

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS:

**EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS GEOLÓGICOS PARA DETERMINAR LOS
PELIGROS EN LA MICRO-CUENCA PURUAY, DISTRITO DE PURUAY -
CAJAMARCA**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Autor:

Bach. HUATAY JAVE, Franz Arnold

Asesor:

M.Cs. ARAPA VILCA, Víctor Ausberto.

CAJAMARCA - PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

— FACULTAD DE INGENIERÍA —

1. Investigador : HUATAY JAVE FRANZ ARNOLD
2. DNI : 71345586
3. Escuela Profesional : INGENIERÍA GEOLÓGICA
4. Asesor : M. CS. ING. VICTOR AUSBERTO ARAPA VILCA
Facultad : INGENIERÍA
5. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
6. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
7. Título de Trabajo de Investigación:
"EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS GEOLÓGICOS PARA DETERMINAR LOS PELIGROS EN LA MICRO-CUENCA PURUAY, DISTRITO DE PURUAY - CAJAMARCA"
8. Fecha de evaluación: 20 de octubre del 2025
9. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
10. Porcentaje de Informe de Similitud: 23%
11. Código Documento: trn:oid:::3117:515795216
12. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 04 de noviembre del 2025

| | |
|---|--|
|  |  |
| FIRMA DEL ASESOR M. CS. ING. ARAPA VILCA VICTOR AUSBERTO DNI: 29552145 | UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI Firmado digitalmente por: BAZAN DIAZ Laura Sofia FAU 20148258601 soft Motivo: En señal de conformidad Fecha: 04/11/2025 21:51:00-0500 |

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TÍTULO : *EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS GEOLÓGICOS PARA DETERMINAR LOS PELIGROS EN LA MICRO-CUENCA PURUAY, DISTRITO DE PURUAY - CAJAMARCA.*

ASESOR : *M.Cs. Ing. Victor Ausberto Arapa Vilca.*

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0773-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 30 de diciembre de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **treinta y un días del mes de diciembre de 2025**, siendo las diez horas (10:00 a.m.) en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica (Ambiente 4J - 210), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.
Vocal : Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani.
Secretario : Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS GEOLÓGICOS PARA DETERMINAR LOS PELIGROS EN LA MICRO-CUENCA PURUAY, DISTRITO DE PURUAY - CAJAMARCA*, presentado por el Bachiller en Ingeniería Geológica *FRANZ ARNOLD HUATAY JAVE*, asesorado por el M.Cs. Ing. Victor Ausberto Arapa Vilca, para la obtención del Título Profesional.

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

EVALUACIÓN PRIVADA : *4.0* PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : *1.0* PTS.
EVALUACIÓN FINAL : *14.0* PTS *CATORCE* (En letras)

En consecuencia, se lo declara *APROBADO* con el calificativo de *CATORCE*.
acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las *11:00* horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

[Firma]
Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.
Presidente

[Firma]
Dr. Ing. Crispín Zenón Quispe Mamani.
Vocal

[Firma]
Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.
Secretario

[Firma]
M.Cs. Ing. Victor Ausberto Arapa Vilca.
Asesor

AGRADECIMIENTO

A mis docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica, por su abnegada enseñanza y compartir todos sus sabios conocimientos.

A mi asesor Victor Arapa, cuya orientación ha sido muy importante para la realización de esta tesis.

A mis amigos quienes con sus consejos y enseñanzas motivaron la culminación de mis estudios superiores.

A todos ustedes, mi más cordial agradecimiento.

F. A. H. J.

DEDICATORIA

A mi padre Ricardo Huatay hasta el cielo quien me enseñó que todo lo que te propones lo puedes lograr y a mi madre Mercedes Jave que con su sacrificio logro sacar adelante a mi persona. Gracias por ser los mejores padres que alguien puede tener, los amo infinitamente. A mis hermanos que siempre estuvieron mi lado en las buenas y malas dándome ánimos para sobresalir y superar cualquier obstáculo que se me presentó.

A mis amigos quienes no dejaron que me rinda y me apoyaron hasta el final, a cada uno de ustedes muchas gracias por nunca dudar que lograría esto.

F. A. H. J.

ÍNDICE

| | Pág. |
|-----------------------------------|--------------|
| AGRADECIMIENTO..... | ii |
| DEDICATORIA..... | iii |
| ÍNDICE DE TABLAS | ix |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xvii |
| ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS..... | xviii |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | xix |
| LISTA DE ABREVIATURAS..... | xx |
| RESUMEN | xxi |
| ABSTRACT | xxii |

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

| | |
|---|----------|
| 2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN | 3 |
| 2.1.1. Internacionales..... | 3 |
| 2.1.2. Nacionales | 4 |
| 2.1.3. Locales..... | 4 |
| 2.2. BASES TEÓRICAS | 5 |
| 2.2.1. Peligro | 5 |
| 2.2.2. Peligros geológicos..... | 11 |
| 2.2.3. Movimientos en masa..... | 12 |
| 2.2.4. Susceptibilidad | 17 |

| | Pág. |
|---|-------------|
| 2.2.5. Peligrosidad | 18 |
| 2.2.6. Vulnerabilidad | 19 |
| 2.2.7. Niveles de vulnerabilidad | 20 |
| 2.2.8. Cálculo de los niveles de vulnerabilidad | 22 |
| 2.2.9. Riesgo | 26 |
| 2.2.10. Cálculo de los niveles de riesgo | 28 |
| 2.2.11. La gestión del riesgo de desastres en el Perú | 29 |
| 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS..... | 31 |

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

| | |
|--|-----------|
| 3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... | 33 |
| 3.1.1. Ubicación Geográfica..... | 33 |
| 3.1.2. Ubicación Política. | 33 |
| 3.1.3. Accesibilidad. | 34 |
| 3.2. PROCEDIMIENTOS..... | 34 |
| 3.2.1. Etapa de gabinete..... | 34 |
| 3.2.2. Etapa de campo | 35 |
| 3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 36 |
| 3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES | 36 |
| 3.4.1. Independientes..... | 36 |
| 3.4.2. Dependientes | 37 |
| 3.5. TÉCNICAS e instrumentos de recolección | 37 |
| 3.5.1. Técnicas..... | 37 |
| 3.5.2. Equipos | 37 |
| 3.6. GEOLOGÍA..... | 38 |

| | Pág. |
|--|-------------|
| 3.6.1. Geología Local | 38 |
| 3.7. PENDIENTES DEL TERRENO..... | 41 |
| 3.8. UNIDADES MORFOGENÉTICAS | 42 |
| 3.8.1. Planicies (0° - 8°) | 42 |
| 3.8.2. Lomadas (8° - 20°) | 43 |
| 3.8.3. Laderas (20° - 50°) | 44 |
| 3.8.4. Escarpas (50° - 90°)..... | 45 |
| 3.9. HIDROLOGÍA | 46 |
| 3.10. Condiciones Climatológicas..... | 49 |

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

| | |
|--|-----------|
| 4.1. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD..... | 55 |
| 4.1.1. Metodología..... | 55 |
| 4.1.2. Recopilación de la información..... | 57 |
| 4.1.3. Identificación del peligro..... | 59 |
| 4.1.4. Morfometría del deslizamiento. | 62 |
| 4.1.5. Caracterización del peligro..... | 64 |
| 4.1.6. Parámetros de evaluación..... | 66 |
| 4.1.7. Susceptibilidad del territorio | 68 |
| 4.1.8. Análisis de factores condicionantes | 68 |
| 4.1.9. Análisis de factor desencadenante..... | 71 |
| 4.1.10. Definición de escenarios | 73 |
| 4.1.11. Niveles de peligro – Movimiento en masas | 73 |
| 4.1.12. Estratificación del nivel de peligro..... | 74 |
| 4.2. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD | 75 |

| | Pág. |
|---|-------------|
| 4.2.1. Metodología para el análisis de la vulnerabilidad | 75 |
| 4.2.2. Análisis de la dimensión social | 77 |
| 4.2.3. Análisis de la dimensión económica | 86 |
| 4.2.4. Análisis de la dimensión ambiental..... | 96 |
| 4.2.5. Nivel de vulnerabilidad | 103 |
| 4.2.6. Estratificación de la vulnerabilidad..... | 107 |
| 4.3. CÁLCULO DE RIESGO | 108 |
| 4.3.1. Metodología para el cálculo del riesgo..... | 108 |
| 4.3.2. Nivel de riesgo por deslizamiento de suelos | 109 |
| 4.3.3. Matriz de riesgo por deslizamiento | 110 |
| 4.3.4. Estratificación del nivel de riesgo por deslizamiento de suelos..... | 110 |
| 4.3.5. Cálculo de pérdidas | 112 |
| 4.4. CONTROL DEL RIESGO | 114 |
| 4.4.1. Aceptabilidad o tolerancia del riesgo | 114 |
| 4.4.2. Medidas de control | 117 |
| 4.5. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS | 120 |

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|--|------------|
| 5.1. CONCLUSIONES..... | 121 |
| 5.2. RECOMENDACIONES..... | 122 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 123 |
| ANEXOS | 125 |
| 1. PLANO DE UBICACIÓN..... | 126 |
| 2. PLANO DE PENDIENTES DEL TERRENO..... | 127 |
| 3. PLANO GEOMORFOLÓGICO..... | 128 |
| 4. PLANO GEOLÓGICO..... | 129 |

| | Pág. |
|--|------|
| 5. PLANO GEODINÁMICO..... | 130 |
| 6. PLANO DE NIVELES DE PELIGRO..... | 131 |
| 7. PLANO DE NIVELES DE VULNERABILIDAD..... | 132 |
| 8. PLANO DE NIVELES DE RIESGOS..... | 133 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|-----------|--|
| Tabla 1. | Clasificación de movimientos en masa. Fuente: Varnes, 1978. 12 |
| Tabla 2. | Factores condicionantes del peligro. CENEPRED, 2014. .. ¡Error! Marcador no definido. |
| Tabla 3. | Estratificación de la vulnerabilidad (CENEPRED, 2014) 21 |
| Tabla 4. | Matriz general de vulnerabilidad. Fuente: CENEPRED, 2014 21 |
| Tabla 5. | Cálculo de elementos expuestos para evaluación. Fuente: CENEPRED 2014 24 |
| Tabla 6. | Matriz de Riesgo de doble entrada. Fuente: CENEPRED, 2014 27 |
| Tabla 7. | Rangos para cada uno de los niveles de riesgo. CENEPRED, 2014..... 27 |
| Tabla 8. | Vértices en coordenadas UTM - WGS 84 que delimitan la Zona de Investigación. 33 |
| Tabla 9. | Acceso a la zona de investigación..... 34 |
| Tabla 10. | Características del deslizamiento 62 |
| Tabla 11. | Factores para calcular el volumen de masa desplazada 66 |
| Tabla 12. | Matriz de comparación de pares del parámetro volumen en remoción..... 66 |
| Tabla 13. | Matriz de normalización de pares del parámetro volumen en remoción 66 |
| Tabla 14. | Calculando vector suma ponderado 67 |
| Tabla 15. | Calculando el vector suma promedio 67 |
| Tabla 16. | Valores para calcular índice aleatorio..... 67 |
| Tabla 17. | Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del proceso de análisis jerárquico para el parámetro volumen de los materiales en remoción. 67 |
| Tabla 18. | Factores de susceptibilidad considerados..... 68 |
| Tabla 19. | Matriz de comparación de pares del factor condicionante 68 |
| Tabla 20. | Matriz de normalización de pares del factor condicionante..... 68 |
| Tabla 21. | Índice de consistencia y relación de consistencia del factor condicionante... 69 |
| Tabla 22. | Matriz de comparación de pares del parámetro geomorfología..... 69 |
| Tabla 23. | Matriz de normalización de pares del parámetro geomorfología..... 69 |
| Tabla 24. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) para el parámetro geomorfología 69 |
| Tabla 25. | Matriz de comparación de pares del parámetro geología..... 70 |
| Tabla 26. | Matriz de normalización de pares del parámetro geología 70 |

| | | |
|-----------|---|-------------|
| Tabla 27. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) para el parámetro geología | 70 |
| | | Pág. |
| Tabla 28. | Matriz de comparación de pares del parámetro pendiente de terreno..... | 71 |
| Tabla 29. | Matriz de normalización de pares del parámetro pendiente del terreno | 71 |
| Tabla 30. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) para el parámetro pendiente del terreno | 71 |
| Tabla 31. | Matriz de comparación de pares del parámetro Umbrales de precipitación máxima en 24 horas..... | 72 |
| Tabla 32. | Matriz de normalización de pares del parámetro Umbrales de precipitación máxima en 24 horas..... | 72 |
| Tabla 33. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) para el parámetro umbrales de precipitación máxima en 24 horas. | 73 |
| Tabla 34. | Determinación del peligro..... | 73 |
| Tabla 35. | Niveles de peligro por movimiento en masas | 74 |
| Tabla 36. | Matriz de peligro por movimientos en masas | 74 |
| Tabla 37. | Matriz de comparación de pares de los parámetros utilizados en el factor fragilidad. | 76 |
| Tabla 38. | Matriz de normalización de pares de los parámetros utilizados en el factor fragilidad. | 76 |
| Tabla 39. | Obtención de los resultados de la operación de matrices..... | 76 |
| Tabla 40. | Calculando el vector suma promedio | 76 |
| Tabla 41. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) obtenido del proceso de análisis jerárquico. | 76 |
| Tabla 42. | Parámetros a utilizar en los factores (Exposición, Fragilidad, Resiliencia) de la dimensión social. | 77 |
| Tabla 43. | Matriz de comparación de pares de los factores de la dimensión social..... | 77 |
| Tabla 44. | Matriz de normalización de pares de los factores de la dimensión social..... | 77 |
| Tabla 45. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) de los factores de la dimensión social..... | 77 |
| Tabla 46. | Parámetros utilizados en el factor exposición de la dimensión social | 78 |
| Tabla 47. | Matriz de comparación de pares del parámetro número de personas a nivel de lote | 78 |
| Tabla 48. | Matriz de comparación de pares del parámetro número de personas a nivel de lote | 78 |

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 49. Índice (IC) y relación de consistencia (RC) del parámetro número de habitantes a nivel del lote..... | 78 |
| Tabla 50. Matriz de normalización de pares del factor fragilidad de la dimensión social..... | 79 |
| Tabla 51. Matriz de Normalización de pares del factor fragilidad de la dimensión social..... | 79 |
| Tabla 52. Índice (IC) y relación de consistencia (RC) del factor fragilidad de la dimensión social..... | 79 |
| Tabla 53. Matriz de comparación de pares del parámetro grupo de edades de los habitantes | 79 |
| Tabla 54. Matriz de comparación de pares del parámetro grupo de edades de los habitantes | 80 |
| Tabla 55. Índice (IC) y relación de consistencia (RC) del parámetro grupo de edades de los habitantes | 80 |
| Tabla 56. Matriz de comparación de pares del parámetro servicios básicos | 80 |
| Tabla 57. Matriz de normalización de pares del parámetro servicios básicos | 81 |
| Tabla 58. Índice (IC) y relación de consistencia (RC) del parámetro servicios básicos..... | 81 |
| Tabla 59. Matriz de comparación de pares del parámetro fuente de agua del hogar | 81 |
| Tabla 60. Matriz de comparación de pares del parámetro fuente de agua del hogar | 82 |
| Tabla 61. Índice (IC) y relación de consistencia (RC) del parámetro fuente de agua del hogar..... | 82 |
| Tabla 62. Parámetros utilizados en el factor resiliencia de la dimensión social | 82 |
| Tabla 63. Matriz de normalización de pares del factor resiliencia de la dimensión social..... | 82 |
| Tabla 64. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del factor resiliencia de la dimensión social..... | 83 |
| Tabla 65. Matriz de comparación de pares del parámetro conocimiento de los peligros de la zona | 83 |

| | | |
|-----------|---|-------------|
| Tabla 66. | Matriz de comparación de pares del parámetro conocimiento de los peligros de la zona | 83 |
| | | Pág. |
| Tabla 67. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) del parámetro conocimiento de los peligros de la zona..... | 83 |
| Tabla 68. | Matriz de Comparación de pares del parámetro capacitación en ejecución de simulacros..... | 84 |
| Tabla 69. | Matriz de normalización de pares del parámetro capacitación en ejecución de simulacros..... | 84 |
| Tabla 70. | Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro capacitación en ejecución de simulacros..... | 84 |
| Tabla 71. | Matriz de comparación de pares del parámetro conformación de brigadas..... | 85 |
| Tabla 72. | Matriz de normalización de pares del parámetro conformación de brigadas..... | 85 |
| Tabla 73. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) del parámetro conformación de brigadas | 85 |
| Tabla 74. | Parámetros a utilizar en los factores (Exposición, Fragilidad, Resiliencia) de la dimensión económica. | 86 |
| Tabla 75. | Matriz de comparación de pares de los factores de la dimensión económica. | 86 |
| Tabla 76. | Matriz de normalización de pares de los factores de la dimensión económica. | 86 |
| Tabla 77. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) de los factores de la dimensión económica. | 86 |
| Tabla 78. | Parámetros utilizados en el factor exposición de la dimensión económico | 87 |
| Tabla 79. | Matriz de comparación de pares del parámetro cercanía de la vivienda a la zona de peligro..... | 87 |
| Tabla 80. | Matriz de normalización de pares del parámetro cercanía de la vivienda a la zona de peligro..... | 87 |
| Tabla 81. | Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro cercanía de la vivienda a la zona de peligro..... | 87 |

| | | |
|-----------|--|-------------|
| Tabla 82. | Parámetros utilizados en el factor fragilidad de la dimensión económico..... | 88 |
| | | Pág. |
| Tabla 83. | Matriz de normalización de pares del factor fragilidad de la dimensión económico..... | 88 |
| Tabla 84. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) del factor fragilidad de la dimensión económica. | 88 |
| Tabla 85. | Matriz de Comparación de pares del parámetro material predominante - Pared | 89 |
| Tabla 86. | Matriz de comparación de pares del parámetro material predominante - Pared | 89 |
| Tabla 87. | Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro Material predominante - Pared | 89 |
| Tabla 88. | Matriz de Comparación de pares del parámetro material predominante - Techo | 90 |
| Tabla 89. | Matriz de normalización de pares del parámetro material predominante – Techo | 90 |
| Tabla 90. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) del parámetro tipo material predominante - Techo..... | 90 |
| Tabla 91. | Matriz de Comparación de pares del parámetro material predominante – Pisos | 91 |
| Tabla 92. | Matriz de Normalización de pares del parámetro material predominante – Pisos | 91 |
| Tabla 93. | Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro material predominante – Pisos | 91 |
| Tabla 94. | Parámetros utilizados en el factor resiliencia de la dimensión económico | 92 |
| Tabla 95. | Matriz de normalización de pares del factor resiliencia de la dimensión económico..... | 92 |
| Tabla 96. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) del factor resiliencia de la dimensión económico..... | 92 |
| Tabla 97. | Matriz de Comparación de pares del parámetro ingreso mensual del hogar..... | 93 |

| | | |
|------------|--|-------------|
| Tabla 98. | Matriz de Comparación de pares del parámetro ingreso mensual del hogar..... | 93 |
| | | Pág. |
| Tabla 99. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) del parámetro ingreso mensual del hogar..... | 93 |
| Tabla 100. | Matriz de comparación de pares del parámetro tipo de tenencia | 94 |
| Tabla 101. | Matriz de normalización de pares del parámetro tipo de tenencia | 94 |
| Tabla 102. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) del parámetro tipo de tenencia..... | 94 |
| Tabla 103. | Matriz de comparación de pares del parámetro grado de educación | 95 |
| Tabla 104. | Matriz de comparación de pares del parámetro grado de educación | 95 |
| Tabla 105. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) del parámetro grado de educación..... | 95 |
| Tabla 106. | Parámetros a utilizar en los factores (Exposición, Fragilidad, Resiliencia) de la dimensión ambiental..... | 96 |
| Tabla 107. | Matriz de comparación de pares de los factores de la dimensión ambiental. | 96 |
| Tabla 108. | Matriz de normalización de pares de los factores de la dimensión ambiental. | 96 |
| Tabla 109. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) de los factores de la dimensión ambiental. | 96 |
| Tabla 110. | Parámetros utilizados en el factor Exposición de la dimensión económico | 97 |
| Tabla 111. | Matriz de Comparación de pares del parámetro ubicación de botadero municipal | 97 |
| Tabla 112. | Matriz de Comparación de pares del parámetro ubicación de botadero municipal..... | 97 |
| Tabla 113. | Matriz de Comparación de pares del parámetro ubicación de botadero municipal..... | 97 |
| Tabla 114. | Parámetros utilizados en el factor fragilidad de la dimensión ambiental..... | 98 |

| | | |
|------------|---|-------------|
| Tabla 115. | Matriz de normalización de pares del factor fragilidad de la dimensión ambiental | 98 |
| Tabla 116. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) del factor fragilidad de la dimensión ambiental. | 98 |
| | | Pág. |
| Tabla 117. | Matriz de comparación de pares del parámetro estado de conservación del sistema de agua potable | 99 |
| Tabla 118. | Matriz de comparación de pares del parámetro estado de conservación del sistema de agua potable | 99 |
| Tabla 119. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) del parámetro estado de conservación del sistema de agua potable..... | 99 |
| Tabla 120. | Matriz de comparación de pares del parámetro estado de conservación de los servicios higiénicos..... | 100 |
| Tabla 121. | Matriz de comparación de pares del parámetro estado de conservación de los servicios higiénicos..... | 100 |
| Tabla 122. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) del parámetro estado de conservación de los servicios higiénicos..... | 100 |
| Tabla 123. | Matriz de comparación de pares del parámetro tipo de servicio higiénicos | 101 |
| Tabla 124. | Matriz de comparación de pares del parámetro tipo de servicio higiénicos | 101 |
| Tabla 125. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) del parámetro tipo de servicios higiénicos | 101 |
| Tabla 126. | Parámetros utilizados en el factor resiliencia de la dimensión ambiental | 102 |
| Tabla 127. | Matriz de comparación de pares del parámetro reciclaje | 102 |
| Tabla 128. | Matriz de comparación de pares del parámetro reciclaje | 102 |
| Tabla 129. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) del parámetro reciclaje | 102 |
| Tabla 130. | Matriz de comparación de pares del parámetro cercanía a fuentes de agua..... | 103 |
| Tabla 131. | Matriz de comparación de pares del parámetro cercanía a fuentes de agua..... | 103 |
| Tabla 132. | Índice (IC) y relación de consistencia (RC) del parámetro cercanía a fuentes de aguas..... | 103 |

| | | |
|------------|---|-------------|
| Tabla 133. | Resumen de los descriptores, parámetros, factores y dimensiones utilizados en el análisis de la vulnerabilidad, y sus pesos ponderados obtenidos mediante el análisis jerárquico..... | 104 |
| Tabla 134. | Niveles de vulnerabilidad..... | 106 |
| | | Pág. |
| Tabla 135. | Estratificación de la vulnerabilidad..... | 107 |
| Tabla 136. | Cálculo de los valores de riesgo por deslizamiento de suelos..... | 109 |
| Tabla 137. | Niveles de Riesgo por deslizamiento de suelos. | 109 |
| Tabla 138. | Matriz del Riesgo por deslizamiento de suelos..... | 110 |
| Tabla 139. | Estratificación del nivel de riesgo por deslizamiento de suelos..... | 110 |
| Tabla 140. | Valoración de consecuencias..... | 114 |
| Tabla 141. | Valoración de la frecuencia de ocurrencia..... | 115 |
| Tabla 142. | Nivel de consecuencia y daños por deslizamiento de suelos | 115 |
| Tabla 143. | Aceptabilidad y/o Tolerancia..... | 115 |
| Tabla 144. | Matriz se aceptabilidad y/o tolerancia – deslizamiento de suelos..... | 116 |
| Tabla 145. | Prioridad de intervención. | 116 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1. Deslizamiento rotacional en suelos y rocas..... | 7 |
| Figura 2. Deslizamiento traslacional en rocas y suelos | 7 |
| Figura 3. Propagación lateral en suelos | 8 |
| Figura 4. Caída de Rocas (Greertsema, 2006)..... | 8 |
| Figura 5. Deslizamientos. (Greertsema, 2006). | 8 |
| Figura 6. Deformaciones. (Greertsema, 2006) | 9 |
| Figura 7. Explicación de la reptación. (Varnes, & Cruden, 1993)..... | 9 |
| Figura 8. Tipos de sagging o hundimientos por deformación geológica (Varnes, & Cruden, 1993). | 10 |
| Figura 9. Esquema de caída de rocas..... | 13 |
| Figura 10. Esquema sobre derrumbes..... | 13 |
| Figura 11. Esquema de deslizamiento rotacional. | 14 |
| Figura 12. Esquemas de deslizamiento traslacional. | 15 |
| Figura 13. Esquema de flujo canalizado..... | 15 |
| Figura 14. Avalancha de detritos. (Varnes, & Cruden, 1993)..... | 16 |
| Figura 15. Esquema de erosión de laderas..... | 17 |
| Figura 16. Concepto de la Gestión del Riesgo de Desastres. | 29 |
| Figura 17. Procedimiento de la Gestión del Riesgo de Desastres. | 30 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | Pág. |
|---|------|
| Fotografía 1. Depósito Coluvial. | 38 |
| Fotografía 2. Depósito Proluvial. | 39 |
| Fotografía 3. Depósito Lagunar - Fluvial. | 40 |
| Fotografía 4. Secuencia Volcánico Huambos. | 41 |
| Fotografía 5. Pendientes en la zona. | 42 |
| Fotografía 6. Planicie al margen de la carretera principal de Puruay. | 43 |
| Fotografía 7. Planicie con ángulo de pendiente mayor a 10°. | 44 |
| Fotografía 8. Laderas con ángulo de pendiente de 45°. | 45 |
| Fotografía 9. Escarpe con ángulo de inclinación de 55°. | 46 |
| Fotografía 10. Laguna Bateacocha utilizando Dron DJI Mavic Air 3. | 47 |
| Fotografía 11. Río Puruay. | 47 |
| Fotografía 12. Río Puruay. | 48 |
| Fotografía 13. Pequeños manantiales en la zona de investigación. | 48 |
| Fotografía 14. Dron DJI Mavic Air 3 utilizado para la toma de datos. | 58 |
| Fotografía 15. Toma de datos utilizando el dron DJI Mavic Air 3. | 58 |
| Fotografía 16. Escarpe principal con altura principal de 15 metros. | 60 |
| Fotografía 17. Escarpe y agrietamiento en el terreno. | 60 |
| Fotografía 18. En el terreno se aprecian agrietamientos longitudinales, paralelos al escarpe principal. | 61 |
| Fotografía 19. En el terreno se aprecian agrietamientos longitudinales, paralelos al escarpe principal. Coordenadas: E: 774805 N: 9216843 C: 3112 m.s.n.m. | 61 |
| Fotografía 20. Agrietamientos longitudinales, paralelos al escarpe principal. Coordenadas: E: 774804 N: 9216844C: 3112 m.s.n.m. | 62 |
| Fotografía 21. Morfometría del deslizamiento tomada con Dron DJI Mavic Air 3. | 63 |
| Fotografía 22. Altura del Escarpe principal. | 63 |
| Fotografía 23. Agrietamientos en vía principal. | 65 |
| Fotografía 24. Vista del material deslizado. | 65 |
| Fotografía 25. Daño en los cultivos producto del deslizamiento. | 113 |
| Fotografía 26. Embalsamiento en el río Puruay debido al deslizamiento en el escarpe principal. | 113 |
| Fotografía 27. Daño en la vía de acceso principal de la Zona. | 114 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Gráfico 1. Gráfico para cálculo de vulnerabilidad asociado al peligro. | 23 |
| Gráfico 3. Metodología general para determinar los niveles de peligrosidad. | 56 |
| Gráfico 4. Flujograma general del proceso de análisis de información. | 57 |
| Gráfico 5. Metodología del análisis de la vulnerabilidad. | 75 |
| Gráfico 6. Flujograma para estimar los niveles del riesgo. | 108 |
| Gráfico 7. Muestras las principales medidas de control a seguir | 117 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | | |
|---------------|---|---|
| MDE | : | Modelo digital de elevaciones. |
| WGS-84 | : | Sistema Geodésico Mundial 1984. |
| UTM | : | Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator. |
| Qh-fl | : | Depósito fluvial. |
| Qh-Pr | : | Depósito Proluvial. |
| Qh-co | : | Depósito Coluvial. |
| Qh-cd | : | Depósito coluvio deluvial. |
| Nm-vh | : | Volcánico Huambos |
| Nm-an | : | Subvolcanico pórfido andesítico. |
| M-rs | : | Montaña en roca volcano sedimentaria. |
| C-ri | : | Colina en roca intrusiva. |
| V-dd | : | Vertiente con depósito de deslizamiento. |
| V-cd | : | Vertiente coluvial de detritos. |
| T-a | : | Terraza lagunar. |
| P-pr | : | Piedemonte Proluvial. |
| CCR | : | Cauce de río. |

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en la microcuenca Puruay en el distrito de Puruay en el departamento, provincia de Cajamarca. Donde en concurridas ocasiones se han producido deslizamientos y al no contar con estudios geológicos, pocos esfuerzos por reducir los riesgos se tuvo como objetivo principal evaluar los riesgos geológicos para determinar los peligros, se efectuó una evaluación de los riesgos producidos por deslizamientos y se analizaron los factores condicionantes, desencadenantes que pueden producir deslizamientos aplicando la metodología de Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres (CENEPRED) apoyados con un dron DJI MAVIC AIR 3 para cartografiar un plano de modelo digital de elevaciones (MDE). Los principales factores fueron las pendientes del terreno, las unidades geomorfológicas, geología; todos estos factores encontrados en la zona nos sirvieron de ayuda para poder hallar el nivel de peligrosidad, se identificaron deslizamientos rotacionales, también se determinó el nivel de vulnerabilidad de la población y con ello determinar el nivel de riesgo el cual fue muy alto y la aceptabilidad tuvo como resultado inaceptable. Para mitigar los niveles de riesgo se tiene que realizar monitoreos paulatinamente para evitar posibles deslizamientos motivo por el que este fenómeno es reactivo, la colocación de hitos monumentales para monitoreo de deslizamientos, además de constantes campañas de concientización a los pobladores para mantenerlos alerta y preparados para posibles sucesos de esta índole a futuro y prevenir pérdidas.

Palabras claves: Deslizamiento, Peligro, Riesgo, Vulnerabilidad.

ABSTRACT

The research was carried out in the Puruay micro-basin in the Puruay district of the department, Cajamarca province. Where landslides have occurred frequently and in the absence of geological studies, few efforts have been made to reduce risks. The main objective was to evaluate geological risks to determine the hazards. A landslide risk assessment was carried out and the conditioning and triggering factors that can produce landslides were analyzed by applying the methodology of the National Center for Disaster Risk Estimation, Prevention and Reduction (CENEPRED) supported by a DJI MAVIC AIR 3 drone to map a digital elevation model (DEM). The main factors were terrain slopes, geomorphological units, geology; All of these factors found in the area helped us determine the level of danger. Rotational landslides were identified. The level of vulnerability of the population was also determined, thereby determining the level of risk, which was very high and the acceptability resulted in an unacceptable result. To mitigate risk levels, monitoring must be carried out gradually to avoid possible landslides, which is why this phenomenon is reactive. Monumental markers must be placed to monitor landslides, in addition to constant awareness campaigns for residents to keep them alert and prepared for possible future events of this nature and prevent losses.

Keywords: Landslide, Danger, Risk, Vulnerability.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los movimientos producto de deslizamientos en el departamento de Cajamarca son muy frecuentes debido a su alto dinamismo tanto en geodinámica interna como externa. Estos eventos pueden ocasionar desastres que implican pérdidas humanas y materiales, se pueden evitar si se realiza un previo estudio para poder mitigar dichos peligros, y minimizar el riesgo. El Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) elaboró un método para evaluar riesgos ocasionados por la naturaleza. metodología de fácil implementación, pero aun poco difundida en las universidades peruanas. En la micro-cuenca Puruay han ocurrido deslizamientos en múltiples ocasiones, si bien no se han tenido casos de pérdidas humanas, dicha situación es preocupante por la generación en asentamientos humanos, la ausencia de estudios geológicos a detalle y los pocos esfuerzos de reducción del riesgo implementados. Con la investigación se logrará evaluar los distintos peligros en la zona para mejorar las condiciones de seguridad de la población. A raíz de los peligros existentes para la población se ha formulado la siguiente pregunta: ¿Cuál es la evaluación de los riesgos geológicos para determinar el peligro en la micro-cuenca Puruay, Distrito de Puruay - Cajamarca? Tomando como hipótesis que, según las características condicionantes y desencadenantes, evaluadas, se establece que los niveles de riesgo ante deslizamientos son de hasta nivel muy alto, por lo que la Municipalidad distrital de los Baños del Inca deberán implementar medidas de control adecuadas con el fin de mitigar el peligro existente y salvaguardar así la vida de los pobladores de la micro-cuenca Puruay. La investigación será de tipo descriptivo-explicativo, no experimental, porque identifica las características del terreno y analiza sus comportamientos geológicos, la cual realiza un análisis de los efectos que pueden ocurrir afectando a la población de la comunidad. Como delimitación espacial es la micro-cuenca Puruay en el distrito de Puruay-Cajamarca, encontramos limitaciones por no contar con antecedentes locales y el poco presupuesto para realizar los ensayos especializados. Lo que se investigará se observan en los objetivos, el principal es evaluar los riesgos geológicos para determinar los peligros en la micro-cuenca Puruay, Distrito de Puruay – Cajamarca y como objetivos específicos

realizar un estudio geológico del área con el uso de imágenes satelitales, determinar las causas desencadenantes de los riesgos en la zona y realizar un plano de zonificación de riesgos. La investigación cuenta con V capítulos los que serán desarrollados siguiendo la secuencia, el capítulo uno consta de la introducción donde encontramos la descripción, planteamiento de problema, objetivos de la investigación, en capítulo dos presenta el marco teórico donde encontramos los antecedentes, bases teóricas y definición de términos básicos. En el capítulo tres presentamos los materiales y métodos, donde detallamos la ubicación, geográfica, política y accesibilidad y las condiciones geológicas del área, además de la metodología y materiales que se van a utilizar. En el cuarto capítulo realizamos el procesamiento y análisis de la información recolectada en campo y la discusión de los resultados, para concluir encontramos el quinto capítulo donde presentamos las conclusiones y recomendaciones del estudio, para finalizar con las referencias bibliográficas usadas y los anexos los cuales apoyan a mejor los alcances de la investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Internacionales

SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA (2007), La guía aborda de manera integral los movimientos en masa en la región andina, brindando herramientas clave para evaluar amenazas geológicas como deslizamientos, caídas de rocas y desbordes de cauces. Sus objetivos principales fueron: divulgar conocimientos sobre estos fenómenos y sus causas; ofrecer metodologías para identificar y clasificar zonas de riesgo; promover el uso de sistemas de monitoreo en tiempo real; proponer estrategias de mitigación y prevención; y apoyar a municipios y comunidades con información técnica para la planificación territorial. En conjunto, la guía busca fortalecer la gestión del riesgo con un enfoque preventivo y educativo.

Guamán (2012), en la tesis de Guamán (2012), titulada “Aplicación de SIG para el manejo de riesgos naturales en el área urbana de la ciudad de Loja”, presenta una metodología práctica e innovadora para gestionar riesgos por movimientos de masa en entornos urbanos. Su objetivo principal es la elaboración de un mapa de riesgos, índice de amenazas, que integra factores como pendiente, tipo de suelo, uso del suelo, precipitaciones y actividad humana. Mediante el cálculo y estandarización de la densidad de deslizamientos, se generan mapas temáticos que clasifican las zonas según su nivel de amenaza. Este trabajo ofrece una herramienta útil para la gestión de riesgos, la planificación urbana y la concienciación ciudadana, destacando el valor de los SIG como apoyo técnico replicable en contextos similares.

2.1.2. Nacionales

CENEPRED (2014), el Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales del CENEPRED (2014) es una herramienta clave para fortalecer la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) en todos los niveles territoriales. Su objetivo es proporcionar una guía metodológica para identificar amenazas, analizar vulnerabilidades y estimar riesgos asociados a fenómenos naturales como sismos, inundaciones o deslizamientos. Dirigido a técnicos y autoridades, promueve un enfoque preventivo y facilita la planificación territorial con instrumentos prácticos como mapas de riesgos y uso de SIG. Además, fomenta la toma de decisiones informadas y la educación en gestión de riesgos, contribuyendo a reducir la vulnerabilidad y proteger a las comunidades.

Castro (2014), la tesis de Castro (2014), titulada “Evaluación del riesgo de desastres por peligros naturales y antrópicos del área urbana del distrito de Punta Hermosa”, analiza de forma integral los riesgos naturales y humanos que amenazan esta zona costera del Perú. Identifica cinco principales peligros naturales: sismos, tsunamis, erosión marina, inundaciones por activación de quebradas secas y erosión de laderas. Además, evalúa su magnitud, frecuencia e impacto potencial. El estudio tiene aplicaciones clave en la planificación urbana, la gestión del riesgo de desastres y la concienciación comunitaria, aportando información esencial para fortalecer la resiliencia del distrito frente a amenazas múltiples.

2.1.3. Locales

Zavala y Barrantes (2007), el primer reporte de Zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos en la región Cajamarca de Zavala y Barrantes (2007) presenta un estudio detallado que identifica, cartografía y evalúa las zonas de mayor riesgo geológico en la región, con especial atención a la provincia de San Marcos. Utilizando mapas temáticos e inventarios de eventos, se destacan peligros como derrumbes, deslizamientos, inundaciones, erosión fluvial, cárcavas y erosión de laderas, originados por factores naturales y actividades humanas. El informe es fundamental para la planificación territorial, la gestión de riesgos y la sensibilización comunitaria, ofreciendo herramientas clave para prevenir desastres y promover un desarrollo más seguro y sostenible.

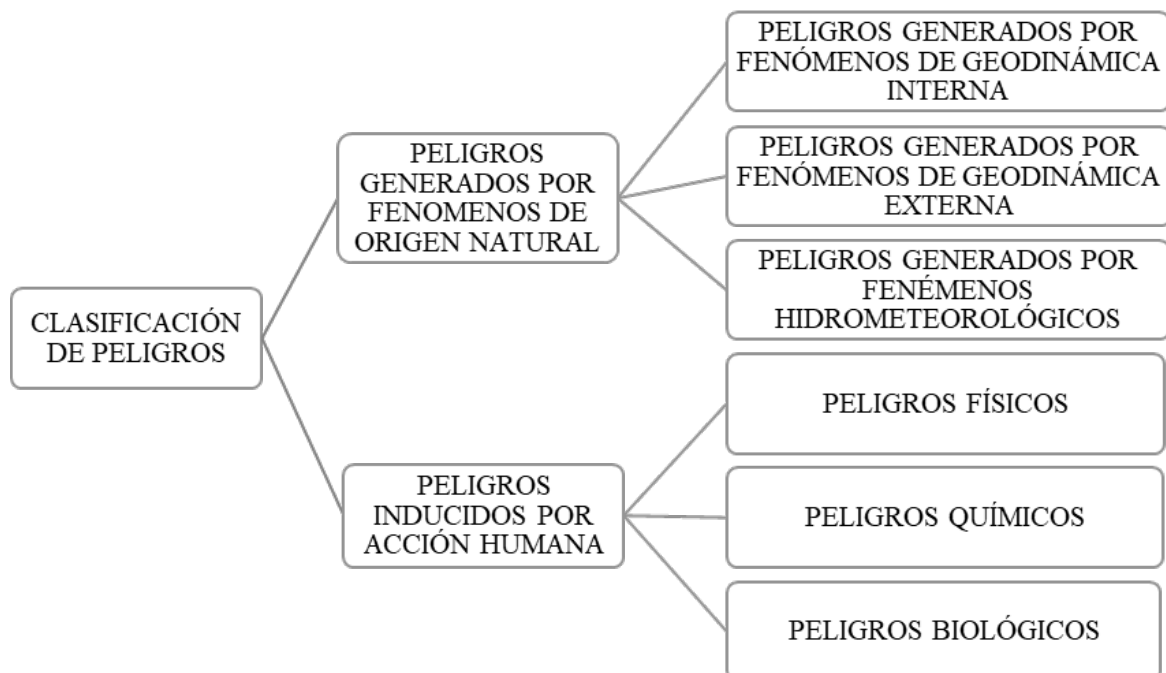
Zavala y Rosado (2011), el Boletín 44 del INGEMMET, elaborado por Zavala y Rosado (2011), presenta un estudio detallado sobre los riesgos geológicos en la región Cajamarca, enfocándose en tres principales peligros: inundaciones, huaycos y deslizamientos. A través de cartografía temática, análisis de causas y propuestas de mitigación, el informe identifica las zonas más vulnerables y las condiciones que aumentan la susceptibilidad, como la deforestación, el mal uso del suelo y el cambio climático. Este trabajo es clave para la planificación territorial, la gestión del riesgo y el fortalecimiento de la resiliencia comunitaria, contribuyendo al desarrollo sostenible y la protección de las poblaciones ante desastres naturales.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Peligro

El peligro se indica la posibilidad de que ocurra un evento natural o provocado por la actividad humana, con el potencial de causar daño, de una cierta intensidad o magnitud, en una región específica y dentro de un periodo de tiempo definido, con capacidad de afectar áreas pobladas, infraestructura física y/o el medio ambiente. En algunas investigaciones se emplea el término "amenaza" para describir este mismo concepto se define la amenaza como un peligro inminente. (INDECI, 2011).

Gráfico 1. Clasificación de Peligros.



Fuente: CENEPRED (2014).

Gracias a esta categorización, los fenómenos naturales se han organizado en tres tipos. (Varnes, & Cruden, 1993).

Peligros generados por fenómenos de geodinámica interna

Peligros generados por fenómenos de geodinámica externa

Peligros generados por fenómenos hidrometeorológicos.

Gráfico 2. Peligros generados por fenómenos de origen natural.



Fuente: CENEPRED (2014).

Peligros generados por fenómenos de Geodinámica Externa

Deslizamiento de Roca y Suelo

Los deslizamientos rotacionales son comunes en suelos homogéneos y cohesivos. Se distinguen por tener una superficie de falla curva o con forma de cuchara, lo que provoca que la masa deslizada se acumule en la base de la pendiente, formando una prominencia. (Varnes, & Cruden, 1993).

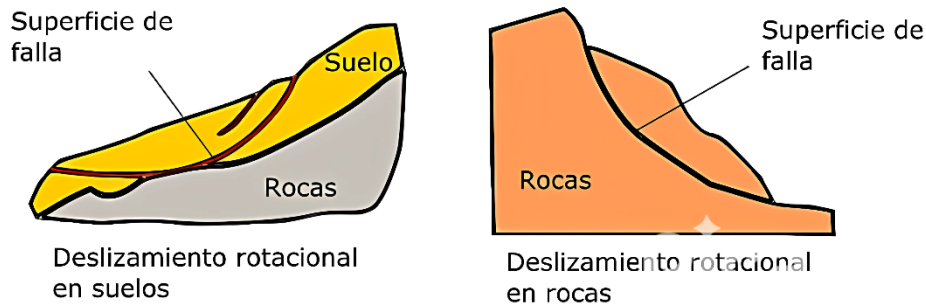


Figura 1. Deslizamiento rotacional en suelos y rocas
Fuente: Geoweb (2017).

Los deslizamientos traslacionales pueden ocurrir en suelos como en rocas. La ruptura se produce a lo largo de una o varias superficies de falla, como estratos, contactos entre rocas o planos de debilidad, que son planas y se encuentran alineadas con la pendiente (ladera). (Varnes, & Cruden, 1993).

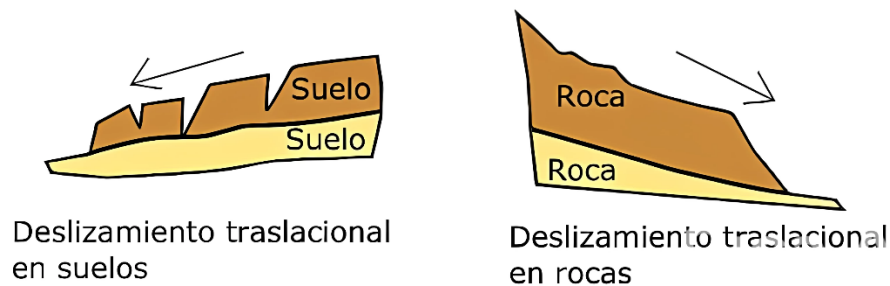


Figura 2. Deslizamiento traslacional en rocas y suelos
Fuente: Geoweb (2016).

Movimiento horizontal del suelo

Es un movimiento lento del suelo producto de la deformación interna, que se considera la etapa final de una serie de movimientos donde el cambio interno es mayor sobre otros mecanismos de movimiento. Este tipo de deslizamientos generalmente ocurre en terrenos casi planos y se dividen en dos tipos: Propagación lateral lenta, que se observa en estratos rocosos gruesos que cubren materiales blandos. Cuando estos estratos se rompen o agrietan debido a factores desencadenantes, el material se desplaza hacia las grietas, dando lugar a desplazamientos lentos. Y Propagación lateral rápida, que se presenta en materiales como limos arcillosos sensibles o arenas con poca cohesión y densidad baja o media. Estos materiales, cuando son afectados por factores desencadenantes como sismos, experimentan movimientos extremadamente rápidos y peligrosos. (Varnes, & Cruden, 1993).

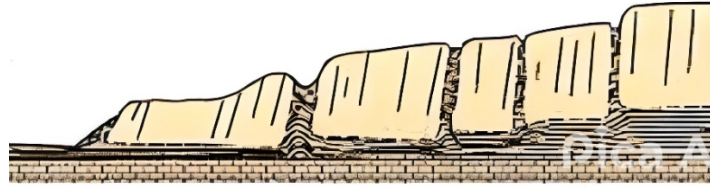


Figura 3. Propagación lateral en suelos
Fuente: Varnes, & Cruden, (1993)

Flujo

En un fenómeno de "flujo", se producen desplazamientos relativos entre las partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se desliza sobre una superficie. Durante este proceso, las deformaciones relativas internas son significativas y la masa fluye de manera similar a un líquido viscoso, pudiendo variar desde un flujo laminar hasta uno revuelto. Cuando la densidad y la viscosidad aumentan, el flujo puede transportar bloques grandes hacia la parte superior. (Greertsema, 2006).

a) Caído de rocas

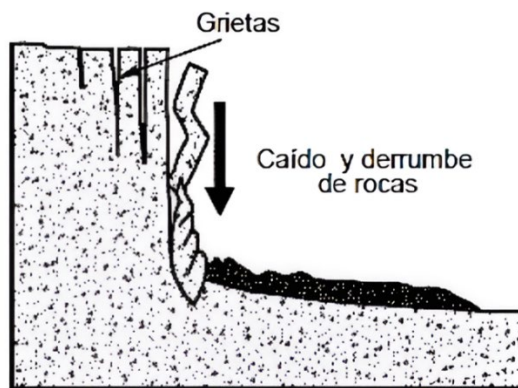


Figura 4. Caída de Rocas
Fuente: Greertsema (2006).

b) Deslizamientos de traslación

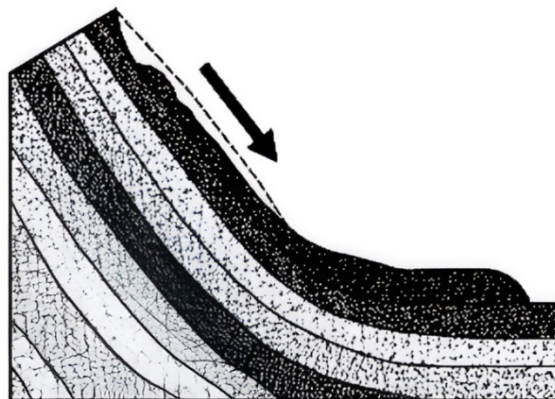


Figura 5. Deslizamientos.
Fuente: Greertsema (2006).

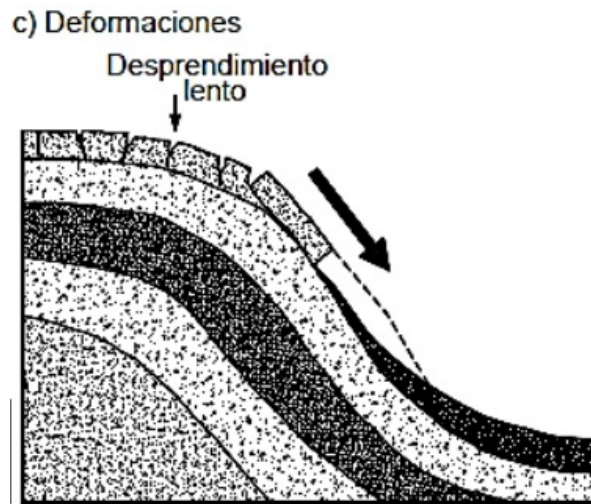


Figura 6. Deformaciones.
Fuente: Greertsema (2006).

Reptación

Se trata de un desplazamiento extremadamente lento que ocurre en las capas superiores de laderas con suelos arcillosos, con un espesor aproximado de 50 centímetros o menor. Este fenómeno está asociado con cambios climáticos en la humedad del suelo, debido a que el agua actúa como desestabilizante y el aumento del peso contribuye al movimiento. Además, las filtraciones diarias en la temperatura del suelo y otros factores, como la actividad faunística, también son de suma importancia. (Varnes, & Cruden, 1993).

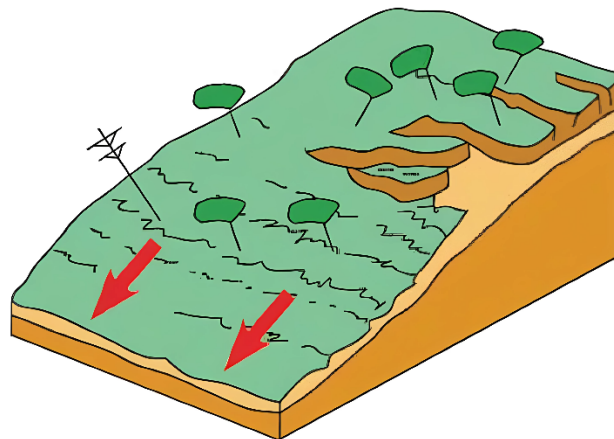


Figura 7. Explicación de la reptación.
Fuente: Varnes & Cruden (1993).

Deformaciones Gravitacionales Profundas

Los hundimientos debido a la deformación geológica, denominados internacionalmente como "sagging" según Hutchinson (1988), son deformaciones extensas y profundas que ocurren bajo la influencia de la gravedad. Estos fenómenos se observan en masas rocosas

que parecen ser competentes, pero han experimentado cambios en los esfuerzos internos. (Varnes, & Cruden, 1993).

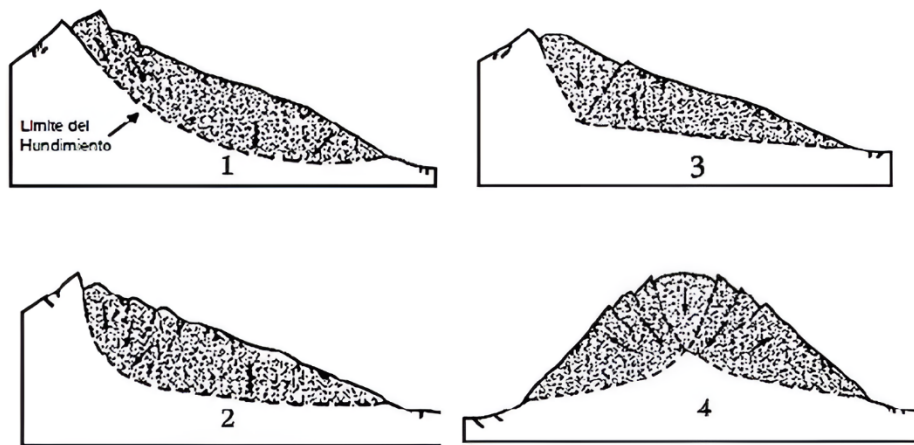


Figura 8. Tipos de sagging o hundimientos por deformación geológica.
Fuente: Varnes & Cruden (1993).

Peligros generados por Fenómenos Hidrometeorológicos.

Estos peligros son los que tienen un agente en común el cual es un fluido, como el agua o el aire, entre los principales tenemos: Inundaciones, lluvias intensas, sequía, tormentas eléctricas, vientos fuertes, erosión, incendios forestales. (Varnes, & Cruden, 1993).

Inundaciones

Ocurridos por las precipitaciones largas o prolongadas exceden la competencia de absorción del terreno, resultando en que la cantidad de agua del río rebasa y desborda, inundando los terrenos. Las franjas marginales, también conocidas como llanuras de inundación, vienen a ser extensiones del terreno cercanos a ríos que pueden inundarse. Debido a su naturaleza cambiante, es crucial examinar las llanuras de inundación y otras zonas propensas a inundaciones para comprender cómo pueden afectar por la actividad humana. (CENEPRED, 2014).

Lluvias Intensas.

La lluvia consiste en la caída continua y perceptible de gotas de agua líquida. Dependiendo del tamaño de las gotas, se puede distinguir entre llovizna, lluvia o chubasco. (Varnes, & Cruden, 1993). Las dos últimas categorías se clasifican según su intensidad en:

- Fuertes (entre 15 y 30 mm/hora)
- Muy fuertes (entre 30 y 60 mm/hora)
- Torrenciales (por encima de 60 mm/hora).

La aparición de lluvia está influenciada por tres factores principales: la presión atmosférica, la temperatura y la humedad del aire. Según su origen, las precipitaciones pueden categorizarse en tres tipos principales: Convectivas, frontales y orográficas. (Varnes, & Cruden, 1993).

Erosión de Suelos

Entre los riesgos asociados a la geodinámica externa se incluyen aquellos derivados de la erosión de la capa superficial de suelos o rocas, ocasionada por la influencia de factores naturales como la lluvia y el viento. Estos fenómenos afectan la probabilidad o susceptibilidad de los elementos que condicionan dichos procesos. En otras palabras, se refiere al movimiento natural de las partículas del suelo de un lugar a otro, principalmente impulsado por la acción del agua o del viento. (Varnes, & Cruden, 1993).

Precipitación

En meteorología, la precipitación es la forma en que se origina la atmosfera y está en la superficie, abarcando la lluvia y granizo, excluyendo formas de condensación como la neblina y el rocío. La cantidad de precipitación que cae sobre un punto específico de la superficie terrestre se conoce como pluviométrico. (CENEPRED, 2014).

La precipitación desempeña un papel fundamental en el ciclo hidrológico, transportando agua dulce hacia la superficie terrestre y promoviendo así la vida en nuestro planeta. Tanto los seres animales como vegetales dependen del agua para existir. Este fenómeno ocurre cuando las nubes alcanzan un nivel de saturación, lo que provoca que las gotas de agua aumenten de tamaño hasta que su masa las hace caer por la fuerza de la gravedad. (CENEPRED, 2014).

2.2.2. Peligros Geológicos

El peligro natural se refiere a la posibilidad de que suceda un evento potencialmente perjudicial en una región específica durante un lapso determinado. Asimismo, se puede entender como la capacidad de un fenómeno para causar daño, tanto humano como material, en relación con el tiempo. Cuando el periodo de tiempo es considerablemente extenso, como miles de años, el riesgo se vuelve insignificante en comparación con la duración de la vida humana. (Anguita & Serrano, 1993; Sanhueza & Vidal, 1996).

Por lo tanto, el riesgo geológico abarca cualquier fenómeno geológico que represente una amenaza para construcciones pasadas, presentes o futuras, así como para el uso de tierras,

con implicaciones para la salud, seguridad pública o propiedades. Los peligros geológicos de naturaleza natural, es decir, aquellos no causados directamente por actividades humanas, aunque estas puedan intensificarlos, pueden dividirse en dos categorías: endógenos, que ocurren dentro de la Tierra y generan fenómenos como terremotos, tsunamis y erupciones volcánicas; y exógenos, que se manifiestan en la superficie terrestre, incluyendo procesos como la intemperie, erosión y sedimentación, causados por factores como la gravedad, agua, aire, y la radiación solar, entre otros, que modelan la topografía terrestre. (Varnes, & Cruden, 1993).

2.2.3. Movimientos en Masa

Es el proceso mediante el cual un material rocoso o suelo que constituyen una pendiente se desplaza con la asistencia de la gravedad y otros agentes. (Varnes, 1978; Cruden y Varnes, 1996). Ver tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de Movimientos en Masa.

| Tipos de movimientos | Tipo de material | | |
|----------------------|---|---|--|
| | Suelos ingenieriles | | |
| | Roca | Detritos Predominantemente Granular (<80% arena y más fina) | Tierra Predominantemente fina (>80% arena y más fino) |
| Deslizamiento | Desligamiento de roca | Deslizamiento de detritos | Derrumbe de tierra Desplazamiento de tierra |
| Complejo | Combinación de dos o más de los principales tipos de movimientos | | |

Fuente: Varnes, & Cruden (1993)

Esta adaptación se fundamenta en el tipo de movimiento y el material implicado. De esta manera, se pueden identificar cuatro mecanismos diferenciados de movimiento: caídas, deslizamientos, flujos y movimientos complejos. Además, en este estudio se toman en cuenta los procesos de erosión de laderas. Mientras que los tres primeros son fundamentales, el cuarto implica la combinación de dos o más de los movimientos anteriores. La erosión de laderas se reconoce por ser precursora, en muchos casos, de la ocurrencia de un movimiento en masa de gran magnitud. (CENEPRED, 2014).

a) caídas: Son desplazamientos bruscos de una masa rocosa, de cualquier magnitud, que se desprenden de un talud escarpado o un precipicio y descienden generalmente a través del aire por caída libre, saltos, rodando, entre otros. La separación se produce a lo largo de discontinuidades como juntas, planos de estratificación y fracturas. Estos movimientos son rápidos a extremadamente rápidos, y la gravedad influye en las caídas, así como la meteorización mecánica. (Varnes, & Cruden, 1993)



Figura 9. Esquema de caída de rocas.
Fuente: Varnes, & Cruden (1993)

La presencia de agua intersticial dentro de las caídas puede diferenciar dos tipos de movimientos:

Derrumbes: Se trata de la desintegración habitualmente de rocas, que da lugar a la formación de un depósito desordenado de material grueso o mixto en su base. Este fenómeno es provocado por el socavamiento de la base de riberas fluviales, zonas costeras, áreas, acantilados rocosos y laderas con pendientes moderadas a elevadas, debido a la acción de lluvias, movimientos sísmicos y actividades humanas como cortes de carreteras o actividades agrícolas. (Varnes, & Cruden, 1993).

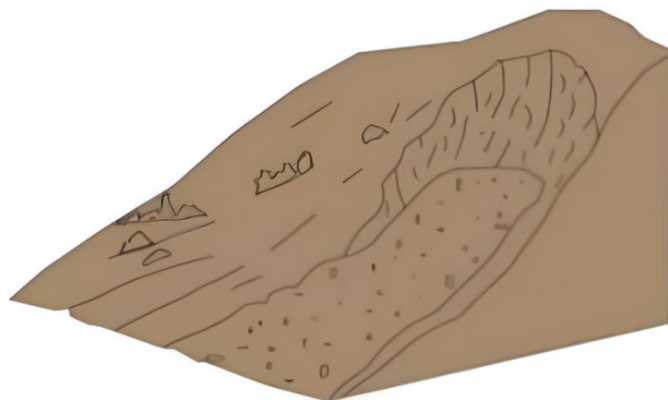


Figura 10. Esquema sobre derrumbes

Fuente: Varnes & Cruden (1993)

Deslizamiento: Este tipo de movimiento implica una deformación que implica desplazamiento y corte a lo largo de una o varias superficies visibles o que pueden inferirse, dentro de una zona más o menos estrecha. (Varnes, & Cruden, 1993). Se distinguen los siguientes tipos de deslizamiento:

Deslizamiento Rotacional: Este tipo de deslizamiento ocurre a lo largo de una superficie de ruptura que tiene una forma cóncava, semicircular o circular hacia arriba. La velocidad de deslizamiento puede variar de lenta a moderada o rápida, y la inclinación de la superficie de ruptura en la base del deslizamiento puede cubrir un amplio rango. Este fenómeno puede ocurrir en rocas muy fracturadas, detritos y suelos. (Varnes, & Cruden, 1993).

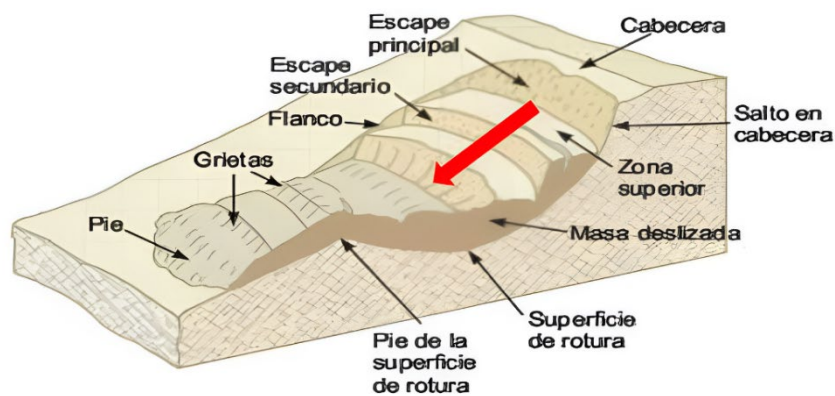


Figura 11. Esquema de Deslizamiento Rotacional.
Fuente: Varnes, & Cruden (1993)

Deslizamiento Traslacional: Este tipo de deslizamiento ocurre a lo largo de una superficie de ruptura que puede ser plana u ondulada y está influenciada o relacionada estructuralmente con superficies de debilidad, como diaclasas, planos de estratificación, fallas o el contacto entre el substrato rocoso sólido y los depósitos superficiales suprayacentes. Estos deslizamientos pueden ocurrir en detritos, suelos y roca. (Varnes, & Cruden, 1993).

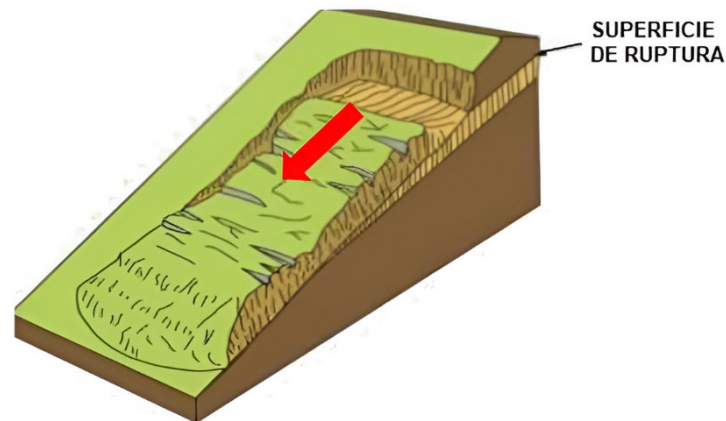


Figura 12. Esquemas de deslizamiento traslacional.
Fuente: Varnes, & Cruden (1993).

Flujos: Estos son desplazamientos de material litológico que varía en textura de fina a gruesa y se mueve a lo largo de una superficie, exhibiendo un comportamiento similar al de un fluido. Este material puede estar saturado o seco y puede moverse rápidamente o lentamente. (Varnes, & Cruden, 1993). Los tipos de deslizamiento incluyen:

Flujos de detritos: También conocidos como aluviones, estos flujos se caracterizan por rápidas crecidas repentinas de agua turbia, arrastrando materiales de diversas características provenientes de la meteorización de las rocas y la sedimentación. Estos materiales van desde grandes bloques de roca hasta suelos finos, vegetación y árboles, que pierden su estabilidad estructural debido a la acción del agua. (Varnes, & Cruden, 1993).

Se desplazan a lo largo de un cauce definido, con desbordes laterales, y en su parte final forman un abanico coluvial. (Varnes, & Cruden, 1993).

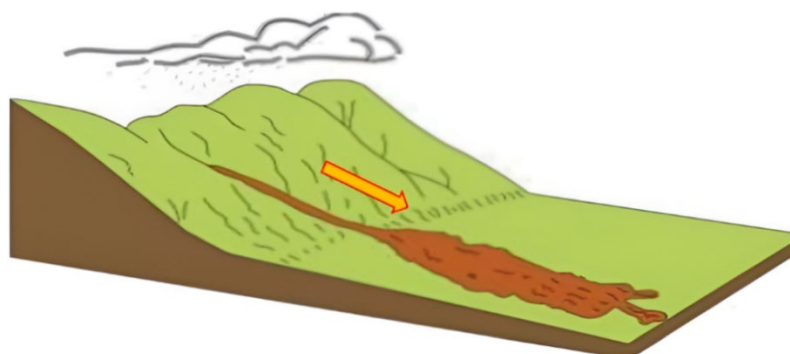


Figura 13. Esquema de flujo canalizado.
Fuente: Varnes, & Cruden (1993)

Avalancha de detritos: Este tipo de flujo de detritos no canalizado, es extremadamente rápido, pudiendo alcanzar velocidades desde rápidas hasta extremadamente rápidas. Puede extenderse sobre áreas abiertas en laderas con pendientes muy pronunciadas. Este fenómeno,

caracterizado por su velocidad y poder destructivo, puede arrastrar una amplia gama de materiales, desde sedimentos finos hasta grandes bloques de roca, desplazándose con una fuerza que puede alterar significativamente el paisaje y causar daños severos en su camino. (Varnes, & Cruden, 1993).

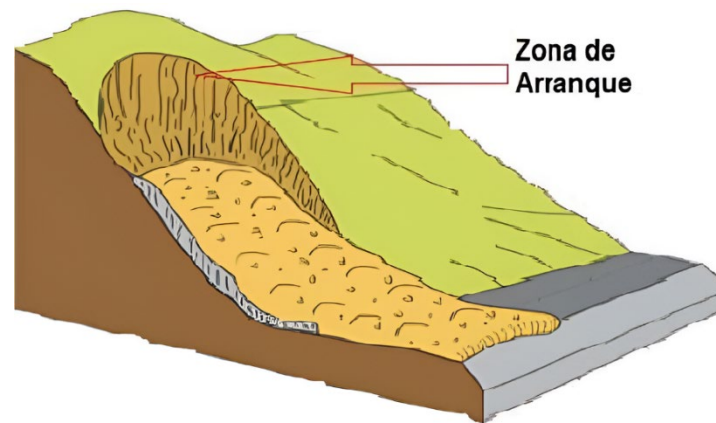


Figura 14. Avalancha de detritos.
Fuente: Varnes, & Cruden (1993)

d) Movimientos Complejos: Este fenómeno surge de la combinación de uno o más de los cinco tipos de movimientos previamente mencionados. Muchos deslizamientos presentan una complejidad en la que un tipo de movimiento suele predominar sobre los demás en ciertas áreas del deslizamiento en un momento específico. Por ejemplo, pueden ocurrir deslizamientos-flujos de tierra o avalanchas de rocas, donde un tipo de movimiento puede ser más prominente que los otros. (Varnes, & Cruden, 1993).

Erosión de laderas: La erosión del suelo ocurre cuando el material superficial es desplazado por la acción del agua o del viento. Este proceso desencadena cuando el agua, en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escorrentías (escurrimiento), entra en contacto con la superficie del suelo. Para llevar a cabo esta remoción, requiere la eliminación de la cobertura vegetal y la excavación del suelo. Estas actividades pueden causar problemas en las laderas y en los cuerpos de agua, ya que el suelo removido puede ser arrastrado por las corrientes, alterando los ecosistemas naturales y generando problemas de sedimentación en el lugar mismo. (Varnes, & Cruden, 1993).

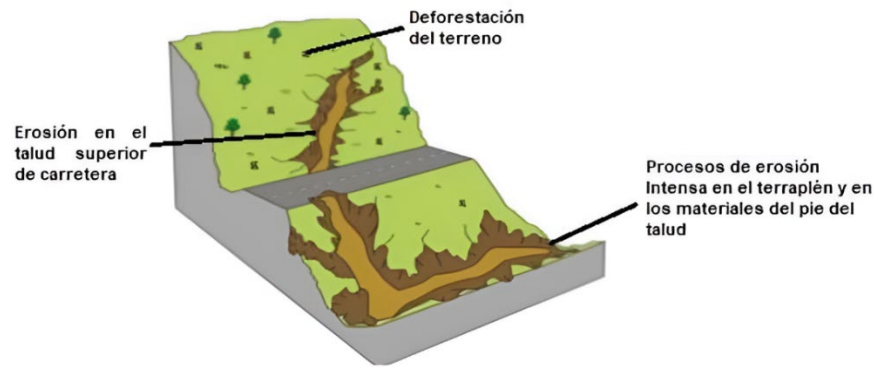


Figura 15. Esquema de erosión de laderas.
Fuente: Varnes, & Cruden (1993)

Cárcavas: Este tipo de erosión se manifiesta en forma de surcos que se forman debido al flujo de agua sobre la superficie de las laderas. La presencia de cárcavas en el terreno indica un nivel avanzado de degradación del suelo. Si las pequeñas incisiones por las que fluye el agua en la ladera no son corregidas, estas se ampliarán progresivamente en dirección al flujo de agua, atrapando desprendimientos y colapsos de materiales más grandes debido a la pérdida de cohesión causada por la saturación de humedad. (Varnes, & Cruden, 1993).

2.2.4. Susceptibilidad

La susceptibilidad se refiere a la predisposición variable a que ocurra un evento en una determinada área geográfica, dependiendo de los factores que condicionan y desencadenan el fenómeno, así como del contexto geográfico específico. Según este concepto, las áreas que se inundan rápidamente durante inundaciones serían consideradas como zonas altamente susceptibles a eventos hídricos, mientras que aquellas que no se ven afectadas representarían áreas de menor susceptibilidad a inundaciones. (González de Vallejo, 2002).

Factores Desencadenantes

Los parámetros geográficos son elementos que pueden desencadenar eventos o sucesos que representan riesgos en una región específica. Por ejemplo, las lluvias intensas pueden causar deslizamientos de tierra en terrenos inestables. Estos parámetros son fundamentales para comprender y gestionar los riesgos naturales en una determinada área geográfica. (CENEPRED, 2014).

Susceptibilidad en el Marco Geológico

La susceptibilidad se refiere a la facilidad a que un fenómeno puede ocurrir debido a los factores intrínsecos o condicionantes de la roca o al suelo. En un análisis de susceptibilidad, no se toma en cuenta la probabilidad de que ocurra un evento desencadenante específico, como una lluvia intensa. Los movimientos de masa en laderas, como los deslizamientos, la susceptibilidad puede evaluarse de dos maneras distintas: mediante un enfoque basado en la experiencia y otro basado en modelos teóricos. El sistema de la experiencia implica evaluar la susceptibilidad mediante la observación directa de eventos pasados y la experiencia acumulada en un área determinada. Esto puede incluir el estudio de registros de deslizamientos, e identificación de características geológicas y geomorfológicas que puedan influir en la estabilidad del terreno. El sistema teórico se basa en modelos y métodos analíticos para evaluar la susceptibilidad. Esto puede implicar el uso de datos geotécnicos y topográficos para realizar análisis de estabilidad y pronosticar la probabilidad de que ocurran deslizamientos en función de las características del terreno. Ambos enfoques tienen sus ventajas y limitaciones, pero juntos proporcionan una comprensión más completa de la susceptibilidad a los movimientos de masa en laderas, lo que es fundamental para la evaluación y la gestión de los riesgos asociados a este tipo de eventos. (Varnes, & Cruden, 1993).

2.2.5. Peligrosidad

En el marco de la Evaluación de Riesgos, las zonas de peligro se clasifican en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto. Estos niveles indican el grado de riesgo asociado a cada zona y guían las medidas de mitigación y preparación. (CENEPRED, 2014).

1. Bajo nivel de riesgo: Peligro mínimo o insignificante, con baja probabilidad de eventos peligrosos y consecuencias limitadas.

2. Nivel de riesgo medio: Peligro moderado, con probabilidad significativa de eventos peligrosos y consecuencias manejables con medidas de preparación.
3. Alto nivel de riesgo: Peligro considerable, alta probabilidad de eventos peligrosos y consecuencias graves que requieren planificación y mitigación exhaustivas.
4. Muy alto nivel de riesgo: Mayor peligro, con probabilidad extremadamente alta de eventos peligrosos y consecuencias catastróficas que demandan medidas críticas de mitigación y preparación.

Esta estratificación facilita la comprensión de los riesgos y orienta las decisiones en la gestión de riesgos y la planificación del desarrollo urbano y rural. (CENEPRED, 2014).

2.2.6. Vulnerabilidad

Es la susceptibilidad encontrada en una cantidad de personas, estructuras, actividad económica que puede ser dañada por algo tipo de peligro. Este concepto adquiere relevancia al considerar cómo factores variables, como el crecimiento de la población, la urbanización, la ocupación del territorio, el empobrecimiento de ciertos sectores de la población, la falta de sistemas organizacionales adecuados y la presión sobre los recursos naturales, contribuyen al aumento constante de la vulnerabilidad de las comunidades frente a una amplia gama de fenómenos de origen natural. (CENEPRED, 2014).

El crecimiento poblacional y los procesos de urbanización pueden resultar en una mayor densidad de población en áreas vulnerables, como zonas costeras propensas a inundaciones o laderas susceptibles a deslizamientos de tierra. Además, la rápida ocupación del territorio sin una adecuada planificación urbana puede llevar a la construcción de viviendas y estructuras vulnerables a los impactos de fenómenos naturales. (CENEPRED, 2014).

En resumen, la vulnerabilidad de una comunidad frente a fenómenos naturales está influenciada por una serie de factores que afectan la capacidad para hacer frente a los riesgos y recuperarse de los desastres. Es fundamental abordar estos factores para reducir la vulnerabilidad y fortalecer la resiliencia de las comunidades frente a eventos adversos. (CENEPRED, 2014).

Exposición

La Exposición se refiere a las decisiones y prácticas que colocan a los seres humanos y sus medios de vida en la trayectoria de un peligro. Esta exposición surge de una interacción inapropiada con el entorno, producto de la sobrepoblación no planificada, migraciones desordenadas, urbanismo con falta de gestión y/o políticas de crecimiento económico no controlado. A medida que aumenta la exposición, también lo hace la vulnerabilidad. (CENEPRED, 2014).

Este factor analiza las comunidades expuestas (población, unidades de producción, infraestructura vital, entre otros elementos) a los peligros identificados.

Fragilidad

Se refiere a las condiciones de debilidad de los humanos frente a un peligro. Está asociada con las características físicas de una comunidad o sociedad y surge internamente, como resultado de factores como los métodos de construcción utilizados, el incumplimiento de normativas vigentes sobre construcción y/o materiales, entre otros. A medida que aumenta la fragilidad, también lo hace la vulnerabilidad. (CENEPRED, 2014).

Resiliencia

La Resiliencia se refiere al grado de adaptación o capacidad de recuperación de los seres humanos y sus medios de vida cuando se enfrentan a un peligro. Esta capacidad está vinculada con aspectos sociales y la organización de la población. Cuanto mayor es la resiliencia, menor es la vulnerabilidad. (CENEPRED, 2014).

2.2.7. Niveles de Vulnerabilidad

En una Evaluación de Riesgos, se estratifican las zonas de vulnerabilidad en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto.

Estas categorías ayudan a comprender el grado de riesgo y guían la planificación para la reducción de riesgos y la resiliencia comunitaria. Ver tabla 3.

Tabla 2. Estratificación de la Vulnerabilidad (CENEPRED, 2014)

| NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD | DESCRIPCIÓN | COLOR INDICADO PARA VULNERABILIDAD |
|----------------------------|--|------------------------------------|
| Muy alta | Mayor vulnerabilidad, con mínima capacidad para resistir y recuperarse. | |
| Alta | Susceptibilidad considerable, con capacidad limitada para resistir y recuperarse. | |
| Media | Susceptibilidad moderada, con respuesta y recuperación menos sólida que el nivel bajo. | |
| Baja | Capacidad robusta para resistir y recuperarse de los peligros. | |

Fuente: CENEPRED (2014).

Para obtener los niveles de vulnerabilidad se debe tener en cuenta la exposición, fragilidad y resiliencia. Ver tabla 4.

$$\frac{\text{Exposición} * \text{Fragilidad}}{\text{Resiliencia}} = \text{Vulnerabilidad}$$

Tabla 3. Matriz General de Vulnerabilidad.

| NIVEL | DESCRIPCIÓN | RANGO |
|--------------------------------|--|--------------------------|
| VULNERABILIDAD MUY ALTO | Grupo etario: de 0 a 5 años y mayor a 65 años. Servicios educativos expuestos: mayor a 75% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: mayor a 60% del servicio de salud expuesto. Materia de construcción: estera/cartón. Estado de conservación de la edificación: Muy malo. Topografía del terreno: 50% ≤ P ≤ 80%. Configuración de elevación de la edificación: 5 pisos. Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente: mayor a 80%. Localización de la edificación: Muy cerca 0 a 0.20km. Servicios de agua y desagüe: mayor a 75% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: mayor a 75%. Servicio de empresas de distribución de combustible y gas: mayor a 75%. Servicio de empresas de transporte expuesto: mayor a 75%. Área agrícola: mayor a 75%. Servicios de telecomunicación: mayor a 75%. Antigüedad de construcción: de 40 a 50 años. PEA desocupada: escaso acceso y la no permanencia a un puesto de trabajo. Organización y capacitación institucional: presentan poca efectividad en su gestión, desprestigio y aprobación popular. Deforestación: áreas sin vegetación, terrenos eriazos. Flora y fauna: 76 a 100% expuesta. Pérdida de suelo: erosión provocada por lluvias. Pérdida de agua: demanda agrícola y pérdida por contaminación. | 0.260 ≤ R ≤ 0.503 |

| NIVEL | DESCRIPCIÓN | RANGO |
|-----------------------------|---|---------------------------|
| VULNERABILIDAD ALTO | Grupo etario: de 5 a 12 años y de 60 a 65 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 75% y mayor a 50% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: menor o igual a 60% y mayor a 35% del servicio de salud expuesto. Materia de construcción: madera. Estado de conservación de la edificación: Malo. Topografía del terreno: $30\% \leq P \leq 50\%$. Configuración de elevación de la edificación: 4. Actitud frente al riesgo: escasamente provisoria de la mayoría de la población. Localización de la edificación: cercana 0.20 a 1km. Servicios de agua y desagüe: menor o igual 75% y mayor a 50% del servicio expuesto. Servicios de agua y desagüe: mayor a 75% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: menor a 75% y mayor a 50%. Servicio de empresas de distribución de combustible y gas: menor o igual 75% y mayor a 50%. Servicio de empresas de transporte expuesto: menor o igual 75% y mayor a 50%. Servicios de telecomunicación: menor o igual 75% y mayor a 50%. Área agrícola: menor o igual 75% y mayor a 50%. | $0.134 \leq R \leq 0.260$ |
| VULNERABILIDAD MEDIO | Grupo etario: de 12 a 15 años y de 50 a 60 años. Grupo etario: de 5 a 12 años y de 60 a 65 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 50% y mayor a 25% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: menor o igual a 35% y mayor a 20% del servicio de salud expuesto. Materia de construcción: quinchá (caña con barro). Estado de conservación de la edificación: Regular. Topografía del terreno: $20\% \leq P \leq 30\%$. Actitud frente al riesgo: parcialmente provisoria de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo sin implementación de medidas para prevenir. Localización de la edificación: medianamente cerca 1 a 3km. Servicios de agua y desagüe: menor o igual 50% y mayor a 25% del servicio expuesto. Servicios de agua y desagüe: mayor a 75% del servicio expuesto. Servicio de empresas eléctricas expuestas: menor o igual a 25% y mayor a 10%. Servicio de empresas de distribución de combustible y gas: menor o igual al 50% y mayor al 25%. | $0.068 \leq R \leq 0.134$ |
| VULNERABILIDAD BAJO | Grupo etario: de 15 a 50 años. Grupo etario: de 5 a 12 años y de 60 a 65 años. Servicios educativos expuestos: menor o igual a 25% del servicio educativo expuesto. Servicios de salud terciarios expuestos: menor o igual a 20% del servicio de salud expuesto. Materia de construcción: ladrillo o bloque de cemento. Estado de conservación de la edificación: Bueno a muy bueno. Topografía del terreno: $P \leq 10\%$. Configuración de elevación de la edificación: menos de 2 pisos. Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a normatividad vigente: menor a 40%. Actitud frente al riesgo: parcial y/o provisoria de la mayoría o totalidad de la población, implementando medidas para prevenir el riesgo. Localización de la edificación: alejada a muy alejada mayor a 3km. | $0.035 \leq R \leq 0.068$ |

Fuente: CENEPRED (2014).

2.2.8. Cálculo de los Niveles de Vulnerabilidad

La Vulnerabilidad se entiende como "la propensión de la población, la infraestructura o las actividades socioeconómicas a sufrir daños debido a la presencia de un peligro o amenaza". El análisis está vinculada a causas que son resiliencia, fragilidad y exposición, de los factores afectados. Estos factores incluyen información sobre el elemento vulnerable, el cual

debe clasificarse en cuatro dimensiones: social, física, económica y ambiental. (CENEPRED, 2014).

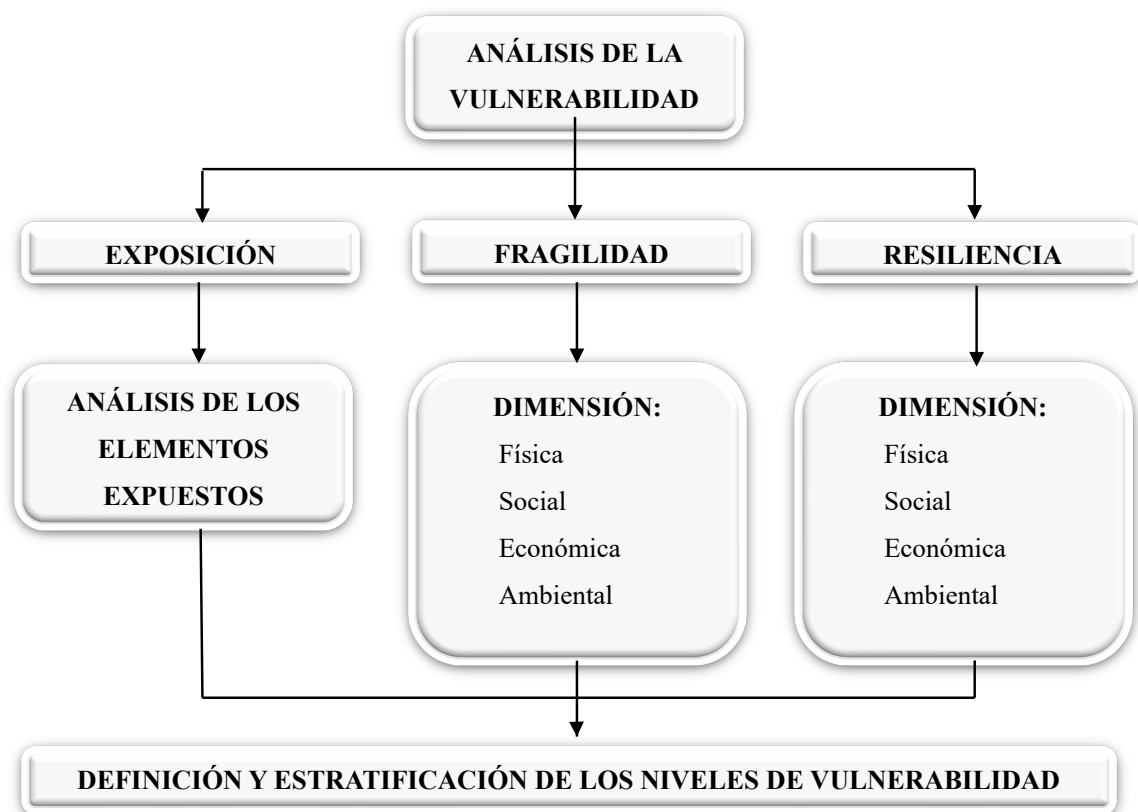
Dimensión física: Son las condiciones geológicas presentes en el área geográfica que podrían ser afectadas por el peligro. (CENEPRED, 2014).

Dimensión social: Son las limitaciones de comportamiento y la organización de la población frente a la amenaza. (CENEPRED, 2014).

Dimensión económica: Hace referencia a la falta de recursos económicos y financieros de los pobladores residentes en un área geográfica afectada por el peligro. (CENEPRED, 2014).

Dimensión ambiental: Está vinculada al uso que la población hace de los recursos proporcionados por el capital natural en el área geográfica susceptible al peligro. Ver Gráfico 1.

Gráfico 1. Gráfico para cálculo de Vulnerabilidad asociado al Peligro.



Fuente: CENEPRED (2014).

2.2.8.1. Exposición

Se entiende como la condición del elemento, estructura o persona que está en riesgo de ser afectado por el impacto del peligro. (CENEPRED, 2014).

Análisis del elemento expuesto: Este proceso consiste en identificar los elementos que están en riesgo ante el peligro, como viviendas e infraestructuras que podrían resultar dañadas. La identificación de estos peligros se realiza al intersecar el mapa de peligros con el mapa catastral, lo que permite determinar los elementos susceptibles de sufrir daños. (CENEPRED, 2014).

Una vez identificados los elementos expuestos, es necesario obtener datos estadísticos para calcular la vulnerabilidad. Ver tabla 05.

Tabla 4. Cálculo de elementos a ser evaluados

| TIPO DE ELEMENTO | CANTIDAD |
|---------------------|----------|
| Trabajo | |
| Casas | 193 |
| Habitantes | 600 |
| OTROS CAMPOS | |
| Zonas comerciales | 0 |
| Comisarias | 0 |
| Centros educativos | 1 |
| Puestos de salud | 1 |

Fuente: CENEPRED (2014).

2.2.8.2. Fragilidad

Este apartado describe la condición de desventaja o debilidad de un elemento expuesto al peligro, destacando cómo la fragilidad de dicho elemento influye en su vulnerabilidad ante un evento peligroso. La relación entre fragilidad y vulnerabilidad es directa: cuanto mayor es la fragilidad de un elemento, mayor será su vulnerabilidad frente al peligro. La fragilidad puede ser analizada desde diferentes perspectivas, considerando varias dimensiones que afectan la capacidad del elemento para resistir o adaptarse al impacto del peligro. (CENEPRED, 2014). Estas dimensiones son las siguientes:

1. **Dimensión física:** Hace referencia a las características físicas y estructurales del elemento expuesto, como la calidad de las construcciones, la solidez de las infraestructuras y la resistencia de los materiales frente a los riesgos. Un elemento con una estructura débil o con condiciones geográficas desfavorables será más vulnerable a los efectos del peligro, como inundaciones, terremotos, deslizamientos, entre otros. (CENEPRED, 2014).
2. **Dimensión social:** Está vinculada a las características demográficas, culturales y organizativas de la población que se encuentra en riesgo. Factores como la educación, la preparación ante desastres, la cohesión social y la capacidad de respuesta frente a emergencias son determinantes en la vulnerabilidad social. Las comunidades con bajos niveles de organización o sin acceso a información y recursos adecuados son más susceptibles a sufrir daños graves cuando se presenta un peligro. (CENEPRED, 2014).
3. **Dimensión económica:** Se refiere a los recursos económicos y financieros disponibles para enfrentar los efectos de un peligro. La falta de recursos puede limitar la capacidad de las personas o comunidades para protegerse, prepararse o recuperarse después de un desastre. Las poblaciones con menos acceso a servicios financieros, infraestructura de salud o seguros son más vulnerables, ya que no pueden permitirse tomar medidas preventivas o de mitigación. (CENEPRED, 2014).
4. **Dimensión ambiental:** Examina la relación de la población con el entorno natural y los recursos que este proporciona. Las comunidades que dependen directamente de los recursos naturales, como el agua o los cultivos, son más vulnerables si estos recursos se ven amenazados por un peligro, como la contaminación, la deforestación, o el cambio climático. Además, la degradación ambiental puede aumentar la exposición de estos elementos a los riesgos, haciendo que la población y el medio ambiente sean más susceptibles a daños. (CENEPRED, 2014).

Cada una de estas dimensiones contribuye a determinar el grado de vulnerabilidad de los elementos expuestos, permitiendo identificar áreas de intervención para reducir los riesgos y mejorar la resiliencia de la población y las infraestructuras. (CENEPRED, 2014).

2.2.8.3. Resiliencia

La resiliencia es la capacidad que tienen los seres humanos para enfrentar, superar y adaptarse a los efectos de un peligro o desastre, no solo resistiendo el impacto inicial, sino también recuperándose de manera efectiva y aprendiendo de la experiencia para reducir los

riesgos en el futuro. Implica un proceso dinámico que va más allá de la simple resistencia ante la adversidad; se trata de cómo las personas, comunidades y sistemas pueden absorber los impactos negativos, adaptarse a nuevas realidades y, finalmente, mejorar su capacidad de respuesta ante futuros eventos. A medida que aumenta la resiliencia, disminuye la vulnerabilidad, ya que los elementos afectados se vuelven más preparados para afrontar situaciones adversas. (CENEPRED, 2014).

La resiliencia puede analizarse en cuatro dimensiones principales, cada una de las cuales influye en la capacidad de un sistema, comunidad o individuo para hacer frente a los peligros: Dimensión física, Dimensión social, Dimensión económica y Dimensión ambiental.

En resumen, la resiliencia es un concepto integral que abarca diferentes aspectos de la vida humana y el entorno, y su fortalecimiento en diversas dimensiones reduce significativamente la vulnerabilidad frente a los peligros. Al mejorar la resiliencia física, social, económica y ambiental, las comunidades y las sociedades en general se vuelven más preparadas para enfrentar y superar los desafíos que los peligros o desastres puedan presentar. (CENEPRED, 2014).

2.2.9. Riesgo

Una vez que se han identificado y evaluado los peligros que afectan al área geográfica en estudio, considerando factores como la intensidad, magnitud, frecuencia o periodo de recurrencia, así como el nivel de susceptibilidad a los fenómenos naturales, y tras realizar el análisis correspondiente de los componentes que contribuyen a la vulnerabilidad, incluyendo la exposición, fragilidad y resiliencia, junto con la identificación de los elementos potencialmente vulnerables y la estimación del tipo y grado de daños que podrían ocurrir, se procede a combinar estos elementos para calcular el nivel de riesgo del área en cuestión. (Carreño et. al. 2005).

El riesgo es el producto entre la vulnerabilidad frente al peligro, para evaluar las consecuencias ambientales, económicas y sociales que pueden derivarse de uno o varios fenómenos peligrosos. Cualquier modificación en uno o más de estos factores afecta directamente al nivel de riesgo en sí, es decir, al conjunto de pérdidas previstas y las repercusiones en una zona específica. (Carreño et. al. 2005).

La conceptualización de los términos peligro (amenaza), vulnerabilidad y riesgo, ampliamente aceptada en el ámbito técnico-científico, como lo proponen Cardona (1985), Fournier d'Albe (1985), Milutinovic y Petrovsky (1985b) y Coburn y Spence (1992), se basa

en la ecuación adaptada a la Ley N°29664, que establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Según esta ecuación, el riesgo se entiende como una función del peligro y la vulnerabilidad. (Carreño et. al. 2005).

$$Riesgo = f(peligro, vulnerabilidad)$$

Matriz de riesgo

Gracias a esta matriz de doble entrada, podemos identificar el nivel de riesgo basándonos en el entendimiento de los peligros y las vulnerabilidades. (Carreño et. al. 2005).

Tabla 5. Matriz de Riesgo de doble entrada.

| | | | | | |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|
| PMA | 0.503 | 0.034 | 0.067 | 0.131 | 0.253 |
| PA | 0.26 | 0.018 | 0.035 | 0.068 | 0.131 |
| PM | 0.134 | 0.009 | 0.018 | 0.035 | 0.067 |
| PM | 0.0068 | 0.005 | 0.009 | 0.018 | 0.034 |
| | | 0.068 | 0.134 | 0.26 | 0.503 |
| | | VB | VM | VA | VMA |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 6. Rangos para cada uno de los Niveles de Riesgo. CENEPRED, 2014.

| NIVELES DE RIESGO | |
|-------------------|---------------------------|
| NIVEL | RANGO |
| MUY ALTO | $0.068 \leq R \leq 0.253$ |
| ALTO | $0.019 \leq R < 0.068$ |
| MEDIO | $0.005 \leq R < 0.019$ |
| BAJO | $0.001 \leq R < 0.005$ |

Fuente: CENEPRED (2014).

Mapa de niveles de riesgo

El entendimiento de las áreas con distintos niveles de riesgo (Peligrosidad y Vulnerabilidad) se emplea en los procesos de ordenación y planificación del territorio, por lo que estos deben reflejar el uso posible de dichas áreas y los posibles daños a los que dicho uso podría estar expuesto. El mapa de riesgo se elabora a partir del análisis de los mapas de peligro y vulnerabilidad. (CENEPRED, 2014).

2.2.10. Cálculo de los niveles de riesgo

Los niveles de riesgo, se deben considerar tanto el peligro como la vulnerabilidad de los elementos expuestos. Este proceso implica una evaluación integral que tiene como objetivo identificar el grado de riesgo que enfrentan diversos elementos, como viviendas, infraestructuras, recursos naturales o actividades socioeconómicas, ante la presencia de un peligro específico. (CENEPRED, 2014).

El peligro se refiere a la probabilidad de que un evento adverso ocurra en una determinada área geográfica, como un terremoto, inundación, deslizamiento de tierra, entre otros, y su intensidad. La vulnerabilidad, por otro lado, se refiere a la susceptibilidad de los elementos expuestos a sufrir daños debido a su condición física, social, económica o ambiental, tal como se ha mencionado anteriormente. (CENEPRED, 2014).

La estratificación de los niveles de riesgo toma en cuenta la interacción entre ambos factores, pues es el resultado de la combinación de la probabilidad de ocurrencia del peligro y la fragilidad de los elementos expuestos. La probabilidad de que un elemento sufra daños o pérdidas se incrementa a medida que aumentan tanto la intensidad del peligro como la vulnerabilidad de los elementos. (CENEPRED, 2014).

Este análisis se lleva a cabo mediante la evaluación de los impactos que podrían generar los peligros sobre las infraestructuras y los elementos humanos, materiales y naturales. En este contexto, los niveles de riesgo se representan como una probabilidad de que se presenten daños y pérdidas, no solo en términos de la cantidad de elementos afectados, sino también de la magnitud de los daños que estos podrían experimentar. (CENEPRED, 2014).

Para representar estos niveles de riesgo, se suelen emplear mapas o capas de información geoespacial que cruzan los datos de peligrosidad con los de vulnerabilidad. Esto permite visualizar áreas con diferentes grados de riesgo, donde las zonas más expuestas y vulnerables se marcarán con niveles más altos de riesgo. Estos mapas son herramientas clave para la planificación territorial, la gestión de emergencias y la toma de decisiones para mitigar los riesgos. (CENEPRED, 2014).

En resumen, la estratificación de los niveles de riesgo es un proceso crucial para entender la magnitud de los posibles daños ante un peligro determinado. Al integrar tanto la probabilidad de ocurrencia del peligro como la vulnerabilidad de los elementos expuestos, se puede anticipar y planificar mejor la respuesta ante desastres, priorizando la intervención en aquellas áreas con mayor riesgo. (CENEPRED, 2014).

2.2.11. La gestión del riesgo de desastres en el Perú

Los cambios en las regulaciones sobre la Gestión del Riesgo de Desastres en Perú han surgido como resultado de importantes catástrofes que han revelado las deficiencias de nuestro enfoque de respuesta. (CENEPRED, 2014).

Tras el devastador terremoto de 1970 en Huaraz y la consiguiente crisis, se estableció el Sistema Nacional de Defensa Civil "Sinadeci" dos años más tarde. Este sistema se enfocó en la gestión de desastres, es decir, en brindar ayuda humanitaria, pero no en prevenir los desastres. Las deficiencias del Sinadeci quedaron expuestas durante el terremoto de Pisco en 2007, donde la mala gestión de la ayuda humanitaria evidenció la necesidad de revisar el sistema. Esto condujo a la creación del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres en 2011, luego de varios acuerdos y discusiones. ("Ley N° 29664", 2011)

Recientemente, han surgido nuevas regulaciones que refuerzan la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD), tales como la Ley de Fortalecimiento de la GRD (Ley N° 30779, 2018), que establece sanciones para las autoridades que no implementen adecuadamente la GRD en sus áreas de responsabilidad. Además, se ha promulgado la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres al 2050 (Decreto Supremo N° 038-2021-PCM, 2021), el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres 2022-2030 (Decreto Supremo N° 115-2022-PCM, 2022), y una enmienda a la Ley 29664 (Decreto Legislativo N° 1587, 2023), que incluye sanciones para evaluadores de riesgos y especialistas que no desempeñen sus funciones adecuadamente. (CENEPRED, 2014). Ver Figura 16.

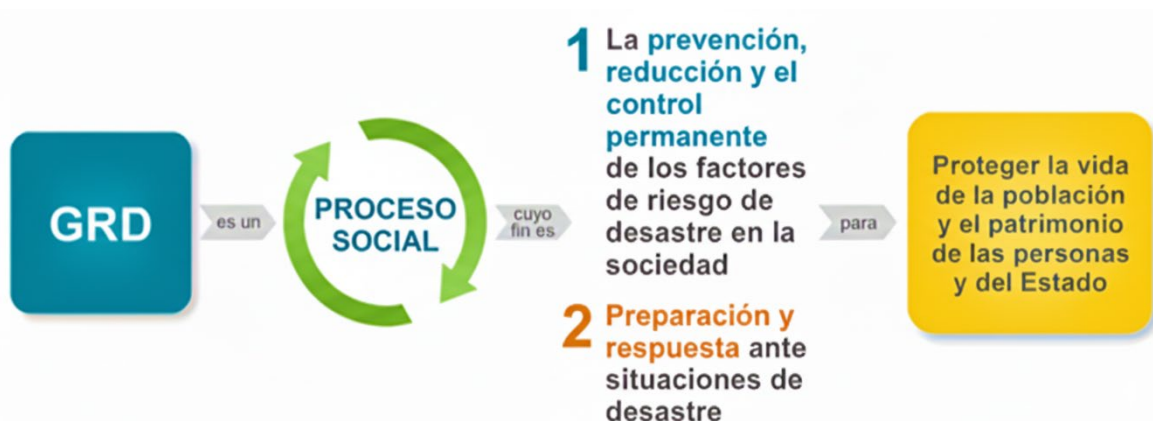


Figura 16. Concepto de la Gestión del Riesgo de Desastres.
Fuente: CENEPRED (2014).

Como se puede observar, la Gestión del Riesgo de Desastres es bastante amplia, por lo que se identifican tres componentes principales. Por un lado, están las medidas prospectivas y correctivas que incluyen las acciones a tomar antes y después de que ocurra un evento de

emergencia. Por otro lado, está la gestión reactiva, que se centra en proporcionar una respuesta adecuada durante las emergencias. (CENEPRED, 2014).

La Gestión del Riesgo de Desastres comprende siete procesos en total. Cuatro de ellos, relacionados con la gestión prospectiva y correctiva, son coordinados por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), mientras que los tres restantes son responsabilidad del Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci), según lo establecido en el Decreto Supremo N° 048-2011-PCM (2011). En la figura 17 se representa el ciclo de la GRD. Sin embargo, más recientemente, en las Naciones Unidas se ha adoptado el concepto de Gestión Integral del Riesgo de Desastres (GIRD), que implica un enfoque sistémico del proceso. Esto implica que no se espera que las acciones se desarrollen de manera sucesiva, sino que cada acción contribuya a todos los demás procesos. (CENEPRED, 2014). Ver Figura 17.

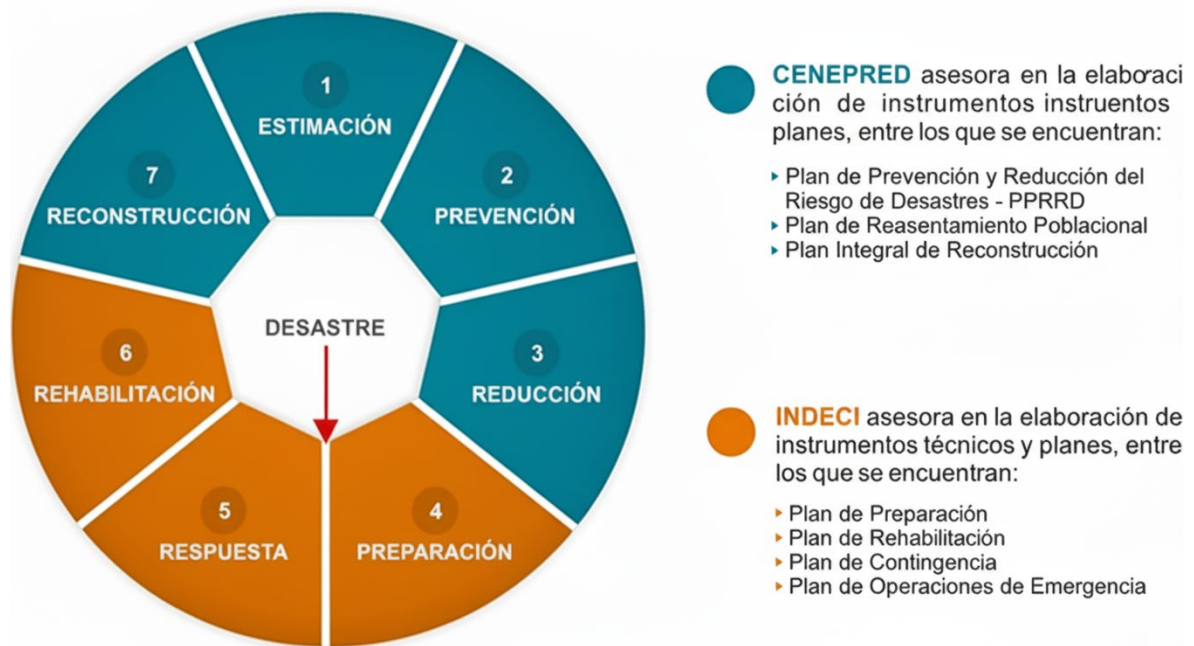


Figura 17. Procedimiento de la Gestión del Riesgo de Desastres.
Fuente: CENEPRED (2014).

Los peligros geológicos en nuestro país actualmente son muy comunes y dan como resultado riesgo para los pobladores que viven en estas zonas, las cuales son vulnerables debido a que no se cuenta con prevención adecuada para afrontar los efectos generados por los desastres naturales. Según la intensidad pueden producir daños desde leves hasta moderados, no solo produciendo daños materiales sino también daños en la salud y pérdida de vidas humanas. (CENEPRED, 2014).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Deslizamientos: El desplazamiento de una masa de suelo o roca debajo de una ladera se produce mayormente a lo largo de una superficie de falla. Estos movimientos se dividen en dos categorías según la forma de la superficie de falla: traslacionales, que presentan una superficie de falla plana u ondulada, y rotacionales, que muestran una superficie de falla curva y cóncava. (INGEMMET, 2021).

Litología. es una rama de la geología que estudia las rocas, centrándose en su origen, evolución y clasificación. Aunque a veces se confunde con la petrología, su principal objetivo es describir y clasificar las rocas según su composición mineralógica, textura, estructura y origen. Además, investiga las propiedades físicas y químicas de las rocas para entender los procesos geológicos que han influido en su formación y desarrollo. (Dávila, 2011).

Peligrosidad: La peligrosidad se refiere a la posibilidad de que ocurra un evento catastrófico en un lugar y período de tiempo específicos. Los niveles de peligrosidad de un evento se pueden visualizar en un mapa de peligrosidad. Para determinar estos niveles, se consideran diversos factores, como la distribución geográfica del evento, su período de retorno y su severidad. (Geología Peruana, 2017).

Peligro Geológico: Los peligros geológicos son fenómenos naturales que pueden causar daños a la salud, bienes y servicios. Se clasifican en: Endógenos y exógenos. Ambos tipos de peligros pueden tener un impacto significativo en las comunidades y el entorno. (INGEMMET, 2021).

Procesos Exógenos: Estos fenómenos se limitan a la capa externa de la Tierra y surgen debido a la interacción entre las rocas que componen la corteza terrestre y los elementos atmosféricos, acuáticos y biológicos. (Solari, 2003).

Procesos Endógenos: Los procesos endógenos son aquellos que ocurren en el interior de la Tierra y están influenciados por factores como la presión, la temperatura y la composición química de los materiales terrestres. Estos procesos incluyen fenómenos como la convección del manto, la generación de magma y la actividad sísmica. (Solari, 2003)

Riesgo Geológico: Los eventos o fenómenos naturales, como las erupciones volcánicas, los deslizamientos de tierra, las inundaciones, los terremotos y los tsunamis, son producidos por la actividad interna o superficial de la Tierra y tienen el potencial de causar daños tanto a la sociedad como al medio ambiente. (Servicio Nacional de Geología y Minería, 2023)

Vulnerabilidad: La vulnerabilidad se define como la medida de la propensión a sufrir daños. Indica el grado de daño causado en relación con el total expuesto a un evento específico; es una proporción en relación con el total expuesto, ya sea en términos de vidas humanas o pérdidas económicas, frente a un evento. (Geología Peruana, 2017).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Ubicación Geográfica.

Geográficamente, el centro poblado de Puruay se encuentra ubicado al norte de la Ciudad de Cajamarca y al lado derecho del kilómetro 5,6 del desvío que existe hacia “el Callejón” (Carretera a la ciudad de Bambamarca Km. 5), perteneciente al distrito de Los Baños del Inca, provincia y región de Cajamarca. Delimitas por las coordenadas del sistema de Unidad Técnica de Medida (UTM) Datum WGS-84. (Ver tabla 8)

Tabla 7. Vértices en coordenadas UTM - WGS 84 que delimitan la Zona de Investigación.

| VÉRTICE | NORTE | ESTE |
|---------|---------|--------|
| V1 | 9219000 | 773000 |
| V2 | 9219000 | 776000 |
| V3 | 9216000 | 776000 |
| V4 | 9216000 | 773000 |

3.1.2. Ubicación Política.

El área de estudio se ubica políticamente en:

- País: Perú
- Departamento: Cajamarca
- Provincia: Cajamarca
- Distrito: Los Baños del Inca
- Centro Poblado: Puruay

Ver anexos: Plano 01

3.1.3. Accesibilidad.

El acceso, es a través de la carretera asfaltada Cajamarca – Bambamarca, con una distancia de 8 km, un tiempo de 20 min en automóvil; y se continúa con la ruta de acceso a Puruay a una distancia de 10 km, y un tiempo de 40 minutos aproximadamente por una carretera de herradura. (Ver tabla 9)

Tabla 8. Acceso a la zona de investigación.

| Ruta | Distancia (Km) | Estado | Tiempo (Hrs) |
|---|-------------------|-----------|-----------------|
| Cajamarca – Km5 carretera Bambamarca | 5 | Asfaltada | 0.2 |
| Km 5 carretera Bambamarca – Puruay | 10 | Herradura | 0.45 |

3.2. PROCEDIMIENTOS

En esta investigación, se utilizará el método de observación y análisis para identificar las características del terreno y evaluar los riesgos para los pobladores. El proceso incluye las siguientes etapas: revisión de antecedentes, etapa de campo, estudios geotécnicos e hidrológicos, identificación y evaluación de riesgos, y propuestas de medidas preventivas y de mitigación.

3.2.1. Etapa de gabinete

Durante esta fase, se llevó a cabo la preparación de las actividades realizadas, que implicó una minuciosa recopilación de información relacionada con el tema de investigación. Se examinaron las imágenes satelitales para mejorar el estudio de las formaciones geológicas y las características del terreno. Además, se crearon los mapas de ubicación y el mapa geológico, este último utilizando los datos de la carta 15-f de Cajamarca proporcionados por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). Utilizando el modelo digital de elevaciones (MED), se elaboraron el mapa topográfico y el mapa de pendientes. La segunda etapa consistió en realizar campañas de campo para llevar a cabo un análisis e interpretación de los datos recopilados en el terreno.

3.2.2. Etapa de campo

En esta etapa, se realizará un estudio detallado de los procesos de remoción en masa en la zona, abarcando aspectos geológicos, hidrológicos, geotécnicos y de riesgos. El análisis geológico identificará las características del terreno, mientras que el estudio hidrológico evaluará la dinámica del agua, crucial para la estabilidad del suelo. El enfoque geotécnico examinará las propiedades mecánicas del suelo para determinar su capacidad de carga y estabilidad. Finalmente, el estudio de riesgos identificará las áreas vulnerables a deslizamientos e inundaciones y propondrá medidas para mitigar estos peligros, con el fin de proteger a los habitantes del centro poblado de Puruay. Este conjunto de estudios ofrecerá una evaluación integral de las condiciones del terreno y los riesgos asociados.

Se utilizó un Dron DJI Mavic Air 3 para realizar una orto foto para realizar los planos, a continuación, se indica los pasos para la realización.

Preparación previa al vuelo

Definida el área de interés utilizaremos ArcGIS Pro para delimitar el área que queremos ortofotografiar. Nos aseguramos antes de volar contar con un buen clima (sin viento fuerte ni lluvia). Revisamos las normativas locales para uso de drones (zonas restringidas, altitud máxima, permisos). Contamos con una tarjeta SD para poder guardar las fotografías.

Planificación de vuelo fotogramétrico

Con ayuda del software DroneDeploy configuramos parámetros de vuelo: altura de vuelo: 60–120 m (dependiendo del GSD deseado), Solapamiento frontal: 70–80%, solapamiento lateral: 60–70%, velocidad de vuelo: moderada (dependiendo de la luz y la cámara), tipo de patrón: Zigzag (lawnmower) para cobertura completa.

Ejecución del vuelo

Calibra el dron (si es necesario). Realiza un vuelo automático con el plan cargado. Supervisar la misión: Vigilar batería, señal GPS y posibles obstáculos.

Procesamiento de la ortofoto

Con ayuda del software Pix4Dmapper cargamos las imágenes para procesamiento inicial (alineación), generación de nube de puntos densa, Modelo 3D o malla para posteriormente la generación de la ortofoto y exportarla en un archivo JPG.

Luego con ayuda del software ArcGIS Pro utilizaremos para poder realizar los planos necesarios.

3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología de la investigación es exploratoria, correlacional y deductiva-analítica. El enfoque exploratorio se utilizará para obtener una comprensión inicial del fenómeno, identificando variables clave y áreas de interés. El enfoque correlacional analizará las relaciones entre las variables geológicas, hidrológicas y geotécnicas, buscando patrones y conexiones que influyen los procesos de remoción en masa. Finalmente, la metodología deductiva-analítica permitirá validar hipótesis mediante un análisis detallado de los datos obtenidos, desglosando el problema y probando teorías existentes, para proponer soluciones basadas en los resultados.

3.3.1.1. Población de estudio

Corresponde al distrito de Puruay, provincia de Cajamarca y departamento de Cajamarca.

3.3.1.2. Muestra

El área delimitada de estudio correspondiente a la micro-cuenca Puruay.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

3.4.1. Independientes

Geología: La Geología estudia la tierra, sus procesos, sus materiales, su historia, así como su efecto en los seres humanos y la vida en general.

Pendientes: Es el grado de la inclinación del terreno. La inclinación es proporcional al valor de la pendiente.

Cobertura Vegetal: La pérdida de la cubierta vegetal es el primer paso del proceso de deterioro del suelo; si éste no se controla a tiempo, provocará que el paisaje se desertifique

Precipitación: La precipitación es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico, más a menudo de nubes, que se tira hacia abajo por la gravedad y depositado sobre la superficie de la Tierra.

3.4.2. Dependientes

Nivel del riesgo ante deslizamientos: Los deslizamientos son una de las amenazas priorizadas y se encuentran asociados a las lluvias excesivas, a los huracanes y a la actividad sísmica.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN

3.5.1. Técnicas

Para la recolección de información, es fundamental seguir una metodología rigurosa y sistemática que garantice la obtención de datos confiables. Empleando técnicas, herramientas adaptadas a la información que se desee entender.

La recolección de información bibliográfica, las fuentes tienen que ser confiables para la investigación. Utilizando herramientas como bases de datos, bibliotecas, revistas geológicas, entre otras.

La técnica de observación, es de suma importancia para tener un plan que permita contar únicamente la información importante y desechar la que no aporte a la investigación. Se pueden emplear diferentes métodos para registrar los datos, tales como notas de campo, grabaciones de audio o video, fotografías, etc. Al tomar fotografías, es importante seguir procedimientos específicos para garantizar que las imágenes sean claras y precisas.

3.5.2. Equipos

Imágenes satelitales: Estas imágenes serán útiles para identificar las áreas con mayor riesgo y para localizar las zonas más vulnerables en caso de que ocurra un proceso de remoción en masa.

Laptop: Se utilizará para procesar la información recolectada en el campo, permitiendo obtener los resultados finales del estudio.

Flexómetro y wincha: Estos instrumentos serán empleados para medir las longitudes de los terrenos que han sufrido desplazamientos durante el proceso de remoción en masa.

Picota de geólogo: Herramienta esencial para extraer muestras de roca y suelo en el campo, que luego serán analizadas en el laboratorio.

Libreta de campo: Se utilizará para registrar las observaciones realizadas tanto en campo como en gabinete, recopilando la información necesaria para realizar el análisis posterior.

Brújula Brunton: Se utilizará para tomar medidas estructurales.

Dron DJI Mavic Air 3: Para obtener ortofotos detalladas y un modelo de elevaciones.

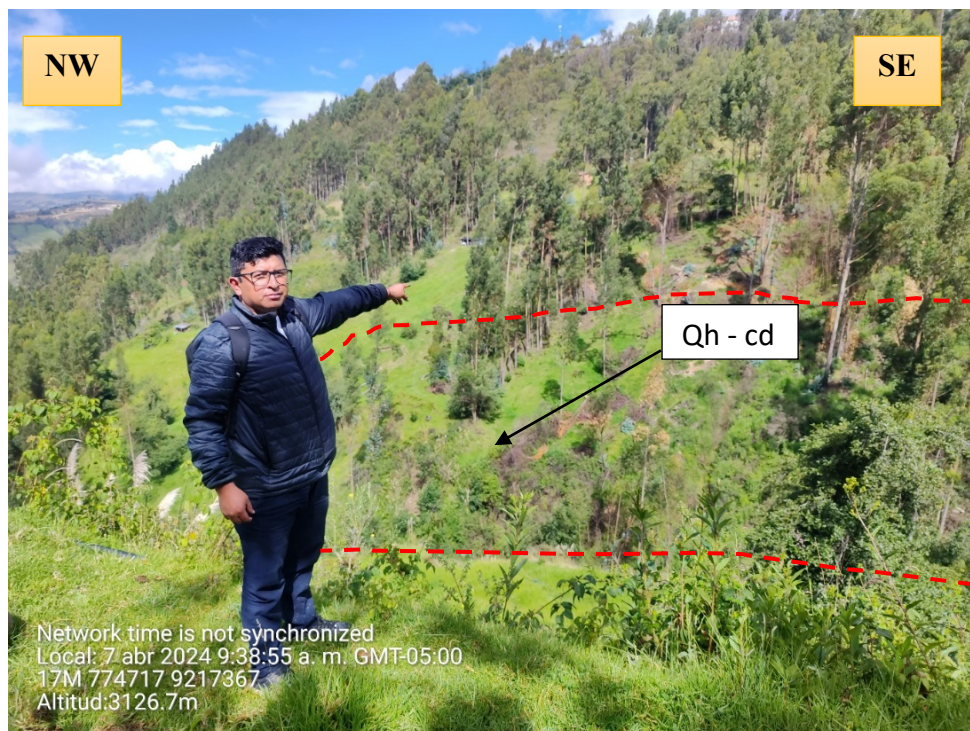
3.6. GEOLOGÍA

3.6.1. Geología Local

Posterior al proceso de cartografiado, se lograron identificar las siguientes unidades geológicas que presentan características favorables para la ocurrencia de deslizamientos. Estas unidades fueron determinadas en función de factores como la pendiente, el tipo de material geológico, las condiciones de humedad, entre otros. Ver anexos Plano 04.

Depósito Coluvial

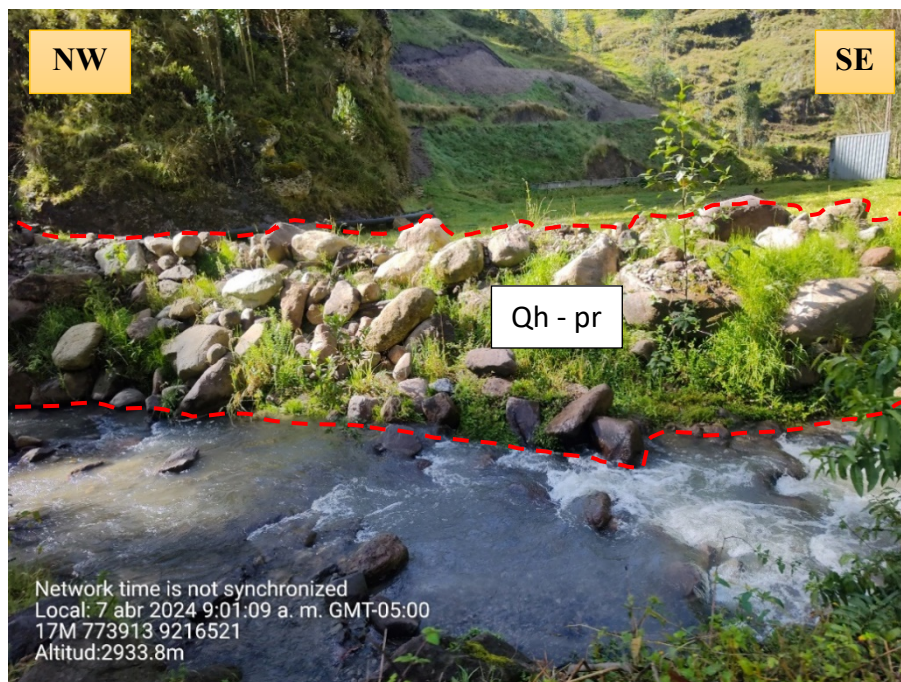
Encontramos acumulación de materiales transportados por la gravedad, con filtración del agua, que se forma en la base de las pendientes, compuesta por una mezcla de rocas, arena, limo, arcilla y materia orgánica, sin una estratificación definida. Originada por procesos de deslizamientos, caídas de rocas o flujos de detritos. Estos depósitos son importantes indicadores de inestabilidad del terreno y pueden representar riesgos en zonas habitadas.



Fotografía 1. Depósito Coluvial.
Coordenadas: E: 774717 N: 9217367 C: 3126 m.s.n.m.

Depósito Proluvial

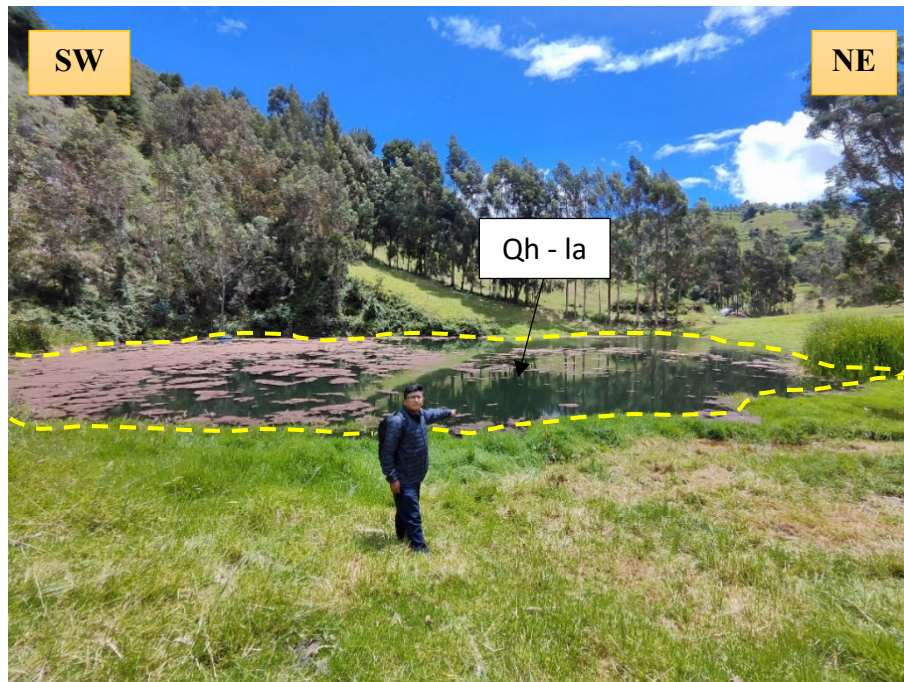
Encontramos acumulación de sedimentos transportados por cauce de río, compuesto por materiales, como grava y arena, que se depositan en forma de abanicos aluviales. Estos depósitos se forman durante eventos intensos, como lluvias torrenciales y tienen una estratificación irregular. Tienen importancia para procesos activos de sedimentación y pueden representar riesgos en áreas de flujos de detritos.



Fotografía 2. Depósito Proluvial.
Coordenadas: E: 773913 N: 9216521 C: 2933 m.s.n.m.

Depósito Lagunar o Depósito Fluvial

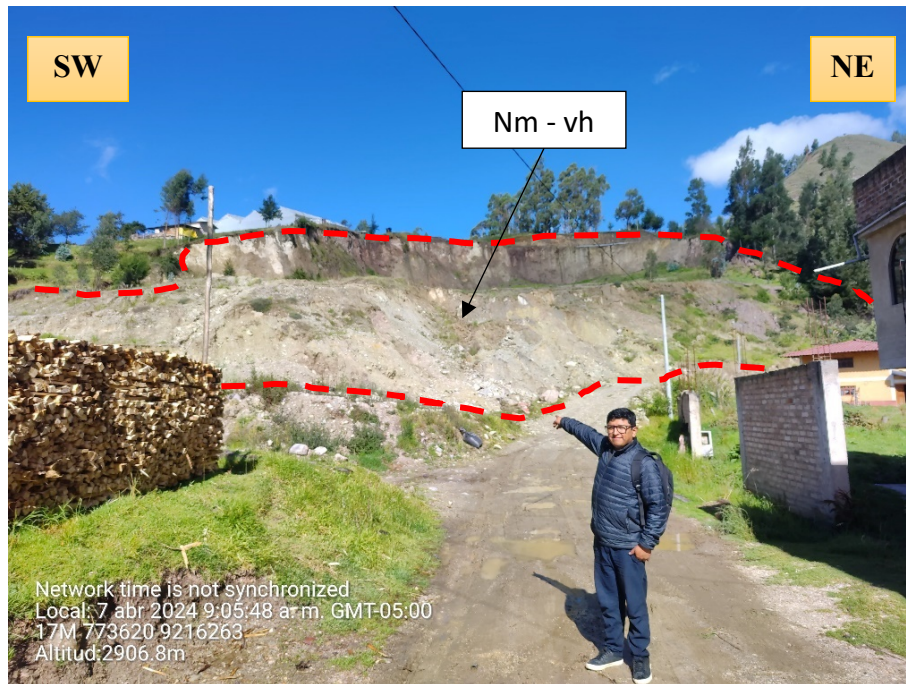
Existe acumulación de sedimentos finos como arcillas, limos y materia orgánica, con estratificación laminada. Este depósito refleja ambientes tranquilos sin deslizamientos. Ambos son clave para estudiar la geología, el clima y los recursos de una región. Predominaron partículas finas como arcillas, limos y materia orgánica. Hay capas de materiales más gruesos, como arenas.



Fotografía 3. Depósito Lagunar - Fluvial.
Coordenadas: E: 774709 N: 9217501 C: 3127 m.s.n.m.

Secuencia Volcánico Huambos

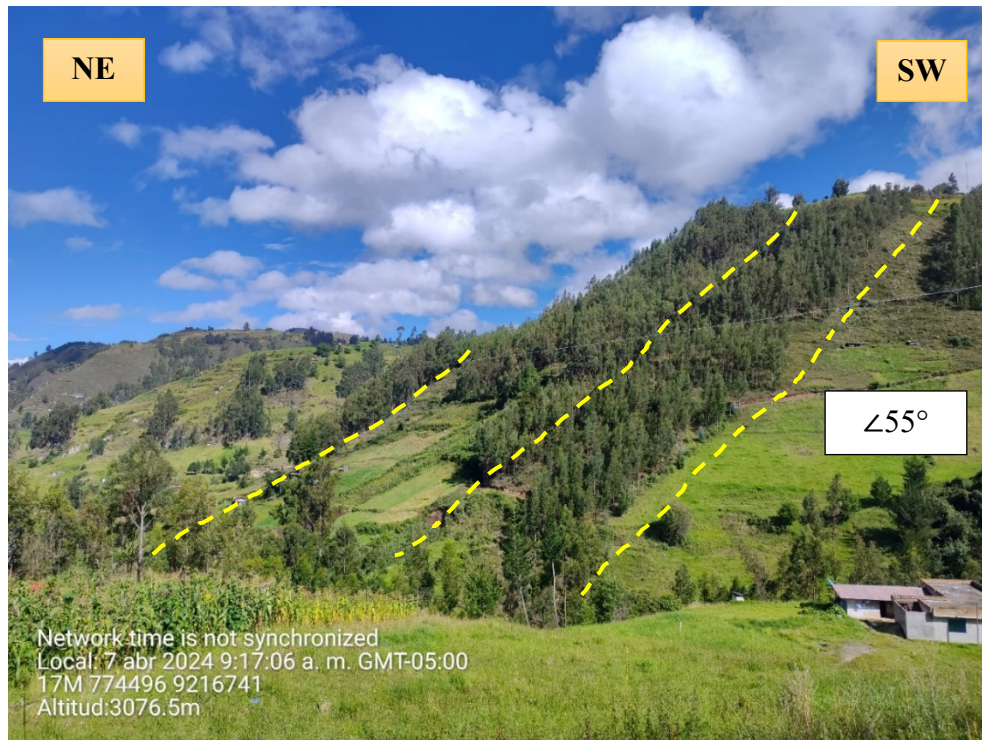
La secuencia volcánica Huambos encontrada en la zona combinan materiales volcánicos (lavas, tobas, piroclastos) con sedimentos transportados y depositados por agua o gravedad (areniscas, limolitas, conglomerados). Formadas en ambientes volcánicos activos por procesos eruptivos y sedimentarios. Presentando estratos alternados de origen volcánico y sedimentario. En la zona se encontró tobas y brechas volcánicas. con clastos volcánicos debido a la erosión de estructuras volcánicas cercanas.



Fotografía 4. Secuencia Volcánico Huambos.
 Coordenadas: E: 773620 N: 9216263 C: 2906 m.s.n.m.

3.7. PENDIENTES DEL TERRENO

Las pendientes que encontramos en la zona de estudio son variables, desde escarpadas que son las mayores a 50° hasta las suaves que son menor a 8° . El fenómeno geológico en cuestión ocurre en pendientes moderadas, cuya inclinación varía entre 8° y 20° . Estas pendientes están saturadas de agua, incrementa el riesgo por inundaciones. Hacia el noreste de Puruay Alto, las inclinaciones son más empinadas, con pendientes mayores a 50° , organizándose según escarpas. Las inclinaciones se encuentran a lo largo del valle donde se ubica la zona. Señalamos que los cambios abruptos de pendiente representan los saltos en el escarpe del deslizamiento, lo que sugiere que estas variaciones en la inclinación del terreno delimitan y definen la zona afectada por el evento geológico. Ver anexos Plano 02 y Plano 03.



Fotografía 5. Pendientes en la zona.
Coordenadas: E: 774496 N: 9216741 C: 3076 m.s.n.m.

3.8. UNIDADES MORFOGENÉTICAS

Las principales unidades geomorfológicas encontradas en el área las detallaremos a continuación:

Tabla 9. Clasificación para unidades morfogenéticas

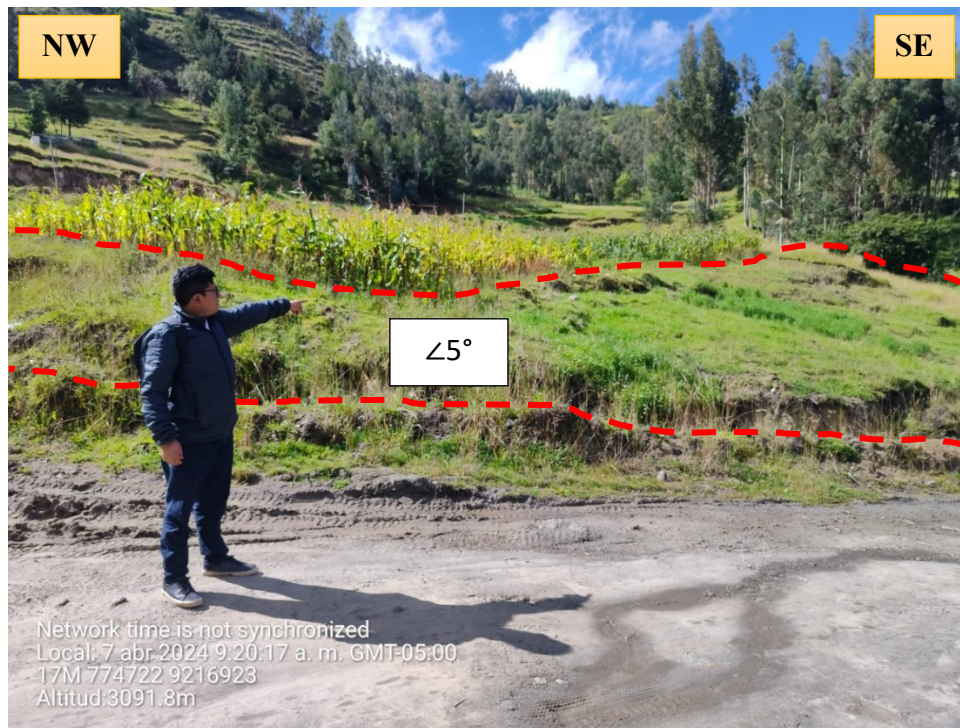
| Pendiente | Descripción |
|-----------|-------------|
| 0° - 8° | Planicies |
| 8° - 20° | Lomadas |
| 20° - 50° | Laderas |
| 50°-90° | Escarpas |

Fuente: Rodríguez (2016).

3.8.1. Planicies (0° - 8°)

Se identifican superficies de terreno llano y de baja elevación, caracterizadas por presentar pendientes suaves comprendidas entre 0° y 8°. Estas unidades geomorfológicas cuentan con una reducida variación topográfica, lo que les presenta condiciones de relativa estabilidad frente a procesos de remoción en masa. La morfología plana favorece la acumulación de suelos con mayor espesor y capacidad de retener el agua, factores que contribuyen a su

mejora para actividades agropecuarias. En su mayoría, estos sectores son aprovechados para la agricultura, dado que las características geomorfológicas permiten un uso intensivo y sostenible del suelo, constituyendo áreas de importancia socioeconómica dentro de la zona.



Fotografía 6. Planicie al margen de la carretera principal de Puruay.
Coordenadas: E: 774722 N: 9216923 C: 3091 m.s.n.m.

3.8.2. Lomadas (8° - 20°)

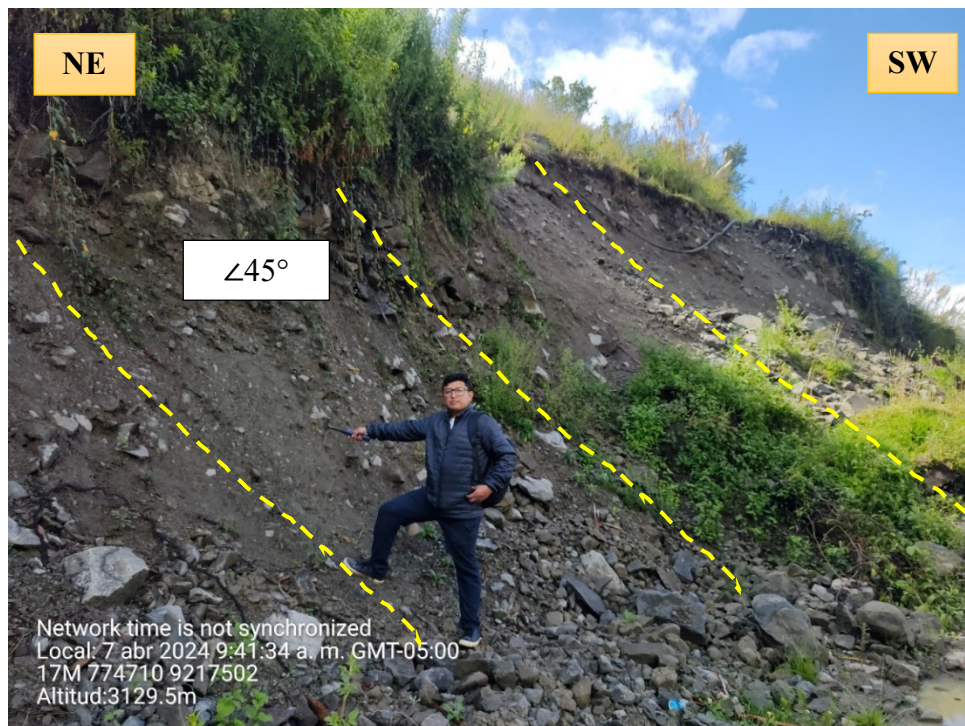
En la zona de Puruay se identifican lomadas que se caracterizan por presentar una superficie heterogénea, con variaciones en la litología y en las coberturas superficiales. Estas formas del relieve poseen pendientes de bajo ángulo, que oscilan entre los 8° y 20°, lo que les confiere una relativa estabilidad en comparación con sectores de mayor inclinación. La mayoría de estas lomadas se encuentran al costado a la vía principal, y es de suma importancia desde el punto de vista geotécnico. La cercanía a la carretera convierte en zonas sensibles a procesos de erosión o inestabilidad, especialmente si se realizan cortes, excavaciones sin medidas de mitigación adecuadas.



Fotografía 7. Lomada con ángulo de pendiente mayor a 16° .
Coordenadas: E: 774820 N: 9216876 C: 3107 m.s.n.m.

3.8.3. Laderas (20° - 50°)

Se encuentran distribuidas en la mayor parte del área de investigación, presentando pendientes que van entre 20° y 50° . Estas características topográficas generan condiciones críticas debido a la inestabilidad natural del terreno, lo que incrementa el riesgo de procesos erosivos y deslizamientos. Estas laderas son aprovechadas por la población local para actividades agrícolas, Cultivando en la pendiente.



Fotografía 8. Laderas con ángulo de pendiente de 45°.
Coordenadas: E: 774710 N: 9217502 C: 3129 m.s.n.m.

3.8.4. Escarpas (50° - 90°)

De menor predominancia en del área, caracterizadas por presentar pendientes elevadas mayores a 50°. Estas condiciones generan sectores de zonas críticas, debido a que la inclinación favorece la acción intensa de los agentes erosivos e hidrodinámicos. Dichos procesos inciden de manera directa en la degradación de los materiales superficiales, reduciendo progresivamente la estabilidad de las laderas. La combinación de la pendiente pronunciada con la dinámica de escorrentía superficial y la infiltración del agua incrementa la susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, como deslizamientos. Por lo tanto, este tipo de geofomas representan áreas de alto riesgo, cuya evaluación y monitoreo resultan fundamentales para la gestión territorial y la prevención de desastres.



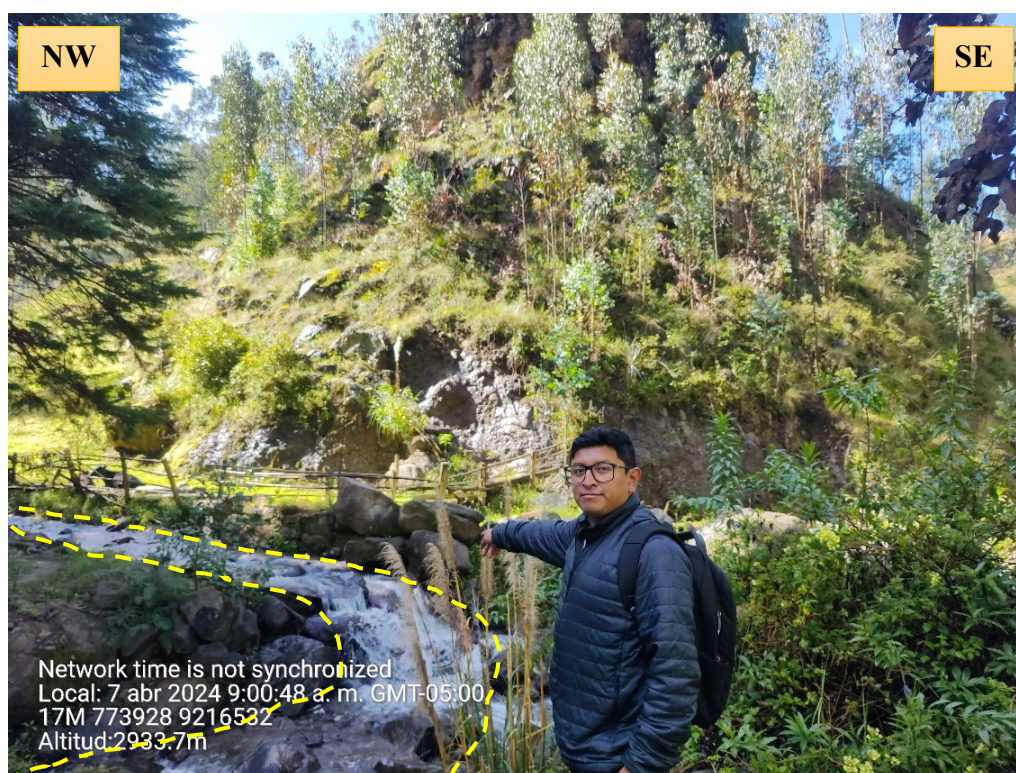
Fotografía 9. Escarpe con ángulo de inclinación de 55°.
 Coordenadas: E: 773590 N: 9216251 C: 2907 m.s.n.m

3.9. HIDROLOGÍA

Las aguas subterráneas son un recurso hídrico esencial cuya disponibilidad está estrechamente vinculada a la cantidad de agua que logra infiltrarse en el suelo y el subsuelo. Las características geológicas de la cuenca desempeñan un papel crucial en este proceso. Cuando se infiltra el agua está condicionado de diversas causas, tenemos la permeabilidad del terreno y del subsuelo, las precipitaciones en un periodo de tiempo y la cobertura vegetal. Los terrenos con irrigación, este proceso es un componente clave del flujo hacia los acuíferos. La cantidad de agua que penetra en el suelo está influida por las propiedades del terreno, la topografía y el volumen de lluvia que recibe el área. Estos factores también son determinantes en la estabilidad del terreno, y pueden provocar inestabilidad y desencadenar movimientos de masa, generando riesgos para las comunidades locales.



Fotografía 10. Laguna Bateacocho utilizando Dron DJI Mavic Air 3.
 Coordenadas: E: 7743394 N: 9217823 C: 3127 m.s.n.m.



Fotografía 11 Rio Puruay.
 Coordenadas: E: 774562 N: 9217534 C: 3050 m.s.n.m.



Fotografía 12. Rio Puruay.
 Coordenadas: E: 773590 N: 9216251 C: 2907 m.s.n.m.



Fotografía 13. Pequeños manantiales en la zona de investigación.
 Coordenadas: E: 774723 N: 9216924 C: 3091 m.s.n.m.

3.10. CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS

Teniendo como base a SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - Estación Climatológica Granja Porcón periodo 2016 - 2025), la temperatura anual inferior y superior para los años entre 2016-2025 fue 17.34°C y 5.32°C, en ese orden. La pluviosidad acumulada anualmente para las fechas entre los años de 2016-2025 fue 4.18 mm/día. La humedad relativa anual para el periodo 2016 – 2025 es 83.57. SENAMHI (2016 - 2025).

El área presenta un clima templado, moderadamente lluvioso, presencia de neblina y con amplitud térmica moderada, está condicionado por factores como la altitud y topografía del terreno. La precipitación es un factor desencadenante de deslizamientos en zona, debido a que su ocurrencia anual va debilitando progresivamente el terreno, convirtiéndole como un peligro a largo plazo. (SENAMHI 2016-2025).

Tabla 10. Resumen de las condiciones climatológicas de los años 2016 - 2025.

| Estación: GRANJA PORCON | | | | |
|---|------------------|------------------------|---|------------------------|
| Departamento: CAJAMARCA | | Provincia: CAJAMARCA | Distrito: CAJAMARCA | |
| Latitud: 7°2'15.11" S | | Longitud: 78°38'.22" W | Altitud: 3149 msnm. | |
| Tipo: Convencional - Metereologica | | | | |
| AÑO | TEMPERATURA (°C) | | HUMEDAD RELATIVA (%) | PRECIPITACIÓN (mm/día) |
| | MIN | MAX | | |
| 2016 | 6.7 | 17.8 | 88.3 | 4.6 |
| 2017 | 6.9 | 17.9 | 88.5 | 4.5 |
| 2018 | 4.3 | 17.0 | 80.4 | 4.0 |
| 2019 | 5.3 | 17.4 | 81.1 | 4.2 |
| 2020 | 4.7 | 17.6 | 79.5 | 3.1 |
| 2021 | 5.9 | 15.8 | 83.2 | 4.7 |
| 2022 | 4.1 | 16.8 | 83.2 | 3.8 |
| 2023 | 5.1 | 17.6 | 82.1 | 4.1 |
| 2024 | 4.9 | 18.1 | 81.1 | 3.6 |
| 2025 | 5.2 | 17.1 | 83.3 | 4.8 |
| PROMEDIO | 5.30 | 17.31 | 83.08 | 4.14 |
| Fuente:SENAMHI / DRD | | | Leyenda: | |
| * Datos sin control de calidad. | | | * S/D = Sin Datos. | |
| * El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario. | | | * T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/dá). | |

Fuente: SENAMHI (2016-2025).

Tabla 11. Condiciones climatológicas del año 2016.

| Estación: GRANJA PORCON | | | | |
|---|------------------|------------------------|--|------------------------|
| Departamento: CAJAMARCA | | Provincia: CAJAMARCA | Distrito: CAJAMARCA | |
| Latitud: 7°2'15.11" S | | Longitud: 78°38'.22" W | Altitud: 3149 msnm. | |
| Tipo: Convencional - Metereologica | | | | |
| MES/AÑO | TEMPERATURA (°C) | | HUMEDAD RELATIVA (%) | PRECIPITACIÓN (mm/día) |
| | MIN | MAX | | |
| Ene-16 | 8 | 15 | 93.5 | 5.9 |
| Feb-16 | 7.6 | 19.4 | 87.8 | 1.5 |
| Mar-16 | 7.8 | 18 | 83.2 | 3.8 |
| Abr-16 | 5.4 | 18.4 | 89 | 2.7 |
| May-16 | 8.3 | 17.9 | 87.8 | 4.3 |
| Jun-16 | 7.4 | 19.1 | 87.3 | 5.2 |
| Jul-16 | 6.9 | 17.8 | 86 | 11.7 |
| Ago-16 | 7.2 | 19.9 | 92.1 | 2.3 |
| Set-16 | 7.3 | 15.1 | 86.3 | 1.1 |
| Oct-16 | 6.4 | 16.2 | 90.2 | 0 |
| Nov-16 | 2 | 17.2 | 86.7 | 1.3 |
| Dic-16 | 6.3 | 19 | 89.6 | 15.1 |
| PROMEDIO | 6.72 | 17.75 | 88.29 | 4.58 |
| Fuente:SENAMHI / DRD | | | Leyenda: | |
| * Datos sin control de calidad. | | | * S/D = Sin Datos. | |
| * El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario. | | | * T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día). | |

Fuente: SENAMHI (2016-2025).

Tabla 12. Condiciones climatológicas del año 2017.

| Estación: GRANJA PORCON | | | | |
|---|------------------|------------------------|--|------------------------|
| Departamento: CAJAMARCA | | Provincia: CAJAMARCA | Distrito: CAJAMARCA | |
| Latitud: 7°2'15.11" S | | Longitud: 78°38'.22" W | Altitud: 3149 msnm. | |
| Tipo: Convencional - Metereologica | | | | |
| MES/AÑO | TEMPERATURA (°C) | | HUMEDAD RELATIVA (%) | PRECIPITACIÓN (mm/día) |
| | MIN | MAX | | |
| Ene-17 | 8.1 | 14.9 | 93.4 | 5.9 |
| Feb-17 | 7.3 | 19.5 | 87.1 | 0.8 |
| Mar-17 | 7.4 | 17.9 | 83.8 | 3.8 |
| Abr-17 | 5.7 | 18.4 | 89.9 | 2.7 |
| May-17 | 8.8 | 17.9 | 87.8 | 4.3 |
| Jun-17 | 7.9 | 19.1 | 87.3 | 5.2 |
| Jul-17 | 8.1 | 17.9 | 86 | 12.6 |
| Ago-17 | 7.3 | 20.6 | 91.9 | 2.3 |
| Set-17 | 7.8 | 14.8 | 87.3 | 1.1 |
| Oct-17 | 6 | 16.8 | 90.8 | 0 |
| Nov-17 | 1.8 | 17.7 | 86.4 | 0.1 |
| Dic-17 | 6.1 | 19.1 | 90.1 | 15.3 |
| PROMEDIO | 6.86 | 17.88 | 88.48 | 4.51 |
| Fuente: SENAMHI / DRD | | | Leyenda: | |
| * Datos sin control de calidad. | | | * S/D = Sin Datos. | |
| * El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario. | | | * T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día). | |

Fuente: SENAMHI (2016-2025).

Tabla 13. Condiciones climáticas del año 2018.

| Estación: GRANJA PORCON | | | | |
|---|------------------|------------------------|--|------------------------|
| Departamento: CAJAMARCA | | Provincia: CAJAMARCA | Distrito: CAJAMARCA | |
| Latitud: 7°2'15.11" S | | Longitud: 78°38'.22" W | Altitud: 3149 msnm. | |
| Tipo: Convencional - Metereologica | | | | |
| MES/AÑO | TEMPERATURA (°C) | | HUMEDAD RELATIVA (%) | PRECIPITACIÓN (mm/día) |
| | MIN | MAX | | |
| Ene-18 | 4.9 | 16.6 | 80.9 | 8.4 |
| Feb-18 | 5.0 | 16.9 | 84.9 | 7.1 |
| Mar-18 | 6.4 | 16.5 | 86.6 | 6.5 |
| Abr-18 | 5.4 | 16.8 | 84.7 | 4.8 |
| May-18 | 4.8 | 16.8 | 85.5 | 3.6 |
| Jun-18 | 2.3 | 16.9 | 77.2 | 0.3 |
| Jul-18 | 3.1 | 17.0 | 73.6 | 0.0 |
| Ago-18 | 3.2 | 17.2 | 69.4 | 0.1 |
| Set-18 | 2.6 | 17.9 | 77.1 | 2.0 |
| Oct-18 | 4.3 | 17.0 | 80.9 | 4.7 |
| Nov-18 | 5.4 | 16.9 | 84.2 | 5.1 |
| Dic-18 | 4.3 | 17.4 | 79.6 | 5.2 |
| PROMEDIO | 4.31 | 17.00 | 80.40 | 3.99 |
| Fuente:SENAMHI / DRD | | | Leyenda: | |
| * Datos sin control de calidad. | | | * S/D = Sin Datos. | |
| * El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario. | | | * T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día). | |

Fuente: SENAMHI (2016-2025).

Tabla 14. Condiciones climáticas del año 2019.

| Estación: GRANJA PORCON | | | | |
|---|------------------|------------------------|--|------------------------|
| Departamento: CAJAMARCA | | Provincia: CAJAMARCA | Distrito: CAJAMARCA | |
| Latitud: 7°2'15.11" S | | Longitud: 78°38'.22" W | Altitud: 3149 msnm. | |
| Tipo: Convencional - Metereologica | | | | |
| MES/AÑO | TEMPERATURA (°C) | | HUMEDAD RELATIVA (%) | PRECIPITACIÓN (mm/día) |
| | MIN | MAX | | |
| Ene-19 | 5.9 | 18.1 | 80.7 | 3.0 |
| Feb-19 | 7.9 | 17.4 | 86.7 | 5.5 |
| Mar-19 | 7.5 | 17.0 | 87.4 | 12.2 |
| Abr-19 | 6.1 | 17.5 | 85.4 | 4.6 |
| May-19 | 4.7 | 17.6 | 84.2 | 2.0 |
| Jun-19 | 4.1 | 17.6 | 75.6 | 0.2 |
| Jul-19 | 2.6 | 17.2 | 76.9 | 0.4 |
| Ago-19 | 2.7 | 17.8 | 66.6 | 0.0 |
| Set-19 | 4.0 | 17.8 | 73.5 | 0.7 |
| Oct-19 | 5.6 | 16.7 | 85.5 | 6.1 |
| Nov-19 | 5.6 | 17.1 | 82.9 | 5.9 |
| Dic-19 | 6.8 | 16.9 | 87.3 | 10.1 |
| PROMEDIO | 5.28 | 17.39 | 81.06 | 4.23 |
| Fuente: SENAMHI / DRD | | | Leyenda: | |
| * Datos sin control de calidad. | | | * S/D = Sin Datos. | |
| * El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario. | | | * T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día). | |

Fuente: SENAMHI (2016-2025).

Tabla 15. Condiciones climatológicas del año 2020.

| Estación: GRANJA PORCON | | | | |
|---|------------------|------------------------|--|------------------------|
| Departamento: CAJAMARCA | | Provincia: CAJAMARCA | Distrito: CAJAMARCA | |
| Latitud: 7°2'15.11" S | | Longitud: 78°38'.22" W | Altitud: 3149 msnm. | |
| Tipo: Convencional - Metereologica | | | | |
| MES/AÑO | TEMPERATURA (°C) | | HUMEDAD RELATIVA (%) | PRECIPITACIÓN (mm/día) |
| | MIN | MAX | | |
| Ene-20 | 5.3 | 17.7 | 79.9 | 2.0 |
| Feb-20 | 6.9 | 17.9 | 83.6 | 4.8 |
| Mar-20 | 6.8 | 17.3 | 84.1 | 6.5 |
| Abr-20 | 6.1 | 18.0 | 83.6 | 2.5 |
| May-20 | 5.3 | 18.0 | 80.7 | 1.3 |
| Jun-20 | 3.8 | 18.0 | 77.9 | 0.5 |
| Jul-20 | 3.2 | 17.3 | 80.8 | 1.5 |
| Ago-20 | 2.1 | 18.3 | 71.9 | 0.8 |
| Set-20 | 3.5 | 17.7 | 75.6 | 0.8 |
| Oct-20 | 3.9 | 17.7 | 73.7 | 1.6 |
| Nov-20 | 4.0 | 17.8 | 75.6 | 3.8 |
| Dic-20 | 6.1 | 15.9 | 87.0 | 11.1 |
| PROMEDIO | 4.73 | 17.64 | 79.53 | 3.11 |
| Fuente: SENAMHI / DRD | | | Leyenda: | |
| * Datos sin control de calidad. | | | * S/D = Sin Datos. | |
| * El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario. | | | * T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día). | |

Fuente: SENAMHI (2016-2025).

Tabla 16. Condiciones climatológicas del año 2021.

| Estación: GRANJA PORCON | | | | |
|---|------------------|------------------------|--|------------------------|
| Departamento: CAJAMARCA | | Provincia: CAJAMARCA | Distrito: CAJAMARCA | |
| Latitud: 7°2'15.11" S | | Longitud: 78°38'.22" W | Altitud: 3149 msnm. | |
| Tipo: Convencional - Metereologica | | | | |
| MES/AÑO | TEMPERATURA (°C) | | HUMEDAD RELATIVA (%) | PRECIPITACIÓN (mm/día) |
| | MIN | MAX | | |
| Ene-21 | 6.5 | 15.6 | 88.3 | 9.1 |
| Feb-21 | 17.6 | 4.2 | S/D | S/D |
| Mar-21 | 5.7 | 16.0 | 88.2 | 9.3 |
| Abr-21 | 6.0 | 17.5 | 83.6 | 4.5 |
| May-21 | 4.7 | 17.4 | 80.5 | 2.1 |
| Jun-21 | 3.6 | 16.4 | 84.6 | 1.8 |
| Jul-21 | 1.9 | 17.4 | 75.5 | 0.2 |
| Ago-21 | 3.1 | 17.5 | 76.4 | 0.7 |
| Set-21 | 4.3 | 17.5 | 77.7 | 2.8 |
| Oct-21 | 5.8 | 17.4 | 86.6 | 7.2 |
| Nov-21 | 5.7 | 16.0 | 87.6 | 6.0 |
| Dic-21 | 5.5 | 17.0 | 86.6 | 7.7 |
| PROMEDIO | 5.87 | 15.83 | 83.23 | 4.67 |
| Fuente:SENAMHI / DRD | | | Leyenda: | |
| * Datos sin control de calidad. | | | * S/D = Sin Datos. | |
| * El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario. | | | * T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día). | |

Fuente: SENAMHI (2016-2025).

Tabla 17. Condiciones climatológicas del año 2022.

| Estación: GRANJA PORCON | | | | |
|---|------------------|------------------------|--|------------------------|
| Departamento: CAJAMARCA | | Provincia: CAJAMARCA | Distrito: CAJAMARCA | |
| Latitud: 7°2'15.11" S | | Longitud: 78°38'.22" W | Altitud: 3149 msnm. | |
| Tipo: Convencional - Metereologica | | | | |
| MES/AÑO | TEMPERATURA (°C) | | HUMEDAD RELATIVA (%) | PRECIPITACIÓN (mm/día) |
| | MIN | MAX | | |
| Ene-22 | 4.9 | 16.5 | 85.0 | 5.4 |
| Feb-22 | 6.1 | 15.7 | 88.7 | 11.5 |
| Mar-22 | 6.0 | 15.9 | 89.7 | 9.2 |
| Abr-22 | 6.3 | 16.7 | 86.5 | 5.3 |
| May-22 | 4.4 | 16.8 | 85.4 | 1.8 |
| Jun-22 | 3.0 | 16.3 | 83.4 | 1.8 |
| Jul-22 | 2.6 | 17.4 | 77.5 | 0.2 |
| Ago-22 | 2.5 | 17.1 | 79.6 | 0.9 |
| Set-22 | 3.2 | 16.9 | 81.5 | 2.9 |
| Oct-22 | 3.5 | 17.3 | 81.3 | 1.8 |
| Nov-22 | 2.7 | 18.1 | 77.2 | 0.7 |
| Dic-22 | 3.6 | 16.5 | 82.8 | 4.0 |
| PROMEDIO | 4.06 | 16.77 | 83.23 | 3.79 |
| Fuente: SENAMHI / DRD | | | Leyenda: | |
| * Datos sin control de calidad. | | | * S/D = Sin Datos. | |
| * El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario. | | | * T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día). | |

Fuente: SENAMHI (2016-2025).

Tabla 18. Condiciones climatológicas del año 2023.

| Estación: GRANJA PORCON | | | | |
|---|------------------|------------------------|--|------------------------|
| Departamento: CAJAMARCA | | Provincia: CAJAMARCA | Distrito: CAJAMARCA | |
| Latitud: 7°2'15.11" S | | Longitud: 78°38'.22" W | Altitud: 3149 msnm. | |
| Tipo: Convencional - Metereologica | | | | |
| MES/AÑO | TEMPERATURA (°C) | | HUMEDAD RELATIVA (%) | PRECIPITACIÓN (mm/día) |
| | MIN | MAX | | |
| Ene-23 | 5.3 | 16.0 | 86.5 | 7.1 |
| Feb-23 | 6.8 | 16.8 | 86.9 | 8.8 |
| Mar-23 | 5.4 | 16.4 | 86.5 | 7.0 |
| Abr-23 | 5.9 | 16.7 | 87.6 | 4.8 |
| May-23 | 5.8 | 17.8 | 83.7 | 2.0 |
| Jun-23 | 2.8 | 18.0 | 77.7 | 0.3 |
| Jul-23 | 2.6 | 18.4 | 72.5 | 0.1 |
| Ago-23 | 2.8 | 18.7 | 73.9 | 0.8 |
| Set-23 | 4.2 | 19.1 | 74.7 | 0.2 |
| Oct-23 | 6.2 | 17.7 | 84.2 | 4.6 |
| Nov-23 | 5.1 | 17.7 | 82.9 | 4.2 |
| Dic-23 | 8.3 | 17.3 | 88.7 | 9.7 |
| PROMEDIO | 5.10 | 17.56 | 82.14 | 4.14 |
| Fuente:SENAMHI / DRD | | | Leyenda: | |
| * Datos sin control de calidad. | | | * S/D = Sin Datos. | |
| * El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario. | | | * T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día). | |

Fuente: SENAMHI (2016-2025).

Tabla 19. Condiciones climatológicas del año 2024.

| Estación: GRANJA PORCON | | | | |
|---|------------------|------------------------|--|------------------------|
| Departamento: CAJAMARCA | | Provincia: CAJAMARCA | Distrito: CAJAMARCA | |
| Latitud: 7°2'15.11" S | | Longitud: 78°38'.22" W | Altitud: 3149 msnm. | |
| Tipo: Convencional - Metereologica | | | | |
| MES/AÑO | TEMPERATURA (°C) | | HUMEDAD RELATIVA (%) | PRECIPITACIÓN (mm/día) |
| | MIN | MAX | | |
| Ene-24 | 7.2 | 18.3 | 85.4 | 6.1 |
| Feb-24 | 6.4 | 18.3 | 85.2 | 4.7 |
| Mar-24 | 6.0 | 18.1 | 84.1 | 4.4 |
| Abr-24 | 6.2 | 18.3 | 87.6 | 5.4 |
| May-24 | 5.2 | 18.5 | 85.5 | 4.6 |
| Jun-24 | 3.2 | 17.7 | 82.7 | 1.0 |
| Jul-24 | 2.7 | 18.6 | 72.2 | 0.1 |
| Ago-24 | 2.9 | 18.4 | 73.2 | 0.1 |
| Set-24 | 3.5 | 19.2 | 69.7 | 1.1 |
| Oct-24 | 5.2 | 18.3 | 81.0 | 4.3 |
| Nov-24 | 3.7 | 17.4 | 77.3 | 1.2 |
| Dic-24 | 7.1 | 16.6 | 89.0 | 9.8 |
| PROMEDIO | 4.93 | 18.14 | 81.08 | 3.56 |
| Fuente:SENAMHI / DRD | | | Leyenda: | |
| * Datos sin control de calidad. | | | * S/D = Sin Datos. | |
| * El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario. | | | * T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día). | |

Fuente: SENAMHI (2016-2025).

Tabla 20. Condiciones climatológicas del año 2025.

| Estación: GRANJA PORCON | | | | |
|---|------------------|------------------------|--|------------------------|
| Departamento: CAJAMARCA | | Provincia: CAJAMARCA | Distrito: CAJAMARCA | |
| Latitud: 7°2'15.11" S | | Longitud: 78°38'.22" W | Altitud: 3149 msnm. | |
| Tipo: Convencional - Metereologica | | | | |
| MES/AÑO | TEMPERATURA (°C) | | HUMEDAD RELATIVA (%) | PRECIPITACIÓN (mm/día) |
| | MIN | MAX | | |
| Ene-25 | 6.3 | 15.9 | 87.4 | 6.8 |
| Feb-25 | 8.0 | 16.5 | 88.5 | 11.7 |
| Mar-25 | 6.7 | 16.8 | 88.5 | 8.0 |
| Abr-25 | 6.8 | 16.8 | 89.2 | 8.2 |
| May-25 | 4.9 | 17.9 | 83.1 | 2.2 |
| Jun-25 | 4.1 | 17.1 | 81.9 | 1.2 |
| Jul-25 | 1.8 | 18.0 | 71.8 | 0.1 |
| Ago-25 | 2.9 | 17.8 | 76.2 | 0.3 |
| Set-25 | S/D | S/D | S/D | S/D |
| Oct-25 | S/D | S/D | S/D | S/D |
| Nov-25 | S/D | S/D | S/D | S/D |
| Dic-25 | S/D | S/D | S/D | S/D |
| PROMEDIO | 5.19 | 17.11 | 83.32 | 4.82 |
| Fuente:SENAMHI / DRD | | | Leyenda: | |
| * Datos sin control de calidad. | | | * S/D = Sin Datos. | |
| * El uso de estos datos será de entera responsabilidad del usuario. | | | * T = Trazas (Precipitación < 0.1 mm/día). | |

Fuente: SENAMHI (2016-2025).

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD

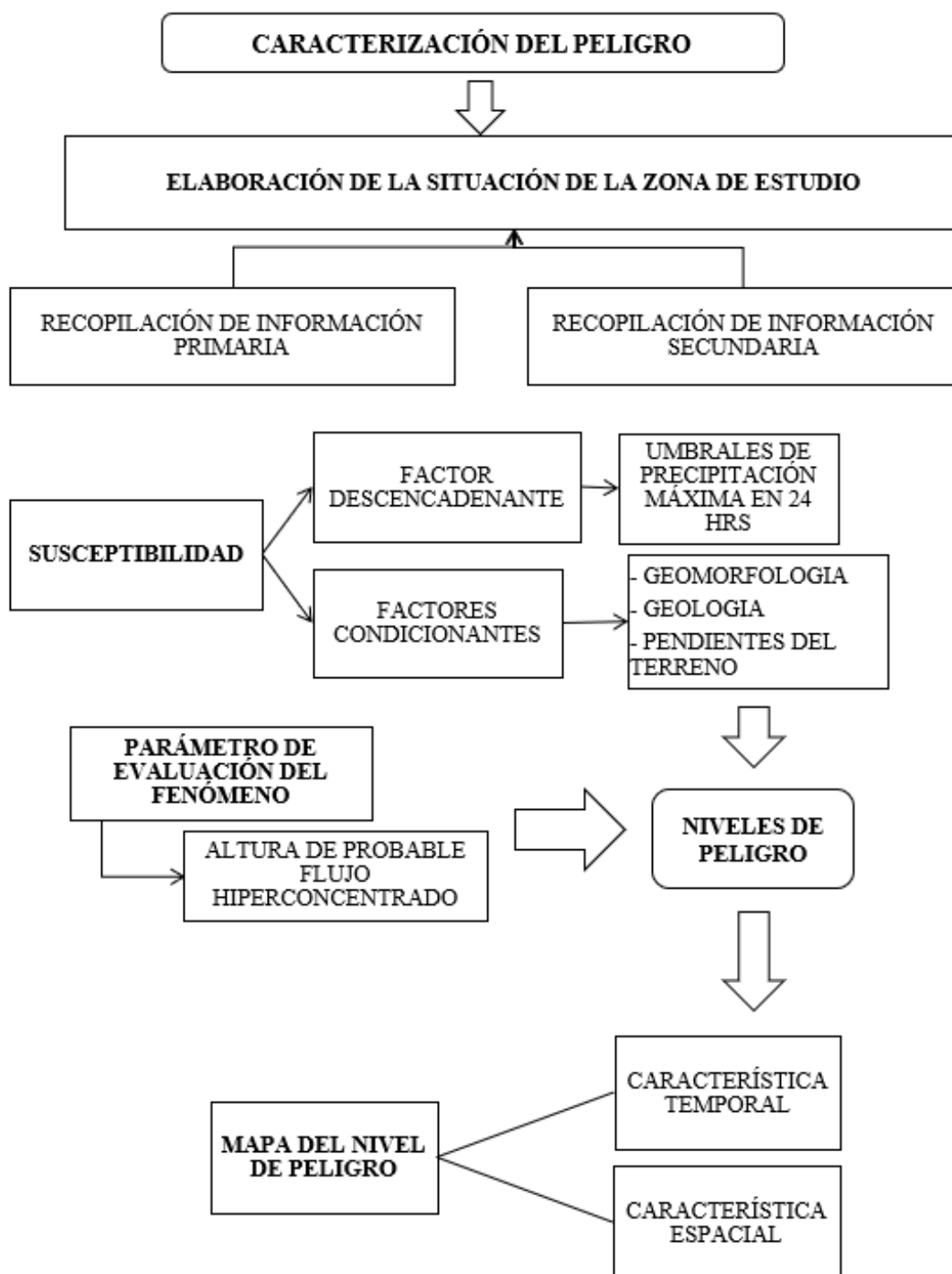
4.1.1. Metodología

La metodología planteada por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED, 2014) para evaluar los niveles de peligrosidad por deslizamientos de suelos es bastante exhaustiva, teniendo en cuenta diversos factores geológicos, topográficos, hidrológicos y antropogénicos que pueden afectar el grado de peligrosidad de una zona ante deslizamientos.

Por lo general, este enfoque implica la recolección de datos geológicos, el análisis de la topografía, la vegetación, las precipitaciones y otros factores pertinentes. Con esta información, se pueden identificar las áreas más vulnerables a deslizamientos y clasificarlas de acuerdo con su nivel de peligro.

Por lo tanto, para determinar los niveles de peligrosidad por deslizamiento de suelos, se utilizará la metodología propuesta por el CENEPRED en su segunda versión. Ver gráfico 2 y plano 06.

Gráfico 2. Procedimiento para estimar los niveles de peligro.



Fuente: CENEPRED (2014).

4.1.2. Recopilación de la información

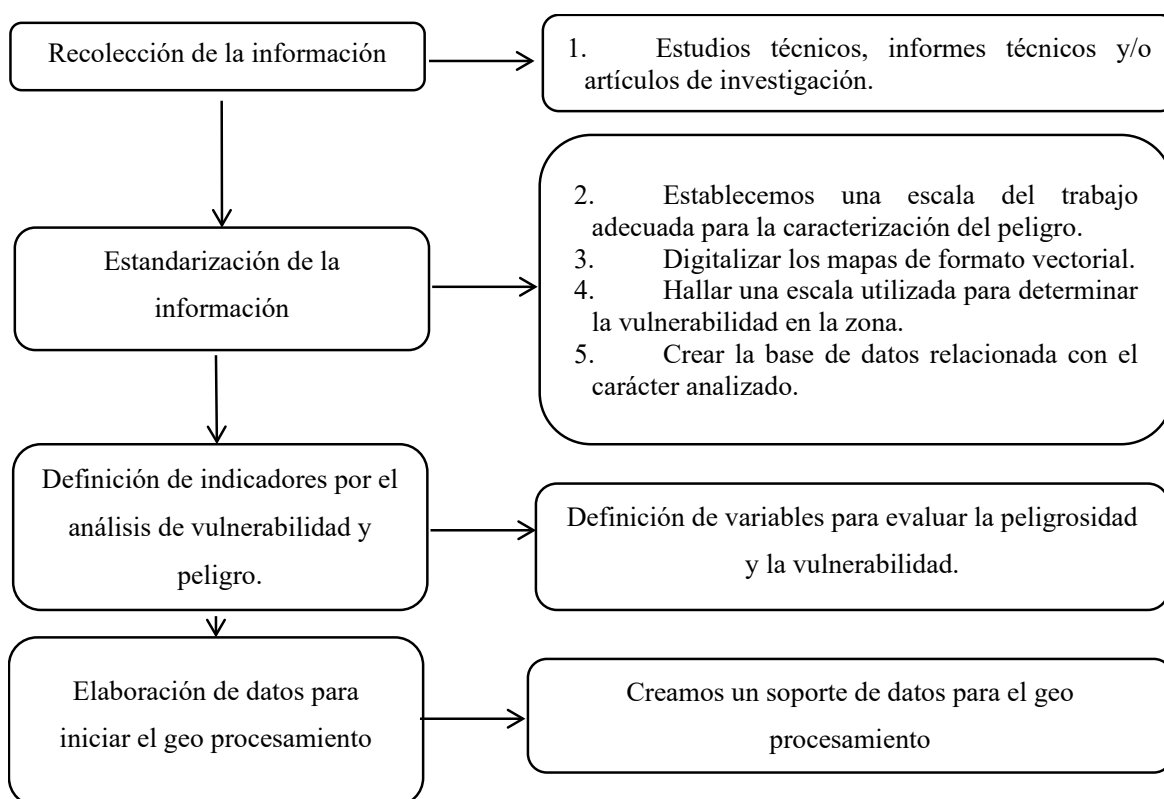
La evaluación de riesgo en la zona, se buscó información de varias fuentes. Esto incluye información de universidades, y empresas como el INGEMMET y el SENAMHI, para tener estudios de riesgo, cartografía, climatología y datos geológicos. Utilizaremos la metodología para hallar el nivel de riesgo de la zona.

Desde marzo de 2024 hasta julio de 2024, se ha llevado a cabo una recolección de datos en campo, utilizando un dron DJI Mavic Air 3 para obtener ortofotos detalladas y un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) para determinar la inclinación del terreno. Se cartografió y proyectamos características claves en la zona, según la geomorfología y la geología.

La grafica que presentamos viene a ser un diagrama de flujo utilizado para la creación de datos para su posterior análisis, la información que se halla presenta componentes.

Ver gráfico 3.

Gráfico 3. Diagrama del procedimiento de la evaluación del análisis de los datos.



Fuente: CENEPRED (2014).



Fotografía 14. Dron DJI Mavic Air 3 utilizado para la toma de datos.



Fotografía 15. Toma de datos utilizando el dron DJI Mavic Air 3.

4.1.3. Identificación del Peligro

El SINPAD (INDECI, 2018) es la plataforma oficial del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, creada para registrar, almacenar, consultar y utilizar datos sobre peligros inminentes, emergencias y desastres. Según este sistema, los principales riesgos que han afectado al distrito de Puruay, en el departamento de Cajamarca, son las lluvias intensas, y los deslizamientos. (CENEPRED, 2014).

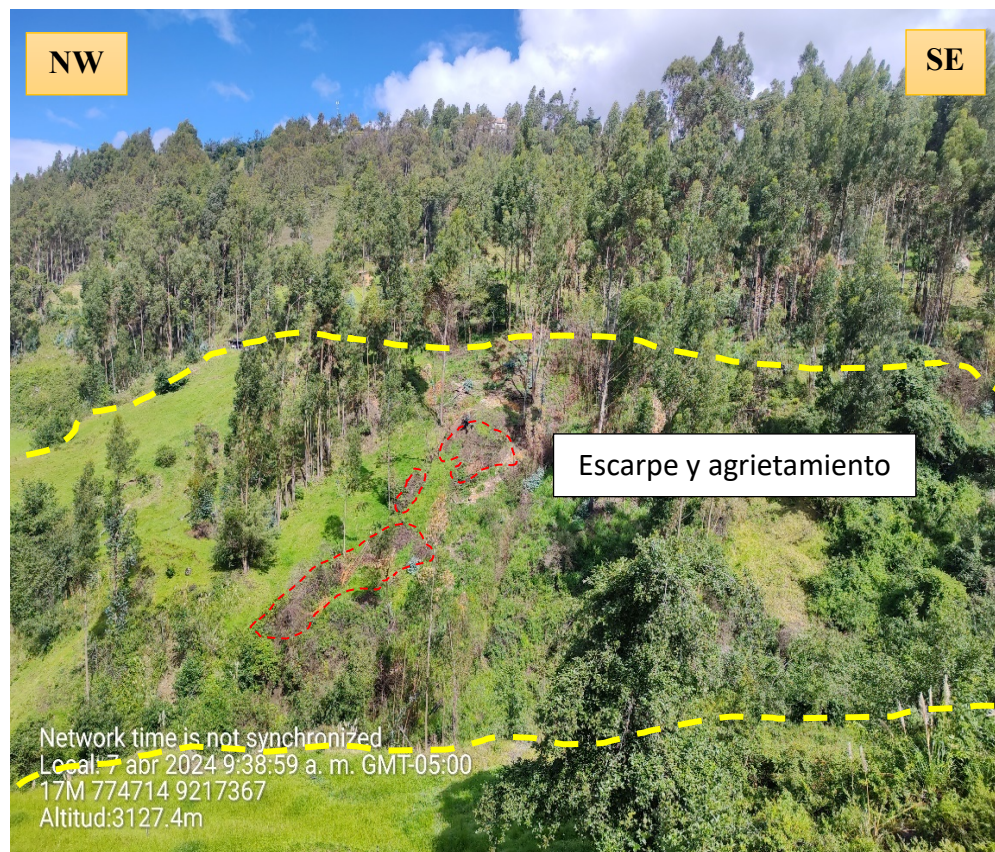
Aunque las lluvias intensas y los vientos fuertes causan un gran impacto en la población y las infraestructuras del distrito, sus efectos se limitan principalmente a las construcciones y elementos expuestos, sin alterar el terreno aledaño. Estos fenómenos actúan como "factores desencadenantes" de eventos más graves, como deslizamientos e inundaciones, que pueden ser evaluados en términos de tiempo y espacio específicos, y son influenciados por la intensidad o dirección de los vientos fuertes. (CENEPRED, 2014)

Con el objetivo de proteger la vida y la salud de los habitantes de Puruay, se ofrecerán recomendaciones tanto estructurales como no estructurales para implementar medidas de control que ayuden a reducir los posibles daños provocados por lluvias intensas.

De acuerdo con el Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres SIGRID (CENEPRED, 2014), se ha registrado un peligro geológico en las cercanías de la zona evaluada, específicamente un deslizamiento que será objeto de evaluación. Dada la posibilidad de que ocurra un deslizamiento en el área, esta investigación se enfoca en la evaluación del riesgo de deslizamientos de suelos en el distrito de Puruay, perteneciente a la provincia de Cajamarca. (CENEPRED, 2014). Ver anexo Plano 05.



Fotografía 16. Escarpe principal con altura principal de 15 metros.
Coordenadas: E: 773620 N: 9216263 C: 2906 m.s.n.m.



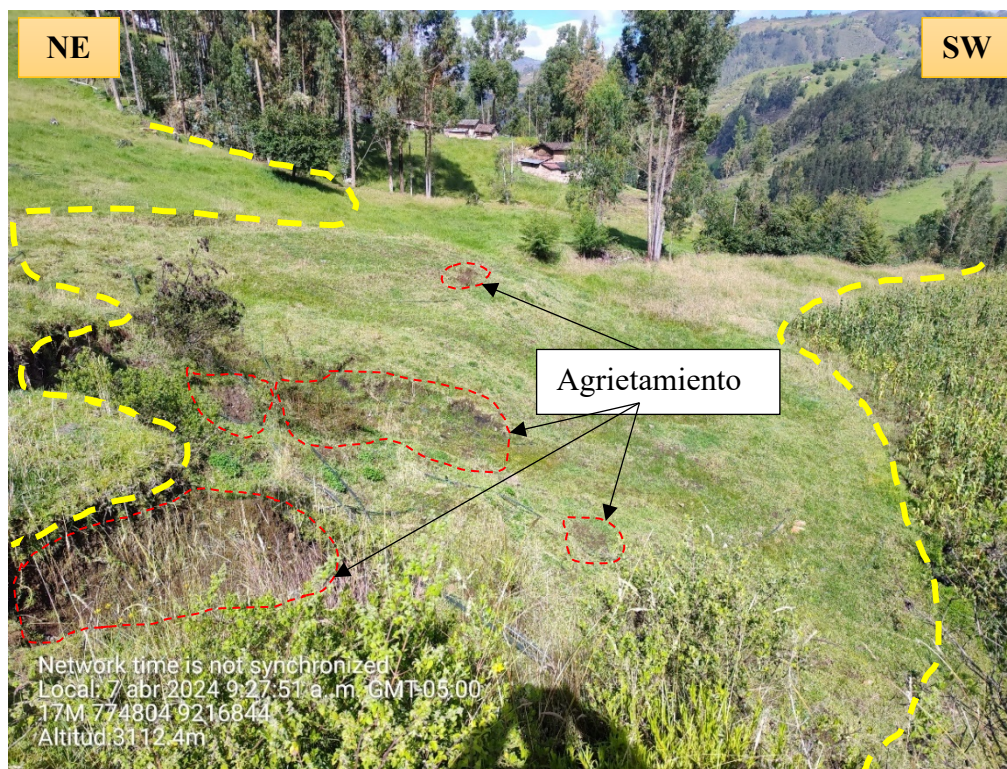
Fotografía 17. Escarpe y agrietamiento en el terreno.
Coordenadas: E: 774714 N: 9217367 C: 3127 m.s.n.m.



Fotografía 18. En el terreno se aprecian agrietamientos longitudinales, paralelos al escarpe principal.
Coordenadas: E: 774723 N: 9216923 C: 3127 m.s.n.m.



Fotografía 19. En el terreno se aprecian agrietamientos longitudinales, paralelos al escarpe principal. Coordenadas: E: 774805 N: 9216843 C: 3112 m.s.n.m.



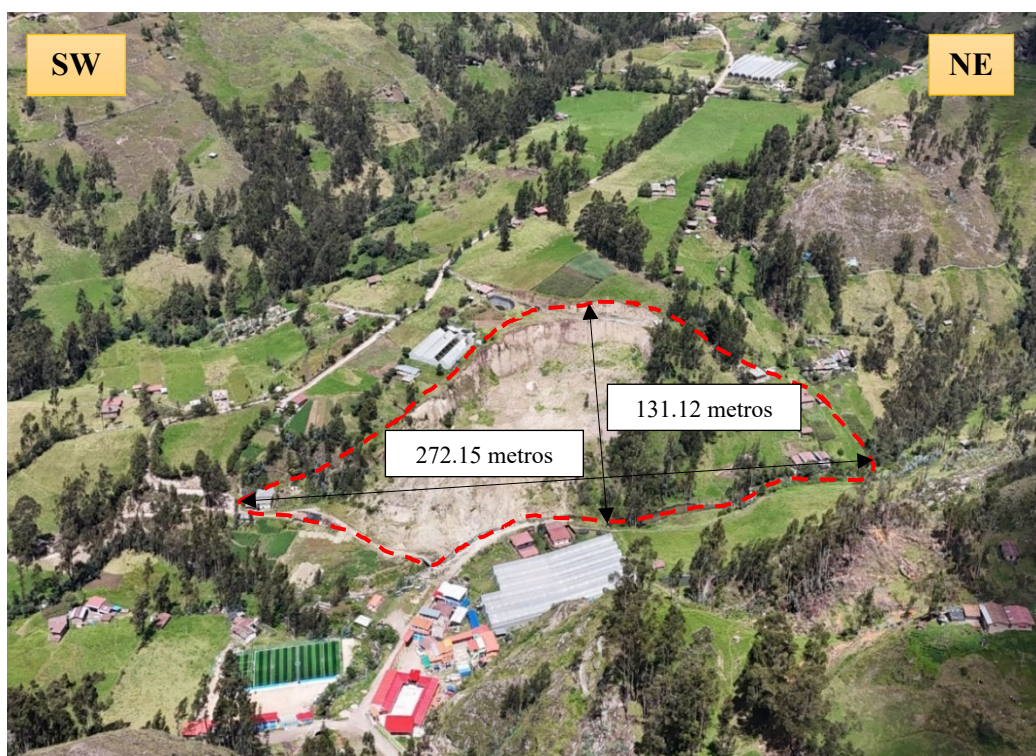
Fotografía 20. Agrietamientos longitudinales, paralelos al escarpe principal. Coordenadas: E: 774804 N: 9216844C: 3112 m.s.n.m.

4.1.4. Morfometría del deslizamiento.

El deslizamiento principal se identifica como rotacional debido al tipo de movimiento que ocurre sobre una superficie de ruptura curvada, similar a la forma cóncava de una cuchara. Esta configuración genera un desplazamiento en el que el terreno rota alrededor de dicha superficie, mostrando un patrón de movimiento característico. La velocidad de este deslizamiento no es constante y puede variar considerablemente; en este caso particular, se describe como lenta. Este movimiento pausado y no dirigido genera deformaciones en la superficie, visibles como ondulaciones. Estas ondulaciones evidencian las tensiones y reajustes que sufre el terreno durante el proceso, lo que puede tener un impacto significativo en la estabilidad del área afectada y en el diseño de medidas para mitigar sus efectos. Ver tabla 22.

Tabla 21. Aspectos característicos del deslizamiento principal

| PROPIEDADES | DATO |
|---------------------------------|---------------|
| Elevación del escarpe principal | 15 metros |
| Extensión del deslizamiento | 131.12 metros |
| Largo del deslizamiento | 272.15 metros |



Fotografía 21. Morfometría del deslizamiento tomada con Dron DJI Mavic Air 3.

Coordenadas: E: 773620 N: 9216263 C: 2906 m.s.n.m.



Fotografía 22. Altura del Escarpe principal.

4.1.5. Caracterización del peligro

Los movimientos en masa son procesos de erosión que contribuyen a dar forma a la topografía. Las laderas formadas por características geológicas, meteorológicas, físicas y químicas. Los factores del clima, las constantes lluvias y la actividad humana producen inestabilidad en las laderas y desplazan el terreno. Entre los riesgos geológicos asociados se encuentran los movimientos en masa, incluidos antiguos deslizamientos rotacionales que están siendo reactivados. (CENEPRED, 2014)

Este fenómeno de remoción en masa representa un evento relevante con múltiples implicaciones para la infraestructura y la seguridad de las comunidades cercanas. (CENEPRED, 2014). A continuación, se detallan las características principales del deslizamiento:

- Ubicación y dirección del deslizamiento principal:
 - Dirección: N 45
 - El deslizamiento es perpendicular a la dirección del río Puruay.
- Impacto al río Puruay:
 - Colmatación a los márgenes del río
 - Estrechamiento del cauce.
- Característica del escarpe principal:
 - Salto de 15 metros.
 - Longitud es de 272.15 metros.
- Impacto a vía principal:
 - Agrietamiento de aproximadamente 300 metros.
- Impacto a la vegetación y cultivos.
 - Agrietamiento en la zona de cultivos.



Fotografía 23. Agrietamientos en vía principal.
 Coordenadas: E: 774805 N: 9216845 C: 3112 m.s.n.m.



Fotografía 24. Vista del material deslizado.
 Coordenadas: E: 774710 N: 9217502 C: 3129 m.s.n.m.

4.1.6. Parámetros de Evaluación

En la evaluación actual, se ha tomado en cuenta únicamente el volumen de la masa desplazada como parámetro de análisis (Ver anexo Plano 05). Para calcular dicho volumen, se han considerado en la tabla 23.

$$\text{Volumen desplazado} = \frac{1}{6} \pi * Dr * Wr * Lr * Fex$$

Tabla 22. Fórmula del volumen para hallar la masa desplazada

| FACTOR | VALOR |
|---------------------------------|----------------------------------|
| Elevación del escarpe principal | Dr 15 metros. |
| Extensión del deslizamiento | Wr 131.12 metros. |
| Largo del deslizamiento | Lr 272.15 metros. |
| Factor | Fex 1.2 |
| Masa Desplazada | 337216.7106 m³ |

Fuente: CENEPRED (2014).

a) Parámetro: Volumen de masa desplazada

Tabla 23. Matriz comparada del parámetro volumen del deslizamiento.

| Volumen probable de la masa desplazada | Mayor a 10 000 000 m ³ | De 1 000 000 a 10 000 000 m ³ | De 100 000 a 1 000 000 m ³ | De 10 000 a 100 000 m ³ | Menor a 10 000 m ³ |
|--|-----------------------------------|--|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Mayor a 10 000 000 m ³ | 1.000 | 3.000 | 5.000 | 7.000 | 8.000 |
| De 1 000 000 a 10 000 000 m ³ | 0.333 | 1.000 | 3.000 | 5.000 | 7.000 |
| De 100 000 a 1 000 000 m ³ | 0.200 | 0.333 | 1.000 | 3.000 | 5.000 |
| De 10 000 a 100 000 m ³ | 0.143 | 0.200 | 0.333 | 1.000 | 3.000 |
| Menor a 10 000 m ³ | 0.125 | 0.143 | 0.200 | 0.333 | 1.000 |
| SUMATORIA | 1.801 | 4.676 | 9.533 | 16.333 | 24.000 |
| 1/SUMATORIA | 0.555 | 0.214 | 0.105 | 0.061 | 0.042 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 24. Matriz normalizada del parámetro Volumen del deslizamiento.

| Volumen probable del deslizamiento | Mayor a 10 000 000 m ³ | De 1 000 000 a 10 000 000 m ³ | De 100 000 a 1 000 000 m ³ | De 10 000 a 100 000 m ³ | Menor a 10 000 m ³ | Vector Priorización |
|--|-----------------------------------|--|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| Mayor a 10 000 000 m ³ | 0.555 | 0.642 | 0.524 | 0.429 | 0.333 | 0.497 |
| De 1 000 000 a 10 000 000 m ³ | 0.185 | 0.214 | 0.315 | 0.306 | 0.292 | 0.262 |
| De 100 000 a 1 000 000 m ³ | 0.111 | 0.071 | 0.105 | 0.184 | 0.208 | 0.136 |
| De 10 000 a 100 000 m ³ | 0.079 | 0.043 | 0.035 | 0.061 | 0.125 | 0.069 |
| Menor a 10 000 m ³ | 0.069 | 0.031 | 0.021 | 0.020 | 0.042 | 0.037 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 25. Calculando vector suma ponderado

| Resultados de las matrices | | | | | Sumatoria ponderada |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------|
| 0.497 | 0.787 | 0.679 | 0.481 | 0.293 | 2.736 |
| 0.166 | 0.262 | 0.408 | 0.343 | 0.256 | 1.435 |
| 0.099 | 0.087 | 0.136 | 0.206 | 0.183 | 0.712 |
| 0.071 | 0.052 | 0.045 | 0.069 | 0.110 | 0.347 |
| 0.062 | 0.037 | 0.027 | 0.023 | 0.037 | 0.186 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 26. Determinar el vector sumatorio ponderada.

| | |
|--------------------|--------|
| | |
| | 5.509 |
| | 5.471 |
| | 5.238 |
| | 5.056 |
| | 5.087 |
| SUMATORIA | 26.362 |
| VALOR MEDIO | 5.272 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Para calcular el índice aleatorio que ayuda a determinar la relación de consistencia, se utilizó la tabla proporcionada por Aguarón y Moreno (2001), en la que "n" representa el número de parámetros en la matriz.

El índice Aleatorio (IA) corresponde al valor de una Matriz de Comparaciones Pareadas generada de manera aleatoria. Los valores del índice aleatorio para diferentes valores de "n", obtenidos a través de la simulación de 1,000,000 de matrices. (CENEPRED, 2014).

Tabla 27. Datos utilizados para estimar índice aleatorio

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

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 28. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del proceso de análisis jerárquico para el parámetro Volumen de los materiales en remoción.

| | | |
|----------------------------------|-----------|-------|
| $(\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ | IC | 0.068 |
| IC/ IA | RC | 0.061 |

Fuente: CENEPRED (2014).

4.1.7. Susceptibilidad del territorio

Para evaluar la susceptibilidad del territorio, es esencial tener en cuenta diversos factores que pueden afectar el resultado final. En este caso, se han considerado los siguientes factores:

Tabla 29. Indicadores de susceptibilidad hallados.

| FACTORES CONDICIONANTES | FACTOR DESENCADENANTE |
|---|----------------------------------|
| Unidades geomorfológicas Geología Pendientes del terreno | Precipitación máxima de 24 horas |

Fuente: CENEPRED (2014).

Se mapeo la geomorfología como factores clave, y hallamos pendientes utilizando un MDE gracias al geoprocesamiento. Priorizando las pendientes, la relación de la intensidad y posibles deslizamientos. Consideramos el tipo de unidades geológicas que según la relación del tipo del terreno. Los factores desencadenantes, la precipitación de periodos de 24 horas, citando al SENAMHI.

4.1.8. Análisis de los factores condicionantes

Tabla 30. Matriz al comparar el factor condicionante.

| INDICADORES | Geomorfología | Geología | Pendientes |
|---------------|---------------|--------------|--------------|
| Geomorfología | 1.000 | 3.000 | 4.000 |
| Geología | 0.333 | 1.000 | 2.000 |
| Pendientes | 0.250 | 0.500 | 1.000 |
| SUMA | 1.583 | 4.500 | 7.000 |
| 1/SUMA | 0.632 | 0.222 | 0.143 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 31. Matriz al comparar el factor condicionante.

| INDICADORES | Geomorfología | Geología | Pendientes del terreno | Priorización |
|---------------|---------------|----------|------------------------|--------------|
| Geomorfología | 0.632 | 0.667 | 0.571 | 0.623 |
| Geología | 0.211 | 0.222 | 0.286 | 0.239 |
| Pendientes | 0.158 | 0.111 | 0.143 | 0.137 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 32. Índice de consistencia al factor condicionante.

| | |
|-----------|-------|
| IC | 0.009 |
| RC | 0.017 |

Fuente: CENEPRED (2014).

a) Indicador: Geomorfología

Tabla 33. Matriz de comparación de pares del parámetro geomorfología

| Geomorfología | Escarpas | Laderas | Lomadas | Lomada en roca sedimentaria | Planicies |
|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| Escarpas | 1.000 | 3.000 | 5.000 | 7.000 | 9.000 |
| Laderas | 0.333 | 1.000 | 3.000 | 5.000 | 7.000 |
| Lomadas | 0.200 | 0.333 | 1.000 | 3.000 | 5.000 |
| Lomada en roca sedimentaria | 0.143 | 0.200 | 0.333 | 1.000 | 2.000 |
| Planicies | 0.112 | 0.143 | 0.200 | 0.500 | 1.000 |
| SUMATORIA | 1.788 | 4.677 | 9.534 | 16.600 | 25.000 |
| 1/SUMATORIA | 0.561 | 0.215 | 0.106 | 0.062 | 0.043 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 34. Matriz de normalización del parámetro geomorfología

| Geomorfología | Escarpas | Laderas | Lomadas | Lomada en roca sedimentaria | Escarpas | Vector Priorización |
|-----------------------------|----------|---------|---------|-----------------------------|----------|---------------------|
| Escarpas | 0.560 | 0.642 | 0.524 | 0.424 | 0.375 | 0.505 |
| Laderas | 0.187 | 0.214 | 0.315 | 0.303 | 0.292 | 0.262 |
| Lomadas | 0.112 | 0.071 | 0.105 | 0.182 | 0.208 | 0.136 |
| Lomada en roca sedimentaria | 0.080 | 0.043 | 0.035 | 0.061 | 0.083 | 0.060 |
| Planicies | 0.062 | 0.031 | 0.021 | 0.030 | 0.042 | 0.037 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 35. Índice y Relación de Consistencia para el indicador geomorfología

| | |
|-----------|-------|
| IC | 0.047 |
| RC | 0.042 |

Fuente: CENEPRED (2014).

b) Indicador: Geología

Tabla 36. Matriz para comparar los pares del indicador geología

| Geología | Depósito coluvio deluvial o depósito coluvial | Depósito proluvial | Depósito lagunar o depósito fluvial | Secuencias volcano sedimentarias Tual Puruay o San José | Subvolcánico pórfido andesítico |
|---|---|--------------------|-------------------------------------|---|---------------------------------|
| Depósito coluvio deluvial o depósito coluvial | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 | 9.00 |
| Depósito proluvial | 0.33 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 7.00 |
| Depósito lagunar o depósito fluvial | 0.20 | 0.50 | 1.00 | 3.00 | 5.00 |
| Secuencias volcano sedimentarias Tual Puruay o San José | 0.14 | 0.20 | 0.33 | 1.00 | 3.00 |
| Subvolcánico pórfido andesítico | 0.111 | 0.143 | 0.200 | 0.333 | 1.00 |
| SUMATORIA | 1.78 | 4.84 | 8.53 | 16.33 | 25.00 |
| 1/SUMATORIA | 0.56 | 0.20 | 0.11 | 0.06 | 0.04 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 37. Matriz de los pares el indicador geología

| Geología | Depósito coluvio deluvial o depósito coluvial | Depósito proluvial | Depósito lagunar o depósito fluvial | Secuencias volcánico Huambos | Subvolcánico pórfido andesítico | Vector Priorización |
|---|---|--------------------|-------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| Depósito coluvio deluvial o depósito coluvial | 0.560 | 0.619 | 0.586 | 0.429 | 0.360 | 0.511 |
| Depósito proluvial | 0.187 | 0.206 | 0.234 | 0.306 | 0.280 | 0.243 |
| Depósito lagunar o depósito fluvial | 0.112 | 0.103 | 0.117 | 0.184 | 0.200 | 0.143 |
| Secuencias volcánico Huambos | 0.080 | 0.041 | 0.039 | 0.061 | 0.120 | 0.068 |
| Subvolcánico pórfido andesítico | 0.062 | 0.029 | 0.023 | 0.020 | 0.040 | 0.035 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 38. Índice y Relación de Consistencia del indicador geología

| | |
|-----------|-------|
| IC | 0.049 |
| RC | 0.044 |

Fuente: CENEPRED (2014).

c) Indicador: Pendientes

Tabla 39. Matriz de comparación de pares del indicador de las pendientes.

| Pendientes | 50° - 90° | 20° - 50° | 8° - 20° | 0° - 8° | Menor a 5° |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 50° - 90° | 1.000 | 2.000 | 4.000 | 6.000 | 8.000 |
| 20° - 50° | 0.500 | 1.000 | 2.000 | 5.000 | 7.000 |
| 8° - 20° | 0.250 | 0.500 | 1.000 | 3.000 | 5.000 |
| 0° - 8° | 0.167 | 0.200 | 0.333 | 1.000 | 3.000 |
| Inferior a 5° | 0.125 | 0.144 | 0.300 | 0.333 | 1.000 |
| SUMATORIA | 2.042 | 3.844 | 7.533 | 15.333 | 24.000 |
| 1/SUMATORIA | 0.490 | 0.261 | 0.133 | 0.066 | 0.043 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 40. Matriz de normalización de pares del indicador pendiente del terreno.

| Pendientes | 50° - 90° | 20° - 50° | 8° - 20° | 0° - 8° | Menor a 5° | Vector Priorización |
|---------------|-----------|-----------|----------|---------|------------|---------------------|
| 50° - 90° | 0.490 | 0.520 | 0.531 | 0.391 | 0.333 | 0.453 |
| 20° - 50° | 0.245 | 0.260 | 0.265 | 0.326 | 0.292 | 0.278 |
| 8° - 20° | 0.122 | 0.130 | 0.133 | 0.196 | 0.208 | 0.158 |
| 0° - 8° | 0.082 | 0.052 | 0.044 | 0.065 | 0.125 | 0.074 |
| Inferior a 5° | 0.061 | 0.038 | 0.027 | 0.022 | 0.043 | 0.039 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 41. Índice y Relación de Consistencia para el indicador pendientes.

| | |
|-----------|-------|
| IC | 0.038 |
| RC | 0.034 |

Fuente: CENEPRED (2014).

4.1.9. Análisis de factor desencadenante

Se utilizó el método de análisis jerárquico para determinar los pesos ponderados del factor desencadenante, basándose en los niveles de precipitación registrados en la estación meteorológica Puruay, de acuerdo con SENAMHI (2014). A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

a) Indicador: Precipitación de 24 horas

Tabla 42. Matriz comparando de pares del indicador precipitación de 24 horas.

| Precipitación de 24 horas. | Altamente lluvioso - Superior a 23.3 mm / día | Mas lluvioso - 14.4 a 23.3 mm / día | Pluvioso - Entre 10.7 a 14.4 mm / día | Nada lluvioso - entre 6.1 a 10.7 mm/día | Escaso lluvioso - Menor a 6.1 mm / día |
|--|--|--|--|--|---|
| Altamente lluvioso - Superior a los 23.3 mm/día | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 | 9.00 |
| Mas lluvioso - 14.4 a 23.3 mm / día | 0.50 | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 |
| Pluvioso - Entre 10.7 a 14.4 mm / día | 0.25 | 0.33 | 1.00 | 3.00 | 5.00 |
| Nada lluvioso - entre 6.1 a 10.7 mm/día | 0.14 | 0.16 | 0.33 | 1.00 | 3.00 |
| Escaso lluvioso - Menor a 6.1 mm / día | 0.11 | 0.14 | 0.20 | 0.33 | 1.000 |
| SUMATORIA | 2.00 | 3.64 | 8.53 | 17.33 | 25.00 |
| 1/SUMATORIA | 0.49 | 0.27 | 0.11 | 0.05 | 0.04 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 43. Matriz de normalización de pares del indicador Precipitación de 24 horas.

| Precipitación de 24 horas. | Altamente lluvioso - Superior a 23.3 mm / día | Mas lluvioso - 14.4 a 23.3 mm / día | Pluvioso - Entre 10.7 a 14.4 mm / día | Nada lluvioso - entre 6.1 a 10.7 mm/día | Escaso lluvioso - Menor a 6.1 mm / día | Vector Priorización |
|--|--|--|--|--|---|----------------------------|
| Mas lluvioso - 14.4 a 23.3 mm / día | 0.499 | 0.549 | 0.469 | 0.404 | 0.360 | 0.456 |
| Pluvioso - Entre 10.7 a 14.4 mm / día | 0.250 | 0.275 | 0.352 | 0.346 | 0.280 | 0.300 |
| Nada lluvioso - entre 6.1 a 10.7 mm/día | 0.125 | 0.092 | 0.117 | 0.173 | 0.200 | 0.141 |
| Escaso lluvioso - Menor a 6.1 mm / día | 0.071 | 0.046 | 0.039 | 0.058 | 0.120 | 0.067 |
| Mas lluvioso - 14.4 a 23.3 mm / día | 0.055 | 0.039 | 0.023 | 0.019 | 0.040 | 0.035 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 44. Índice y Relación de Consistencia para el indicador precipitación de 24 horas.

| | |
|-----------|-------|
| IC | 0.044 |
| RC | 0.040 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Los datos meteorológicos de la estación Granja Porcón muestran que la precipitación ocurrida durante los días en que se produjeron eventos de deslizamientos.

4.1.10. Definición de escenarios

A causa de las precipitaciones, donde varían entre 14.4 y 23.3 mm. Diariamente, en zonas con pendientes $< 25^\circ$ y geologías compuestas por actividad humana, encontrando las geoformas de vertientes aluviales, identificando riesgos significativos producidos por deslizamientos. Los eventos pueden darse en zonas donde el terreno deslizado es mayor a 10 metros, producto por lo que se considera una amenaza para la zona, donde podrían generar problemas en el escenario social, ambiental y económica.

4.1.11. Niveles de peligro – Movimiento en masas

Seguidamente, mostramos los niveles del peligro tomando en cuenta los deslizamientos en el área analizada, así como los rangos correspondientes que se establecieron a través del análisis jerárquico. Ver tabla 46.

Tabla 45. Identificación del peligro

| | Indicador de Evaluación | Análisis de peligro | | | | Valor Peligro |
|-------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|---------------|
| Cantidad | 0.4 | 0.6 | | | | |
| Cantidad | 1 | 0.5 | | | 0.5 | |
| | Parámetro de Evaluación | Factor Condicionante | Factor Condicionante | Factor Condicionante | Factor Desencadenante | |
| Cantidad | 1.000 | 0.623 | 0.239 | 0.137 | 1.000 | |
| | Volumen de la masa desplazada | 1. Geomorfología | 2. Geología | 3. Pendientes | Precipitación de 24 horas. | |
| Indicador 1 | 0.49 | 0.50 | 0.51 | 0.45 | 0.45 | |
| Indicador 2 | 0.26 | 0.26 | 0.24 | 0.27 | 0.30 | 0.27 |
| Indicador 3 | 0.13 | 0.13 | 0.14 | 0.15 | 0.14 | 0.13 |
| Indicador 4 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.06 | 0.06 |
| Indicador 5 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 46. Niveles de Peligro por movimiento en masas

| NIVELES DE PELIGRO | | | | |
|--------------------|--------------|--------|----------|---------------------|
| NIVEL | RANGO | | | |
| MUY ALTO | 0.273 | \leq | R | \leq 0.485 |
| ALTO | 0.139 | \leq | R | $<$ 0.273 |
| MEDIO | 0.067 | \leq | R | $<$ 0.139 |
| BAJO | 0.036 | \leq | R | $<$ 0.067 |

Fuente: CENEPRED (2014).

4.1.12. Estratificación del nivel de peligro

En el siguiente cuadro muestra la matriz de peligrosidad obtenida, en el cual se ha determinado que existe niveles de peligrosidad en el terreno de: Muy Alto, Alto y Medio. Ver Tabla 48.

Tabla 47. Matriz de peligro por movimientos en masas

| N. Peligro | Descripción | Rangos |
|-----------------|--|---|
| Muy Alto | Zonas con pendientes superiores a 25°, geología de depósitos antropogénicos (ya sean inconsolidados o consolidados) y geomorfología de vertientes aluviales, junto con un umbral de precipitación máxima de intensidad muy lluviosa de 23.3 a 36.6 mm/día, generarían deslizamientos con volúmenes entre 1,000,000 y 10,000,000 m³. | $0.273 < P \leq 0.485$ |
| Alto | Zonas con pendientes del terreno entre 15° y 25°, geología de depósitos coluviales deluvial y geomorfología de montaña en volcano sedimentarias, con un umbral de precipitación máxima de intensidad muy lluviosa de 14.4 a 23.3 mm/día, podrían generar deslizamientos con volúmenes entre 100,000 y 1,000,000 m³. | $0.139 < P \leq 0.273$ |
| Medio | Zonas de predominancia de pendiente del terreno de 10° a 15°, con geología de secuencias volvano sedimentarias Tual Puruay o San José y geomorfología con colinas en roca intrusiva. Con un umbral de precipitación máxima de intensidad Muy Lluviosa de 10.7 a 14.4 mm/día, se generarían deslizamientos de con volúmenes entre 10000 a 100000 m3 | $0.067 < P \leq 0.139$ |
| Bajo | Zonas de predominancia de pendiente del terreno menor a 5°, con geología Subvolcánico pórfido andesítico y geomorfología de terrazas lagunares. Con un umbral de precipitación máxima de intensidad Muy Lluviosa de menos de 6.1 mm/día, se generarían deslizamientos de con volúmenes menores a 10000 m3 | $0.036 \leq P \leq 0.067$ |

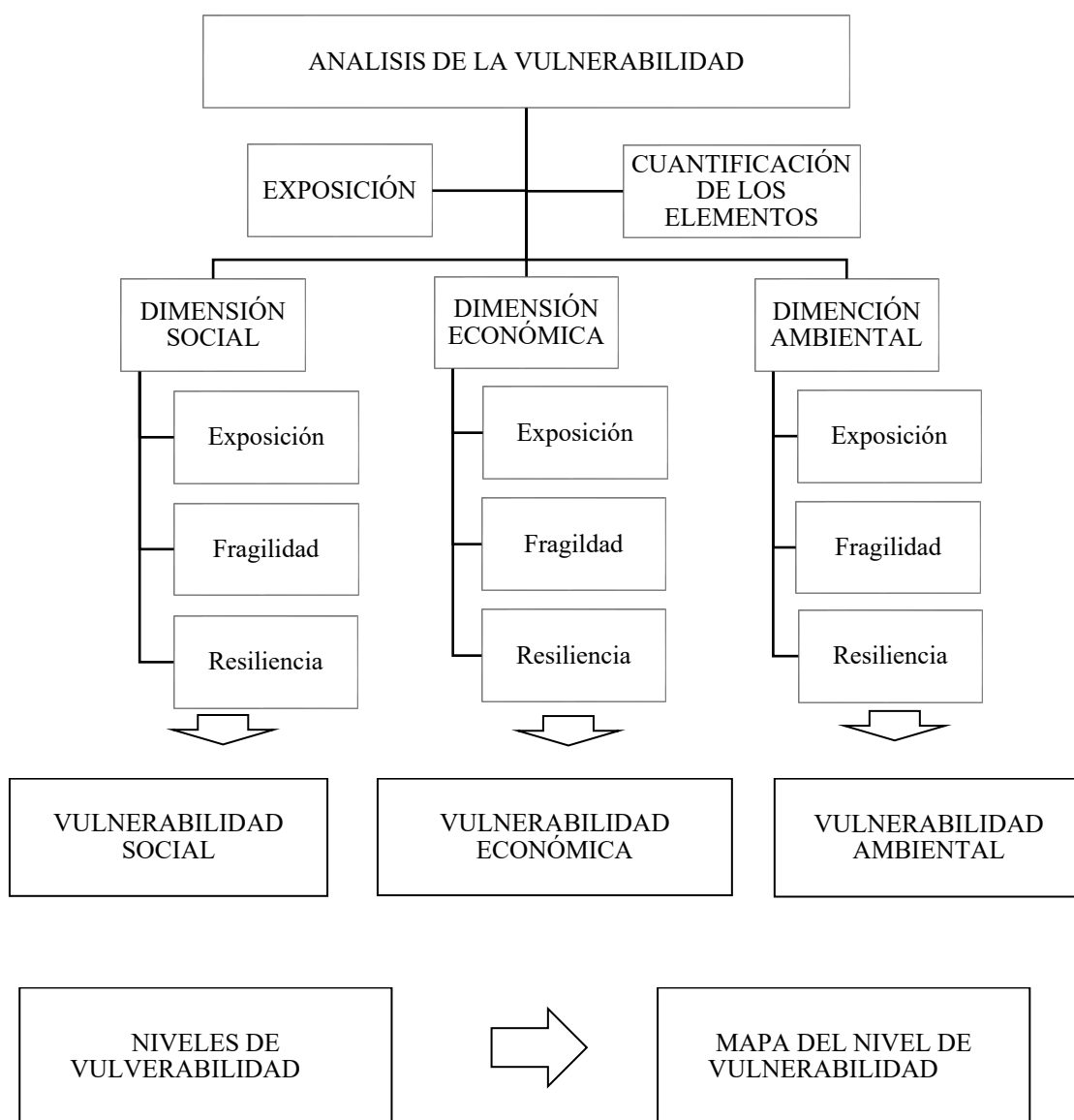
Fuente: CENEPRED (2014).

4.2. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

4.2.1. Metodología para el análisis de la vulnerabilidad

Con el fin de analizar los niveles de vulnerabilidad de los elementos expuestos que podrían verse afectados por peligros, se realizó un estudio de los factores de vulnerabilidad en las áreas social, económica y ambiental. Se utilizaron parámetros para identificar los aspectos los cuales son exposición, fragilidad y resiliencia en el entorno. Ver Gráfico 4.

Gráfico 4. Metodología del análisis de la vulnerabilidad.



Fuente: CENEPRED (2014).

Los datos asignados a las dimensiones estudiadas se determinaron a través del siguiente procedimiento:

Tabla 48. Matriz de comparación de pares de los parámetros utilizados en el factor fragilidad.

| Dimensión Social | Social | Económico | Ambiental |
|------------------|--------|-----------|-----------|
| Social | 1.00 | 2.00 | 5.00 |
| Económico | 0.50 | 1.00 | 3.00 |
| Ambiental | 0.20 | 0.33 | 1.00 |
| SUMA | 1.70 | 3.33 | 9.00 |
| 1/SUMA | 0.59 | 0.30 | 0.11 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 49. Matriz de normalización de pares de los parámetros utilizados en el factor fragilidad.

| Dimensión Social | Social | Económico | Ambiental | Vector Priorización |
|------------------|--------|-----------|-----------|---------------------|
| Social | 0.588 | 0.600 | 0.556 | 0.581 |
| Económico | 0.294 | 0.300 | 0.333 | 0.309 |
| Ambiental | 0.118 | 0.100 | 0.111 | 0.110 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 50. Obtención de los resultados de la operación de matrices

| Resultados de la operación de matrices | | | Vector Suma Ponderada |
|--|-------|-------|-----------------------|
| 0.581 | 0.618 | 0.548 | 1.747 |
| 0.291 | 0.309 | 0.329 | 0.929 |
| 0.116 | 0.103 | 0.110 | 0.329 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 51. Calculando el vector suma promedio

| Vector Suma Ponderado / Vector Priorización | |
|---|-------|
| 3.006 | |
| 3.004 | |
| 3.001 | |
| SUMA | 9.011 |
| PROMEDIO | 3.004 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 52. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) obtenido del proceso de análisis jerárquico.

| | |
|----|-------|
| IC | 0.002 |
| RC | 0.004 |

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

Fuente: CENEPRED (2014).

4.2.2. Análisis de la dimensión social

Tabla 53. Parámetros a utilizar en los factores (Exposición, Fragilidad, Resiliencia) de la Dimensión Social.

| Dimensión Social | | |
|------------------|--------------------------|---|
| Exposición | Fragilidad | Resiliencia |
| Habitantes | Grupo de edades | Conocimiento de los peligros de la zona |
| ---- | Servicios básicos | Ejecución de simulacros |
| ---- | Fuente de agua del hogar | Conformación de brigadas |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 54. Matriz de comparación de pares de los factores de la Dimensión Social.

| Dimensión Social | Exposición | Fragilidad | Resiliencia |
|------------------|------------|------------|-------------|
| Exposición | 1.00 | 2.00 | 4.00 |
| Fragilidad | 0.50 | 1.00 | 3.00 |
| Resiliencia | 0.25 | 0.33 | 1.00 |
| SUMA | 1.75 | 3.33 | 8.00 |
| 1/SUMA | 0.57 | 0.30 | 0.13 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 55. Matriz de normalización de pares de los factores de la Dimensión Social.

| Dimensión Social | Exposición | Fragilidad | Resiliencia | Vector Priorización |
|------------------|------------|------------|-------------|---------------------|
| Exposición | 0.571 | 0.600 | 0.500 | 0.557 |
| Fragilidad | 0.286 | 0.300 | 0.375 | 0.320 |
| Resiliencia | 0.143 | 0.100 | 0.125 | 0.123 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 56. Índice (IC) y relación de consistencia (RC) de los factores de la Dimensión Social

| | |
|----|-------|
| IC | 0.009 |
| RC | 0.017 |

Fuente: CENEPRED (2014).

4.2.2.1. Análisis de la exposición en la dimensión social

Tabla 57. Parámetros utilizados en el factor Exposición de la Dimensión Social

| Exposición Social | Vector Priorización |
|-------------------|---------------------|
| Habitantes | 1.00 |
| SUMA | 1.00 |

Fuente: CENEPRED (2014).

a) Parámetro: Número de habitantes a nivel de lote.

Tabla 58. Matriz de Comparación de pares del parámetro Número de Personas a nivel de lote

| Habitantes | ≥ 7 | 4-6 | 2-3 | 1 | 0 |
|------------|----------|------|------|-------|-------|
| ≥ 7 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 6.00 | 9.00 |
| 4-6 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 7.00 |
| 2-3 | 0.20 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 4.00 |
| 1 | 0.17 | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 3.00 |
| 0 | 0.11 | 0.14 | 0.25 | 0.33 | 1.00 |
| SUMA | 1.98 | 3.89 | 8.75 | 13.33 | 24.00 |
| 1/SUMA | 0.51 | 0.26 | 0.11 | 0.08 | 0.04 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 59. Matriz de Comparación de pares del parámetro Número de Personas a nivel de lote

| Habitantes | ≥ 7 | 4-6 | 2-3 | 1 | 0 | Vector Priorización |
|------------|----------|-------|-------|-------|-------|---------------------|
| ≥ 7 | 0.506 | 0.514 | 0.571 | 0.450 | 0.375 | 0.483 |
| 4-6 | 0.253 | 0.257 | 0.229 | 0.300 | 0.292 | 0.266 |
| 2-3 | 0.101 | 0.128 | 0.114 | 0.150 | 0.167 | 0.132 |
| 1 | 0.084 | 0.064 | 0.057 | 0.075 | 0.125 | 0.081 |
| 0 | 0.056 | 0.037 | 0.029 | 0.025 | 0.042 | 0.038 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 60. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro número de habitantes a nivel del lote.

| | |
|----|-------|
| IC | 0.022 |
| RC | 0.020 |

Fuente: CENEPRED (2014).

4.2.2.2. Análisis de la fragilidad en la dimensión social

Tabla 61. Matriz de Normalización de pares del factor Fragilidad de la Dimensión Social.

| Fragilidad social | Grupo de edades | Servicios básicos | Fuente de agua del hogar |
|--------------------------|-----------------|-------------------|--------------------------|
| Grupo de edades | 1.00 | 3.00 | 5.00 |
| Servicios básicos | 0.33 | 1.00 | 2.00 |
| Fuente de agua del hogar | 0.20 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 1.53 | 4.50 | 8.00 |
| 1/SUMA | 0.65 | 0.22 | 0.13 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 62. Matriz de Normalización de pares del factor Fragilidad de la Dimensión Social.

| Fragilidad social | Grupo de edades | Servicios básicos | Fuente de agua del hogar | Vector Priorización |
|--------------------------|-----------------|-------------------|--------------------------|---------------------|
| Grupo de edades | 0.652 | 0.667 | 0.625 | 0.648 |
| Servicios básicos | 0.217 | 0.222 | 0.250 | 0.230 |
| Fuente de agua del hogar | 0.130 | 0.111 | 0.125 | 0.122 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 63. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del factor fragilidad de la dimensión social

| | |
|----|-------|
| IC | 0.002 |
| RC | 0.004 |

Fuente: CENEPRED (2014).

b) Parámetro: Grupo de edades

Tabla 64. Matriz de Comparación de pares del parámetro grupo de edades de los habitantes

| Grupo de edades | <18 o >65 | 18-25 o 56-64 | 46-55 | 36-45 | 26-35 |
|-----------------|-----------|---------------|-------|-------|-------|
| <18 o >65 | 1.00 | 3.00 | 4.00 | 7.00 | 9.00 |
| 18-25 o 56-64 | 0.33 | 1.00 | 3.00 | 4.00 | 6.00 |
| 46-55 | 0.25 | 0.33 | 1.00 | 2.00 | 5.00 |
| 36-45 | 0.14 | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 2.00 |
| 26-35 | 0.11 | 0.17 | 0.20 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 1.84 | 4.75 | 8.70 | 14.50 | 23.00 |
| 1/SUMA | 0.54 | 0.21 | 0.11 | 0.07 | 0.04 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 65. Matriz de Comparación de pares del parámetro Grupo de edades de los habitantes

| Grupo de edades | <18 o >65 | 18-25 o 56-64 | 46-55 | 36-45 | 26-35 | Vector Priorización |
|-----------------|-----------|---------------|-------|-------|-------|---------------------|
| <18 o >65 | 0.544 | 0.632 | 0.460 | 0.483 | 0.391 | 0.502 |
| 18-25 o 56-64 | 0.181 | 0.211 | 0.345 | 0.276 | 0.261 | 0.255 |
| 46-55 | 0.136 | 0.070 | 0.115 | 0.138 | 0.217 | 0.135 |
| 36-45 | 0.078 | 0.053 | 0.057 | 0.069 | 0.087 | 0.069 |
| 26-35 | 0.060 | 0.035 | 0.023 | 0.034 | 0.043 | 0.039 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 66. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro Grupo de edades de los habitantes

| | |
|----|-------|
| IC | 0.035 |
| RC | 0.032 |

Fuente: CENEPRED (2014).

c) Parámetro: Servicios básicos

Tabla 67. Matriz de Comparación de pares del parámetro Servicios básicos

| Servicios básicos | Ninguno | Solo agua o solo luz o solo desagüe | Luz y desagüe | Agua y luz o Agua y desagüe | Agua, luz, desagüe |
|-------------------------------------|---------|-------------------------------------|---------------|-----------------------------|--------------------|
| Ninguno | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 7.00 | 9.00 |
| Solo agua o solo luz o solo desagüe | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 4.00 |
| Luz y desagüe | 0.20 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 5.00 |
| Agua y luz o Agua y desagüe | 0.14 | 0.20 | 0.50 | 1.00 | 3.00 |
| Agua, luz, desagüe | 0.11 | 0.25 | 0.20 | 0.33 | 1.00 |
| SUMA | 1.95 | 3.95 | 8.70 | 15.33 | 22.00 |
| 1/SUMA | 0.51 | 0.25 | 0.11 | 0.07 | 0.05 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 68. Matriz de Normalización de pares del parámetro Servicios Básicos

| Servicios básicos | Ninguno | Solo agua o solo luz o solo desagüe | Luz y desagüe | Agua y luz o Agua y desagüe | Agua, luz, desagüe | Vector Priorización |
|-------------------------------------|---------|-------------------------------------|---------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|
| Ninguno | 0.512 | 0.506 | 0.575 | 0.457 | 0.409 | 0.492 |
| Solo agua o solo luz o solo desagüe | 0.256 | 0.253 | 0.230 | 0.326 | 0.182 | 0.249 |
| Luz y desagüe | 0.102 | 0.127 | 0.115 | 0.130 | 0.227 | 0.140 |
| Agua y luz o Agua y desagüe | 0.073 | 0.051 | 0.057 | 0.065 | 0.136 | 0.077 |
| Agua, luz, desagüe | 0.057 | 0.063 | 0.023 | 0.022 | 0.045 | 0.042 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 69. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro Servicios Básicos

| | |
|----|-------|
| IC | 0.050 |
| RC | 0.044 |

Fuente: CENEPRED (2014).

d) Parámetro: Fuente de agua del hogar

Tabla 70. Matriz de Comparación de pares del parámetro fuente de agua del hogar

| Fuente de agua del hogar | No tiene | Río o quebrada | Pozo familiar | Red pública comunal | Red pública en domicilio |
|--------------------------|----------|----------------|---------------|---------------------|--------------------------|
| No tiene | 1.00 | 3.00 | 4.00 | 7.00 | 8.00 |
| Río o quebrada | 0.33 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 7.00 |
| Pozo familiar | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 4.00 |
| Red pública comunal | 0.14 | 0.20 | 0.50 | 1.00 | 3.00 |
| Red pública en domicilio | 0.13 | 0.14 | 0.25 | 0.33 | 1.00 |
| SUMA | 1.85 | 4.84 | 7.75 | 15.33 | 23.00 |
| 1/SUMA | 0.54 | 0.21 | 0.13 | 0.07 | 0.04 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 71. Matriz de Comparación de pares del parámetro fuente de agua del hogar

| Fuente de agua del hogar | No tiene | Río o quebrada | Pozo familiar | Red pública comunal | Red pública en domicilio | Vector Priorización |
|--------------------------|----------|----------------|---------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
| No tiene | 0.540 | 0.619 | 0.516 | 0.457 | 0.348 | 0.496 |
| Río o quebrada | 0.180 | 0.206 | 0.258 | 0.326 | 0.304 | 0.255 |
| Pozo familiar | 0.135 | 0.103 | 0.129 | 0.130 | 0.174 | 0.134 |
| Red pública comunal | 0.077 | 0.041 | 0.065 | 0.065 | 0.130 | 0.076 |
| Red pública en domicilio | 0.068 | 0.029 | 0.032 | 0.022 | 0.043 | 0.039 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 72. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro fuente de agua del hogar

| | |
|----|-------|
| IC | 0.041 |
| RC | 0.037 |

Fuente: CENEPRED (2014).

4.2.2.3. Análisis de la resiliencia en la Dimensión Social

Tabla 73. Parámetros utilizados en el factor resiliencia de la Dimensión Social

| Resiliencia Social | Conocimiento de los peligros de la zona | Ejecución de simulacros | Conformación de brigadas |
|---|---|-------------------------|--------------------------|
| Conocimiento de los peligros de la zona | 1.00 | 2.00 | 4.00 |
| Ejecución de simulacros | 0.50 | 1.00 | 2.00 |
| Conformación de brigadas | 0.25 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 1.75 | 3.50 | 7.00 |
| 1/SUMA | 0.57 | 0.29 | 0.14 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 74. Matriz de Normalización de pares del factor resiliencia de la Dimensión Social.

| Resiliencia Social | Conocimiento de los peligros de la zona | Ejecución de simulacros | Conformación de brigadas | Vector Priorización |
|---|---|-------------------------|--------------------------|---------------------|
| Conocimiento de los peligros de la zona | 0.571 | 0.571 | 0.571 | 0.571 |
| Ejecución de simulacros | 0.286 | 0.286 | 0.286 | 0.286 |
| Conformación de brigadas | 0.143 | 0.143 | 0.143 | 0.143 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 75. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del factor resiliencia de la dimensión social

| | |
|----|-------|
| IC | 0.002 |
| RC | 0.004 |

Fuente: CENEPRED (2014).

a) Parámetro: Conocimiento de los peligros de la zona

Tabla 76. Matriz de Comparación de pares del parámetro Conocimiento de los peligros de la zona

| Conocimiento de los peligros de la zona | Ninguno | Escaso | Regular | Conocimiento de las consecuencias | Conocimiento de las causas y consecuencias |
|--|---------|--------|---------|-----------------------------------|--|
| Ninguno | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 6.00 | 9.00 |
| Escaso | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 8.00 |
| Regular | 0.20 | 0.50 | 1.00 | 3.00 | 5.00 |
| Conocimiento de las consecuencias | 0.17 | 0.25 | 0.33 | 1.00 | 3.00 |
| Conocimiento de las causas y consecuencias | 0.11 | 0.13 | 0.20 | 0.33 | 1.00 |
| SUMA | 1.98 | 3.88 | 8.53 | 14.33 | 26.00 |
| 1/SUMA | 0.51 | 0.26 | 0.12 | 0.07 | 0.04 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 77. Matriz de Comparación de pares del parámetro Conocimiento de los peligros de la zona

| Conocimiento de los peligros de la zona | Ninguno | Escaso | Regular | Conocimiento de las consecuencias | Conocimiento de las causas y consecuencias | Vector Priorización |
|--|---------|--------|---------|-----------------------------------|--|---------------------|
| Ninguno | 0.506 | 0.516 | 0.586 | 0.419 | 0.346 | 0.474 |
| Escaso | 0.253 | 0.258 | 0.234 | 0.279 | 0.308 | 0.266 |
| Regular | 0.101 | 0.129 | 0.117 | 0.209 | 0.192 | 0.150 |
| Conocimiento de las consecuencias | 0.084 | 0.065 | 0.039 | 0.070 | 0.115 | 0.075 |
| Conocimiento de las causas y consecuencias | 0.056 | 0.032 | 0.023 | 0.023 | 0.038 | 0.035 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 78. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro Conocimiento de los peligros de la zona

| | |
|----|-------|
| IC | 0.037 |
| RC | 0.033 |

Fuente: CENEPRED (2014).

b) Parámetro: capacitación en ejecución de simulacros

Tabla 79. Matriz de Comparación de pares del parámetro capacitación en ejecución de simulacros

| Ejecución de simulacros | Nunca | Cada más de 4 años | Cada 2 o 3 años | 1 vez al año | Más de 1 vez al año |
|-------------------------|-------|--------------------|-----------------|--------------|---------------------|
| Nunca | 1.00 | 3.00 | 4.00 | 7.00 | 9.00 |
| Cada más de 4 años | 0.33 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 6.00 |
| Cada 2 o 3 años | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 5.00 |
| 1 vez al año | 0.14 | 0.20 | 0.50 | 1.00 | 2.00 |
| Más de 1 vez al año | 0.11 | 0.17 | 0.20 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 1.84 | 4.87 | 7.70 | 15.50 | 23.00 |
| 1/SUMA | 0.54 | 0.21 | 0.13 | 0.06 | 0.04 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 80. Matriz de normalización de pares del parámetro capacitación en ejecución de simulacros

| Ejecución de simulacros | Nunca | Cada más de 4 años | Cada 2 o 3 años | 1 vez al año | Más de 1 vez al año | Vector Priorización |
|-------------------------|-------|--------------------|-----------------|--------------|---------------------|---------------------|
| Nunca | 0.544 | 0.616 | 0.519 | 0.452 | 0.391 | 0.505 |
| Cada más de 4 años | 0.181 | 0.205 | 0.260 | 0.323 | 0.261 | 0.246 |
| Cada 2 o 3 años | 0.136 | 0.103 | 0.130 | 0.129 | 0.217 | 0.143 |
| 1 vez al año | 0.078 | 0.041 | 0.065 | 0.065 | 0.087 | 0.067 |
| Más de 1 vez al año | 0.060 | 0.034 | 0.026 | 0.032 | 0.043 | 0.039 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 81. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro capacitación en ejecución de simulacros

| | |
|----|-------|
| IC | 0.027 |
| RC | 0.025 |

Fuente: CENEPRED (2014).

c) Parámetro: Conformación de brigadas

Tabla 82. Matriz de Comparación de pares del parámetro Conformación de brigadas

| Conformación de brigadas | No tiene ni le interesa | No tiene, pero si le interesaría participar | Tiene brigadas fuera de la comunidad | Tiene brigadas dentro de la comunidad | Forma parte de brigadas |
|---|-------------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| No tiene ni le interesa | 1.00 | 3.00 | 4.00 | 7.00 | 9.00 |
| No tiene, pero si le interesaría participar | 0.33 | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 7.00 |
| Tiene brigadas fuera de la comunidad | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 3.00 | 5.00 |
| Tiene brigadas dentro de la comunidad | 0.14 | 0.25 | 0.33 | 1.00 | 2.00 |
| Forma parte de brigadas | 0.11 | 0.14 | 0.20 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 1.84 | 4.89 | 7.53 | 15.50 | 24.00 |
| 1/SUMA | 0.54 | 0.20 | 0.13 | 0.06 | 0.04 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 83. Matriz de Normalización de pares del parámetro Conformación de brigadas

| Conformación de brigadas | No tiene ni le interesa | No tiene, pero si le interesaría participar | Tiene brigadas fuera de la comunidad | Tiene brigadas dentro de la comunidad | Forma parte de brigadas | Vector Priorización |
|---|-------------------------|---|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------|
| No tiene ni le interesa | 0.544 | 0.613 | 0.531 | 0.452 | 0.375 | 0.503 |
| No tiene, pero si le interesaría participar | 0.181 | 0.204 | 0.265 | 0.258 | 0.292 | 0.240 |
| Tiene brigadas fuera de la comunidad | 0.136 | 0.102 | 0.133 | 0.194 | 0.208 | 0.155 |
| Tiene brigadas dentro de la comunidad | 0.078 | 0.051 | 0.044 | 0.065 | 0.083 | 0.064 |
| Forma parte de brigadas | 0.060 | 0.029 | 0.027 | 0.032 | 0.042 | 0.038 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 84. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro Conformación de brigadas

| | |
|----|-------|
| IC | 0.027 |
| RC | 0.024 |

Fuente: CENEPRED (2014).

4.2.3. Análisis de la dimensión económica

Tabla 85. Parámetros a utilizar en los factores (Exposición, Fragilidad, Resiliencia) de la Dimensión económica.

| Dimensión Económica | | |
|--|---------------------|---------------------------|
| Exposición | Fragilidad | Resiliencia |
| Cercanía a movimientos en masa activos | Material en paredes | Ingreso mensual del hogar |
| ---- | Material en techo | Tipo de tenencia |
| ---- | Material en pisos | Grado de educación |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 86. Matriz de comparación de pares de los factores de la Dimensión económica.

| Dimensión Económica | Exposición | Fragilidad | Resiliencia |
|---------------------|------------|------------|-------------|
| Exposición | 1.00 | 3.00 | 5.00 |
| Fragilidad | 0.33 | 1.00 | 3.00 |
| Resiliencia | 0.20 | 0.33 | 1.00 |
| SUMA | 1.53 | 4.33 | 9.00 |
| 1/SUMA | 0.65 | 0.23 | 0.11 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 87. Matriz de normalización de pares de los factores de la Dimensión económica.

| Dimensión Económica | Exposición | Fragilidad | Resiliencia | Vector Priorización |
|---------------------|------------|------------|-------------|---------------------|
| Exposición | 0.652 | 0.692 | 0.556 | 0.633 |
| Fragilidad | 0.217 | 0.231 | 0.333 | 0.260 |
| Resiliencia | 0.130 | 0.077 | 0.111 | 0.106 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 88. Índice (IC) y relación de consistencia (RC) de los factores de la Dimensión económica.

| | |
|----|-------|
| IC | 0.019 |
| RC | 0.037 |

Fuente: CENEPRED (2014).

4.2.3.1. Análisis de la exposición en la Dimensión Económico

Tabla 89. Parámetros utilizados en el factor Exposición de la Dimensión económico

| Exposición Económica | Vector Priorización |
|--|---------------------|
| Cercanía a movimientos en masa activos | 1.00 |
| SUMA | 1.00 |

Fuente: CENEPRED (2014).

a) Parámetro: cercanía de la vivienda a la zona de peligro

Tabla 90. Matriz de Comparación de pares del parámetro cercanía de la vivienda a la zona de peligro

| Cercanía a movimientos en masa activos | <10 m | 10-20 m | 20-50 m | 50-100 m | >100 m |
|--|-------|---------|---------|----------|--------|
| <10 m | 1.00 | 3.00 | 4.00 | 6.00 | 8.00 |
| 10-20 m | 0.33 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 7.00 |
| 20-50 m | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 3.00 | 5.00 |
| 50-100 m | 0.17 | 0.20 | 0.33 | 1.00 | 2.00 |
| >100 m | 0.13 | 0.14 | 0.20 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 1.88 | 4.84 | 7.53 | 15.50 | 23.00 |
| 1/SUMA | 0.53 | 0.21 | 0.13 | 0.06 | 0.04 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 91. Matriz de Normalización de pares del parámetro cercanía de la vivienda a la zona de peligro

| Cercanía a movimientos en masa activos | <10 m | 10-20 m | 20-50 m | 50-100 m | >100 m | Vector Priorización |
|--|-------|---------|---------|----------|--------|---------------------|
| <10 m | 0.533 | 0.619 | 0.531 | 0.387 | 0.348 | 0.484 |
| 10-20 m | 0.178 | 0.206 | 0.265 | 0.323 | 0.304 | 0.255 |
| 20-50 m | 0.133 | 0.103 | 0.133 | 0.194 | 0.217 | 0.156 |
| 50-100 m | 0.089 | 0.041 | 0.044 | 0.065 | 0.087 | 0.065 |
| >100 m | 0.067 | 0.029 | 0.027 | 0.032 | 0.043 | 0.040 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 92. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro cercanía de la vivienda a la zona de peligro

| | |
|----|-------|
| IC | 0.038 |
| RC | 0.034 |

Fuente: CENEPRED (2014).

4.2.3.2. Análisis de la fragilidad en la Dimensión Económica

Tabla 93. Parámetros utilizados en el factor fragilidad de la Dimensión económico

| Fragilidad Económica | Material en paredes | Material en techo | Material en pisos |
|----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| Material en paredes | 1.00 | 3.00 | 5.00 |
| Material en techo | 0.33 | 1.00 | 3.00 |
| Material en pisos | 0.20 | 0.33 | 1.00 |
| SUMA | 1.53 | 4.33 | 9.00 |
| 1 / SUMA | 0.65 | 0.23 | 0.11 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 94. Matriz de Normalización de pares del factor Fragilidad de la Dimensión económico

| Fragilidad Económica | Material en paredes | Material en techo | Material en pisos | Vector Priorización |
|----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Material en paredes | 0.652 | 0.692 | 0.556 | 0.633 |
| Material en techo | 0.217 | 0.231 | 0.333 | 0.260 |
| Material en pisos | 0.130 | 0.077 | 0.111 | 0.106 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 95. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del factor fragilidad de la dimensión económica.

| | |
|----|-------|
| IC | 0.019 |
| RC | 0.037 |

Fuente: CENEPRED (2014).

a) Parámetro: Material predominante - Pared

Tabla 96. Matriz de Comparación de pares del parámetro Material predominante - Pared

| Material en paredes | Rustico o improvisado (plástico y cartón) | Madera y estera | Tapial o adobe | Ladrillo y/o bloqueta de cemento | Concreto armado |
|---|---|-----------------|----------------|----------------------------------|-----------------|
| Rustico o improvisado (plástico y cartón) | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 6.00 | 8.00 |
| Madera y estera | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 7.00 |
| Tapial o adobe | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 3.00 | 5.00 |
| Ladrillo y/o bloqueta de cemento | 0.17 | 0.20 | 0.33 | 1.00 | 3.00 |
| Concreto armado | 0.13 | 0.14 | 0.20 | 0.33 | 1.00 |
| SUMA | 2.04 | 3.84 | 7.53 | 15.33 | 24.00 |
| 1/SUMA | 0.49 | 0.26 | 0.13 | 0.07 | 0.04 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 97. Matriz de Comparación de pares del parámetro Material predominante - Pared

| Material en paredes | Rustico o improvisado (plástico y cartón) | Madera y estera | Tapial o adobe | Ladrillo y/o bloqueta de cemento | Concreto armado | Vector Priorización |
|---|---|-----------------|----------------|----------------------------------|-----------------|---------------------|
| Rustico o improvisado (plástico y cartón) | 0.490 | 0.520 | 0.531 | 0.391 | 0.333 | 0.453 |
| Madera y estera | 0.245 | 0.260 | 0.265 | 0.326 | 0.292 | 0.278 |
| Tapial o adobe | 0.122 | 0.130 | 0.133 | 0.196 | 0.208 | 0.158 |
| Ladrillo y/o bloqueta de cemento | 0.082 | 0.052 | 0.044 | 0.065 | 0.125 | 0.074 |
| Concreto armado | 0.061 | 0.037 | 0.027 | 0.022 | 0.042 | 0.038 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 98. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro Material predominante - Pared

| | |
|----|-------|
| IC | 0.038 |
| RC | 0.034 |

Fuente: CENEPRED (2014).

b) Parámetro: Material predominante - Techo

Tabla 99. Matriz de Comparación de pares del parámetro Material predominante - Techo

| Material en techo | Caña o estera con torta de barro | Triplay / estera / carrizo | Teja | Planchas de calamina, calamina Eternit o similares | Concreto armado o techo aligerado |
|--|----------------------------------|----------------------------|------|--|-----------------------------------|
| Caña o estera con torta de barro | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 6.00 | 9.00 |
| Triplay / estera / carrizo | 0.33 | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 |
| Teja | 0.20 | 0.33 | 1.00 | 2.00 | 5.00 |
| Planchas de calamina, calamina Eternit o similares | 0.17 | 0.20 | 0.50 | 1.00 | 4.00 |
| Concreto armado o techo aligerado | 0.11 | 0.14 | 0.20 | 0.25 | 1.00 |
| SUMA | 1.81 | 4.68 | 9.70 | 14.25 | 26.00 |
| 1/SUMA | 0.55 | 0.21 | 0.10 | 0.07 | 0.04 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 100. Matriz de Normalización de pares del parámetro Material predominante – Techo

| Material en techo | Caña o estera con torta de barro | Triplay / estera / carrizo | Teja | Planchas de calamina, calamina Eternit o similares | Concreto armado o techo aligerado | Vector Priorización |
|--|----------------------------------|----------------------------|-------|--|-----------------------------------|---------------------|
| Caña o estera con torta de barro | 0.552 | 0.642 | 0.515 | 0.421 | 0.346 | 0.495 |
| Triplay / estera / carrizo | 0.184 | 0.214 | 0.309 | 0.351 | 0.269 | 0.265 |
| Teja | 0.110 | 0.071 | 0.103 | 0.140 | 0.192 | 0.123 |
| Planchas de calamina, calamina Eternit o similares | 0.092 | 0.043 | 0.052 | 0.070 | 0.154 | 0.082 |
| Concreto armado o techo aligerado | 0.061 | 0.031 | 0.021 | 0.018 | 0.038 | 0.034 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 101. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro tipo Material predominante - Techo

| | |
|----|-------|
| IC | 0.064 |
| RC | 0.057 |

Fuente: CENEPRED (2014).

c) Parámetro: material predominante – Pisos

Tabla 102. Matriz de Comparación de pares del parámetro material predominante – Pisos

| Material en pisos | Tierra | Madera o parquet | Láminas asfálticas, vinílicos o similares | Cemento | Losetas, terrazos, cerámicos o similares |
|---|--------|------------------|---|---------|--|
| Tierra | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 6.00 | 8.00 |
| Madera o parquet | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 7.00 |
| Láminas asfálticas, vinílicos o similares | 0.20 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 4.00 |
| Cemento | 0.17 | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 3.00 |
| Losetas, terrazos, cerámicos o similares | 0.13 | 0.14 | 0.25 | 0.33 | 1.00 |
| SUMA | 1.99 | 3.89 | 8.75 | 13.33 | 23.00 |
| 1/SUMA | 0.50 | 0.26 | 0.11 | 0.08 | 0.04 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 103. Matriz de Normalización de pares del parámetro material predominante – Pisos

| Material en pisos | Tierra | Madera o parquet | Láminas asfálticas, vinílicos o similares | Cemento | Losetas, terrazos, cerámicos o similares | Vector Priorización |
|---|--------|------------------|---|---------|--|---------------------|
| Tierra | 0.502 | 0.514 | 0.571 | 0.450 | 0.348 | 0.477 |
| Madera o parquet | 0.251 | 0.257 | 0.229 | 0.300 | 0.304 | 0.268 |
| Láminas asfálticas, vinílicos o similares | 0.100 | 0.128 | 0.114 | 0.150 | 0.174 | 0.133 |
| Cemento | 0.084 | 0.064 | 0.057 | 0.075 | 0.130 | 0.082 |
| Losetas, terrazos, cerámicos o similares | 0.063 | 0.037 | 0.029 | 0.025 | 0.043 | 0.039 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 104. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro material predominante – Pisos

| | |
|----|-------|
| IC | 0.027 |
| RC | 0.025 |

Fuente: CENEPRED (2014).

4.2.3.3. Análisis de la resiliencia en la dimensión económico

Tabla 105. Parámetros utilizados en el factor resiliencia de la Dimensión económico

| Resiliencia Económica | Ingreso mensual del hogar | Tipo de tenencia | Grado de educación |
|---------------------------|---------------------------|------------------|--------------------|
| Ingreso mensual del hogar | 1.00 | 3.00 | 5.00 |
| Tipo de tenencia | 0.33 | 1.00 | 2.00 |
| Grado de educación | 0.20 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 1.53 | 4.50 | 8.00 |
| 1 / SUMA | 0.65 | 0.22 | 0.13 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 106. Matriz de Normalización de pares del factor resiliencia de la Dimensión económico

| Resiliencia Económica | Ingreso mensual del hogar | Tipo de tenencia | Grado de educación | Vector Priorización |
|---------------------------|---------------------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Ingreso mensual del hogar | 0.652 | 0.667 | 0.625 | 0.648 |
| Tipo de tenencia | 0.217 | 0.222 | 0.250 | 0.230 |
| Grado de educación | 0.130 | 0.111 | 0.125 | 0.122 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 107. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del factor resiliencia de la dimensión económico

| | |
|----|-------|
| IC | 0.002 |
| RC | 0.004 |

Fuente: CENEPRED (2014).

a) Parámetro: Ingreso mensual del hogar

Tabla 108. Matriz de Comparación de pares del parámetro ingreso mensual del hogar

| Ingreso mensual del hogar | <1025 | 1025-1500 | 1500-2000 | 2000-3000 | >3000 |
|---------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-------|
| <1025 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 6.00 | 9.00 |
| 1025-1500 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 7.00 |
| 1500-2000 | 0.20 | 0.50 | 1.00 | 3.00 | 4.00 |
| 2000-3000 | 0.17 | 0.20 | 0.33 | 1.00 | 2.00 |
| >3000 | 0.11 | 0.14 | 0.25 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 1.98 | 3.84 | 8.58 | 15.50 | 23.00 |
| 1/SUMA | 0.51 | 0.26 | 0.12 | 0.06 | 0.04 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 109. Matriz de Comparación de pares del parámetro ingreso mensual del hogar

| Ingreso mensual del hogar | <1025 | 1025-1500 | 1500-2000 | 2000-3000 | >3000 | Vector Priorización |
|---------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|-------|---------------------|
| <1025 | 0.506 | 0.520 | 0.583 | 0.387 | 0.391 | 0.477 |
| 1025-1500 | 0.253 | 0.260 | 0.233 | 0.323 | 0.304 | 0.275 |
| 1500-2000 | 0.101 | 0.130 | 0.117 | 0.194 | 0.174 | 0.143 |
| 2000-3000 | 0.084 | 0.052 | 0.039 | 0.065 | 0.087 | 0.065 |
| >3000 | 0.056 | 0.037 | 0.029 | 0.032 | 0.043 | 0.040 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 110. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro Ingreso mensual del hogar

| | |
|----|-------|
| IC | 0.024 |
| RC | 0.022 |

Fuente: CENEPRED (2014).

b) Parámetro: Tipo de tenencia

Tabla 111. Matriz de Comparación de pares del parámetro Tipo de Tenencia

| Tipo de tenencia | Invasión | Constancia | Alquiler | Título privado | Título de propiedad en RR. PP. |
|--------------------------------|----------|------------|----------|----------------|--------------------------------|
| Invasión | 1.00 | 3.00 | 4.00 | 7.00 | 9.00 |
| Constancia | 0.33 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 7.00 |
| Alquiler | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 3.00 | 5.00 |
| Título privado | 0.14 | 0.20 | 0.33 | 1.00 | 2.00 |
| Título de propiedad en RR. PP. | 0.11 | 0.14 | 0.20 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 1.84 | 4.84 | 7.53 | 16.50 | 24.00 |
| 1/SUMA | 0.54 | 0.21 | 0.13 | 0.06 | 0.04 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 112. Matriz de Normalización de pares del parámetro Tipo de Tenencia

| Tipo de tenencia | Invasión | Constancia | Alquiler | Título privado | Título de propiedad en RR. PP. | Vector Priorización |
|--------------------------------|----------|------------|----------|----------------|--------------------------------|---------------------|
| Invasión | 0.544 | 0.619 | 0.531 | 0.424 | 0.375 | 0.499 |
| Constancia | 0.181 | 0.206 | 0.265 | 0.303 | 0.292 | 0.250 |
| Alquiler | 0.136 | 0.103 | 0.133 | 0.182 | 0.208 | 0.152 |
| Título privado | 0.078 | 0.041 | 0.044 | 0.061 | 0.083 | 0.061 |
| Título de propiedad en RR. PP. | 0.060 | 0.029 | 0.027 | 0.030 | 0.042 | 0.038 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 113. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro Tipo de Tenencia

| | |
|----|-------|
| IC | 0.030 |
| RC | 0.026 |

Fuente: CENEPRED (2014).

c) Parámetro: Grado de educación

Tabla 114. Matriz de Comparación de pares del parámetro Grado de Educación

| Grado de educación | Superior universitario | Superior técnico | Secundaria | Primaria | No presenta |
|------------------------|------------------------|------------------|------------|----------|-------------|
| Superior universitario | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 6.00 | 9.00 |
| Superior técnico | 0.33 | 1.00 | 3.00 | 3.00 | 6.00 |
| Secundaria | 0.20 | 0.33 | 1.00 | 2.00 | 5.00 |
| Primaria | 0.17 | 0.33 | 0.50 | 1.00 | 3.00 |
| No presenta | 0.11 | 0.17 | 0.20 | 0.33 | 1.00 |
| SUMA | 1.81 | 4.83 | 9.70 | 12.33 | 24.00 |
| 1/SUMA | 0.55 | 0.21 | 0.10 | 0.08 | 0.04 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 115. Matriz de Comparación de pares del parámetro Grado de Educación

| Grado de educación | Superior universitario | Superior técnico | Secundaria | Primaria | No presenta | Vector Priorización |
|------------------------|------------------------|------------------|------------|----------|-------------|---------------------|
| Superior universitario | 0.552 | 0.621 | 0.515 | 0.486 | 0.375 | 0.510 |
| Superior técnico | 0.184 | 0.207 | 0.309 | 0.243 | 0.250 | 0.239 |
| Secundaria | 0.110 | 0.069 | 0.103 | 0.162 | 0.208 | 0.131 |
| Primaria | 0.092 | 0.069 | 0.052 | 0.081 | 0.125 | 0.084 |
| No presenta | 0.061 | 0.034 | 0.021 | 0.027 | 0.042 | 0.037 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 116. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro Grado de Educación

| | |
|----|-------|
| IC | 0.044 |
| RC | 0.040 |

Fuente: CENEPRED (2014).

4.2.4. Análisis de la Dimensión Ambiental

Tabla 117. Parámetros a utilizar en los factores (Exposición, Fragilidad, Resiliencia) de la Dimensión ambiental.

| Dimensión Ambiental | | |
|---------------------------------|--|----------------------------|
| Exposición | Fragilidad | Resiliencia |
| Distancia al botadero municipal | Estado de conservación del sistema de agua potable | Reciclaje |
| ---- | Estado de conservación de los servicios higiénicos | Cercanía a fuentes de agua |
| ---- | Tipo de servicios higiénicos | ---- |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 118. Matriz de comparación de pares de los factores de la Dimensión ambiental.

| Dimensión Ambiental | Exposición | Fragilidad | Resiliencia |
|---------------------|------------|------------|-------------|
| Exposición | 1.00 | 2.00 | 5.00 |
| Fragilidad | 0.50 | 1.00 | 2.00 |
| Resiliencia | 0.20 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 1.70 | 3.50 | 8.00 |
| 1/SUMA | 0.59 | 0.29 | 0.13 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 119. Matriz de normalización de pares de los factores de la Dimensión ambiental.

| Dimensión Ambiental | Exposición | Fragilidad | Resiliencia | Vector Priorización |
|---------------------|------------|------------|-------------|---------------------|
| Exposición | 0.588 | 0.571 | 0.625 | 0.595 |
| Fragilidad | 0.294 | 0.286 | 0.250 | 0.277 |
| Resiliencia | 0.118 | 0.143 | 0.125 | 0.129 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 120. Índice (IC) y relación de consistencia (RC) de los factores de la Dimensión ambiental.

| | |
|----|-------|
| IC | 0.003 |
| RC | 0.005 |

Fuente: CENEPRED (2014).

4.2.4.1. Análisis de la exposición en la Dimensión Ambiental

Tabla 121. Parámetros utilizados en el factor Exposición de la Dimensión económico

| Exposición Ambiental | Vector Priorización |
|---------------------------------|---------------------|
| Distancia al botadero municipal | 1.00 |
| SUMA | 1.00 |

Fuente: CENEPRED (2014).

a) Parámetro: Ubicación de botadero municipal

Tabla 122. Matriz de Comparación de pares del parámetro ubicación de botadero municipal

| Distancia al botadero municipal | <50 m | 50-100 m | 100-200 m | 200-500 m | >500 m |
|---------------------------------|-------|----------|-----------|-----------|--------|
| <50 m | 1.00 | 3.00 | 4.00 | 6.00 | 9.00 |
| 50-100 m | 0.33 | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 6.00 |
| 100-200 m | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 5.00 |
| 200-500 m | 0.17 | 0.20 | 0.50 | 1.00 | 3.00 |
| >500 m | 0.11 | 0.17 | 0.20 | 0.33 | 1.00 |
| SUMA | 1.86 | 4.87 | 7.70 | 14.33 | 24.00 |
| 1/SUMA | 0.54 | 0.21 | 0.13 | 0.07 | 0.04 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 123. Matriz de Comparación de pares del parámetro ubicación de botadero municipal

| Distancia al botadero municipal | <50 m | 50-100 m | 100-200 m | 200-500 m | >500 m | Vector Priorización |
|---------------------------------|-------|----------|-----------|-----------|--------|---------------------|
| <50 m | 0.537 | 0.616 | 0.519 | 0.419 | 0.375 | 0.493 |
| 50-100 m | 0.179 | 0.205 | 0.260 | 0.349 | 0.250 | 0.249 |
| 100-200 m | 0.134 | 0.103 | 0.130 | 0.140 | 0.208 | 0.143 |
| 200-500 m | 0.090 | 0.041 | 0.065 | 0.070 | 0.125 | 0.078 |
| >500 m | 0.060 | 0.034 | 0.026 | 0.023 | 0.042 | 0.037 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 124. Matriz de Comparación de pares del parámetro ubicación de botadero municipal

| | |
|----|-------|
| IC | 0.040 |
| RC | 0.036 |

Fuente: CENEPRED (2014).

4.2.4.2. Análisis de la fragilidad en la dimensión ambiental

Tabla 125. Parámetros utilizados en el factor fragilidad de la Dimensión ambiental

| Fragilidad Ambiental | Estado de conservación del sistema de agua potable | Estado de conservación de los servicios higiénicos | Tipo de servicios higiénicos |
|--|--|--|------------------------------|
| Estado de conservación del sistema de agua potable | 1.00 | 2.00 | 4.00 |
| Estado de conservación de los servicios higiénicos | 0.50 | 1.00 | 3.00 |
| Tipo de servicios higiénicos | 0.25 | 0.33 | 1.00 |
| SUMA | 1.75 | 3.33 | 8.00 |
| 1 / SUMA | 0.57 | 0.30 | 0.13 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 126. Matriz de Normalización de pares del factor Fragilidad de la Dimensión ambiental

| Fragilidad Ambiental | Estado de conservación del sistema de agua potable | Estado de conservación de los servicios higiénicos | Tipo de servicios higiénicos | Vector Priorización |
|--|--|--|------------------------------|---------------------|
| Estado de conservación del sistema de agua potable | 0.571 | 0.600 | 0.500 | 0.557 |
| Estado de conservación de los servicios higiénicos | 0.286 | 0.300 | 0.375 | 0.320 |
| Tipo de servicios higiénicos | 0.143 | 0.100 | 0.125 | 0.123 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 127. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del factor fragilidad de la dimensión ambiental.

| | |
|----|-------|
| IC | 0.009 |
| RC | 0.017 |

Fuente: CENEPRED (2014).

a) Parámetro: Estado de conservación del sistema de agua potable

Tabla 128. Matriz de Comparación de pares del parámetro Estado de conservación del sistema de agua potable

| Estado de conservación del sistema de agua potable | Muy mala | Mala | Regular | Buena | Muy buena |
|--|----------|------|---------|-------|-----------|
| Muy mala | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 | 9.00 |
| Mala | 0.33 | 1.00 | 3.00 | 4.00 | 7.00 |
| Regular | 0.20 | 0.33 | 1.00 | 3.00 | 5.00 |
| Buena | 0.14 | 0.25 | 0.33 | 1.00 | 3.00 |
| Muy buena | 0.11 | 0.14 | 0.20 | 0.33 | 1.00 |
| SUMA | 1.79 | 4.73 | 9.53 | 15.33 | 25.00 |
| 1/SUMA | 0.56 | 0.21 | 0.10 | 0.07 | 0.04 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 129. Matriz de Comparación de pares del parámetro Estado de conservación del sistema de agua potable

| Estado de conservación del sistema de agua potable | Muy mala | Mala | Regular | Buena | Muy buena | Vector Priorización |
|--|----------|-------|---------|-------|-----------|---------------------|
| Muy mala | 0.560 | 0.635 | 0.524 | 0.457 | 0.360 | 0.507 |
| Mala | 0.187 | 0.212 | 0.315 | 0.261 | 0.280 | 0.251 |
| Regular | 0.112 | 0.071 | 0.105 | 0.196 | 0.200 | 0.137 |
| Buena | 0.080 | 0.053 | 0.035 | 0.065 | 0.120 | 0.071 |
| Muy buena | 0.062 | 0.030 | 0.021 | 0.022 | 0.040 | 0.035 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 130. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro Estado de conservación del sistema de agua potable

| | |
|----|-------|
| IC | 0.058 |
| RC | 0.052 |

Fuente: CENEPRED (2014).

b) Parámetro: Estado de conservación de los servicios higiénicos

Tabla 131. Matriz de Comparación de pares del parámetro Estado de conservación de los servicios higiénicos

| Estado de conservación de los servicios higiénicos | Muy mala | Mala | Regular | Buena | Muy buena |
|--|----------|------|---------|-------|-----------|
| Muy mala | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 | 9.00 |
| Mala | 0.33 | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 7.00 |
| Regular | 0.20 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 5.00 |
| Buena | 0.14 | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 3.00 |
| Muy buena | 0.11 | 0.14 | 0.20 | 0.33 | 1.00 |
| SUMA | 1.79 | 4.89 | 8.70 | 14.33 | 25.00 |
| 1/SUMA | 0.56 | 0.20 | 0.11 | 0.07 | 0.04 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 132. Matriz de Comparación de pares del parámetro Estado de conservación de los servicios higiénicos

| Estado de conservación de los servicios higiénicos | Muy mala | Mala | Regular | Buena | Muy buena | Vector Priorización |
|--|----------|-------|---------|-------|-----------|---------------------|
| Muy mala | 0.560 | 0.613 | 0.575 | 0.488 | 0.360 | 0.519 |
| Mala | 0.187 | 0.204 | 0.230 | 0.279 | 0.280 | 0.236 |
| Regular | 0.112 | 0.102 | 0.115 | 0.140 | 0.200 | 0.134 |
| Buena | 0.080 | 0.051 | 0.057 | 0.070 | 0.120 | 0.076 |
| Muy buena | 0.062 | 0.029 | 0.023 | 0.023 | 0.040 | 0.036 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 133. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro Estado de conservación de los servicios higiénicos

| | |
|----|-------|
| IC | 0.035 |
| RC | 0.031 |

Fuente: CENEPRED (2014).

c) Parámetro: Tipo de servicios higiénicos

Tabla 134. Matriz de Comparación de pares del parámetro Tipo de servicio higiénicos

| Tipo de servicios higiénicos | Campo abierto | Río o quebrada | Pozo séptico | Letrina | Red pública de desagüe |
|------------------------------|---------------|----------------|--------------|---------|------------------------|
| Campo abierto | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 6.00 | 9.00 |
| Río o quebrada | 0.50 | 1.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 |
| Pozo séptico | 0.20 | 0.33 | 1.00 | 2.00 | 4.00 |
| Letrina | 0.17 | 0.20 | 0.50 | 1.00 | 2.00 |
| Red pública de desagüe | 0.11 | 0.17 | 0.25 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 1.98 | 3.70 | 9.75 | 14.50 | 23.00 |
| 1/SUMA | 0.51 | 0.27 | 0.10 | 0.07 | 0.04 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 135. Matriz de Comparación de pares del parámetro Tipo de servicio higiénicos

| Tipo de servicios higiénicos | Campo abierto | Río o quebrada | Pozo séptico | Letrina | Red pública de desagüe | Vector Priorización |
|------------------------------|---------------|----------------|--------------|---------|------------------------|---------------------|
| Campo abierto | 0.506 | 0.541 | 0.513 | 0.414 | 0.391 | 0.473 |
| Río o quebrada | 0.253 | 0.270 | 0.308 | 0.345 | 0.304 | 0.296 |
| Pozo séptico | 0.101 | 0.090 | 0.103 | 0.138 | 0.174 | 0.121 |
| Letrina | 0.084 | 0.054 | 0.051 | 0.069 | 0.087 | 0.069 |
| Red pública de desagüe | 0.056 | 0.045 | 0.026 | 0.034 | 0.043 | 0.041 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 136. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro Tipo de servicios higiénicos

| | |
|----|-------|
| IC | 0.028 |
| RC | 0.026 |

Fuente: CENEPRED (2014).

4.2.4.3. Análisis de la resiliencia en la dimensión ambiental

Tabla 137. Parámetros utilizados en el factor resiliencia de la Dimensión ambiental

| Resiliencia Ambiental | Vector Priorización |
|----------------------------|---------------------|
| Reciclaje | 0.50 |
| Cercanía a fuentes de agua | 0.50 |
| SUMA | 1.00 |

Fuente: CENEPRED (2014).

a) Parámetro: Segregación de reciclaje

Tabla 138. Matriz de Comparación de pares del parámetro Reciclaje

| Reciclaje | Nunca | Pocas veces | A menudo | Casi siempre | Siempre |
|--------------|-------|-------------|----------|--------------|---------|
| Nunca | 1.00 | 3.00 | 4.00 | 6.00 | 9.00 |
| Pocas veces | 0.33 | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 6.00 |
| A menudo | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 4.00 |
| Casi siempre | 0.17 | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 2.00 |
| Siempre | 0.11 | 0.17 | 0.25 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 1.86 | 4.92 | 7.75 | 13.50 | 22.00 |
| 1/SUMA | 0.54 | 0.20 | 0.13 | 0.07 | 0.05 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 139. Matriz de Comparación de pares del parámetro Reciclaje

| Reciclaje | Nunca | Pocas veces | A menudo | Casi siempre | Siempre | Vector Priorización |
|--------------|-------|-------------|----------|--------------|---------|---------------------|
| Nunca | 0.537 | 0.610 | 0.516 | 0.444 | 0.409 | 0.503 |
| Pocas veces | 0.179 | 0.203 | 0.258 | 0.296 | 0.273 | 0.242 |
| A menudo | 0.134 | 0.102 | 0.129 | 0.148 | 0.182 | 0.139 |
| Casi siempre | 0.090 | 0.051 | 0.065 | 0.074 | 0.091 | 0.074 |
| Siempre | 0.060 | 0.034 | 0.032 | 0.037 | 0.045 | 0.042 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 140. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro Reciclaje

| | |
|----|-------|
| IC | 0.018 |
| RC | 0.016 |

Fuente: CENEPRED (2014).

b) Parámetro: Cercanía a fuente de agua

Tabla 141. Matriz de Comparación de pares del parámetro Cercanía a fuentes de agua

| Cercanía a fuentes de agua | <10 m | 10-20 m | 20-50 m | 50-100 m | >100 m |
|----------------------------|-------|---------|---------|----------|--------|
| <10 m | 1.00 | 2.00 | 5.00 | 7.00 | 8.00 |
| 10-20 m | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 7.00 |
| 20-50 m | 0.20 | 0.50 | 1.00 | 2.00 | 5.00 |
| 50-100 m | 0.14 | 0.25 | 0.50 | 1.00 | 2.00 |
| >100 m | 0.13 | 0.14 | 0.20 | 0.50 | 1.00 |
| SUMA | 1.97 | 3.89 | 8.70 | 14.50 | 23.00 |
| 1/SUMA | 0.51 | 0.26 | 0.11 | 0.07 | 0.04 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 142. Matriz de Comparación de pares del parámetro Cercanía a fuentes de agua

| Cercanía a fuentes de agua | <10 m | 10-20 m | 20-50 m | 50-100 m | >100 m | Vector Priorización |
|----------------------------|-------|---------|---------|----------|--------|---------------------|
| <10 m | 0.508 | 0.514 | 0.575 | 0.483 | 0.348 | 0.485 |
| 10-20 m | 0.254 | 0.257 | 0.230 | 0.276 | 0.304 | 0.264 |
| 20-50 m | 0.102 | 0.128 | 0.115 | 0.138 | 0.217 | 0.140 |
| 50-100 m | 0.073 | 0.064 | 0.057 | 0.069 | 0.087 | 0.070 |
| >100 m | 0.064 | 0.037 | 0.023 | 0.034 | 0.043 | 0.040 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 143. Índice (IC) y Relación de Consistencia (RC) del parámetro Cercanía a fuentes de aguas.

| | |
|----|-------|
| IC | 0.024 |
| RC | 0.021 |

Fuente: CENEPRED (2014).

4.2.5. Nivel de vulnerabilidad

En el siguiente cuadro se presenta un resumen del análisis de vulnerabilidad, destacando las dimensiones, factores, parámetros y sus descriptores correspondientes. Estos elementos fueron evaluados y priorizados a través del análisis jerárquico mostrado. Ver tabla 145.

Tabla 144. Resumen de los descriptores, parámetros, factores y dimensiones utilizados en el análisis de la vulnerabilidad, y sus pesos ponderados obtenidos mediante el análisis jerárquico.

| DIMENSIÓN | | FACTOR | | PARÁMETRO | | DESCRIPTOR | |
|-----------|-------|--------------------|-------|---|-------|---|-------|
| NOMBRE | PESO | NOMBRE | PESO | NOMBRE | PESO | CLASIFICACIÓN | PESO |
| SOCIAL | 0.581 | EXPOSICIÓN SOCIAL | 0.557 | Habitantes | 1.000 | ≥7 | 0.483 |
| | | | | | | 4-6 | 0.266 |
| | | | | | | 2-3 | 0.132 |
| | | | | | | 1 | 0.081 |
| | | | | | | 0 | 0.038 |
| | | FRAGILIDAD SOCIAL | 0.320 | Grupo de edades | 0.648 | <18 o >65 | 0.502 |
| | | | | | | 18-25 o 56-64 | 0.255 |
| | | | | | | 46-55 | 0.135 |
| | | | | | | 36-45 | 0.069 |
| | | | | | | 26-35 | 0.039 |
| | | | | Servicios básicos | 0.230 | Ninguno | 0.492 |
| | | | | | | Solo agua o solo luz o solo desagüe | 0.249 |
| | | | | | | Luz y desagüe | 0.140 |
| | | | | | | Agua y luz o Agua y desagüe | 0.077 |
| | | | | | | Agua, luz, desagüe | 0.042 |
| | | | | Fuente de agua del hogar | 0.122 | No tiene | 0.496 |
| | | | | | | Río o quebrada | 0.255 |
| | | | | | | Pozo familiar | 0.134 |
| | | | | | | Red pública comunal | 0.076 |
| | | | | | | Red pública en domicilio | 0.039 |
| | | Resiliencia SOCIAL | 0.123 | Conocimiento de los peligros de la zona | 0.571 | Ninguno | 0.474 |
| | | | | | | Escaso | 0.266 |
| | | | | | | Regular | 0.150 |
| | | | | | | Conocimiento de las consecuencias | 0.075 |
| | | | | | | Conocimiento de las causas y consecuencias | 0.035 |
| | | | | Ejecución de simulacros | 0.286 | Nunca | 0.505 |
| | | | | | | Cada más de 4 años | 0.246 |
| | | | | | | Cada 2 o 3 años | 0.143 |
| | | | | | | 1 vez al año | 0.067 |
| | | | | | | Más de 1 vez al año | 0.039 |
| | | | | Conformación de brigadas | 0.143 | No tiene ni le interesa | 0.503 |
| | | | | | | No tiene, pero si le interesaría participar | 0.240 |
| | | | | | | Tiene brigadas fuera de la comunidad | 0.155 |
| | | | | | | Tiene brigadas dentro de la comunidad | 0.064 |
| | | | | | | Forma parte de brigadas | 0.038 |

| DIMENSIÓN | | FACTOR | | PARÁMETRO | | DESCRIPTOR | |
|-----------|-------|-----------------------|-------|--|-------|--|-------|
| NOMBRE | PESO | NOMBRE | PESO | NOMBRE | PESO | CLASIFICACIÓN | PESO |
| ECONÓMICA | 0.309 | EXPOSICIÓN ECONÓMICA | 0.633 | Cercanía a movimientos en masa activos | 1.000 | <10 m | 0.484 |
| | | | | | | | |
| | | | | | | 10-20 m | 0.255 |
| | | | | | | 20-50 m | 0.156 |
| | | | | | | 50-100 m | 0.065 |
| | | | | | | >100 m | 0.040 |
| | | FRAGILIDAD ECONÓMICA | 0.260 | Material en paredes | 0.633 | Rustico o improvisado (plástico y cartón) | 0.453 |
| | | | | | | Madera y estera | 0.278 |
| | | | | | | Tapial o adobe | 0.158 |
| | | | | | | Ladrillo y/o bloqueta de cemento | 0.074 |
| | | | | | | Concreto armado | 0.038 |
| | | | | Material en techo | 0.260 | Caña o estera con torta de barro | 0.495 |
| | | | | | | Triplay / estera / carrizo | 0.265 |
| | | | | | | Teja | 0.123 |
| | | | | | | Planchas de calamina, calamina eternit o similares | 0.082 |
| | | | | | | Concreto armado o techo aligerado | 0.034 |
| | | | | Material en pisos | 0.106 | Tierra | 0.477 |
| | | | | | | Madera o parquet | 0.268 |
| | | | | | | Láminas asfálticas, vinílicos o similares | 0.133 |
| | | | | | | Cemento | 0.082 |
| | | | | | | Losetas, terrazos, cerámicos o similares | 0.039 |
| | | RESILIENCIA ECONÓMICA | 0.106 | Ingreso mensual del hogar | 0.648 | <1025 | 0.477 |
| | | | | | | 1025-1500 | 0.275 |
| | | | | | | 1500-2000 | 0.143 |
| | | | | | | 2000-3000 | 0.065 |
| | | | | | | >3000 | 0.040 |
| | | | | Tipo de tenencia | 0.230 | Invasión | 0.499 |
| | | | | | | Constancia | 0.250 |
| | | | | | | Alquiler | 0.152 |
| | | | | | | Título privado | 0.061 |
| | | | | | | Título de propiedad en RR. PP. | 0.038 |
| | | | | Grado de educación | 0.122 | Superior universitario | 0.510 |
| | | | | | | Superior técnico | 0.239 |
| | | | | | | Secundaria | 0.131 |
| | | | | | | Primaria | 0.084 |
| | | | | | | No presenta | 0.037 |

| DIMENSIÓN | | FACTOR | | PARÁMETRO | | DESCRIPTOR | |
|-----------|-------|-----------------------|-------|--|-------|------------------------|-------|
| NOMBRE | PESO | NOMBRE | PESO | NOMBRE | PESO | CLASIFICACIÓN | PESO |
| AMBIENTAL | 0.110 | EXPOSICIÓN AMBIENTAL | 0.595 | Distancia al botadero municipal | 1.000 | <50 m | 0.493 |
| | | | | | | 50-100 m | 0.249 |
| | | | | | | 100-200 m | 0.143 |
| | | | | | | 200-500 m | 0.078 |
| | | | | | | >500 m | 0.037 |
| | | FRAGILIDAD AMBIENTAL | 0.277 | Estado de conservación del sistema de agua potable | 0.557 | Muy mala | 0.473 |
| | | | | | | Mala | 0.296 |
| | | | | | | Regular | 0.121 |
| | | | | | | Buena | 0.069 |
| | | | | | | Muy buena | 0.041 |
| | | | | Estado de conservación de los servicios higiénicos | 0.320 | Muy mala | 0.519 |
| | | | | | | Mala | 0.236 |
| | | | | | | Regular | 0.134 |
| | | | | | | Buena | 0.076 |
| | | | | | | Muy buena | 0.036 |
| | | | | Tipo de servicios higiénicos | 0.123 | Campo abierto | 0.507 |
| | | | | | | Río o quebrada | 0.251 |
| | | | | | | Pozo séptico | 0.137 |
| | | | | | | Letrina | 0.071 |
| | | | | | | Red pública de desagüe | 0.035 |
| | | Resiliencia AMBIENTAL | 0.129 | Reciclaje | 0.500 | Nunca | 0.503 |
| | | | | | | Pocas veces | 0.242 |
| | | | | | | A menudo | 0.139 |
| | | | | | | Casi siempre | 0.074 |
| | | | | | | Siempre | 0.042 |
| | | | | Cercanía a fuentes de agua | 0.500 | <10 m | 0.485 |
| | | | | | | 10-20 m | 0.264 |
| | | | | | | 20-50 m | 0.140 |
| | | | | | | 50-100 m | 0.070 |
| | | | | | | >100 m | 0.040 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Seguidamente presentamos los niveles de vulnerabilidad obtenidos en la tabla 146.

Tabla 145. Niveles de vulnerabilidad

| NIVELES DE VULNERABILIDAD | | | |
|---------------------------|-------|------------|-------|
| NIVEL | RANGO | | |
| MUY ALTO | 0.260 | $\leq V <$ | 0.486 |
| ALTO | 0.141 | $\leq V <$ | 0.260 |
| MEDIO | 0.074 | $\leq V <$ | 0.141 |
| BAJO | 0.038 | $\leq V <$ | 0.074 |

Fuente: CENEPRED (2014).

4.2.6. Estratificación de la vulnerabilidad

A continuación, presentamos la matriz de vulnerabilidad obtenida (Ver anexo Plano 07)

Tabla 146. Estratificación de la Vulnerabilidad

| NIVEL | DESCRIPCIÓN | RANGO |
|-----------------|--|------------------------|
| MUY ALTO | Presencia de personas menores de 18 años o mayores de 70 años; hay personas con algún tipo de discapacidad; no tienen acceso al agua potable; carecen de servicios higiénicos; no muestran interés en participar en simulacros multipeligro; nunca han recibido capacitación en gestión de riesgos; desconocen los peligros con los que conviven; la proximidad del entorno a la fuente de peligro es inferior a 5 metros; el material predominante en las paredes es rústico o improvisado (plástico y cartón); el material principal del techo es caña o estera con torta de barro o cemento; el estado de conservación del ambiente es calamitoso; no existen mecanismos establecidos para la ocurrencia de desastres; no cuentan con brigadas; el basurero se encuentra a menos de 30 metros del entorno; las aguas residuales se disponen en terrenos cercanos; el estado de conservación de la infraestructura de agua potable es muy malo; no hay recolección de residuos sólidos; no cuentan con capacitación en conservación ambiental; carecen de conocimientos sobre reciclaje. | $0.260 \leq V < 0.486$ |
| ALTO | Hay presencia de personas menores de 18 años o mayores de 70 años; personas con algún tipo de discapacidad; no tienen acceso al agua potable; el acceso al agua potable proviene del río sin tratamiento; el río, la quebrada o la acequia se utilizan como servicios higiénicos; muestran interés ocasionalmente en participar en simulacros multipeligro; la proximidad del entorno a la fuente de peligro es de entre 5 y 15 metros; cuentan con un solo mecanismo ante la ocurrencia de desastres; disponen de brigadas externas; el basurero se encuentra entre 30 y 50 metros del entorno; el estado de conservación de la infraestructura de agua potable es deficiente; el basurero está ubicado en el cauce del río; han escuchado sobre capacitaciones en conservación ambiental; han oído hablar sobre reciclaje. | $0.141 \leq V < 0.260$ |
| MEDIO | Hay presencia de personas menores de 18 años o mayores de 70 años; personas con algún tipo de discapacidad; no tienen acceso al agua potable; los servicios higiénicos consisten en pozo ciego o letrina; participan en simulacros multipeligro solo si hay incentivos; reciben capacitación en gestión de riesgos una vez cada tres años; tienen un conocimiento regular de los peligros con los que conviven; el material predominante en el techo es de tejas; el ambiente ha sido reparado; se contemplan dos mecanismos ante la ocurrencia de desastres; las aguas residuales se disponen a través de un emisario subacuático en el río; los residuos sólidos se gestionan mediante recolección con moto furgón (reciclador); tienen poco conocimiento sobre conservación ambiental; tienen poco conocimiento sobre reciclaje. | $0.074 \leq V < 0.141$ |

| NIVEL | DESCRIPCIÓN | RANGO |
|-------------|---|---|
| BAJO | Presencia de personas menores de 18 años o mayores de 70 años es muy esporádica o nunca ocurre; la presencia de personas con algún tipo de discapacidad es muy esporádica o nunca sucede; no tienen acceso al agua potable; participan en simulacros multipeligro para cumplir con la directiva o lo hacen de manera proactiva, liderando el ejercicio; la proximidad del entorno a la fuente de peligro es de entre 30 y 50 metros o mayor a 50 metros; el material predominante del techo es de planchas de calamina, calamina eternit o similares, o de concreto armado; cuentan con brigadas de emergencia o con brigadas de emergencia equipadas y operativas; el basurero está ubicado entre 100 y 200 metros del entorno o a más de 200 metros; la recolección y disposición de residuos sólidos es realizada por el servicio municipal (compactadora) o no se genera residuos (ambiente abandonado); tienen conocimiento y aplican lo aprendido sobre conservación ambiental; tienen conocimiento y aplican lo aprendido sobre reciclaje. | $0.038 \leq V < 0.074$ |

Fuente: CENEPRED (2014).

4.3. CÁLCULO DE RIESGO

4.3.1. Metodología para el cálculo del riesgo

Para determinar el riesgo relacionado con los movimientos en masa en el distrito de Puruay, se emplearon los métodos establecidos en el Manual de Evaluación de Riesgos por fenómenos naturales (CENEPRED, 2014). Ver Gráfico 5.

Gráfico 5. Flujograma para estimar los niveles del riesgo.

CALCULO DE RIESGOS

| NIVELES DE PELIGRO | | | | NIVELES DE VULNERABILIDAD | | | |
|--------------------|--------------|---------------------------------|--------------|---------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| NIVEL | RANGO | | | NIVEL | RANGO | | |
| MUY ALTO | 0.264 | $\leq R \leq$ | 0.490 | MUY ALTO | 0.256 | $\leq V <$ | 0.498 |
| ALTO | 0.142 | $\leq R <$ | 0.264 | ALTO | 0.136 | $\leq V <$ | 0.256 |
| MEDIO | 0.066 | $\leq R <$ | 0.142 | MEDIO | 0.073 | $\leq V <$ | 0.136 |
| BAJO | 0.037 | $\leq R <$ | 0.066 | BAJO | 0.036 | $\leq V <$ | 0.073 |

NIVEL DE RIESGO

| NIVELES DE RIESGO | |
|-------------------|---|
| NIVEL | RANGO |
| MUY ALTO | $0.068 \leq R \leq 0.244$ |
| ALTO | $0.019 \leq R < 0.068$ |
| MEDIO | $0.005 \leq R < 0.019$ |
| BAJO | $0.001 \leq R < 0.005$ |

Fuente: CENEPRED (2014).

En términos generales, el riesgo se define al relacionar el peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el objetivo de identificar las posibles consecuencias y efectos sociales, físicos y económicos derivados de los eventos evaluados. Los conceptos de peligro, vulnerabilidad y riesgo son ampliamente aceptados y se fundamentan en la ecuación definida por la Ley N°29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres. Esta ecuación describe el riesgo como una función $f()$ del peligro y la vulnerabilidad. (CENEPRED, 2014).

$$R_{ie}|_t = f(P_i, V_e)|_t$$

Dónde:

R = Riesgo

f = En función

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

V_e = Vulnerabilidad de un elemento expuesto e

4.3.2. Nivel de riesgo por deslizamiento de suelos

Los niveles de riesgo por deslizamiento de suelos de la zona del proyecto evaluado, se detallan a continuación:

Tabla 147. Cálculo de los valores de riesgo por Deslizamiento de suelos

| VALOR DE PELIGRO (P) | VALOR DE LA VULNERABILIDAD (V) | RIESGO (P*V=R) |
|----------------------|--------------------------------|----------------|
| 0.490 | 0.498 | 0.244 |
| 0.264 | 0.256 | 0.068 |
| 0.142 | 0.136 | 0.019 |
| 0.066 | 0.073 | 0.005 |
| 0.037 | 0.036 | 0.001 |

Fuente: CENEPRED (2014).

Tabla 148. Niveles de Riesgo por Deslizamiento de suelos.

| NIVELES DE RIESGO | |
|-------------------|-------------------|
| NIVEL | RANGO |
| MUY ALTO | 0.068 ≤ R ≤ 0.244 |
| ALTO | 0.019 ≤ R < 0.068 |
| MEDIO | 0.005 ≤ R < 0.019 |
| BAJO | 0.001 ≤ R < 0.005 |

Fuente: CENEPRED (2014).

4.3.3. Matriz de riesgo por deslizamiento

Tabla 149. Matriz del Riesgo por Deslizamiento de suelos.

| | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| PMA | 0.490 | 0.036 | 0.067 | 0.125 | 0.244 |
| PA | 0.264 | 0.019 | 0.036 | 0.068 | 0.132 |
| PM | 0.142 | 0.010 | 0.019 | 0.036 | 0.071 |
| PB | 0.066 | 0.005 | 0.009 | 0.017 | 0.033 |
| | | 0.073 | 0.136 | 0.256 | 0.498 |
| | | VB | VM | VA | VMA |

Fuente: CENEPRED (2014).

4.3.4. Estratificación del nivel de riesgo por deslizamiento de suelos

Tabla 150. Estratificación del nivel de riesgo por deslizamiento de suelos.

| NIVEL DE RIESGO | DESCRIPCIÓN | RANGOS |
|--------------------|---|-----------------------------|
| Muy Alto | Zonas con pendientes superiores a 25°, geología de depósitos antropogénicos (ya sean inconsolidados o consolidados) y geomorfología de vertientes aluviales, junto con un umbral de precipitación máxima de intensidad muy lluviosa de 23.3 a 36.6 mm/día, generarían deslizamientos con volúmenes entre 1,000,000 y 10,000,000 m³. Además, estas áreas siempre incluyen personas menores de 18 años o mayores de 70 años, así como personas con algún tipo de discapacidad. En estas zonas, las personas no tienen acceso al agua potable ni servicios higiénicos, no muestran interés en participar en simulacros multipeligro, nunca han sido capacitadas en gestión de riesgos y carecen de conocimiento sobre los peligros que enfrentan. La cercanía del ambiente al origen del peligro es menor a 5 metros, y los materiales predominantes en las construcciones son paredes rústicas o improvisadas (plástico y cartón) y techos de caña o estera con barro o cemento. El estado de conservación de la infraestructura es calamitoso, no se cuentan con mecanismos ante desastres ni brigadas de emergencia. Además, el botadero de basura está ubicado a menos de 30 metros del entorno, las aguas residuales se disponen en terrenos cercanos y la infraestructura de agua potable está en muy malas condiciones. Tampoco se realiza el recojo de residuos sólidos, ni existe capacitación en conservación ambiental o reciclaje. | 0.068 < R ≤ 0.244 |
| Riesgo Alto | Zonas con pendientes del terreno entre 15° y 25°, geología de depósitos coluviales deluvial y geomorfología de montaña en volcano sedimentarias, con un umbral de precipitación máxima de intensidad muy lluviosa de 14.4 a 23.3 mm/día, podrían generar deslizamientos con volúmenes entre 100,000 y 1,000,000 m³. En estas áreas, la presencia de personas menores de 18 años o | 0.019 < R ≤ 0.068 |

| NIVEL DE RIESGO | DESCRIPCIÓN | RANGOS |
|-------------------------|--|-------------------------|
| Riesgo Alto | mayores de 70 años es frecuente, así como la de personas con algún tipo de discapacidad. Estas zonas no cuentan con acceso al agua potable, siendo el acceso al agua del río sin tratamiento. El agua se utiliza desde el río, quebrada o acequia para los servicios higiénicos. La participación en simulacros multipeligro es ocasional, y la cercanía al origen del peligro varía entre 5 y 15 metros. Solo se contempla un mecanismo ante desastres, y se cuenta con brigadas externas. El botadero de basura se encuentra entre 30 y 50 metros del entorno, y las aguas residuales se disponen directamente en el río, quebrada o acequia. La infraestructura de agua potable está en malas condiciones y el botadero se ubica en el cauce del río. Las personas han recibido capacitación sobre conservación ambiental y han escuchado temas relacionados con reciclaje. | |
| Riesgo Medio | Zonas de predominancia de pendiente del terreno de 10° a 15°, con geología de secuencias volcánica sedimentarias Tual Puruay o San José y geomorfología con colinas en roca intrusiva. Con un umbral de precipitación máxima de intensidad Muy Lluviosa de 10.7 a 14.4 mm/día, se generarían deslizamientos de volúmenes entre 10000 a 100000 m ³ , presencia de personas menores de 18 o mayores de 70 años a veces; presencia de personas con algún tipo de discapacidad a veces; no tienen acceso al agua de consumo; tipo de servicios higiénicos de pozo ciego, letrina; actúan si hay incentivos en simulacros multipeligro; son capacitados en temas de gestión de riesgo 1 vez cada 3 años; tienen regular conocimiento de los peligros con los que convive; cercanía del ambiente a la fuente del peligro entre 15 a 30m; material predominante – pared de tapial o adobe; material predominante – techo de tejas; ambiente con refacciones; contempla 2 mecanismos ante la ocurrencia de desastres; disposición final de las aguas residuales emisario subacuático en el río; manejo y disposición de residuos sólidos recojo de moto furgón (reciclador); sabe poco de temas de conservación ambiental; sabe poco de temas de reciclaje. | 0.005<R≤0.019 |

| NIVEL DE RIESGO | DESCRIPCIÓN | RANGOS |
|--------------------|---|-------------------------|
| Riesgo Bajo | Zonas de predominancia de pendiente del terreno menor a 5°, con geología Subvolcánico pórfido andesítico y geomorfología de terrazas lagunares. Con un umbral de precipitación máxima de intensidad Muy Lluviosa de menos de 6.1 mm/día, se generarían deslizamientos de con volúmenes menores a 10000 m ³ , presencia de personas menores de 18 o mayores de 70 años muy esporádico o nunca; presencia de personas con algún tipo de discapacidad muy esporádico o nunca; no tienen acceso al agua de consumo; tipo de servicios higiénicos de biodigestor, tanque Imhoff o red pública de alcantarillado; participa para cumplir con la directiva o participa proactivamente y lidera el ejercicio en simulacros multipeligro; son capacitados en temas de gestión de riesgo 1 vez cada 2 años o 1 vez a año; tiene conocimiento o conoce las causas y consecuencias de los peligros con los que convive; cercanía del ambiente a la fuente del peligro de entre 30 a 50m o mayor a 50m; material predominante – pared de ladrillo y/o bloqueta de cemento o de concreto armado; material predominante – techo de planchas de calamina, calamina Eternit o similares o de concreto armado tiene brigadas de emergencia o tiene brigadas de emergencia equipadas y operativas; ubicación de botadero de basura entre 100 a 200m del ambiente o mayor a 200m del ambiente; manejo y disposición de residuos sólidos de recojo municipal (compactadora) o no genera (ambiente abandonado); sabe o sabe y aplica lo entendido en temas de conservación ambiental; sabe o sabe y aplica lo entendido sobre temas de reciclaje | 0.001≤R<0.005 |

Fuente: CENEPRED (2014).

4.3.5. Cálculo de pérdidas

En la zona de estudio evidenciamos y pudimos registrar los principales daños materiales (Ver Anexos Plano 08) los cuales fueron:

- ✓ Daño en un tramo de aproximadamente 300 metros de la vía principal de acceso.
- ✓ Daño en los cultivos producido por los deslizamientos.
- ✓ Embalsamiento en el río Puruay, el cual en un momento generó inundación.



Fotografía 25. Daño en los cultivos producto del deslizamiento.
Coordenadas: E: 774803 N: 9216845 C: 3112



Fotografía 26. Embalsamiento en el río Puruay debido al deslizamiento en el escarpe principal.
Coordenadas: E: 773600 N: 9216254 C: 2906



Fotografía 27. Daño en la vía de acceso principal de la Zona.

4.4. CONTROL DEL RIESGO

4.4.1. Aceptabilidad o tolerancia del riesgo

a) Valorización de consecuencias

Tabla 151. Valoración de consecuencias.

| 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 externo. |
| 2 | Medio | Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con los recursos disponibles. |
| 1 | Baja | Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad. |

Fuente: CENEPRED (2014).

De la tabla anterior, obtenemos que las consecuencias debidas al impacto de un fenómeno natural pueden son catastróficas es decir poseen un nivel muy alto de riesgo.

b) Valoración de frecuencia.

Tabla 152. Valoración 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).

De la tabla anterior, se obtiene que el evento de Deslizamiento de suelos puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias, es decir, posee el nivel 3 – Alto

c) Nivel de consecuencia y daños

Tabla 153. Nivel de consecuencia y daños por Deslizamiento de suelos

| Consecuencias | Nivel | Zona de Consecuencias y daños | | | |
|---------------|------------|-------------------------------|-------|----------|----------|
| 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).

De lo anterior se obtiene que para las estructuras existentes el nivel de consecuencia y daño es de **muy alta**

d) Aceptabilidad y/o Tolerancia

Tabla 154. Aceptabilidad y/o Tolerancia.

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

Fuente: CENEPRED (2014).

De la tabla anterior concluimos que el riesgo es **INADMISIBLE**, por lo que deben implementarse de manera inmediata medidas de control físico y, si es posible, trasladar a la población en riesgo, reubicarla. A continuación, se presenta la matriz de Aceptabilidad y/o Tolerancia del Riesgo:

Tabla 155. Matriz de aceptabilidad y/o tolerancia – Deslizamiento de suelos.

| | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Riesgo Inaceptable | Riesgo Inaceptable | Riesgo Inadmisible | Riesgo Inadmisible |
| Riesgo Inaceptable | Riesgo Inaceptable | Riesgo Inaceptable | Riesgo Inadmisible |
| Riesgo Tolerable | Riesgo Tolerable | Riesgo Inaceptable | Riesgo Inaceptable |
| Riesgo Aceptable | Riesgo Tolerable | Riesgo Inaceptable | Riesgo Inaceptable |

Fuente: CENEPRED (2014).

e) Prioridad de intervención

Tabla 156. Prioridad de Intervención.

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

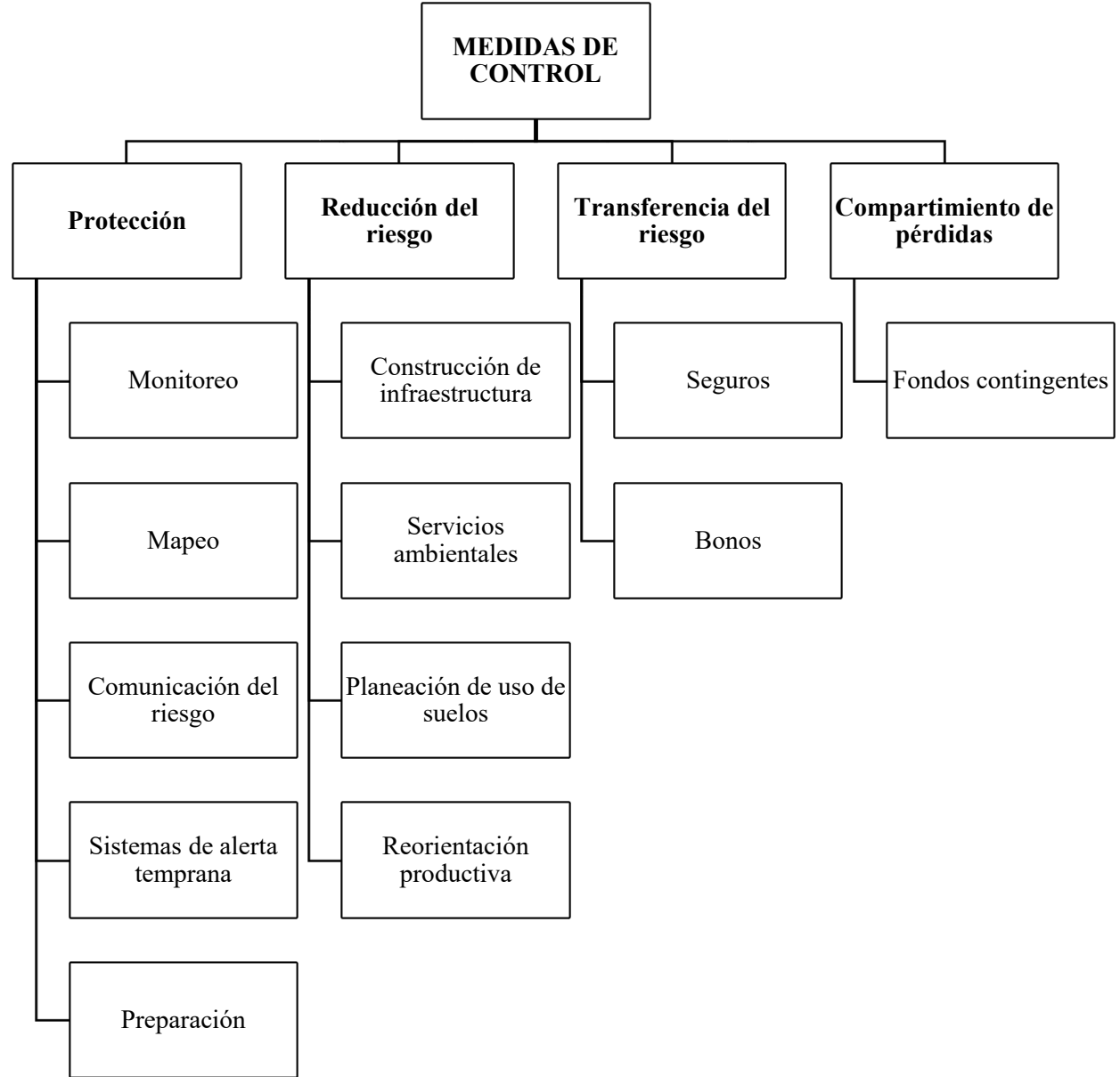
Fuente: CENEPRED (2014).

Del cuadro anterior se obtiene que el **nivel de priorización es I**, el cual constituye el soporte para desarrollar actividades para el manejo de riesgos, como los que se presentan a continuación.

4.4.2. Medidas de control

Con el fin de mitigar el peligro, la vulnerabilidad de la población en peligro deberá cumplir con las siguientes medidas de control. Ver Gráfico 6.

Gráfico 6. Muestras las principales medidas de control a seguir



Fuente: CENEPRED (2014).

4.4.2.1. Protección

Instalación de hitos monumentados: La colocación de hitos monumentados para el monitoreo de deslizamientos es fundamental en zonas vulnerables a deslizamientos de tierra y otros fenómenos geológicos. Los pasos principales comprenden la evaluación del área, la selección de puntos estratégicos, la preparación del terreno, la instalación de los hitos, el marcado y registro de las coordenadas, la implementación de sistemas de monitoreo y el análisis de los datos para la toma de decisiones. Es crucial contar con personal capacitado y trabajar en conjunto con las autoridades locales para una gestión eficaz del riesgo de desastres naturales.

Mapeo satelital: Es una herramienta esencial para estudiar la reactivación de deslizamientos. Se emplean imágenes satelitales de alta resolución para identificar alteraciones en la topografía del terreno, como desplazamientos o deformaciones, que puedan señalar la reactivación de estos fenómenos. El análisis de estas imágenes, junto con otros datos como mediciones en el lugar y registros climáticos, facilita una evaluación precisa del riesgo y la creación de mapas de riesgo para la planificación de estrategias de mitigación y la gestión de desastres.

Capacitaciones: La información sobre eventos de riesgo capacita a personas y comunidades para hacer frente a situaciones peligrosas. Esto abarca la identificación de riesgos, la conciencia sobre los peligros, la planificación ante emergencias, la formación práctica y el fomento de la resiliencia comunitaria. Se pone énfasis en el reconocimiento de riesgos, los procedimientos de seguridad, la elaboración de planes de evacuación y el uso de tecnologías y recursos disponibles. El objetivo es fortalecer la capacidad de respuesta y la preparación ante emergencias, mejorando así la seguridad y protección frente a eventos adversos.

Sistemas de alerta temprano: La aplicación de sistemas de alerta temprana utiliza tecnología para detectar eventos peligrosos y notificar a las comunidades en riesgo a través de sirenas, mensajes de texto y otros métodos de comunicación. Estos sistemas requieren monitoreo continuo, educación pública y simulacros de evacuación. Además, es necesario establecer albergues, que son lugares designados para proporcionar refugio temporal a las personas evacuadas durante un desastre. Estos albergues deben estar estratégicamente ubicados, contar con recursos básicos y ser gestionados por personal capacitado. También es importante considerar la accesibilidad y las necesidades especiales. Ambos elementos son fundamentales para proteger vidas y reducir los efectos de desastres naturales, exigiendo

una planificación detallada, coordinación entre instituciones y la participación activa de la comunidad.

4.4.2.2. Reducción del riesgo

Evacuación: El retiro ante el riesgo de deslizamientos es un proceso fundamental para salvaguardar a las personas de deslizamientos de tierra y fenómenos similares. Implica la detección temprana del peligro, el análisis de la amenaza, la propagación de alertas, la coordinación de la evacuación, la comunicación con la comunidad, la orientación hacia zonas seguras, la provisión de refugio y apoyo, así como la evaluación posterior para optimizar la respuesta futura. Este proceso requiere una planificación detallada, coordinación entre las autoridades y la participación activa de la comunidad para asegurar la protección de todos los afectados.

Planeación de uso de suelos: La planificación del uso del suelo para la agricultura y la prevención de deslizamientos es esencial para disminuir la pérdida de vidas humanas y promover prácticas agrícolas sostenibles. Esto incluye identificar zonas de riesgo, zonificar el uso del suelo, fomentar prácticas agrícolas que reduzcan la erosión, educar a la comunidad sobre los peligros y las medidas preventivas, y establecer sistemas de monitoreo y alerta temprana. La integración de estos enfoques puede contribuir a proteger vidas y promover la agricultura sostenible en áreas vulnerables a deslizamientos.

Reestructuración productiva: Frente a la amenaza de deslizamientos, redirigir la producción hacia el turismo en el distrito de Puruay es una estrategia esencial para reducir riesgos y fomentar el desarrollo sostenible. Esto implica identificar los recursos turísticos, planificar de forma sostenible, construir infraestructuras apropiadas, educar y sensibilizar a la comunidad, monitorear los riesgos y diversificar la economía local. Esta iniciativa tiene como objetivo equilibrar la conservación del entorno natural con el aprovechamiento turístico, asegurando la seguridad y el bienestar tanto de los residentes como de los visitantes.

4.4.2.3. Transferencia de riesgo

Bonos: La emisión de bonos para la reubicación en caso de deslizamientos es una estrategia financiera que puede apoyar a las comunidades afectadas en su recuperación y reconstrucción tras un evento adverso. El proceso incluye los siguientes pasos

Identificación de áreas de riesgo: Se detectan las zonas susceptibles a deslizamientos y se evalúa el riesgo para determinar cuáles comunidades podrían beneficiarse de la emisión de bonos para su reubicación

Planificación y preparación: Se elabora un plan de reubicación que incluya la identificación de lugares seguros para las nuevas viviendas y la infraestructura necesaria para respaldar a la comunidad en su nueva ubicación.

Emisión de bonos: Se emiten bonos por parte de entidades gubernamentales, organizaciones internacionales u otros organismos financieros para financiar el proceso de reubicación. Estos bonos pueden estar respaldados por el gobierno local o garantizados por activos específicos.

Fondos para reubicación: Los fondos obtenidos a través de la emisión de bonos se destinan a cubrir los costos asociados con la reubicación, como la compra de terrenos, la construcción de viviendas, la infraestructura básica y el apoyo a las familias durante el proceso de transición.

Proceso de reubicación: Se ejecuta el proceso de reubicación según lo establecido en el plan, asegurando que las familias afectadas cuenten con viviendas seguras y servicios básicos en su nueva ubicación.

Seguimiento y evaluación: Se realiza un seguimiento continuo del proceso de reubicación para verificar que se cumplan los objetivos establecidos y se evalúe el impacto a largo plazo en las comunidades afectadas.

4.5. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

De acuerdo a la evaluación se evidencia que el nivel es MUY ALTO tomando como base las 136 tablas de resultados para obtener la ocurrencia ante los posibles deslizamientos, según la tabla 152 de valorización de la frecuencia de la ocurrencia se evidencia que es ALTO y en la tabla 153 donde analizamos el nivel de consecuencia y daños producto del deslizamiento el resultado es MUY ALTO, en la tabla 154 donde se analizamos la aceptabilidad tiene como resultado de INACEPTABLE dando como respuesta a nuestra hipótesis que se planteó en el proyecto de VERDADERA ya que el distrito de Puruay se encuentra en un riesgo MUY ALTO y para ello el gobierno regional tiene que realizar una campaña para poder mitigar los niveles el cual planteamos en el grafico 6 y tener un monitoreo paulatino para evitar la reactivación de posibles fuentes de deslizamientos. Además de una campaña de concientización a la población de la zona para mantenerse alertas y preparadas a futuro.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se evaluó los riesgos donde se evidenció que gran parte de la población de la micro cuenca Puruay se encuentran en gran riesgo como se mostró en el plano de los niveles de riesgo (Ver anexos Plano 08). Y debido a este problema se debe aplicar medidas correctivas y preventivas tales como instalación de hitos monumentados, capacitaciones, sistema de alerta temprano, para la prevención de los eventos.

Se determinó el tipo de litología (Volcánico Huambos), geomorfología (planicies lomadas, laderas y escarpas), con el uso del Dron DJI Mavic Air 3 e imágenes satelitales, los mismos que sirvieron para determinar las zonas de riesgos.

Según el análisis de la precipitación de los últimos 10 años tomando como base la estación Granja Porcón, se determinó que, las constantes precipitaciones influyen considerablemente en la estabilidad del terreno, provocando deslizamientos de tipo rotacional.

Se realizó el plano de zonificación de riesgos donde se evidencia que es muy alto teniendo como base la matriz de valorización de consecuencia, y la aceptabilidad tiene como resultado inaceptable producto por el cual se tiene que realizar campañas para mitigar los niveles de riesgo.

5.2. RECOMENDACIONES

A la Municipalidad Distrital de Los Baños del Inca implementar programas de capacitación continua en la zona para fortalecer su preparación frente a situaciones de riesgo. Estas capacitaciones deben incluir la identificación de peligros, sensibilización sobre peligros, planificación de emergencias y simulacros prácticos.

Promover la participación de todos los pobladores de Puruay y fomentar una cultura de prevención y resiliencia, mejorando así la capacidad de respuesta y recuperación ante eventos adversos.

A la Municipalidad Distrital de Los Baños del Inca instalar hitos monumentados para facilitar el monitoreo continuo del deslizamiento, proporcionando puntos de referencia estables para detectar cambios en el terreno. Además, se sugiere realizar un mapeo satelital continuo para identificar posibles reactivaciones de deslizamientos, utilizando el sistema de alerta temprano para obtener datos actualizados que mejoren la toma de decisiones y la respuesta ante emergencias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala, F et al. 1987. Los riesgos geológicos: guía didáctica. Madrid, ITGME.
- Carmenate, J. 2018. Zonificación de los fenómenos geológicos que generan peligros y riesgos en la ciudad de Moa. Cuba. Revista Digital Científico Tecnológica.
- Casas & Rebollo 2001. Deslizamientos de ladera y Riesgos Geológicos en el entorno del embalse de Itoiz. Artículo Científico. San Sebastian.
- Castro, R. 2014. Evaluación del Riesgo de Desastres por Peligros Naturales y Antrópicos del área Urbana del distrito de Punta Hermosa. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima.
- Castellanos, A. & Carrillo. 2003. Los desastres y fundamentos de la protección contra los mismos.
- CENEPRED. (2014). Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED). Lima, Perú.
- Cruden, D. 1991. A simple Definition of a Landslide. Bulletin 43 of the International Association of Engineering Geology. Paris.
- Cruzado, G. & Crisólogo, M. 2009. Estudio de Geología de la región de Cajamarca. Cajamarca.
- Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente de Casma, 1993. Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado. Washington, D.C.
- Francisco Anguita Virella, F. M. 1993. Procesos geológicos externos y geología ambiental. Madrid: Dialnet.
- Francisco Anguita Virella, F. M. (1993). Procesos geológicos externos y geología ambiental. Madrid: Dialnet.
- INGEMMET. (2019). EVALUACIÓN GEODINÁMICA EN EL SECTOR DE PURUAY. Obtenido de http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//6277_informe-tecnico-n0a6868-evaluacion-geodinamica-del-sector-de-puruay-distrito-bano-del-inca-provincia-y-region-de-cajamarca.pdf
- INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL. (2006). MANUAL BASICO PARA LA ESTIMACION DEL RIESGO. Obtenido de http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc319/doc319_contenido.pdf

- Geertsema, M. 2016. Una descripción general de los grandes deslizamientos de tierra catastróficos recientes en el norte de la Columbia Británica, Canadá.
- Gonzales de Vallejo, Luis.I. M. F. 2004. Ingeniería Geológica. Madrid: Editorial Pearson Educación S. A.
- Guaman 2012. Aplicación del SIG para el manejo de Riesgos Naturales en el área urbano de la Ciudad de Loja. Quito.
- Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M., y Hutchinson, J.N., 2001, Review of the classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering Geoscience.
- Rodríguez, R. (2016). Método de investigación Geológico - Geotécnico para el análisis de inestabilidad de laderas por deslizamientos, Zona Ronquillos – Corisorgona. (Tesis de Maestría) Universidad Mayor de San Marcos.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2025). *Pronóstico estacional enero 2016 – setiembre 2025*. SENAMHI. <https://www.senamhi.gob.pe>
- Suárez, J. 2009. Deslizamientos - Análisis Geotécnico. España.
- Vásquez et al 2010. Zonas Críticas por Peligros Geológicos en la Submicro-cuenca Canto Grande. Lima.
- Varnes, J. 1978. Slope movement types and processes. In Landslides, Analysis and Control, Special Report N°176. Washington.
- Zavala, B., & Rosado, M. 2011. Riesgo Geológico en la Región Cajamarca. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Lima.
- Zavala, B., & Barrantes, R. 2007. Zonas Críticas por Peligros Geológicos y Geohidrológicos en la región Cajamarca. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Lima.
- (Varnes, & Cruden, 1993).. Deslizamientos: Investigación y Mitigación (Tipos y procesos).

ANEXOS

- 1. PLANO DE UBICACIÓN.**
- 2. PLANO DE PENDIENTES DEL TERRENO.**
- 3. PLANO GEOMORFOLÓGICO.**
- 4. PLANO GEOLÓGICO.**
- 5. PLANO GEODINÁMICO.**
- 6. PLANO DE NIVELES DE PELIGRO.**
- 7. PLANO DE NIVELES DE VULNERABILIDAD.**
- 8. PLANO DE NIVELES DE RIESGOS.**