa área de inundación en las poblaciones aledañas aguas debajo, siendo el caso de las capitales de los distritos de Huaraz e Independencia.

2.3.3. Ponderación de los parámetros de evaluación del peligro por aluvión

Son las variables o indicadores que permiten definir las características del peligro. En esta sección se consideró a la altura del flujo de detritos como parámetro de evaluación del peligro.

A continuación, se muestra las tablas; son las variables de ponderación del indicador que permiten definir las características del peligro.

Tabla 3

Ponderación del parámetro de evaluación "Comparación de pares"

ALTURA DE FLUJO	Mayor a 1.2 m	De 0.6 a 1.2 m	De 0.3 a 0.6 m	De 0.1 a 0.3 m	Menor a 0.1 m
Mayor a 1.2 m	1.00	2.00	5.00	8.00	9.00
De 0.6 a 1.2 m	0.50	1.00	3.00	6.00	9.00
De 0.3 a 0.6 m	0.20	0.33	1.00	2.00	5.00
De 0.1 a 0.3 m	0.13	0.17	0.50	1.00	3.00
Menor a 0.1 m	0.11	0.11	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.94	3.61	9.70	17.33	27.00
1/SUMA	0.52	0.28	0.10	0.06	0.04

Tabla 4

Matriz de normalización de la altura de flujo

ALTURA DE FLUJO	Mayor a 1.2 m	De 0.6 a 1.2 m	De 0.3 a 0.6 m	De 0.1 a 0.3 m	Menor a 0.1 m	Vector Priorización
Mayor a 1.2 m	0.516	0.554	0.515	0.462	0.333	0.476
De 0.6 a 1.2 m	0.258	0.277	0.309	0.346	0.333	0.305
De 0.3 a 0.6 m	0.103	0.092	0.103	0.115	0.185	0.120
De 0.1 a 0.3 m	0.065	0.046	0.052	0.058	0.111	0.066
Menor a 0.1 m	0.057	0.031	0.021	0.019	0.037	0.033

Tabla 5

Índice de consistencia de la altura de flujo

IC	0.036
RC	0.033



PERÚ

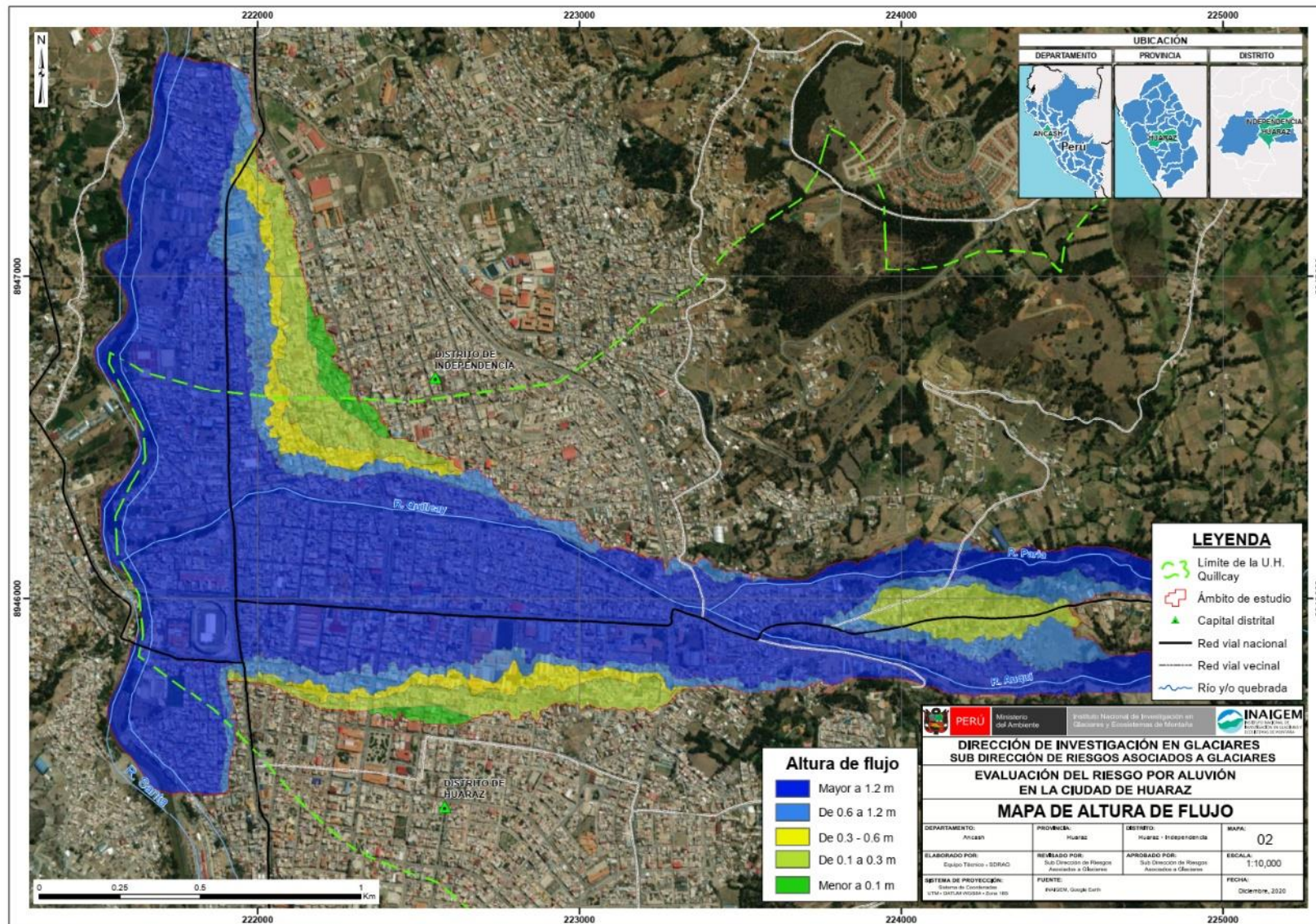
Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



“Decenio de la Igualdad de Oportunidad para Mujeres y
Hombres”
“Año de la Universalización de la Salud”

Figura 8. Mapa de Altura de Flujos del área de estudio



2.3.4. Niveles de peligro

Al emplear la metodología propuestas por CENEPRED, se tiene la siguiente categorización de niveles de peligrosidad: Muy alta, alta, media y baja, cuyos rangos correspondientes se detallan a continuación

Tabla 6

Niveles de peligro

NIVE DE PELIGRO	RANGO
MUY ALTO	0.288 ≤ P ≤ 0.456
ALTO	0.143 ≤ P < 0.288
MEDIO	0.078 ≤ P < 0.143
BAJO	0.034 ≤ P < 0.078

2.3.5. Identificación de los elementos expuestos

Los elementos expuestos en el área de influencia del aluvión de la subcuenca Quillcay pertenecen a las dimensiones social y física, constituidas por viviendas, población e infraestructuras, como puentes, bocatomas, canales, colegios, plazuelas y otros.

Tabla 7

Población expuesta

Elemento Expuesto	Cantidad	Unidad de Medida
Población	27407	Habitantes

Tabla 8

Viviendas expuestas

Elemento Expuesto	Cantidad	Unidad de Medida
Viviendas	6583	unidades



Tabla 9

Infraestructuras expuestas

Elemento Expuesto	Cantidad	Unidad de Medida
Alameda	1	unidad
Alcantarilla	1	unidad
Base Militar	1	unidad
Berma	10	unidades
Bocatoma	1	unidad
Boulevard	3	unidades
Campo deportivo	7	unidades
Canal de conducción	1	unidad
Estadio	1	unidad
Grifo	3	unidades
Institución Educativa	2	unidades
Instituciones Estatales	8	unidades
Mercado	4	unidades
Mirador de Boulevard	2	unidades
Muro de contención	1	unidad
Parques	5	unidades
Puente Madera	1	unidad
Puente Peatonal	2	unidades
Puente Concreto	12	unidades
Trasvase	2	unidades



Tabla 10

Dimensión Económica.

Elemento Expuesto	Cantidad	Unidad de Medida
Población Económicamente Activa	25288	Habitantes

Tabla 11

Dimensión Ambiental.

Elemento Expuesto	Cantidad	Unidad de Medida
Red de alcantarillado y servicios públicos	6583	unidades



PERÚ

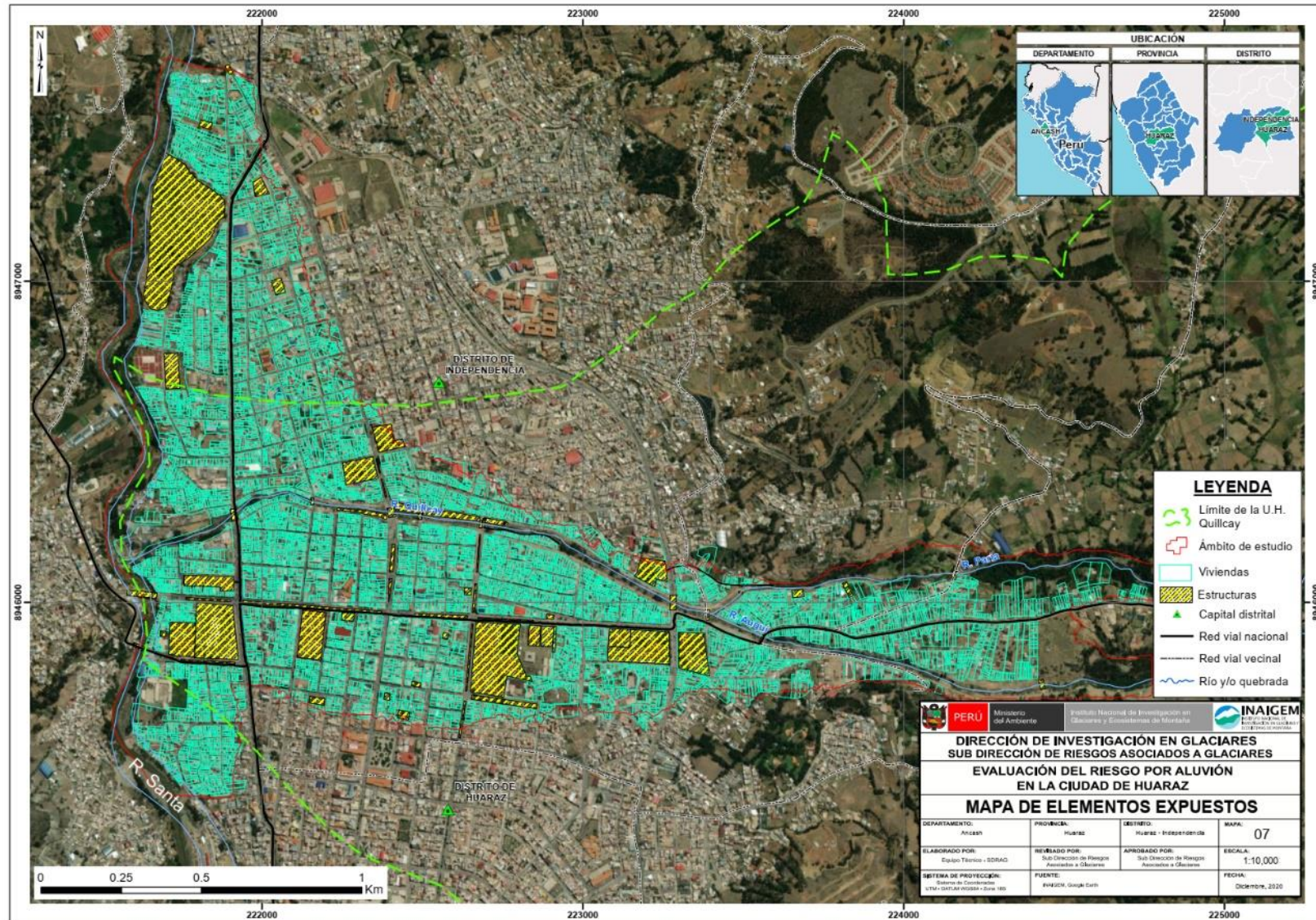
Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



“Decenio de la Igualdad de Oportunidad para Mujeres y
Hombres”
“Año de la Universalización de la Salud”

Figura 9 Mapa de elementos expuestos



2.4. SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRITORIO

Siendo la susceptibilidad la predisposición a que un evento suceda sobre determinado ámbito geográfico, para la evaluación de la susceptibilidad del área de influencia se analizaron los factores desencadenantes y los factores condicionantes, los cuales se muestran en la tabla 12,

Tabla 12

Factores de susceptibilidad

Factor desencadenante	Factores condicionantes
Volumen del desembalse	Geotecnia Geología Geomorfología Pendientes

2.5. FACTOR DESENCADENANTE Y PONDERACIÓN

Se ha considerado un único factor desencadenante, el desembalse desde las lagunas Palcacocha y Tullpacocha hasta la parte baja de la subcuenca Quillcay.

2.5.1. Volumen del desembalse

Los ensayos geofísicos de sondaje eléctrico vertical (SEV), refracción símica, MAM y MASW, que se realizaron en la morrena frontal de la laguna Palcacocha en el año 2017, identifican de manera indirecta la profundidad del contacto suelo-roca en ~33 m medido desde la superficie del suelo, complementado con el estudio batimétrico del UGRH-2016, permitieron calcular el probable volumen de desembalse de la laguna Palcacocha en ~12, 000 000 m³. Así mismo para la laguna Tullpacocha, se consideró un volumen total de desembalse de ~12, 400 000 m³, dato obtenido considerando solamente la batimetría.

Tabla 13

Intervalos y niveles de volumen del desembalse de las lagunas glaciares.

ITEM	INTERVALO Millones de metros cúbicos (Mm ³), Volumen del desembalse (Vo)	NIVEL	DESCRIPCIÓN
1	< 4 Mm ³	TIPO I	Desembalse violento desde una laguna glaciar con un volumen de muy bajo impacto a ecosistemas, medios de vida, infraestructuras y poblaciones, principalmente
2	4 Mm ³ ≤ Vo < 8Mm ³	TIPO II	Desembalse violento desde una laguna glaciar con un volumen de bajo impacto a ecosistemas, medios de vida, infraestructuras y poblaciones, principalmente
3	8 Mm ³ ≤ Vo < 12 Mm ³	TIPO III	Desembalse violento desde una laguna glaciar con un volumen de impacto medio a poblaciones, medios de vida, infraestructura y ecosistemas, principalmente
4	12 Mm ³ ≤ Vo < 16 Mm ³	TIPO IV	Desembalse violento desde una laguna glaciar con un volumen de impacto alto a poblaciones, medios de vida, infraestructura y ecosistemas, principalmente
5	≥ 16 Mm ³	TIPO V	Desembalse violento desde una laguna glaciar con un volumen de impacto muy alto a poblaciones, medios de vida, infraestructura y ecosistemas, principalmente

2.5.2. Ponderación del volumen del desembalse

Tabla 14

Comparación de pares del factor desencadenante

Volumen de desembalse	≥ 16 Mm^3	$12 Mm^3 \leq$ $Vo < 16 Mm^3$	$8 Mm^3 \leq Vo$ $< 12 Mm^3$	$4 Mm^3 \leq$ $Vo < 8M$ m^3	$< 4 Mm^3$
$\geq 16 Mm^3$	1.00	2.00	4.00	7.00	9.00
$12 Mm^3 \leq Vo < 16 Mm^3$	0.50	1.00	2.00	4.00	8.00
$8 Mm^3 \leq Vo < 12 Mm^3$	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
$4 Mm^3 \leq Vo < 8M m^3$	0.14	0.25	0.33	1.00	2.00
$< 4 Mm^3$	0.11	0.13	0.20	0.50	1.00
SUMA	2.00	3.88	7.53	15.50	25.00
1/SUMA	0.50	0.26	0.13	0.06	0.04

Tabla 15

Matriz de normalización del "Desencadenante - Volumen de Desembalse"

Volumen de desembalse	≥ 16 Mm^3	$12 Mm^3 \leq$ $Vo < 16 Mm^3$	$8 Mm^3 \leq Vo$ $< 12 Mm^3$	$4 Mm^3 \leq$ $Vo < 8M$ m^3	$< 4 Mm^3$	Vector Priorización
$\geq 16 Mm^3$	0.499	0.516	0.531	0.452	0.360	0.472
$12 Mm^3 \leq Vo$ $< 16 Mm^3$	0.250	0.258	0.265	0.258	0.320	0.270
$8 Mm^3 \leq Vo <$ $12 Mm^3$	0.125	0.129	0.133	0.194	0.200	0.156
$4 Mm^3 \leq Vo <$ $8M m^3$	0.071	0.065	0.044	0.065	0.080	0.065
$< 4 Mm^3$	0.055	0.032	0.027	0.032	0.040	0.037

Tabla 16

Índice de consistencia del desencadenante

IC	0.017
RC	0.016

IC: Índice de consistencia.

RC: Relación de Consistencia, debe ser menor o igual que 0.10 para ser válido.

2.6. FACTORES CONDICIONANTES Y PONDERACIÓN

Los factores condicionantes son aquellos que van a ser importantes para que el fenómeno ocurra o no, en este caso los factores considerados como condicionantes son: geotecnia, geología, geomorfología y la pendiente.

Tabla 17

Comparación de Pares de los factores condicionantes

CONDICIONANTES	Geotecnia	Geología	Geomorfología	Pendientes
Geotecnia	1.00	2.00	3.00	8.00
Geología	0.50	1.00	2.00	6.00
Geomorfología	0.33	0.50	1.00	3.00
Pendientes	0.13	0.17	0.33	1.00
Suma	1.96	3.67	6.33	18.00
1/Suma	0.51	0.27	0.16	0.06

Tabla 18

Matriz de normalización del factor condicionante

CONDICIONANTES	Geotecnia	Geología	Geomorfología	Pendientes	Vector Priorización
Geotecnia	0.511	0.545	0.474	0.444	0.510
Geología	0.255	0.273	0.316	0.333	0.281
Geomorfología	0.170	0.136	0.158	0.167	0.155
Pendientes	0.064	0.045	0.053	0.056	0.054

Tabla 19

Índice de consistencia del factor condicionante

IC	0.005
RC	0.009

2.6.1. Unidades Geotécnicas

En la tabla adjunta **Tabla N°02**, se describen las siguientes unidades geotécnicas correspondientes a la U. H Quillcay, estas unidades han sido descritas de acuerdo a sus características geológicas, morfológicas y geomecánicas.

2.6.1.1. Basamento Rocoso

Se describió geotécnicamente las rocas, de acuerdo a las características físicas, mecánicas, litológicas y de competencia, de esta manera pudiendo identificarse en el área de estudio rocas de resistencia media-baja (R-IV).

2.6.1.2. Suelos

Estos suelos se han clasificado de acuerdo a sus características como edad geológica, composición, compacidad y geomorfología; según las observaciones en campo en el área de estudio se identificaron Suelos de resistencia baja (S-IV), Suelos de resistencia media (S-III), Suelo de resistencia media alta (S-II) y Suelo de resistencia Alta (S-I).

Tabla 2. Clasificación de unidades geotécnica.

TIPO	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	RGB			COLOR
			R	G	B	
SUELO	S-I	Suelo de resistencia muy alta	205	205	8	
	S-II	Suelo de resistencia alta	235	235	68	
	S-III	Suelo de resistencia media	242	242	115	
	S-IV	Suelo de resistencia baja	247	247	165	
	S-V	Suelo de resistencia muy baja	255	255	216	
ROCA	R-I	Roca de muy alta resistencia	24	171	226	
	R-II	Roca de alta resistencia	68	184	235	
	R-III	Roca de resistencia media	115	199	242	
	R-IV	Roca de resistencia baja	165	216	247	
	R-V	Roca de resistencia muy baja	218	235	250	

Fuente: INAIGEM, 2018. (Informe Anual 2018)

En este estudio se han identificado las siguientes unidades:

a) Suelos de Resistencia Baja.

Es una unidad geotécnica clasificado como S-IV, constituidos por material transportado y muy sueltos, fácilmente removibles y con una permeabilidad alta, encontrados en el cauce del valle fluvial de los ríos Paria y Auqui; este material cuaternario esta caracterizado por presentar suelos de variada granulometría entre finos y gruesos en mayor proporción. Es una unidad geotécnica que presentan alta erosionabilidad y fácil arrastre del material, por tanto, de baja competencia.

b) Suelos de Resistencia Media (S-III)

Es una unidad geotécnica clasificado como S-III, constituidos por material depositado por el aluvión del 1941, los cuales son de diferentes materiales polimícticos a lo largo del valle de los ríos Paria y Auqui, dando origen a un cono aluviónico, no consolidados a poco consolidados, siendo un material con una permeabilidad media a alta; esta caracterizado por presentar suelos de grano grueso en mayor proporción (arenas, gravas, bolonería y bloques) envueltos en una matriz de grano fino (limos y arcillas) en algunas zonas. En general, es una unidad geotécnica de competencia media.

Figura 10

Suelos de resistencia baja, margen del río Quillcay,



**c) Suelos de Resistencia Media-Alta (S-II)**

Es una unidad geotécnica clasificado como S-II, constituidos por material depositado por aluviones antiguos, los cuales son de diferentes materiales polimícticos en la parte baja del valle de los ríos Paria y Auqui, son suelos consolidados a poco consolidados, siendo un material con una permeabilidad media a alta; esta caracterizado por presentar suelos de grano grueso en mayor proporción (arenas, gravas, bolonería y bloques) envueltos en una matriz de grano fino (limos y arcillas). En general, es una unidad geotécnica de competencia media a alta.

d) Suelo de resistencia Alta (S-I)

Es una unidad geotécnica clasificado como S-I, caracterizados por ser suelos de grano grueso o granular, compuestos por clastos heterométricos de granodiorita, areniscas, lutitas envueltas en una matriz de arena gruesa a arcilla-limosa. Las partículas de este suelo granular suelen comportarse de forma estable y resistente. Los problemas geotécnicos están relacionados a la erosión de la escorrentía superficial y en general, es una unidad geotécnica de competencia alta.

e) Roca de Resistencia Media-Baja (R-IV)

Es una unidad geotécnica clasificada como R-IV, conformada por un basamento rocoso de origen volcánico, con una resistencia media a baja, con presencia de fracturas en taludes, inestabilidades, erosión interna, lavado y carcavamiento, en algunas zonas este tipo de unidad lo encontramos muy meteorizada en transición de roca a suelo, perdiendo su resistencia. Esta unidad está presente en la parte baja de la subcuenca del río Quillcay y en general, es una unidad geotécnica de competencia media a baja.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



“Decenio de la Igualdad de Oportunidad para Mujeres y
Hombres”
“Año de la Universalización de la Salud”

Figura 11. Mapa de unidades geotécnicas del área de estudio

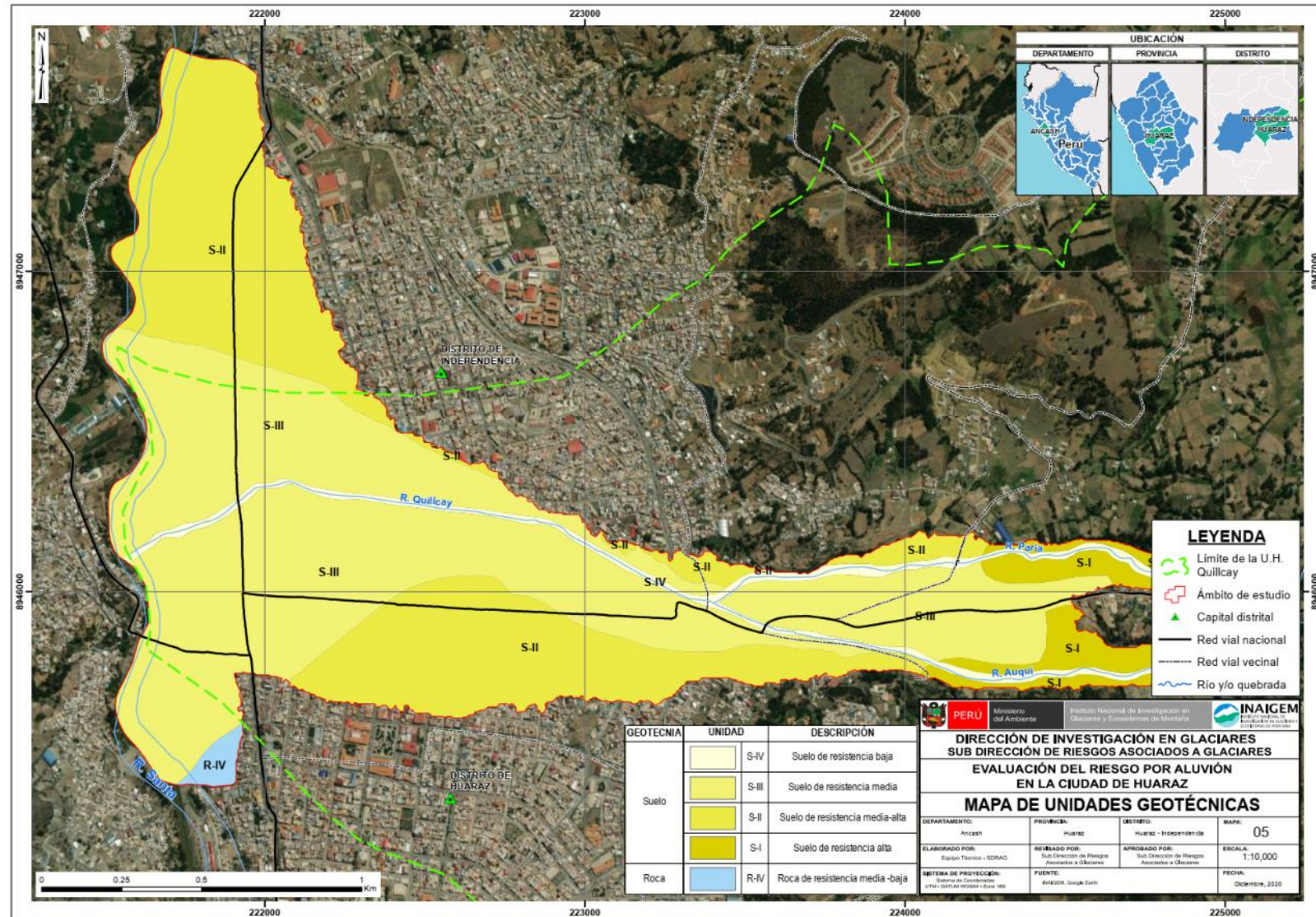


Tabla 20

Comparación de pares de las unidades geotécnicas.

GEOTECNIA	Suelo de resistencia baja	Suelo de resistencia media	Roca de resistencia media-alta	Suelo de resistencia alta	Roca de resistencia media-baja
Suelo de resistencia baja	1.00	2.00	5.00	8.00	9.00
Suelo de resistencia media	0.50	1.00	3.00	5.00	9.00
Roca de resistencia media-alta	0.20	0.33	1.00	2.00	6.00
Suelo de resistencia alta	0.13	0.20	0.50	1.00	2.00
Roca de resistencia media-baja	0.11	0.11	0.17	0.50	1.00
SUMA	1.94	3.64	9.67	16.50	27.00
1/SUMA	0.52	0.27	0.10	0.06	0.04

Tabla 21

Matriz de normalización de las unidades geotécnicas.

GEOTECNIA	Suelo de resistencia baja	Suelo de resistencia media	Roca de resistencia media-alta	Suelo de resistencia alta	Roca de resistencia media-baja	Vector Priorización
Suelo de resistencia baja	0.516	0.549	0.517	0.485	0.333	0.480
Suelo de resistencia media	0.258	0.274	0.310	0.303	0.333	0.296
Roca de resistencia media-alta	0.103	0.091	0.103	0.121	0.222	0.128
Suelo de resistencia alta	0.065	0.055	0.052	0.061	0.074	0.061
Roca de resistencia media-baja	0.057	0.030	0.017	0.030	0.037	0.034

Tabla 22

Índice de consistencia de las unidades geotécnicas.

IC	0.032
RC	0.029



2.6.2. Unidades Geológicas

En la subcuenca del río Quillcay, sobresalen rocas de diferentes orígenes, siendo las más importantes las rocas ígneas intrusivas, pertenece al Batolito de la Cordillera Blanca, complejo plutónico que aflora ampliamente 200 km a 35 km (Rivera, 2014), se distribuyen en la parte media y entorno de los nevados, lagunas Palcacocha, Tullpacocha y Cuchillacocha; así mismo tenemos afloramientos sedimentarios de edad jurásica en el nevado Pucaranra, mientras que en la parte baja sobresalen rocas volcánicas cubiertas por sedimentos cuaternarios de origen aluvional y glaciario.

Los principales grupos de suelo y roca se han clasificado en dos grandes unidades: El depósito inconsolidado y el substrato rocoso (INGEMMET, 2019),

2.6.2.1. Depósitos inconsolidados.

Esta unidad agrupa a los depósitos poco o nada coherentes y consolidados con edad reciente, de extensión y grosor variable, conformados por material de litología heterogénea y heterométrica, depositados desde el Pleistoceno y Cuaternario reciente, y agrupados en función de su génesis (INGEMMET, 2019).

A continuación, se describen las siguientes subunidades

a) Depósitos Fluviales (Q-fl)

Es la unidad geológica más reciente y forma parte de los depósitos cuaternarios. Constituyen los materiales ubicados en el cauce o lecho de los ríos Paria y Auqui. Estos depósitos están conformados por cantos y gravas subredondeadas en matriz arenosa o limosa, mezcla de lentes arenosos y areno- limosos; son depósitos inconsolidados a poco consolidados hasta sueltos, fácilmente removibles y su permeabilidad es muy alta.

b) Depósitos Aluvionales 2 (Q-alv2)

Es una unidad geológica que forma parte de los depósitos cuaternarios. Constituyen depósitos generados por acción y deposición del aluvión del 1941, encontrándose semiconsolidados. Se asocian principalmente al cono deyectivo o aluviónico dejado sobre la ciudad de Huaraz y, por tanto, es susceptible a la actual erosión fluvial de los ríos Paria y Auqui.

c) Depósitos Aluvionales 1 (Q-alv1)

Es una unidad geológica que forma parte de los depósitos cuaternarios. Constituyen depósitos generados por acción y depositación de aluviones antiguos y están semiconsolidados, en algunos casos intercalados y confundiendo con depósitos glaciáricos. Se asocian principalmente a las planicies o terrazas aluvionales, susceptibles a la erosión fluvial originando socavamiento que dan origen a surcos y cárcavas.

d) Depósitos glaciáricos (Q-gl)

Es una unidad geológica que forma parte de los depósitos cuaternarios. Corresponden a los depósitos acumulados directamente por la acción geodinámica de los glaciares, caracterizados por un material heterogéneo, producto de la actividad glacial pleistocénica y recientes. Sus sedimentos están conformados por partículas de diferentes tamaños sin estratificación, ni clasificación, envueltos en una matriz arenosa y limo arcilloso. Son los depósitos no consolidados más antiguos que existen en la quebrada.

Figura 12

Vista de Depósitos Fluviales, con bloques redondeados a subredondeados.



Figura 13.

Vista de depósitos aluvionales, donde se ha construido sobre estos depósitos viviendas de material noble.



2.6.2.2. Unidades del sustrato

Estas unidades han sido divididas de tal forma que agrupan a las diferentes litologías según su composición principal, así como por su estado de alteración y fracturamiento. En el área de estudio se identifica al grupo Calipuy.

a) Grupo Calipuy (PN-vca)

Es la unidad Litoestratigráficas más antigua que aflora en el área de estudio y corresponde el basamento rocoso de la ciudad de Huaraz. El volcánico Calipuy está comprendido por tobas piroclásticas y lavas andesitas principalmente, aflorando cerca de la margen izquierda del río Auqui y en los alrededores de la Inter cuenca con la quebrada de Pariac.

Figura 14

Vista de un afloramiento de roca volcánica.





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



“Decenio de la Igualdad de Oportunidad para Mujeres y
Hombres”
“Año de la Universalización de la Salud”

Figura 15. Mapa de unidades geológicas del área de estudio

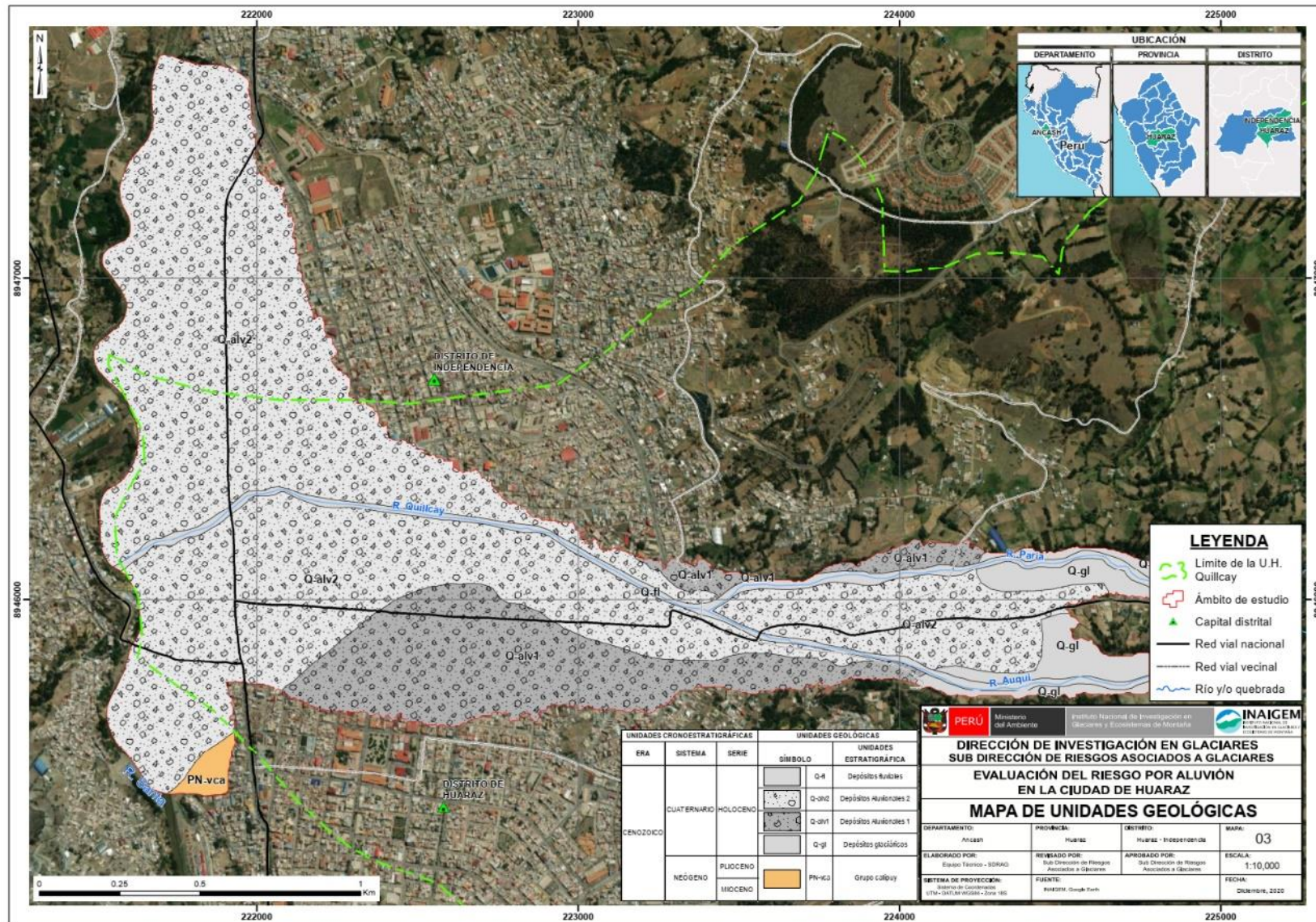


Tabla 23

Comparación de pares de las unidades geológicas

GEOLOGÍA	Depósitos Fluviales	Depósitos Aluvionales 1	Depósitos Aluvionales 2	Depósitos Glaciar	Grupo Calipuy
Depósitos Fluviales	1.00	2.00	4.00	7.00	9.00
Depósitos Aluvionales 1	0.50	1.00	3.00	4.00	7.00
Depósitos Aluvionales 2	0.25	0.33	1.00	2.00	6.00
Depósitos Glaciar	0.14	0.25	0.50	1.00	3.00
Grupo Calipuy	0.11	0.14	0.17	0.33	1.00
SUMA	2.00	3.73	8.67	14.33	26.00
1/SUMA	0.50	0.27	0.12	0.07	0.04

Tabla 24

Matriz de normalización de las unidades geológicas.

GEOLOGÍA	Depósitos Fluviales	Depósitos Aluvionales 1	Depósitos Aluvionales 2	Depósitos Glaciar	Grupo Calipuy	Vector Priorización
Depósitos Fluviales	0.499	0.537	0.462	0.488	0.346	0.466
Depósitos Aluvionales 1	0.250	0.268	0.346	0.279	0.269	0.282
Depósitos Aluvionales 2	0.125	0.089	0.115	0.140	0.231	0.140
Depósitos Glaciar	0.071	0.067	0.058	0.070	0.115	0.076
Grupo Calipuy	0.055	0.038	0.019	0.023	0.038	0.035

Tabla 25

Índice de consistencia de las unidades geológicas.

IC	0.035
RC	0.032

2.6.3. Unidades geomorfológicas

Estas unidades geomorfológicas de ambientes glaciares tropicales, han sido clasificadas según INAIGEM, teniendo en cuenta la escala de trabajo (1/25000) y el ámbito de estudio glaciar y peri-glaciar:

a) Cauce (Ca)

Es una geoforma agradacional construido por la geodinámica fluvial. Está relacionado directamente con la dinámica del río Quillcay, cuyas aguas superficiales drenan desde la laguna Palcacocha, Cuchillacocha y Tullpacocha. Su topografía está asociado a la pendiente del río, generando en algunas zonas, áreas de inundación.

Figura 16

Geoforma de Cauce en la confluencia de los ríos Auqui y Paria, dando formación al río Quillcay.



b) Cono Aluvional (Cal)

Es una geoforma agradacional construido por la geodinámica aluvional reciente, los cuales son procesos relacionados principalmente a la desglaciación. Esta geoforma es el resultado del flujo de detritos o aluvión ocurrido en el año 1941, afectando la ciudad de Huaraz y sus alrededores.

c) Terraza Aluvional (Ta)

Es una geoforma agradacional construido por la geodinámica aluvional antigua, por procesos relacionados principalmente a la desglaciación. Esta geoforma es el resultado de las inundaciones por flujos de detritos (aluviones) que han ocurrido anteriormente al aluvión del año 1941.

Figura 17

Geoforma de Terraza Aluvional en la Unidad Hidrográfica del río Quillcay.

**d) Relieve Colinoso en Ladera de Suelo (Rc-Is)**

Es una geoforma degradacional que forma parte del relieve colinoso que existe en el área de estudio. Las laderas forman parte de las colinas constituido principalmente por depósitos glaciáricos, los cuales se encuentran disectadas por quebradas intermitentes poco profundas debido a intensos procesos erosivos (cárcavas).

e) Relieve Colinoso en Ladera de Roca Volcánica (Rc – Irv)

Es una geoforma degradacional que forma parte del relieve colinoso que existe en el área de estudio. Estas laderas de colinas están constituidas principalmente por rocas volcánicas generando relieves levemente empinadas. Superficialmente, esta unidad es muy reducida y está ubicada en la margen izquierda del río Auqui.

Figura 18

Relieve colinoso en ladera de suelo, subcuenca del río Quillcay.





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



“Decenio de la Igualdad de Oportunidad para Mujeres y
Hombres”
“Año de la Universalización de la Salud”

Figura 19. Mapa de Unidades Geomorfológicas del Área de Estudio

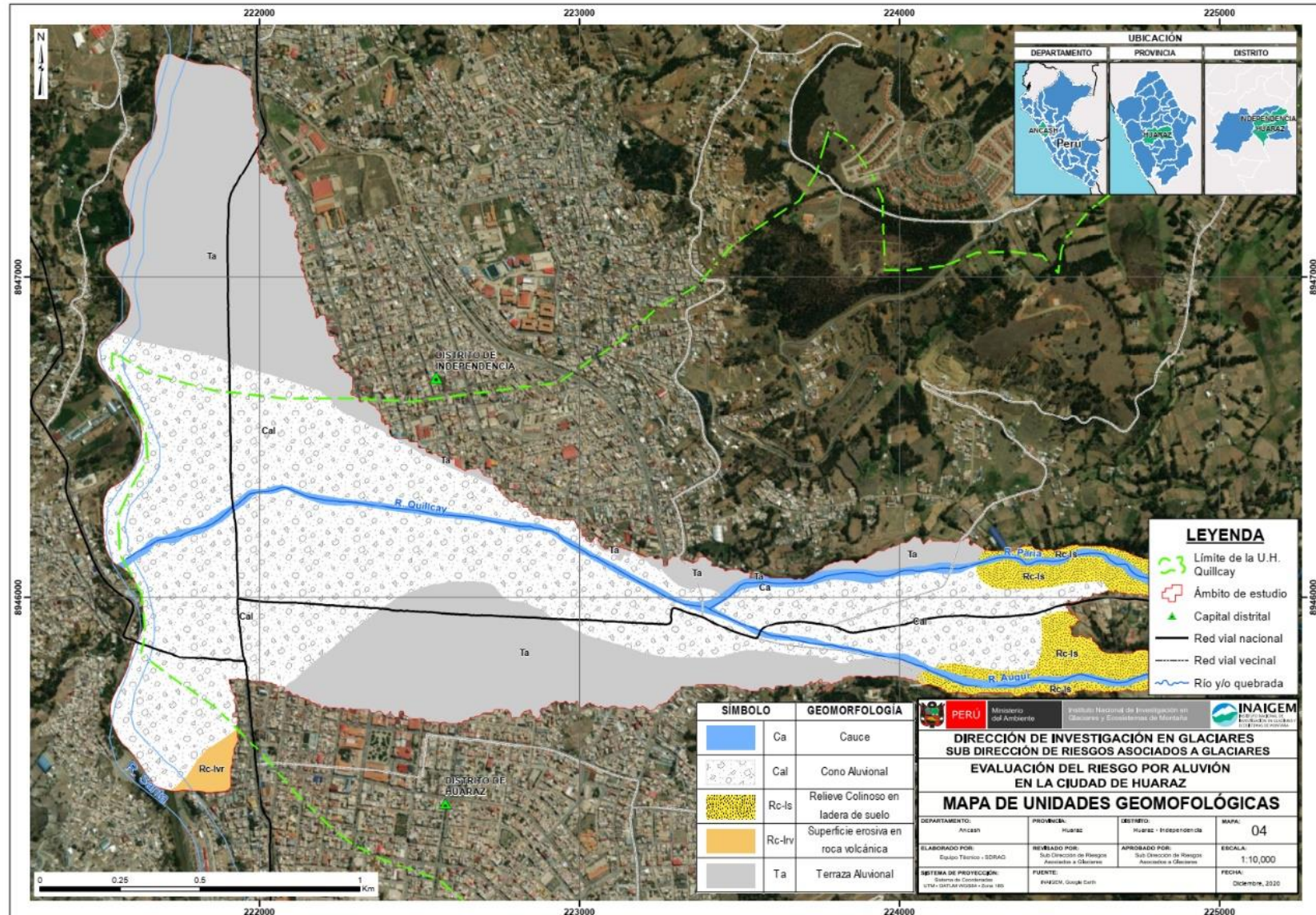


Tabla 26

Comparación de pares de las unidades geomorfológicas.

GEOMORFOLOGÍA	Cauce	Cono Aluvional	Terraza Aluvional	Relieve Colinoso en Ladera de Suelo	Relieve colinoso en ladera de roca volcánica
Cauce	1.00	2.00	5.00	8.00	9.00
Cono Aluvional	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Terraza Aluvional	0.20	0.33	1.00	2.00	5.00
Relieve Colinoso en Ladera de Suelo	0.13	0.20	0.50	1.00	3.00
Relieve colinoso en ladera de roca volcánica	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.94	3.68	9.70	16.33	25.00
1/SUMA	0.52	0.27	0.10	0.06	0.04

Tabla 27

Matriz de normalización de las unidades geomorfológicas.

GEOMORFOLOGÍA	Cauce	Cono Aluvional	Terraza Aluvional	Relieve Colinoso en Ladera de Suelo	Relieve colinoso en ladera de roca volcánica	Vector Priorización
Cauce	0.516	0.544	0.515	0.490	0.360	0.485
Cono Aluvional	0.258	0.272	0.309	0.306	0.280	0.285
Terraza Aluvional	0.103	0.091	0.103	0.122	0.200	0.124
Relieve Colinoso en Ladera de Suelo	0.065	0.054	0.052	0.061	0.120	0.070
Relieve colinoso en ladera de roca volcánica	0.057	0.039	0.021	0.020	0.040	0.035

Tabla 28

Índice de consistencia de las unidades geomorfológicas.

IC	0.037
RC	0.033



2.6.4. Pendientes

Las pendientes que muestra el área de estudio son heterogéneas debido a que las condiciones ambientales y geológicas han modelado el terreno de formas distintas; referente al ámbito de estudio las pendientes se han clasificado en cinco rangos principales.

Adaptado del reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor (Decreto supremo N°017-2009-AG) pendiente larga (e).

a) Pendiente menor a 5%

Son aquellos lugares y/o espacios que están a nivel y próximos a presentarse un aligera inclinación, que en algunos casos se suele llamar terrenos planos.

b) Pendiente entre 5 a 15%

Espacios identificados dentro de este rango de pendientes, son aquellos lugares ligeramente inclinados a moderadamente empinados observándose actividades múltiples que se desarrollan en la cuenca y la actividad antrópica tiene mayor visibilidad.

c) Pendiente entre 15 a 25%

Son aquellos espacios moderadamente empinados observándose construcciones de viviendas y mayor concentración de terrenos agrícolas.

d) Pendiente entre 25 a 50%

Son zonas empinadas, que ofrece accesibilidad en el terreno que en algunos casos podemos observar terrenos agrícolas e infraestructuras como caminos de herradura.

e) Pendiente mayor a 50%

Zonas que presentan esta clasificación son aquellos espacios muy empinados a extremadamente empinados, en la mayoría de los casos poco accesibles.

Figura 20. Mapa de Pendientes del área de estudio

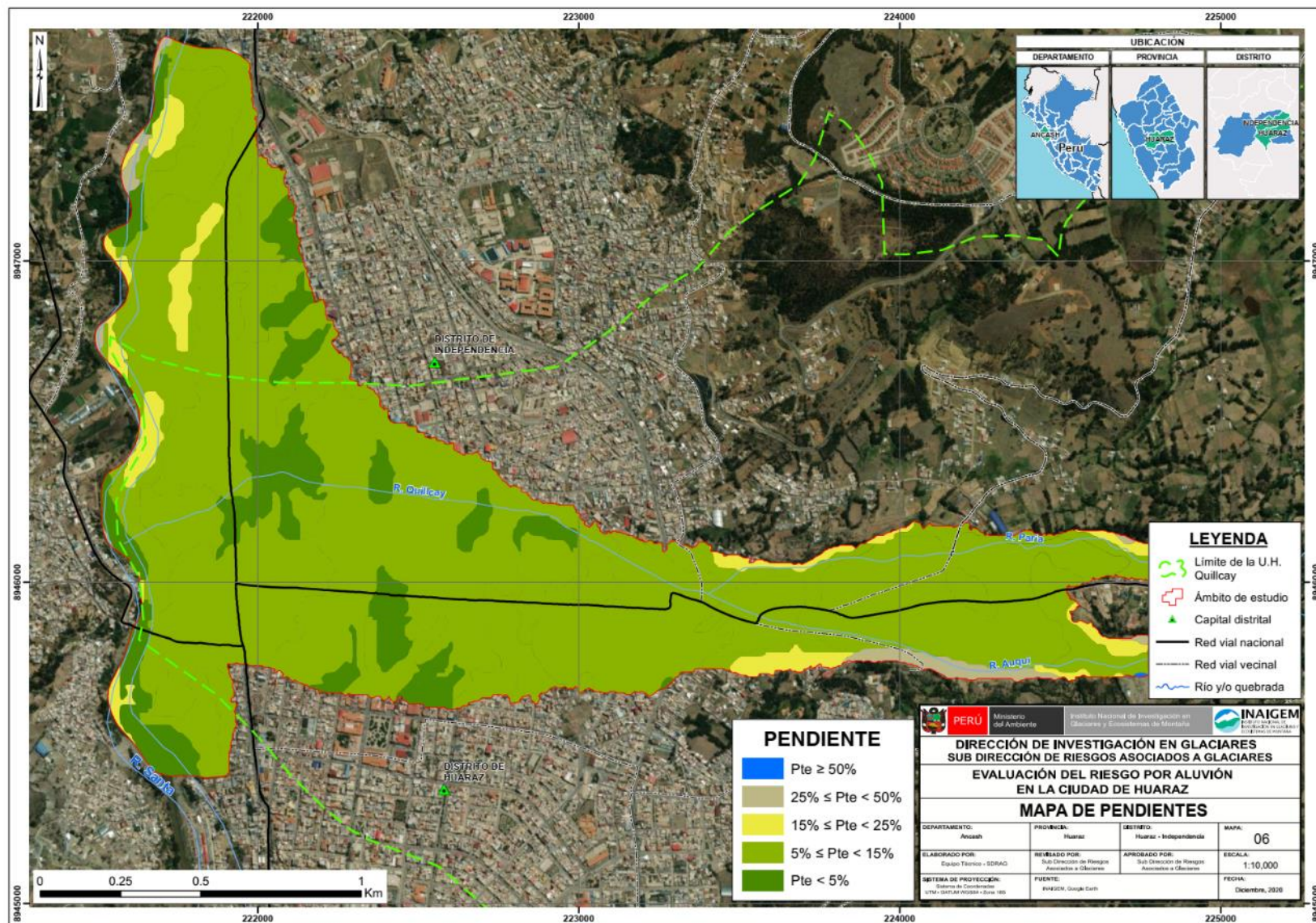


Tabla 29

Comparación de pares de los niveles de pendiente

PENDIENTES	P < 5%	5% ≤ P < 15%	15% ≤ P < 25%	25% ≤ P < 50%	P ≥ 50 %
P < 5%	1.00	2.00	3.00	5.00	8.00
5% ≤ P < 15%	0.50	1.00	2.00	5.00	9.00
15% ≤ P < 25%	0.33	0.50	1.00	3.00	6.00
25% ≤ P < 50%	0.20	0.20	0.33	1.00	2.00
P ≥ 50 %	0.13	0.11	0.17	0.50	1.00
SUMA	2.16	3.81	6.50	14.50	26.00
1/SUMA	0.46	0.26	0.15	0.07	0.04

Tabla 30

Matriz de normalización de los niveles de pendiente

PENDIENTES	P < 5%	5% ≤ P < 15%	15% ≤ P < 25%	25% ≤ P < 50%	P ≥ 50 %	Vector Priorización
P < 5%	0.463	0.525	0.462	0.345	0.308	0.420
5% ≤ P < 15%	0.232	0.262	0.308	0.345	0.346	0.299
15% ≤ P < 25%	0.154	0.131	0.154	0.207	0.231	0.175
25% ≤ P < 50%	0.093	0.052	0.051	0.069	0.077	0.068
P ≥ 50 %	0.058	0.029	0.026	0.034	0.038	0.037

Tabla 31

Índice de consistencia de los niveles de pendiente

IC	0.024
RC	0.022

2.7. ESTRATIFICACIÓN DE LA PELIGROSIDAD

Las zonas de peligrosidad ante un posible aluvión pueden estratificarse en cuatro niveles: bajo, media, alta y muy alta, cuyas características y su valor correspondiente se detallan a continuación:

Tabla 32

Estratificación de la peligrosidad ante un posible aluvión

NIVEL DE PELIGRO	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTO	Aluvión con altura de flujo mayor a 1.2m, con suelos de baja a media resistencia, con presencia de depósitos fluviales y aluvionales recientes, con presencia de cono aluvional, con pendientes menores a 5%, y con un desembalse mayor a 16 Mm ³	$0.288 \leq P \leq 0.456$
ALTO	Aluvión con altura de flujo entre 0.6 a 1.2 m, con suelos de media-alta resistencia, con presencia de depósitos aluvionales antiguos, con presencia de terrazas aluvionales, con pendientes entre 5 a 15%. y con un desembalse mayor a 16 Mm ³	$0.143 \leq P < 0.288$
MEDIO	Aluvión con altura de flujo entre 0.3 a 0.6m, con suelos de alta resistencia, con presencia de depósitos glaciáricos, con relieve colinoso en ladera de suelo, con pendientes entre 5 a 15%. y con un desembalse mayor a 16 Mm ³	$0.078 \leq P < 0.143$
BAJO	Aluvión con altura de flujo menor a 0.3m, con roca de media-baja resistencia, con rocas volcánicas, con relieve colinoso en ladera rocosa, con pendientes mayores a 15%. y con un desembalse mayor a 16 Mm ³	$0.034 \leq P < 0.078$

2.8. MAPA DE NIVELES DE PELIGROSIDAD

El mapa de niveles de peligro por aluvión, modelado a partir del desembalse de la laguna Palcacocha y Tullpacocha hacia la ciudad de Huaraz e Independencia a escala 1/25,000, se distribuye en mapa de vulnerabilidad de viviendas y mapa de vulnerabilidad de estructuras, dentro de la llanura de inundación. El formato completo del mapa se observa en el Anexo A.



PERÚ

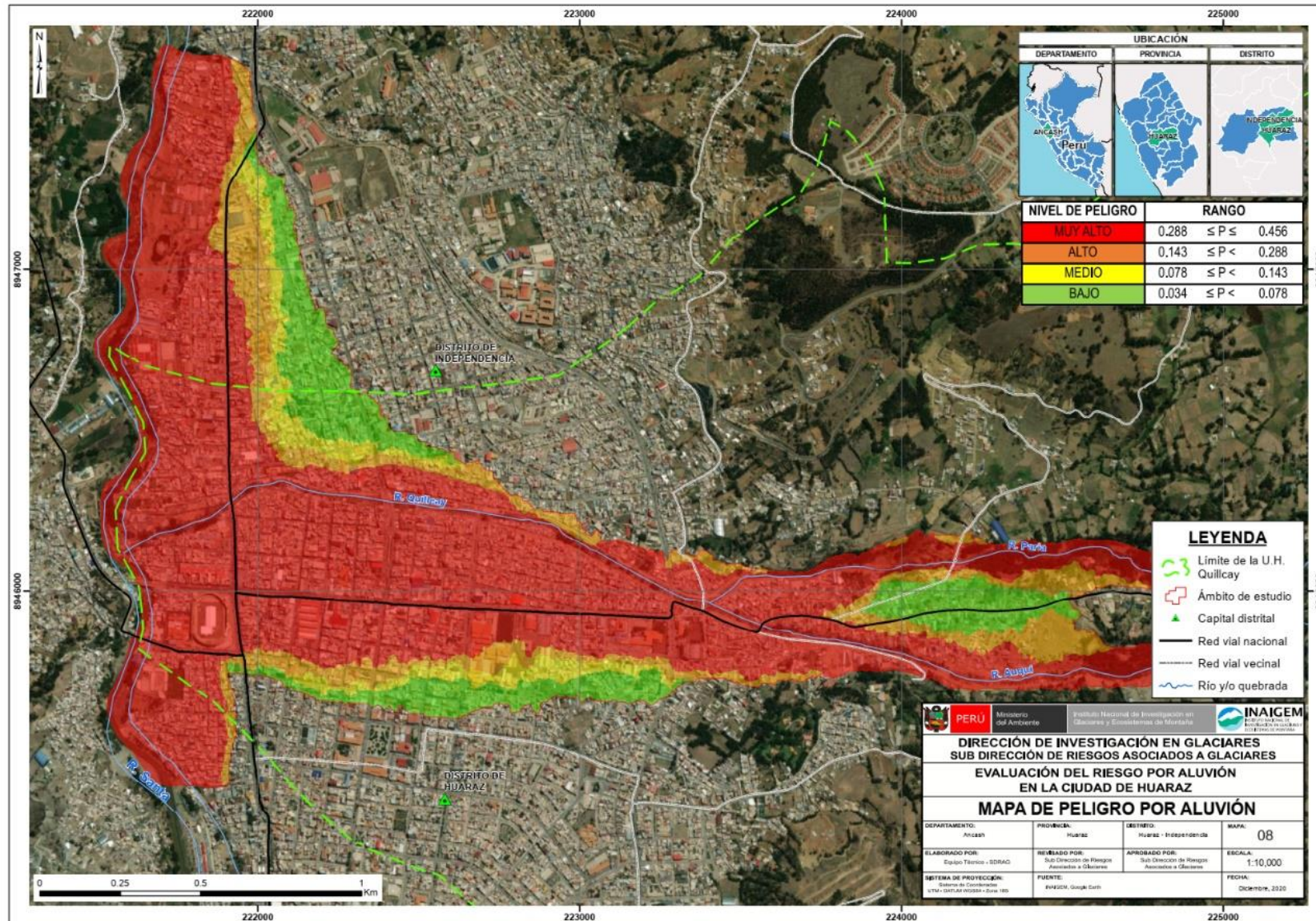
Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



“Decenio de la Igualdad de Oportunidad para Mujeres y
Hombres”
“Año de la Universalización de la Salud”

Figura 21 Mapa de niveles de peligrosidad



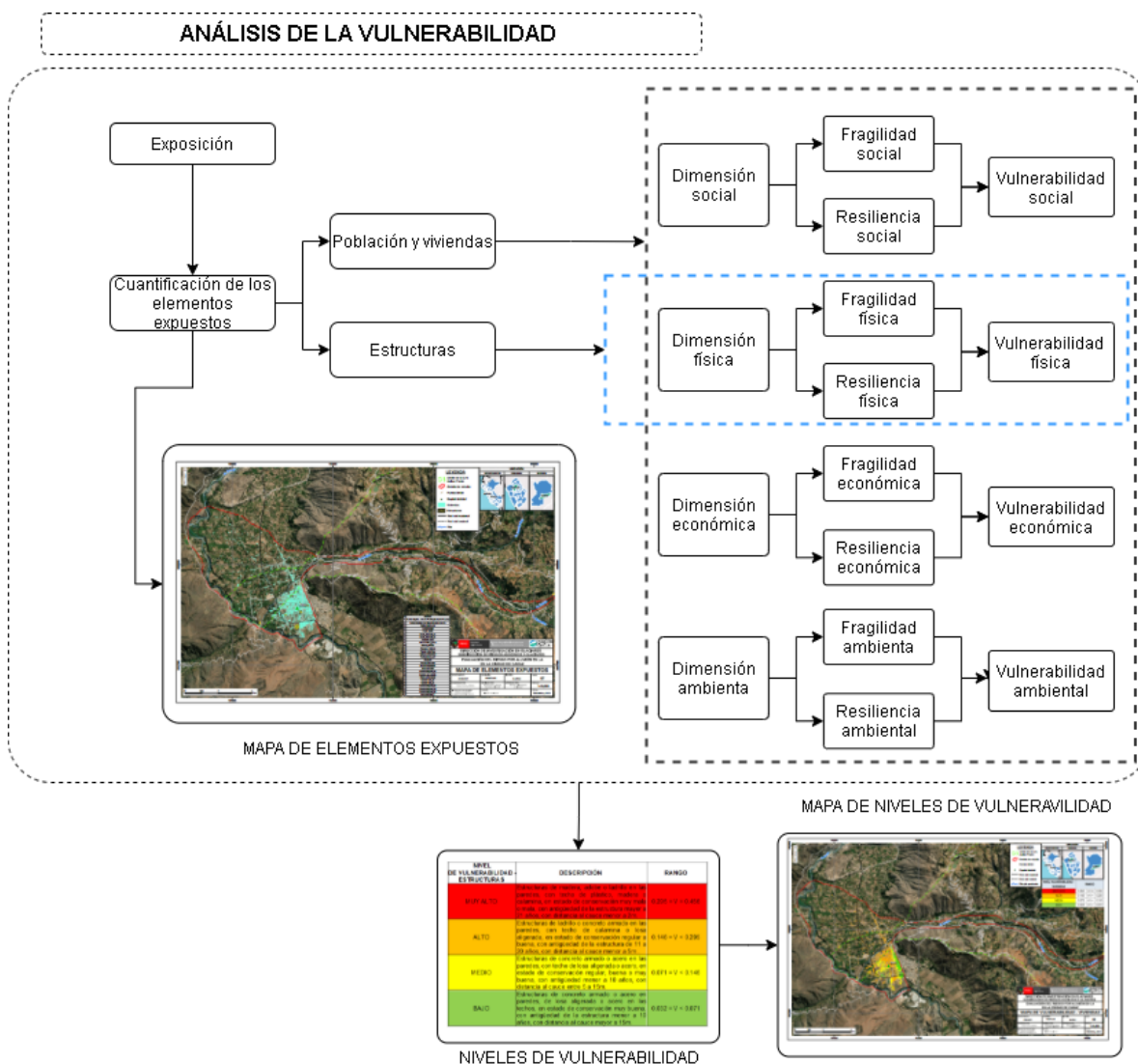
CAPITULO III ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

3.1. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

Para realizar el análisis de la vulnerabilidad en la parte baja de la subcuenca Quillcay, se ha determinado que se debe analizar las viviendas y las estructuras por separado, debido a la naturaleza y la función que cada uno cumple, en el caso de las viviendas se utilizarán las dimensiones social, física, económica y ambiental, y en las estructuras solo se utilizará la dimensión física, en cada dimensión se incluye lo factores de la vulnerabilidad considerados como la exposición, fragilidad y resiliencia, según se detalla a continuación:

Figura 22

Metodología del análisis de la vulnerabilidad



Fuente: Adaptado del CENEPRED, 2014.



Tabla 33

Factores de vulnerabilidad y descriptores considerados en cada dimensión – viviendas.

DIMENSIÓN SOCIAL		DIMENSIÓN FÍSICA		DIMENSIÓN ECONÓMICA		DIMENSIÓN AMBIENTAL	
Fragilidad	Resiliencia	Fragilidad	Resiliencia	Fragilidad	Resiliencia	Fragilidad	Resiliencia
Grupo Etario	Actitud frente al riesgo	Material predominante pared	Tipo de vivienda	Ocupación principal	Ingreso familiar	Manejo de residuos sólidos	Conocimiento en temas de contaminación ambiental
Discapacidad	Conocimiento sobre desastres en la localidad	Material predominante techo				Manejo de aguas residuales	
		Estado de conservación					

Tabla 34

Factores de vulnerabilidad y descriptores considerados en cada dimensión – Estructuras

DIMENSIÓN FÍSICA	
Exposición	Fragilidad
Distancia de la estructura al cauce	Material predominante en la pared
	Material predominante en el techo
	Antigüedad de la construcción
	Estado de conservación

3.2. VULNERABILIDAD DE VIVIENDAS

3.2.1. Dimensión económica

Analizar la dimensión social es importante porque permiten entender y caracterizar a la población que se desarrolla en el territorio objeto de estudio, y entender como sería su reacción ante un desastre que pueda afectar sus modos de vida.

a) Ponderación de la fragilidad social

Tabla 35

comparación de pares del grupo etario.

GRUPO ETARIO	0 a 5 y mayor a 70 años	6 a 12 y entre 55 a 69 años	13 a 18 y entre 40 a 54 años	19 a 25 años	26 a 39 años
0 a 5 y mayor a 70 años	1.00	2.00	5.00	6.00	9.00
6 a 12 y entre 55 a 69 años	0.50	1.00	3.00	5.00	8.00
13 a 18 y entre 40 a 54 años	0.20	0.33	1.00	2.00	5.00
19 a 25 años	0.17	0.20	0.50	1.00	3.00
26 a 39 años	0.11	0.13	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.98	3.66	9.70	14.33	26.00
1/SUMA	0.51	0.27	0.10	0.07	0.04

Tabla 36

Matriz de normalización del grupo etario

GRUPO ETARIO	0 a 5 y mayor a 70 años	6 a 12 y entre 55 a 69 años	13 a 18 y entre 40 a 54 años	19 a 25 años	26 a 39 años	Vector Priorización
0 a 5 y mayor a 70 años	0.506	0.547	0.515	0.419	0.346	0.467
6 a 12 y entre 55 a 69 años	0.253	0.273	0.309	0.349	0.308	0.298
13 a 18 y entre 40 a 54 años	0.101	0.091	0.103	0.140	0.192	0.125
19 a 25 años	0.084	0.055	0.052	0.070	0.115	0.075
26 a 39 años	0.056	0.034	0.021	0.023	0.038	0.035

Tabla 37

Índice de consistencia del grupo etario

IC	0.034
RC	0.030



Tabla 38

Comparación de pares de discapacidad.

DISCAPACIDAD	Auditiva	Mental	Visual	Motriz	No tiene
Auditiva	1.00	2.00	3.00	5.00	9.00
Mental	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Visual	0.33	0.33	1.00	2.00	5.00
Motriz	0.20	0.20	0.50	1.00	3.00
No tiene	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.14	3.68	7.70	13.33	25.00
1/SUMA	0.47	0.27	0.13	0.08	0.04

Tabla 39

Matriz de normalización de discapacidad

DISCAPACIDAD	Auditiva	Mental	Visual	Motriz	No tiene	Vector Priorización
Auditiva	0.466	0.544	0.390	0.375	0.360	0.427
Mental	0.233	0.272	0.390	0.375	0.280	0.310
Visual	0.155	0.091	0.130	0.150	0.200	0.145
Motriz	0.093	0.054	0.065	0.075	0.120	0.082
No tiene	0.052	0.039	0.026	0.025	0.040	0.036

Tabla 40

Índice de consistencia de discapacidad

IC	0.030
RC	0.027



b) Ponderación de resiliencia social

Tabla 41

Comparación de pares en temas de gestión del riesgo de desastres

CAPACITACIÓN EN TEMAS DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES	No recibe	Escasa	Regular	Continua	Siempre
No recibe	1.00	2.00	3.00	7.00	9.00
Escasa	0.50	1.00	3.00	5.00	8.00
Regular	0.33	0.33	1.00	3.00	7.00
Continua	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Siempre	0.11	0.13	0.14	0.33	1.00
SUMA	2.09	3.66	7.48	16.33	28.00
1/SUMA	0.48	0.27	0.13	0.06	0.04

Tabla 42

Matriz de normalización en temas de gestión del riesgo de desastres

CAPACITACIÓN EN TEMAS DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES	No recibe	Escasa	Regular	Continua	Siempre	Vector Priorización
No recibe	0.479	0.547	0.401	0.429	0.321	0.435
Escasa	0.240	0.273	0.401	0.306	0.286	0.301
Regular	0.160	0.091	0.134	0.184	0.250	0.164
Continua	0.068	0.055	0.045	0.061	0.107	0.067
Siempre	0.053	0.034	0.019	0.020	0.036	0.033

Tabla 43

Índice de consistencia

IC	0.043
RC	0.038

Tabla 44

Comparación de pares del conocimiento sobre desastres en la localidad

CONOCIMIENTO SOBRE DESASTRES EN LA LOCALIDAD	Nunca ha pasado	Pasó alguna vez (Mayor a 10 años)	Regularmente ocurre (De 4 a 9 años)	Continuamente Ocurre (De 1 a 3 años)	Siempre Ocurre (Todos los años)
Nunca ha pasado	1.00	2.00	5.00	8.00	9.00
Pasó alguna vez (Mayor a 10 años)	0.50	1.00	2.00	3.00	6.00
Regularmente ocurre (De 4 a 9 años)	0.20	0.50	1.00	3.00	7.00
Continuamente Ocurre (De 1 a 3 años)	0.13	0.33	0.33	1.00	2.00
Siempre Ocurre (Todos los años)	0.11	0.17	0.14	0.50	1.00
SUMA	1.94	4.00	8.48	15.50	25.00
1/SUMA	0.52	0.25	0.12	0.06	0.04

Tabla 45

Matriz de normalización del conocimiento sobre desastres en la localidad

CONOCIMIENTO SOBRE DESASTRES EN LA LOCALIDAD	Nunca ha pasado	Pasó alguna vez (Mayor a 10 años)	Regularmente ocurre (De 4 a 9 años)	Continuamente Ocurre (De 1 a 3 años)	Siempre Ocurre (Todos los años)	Vector Priorización
Nunca ha pasado	0.516	0.500	0.590	0.516	0.360	0.497
Pasó alguna vez (Mayor a 10 años)	0.258	0.250	0.236	0.194	0.240	0.236
Regularmente ocurre (De 4 a 9 años)	0.103	0.125	0.118	0.194	0.280	0.164
Continuamente Ocurre (De 1 a 3 años)	0.065	0.083	0.039	0.065	0.080	0.066
Siempre Ocurre (Todos los años)	0.057	0.042	0.017	0.032	0.040	0.038

Tabla 46

Índice de consistencia

IC	0.042
RC	0.037

3.2.2. Dimensión Física

La dimensión física nos permite entender como están construidas las viviendas, así como conocer si poseen condiciones de habitabilidad

a) Ponderación de fragilidad física

Tabla 47

Comparación de pares de la fragilidad física.

PARÁMETRO	MP Pared	MP Techo	Estado de conservación	Antigüedad de la construcción
MP Pared	1.00	2.00	4.00	8.00
MP Techo	0.50	1.00	2.00	5.00
Estado de conservación	0.25	0.50	1.00	3.00
Antigüedad de la construcción	0.13	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.88	3.70	7.33	17.00
1/SUMA	0.53	0.27	0.14	0.06

Tabla 48

Matriz de normalización de la fragilidad física

PARÁMETRO	MP Pared	MP Techo	Estado de conservación	Antigüedad de la construcción	Vector Priorización
MP Pared	0.533	0.541	0.545	0.471	0.522
MP Techo	0.267	0.270	0.273	0.294	0.276
Estado de conservación	0.133	0.135	0.136	0.176	0.145
Antigüedad de la construcción	0.067	0.054	0.045	0.059	0.056

Tabla 49

Índice de consistencia de la fragilidad física

IC	0.005
RC	0.006

b) Ponderación de los descriptores de la Fragilidad Física

Tabla 50

Comparación de pares del material predominante en la pared.

MP PARED	Estera	Madera	Adobe	Ladrillo	Concreto armado
Estera	1.00	2.00	4.00	3.00	9.00
Madera	0.50	1.00	3.00	5.00	8.00
Adobe	0.25	0.33	1.00	2.00	3.00
Ladrillo	0.33	0.20	0.50	1.00	3.00
Concreto armado	0.11	0.13	0.33	0.33	1.00
SUMA	2.19	3.66	8.83	11.33	24.00
1/SUMA	0.46	0.27	0.11	0.09	0.04

Tabla 51

Matriz de normalización del material predominante en la pared

MP PARED	Estera	Madera	Adobe	Ladrillo	Concreto armado	Vector Priorización
Estera	0.456	0.547	0.453	0.265	0.375	0.419
Madera	0.228	0.273	0.340	0.441	0.333	0.323
Adobe	0.114	0.091	0.113	0.176	0.125	0.124
Ladrillo	0.152	0.055	0.057	0.088	0.125	0.095
Concreto armado	0.051	0.034	0.038	0.029	0.042	0.039

Tabla 52

Índice de consistencia del material predominante en la pared

IC	0.040
RC	0.036

Tabla 53

Comparación de pares material predominante en el techo

MP TECHO	Plástico	Estera	Madera	Calamina	Losa aligerada
Plástico	1.00	2.00	5.00	6.00	9.00
Estera	0.50	1.00	3.00	5.00	9.00
Madera	0.20	0.33	1.00	3.00	7.00
Calamina	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00
Losa aligerada	0.11	0.11	0.14	0.33	1.00
SUMA	1.98	3.64	9.48	15.33	29.00
1/SUMA	0.51	0.27	0.11	0.07	0.03

Tabla 54

Matriz de normalización del material predominante en el techo

MP TECHO	Plástico	Estera	Madera	Calamina	Losa aligerada	Vector priorización
Plástico	0.506	0.549	0.528	0.391	0.310	0.457
Estera	0.253	0.274	0.317	0.326	0.310	0.296
Madera	0.101	0.091	0.106	0.196	0.241	0.147
Calamina	0.084	0.055	0.035	0.065	0.103	0.069
Losa aligerada	0.056	0.030	0.015	0.022	0.034	0.032

Tabla 55

Índice de consistencia del material predominante en el techo

IC	0.056
RC	0.050



Tabla 56

Comparación de pares del estado de conservación

ESTADO DE CONSERVACIÓN	Muy mala	Mala	Regular	Buena	Muy buena
Muy mala	1.00	2.00	3.00	7.00	8.00
Mala	0.50	1.00	3.00	6.00	8.00
Regular	0.33	0.33	1.00	3.00	6.00
Buena	0.14	0.17	0.33	1.00	3.00
Muy buena	0.13	0.13	0.17	0.33	1.00
SUMA	2.10	3.63	7.50	17.33	26.00
1/SUMA	0.48	0.28	0.13	0.06	0.04

Tabla 57

Matriz de normalización del estado de conservación

ESTADO DE CONSERVACIÓN	Muy mala	Mala	Regular	Buena	Muy buena	Vector Priorización
Muy mala	0.476	0.552	0.400	0.404	0.308	0.428
Mala	0.238	0.276	0.400	0.346	0.308	0.314
Regular	0.159	0.092	0.133	0.173	0.231	0.158
Buena	0.068	0.046	0.044	0.058	0.115	0.066
Muy buena	0.059	0.034	0.022	0.019	0.038	0.035

Tabla 58

Índice de consistencia del estado de conservación

IC	0.047
RC	0.042



Tabla 59

Comparación de pares de la antigüedad de la construcción

ANTIGÜEDAD DE LA CONSTRUCCIÓN	Mayor a 31 años	Entre 21 y 30 años	Entre 11 y 20 años	Entre 6 y 10 años	Menor a 5 años
Mayor a 31 años	1.00	2.00	3.00	6.00	9.00
Entre 21 y 30 años	0.50	1.00	3.00	5.00	8.00
Entre 11 y 20 años	0.33	0.33	1.00	3.00	6.00
Entre 6 y 10 años	0.17	0.20	0.33	1.00	2.00
Menor a 5 años	0.11	0.13	0.17	0.50	1.00
SUMA	2.11	3.66	7.50	15.50	26.00
1/SUMA	0.47	0.27	0.13	0.06	0.04

Tabla 60

Matriz de normalización de la antigüedad de la construcción

ANTIGÜEDAD DE LA CONSTRUCCIÓN	Mayor a 31 años	Entre 21 y 30 años	Entre 11 y 20 años	Entre 6 y 10 años	Menor a 5 años	Vector priorización
Mayor a 31 años	0.474	0.547	0.400	0.387	0.346	0.431
Entre 21 y 30 años	0.237	0.273	0.400	0.323	0.308	0.308
Entre 11 y 20 años	0.158	0.091	0.133	0.194	0.231	0.161
Entre 6 y 10 años	0.079	0.055	0.044	0.065	0.077	0.064
Menor a 5 años	0.053	0.034	0.022	0.032	0.038	0.036

Tabla 61

Índice de consistencia de la antigüedad de la construcción

IC	0.029
RC	0.026

c) Ponderación de resiliencia física

Tabla 62

Comparación de pares del tipo de vivienda

TIPO DE VIVIENDA	Vivienda particular choza o cabaña	Vivienda particular departamento en edificio	Vivienda particular casa independiente	Vivienda colectiva Institucional	Vivienda colectiva no Institucional
Vivienda particular choza o cabaña	1.00	2.00	4.00	8.00	9.00
Vivienda particular departamento en edificio	0.50	1.00	2.00	5.00	8.00
Vivienda particular casa independiente	0.25	0.50	1.00	2.00	5.00
Vivienda colectiva Institucional	0.13	0.20	0.50	1.00	3.00
Vivienda colectiva no Institucional	0.11	0.13	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.99	3.83	7.70	16.33	26.00
1/SUMA	0.50	0.26	0.13	0.06	0.04

Tabla 63

Matriz de normalización del tipo de vivienda

TIPO DE VIVIENDA	Vivienda particular choza o cabaña	Vivienda particular departamento en edificio	Vivienda particular casa independiente	Vivienda colectiva Institucional	Vivienda colectiva no Institucional	Vector Priorización
Vivienda particular choza o cabaña	0.503	0.523	0.519	0.490	0.346	0.476
Vivienda particular departamento en edificio	0.252	0.261	0.260	0.306	0.308	0.277
Vivienda particular casa independiente	0.126	0.131	0.130	0.122	0.192	0.140
Vivienda colectiva Institucional	0.063	0.052	0.065	0.061	0.115	0.071
Vivienda colectiva no Institucional	0.056	0.033	0.026	0.020	0.038	0.035

Tabla 64

Índice de consistencia del tipo de vivienda

IC	0.026
RC	0.023



Tabla 65

Comparación de pares del número de pisos de la vivienda

N° DE PISOS DE LA VIVIENDA	De 5 pisos a más	4 pisos	3 pisos	2 pisos	1 piso
De 5 pisos a más	1.00	2.00	3.00	6.00	8.00
4 pisos	0.50	1.00	2.00	2.00	8.00
3 pisos	0.33	0.50	1.00	3.00	6.00
2 pisos	0.17	0.50	0.33	1.00	3.00
1 piso	0.13	0.13	0.17	0.33	1.00
SUMA	2.13	4.13	6.50	12.33	26.00
1/SUMA	0.47	0.24	0.15	0.08	0.04

Tabla 66

Matriz de normalización del número de pisos de la vivienda

N° DE PISOS DE LA VIVIENDA	De 5 pisos a más	4 pisos	3 pisos	2 pisos	1 piso	Vector Priorización
De 5 pisos a más	0.471	0.485	0.462	0.486	0.308	0.442
4 pisos	0.235	0.242	0.308	0.162	0.308	0.251
3 pisos	0.157	0.121	0.154	0.243	0.231	0.181
2 pisos	0.078	0.121	0.051	0.081	0.115	0.089
1 piso	0.059	0.030	0.026	0.027	0.038	0.036

Tabla 67

Índice de consistencia

IC	0.039
RC	0.035

3.2.3. Dimensión Económica

La dimensión económica es importante desarrollarla porque nos permite conocer y analizar cuál es la ocupación principal de los habitantes de la subcuenca Quillcay parte baja, así como conocer sus ingresos promedios, que nos permitirá entender cuál es su capacidad adquisitiva para recuperarse de un desastre.

a) Ponderación de fragilidad económica

Tabla 68

Comparación de pares de la actividad principal

ACTIVIDAD LABORAL	Agricultura, ganadería, pesca	Hospedaje, restaurantes	Comercio	Servicios	Otros
Agricultura, ganadería, pesca	1.00	2.00	5.00	7.00	9.00
Hospedaje, restaurantes	0.50	1.00	3.00	4.00	8.00
Comercio	0.20	0.33	1.00	3.00	6.00
Servicios	0.14	0.25	0.33	1.00	4.00
Otros	0.11	0.13	0.17	0.25	1.00
SUMA	1.95	3.71	9.50	15.25	28.00
1/SUMA	0.51	0.27	0.11	0.07	0.04

Tabla 69

Matriz de normalización de la actividad principal

ACTIVIDAD LABORAL	Agricultura, ganadería, pesca	Hospedaje, restaurantes	Comercio	Servicios	Otros	Vector Priorización
Agricultura, ganadería, pesca	0.512	0.539	0.526	0.459	0.32	0.472
Hospedaje, restaurantes	0.256	0.270	0.316	0.262	0.28	0.278
Comercio	0.102	0.090	0.105	0.197	0.21	0.142
Servicios	0.073	0.067	0.035	0.066	0.14	0.077
Otros	0.057	0.034	0.018	0.016	0.03	0.032

Tabla 70

Índice de consistencia

IC	0.063
RC	0.057



b) Ponderación de la resiliencia Económica

Tabla 71

Comparación de pares del ingreso familiar

INGRESO FAMILIAR	Menor a 930 soles	De 930 a 1500	De 1500 a 2500	De 2500 a 3500	Mas de 3500
Menor a 930 soles	1.00	2.00	3.00	5.00	9.00
De 930 a 1500	0.50	1.00	2.00	5.00	8.00
De 1500 a 2500	0.33	0.50	1.00	3.00	6.00
De 2500 a 3500	0.20	0.20	0.33	1.00	3.00
Mas de 3500	0.11	0.13	0.17	0.33	1.00
SUMA	2.14	3.83	6.50	14.33	27.00
1/SUMA	0.47	0.26	0.15	0.07	0.04

Tabla 72

Matriz de normalización del ingreso familiar

INGRESO FAMILIAR	Menor a 930 soles	De 930 a 1500	De 1500 a 2500	De 2500 a 3500	Mas de 3500	Vector priorización
Menor a 930 soles	0.466	0.523	0.462	0.349	0.333	0.427
De 930 a 1500	0.233	0.261	0.308	0.349	0.296	0.289
De 1500 a 2500	0.155	0.131	0.154	0.209	0.222	0.174
De 2500 a 3500	0.093	0.052	0.051	0.070	0.111	0.076
Mas de 3500	0.052	0.033	0.026	0.023	0.037	0.034

Tabla 73

Índice de consistencia del ingreso familiar

IC	0.028
RC	0.025

3.2.4. Dimensión Ambiental

Es importante conocer esta dimensión porque nos permitirá saber cómo se manejan los residuos sólidos y aguas residuales en los centros poblados, así como si poseen conocimientos en contaminación ambiental

a) Ponderación de la fragilidad ambiental

Tabla 74

Comparación de pares del manejo aguas residuales

MANEJO DE AGUAS RESIDUALES	No tiene	Disposición en el río, acequia	Pozo ciego	Pozo séptico	Desagüe
No tiene	1.00	2.00	4.00	6.00	9.00
Disposición en el río, acequia	0.50	1.00	3.00	6.00	9.00
Pozo ciego	0.25	0.33	1.00	3.00	6.00
Pozo séptico	0.17	0.17	0.33	1.00	2.00
Desagüe	0.11	0.11	0.17	0.50	1.00
SUMA	2.03	3.61	8.50	16.50	27.00
1/SUMA	0.49	0.28	0.12	0.06	0.04

Tabla 75

Matriz de normalización del manejo de aguas residuales

MANEJO DE AGUAS RESIDUALES	No tiene	Disposición en el río, acequia	Pozo ciego	Pozo séptico	Desagüe	Vector priorización
No tiene	0.493	0.554	0.471	0.364	0.333	0.443
Disposición en el río, acequia	0.247	0.277	0.353	0.364	0.333	0.315
Pozo ciego	0.123	0.092	0.118	0.182	0.222	0.147
Pozo séptico	0.082	0.046	0.039	0.061	0.074	0.060
Desagüe	0.055	0.031	0.020	0.030	0.037	0.035

Tabla 76

Índice de consistencia del manejo de aguas residuales

IC	0.034
RC	0.031



Tabla 77

Comparación de pares del manejo de residuos sólidos

MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS	Nunca	Disposición a quebrada	Quema de residuos solidos	Disposición a la calle	Recolección semanal o diaria
Nunca	1.00	2.00	3.00	6.00	9.00
Disposición a quebrada	0.50	1.00	5.00	5.00	8.00
Quema de residuos solidos	0.33	0.20	1.00	3.00	7.00
Disposición a la calle	0.17	0.20	0.33	1.00	2.00
Recolección semanal o diaria	0.11	0.13	0.14	0.50	1.00
SUMA	2.11	3.53	9.48	15.50	27.00
1/SUMA	0.47	0.28	0.11	0.06	0.04

Tabla 78

Matriz de normalización del manejo de residuos sólidos

MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS	Nunca	Disposición a quebrada	Quema de residuos solidos	Disposición a la calle	Recolección semanal o diaria	Vector Priorización
Nunca	0.474	0.567	0.317	0.387	0.333	0.416
Disposición a quebrada	0.237	0.284	0.528	0.323	0.296	0.333
Quema de residuos solidos	0.158	0.057	0.106	0.194	0.259	0.155
Disposición a la calle	0.079	0.057	0.035	0.065	0.074	0.062
Recolección semanal o diaria	0.053	0.035	0.015	0.032	0.037	0.034

Tabla 79

Índice de consistencia del manejo de residuos sólidos

IC	0.069
RC	0.062



b) Ponderación de resiliencia ambiental

Tabla 80

Comparación de pares de la capacitación en temas ambientales

CONOCIMIENTO EN TEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL - TERRITORIAL	No le interesa	No tiene	Escaso conocimiento	Regular conocimiento	Conocimiento total
No le interesa	1.00	2.00	4.00	6.00	9.00
No tiene	0.50	1.00	3.00	5.00	8.00
Escaso conocimiento	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
Regular conocimiento	0.17	0.20	0.33	1.00	4.00
Conocimiento total	0.11	0.13	0.25	0.25	1.00
SUMA	2.03	3.66	8.58	15.25	26.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.12	0.07	0.04

Tabla 81

Matriz de normalización de la capacitación en temas ambientales

CONOCIMIENTO EN TEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL - TERRITORIAL	No le interesa	No tiene	Escaso conocimiento	Regular conocimiento	Conocimiento total	Vector Priorización
No le interesa	0.493	0.547	0.466	0.393	0.346	0.449
No tiene	0.247	0.273	0.350	0.328	0.308	0.301
Escaso conocimiento	0.123	0.091	0.117	0.197	0.154	0.136
Regular conocimiento	0.082	0.055	0.039	0.066	0.154	0.079
Conocimiento total	0.055	0.034	0.029	0.016	0.038	0.035

Tabla 82

Índice de consistencia de la capacitación en temas ambientales

IC	0.054
RC	0.048

3.3. VULNERABILIDAD DE ESTRUCTURAS

3.3.1. Dimensión física

Analizar la dimensión física de las estructuras diferentes a las viviendas como los puentes, bocatomas, canales de irrigación, colegios, plazuelas y otros, es necesario, visto que son estructuras importantes que sirven para la provisión de servicios básicos y complementarios a las poblaciones; asimismo las obras viales permiten la conexión entre ambas márgenes de la subcuenca.

a) Ponderación de exposición física

Tabla 83

Comparación de pares de la exposición física

DISTANCIA DE LA ESTRUCTURA AL CAUCE	De 0 a 2 m	De 2 a 5 m	De 5 a 15 m	De 15 a 30 m	De 30m a más
De 0 a 2 m	1.00	2.00	4.00	7.00	9.00
De 2 a 5 m	0.50	1.00	3.00	6.00	9.00
De 5 a 15 m	0.25	0.33	1.00	3.00	8.00
De 15 a 30 m	0.14	0.17	0.33	1.00	2.00
De 30m a más	0.11	0.11	0.13	0.50	1.00
SUMA	2.00	3.61	8.46	17.50	29.00
1/SUMA	0.50	0.28	0.12	0.06	0.03

Tabla 84

Matriz de normalización de la exposición física

DISTANCIA DE LA ESTRUCTURA AL CAUCE	De 0 a 2 m	De 2 a 5 m	De 5 a 15 m	De 15 a 30 m	De 30m a más	Vector priorización
De 0 a 2 m	0.499	0.554	0.473	0.400	0.310	0.447
De 2 a 5 m	0.250	0.277	0.355	0.343	0.310	0.307
De 5 a 15 m	0.125	0.092	0.118	0.171	0.276	0.157
De 15 a 30 m	0.071	0.046	0.039	0.057	0.069	0.057
De 30m a más	0.055	0.031	0.015	0.029	0.034	0.033

Tabla 85

Índice de consistencia de la exposición física

IC	0.045
RC	0.040



b) Ponderación de fragilidad física

Tabla 86

Comparación de pares de la fragilidad física.

PARÁMETRO	MP Pared	MP Techo	Estado de conservación	Antigüedad de la construcción
MP Pared	1.00	2.00	5.00	9.00
MP Techo	0.50	1.00	2.00	6.00
Estado de conservación	0.20	0.50	1.00	2.00
Antigüedad de la construcción	0.11	0.17	0.50	1.00
SUMA	1.81	3.67	8.50	18.00
1/SUMA	0.55	0.27	0.12	0.06

Tabla 87

Matriz de normalización de la fragilidad física

PARÁMETRO	MP Pared	MP Techo	Estado de conservación	Antigüedad de la construcción	Vector priorización
MP Pared	0.552	0.545	0.588	0.500	0.546
MP Techo	0.276	0.273	0.235	0.333	0.279
Estado de conservación	0.110	0.136	0.118	0.111	0.119
Antigüedad de la construcción	0.061	0.045	0.059	0.056	0.055

Tabla 88

Índice de consistencia de la fragilidad física

IC	0.006
RC	0.007

Tabla 89

Comparación de pares del material predominante en la pared

MP PARED	Madera	Adobe	Ladrillo	Concreto armado	Acero
Madera	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
Adobe	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Ladrillo	0.25	0.33	1.00	2.00	5.00
Concreto armado	0.17	0.20	0.50	1.00	3.00
Acero	0.13	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.04	3.68	8.70	14.33	24.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.11	0.07	0.04

Tabla 90

Matriz de normalización del material predominante en la pared

MP PARED	Madera	Adobe	Ladrillo	Concreto armado	Acero	Vector Priorización
Madera	0.490	0.544	0.460	0.419	0.333	0.449
Adobe	0.245	0.272	0.345	0.349	0.292	0.300
Ladrillo	0.122	0.091	0.115	0.140	0.208	0.135
Concreto armado	0.082	0.054	0.057	0.070	0.125	0.078
Acero	0.061	0.039	0.023	0.023	0.042	0.038

Tabla 91

Índice de consistencia del material predominante en la pared

IC	0.036
RC	0.033

Tabla 92

Comparación de pares del material predominante en el techo

MP TECHO	Plástico	Madera	Calamina	Losa aligerada	Acero
Plástico	1.00	2.00	4.00	8.00	9.00
Madera	0.50	1.00	3.00	6.00	8.00
Calamina	0.25	0.33	1.00	3.00	6.00
Losa aligerada	0.13	0.17	0.33	1.00	2.00
Acero	0.11	0.13	0.17	0.50	1.00
SUMA	1.99	3.63	8.50	18.50	26.00
1/SUMA	0.50	0.28	0.12	0.05	0.04

Tabla 93

Matriz de normalización del material predominante en el techo

MP TECHO	Plástico	Madera	Calamina	Losa aligerada	Acero	Vector Priorización
Plástico	0.503	0.552	0.471	0.432	0.346	0.461
Madera	0.252	0.276	0.353	0.324	0.308	0.303
Calamina	0.126	0.092	0.118	0.162	0.231	0.146
Losa aligerada	0.063	0.046	0.039	0.054	0.077	0.056
Acero	0.056	0.034	0.020	0.027	0.038	0.035

Tabla 94

Índice de consistencia del material predominante en el techo

IC	0.032
RC	0.029

Tabla 95

Comparación de pares del estado de conservación

ESTADO DE CONSERVACIÓN	Muy mala	Mala	Regular	Buena	Muy buena
Muy mala	1.00	2.00	4.00	7.00	9.00
Mala	0.50	1.00	2.00	6.00	8.00
Regular	0.25	0.50	1.00	2.00	5.00
Buena	0.14	0.17	0.50	1.00	3.00
Muy buena	0.11	0.13	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.00	3.79	7.70	16.33	26.00
1/SUMA	0.50	0.26	0.13	0.06	0.04

Tabla 96

Matriz de normalización del estado de conservación

ESTADO DE CONSERVACIÓN	Muy mala	Mala	Regular	Buena	Muy buena	Vector Priorización
Muy mala	0.499	0.527	0.519	0.429	0.346	0.464
Mala	0.250	0.264	0.260	0.367	0.308	0.290
Regular	0.125	0.132	0.130	0.122	0.192	0.140
Buena	0.071	0.044	0.065	0.061	0.115	0.071
Muy buena	0.055	0.033	0.026	0.020	0.038	0.035

Tabla 97

Índice de consistencia del estado de conservación

IC	0.030
RC	0.027

Tabla 98

Comparación de pares de la antigüedad de la construcción

ANTIGÜEDAD DE LA CONSTRUCCIÓN	Mayor a 31 años	Entre 21 y 30 años	Entre 11 y 20 años	Entre 6 y 10 años	Menor a 5 años
Mayor a 31 años	1.00	2.00	5.00	6.00	8.00
Entre 21 y 30 años	0.50	1.00	3.00	6.00	8.00
Entre 11 y 20 años	0.20	0.33	1.00	2.00	6.00
Entre 6 y 10 años	0.17	0.17	0.50	1.00	3.00
Menor a 5 años	0.13	0.13	0.17	0.33	1.00
SUMA	1.99	3.63	9.67	15.33	26.00
1/SUMA	0.50	0.28	0.10	0.07	0.04

Tabla 99

Matriz de normalización de la antigüedad de la construcción

ANTIGÜEDAD DE LA CONSTRUCCIÓN	Mayor a 31 años	Entre 21 y 30 años	Entre 11 y 20 años	Entre 6 y 10 años	Menor a 5 años	Vector priorización
Mayor a 31 años	0.502	0.552	0.517	0.391	0.308	0.454
Entre 21 y 30 años	0.251	0.276	0.310	0.391	0.308	0.307
Entre 11 y 20 años	0.100	0.092	0.103	0.130	0.231	0.131
Entre 6 y 10 años	0.084	0.046	0.052	0.065	0.115	0.072
Menor a 5 años	0.063	0.034	0.017	0.022	0.038	0.035

Tabla 100

Índice de consistencia de la antigüedad de la construcción

IC	0.052
RC	0.046

3.4. NIVELES DE VULNERABILIDAD

Al emplear la metodología propuestas por CENEPRED, se tiene la siguiente categorización de niveles de vulnerabilidad: Muy alta, alta, media y baja, cuyos rangos y porcentajes correspondientes se detallan a continuación para viviendas y estructuras.

El análisis de la vulnerabilidad del área de estudio, utilizando las dimensiones, social, física, económica y ambiental, para las viviendas y dimensión física para las estructuras importantes, da como resultado que el 81% de las viviendas posee vulnerabilidad muy alta, el 8% de las viviendas vulnerabilidad alta, y el 11% de las viviendas vulnerabilidad media (Figura 19); de otra parte, de las estructuras de importancia local, el 3% posee vulnerabilidad muy alta, el 26% vulnerabilidad alta, el 60% vulnerabilidad media, y 11% vulnerabilidad baja (Figura 20).

3.4.1. Nivel de vulnerabilidad de viviendas

En la siguiente tabla, se muestran los niveles de vulnerabilidad de viviendas y sus respectivos rangos obtenidos a través del proceso de análisis jerárquico.

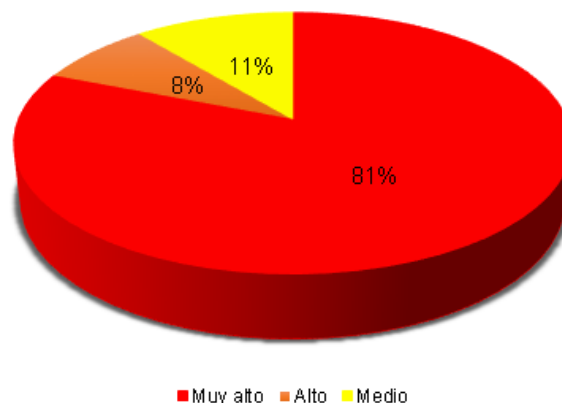
Tabla 101

Nivel de vulnerabilidad – Viviendas

NIVEL VULNERABILIDAD	RANGO
MUY ALTA	0.294 ≤ V ≤ 0.444
ALTA	0.149 ≤ V < 0.294
MEDIA	0.077 ≤ V < 0.149
BAJA	0.035 ≤ V < 0.077

Figura 23.

Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad de viviendas.



3.4.2. Nivel de vulnerabilidad de estructuras

En la siguiente tabla, se muestran los niveles de vulnerabilidad de estructuras y sus respectivos rangos obtenidos a través del proceso de análisis jerárquico.

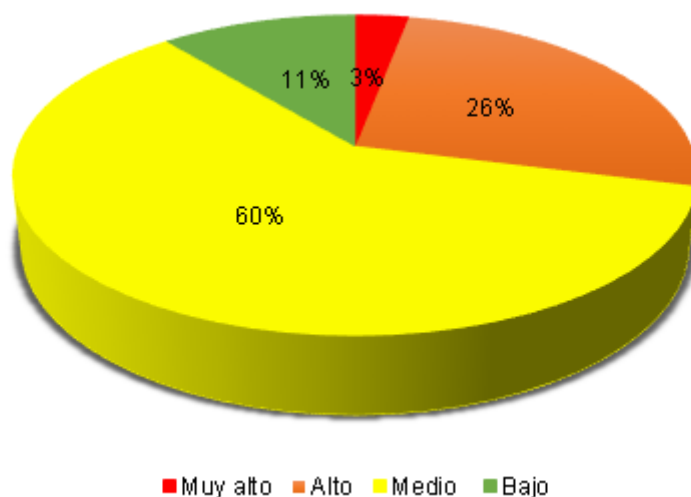
Tabla 102

Nivel de vulnerabilidad – Estructuras

NIVEL VULNERABILIDAD	RANGO
MUY ALTA	0.301 ≤ V ≤ 0.453
ALTA	0.142 ≤ V < 0.301
MEDIA	0.068 ≤ V < 0.142
BAJA	0.036 ≤ V < 0.068

Figura 24

Distribución porcentual de los niveles de vulnerabilidad de estructuras.



3.5. ESTRATIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD

Las zonas de vulnerabilidad pueden estratificarse en cuatro niveles: bajo, media, alta y muy alta, cuyas características y su valor correspondiente se detallan a continuación para viviendas y estructuras.

3.5.1. Estratificación de Vulnerabilidad de Viviendas

En la siguiente tabla se muestra la estratificación de vulnerabilidad de viviendas por aluvión modelado a partir del desembalse de la laguna Palcacocha y Tullpacocha.

Tabla 103

Nivel de vulnerabilidad estratificada – Viviendas

NIVEL DE VULNERABILIDAD - VIVIENDAS	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTO	Grupo etario de 0 a 5 y mayor a 70 años, múltiples discapacidades físicas, no recibe capacitación en temas de gestión del riesgo de desastres, sin conocimiento de ocurrencia de desastres o paso alguna vez mayor a 10 años, con material predominante de pared de estera, madera o adobe, de techo plástico u estera, en estado de conservación muy mala o mala, antigüedad de la construcción mayor a 21 años, con tipo de vivienda particular choza, cabaña, departamento, casa independiente o vivienda colectiva institucional o no institucional, con vivienda de más de 1 piso, con actividad laboral agricultura, ganadería, pesca, comercio, servicios u otros, ingreso familiar menor a 2500 soles, sin manejo de aguas residuales, sin manejo de residuos sólidos, sin capacitaciones en temas de gestión ambiental - territorial.	$0.294 \leq P \leq 0.444$
ALTO	Grupo etario de 6 a 12 y entre 55 a 69 años, con múltiples discapacidades o no tiene, recibe escasa o regular capacitación en temas de gestión del riesgo de desastres, con conocimiento regular sobre la ocurrencia de desastres, con material predominante de pared adobe, con material predominante de techo calamina, estado de conservación mala a regular, antigüedad de la vivienda entre 11 a 20 años, con tipo de vivienda particular choza, cabaña, departamento, casa independiente o vivienda colectiva institucional o no institucional, con vivienda de más de 1 piso, con actividad laboral agricultura, ganadería, pesca, comercio, servicios u otros, ingreso familiar menor a 2500 soles con manejo de aguas residuales en disposición en río o acequia o pozo ciego, manejo de residuos sólidos en disposición a quebrada, quema o recolección semanal, con escasa o regular capacitación en temas de gestión ambiental - territorial.	$0.149 \leq P < 0.294$
MEDIO	Grupo etario de 13 a 18 y entre 40 a 54 años, con alguna discapacidad o no tiene, recibe regular a continua capacitación en temas de gestión del riesgo de desastres, conoce sobre la ocurrencia de desastres, con material predominante en la pared de adobe o ladrillo, material predominante del techo calamina o losa aligerada, estado de conservación regular a buena, antigüedad de la construcción de 6 a 10 años, con tipo de vivienda particular choza, cabaña, departamento, casa independiente o vivienda colectiva institucional o no institucional, con vivienda de más de 1 piso, con actividad laboral agricultura, ganadería, pesca, comercio, servicios u otros, ingreso familiar menor a 3500 soles, con manejo de aguas residuales en pozo ciego, pozo séptico o desagüe, manejo de residuos sólidos en disposición a la calle o recolección semanal, y con capacitaciones continuas en temas de gestión ambiental territorial.	$0.077 \leq P < 0.149$

BAJO	Grupo etario de 19 a 39 años, sin discapacidad, recibe continua capacitación en temas de gestión del riesgo de desastres,, con amplio conocimiento de ocurrencia de desastres en la localidad, con material predominante de pared de ladrillo o concreto armado, material predominante losa aligerada, estado de conservación muy buena, antigüedad de la vivienda menor a 5 años, con tipo de vivienda particular choza, cabaña, departamento, casa independiente o vivienda colectiva institucional o no institucional, con vivienda de más de 1 piso, con actividad laboral agricultura, ganadería, pesca, comercio, servicios u otros, ingreso familiar menor a 3500 soles, con manejo de agua residual de desagüe, manejo de residuos sólidos de recolección semanal, con activas capacitaciones en temas de gestión ambiental territorial.	$0.035 \leq P < 0.077$
-------------	--	------------------------

3.5.2. Estratificación de Vulnerabilidad de Estructuras

En la siguiente tabla se muestra la estratificación de vulnerabilidad de estructuras ante un posible aluvión por el desembalse de la laguna Palcacocha y Tullpacocha.

Tabla 104

Nivel de vulnerabilidad estratificada – Estructuras

NIVEL DE VULNERABILIDAD - ESTRUCTURAS	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTO	Estructuras de madera, adobe o ladrillo en las paredes, con techo de plástico, madera o calamina, en estado de conservación muy mala o mala, con antigüedad de la estructura mayor a 21 años, con distancia al cauce menor a 2m.	$0.301 \leq P \leq 0.453$
ALTO	Estructuras de ladrillo o concreto armado en las paredes, con techo de calamina o losa aligerada, en estado de conservación regular a buena, con antigüedad de la estructura de 11 a 20 años, con distancia al cauce menor a 5m.	$0.142 \leq P < 0.301$
MEDIO	Estructuras de concreto armado o acero en las paredes, con techo de losa aligerada o acero, en estado de conservación regular, buena o muy buena, con antigüedad de la estructura de 6 a 10 años, con distancia al cauce entre 5 a 15m.	$0.068 \leq P < 0.142$
BAJO	Estructuras de concreto armado o acero en paredes, de losa aligerada o acero en los techos, en estado de conservación muy buena, con antigüedad de la estructura de menor a 5 años, con distancia al cauce mayor a 15m.	$0.36 P < 0.068$



3.6. MAPA DE VULNERABILIDAD

El mapa de vulnerabilidad por aluvión, modelado a partir del desembalse de la laguna Palcacocha y Tullpacocha hacia la ciudad de Huaraz e Independencia a escala 1/25,000, se distribuye en mapa de vulnerabilidad de viviendas y mapa de vulnerabilidad de estructuras, dentro de la llanura de inundación. El formato completo del mapa se observa en el Anexo A.

3.6.1. Mapa de Vulnerabilidad de Viviendas

En este mapa se visualiza las zonas con los niveles de vulnerabilidad de 6583 viviendas en la ciudad de Huaraz e Independencia, se clasifican en: Muy alto, alto, medio y bajo

3.6.2. Mapa de Vulnerabilidad de Estructuras

En este mapa se visualiza las zonas con los niveles de vulnerabilidad de 68 estructuras de importancia local en la ciudad de Huaraz e Independencia, se clasifican en: Muy alto, alto, medio y bajo



PERÚ

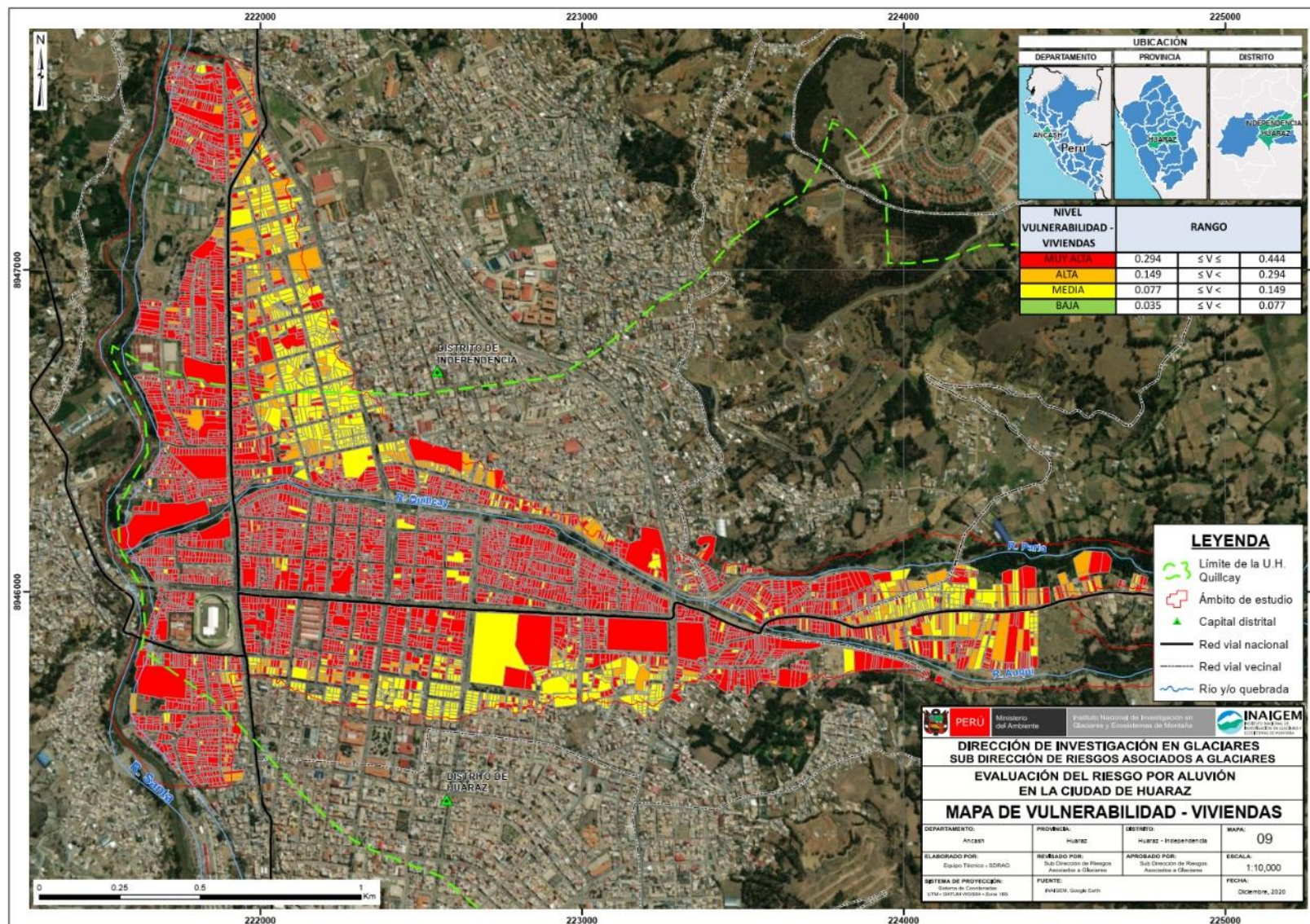
Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



“Decenio de la Igualdad de Oportunidad para Mujeres y
Hombres”
“Año de la Universalización de la Salud”

Figura 25. Mapa de vulnerabilidad a nivel de viviendas.





PERÚ

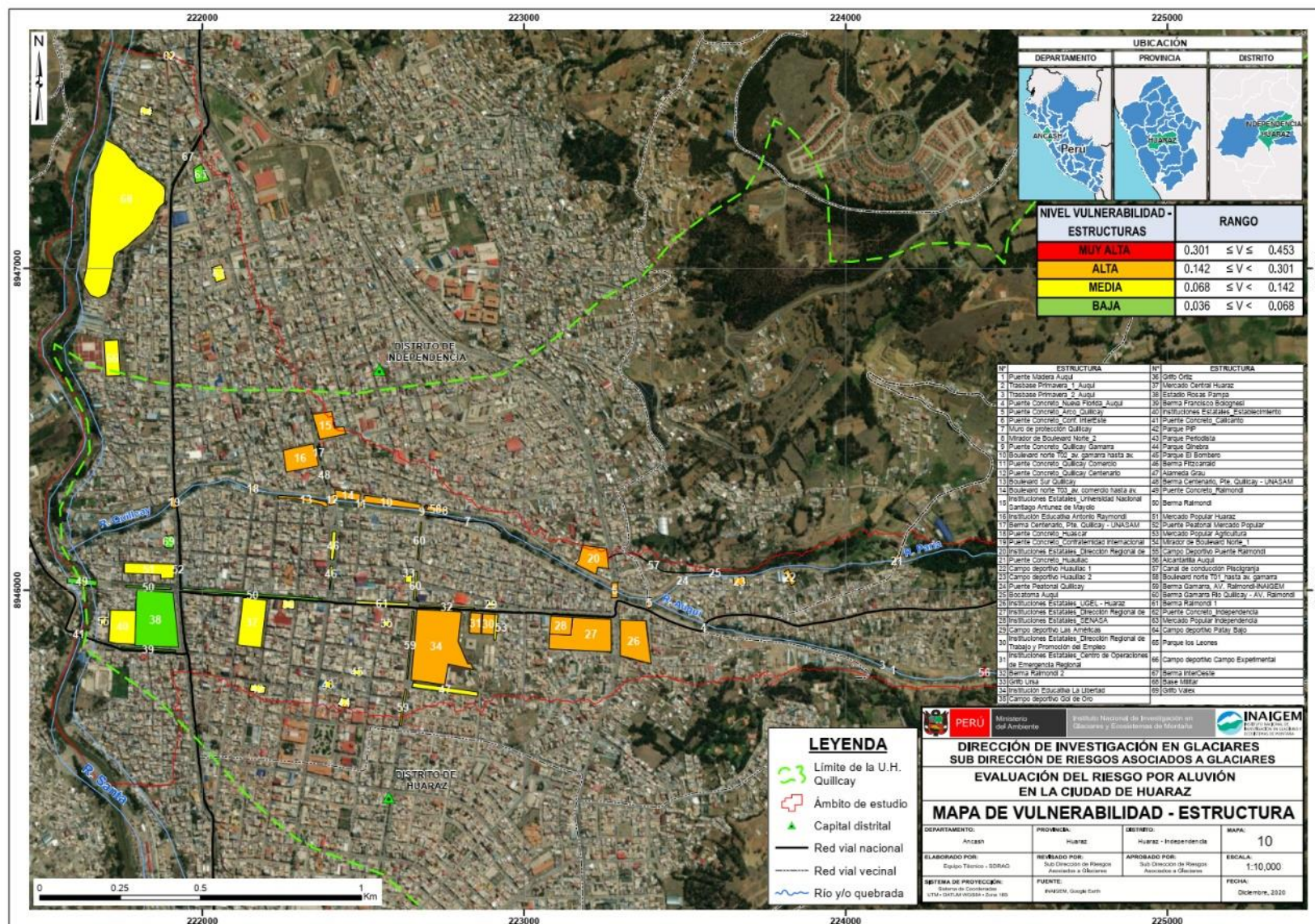
Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



“Decenio de la Igualdad de Oportunidad para Mujeres y
Hombres”
“Año de la Universalización de la Salud”

Figura 26. Mapa de vulnerabilidad de estructuras.





CAPITULO IV

CÁLCULO DEL RIESGO

4.1. RIESGO

El riesgo es el resultado de relacionar el peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos (CENEPRED, 2014). Está fundamentada en la ecuación adaptada a la Ley N°29664, ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, mediante la cual se expresa que el riesgo es una función $f()$ del peligro y la vulnerabilidad.

$$R_{ie} \mid_t = f(P_i, V_e) \mid_t$$

Dónde:

R= Riesgo

f = En función

P_i =Peligro con la intensidad mayor o igual a i durante un período de exposición t .

V_e = Vulnerabilidad de un elemento expuesto e

Riesgo se expresa como la probabilidad de que ocurra una pérdida en un elemento "e", como resultado de la ocurrencia de un fenómeno con una intensidad mayor o igual a "i".

$$\text{Riesgo} = P * V$$

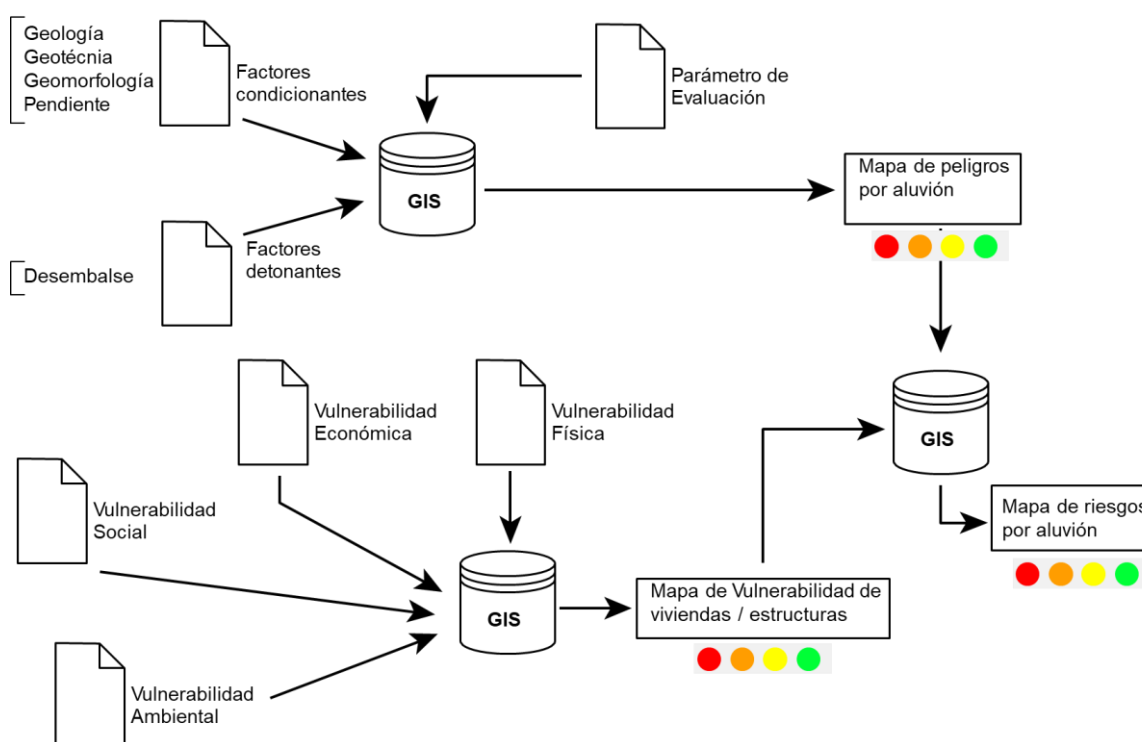
4.2. METODOLOGÍA PARA CALCULAR EL RIESGO

En el cálculo del riesgo por aluvión se evalúa la peligrosidad del mismo, considerando para este estudio los factores condicionantes son las unidades geológicas, geomorfológicas, geotécnicas y los niveles de pendiente, y como factor desencadenante se considera al volumen de desembalse de la laguna Parón; seguidamente se calcula la vulnerabilidad de los elementos expuestos (Población, viviendas y estructuras), evaluando en estos su dimensión social, física, económica y ambiental; finalmente se relaciona el peligro con la vulnerabilidad para calcular el riesgo por aluvión.

Para realizar el cálculo del riesgo por aluvión en este estudio se considera el siguiente procedimiento:

Figura 27

Metodología para el cálculo del riesgo por aluvión.



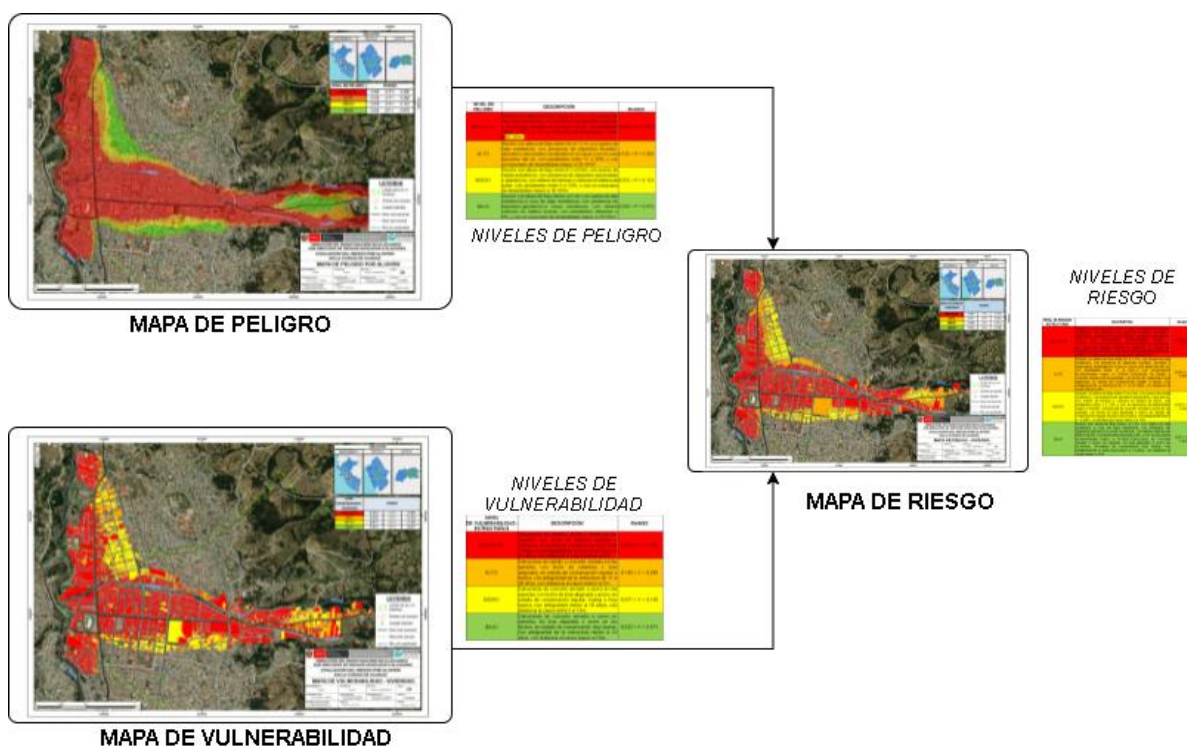
4.3. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO

Al emplear la metodología propuestas por CENEPRED, se tiene la siguiente categorización de niveles de riesgo: Muy alta, alta, media y baja.

En relación al riesgo, en el área de estudio se han identificado los siguientes niveles: en viviendas, el 88% riesgo muy alto, el 5% riesgo alto y el 7% riesgo medio; en estructuras, el 16% presenta riesgo muy alto, el 19% riesgo alto, el 63% riesgo medio y el 2% riesgo bajo.

Figura 26

Flujograma para estimación de los niveles de riesgo



4.3.1. Nivel del Riesgo de Viviendas

En la siguiente tabla, se muestran los niveles de riesgo para viviendas y sus respectivos rangos obtenidos del proceso de análisis jerárquico.

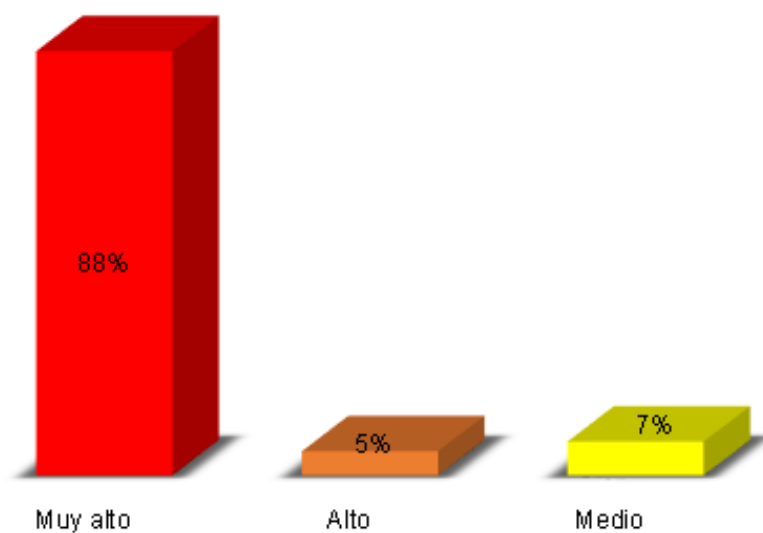
Tabla 105

Nivel de Riesgo – Viviendas

NIVEL DE RIESGO - VIVIENDAS	RANGO
MUY ALTA	$0.085 \leq R \leq 0.203$
ALTA	$0.021 \leq R < 0.085$
MEDIA	$0.006 \leq R < 0.021$
BAJA	$0.001 \leq R < 0.006$

Figura 26

Distribución porcentual del nivel de riesgo de viviendas.



4.3.2. Nivel del Riesgo de Estructuras

En la siguiente tabla, se muestran los niveles de riesgo para estructuras y sus respectivos rangos obtenidos del proceso de análisis jerárquico.

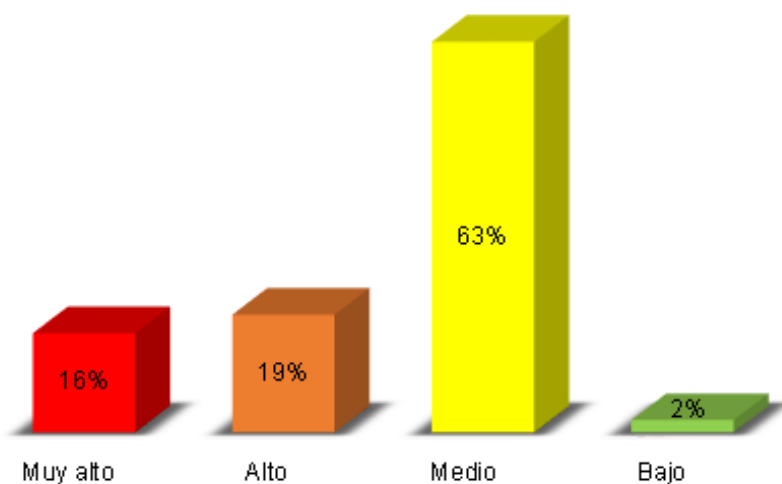
Tabla 106

Nivel de Riesgo – Estructuras

NIVEL RIESGO - ESTRUCTURAS	RANGO
MUY ALTO	0.087 ≤ V ≤ 0.207
ALTO	0.020 ≤ V < 0.087
MEDIO	0.005 ≤ V < 0.020
BAJO	0.001 ≤ V < 0.005

Figura 26.

Distribución porcentual del nivel de riesgo de estructuras.



4.4. ESTRATIFICACIÓN DEL RIESGO

Las zonas de riesgo pueden estratificarse en cuatro niveles: bajo, media, alta y muy alta, cuyas características y su valor correspondiente se detallan a continuación para viviendas y estructuras.

4.4.1. Estratificación del riesgo de viviendas

En el siguiente cuadro se muestra la estratificación del riesgo para viviendas por aluvión, modelado a partir del desembalse de la laguna Palcacocha y Tullpacocha hacia la ciudad de Huaraz e Independencia.

Tabla 107

Nivel de Riesgo estratificada – Viviendas

NIVEL DE RIESGOS - VIVIENDAS	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTO	Aluvión con altura de flujo mayor a 1.2m, con suelos de baja a media resistencia, con presencia de depósitos fluviales y aluvionales, situados en el cauce del río y cono aluvional, con pendientes menores a 5%, y con un desembalse mayor a 16 Mm ³ . Grupo etario de 0 a 5 y mayor a 70 años, 6 a 12 y entre 55 a 69 años y de 13 a 18 y entre 40 a 54 años, múltiples discapacidades físicas, no recibe capacitación en temas de gestión del riesgo de desastres, sin conocimiento de ocurrencia de desastres o paso alguna vez mayor a 10 años, con material predominante de pared de estera, madera o adobe, de techo plástico u estera, en estado de conservación muy mala o mala, antigüedad de la construcción mayor a 21 años, con tipo de vivienda particular choza, cabaña, departamento, casa independiente o vivienda colectiva institucional o no institucional, con vivienda de más de 1 piso, con actividad laboral agricultura, ganadería, pesca, comercio, servicios u otros, ingreso familiar menor a 2500 soles, sin manejo de aguas residuales, sin manejo de residuos sólidos, sin capacitaciones en temas de gestión ambiental - territorial.	$0.085 \leq P \leq 0.203$
ALTO	Aluvión con altura de flujo entre 0.6 a 1.2 m, con suelos de media alta resistencia, con presencia de depósitos aluvionales antiguos, localizado en las terrazas aluvionales, con un desembalse mayor a 16 Mm ³ , con pendientes entre 5 a 15%. Grupo etario de 6 a 12 y entre 55 a 69 años y de 13 a 18 y entre 40 a 54 años, con múltiples discapacidades o no tiene, recibe escasa o regular capacitación en temas de gestión del riesgo de desastres, con conocimiento regular sobre la ocurrencia de desastres, con material predominante de pared adobe, con material predominante de techo calamina, estado de conservación mala a regular, antigüedad de la vivienda entre 11 a 20 años, con tipo de vivienda particular choza, cabaña, departamento, casa independiente o vivienda colectiva institucional o no institucional, con vivienda de más de 1 piso, con actividad laboral agricultura, ganadería, pesca, comercio, servicios u otros, ingreso familiar menor a 2500 soles con manejo de aguas residuales en disposición en río o acequia o pozo ciego, manejo de residuos sólidos en disposición a quebrada, quema o recolección semanal, con escasa o regular capacitación en temas de gestión ambiental - territorial.	$0.021 \leq P < 0.085$
MEDIO	Aluvión con altura de flujo entre 0.3 a 0.6m, con suelos de alta resistencia, con presencia de depósitos glaciáricos, con relieve colinoso en ladera de suelo, con pendientes entre 5 a 15%, y con un desembalse mayor a 16 Mm ³ . Grupo etario de 13 a 18 y entre 40 a 54 años, con alguna discapacidad o no tiene, recibe regular a continua capacitación en temas de gestión	$0.006 \leq P < 0.021$



	del riesgo de desastres, conoce sobre la ocurrencia de desastres, con material predominante en la pared de adobe o ladrillo, material predominante del techo calamina o losa aligerada, estado de conservación regular a buena, antigüedad de la construcción de 6 a 10 años, t con tipo de vivienda particular choza, cabaña, departamento, casa independiente o vivienda colectiva institucional o no institucional, con vivienda de más de 1 piso, con actividad laboral agricultura, ganadería, pesca, comercio, servicios u otros, ingreso familiar menor a 3500 soles, con manejo de aguas residuales en pozo ciego, pozo séptico o desagüe, manejo de residuos sólidos en disposición a la calle o recolección semanal, y con capacitaciones continuas en temas de gestión ambiental territorial.	
BAJO	Aluvión con altura de flujo menor a 0.3m, con rocas de media-baja resistencia, con presencia de rocas volcánicas, con relieve colinoso en ladera rocosa, con pendientes mayores a 15%. Grupo etario de 19 a 39 años, sin discapacidad, recibe continua capacitación en temas de gestión del riesgo de desastres,, con amplio conocimiento de ocurrencia de desastres en la localidad, con material predominante de pared de ladrillo o concreto armado, material predominante losa aligerada, estado de conservación muy buena, antigüedad de la vivienda menor a 5 años, con tipo de vivienda particular choza, cabaña, departamento, casa independiente o vivienda colectiva institucional o no institucional, con vivienda de más de 1 piso, con actividad laboral agricultura, ganadería, pesca, comercio, servicios u otros, ingreso familiar menor a 3500 soles, con manejo de agua residual de desagüe, manejo de residuos sólidos de recolección semanal, con activas capacitaciones en temas de gestión ambiental territorial.	0.01 P < 0.006

4.4.2. Estratificación del riesgo de estructuras

En la siguiente tabla se muestra la estratificación del riesgo para estructuras por aluvión, modelado a partir del desembalse de la laguna Palcacocha y Tullpacocha.

Tabla 108

Nivel de Riesgo estratificada – Estructuras.

NIVEL DE RIESGOS - ESTRUCTURAS	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTO	Aluvión con altura de flujo mayor a 1.2m, con suelos de muy baja resistencia, con presencia de depósitos fluviales y aluvionales, situados en el cauce del río, con pendiente mayor a 26%, y con un desembalse mayor a 16 Mm ³ . Estructuras de madera, adobe o ladrillo en las paredes, con techo de plástico, madera o calamina, en estado de conservación muy mala o mala, con antigüedad de la estructura mayor a 21 años, con distancia al cauce menor a 2m.	$0.087 \leq P \leq 0.207$
ALTO	Aluvión con altura de flujo entre 0.6 a 1.2 m, con suelos de baja resistencia, con presencia de depósitos aluvionales, localizado en el cono deyectivo del río, con pendientes entre 5 a 15%. Estructuras de ladrillo o concreto armado en las paredes, con techo de calamina o losa aligerada, en estado de conservación regular a buena, con antigüedad de la estructura de 11 a 20 años, con distancia al cauce menor a 5m.	$0.020 \leq P < 0.087$
MEDIO	Aluvión con altura de flujo entre 0.3 a 0.6m, con suelos de media resistencia, con presencia de depósitos aluvionales o glaciáricos, con relieve de terraza o colinoso en ladera de suelo, con pendientes entre 6 a 15%. Estructuras de concreto armado o acero en las paredes, con techo de losa aligerada o acero, en estado de conservación regular, buena o muy buena, con antigüedad de la estructura de 6 a 10 años, con distancia al cauce entre 5 a 15m.	$0.005 \leq P < 0.020$
BAJO	Aluvión con altura de flujo menor a 0.3m, con suelos de alta resistencia a roca de baja resistencia, con presencia de depósitos glaciáricos a rocas volcánicas, con relieve colinoso en ladera rocosa, con pendientes menores a 5. Estructuras de concreto armado o acero en paredes, de losa aligerada o acero en los techos, en estado de conservación muy buena, con antigüedad de la estructura de menor a 5 años, con distancia al cauce mayor a 15m.	$0.001 \leq P < 0.005$



4.5. MAPA DE RIESGO

El mapa de riesgo por aluvión, modelado a partir del desembalse de la laguna Palcacocha y Tullpacocha hacia la ciudad de Huaraz e Independencia a escala 1/25,000, se genera del análisis de los mapas de peligro y vulnerabilidad; se distribuye en mapa de riesgo de viviendas y mapa de riesgo de estructuras, dentro de la llanura de inundación. El formato completo del mapa se observa en el Anexo A.

4.5.1. Mapa de Riesgo de Viviendas

En este mapa se visualiza las zonas con niveles de riesgo de 6 583 viviendas en la ciudad de Huaraz e Independencia, se determinó para estas viviendas solo niveles de riesgo muy alto, alto y medio, ninguna vivienda dentro de la llanura de inundación presenta nivel de riesgo bajo.

4.5.2. Mapa de Riesgo de Estructuras

En este mapa se visualiza las zonas con los niveles de riesgo de 68 estructuras de importancia local en la ciudad de Huaraz e Independencia, se determinó los cuatro niveles de riesgo muy alto, alto, medio y bajo dentro de la llanura de inundación.



PERÚ

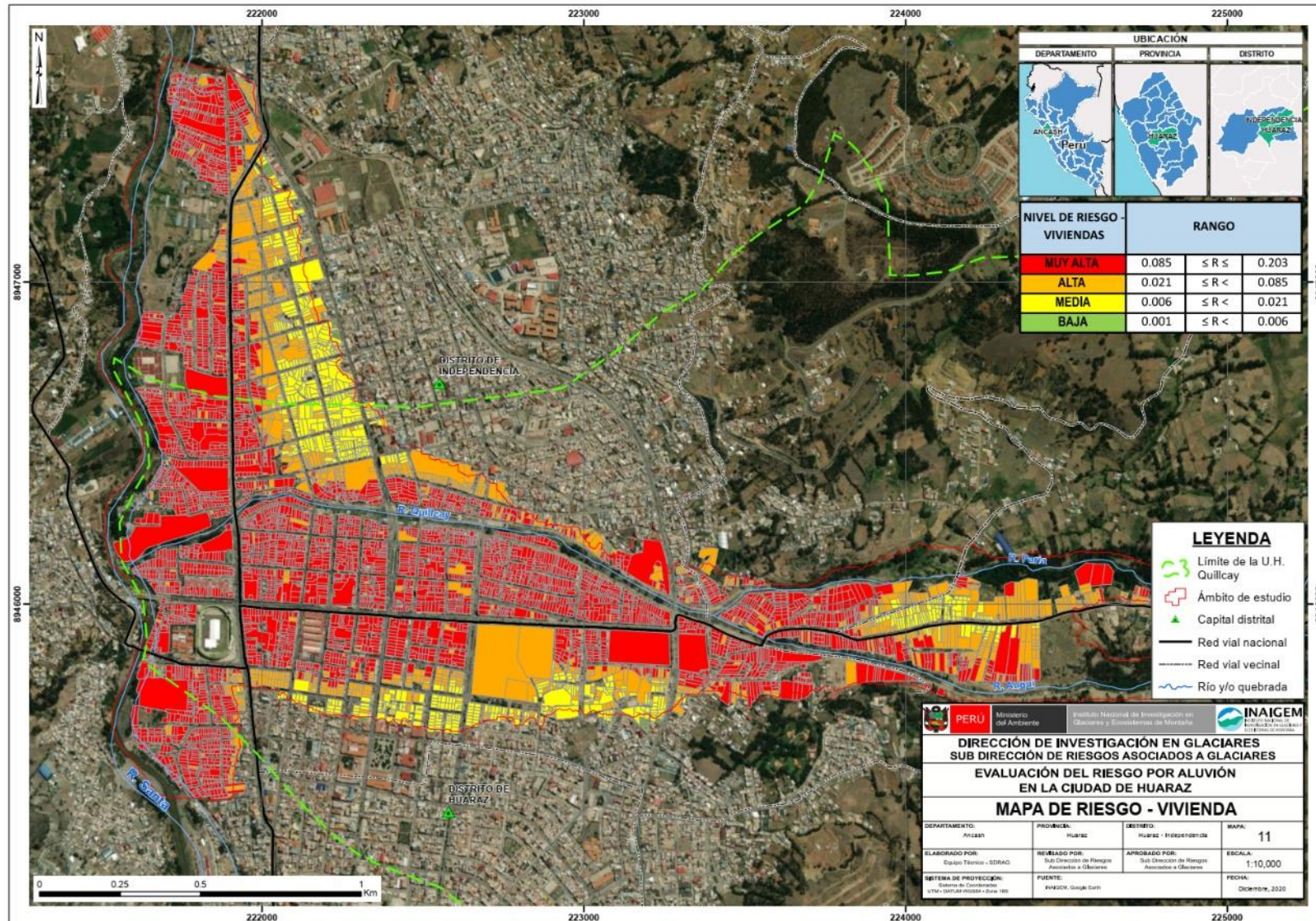
Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



“Decenio de la Igualdad de Oportunidad para Mujeres y
Hombres”
“Año de la Universalización de la Salud”

Figura 28. Mapa de riesgo de viviendas.





PERÚ

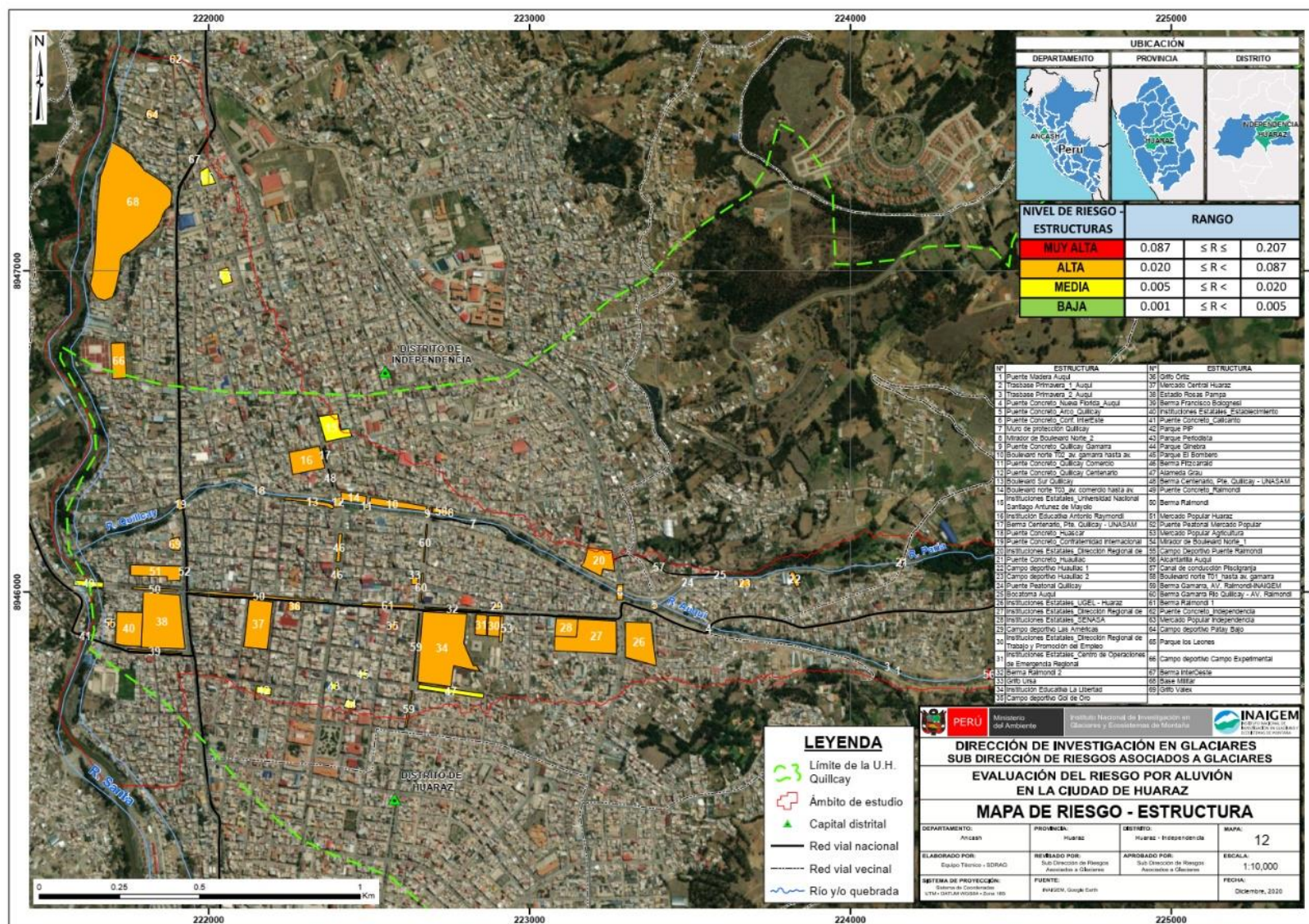
Ministerio
del Ambiente

Instituto Nacional de Investigación
en Glaciares y Ecosistemas de Montaña



“Decenio de la Igualdad de Oportunidad para Mujeres y
Hombres”
“Año de la Universalización de la Salud”

Figura 29. Mapa de riesgo por aluvión en estructuras





4.6. CÁLCULO DE LOS DAÑOS PROBABLES

4.6.1. Estimación de daños probables

Los daños probables comprenden las potenciales pérdidas en el área de estudio, los cálculos se realizarán de acuerdo a las viviendas en riesgo medio, alto y muy alto y en el caso de las estructuras será sobre aquellas que estén en riesgo muy alto, alto y medio.

La cuantificación de daños y/o pérdidas debido al impacto de un peligro se manifiesta en el costo económico aproximado que implica la afectación de los elementos expuestos. Es decir, el deterioro o pérdida de las viviendas y estructuras, así como su equipamiento, por causa de un peligro. Estos costos varían de acuerdo al tipo de infraestructura y al grado de afectación, para lo cual, en el caso de viviendas, hemos tomado como fuente los valores unitarios oficiales de edificaciones para las localidades de Lima Metropolitana y la provincia constitucional del Callao, la costa, sierra y selva, aprobado mediante la Resolución Ministerial N°415-2017-VIVIENDA, del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), vigente para el ejercicio fiscal 2018; y para las estructuras el equipo de INAIGEM ha realizado el cálculo directo de acuerdo a las características obtenidas in situ y los costos del mercado.

Los daños probables en viviendas ascienden a S/ 255 941 947,25 soles, los daños probables en las estructuras es de 445, 332,395.94 soles, haciendo un total de 701 274 343,19 soles.

Tabla 109

Estimación de los costos de los efectos probables

Elementos Expuestos	Costo en S/.
Viviendas	255 941 947,25
Estructuras	445 332 395,94
Total	701 274 343,19

Fuente: INAIGEM, MVCS



Tabla 110

Estimación de los costos de los Daños Probables – Viviendas (Pared)

Tipo de material - Pared	Viviendas	%	Área techada - promedio	Costo por área techada en soles	Costo total
Estera	30	0,5	50	61,6	92 325,0
Madera	17	0,2	60	104,46	106 549,2
Adobe	1808	27,5	60	167,52	18 172 569,6
Ladrillo	2212	33,6	65	231,0	33 216 055,6
Concreto Armado	2517	38,2	75	535,21	101 034 267, 8
					152 621 767,2

Fuente: INAIGEM, MVCS

Tabla111

Estimación de los costos de los Daños Probables – Viviendas (Techo)

Tipo de material - Techo	Viviendas	%	Área techada - promedio	Costo por área techada en soles	Costo total en soles
Plástico	5	0,1	50	33,24	8 310,00
Estera	17	0,2	60	33,24	33 904,80
Madera	18	0,3	60	41,61	44 938,80
Calamina	2225	33,8	65	90,64	13 108 810,00
Losa Aligerada	4318	65,6	75	278,29	90 124 216,50
					103 320 180,10

Fuente: INAIGEM, MVCS

Tabla112

Estimación de los costos de los Daños Probables – Viviendas (techo y pared)

Viviendas	Costo de pared	Costo de techo	Total
6583	152 621 767,20	103 320 180,10	255 941 947,30

Fuente: INAIGEM, MVCS



Tabla 113

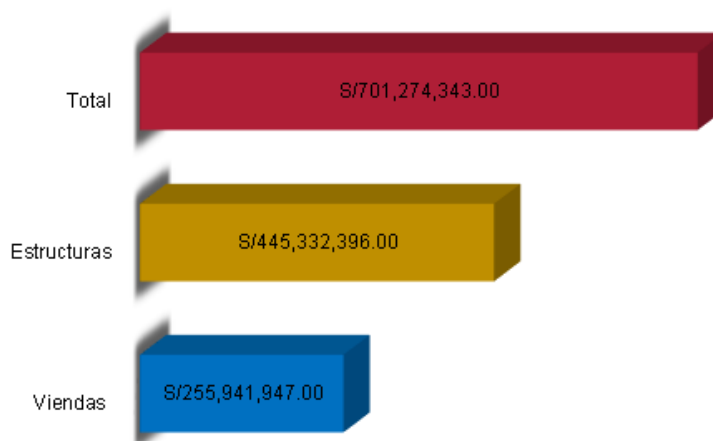
Estimación de los costos de los Daños Probables – Estructuras

Estructura	Costo Estimado S/.
Puente Waullac	912 204,36
Alcantarilla del Rio Auqui	31 210,00
Puente de Madera - Auqui	25 025,00
Trasbase Primavera_1_Auqui	7 913,63
Trasbase Primavera_2_Auqui	6 310,82
Puente Nueva Florida	640 740,00
Puente Arco	320 200,08
Puente Confraternidad Internacional Este	1 221 953,04
Campo Deportivo Waullac 1	120 000,00
Campo Deportivo Waullac 2	120 000,00
Bocatoma - Piscicultura	191 484,00
Puente Peatonal Quillcay	131 575,00
Puente Quillcay - Av. Gamarra	582 338,00
Puente Quillcay – Jr. Comercio	855 452,92
Puente Quillcay - Av. Centenario	5 634 431,68
Puente Quillcay - Huascar	1 515 288,00
Puente Confraternidad Internacional Oeste	4 501 003,65
Puente Peatonal Mercado Popular	500 000,00
Puente Raymondi	15 422 553,12
Campo Deportivo Puente Raimondi	130 000,00
Puente Calicanto	1 000 000,00
Puente Independencia	1 300 000,00
Mercado Popular de Huaraz	9 687 600,00
Mercado Popular Independencia	20 000 000,00
Campo Deportivo Patay Bajo	130 000,00
Campo Deportivo Campo Experimental	200 000,00
Mercado Popular Agricultura	250 000,00
Berma Av. Raimondi	120 000,00
Berma Av. Confraternidad Internacional Oeste	145 000,00
Berma Av. Centenario (Soraya-Cr. Shancayan)	80 000,00
Parque Los Leones	1 000 000,00
Base Militar	1 000 000,00
Berma Francisco Bolognesi	80 000,00
Estadio Rosas Pampas	35 868 892,93
Grifo Valex	200 000,00
Parque PIP	500 000,00



Mercado Central de Huaraz	35 145 000,00
Grifo Ortiz	200 000,00
Campo Deportivo Gol de Oro	130 000,00
Berma Av. Raimondi 1	100 000,00
Berma Av. Raimondi 2	100 000,00
Campo Deportivo Las Américas	120 000,00
Grifo URSA	200 000,00
Boulevard Pastorcita Huaracina - Lado Norte	5 035 061,88
Boulevard del Río Quillcay - Lado Sur	7 839 606,50
Berma Av. Gamarra (Río Quillcay - Av. Raimondi)	35 000,00
Berma Av. Gamarra (Av. Raimondi – Jr. Juan Bautista)	30 000,00
Berma Av. Centenario (Puente Quillcay – UNASAM)	40 000,00
Berma Av. Fitzcarrald	150 000,00
Muro de Protección Quillcay	1 500 000,00
Institución Educativa La Libertad	20 000 000,00
Centro de Operaciones de Emergencia Regional	1 500 000,00
Dirección Regional de Trabajo y Promoción del Empleo	800 000,00
SENASA	2 500 000,00
Dirección Regional De Agricultura	3 000 000,00
UGEL Huaraz	350 000,00
Dirección Regional de Producción	3 000 000,00
Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo	10 000 000,00
Institución Educativa Antonio Raymondi	1 000 000,00
Parque Ginebra	350 000,00
Parque del Periodista	350 000,00
Parque del Bombero	400 000,00
Establecimiento Penitenciario Huaraz	7 000 000,00
Alameda Grau	750 000,00
Canal de Conducción Piscigranja	40 000,00
Vías Pavimentadas en la Zona de Alto Riesgo	191 716 661,06
Vías no Pavimentadas en la Zona de Alto Riesgo	19 059 917,10
Veredas en la Zona de Alto Riesgo	28 459 963,18
Costo Total	S/ 445 332 395,94

Fuente: INAIGEM, MVCS

*Figura 26.**Costos de los efectos probables ante un posible aluvión.*

4.7. CONTROL DEL RIESGO, ACEPTABILIDAD Y TOLERANCIA

4.7.1. Valoración de consecuencias

De acuerdo a la metodología, la valoración de consecuencias puede encontrarse dentro de los niveles 1 a 4, siendo 1 nivel bajo y 4 muy alto, en la parte baja de la subcuenca Quillcay la valoración de consecuencias, es de **Valor 3 – Muy Alta**, entonces las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo.

*Tabla 114**Valoración y nivel de la frecuencia de consecuencia*

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy Alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas.
3	Alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo
2	Medio	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con los
1	Baja	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin

Fuente: CENEPRED, 2014

4.7.2. Valoración de frecuencia

Los aluviones se dan en el área de estudio pueden ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos, por lo tanto, la frecuencia de ocurrencia de este fenómeno es de **Valor 3 – Alta**.

Tabla 115

Valoración y nivel de la frecuencia de ocurrencia

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy Alta	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias.
3	Alta	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias.
2	Medio	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias.
1	Baja	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales.

Fuente: CENEPRED, 2014

4.7.3. Nivel de consecuencia y daños

De acuerdo a lo analizado, ante una consecuencia **Muy Alta** y frecuencia de ocurrencia **Alta** estaríamos ante **un nivel de consecuencia y daños Muy Alta**.

Tabla 116

Nivel de consecuencias y daños

Consecuencia	Nivel	Zona de consecuencia y daño			
Muy Alta	4	Alta	Alta	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

Fuente: CENEPRED, 2014

4.7.4. Aceptabilidad y/o Tolerancia

De acuerdo a las condiciones analizadas en la parte baja de la subcuenca Quillcay, el nivel de aceptabilidad o tolerancia del riesgo ante la ocurrencia de un aluvión es **Inaceptable**, por lo que se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo del riesgo.

Tabla 117

Aceptabilidad y tolerancia

Valor	Descriptor	Descripción
4	Inadmisible	Se debe aplicar inmediatamente la medida de control físico y de ser posible transferir inmediatamente los riesgos
3	Inaceptable	Se debe desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos
2	Tolerable	Se debe desarrollar actividades para el manejo de riesgos
1	Aceptable	El riesgo no representa un peligro significativo

Fuente: CENEPRED, 2014

4.7.5. Prioridad de Intervención

La prioridad de intervención en este caso sería del nivel II, Inaceptable.

Tabla 118

Prioridad y nivel de intervención

Valor	Descriptor	Nivel de Priorización
4	Inadmisible	I
3	Inaceptable	II
2	Tolerable	III
1	Aceptable	IV

Fuente: CENEPRED, 2014

4.7.6. Medidas de Control

Para reducir los niveles de riesgo ante la ocurrencia de un aluvión en la parte baja de la subcuenca Quillcay, en el distrito de Huaraz e independencia, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, se sugiere, se tomen medidas estructurales y no estructurales, consignadas en las recomendaciones del presente estudio.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- En la sub cuenca Quillcay, ciudad de Huaraz, se han identificado elementos expuestos, conformados por 27 407 personas, 6583 viviendas y 68 estructuras de importancia local, ubicados en zonas de niveles de peligro muy alto, alto, medio y bajo, de acuerdo al grado de exposición a un aluvión.
- El análisis de la vulnerabilidad del área de estudio, utilizando las dimensiones, social, física, económica y ambiental, para las viviendas y dimensión física para las estructuras importantes, da como resultado que el 81% de las viviendas posee vulnerabilidad muy alta, el 8% de las viviendas vulnerabilidad alta, y el 11% de las viviendas vulnerabilidad media; de otra parte, de las estructuras de importancia local, el 3% posee vulnerabilidad muy alta, el 26% vulnerabilidad alta, el 60% vulnerabilidad media, y 11% vulnerabilidad baja.
- En relación al riesgo, en el área de estudio se han identificado los siguientes niveles: en viviendas, el 88% riesgo muy alto, el 5% riesgo alto y el 7% riesgo medio; en estructuras, el 16% presenta riesgo muy alto, el 19% riesgo alto, el 63% riesgo medio y el 2% riesgo bajo.
- Ante un aluvión que afecte a la ciudad de Huaraz, los daños probables han sido estimados en un total de S/. 701, 274,343.19, lo cual incluye el costo de afectación de 6583 viviendas, con un costo de S/. 255, 941,947.25 y 68 estructuras con un costo de S/. 445, 332,395.94.
- El cálculo del control de riesgos determina que el nivel de consecuencia y daños es MUY ALTA, el nivel de aceptabilidad y/o tolerancia indica que es INADMISIBLE, donde se deben aplicar inmediatamente medidas de CONTROL FISICO y de ser posible transferir inmediatamente los riesgos y la prioridad de intervención sería de Nivel I INADMISIBLE.
- De acuerdo a la Evaluación del Riesgo por Aluvión, serán necesarias la adopción de medidas estructurales y no estructurales, así como la renovación del compromiso con la Gestión del Riesgo de parte del gobierno central, gobierno regional y los gobiernos locales.

5.2. RECOMENDACIONES

Para reducir los niveles de riesgo ante la ocurrencia de un aluvión en la parte baja de la subcuenca Quillcay, en el distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, se sugiere, se tomen principalmente las siguientes medidas estructurales y no estructurales.



5.2.1. MEDIDAS ESTRUCTURALES

- Construir una estructura de contención que sea superior a la altura de ola formada por una posible avalancha y que soporte el volumen de masa que generará el aluvión; asimismo, muros, mallas geodinámicas, etc., en la parte baja de las lagunas, así como en las márgenes de los ríos Paria y Auqui, con la finalidad de evitar el socavamiento de las laderas adyacentes al cauce.
- La municipalidad provincial de Huaraz en coordinación con la municipalidad distrital de Independencia a través de sus Gerencias de Desarrollo Urbano, y en relación con los actores sociales, deberán prohibir las futuras construcciones y las habilitaciones urbanas de las viviendas en las franjas marginales de los ríos Paria y Auqui, así como en las laderas del río Quillcay, con la finalidad de evitar su exposición al peligro; así como incluir a los espacios no poblados como áreas de protección.
- Las tareas de conservación y mantenimiento de cauces de los ríos, comprenden su limpieza y remoción de material excedente, ello facilitará el desplazamiento de la masa aluvionica en dichos cauces; asimismo, se deberá establecer rutas de evacuación en caso de presentarse un evento extremo.
- Realizar movimientos de tierra (dragados, recogida de fangos generados por vertidos, etc.), cerca al cauce del río, con la finalidad de incrementar su sección.
- Realizar la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales y una planta de manejo de residuos sólidos, debido a la gran contaminación que se está generando al verter estos desechos al río Quillcay y al río Santa.
- Reforzar las viviendas cercanas al río con estructuras de concreto armado.
- Implementar en coordinación con el gobierno regional y gobiernos locales el Sistema de Alerta Temprana – SAT.



5.2.2. MEDIDAS NO ESTRUCTURALES

- Fortalecer las capacidades de la población mediante charlas informativas periódicas a toda la población en temas relacionados a gestión del riesgo de desastres.
- Articular una red de cooperación técnica a través de la plataforma de Defensa Civil, el Centro de Operaciones de Emergencia Local (COEL) de Huaraz, Centro de Operaciones de Emergencia Local (COEL) Independencia y el Centro de Operaciones de Emergencia Regional (COER) de Ancash, con la finalidad de proporcionar información primaria sobre un posible aluvión y/o movimiento en masa en la sub cuenca Quillcay.
- Mejorar la señalización en las márgenes del río, e identificar zonas seguras en el caso haya personas que estén realizando sus actividades cotidianas cercanas al área del impacto.
- Implementar un programa de asistencia técnica para el mejoramiento de viviendas.
- Implementar el plan de manejo de residuos sólidos, aguas residuales y el plan de educación ambiental.
- Realizar una evaluación del riesgo por aluvión en la parte alta de la sub cuenca Quillcay, con la finalidad de incorporar el análisis del peligro en la parte alta, la vulnerabilidad de las obras de infraestructura expuestas y la incorporación del control del riesgo con propuestas de medidas estructurales como obras de infraestructura.
- Realizar la evaluación del riesgo de desastres de la cuenca del río Santa, con énfasis en la unión con los cauces del río Paria y Quillcay, con la finalidad de estimar el nivel del riesgo de la cuenca del río Santa.
- Desarrollar el plan de desarrollo urbano de ambos distritos, con la finalidad de incluir a la gestión del riesgo de desastres en su gestión urbana y en sus posibles zonas de expansión.
- Elaborar el plan de acondicionamiento territorial, con la finalidad de identificar las zonas seguras en toda la provincia, así como identificar centros de refugio ante un posible aluvión.



BIBLIOGRAFÍA

- CARE PERÚ, 2017. Evaluación de peligros por glaciares y permafrost en regiones de montaña. Proyecto Glaciares+.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), 2017. Manual para la evaluación del riesgo por Sismos.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), 2014. Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales. 2da versión.
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), 2009. Riesgos Geológicos en la región Ancash.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2008. Compendio Estadístico del XI Censo Nacional de Población, VI de Vivienda, II de Comunidades Indígenas.
- Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), 2017, Productos POI 2017.
- Ministerio del Ambiente (2014). Calidad de Agua en Cabeceras de Cuencas Alto Andinas en el Contexto de Cambio Climático. Nota Técnica 2
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), 2017. Modelo de Cedula Censal.
- UGRH. (1973). Revestimiento del Túnel de la Laguna Tullparaju, Obras Civiles.
- UGRH-ANA. (2014). Inventario de glaciares del Perú. Huaraz.
- Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ingeniería Geológica y Geografía, 2009, Tesis: "Procesos Geodinámicos y Peligros Geológicos en los depósitos morrénicos de la Laguna Palcacocha Cordillera Blanca – Ancash
- Instituto Nacional de Investigaciones en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), 2017. Mapas de Unidades Geológicas, Geomorfológicas, Geotécnicas y de Pendientes en la subcuenca del río Quillcay, Ancash. Escala 1/25 000.
- Instituto Nacional de Investigaciones en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), 2017. Mapa de Susceptibilidad por Movimientos en Masa en la subcuenca del río Quillcay, Ancash. Escala 1/25 000.
- WEGNER, Steven, 2014, Lo que el agua se llevó – Consecuencias y Lecciones del Aluvión de Huaraz de 1941. Nota Técnica N° 7. Lima: Ministerio de Ambiente.



ANEXO A

Mapa N° 1 Mapa de ubicación del área de estudio

Mapa N° 2 Mapa de altura de flujo del área de estudio

Mapa N° 3 Mapa de unidades geológicas del área de estudio.

Mapa N° 4 Mapa de unidades geomorfológicas del área de estudio.

Mapa N° 5 Mapa de unidades geotécnicas del área de estudio.

Mapa N° 6 Mapa de rangos de pendientes del área de estudio.

Mapa N° 7 Mapa de elementos expuestos

Mapa N° 8 Mapa de peligros por aluvión

Mapa N° 9 Mapa de vulnerabilidad por aluvión – Viviendas

Mapa N° 10 Mapa de vulnerabilidad por aluvión– Estructuras

Mapa N° 11 Mapa de riesgo por aluvión – Viviendas

Mapa N° 12 Mapa de riesgo por aluvión – Estructuras