



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA Y
METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA



EVALUACIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS DE LA
MICROCUCENCA LLAVINI, PUNO

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. PEDRO ULISES CARCAUSTO MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

A mi ángel guardián, mi querida madre doña Concepción Mamani Mamani:

Hace algunos años nos dejaste, desde entonces al divisar la inmensidad del cielo, sé que eres tú la estrella más brillante, gracias por protegerme y guiar con tu luz mi camino; una vez te prometí que este día llegaría, me hubiese embelesado que lo presenciara. Gracias madrecita mía, por apoyarme en todo momento, por enseñarme que la vida no es sencilla pero siempre hay momento para una sonrisa, que mientras uno respire todo se puede, por enseñarme a ser valiente, por tus sabias palabras de aliento que me levantaron cuando quise rendirme, por tus abrazos cálidos que aun extraño, a ti te debo y te dedico todos los logros que se den, gracias eternamente mamita.

A mi padre don Pedro Carcausto Mamani por su apoyo incondicional y compartir conmigo su sabiduría, su audacia y su fortaleza durante toda mi formación profesional, por enseñarme a enfrentar el día a día mediante sus buenos consejos.

A mis hermanos Edwin, Brígida, Esther y Zenaida por sus buenos deseos y apoyo incondicional en cada paso de mi formación profesional, por su respaldo en mis malos momentos.

Pedro Ulises Carcausto Mamani



AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater La Universidad Nacional del Altiplano, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, por la buena calidad de docentes y compañeros con quienes tuve el agrado de compartir aulas y muchos momentos de calidad.

Al doctor Rolando Apaza Campos por su apoyo y asesoría mediante su conocimiento, experiencia y orientación durante mi formación profesional y la elaboración de esta tesis.

Al centro de operaciones de emergencia regional, Puno. En especial al ingeniero José Marón Vásquez por facilitarme material de trabajo y su orientación en la fase inicial de esta tesis.

Pedro Ulises Carcausto Mamani



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRONIMOS

RESUMEN 17

ABSTRACT..... 18

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1. GENERALIDADES:..... 19

1.2. ANTECEDENTES:..... 19

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA: 20

1.4. HIPÓTESIS: 21

1.5. OBJETIVOS:..... 21

1.5.1. Objetivo General: 21

1.5.2. Objetivos Específicos: 21

CAPITULO II

REVISION DE LA LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO: 22

2.1.1. Desastre: 22

2.1.2. Desastres Naturales: 22

2.1.3. Riesgo: 22

2.1.4. Riesgos Geológicos: 23

2.1.5. Peligro: 26

2.1.5. Vulnerabilidad: 35



2.1.6.	Proceso de Análisis Jerárquico:	39
2.1.7.	Calculo Relación de Consistencia:	41
2.2.	MARCO NORMATIVO:	42

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1.	EQUIPOS Y MATERIALES:	44
3.2.	FASE PLANEAMIENTO Y ORGANIZACIÓN:	44
3.2.1.	Delimitación microcuenca Llavini:	44
3.2.2.	Obtención de Imágenes Satelitales:	45
3.2.3.	Obtención de Datos Plataforma SIGRID:	45
3.2.4.	Obtención de Información de la Microcuenca Llavini:	46
3.2.5.	Elaboración de Encuesta Sobre Vulnerabilidad:	47
3.3.	FASE DE CAMPO:	47
3.3.1.	Mapeo:	47
3.3.2.	Ejecución de Encuesta:	47
3.4.	FASE DE GABINETE:	48
3.4.1.	Elaboración de Mapas:	48
3.4.2.	Análisis Peligro Sísmico:	48
3.4.3.	Análisis del Peligro por Movimientos en Masa:	61
3.4.4.	Análisis del Peligro por Inundación Fluvial	73
3.4.5.	Niveles de Peligrosidad:	79
3.4.6.	Estratificación de los Niveles de Peligrosidad:	81
3.4.7.	Elaboración de Mapa de Peligrosidad:	81
3.4.8.	Análisis de Vulnerabilidad;	81
3.4.9.	Niveles de Vulnerabilidad:	91
3.4.10.	Estratificación de Niveles de Vulnerabilidad:	94
3.4.11.	Elaboración del Mapa de Vulnerabilidad:	94



3.4.12. Cálculo del Nivel de Riesgo:.....	95
3.4.13. Elaboración de la Matriz de Riesgo:	95
3.4.14. Clasificación de Niveles de Peligrosidad:.....	95
3.4.15. Estratificación de los Niveles de Riesgo:.....	96
3.4.16. Elaboración del Mapa de Riesgo:.....	96
3.5. TIPO DE INVESTIGACION:	96
3.6. NIVEL DE INVESTIGACION:	97

CAPITULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

4.1. UBICACIÓN:	98
4.1.1. Ubicación Geográfica:	98
4.1.2. Ubicación Política:	98
4.1.3. Vías de Acceso:.....	98
4.2. CARACTERÍSTICAS SOCIALES.....	99
4.2.1. Población:	99
4.2.2. Vivienda:.....	100
4.2.3. Agua Potable:	101
4.2.4. Desagüe y Alcantarillado:	102
4.2.5. Energía Eléctrica:	102
4.2.6. Educación:	103
4.3. CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS:.....	103
4.3.1. Geología regional:.....	103
4.3.2. Geología local:.....	105
4.3.3. Condiciones Geomorfológicas:	110
4.3.4. Condiciones Geotécnicas:.....	117
4.3.5. Pendientes:.....	118
4.3.6. Cobertura y Uso Actual de Tierras:.....	119



4.3.7. Clima:	120
4.3.8. Temperatura:	121
4.3.9. Precipitaciones:	122
CAPITULO V	
RESULTADOS	
5.1. ANALISIS DE PELIGROSIDAD:	124
5.1.1. Análisis de Peligrosidad Sísmica:	124
5.1.2. Análisis de peligrosidad por Movimientos en Masa:	126
5.1.3. Análisis De Peligro Por Inundaciones:	128
5.2. ANALISIS DE VULNERABILIDAD:	130
5.2.1. Niveles de Vulnerabilidad:	130
5.2.2. Estratificación de niveles de vulnerabilidad:	130
5.2.3. Mapas De Vulnerabilidad:	131
5.3. DETERMINACION DEL NIVEL DE RIESGO:	135
5.3.1. Riesgo por Sismos:	135
5.3.2. Riesgo por Movimientos en Masa:	138
5.3.3. Riesgo por Inundaciones:	141
VI CONCLUSIONES	144
VII RECOMENDACIONES	145
VIII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	146
ANEXOS	149

Área: Seguridad y Medio Ambiente

Línea: Riesgos Geológicos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 15 de diciembre del 2021



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de doble entrada para la determinación de niveles de riesgo	25
Tabla 2. Clasificación de los tipos de deslizamientos según Varnes (1978).....	30
Tabla 3. Clasificación según la intensidad media por hora	34
Tabla 4. Escala de Saaty	41
Tabla 5. Índice aleatorio para "n" según Aguaron y Moreno (2001)	42
Tabla 6. Matriz de comparación de pares - parámetro geología para peligro sísmico.	49
Tabla 7. Matriz de normalización - Parámetro geología para peligro sísmico.....	50
Tabla 8. Calculo vector suma – descriptor cuaternario aluvial	50
Tabla 9. Calculo vector suma - descriptor formación Vilquechico.....	51
Tabla 10. Calculo vector suma – descriptor formación Ayavacas	51
Tabla 11. Calculo vector suma - descriptor Volcánico Umayo	51
Tabla 12. Calculo variable λ_{max} – Parámetro geología para peligro sísmico	51
Tabla 13. Matriz de comparación de pares – parámetro pendiente para peligro sísmico	53
Tabla 14. Matriz de normalización – parámetro pendiente para peligro sísmico	53
Tabla 15. Matriz de comparación de pares - parámetro cobertura actual para peligro sísmico.....	55
Tabla 16. Matriz de normalización – parámetro cobertura actual para peligro sísmico	55
Tabla 17. Matriz de comparación de pares - parámetro geomorfología para peligro sísmico.....	56
Tabla 18. Matriz de normalización – parámetro geomorfología para peligros sísmico.	56
Tabla 19. Matriz de comparación de pares, parámetro ubicación geográfica, peligro sísmico.....	58
Tabla 20. Matriz de normalización, parámetro ubicación geográfica, peligro sísmico .	58
Tabla 21. Matriz de comparación de pares, parámetro existencia de fallas, peligro sísmico.....	59
Tabla 22. Matriz de normalización, parámetro existencia de fallas, peligro sísmico	59
Tabla 23. Matriz de comparación de pares para parámetros peligro sísmico	60
Tabla 24. Matriz de normalización – parámetros peligro sísmico	60
Tabla 25. Matriz de comparación de pares, parámetro pendiente - peligro por movimientos en masa	61



Tabla 26. Matriz de normalización, parámetro pendiente - peligro por movimientos en masa.....	62
Tabla 27. Matriz de comparación de pares, parámetro geología - peligro por movimientos en masa	63
Tabla 28. Matriz de normalización, parámetro geología - peligro por movimientos en masa.....	63
Tabla 29. Matriz de comparación de pares, parámetro suelos - peligro por movimientos en masa	64
Tabla 30. Matriz de normalización, parámetro suelos - peligro por movimientos en masa	65
Tabla 31. Matriz de comparación de pares, parámetro cobertura actual - peligro por movimientos en masa	66
Tabla 32. Matriz de normalización, parámetro cobertura actual - peligro por movimientos en masa	66
Tabla 33. Matriz de comparación de pares, parámetro geomorfología - peligro por movimientos en masa	67
Tabla 34. Matriz de normalización, parámetro geomorfología - peligro por movimientos en masa	68
Tabla 35. Matriz de comparación de pares, parámetro precipitación - peligro por movimientos en masa	69
Tabla 36. Matriz de normalización, parámetro precipitación - peligro por movimientos en masa	69
Tabla 37. Matriz de comparación de pares, parámetro actividad humana - peligro por movimientos en masa	70
Tabla 38. Matriz de normalización, parámetro actividad humana - peligro por movimientos en masa	71
Tabla 39. Matriz de comparaciones de pares, parámetros - peligro por movimientos en masa.....	72
Tabla 40. Matriz de normalización, parámetros - peligro por movimientos en masa	72
Tabla 41. Matriz de comparación de pares, parámetros pendiente - peligro por inundaciones.....	73
Tabla 42. Matriz de normalización, parámetro pendiente - peligro por inundaciones..	74
Tabla 43. Matriz de comparación de pares, parámetro geomorfología - peligro por inundaciones.....	75



Tabla 44. Matriz de normalización, parámetro geomorfología - peligro por inundaciones	75
Tabla 45. Matriz de comparación de pares, parámetro geología - peligro por inundaciones	76
Tabla 46. Matriz de normalización, parámetro geología - peligro por inundaciones	76
Tabla 47. Matriz de comparación de pares, parámetro precipitación - peligro por inundaciones	77
Tabla 48. Matriz de normalización, parámetro precipitación - peligro por inundaciones	78
Tabla 49. Matriz de comparación de pares, parámetros - peligro por inundaciones	79
Tabla 50. Matriz de normalización, parámetros - peligro por inundaciones	79
Tabla 51. Calculo de peso o vector priorización para los factores condicionantes – peligro sísmico	80
Tabla 52. Calculo de peso o vector priorización para factores desencadenantes - peligro sísmico	80
Tabla 53. Calculo valor de peligrosidad para peligro sísmico	80
Tabla 54. Clasificación de rangos y de niveles de peligrosidad para peligro sísmico ...	81
Tabla 55. División de la población por grupo etario y asignación de peso ponderado ..	82
Tabla 56. Porcentaje de los servicios educativos expuestos y asignación de peso ponderado	83
Tabla 57 Clasificación por material de construcción de la edificación y asignación de peso	83
Tabla 58 Clasificación por estado de conservación de la edificación y asignación de peso	83
Tabla 59 Clasificación por antigüedad de la edificación y asignación de peso	84
Tabla 60. Clasificación por elevación de las edificaciones y asignación de peso ponderado	84
Tabla 61. Capacitación de la población en temas de gestión del riesgo de desastres	84
Tabla 62. Conocimiento de la población sobre ocurrencia pasada de desastres naturales y peso	85
Tabla 63. Actitud de la población frente al riesgo de desastres	85
Tabla 64. Existencia de campañas de difusión sobre gestión del riesgo de desastre	86
Tabla 65. Clasificación por ubicación de la edificación con respecto al peligro	86



Tabla 66. Clasificación por exposición del servicio de agua potable y saneamiento respecto al peligro	87
Tabla 67. Clasificación por exposición del servicio de energía eléctrica respecto al peligro.....	87
Tabla 68. Clasificación por exposición de servicio de distribución de combustible y gas respecto al peligro	87
Tabla 69. Clasificación por exposición de las áreas agrícolas respectó al peligro.....	87
Tabla 70. Clasificación de acuerdo al material de construcción de la edificación.....	88
Tabla 71. Clasificación por estado de conservación de la edificación.....	88
Tabla 72. Clasificación de acuerdo a la antigüedad de construcción de la edificación .	88
Tabla 73. Clasificación de acuerdo a la elevación de las edificaciones	89
Tabla 74. Clasificación de acuerdo a la población económicamente activa	89
Tabla 75. Clasificación de acuerdo a la organización y capacidad institucional de gestión	89
Tabla 76. Clasificación de acuerdo al nivel de deforestación del área de estudio	90
Tabla 77. Clasificación de acuerdo a la pérdida de duelos en el área de estudio.....	90
Tabla 78. Clasificación por explotación de recursos naturales	91
Tabla 79. Clasificación de acuerdo al conocimiento y cumplimiento de la normativa ambiental	91
Tabla 80. Calculo de peso o vector priorización de exposición social para vulnerabilidad	92
Tabla 81. Calculo de peso o vector priorización de fragilidad social - para vulnerabilidad	92
Tabla 82. Calculo de peso o vector priorización de resiliencia social para vulnerabilidad	93
Tabla 83. Calculo de valor de la dimensión social para hallar la vulnerabilidad.....	93
Tabla 84. Calculo del Valor o Peso de vulnerabilidad en base a los valores obtenidos de las 3 dimensiones	94
Tabla 85. Clasificación de rangos y de niveles de vulnerabilidad	94
Tabla 86. Matriz de doble entrada de los pesos de peligrosidad vs los pesos de vulnerabilidad.....	95
Tabla 87. Clasificación de rangos y niveles de riesgo, obtenidos en base a la tabla 87.	96
Tabla 88. Ubicación microcuenca Llavini	98
Tabla 89. Vías de acceso microcuenca Llavini	99



Tabla 90. Población en el Departamento, Provincia, Distrito de Puno y Microcuenca Llavini por genero al 2017	99
Tabla 91. Población de la microcuenca Llavini por grupo etareo.....	99
Tabla 92. Viviendas existentes en la microcuenca Llavini clasificadas por tipo de vivienda	100
Tabla 93. Viviendas existentes en la microcuenca Llavini clasificadas por tipo de material de construcción.....	101
Tabla 94. Viviendas existentes en la microcuenca Llavini clasificadas por el tipo material en la superficie de los pisos.....	101
Tabla 95. Tipo de abastecimiento de agua por vivienda en porcentaje y unidad.....	102
Tabla 96. Disponibilidad de servicios higiénicos por vivienda en porcentaje	102
Tabla 97. Viviendas con disponibilidad de alumbrado publico	103
Tabla 98. Instituciones educativas existentes dentro de la microcuenca Llavini.....	103
Tabla 99. Unidades geomorfológicas microcuenca Llavini	116
Tabla 100. Clasificación de suelos Microcuenca Llavini	118
Tabla 101. Clasificación de Pendientes	119
Tabla 102. Clasificación de uso actual de tierras.....	120
Tabla 103. Código de zonas climáticas.....	121
Tabla 104. Promedio de humedad relativa año 2019.....	121
Tabla 105. Promedio de temperaturas año 2019.....	122
Tabla 106. Precipitación anual acumulada año 2019.....	123
Tabla 107. Clasificación de rangos y niveles de peligrosidad para peligro sísmico....	124
Tabla 108. Estratificación de nivel de peligrosidad para peligro sísmico	124
Tabla 109. Clasificación de rangos y niveles de peligrosidad para peligro por movimientos en masa	126
Tabla 110. Estratificación de niveles de peligrosidad para peligro por movimientos en masa	126
Tabla 111. Clasificación de rangos y niveles de peligrosidad para peligro por movimientos en masa	128
Tabla 112. Estratificación de niveles de peligrosidad por movimientos en masa	128
Tabla 113. Clasificación de rangos y niveles de vulnerabilidad para la microcuenca Llavini	130
Tabla 114. Estratificación de niveles de vulnerabilidad para la microcuenca Llavini	130



Tabla 115. Matriz de doble entrada peligro sísmico vs vulnerabilidad de la microcuenca Llavini	135
Tabla 116. Clasificación de rangos y niveles de riesgo sísmico.....	135
Tabla 117. Estratificación de riesgo sísmico y sus descripciones	135
Tabla 118. Matriz de Doble entrada, peligro por movimientos en masa vs vulnerabilidad de la microcuenca Llavini	138
Tabla 119. Clasificación de rangos y niveles de riesgo por movimientos en masa.....	138
Tabla 120. Estratificación y descripción de niveles de riesgo por movimientos en masa	138
Tabla 121. Matriz de doble entrada, peligro por inundaciones vs vulnerabilidad de la microcuenca Llavini	141
Tabla 122. Clasificación de rangos y niveles para el riesgo por inundaciones.....	141
Tabla 123. Estratificación y descripción de niveles para el riesgo por inundaciones..	141



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Proceso para la Determinación del Escenario de Riesgo. Fuente: CENEPRED	23
Figura 2: Plano cartesiano para peligro x vulnerabilidad. Fuente: CENEPRED	25
Figura 3: Componentes de un sismo. Fuente: (Vera, 2003)	27
Figura 4: Mapa zonificación sísmica del Perú. Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.....	29
Figura 5: Flujograma para determinar los niveles de vulnerabilidad social. Fuente: CENEPRED	36
Figura 6: Flujograma para determinar los niveles de vulnerabilidad económica. Fuente: CENEPRED.....	37
Figura 7: Flujograma para determinar la vulnerabilidad ambiental. Fuente: CENEPRED.....	37
Figura 8: Flujograma para la toma de decisiones. Fuente: CENEPRED.....	40
Figura 9: Delimitación Microcuenca Llavini en Software – ArcGis. Fuente: Propia .	45
Figura 10: Obtención de datos de la Plataforma SIGRID. Fuente: Propia.....	46
Figura 11: Mapa Geológico de la Microcuenca Llavini. Fuente: Propia	105
Figura 12: Afloramiento calizas de la Formación Ayavacas, zona este de la microcuenca Llavini a espaldas del bosque de la UNA. Fuente: Propia.....	106
Figura 13: Areniscas blanquecinas - Formación Vilquechico, zona norte de la microcuenca en el barrio alto Llavini, jr. Emilio Valdizan. Fuente: Propia	106
Figura 14: Lutitas de varios colores formación Vilquechico, zona norte de la microcuenca Llavini, E: 390640, N: 8251250. Fuente: Propia.....	106
Figura 15: Fases de sedimentación formación Vilquechico, Zona sur-este de la Microcuenca Llavini, al término del jr. Abraham Valdelomar, E: 390060 y N: 8250346. Fuente: Propia.	107
Figura 16: Macizo rocoso del complejo Volcanico Umayo, zona oeste de la microcuenca sobre la avenida Juliaca, E: 389724 y N: 8250981. Fuente: Propia.	108
Figura 17: Contacto complejo Volcanico Umayo - formación Vilquechico, zona oeste de la microcuenca Llavini, parte baja del mirador Puma Uta, curva sobre la avenida Juliaca, E: 389846 y N: 8250688. Fuente: Propia.....	108



Figura 18: Roca basalto - dacita con textura afanítica, zona del parte baja mirador Puma Uta, E: 389796 y N: 8250634. Fuente: Propia.	108
Figura 19: Arrastre de material no consolidado por lluvias, parte baja de la Microcuenca Llavini, esquina entre Jr. Panamá y Jr. Los Laureles, E: 390381 y N: 8250488. Fuente: Propia.	109
Figura 20: Material no consolidado con detritos ígneos, zona oeste de la microcuenca Llavini, parte alta Jr. Los Laureles, E: 389929 y N: 8250654. Fuente: Propia.	109
Figura 21: Clasificación de colinas en base a la elevación. Fuente: Propia	111
Figura 22: Clasificación de laderas en base a pendientes. Fuente: Propia.	112
Figura 23: Escarpa volcánica al terminas la terraza volcánica. Fuente: Propia.	113
Figura 24: Valle en forma de V juvenil. Fuente: Propia	113
Figura 25: Área saturada de agua - Bofedal. Fuente: Propia.....	114
Figura 26: Sistema fluvial microcuenca Llavini. Fuente: Propia	114
Figura 27: Sistema antrópico microcuenca Llavini. Fuente: Propia	115
Figura 28: Mapa de Suelos Microcuenca Llavini. Fuente: Elaborado en base a información de la Municipalidad Provincial de Puno.....	117
Figura 29: Mapa de pendientes de la microcuenca Llavini. Fuente: Propia.....	118
Figura 30: Mapa de uso actual de suelos de la Microcuenca Llavini. Fuente: Propia	120
Figura 31: Promedio de temperaturas año 2019. Fuente: Elaborado en Base a datos de SENAMHI.	122
Figura 32: Promedio precipitación 2019. Fuente: Elaborado en base a datos del SENAMHI	123
Figura 33: Mapa de Peligro Sísmico. Fuente: elaboración propia.	125
Figura 34: Mapa de peligrosidad por movimientos en masa. Fuente: Elaboración propia	127
Figura 35: Mapa de peligrosidad por inundaciones. Fuente: Elaboración propia.	129
Figura 36: Mapa de vulnerabilidad sísmica. Fuente: Elaboración propia.	132
Figura 37: Mapa de vulnerabilidad por movimientos en masa. Fuente: Elaboración propia.	133
Figura 38: Mapa de vulnerabilidad por inundaciones. Fuente: Elaboración propia....	134
Figura 39: Mapa de riesgo por sismos. Fuente: propia	137
Figura 40: Mapa de riesgo por movimientos en masa. Fuente: elaboración propia.	140
Figura 41: Mapa de riesgo por inundaciones. Fuente: propia	143



ÍNDICE DE ACRONIMOS

SINAGERD	: Sistema Nacional De Gestión Del Riesgo De Desastres
CENEPRED	: Centro Nacional
SIGRID	: Sistema De Información Para La Gestión
GRD	: Gestión Del Riesgo De Desastres
INDECI	: Instituto Nacional De Defensa Civil
COER	: Centro De Operaciones De Emergencia Regional
INGEMMET	: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
SENAMHI	: Servicio Nacional De Meteorología E Hidrología Del Perú
IGP	: Instituto Geofísico Del Perú
MMP	: Municipalidad Provincial De Puno
GRP	: Gobierno Regional De Puno
DEM	: Diagrama De Elevación Digital
GPS	: Sistema de Posicionamiento Global
UTM	: Universal Transversal Mercator
WGS 84	: World Geodetic System 1984
EPP	: Equipo de Protección Personal
MI	: Matriz Inicial
VS	: Vector Suma
VP	: Vector Priorización
VSP	: Vector Suma Ponderada
IC	: Índice De Consistencia
RC	: Relación De Consistencia
IA	: Índice Aleatorio
PAJ	: Proceso De Análisis Jerárquico
N	: Punto Cardinal Norte
Esc	: Escala



RESUMEN

La constante ocurrencia de fenómenos naturales en la región del altiplano peruano, hace necesario el estudio de riesgos geológicos en el altiplano, como medida de prevención y gestión de riesgos ante posibles desastres naturales. El área de estudio se ubica en la microcuenca Llavini del distrito, provincia y departamento de Puno. El presente estudio se realizó con la finalidad de evaluar la naturaleza los riesgos geológicos que podrían presentarse en la microcuenca Llavini según su ubicación geográfica, características geológicas, geomorfológicas, y factores climatológicos que determinan la ocurrencia de un evento desastroso, se determinó los niveles de peligrosidad, vulnerabilidad y de riesgo asociados a determinados factores. Se definió la extensión de la microcuenca Llavini, sus características geológicas, geomorfológicas, pendientes de relieve, cobertura actual, etc. Conducentes a determinar los niveles de peligrosidad y evaluar los niveles de vulnerabilidad. Con esta finalidad, se utilizó información de entidades tanto públicas como privadas; además información obtenida mediante encuestas. Se utilizó el método de proceso de análisis jerárquico para determinar los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo para cada caso. El método de evaluación aplicado, consiste en asignar valores, a parámetros establecidos de acuerdo al nivel de importancia de cada variable según la escala de Saaty, esto nos generó una matriz de pesos ponderados y definió los rangos para niveles peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo. Se elaboraron mapas donde el peligro por inundaciones es de mayor impacto, los niveles de vulnerabilidad media son predominantes en la microcuenca, con pequeñas áreas de vulnerabilidad alta; por último, las inundaciones generan mayor impacto, manifestándose con niveles de riesgo alto a muy alto en la parte central y baja de la microcuenca Llavini con una extensión superior al 50% del área; los riesgos por movimientos en masa y riesgo sísmico no superan el 20% de niveles altos de riesgo del área.

Palabras clave: Desastres Naturales, Microcuenca Llavini, Peligro, Riesgo Geológico, Vulnerabilidad.



ABSTRACT

The constant occurrence of natural phenomena in the Peruvian highland region makes it necessary to study geological risks in the highlands, as a risk prevention and management measure against possible natural disasters. The study area is located in the Llavini micro-basin of the district, province and department of Puno. The present study was carried out in order to assess the nature of the geological risks that could arise in the Llavini micro-basin according to its geographical location, geological and geomorphological characteristics, and climatological factors that determine the occurrence of a disastrous event, the levels of danger were determined, vulnerability and risk associated with certain factors. The extension of the Llavini micro-basin, its geological and geomorphological characteristics, relief slopes, current coverage, etc. were defined. Conducted to determine the levels of danger and assess the levels of vulnerability. For this purpose, information from both public and private entities was used; also information obtained through surveys. The hierarchical analysis process method was used to determine the levels of danger, vulnerability and risk for each case. The evaluation method applied consists of assigning values to parameters established according to the level of importance of each variable according to the Saaty scale, this generated a weighted weight matrix and defined the ranges for levels of danger, vulnerability and risk. Maps were prepared where the danger from floods is of greater impact, the levels of medium vulnerability are predominant in the micro-basin, with small areas of high vulnerability; Finally, floods generate a greater impact, manifesting themselves with high to very high risk levels in the central and lower part of the Llavini micro-basin with an extension of more than 50% of the area; risks due to mass movements and seismic risk do not exceed 20% of high risk levels in the area.

Keywords: Natural Disasters, Llavini Micro-basin, Danger, Geological Risk, Vulnerability.



CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1. GENERALIDADES:

La microcuenca Llavini comprende una superficie muy pequeña de 301.8 hectáreas, se encuentra ubicada en la zona periférica y parte urbana de la ciudad de Puno. Según el tipo de afloramiento de formaciones geológicas cenozoicas que se encuentra en la zona, presenta un relieve poco accidentado, delimitado por los cerros Llallahuani, Yanamayo y Alto Alianza, con una ladera de suave pendiente que se extiende en dirección hacia el lago. Este relieve está formado por una cobertura de suelos de poco espesor, donde se hallan asentadas los barrios Llavini, Vallecito, Alto Llavini, 4 de noviembre, Urbanización Aprovi, y Yanamayo.

Considerando que el peligro sísmico en la región sur del país es relevante, los alcances de las ondas sísmicas que se propagan de zonas de alta sismicidad son poco conocidos, por esta razón se propuso evaluar el nivel de vulnerabilidad, siendo que en esta microcuenca se encuentran asentada una población de 9094 habitantes con una infraestructura de vivienda que en su mayoría no cuentan con estudios técnicos adecuados, esto se pretende evaluar a fin de tomar medidas de prevención, acción y de corrección que las autoridades competentes deben gerenciar, generar planes y elaborar programas de respuestas ante casos de ocurrencia de desastres.

Los fenómenos naturales o riesgos geológicos son de carácter complejo, los que se evalúan de acuerdo a la jurisdicción de la zona donde se hacen presentes, sean de carácter local, regional o nacional, estos estudios servirán para prevenir y reducir los impactos negativos que estos puedan ocasionar en el ámbito social, económico y ambiental.

1.2. ANTECEDENTES:

Antecedente de carácter regional

Castro,(2017) En su tesis “*Evaluación de Riesgos Geológicos de la Zona Urbana, Distrito de Ollachea – Carabaya*”, concluye que se ha identificado cinco peligros los cuales son: caída de rocas, flujo de detritos, vuelcos, erosión de laderas y erosión fluvial,



localizados principalmente en las laderas de los cerros, tanto en pendientes bajas como pendientes medias, las cuales afectan a las zonas urbanas circundantes en caso se presentase precipitaciones de gran magnitud.

Antecedentes de carácter local

Gonzalo & Paucar,(2020) en su tesis *“Análisis y Estimación de un Modelo Probabilista de Riesgo por Inundación, Aplicado a la Microcuenca Llavini, distrito, provincia y región de Puno – Perú”*, concluye las zonas afectadas por precipitaciones se encuentran en las zonas bajas de la microcuenca Llavini entre las altitudes 3,865 a 3,870 msnm; que representan un 3% del área total; los niveles de vulnerabilidad alta a muy alta representan un 96% de la microcuenca y el 85% de manzanas representan un nivel alto de riesgo por inundaciones.

Lopez,(2020) en su tesis *“Evaluación de Riesgos Geológicos en el Cerro Azoguini – Región Puno”* concluye que los barrios Miraflores, Huáscar y Las Cruces, cuentan con niveles altos de vulnerabilidad ante peligros como caída de rocas por deslizamiento planar o por vuelco. La sismicidad es uno de los factores desencadenantes que ocasionaría la caída de bloques suspendidos. En resumen se considera que los niveles de riesgo por caída de rocas son de nivel medio a alto, en los barrios Miraflores, Huáscar y Las Cruces, teniendo como efectos el colapso de la ladera del cerro Azoguini y la destrucción de más de 20 viviendas.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

Considerando algunos antecedentes de desastres ocurridos en temporada de lluvia por el comportamiento inestable de suelos de ladera en la microcuenca Llavini, como el accidente del 15 de agosto del 2015, en el Jr. Calle Nueva, donde el talud que se elaboró para la construcción de una vivienda, cedió a causa de su inestabilidad, dejando heridos y ocasionando la pérdida de una vida humana. Los problemas de inundaciones frecuentes, que se presentan en las temporadas de precipitación, están condicionadas por las características de relieve, estos riesgos son una amenaza constante para los asentamientos residenciales que se encuentran en la parte baja, donde se encuentra una población de aproximadamente 5500 habitantes, que conforman los barrios Vallecito, Unión Llavini, San José, Aprovi y Alto Llavini, asimismo están presentes centros educativos e instalaciones del campus universitario de la UNA.



Las altas concentraciones de escorrentía en esta quebrada desestabilizan las redes de desagüe y alcantarillado, las cuales requieren un análisis riguroso y crítico para dar estabilidad y fundamentalmente una evaluación de riesgo conducente para solucionar los problemas recurrentes. De esta forma planeamos las siguientes interrogantes:

- ¿Cuáles son los riesgos más relevantes a las cuales está expuesto los habitantes de la Microcuenca Llavini?
- ¿Cuál es la magnitud de los diferentes riesgos geológicos a los que están expuestos los pobladores dentro de la Microcuenca Llavini?

1.4. HIPÓTESIS:

Según las características morfológicas, geométricas de la microcuenca Llavini que determinan las concentraciones de escorrentías en la parte baja de la microcuenca durante las épocas de precipitación; a estos factores están supeditadas los riesgos de inestabilidad de suelos e inundaciones, cuya severidad es de nivel medio, que pone en peligro a las poblaciones asentadas en estas áreas. Asimismo, la zona está expuesto a riesgos sísmico de nivel bajo por la configuración geológica regional.

1.5. OBJETIVOS:

1.5.1. Objetivo General:

Evaluar los riesgos geológicos de la Microcuenca Llavini.

1.5.2. Objetivos Específicos:

- Determinar los niveles de peligrosidad geológica presentes en la microcuenca Llavini.
- Establecer los niveles de vulnerabilidad de la microcuenca Llavini.
- Definir los niveles de riesgo de la microcuenca Llavini.



CAPITULO II

REVISION DE LA LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO:

2.1.1. Desastre:

Por “desastre” se entiende una seria interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad, que ocasiona una gran cantidad de muertes al igual que pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales, que exceden la capacidad de la comunidad o la sociedad afectada para hacer frente a la situación mediante el uso de sus propios recursos. También se considera el resultado de la combinación de la exposición a una amenaza, las condiciones de vulnerabilidad presentes, y capacidades o medidas insuficientes, para reducir o hacer frente a las posibles consecuencias negativas. El impacto de los puede incluir muertes, lesiones, enfermedades y otros efectos negativos en el bienestar físico, mental y social humano, conjuntamente con daños a la propiedad, la destrucción de bienes, la pérdida de servicios, trastornos sociales y económicos y la degradación ambiental. (UNISDR, 2009)

2.1.2. Desastres Naturales:

Consideradas como aquellas circunstancias o condiciones sociales en que la sociedad haya sido afectada de forma importante por el impacto de eventos físicos de origen natural, tales como terremotos, huracanes, inundaciones. (Narváez et al., 2009)

2.1.3. Riesgo:

Se considera a la probabilidad de que ocurran eventos con consecuencias perjudiciales (víctimas, daños a la propiedad, pérdida de medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro ambiental) como resultado de la interacción entre amenazas naturales o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad. (PNUD, 2010)

2.1.4. Riesgos Geológicos:

Son provocados por fenómenos naturales, directamente por procesos geológicos de dinámica interna (volcanes, terremotos y tsunamis) y dinámica externa (inundaciones y movimientos gravitacionales) (SGM, 2017)

2.1.4.1. Escenario de Riesgo:

La definición de escenarios se establece proponiendo una hipótesis para determinar el nivel de probabilidad de riesgo ante un fenómeno de origen natural. Seguidamente se determinan los parámetros del fenómeno: los factores condicionantes y desencadenantes para dicha hipótesis. Posteriormente se analiza la exposición, para determinar la probabilidad de riesgo social, de riesgo económico y de riesgo ambiental. (CENEPRED, 2014)

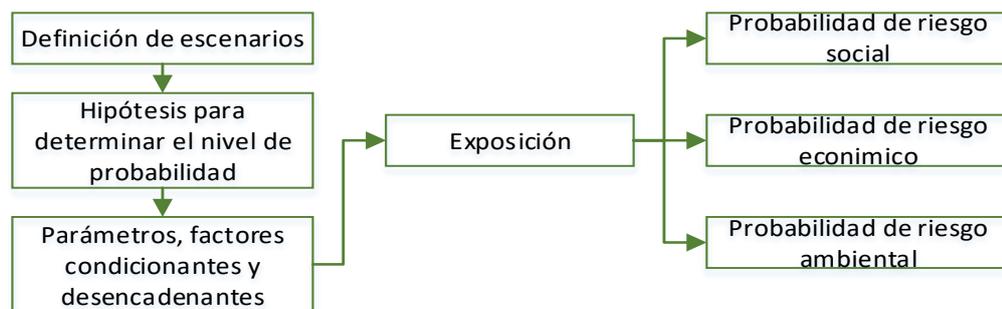


Figura 1: Proceso para la Determinación del Escenario de Riesgo. Fuente: CENEPRED

Se inicia conceptualmente elaborando un argumento sólido, sustentado en datos y/o registros históricos de la ocurrencia del fenómeno a estudiar, como magnitud, intensidad, recurrencia, etc. (Caracterizar el peligro). Así como, la integración de información estadística de los daños y/o pérdidas de población damnificada, fallecida, infraestructura dañada, etc. (vulnerabilidad de los elementos expuestos), lo que ayudará a elaborar el escenario probable y sus posibles consecuencias.

Los escenarios de riesgo es la representación de los resultados de la interacción de sus factores (peligro y vulnerabilidad) en un territorio y en un momento dado. El escenario de riesgo debe representar y permitir identificar el

tipo de daños y pérdidas que puedan presentarse en caso de presentarse un evento peligroso en unas condiciones dadas de vulnerabilidad. (Crispin, 2017)

2.1.4.2. Evaluación de Riesgos:

Es un proceso que ayuda a determinar la naturaleza y el alcance de ese riesgo, mediante el análisis de amenazas y la evaluación de las condiciones de vulnerabilidad existentes que podrían resultar en daños a las personas expuestas y a los bienes, servicios, medios de subsistencia y medio ambiente de los que dependen. Una evaluación completa de riesgos explica las causas, la magnitud, la probabilidad y el impacto de las pérdidas potenciales. La evaluación de riesgos es parte integral de los procesos de toma decisiones y adopción de políticas, y requiere de una estrecha colaboración entre las distintas partes de la sociedad. (PNUD, 2010)

2.1.4.3. Cálculo del Nivel de Riesgo:

El riesgo se expresa como la probabilidad que ocurra una pérdida en un elemento (e), resultado de la ocurrencia de un fenómeno con una intensidad mayor o igual a (i). Para calcular el riesgo se realiza una ecuación mediante la cual expresa que, el riesgo es una función $f(.)$ del peligro y vulnerabilidad. (CENEPRED, 2014)

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

R = Riesgo.

f = En función

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

t

V_e = Vulnerabilidad de un elemento expuesto e

2.1.4.4. Estratificación de Niveles de Riesgo:

Para estratificar el nivel del riesgo se hará uso de una matriz de doble entrada: matriz del grado de peligro y matriz del grado de vulnerabilidad. Para tal efecto, se requiere que previamente se halla determinado los niveles de intensidad y posibilidad de ocurrencia de un determinado peligro y del análisis de vulnerabilidad, respectivamente. Es decir es el valor (X, Y), en un plano cartesiano. Donde en el eje de la Y están los niveles del Peligro y en eje de la X están las Vulnerabilidades. (CENEPRED, 2014)

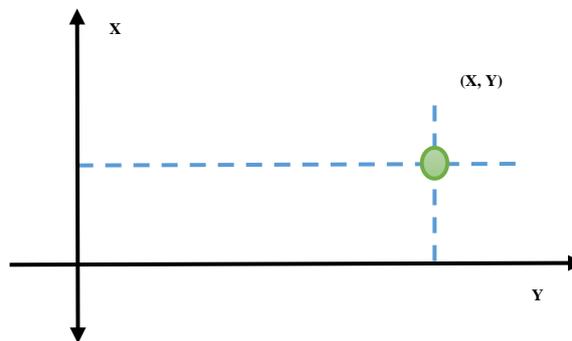


Figura 2: Plano cartesiano para peligro x vulnerabilidad. Fuente: CENEPRED

Con los valores obtenidos del grado de peligrosidad y el nivel de vulnerabilidad total, se interrelaciona, por un lado (vertical), el grado de peligrosidad; y por otro (horizontal) el grado de vulnerabilidad total en la respectiva matriz. En la intersección de ambos valores, sobre el cuadro de referencia, se podrá estimar el nivel de riesgo del área en estudio.

Tabla 1

Matriz de doble entrada para la determinación de niveles de riesgo

PMA	0.503	0.035	0.067	0.131	0.253	Riesgo Muy Alto	$0.068 \leq R < 0.253$
PA	0.260	0.018	0.035	0.068	0.131	Riesgo Alto	$0.018 \leq R < 0.068$
PMA	0.134	0.009	0.018	0.035	0.067	Riesgo Medio	$0.005 \leq R < 0.018$
PB	0.068	0.005	0.009	0.018	0.034	Riesgo Bajo	$0.001 \leq R < 0.005$
		0.068	0.134	0.26	0.503		
		VMA	VM	VA	VMA		

Fuente: (CENEPRED, 2014)

2.1.4.5. Mapa de Riesgos:

El conocimiento de las zonas con diferentes niveles de riesgo (Nivel de Peligrosidad y Vulnerabilidad), es utilizado en los procesos de ordenamiento y



planificación territorial, por lo que estos deben representar el uso que se le puede dar y los daños potenciales a que este uso estaría expuesto. El mapa de riesgo se genera del análisis de los mapas de peligro y vulnerabilidad. (CENEPRED, 2014)

2.1.5. Peligro:

El peligro, es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por la actividad del hombre, potencialmente dañino, de una magnitud dada, en una zona o localidad conocida, que puede afectar un área poblada, infraestructura física y/o el medio ambiente. (INDECI I. N., 2006).

2.1.5.1. Peligro Sísmico:

Los sismos son movimientos originados por la liberación de energía en forma de ondas que se inicia en un punto de ruptura en el interior de la tierra, las cuales se propagan por el interior de la tierra, viajando en diversas trayectorias antes de llegar a la superficie. (CENEPRED, 2017)

Los sismos se definen como un proceso paulatino, progresivo y constante de liberación súbita de energía mecánica debido a los cambios en el estado de esfuerzos, de las deformaciones y de los desplazamientos resultantes, regidos además por la resistencia de los materiales rocosos de la corteza terrestre, bien sea en zonas de interacción de placas tectónicas, como dentro de ellas. (CENEPRED, 2014).

Una parte de la energía liberada lo hace en forma de ondas sísmicas y otra parte se transforma en calor, debido a la fricción en el plano de la falla. Su efecto inmediato es la transmisión de esa energía mecánica liberada mediante vibración del terreno aledaño al foco y de su difusión posterior mediante ondas sísmicas de diversos tipos (corpóreas y superficiales), a través de la corteza y a veces del manto terrestre. (CENEPRED, 2014)

- Foco o Hipocentro y Epicentro: La gran mayoría de los sismos son de origen tectónico y por lo tanto ocurren cuando una roca se fractura. Por razones prácticas, se considera que esta ocurre en un punto al que se llama Foco o

Hipocentro. A los fines de la información general se define el Epicentro, que es la proyección vertical del hipocentro en la superficie de la Tierra y se le añade la profundidad. (Estrada, 2012).

- Magnitud: Nos indica la energía de tipo elástico que se ha liberado en el foco, la misma que se calcula a partir de la medida de la amplitud y frecuencia, expresada en la escala de Richter. (Giner & Molina, 2001).
- Intensidad: es la violencia de un sismo, como lo sienten las personas y el daño que causa en la naturaleza y las obras hechas por el hombre constituyen una medida de la intensidad de un sismo. Como se trata de factores arbitrarios y subjetivos, se confeccionaron varias escalas descriptivas de los hechos para una normalización a nivel mundial. La más difundida es la escala de Mercalli modificada que cuenta con doce grados del I al XII. (Estrada, 2012)

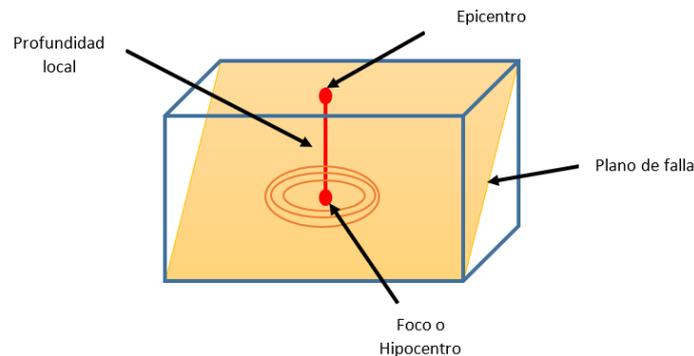


Figura. 3: Componentes de un sismo. Fuente: (Vera, 2003)

- Profundidad: considerado un parámetro que ayuda a clasificar el sismo de acuerdo a (Tavera & Buforn, 1998)
 - o Superficiales, los cuales están dentro de los primeros 60 km
 - o Intermedios, se dan entre los 60 km y 350 km de la superficie.
 - o Profundos, el hipocentro se encuentra a más de 350 km de profundidad.

En el Perú los sismos tienen su origen en tres fuentes sismogénicas

- La superficie de contacto entre las placas de nazca y sudamericana, en esta tuvo su origen el terremoto de pisco del 15 de agosto del 2007, con intensidades de 8 a 7 grados en la escala de Mercalli, con un saldo de más de



500 personas muertas, miles de damnificados y daños patrimoniales considerables.

- La deformación de la corteza continental, en esta se dio el sismo de Moyobamba del 5 de abril de 1991, produciendo en superficie intensidades de 7 grados en la escala de Mercalli, la cual tuvo daños patrimoniales considerables.
- La deformación de la corteza oceánica con focos a profundidades superiores a 61 km., en esta se tiene como claro ejemplo el sismo del 24 de agosto del 2011 ubicado a 37 km de la localidad de Contamana – Loreto, con una intensidad de 5 grados en la escala de Mercalli, la cual produjo procesos de licuación de suelos y deslizamientos de rocas en localidades cercanas al área epicentral.

El mapa sísmico del Perú sugiere que la peligrosidad sísmica en Perú es alta, donde se observa mayor actividad sísmica en las regiones centro y sur, y modera en el norte. (IGP, 2017)

La ocurrencia de los sismos no se puede predecir, pero se debe considerar que los terremotos ocurridos en el pasado, en un determinado lugar y tamaño, deben repetirse en el futuro con igual o mayor intensidad. Con esta aseveración es importante considerar un arduo trabajo en la educación de la población para tener un conocimiento de cómo actuar, antes, durante y después del sismo, considerando que los sismos no matan gente, sino que son las estructuras (viviendas, edificios, obras de ingeniería, etc.) los cuales colapsan debido a su mal diseño, al uso del material inadecuado en zonas donde los suelos son geológicamente inestables. (IGP, 2017).

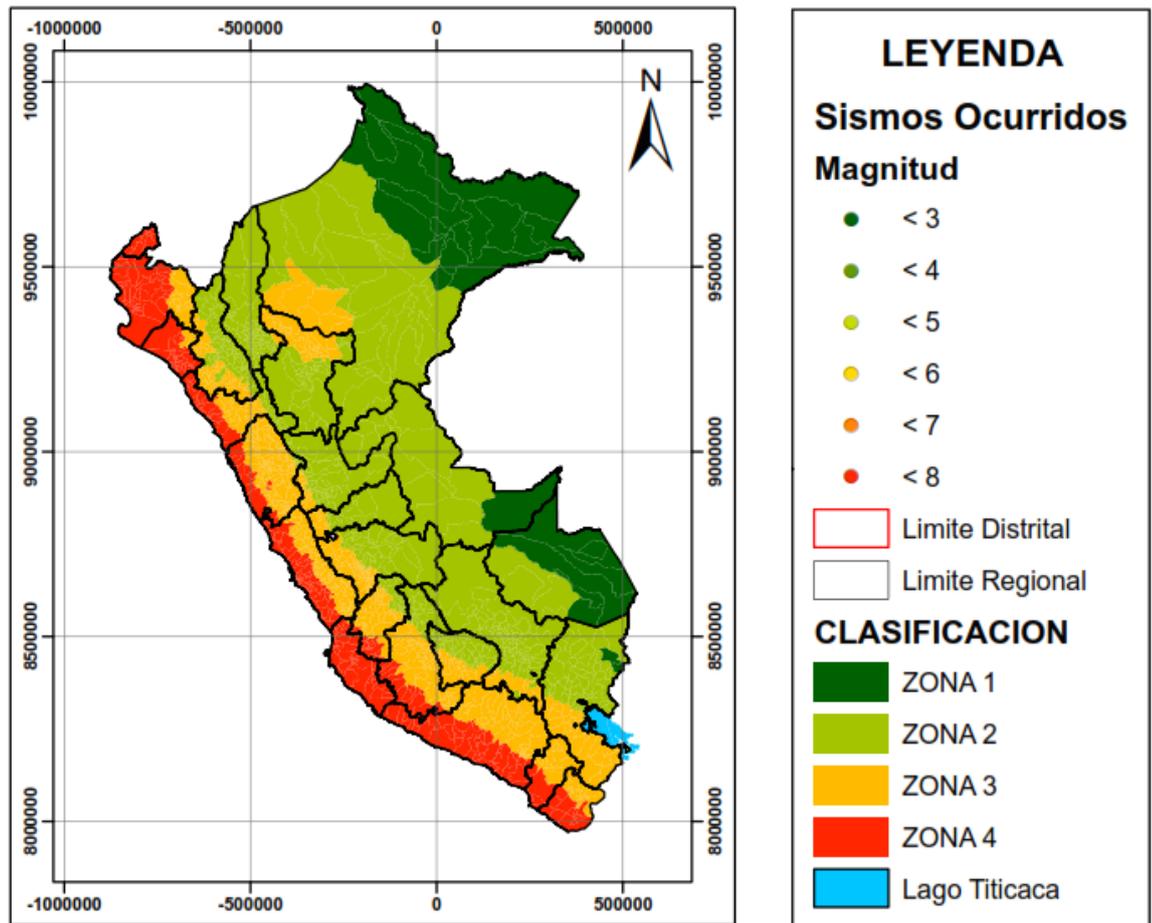


Figura 4: Mapa zonificación sísmica del Perú. Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

2.1.5.2. Peligro por Movimientos en Masa:

Un movimiento en masa es el desplazamiento de material litológico y/o de escombros hacia abajo (vertical o en dirección del pie de una ladera) debido a la gravedad. Estos son conocidos bajo varios términos como, derrumbes, deslizamientos y movimientos de terreno, entre otros. La ocurrencia de un movimiento en masa desarrolla varios rasgos geomorfológicos y morfo métricos característicos. Los elementos morfológicos pueden asociarse a la masa desplazada o al terreno intacto circundante. (Cruz, 2000)

a) Tipos de Movimientos en Masa:

Los movimientos en masa han sido clasificados internacionalmente en ocho tipos básicos: caídas, flujos, deslizamientos, volcamientos, propagación lateral, hundimientos, reptación, movimientos complejos, avenidas torrenciales, y

avalanchas. Sin embargo, pueden ser descritos o clasificados desde varios puntos de vista. (Cruz, 2000), a continuación tenemos la siguiente clasificación:

Tabla 2

Clasificación de los tipos de deslizamientos según Varnes (1978)

Tipo	Subtipo
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo)
Volcamiento	Volcamiento de roca
	Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso
Deslizamiento de Roca o Suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña
	Deslizamiento rotacional
Propagación Lateral	Propagación lateral lenta
	Propagación lateral por licuación (rápida)
Flujo	Flujo de detritos
	Crecida de detritos
	Flujo de lodo
	Flujo de tierra
	Flujo de turba
	Avalancha de detritos
	Avalancha de rocas
Reptación	Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)
	Reptación de suelos
	Solifluxión, gelifluxión (en permafrost)

Fuente: (INDECI, 2011)

b) Textura del Suelo:

La textura representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla. Se dice que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición. (Rucks, 2004)

c) Pendiente:

Es el grado de inclinación de los terrenos y se define como el ángulo formado por dos lados, siendo la forma normal de expresar la medición de un ángulo, utilizando el sistema sexagesimal, otra forma conocida y de uso corriente de expresar la pendiente es en porcentaje. Es necesario precisar que la pendiente es un parámetro que influye en la formación de suelos y condiciona el proceso



erosivo, puesto que mientras más pronunciada sea la pendiente la velocidad del agua de escorrentía será mayor. (Alcantara, 2010)

d) Erosión:

Es el desprendimiento, transporte, deposición de partículas o masas pequeñas de suelo o roca, por acción de las fuerzas generadas por el movimiento del agua, el flujo puede concentrarse en canales produciendo surcos y cárcavas. Los procesos de erosión son muy comunes en suelos residuales poco cementados o en los suelos aluviales, especialmente los compuestos por limos y arenas finas principalmente, cuando la cobertura vegetal ha sido removida. (Suarez, 1998)

2.1.5.3. Peligro por Inundaciones:

Las inundaciones se producen cuando las lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de campo del suelo, el volumen máximo de transporte del río es superado y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos circundantes, estas generan daños para la vida de las personas, sus bienes e infraestructura, pero además causan graves daños sobre el medio ambiente y el suelo de las terrazas de los ríos, asimismo son causas de erosión y sedimentación de las fuentes de agua. (INDECI, 2011)

- Intensidad: es la violencia de un sismo, como lo sienten las personas y el daño que causa en la naturaleza y las obras hechas por el hombre constituyen una medida de la intensidad de un sismo. Como se trata de factores arbitrarios y subjetivos, se confeccionaron varias escalas descriptivas de los hechos para una normalización a nivel mundial. La más difundida es la escala de Mercalli modificada que cuenta con doce grados del I al XII. (Estrada, 2012)



a) Tipos de Inundaciones:

Las inundaciones en Perú constituyen un fenómeno recurrente entre los meses de noviembre y abril de cada año, en la temporada de lluvias de la región andina. Durante las inundaciones se producen importantes episodios de erosión y sedimentación. La erosión produce importantes daños en vías de comunicación y campos de cultivos ubicados en las llanuras de inundación, siendo por tanto las zonas más afectadas, llanuras y tramos finales de ríos. Las aguas pluviales destruyen con gran facilidad viviendas de adobe, hacen colapsar las redes de alcantarillado, pozos y captaciones de agua. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2015)

i. Según Su Duración:

➤ **Inundaciones Rápidas o Dinámicas:** Son aquellas que ocurren en un tiempo muy corto. Las aguas desarrollan grandes velocidades y un gran caudal, el río crece en ocasiones en forma gigantesco, en tiempos que suelen ser menores de dos horas a partir del inicio de un fuerte aguacero, Las crecientes repentinas o torrenciales se caracterizan por su corta duración y gran velocidad de la corriente, lo que genera fuerza, desorden o turbulencia de sus aguas. Por el empuje que llevan, arrastran gran cantidad de maleza, piedras, troncos, escombros y demás material que se encuentre a su paso. (Cruz Roja Colombiana, 1990)

➤ **Inundaciones Lentas O Estáticas:** Las inundaciones lentas se presentan cuando el agua proveniente de lluvias o del desbordamiento de una corriente de agua cubre poco a poco zonas cercanas a su cauce, llenando de agua las planicies y valles que rodean el río así como a las viviendas, construcciones, lotes y cultivos entre otros. (Cruz Roja Colombiana, 1990)

ii. Según el Mecanismo de Generación:

➤ **Inundaciones Pluviales:** Cuando principalmente en época de lluvias, los aguaceros fuertes y prolongados caen sobre llanuras y planicies, el agua puede ser absorbida por el suelo a la manera de una esponja. Si continúa la lluvia,



esa especie de esponja natural se saturará de agua facilitando el encharcamiento y luego la inundación. (Cruz Roja Colombiana, 1990)

➤ **Inundaciones Fluviales:** Por desbordamientos de los ríos, causadas por el desbordamiento de los ríos y los arroyos es atribuida al aumento brusco del volumen de agua más allá de lo que un lecho o cauce es capaz de transportar sin desbordarse, durante lo que se denomina como crecida. (Consecuencia de exceso de lluvias). (CENEPRED, 2014)

➤ **Inundaciones Por Rotura:** Por operación incorrecta de obras de infraestructura hidráulica: la rotura de una presa, por pequeña que ésta sea, puede llegar a causar una serie de estragos no sólo a la población sino también a sus bienes, a las infraestructuras y al medioambiente. La propagación de la onda de agua en ese caso resultará tanto más dañina cuanto mayor sea el caudal circulante, menor sea el tiempo de propagación y más importante sean los elementos existentes en la zona de afectación (infraestructuras de servicios esenciales para la comunidad, núcleos de población, espacios naturales protegidos, explotaciones agropecuarias, etc.). (CENEPRED, 2014)

2.1.5.2. Meteorología:

Es la ciencia encargada del estudio de la atmósfera, de sus propiedades y de los fenómenos que en ella tienen lugar, los llamados meteoros. El estudio de la atmósfera se basa en el conocimiento de una serie de magnitudes, o variables meteorológicas, como la temperatura, la presión atmosférica o la humedad, las cuales varían tanto en el espacio como en el tiempo. (Rodríguez et al., 2004)

De acuerdo a Ley, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) tiene como propósito generar y proveer información y conocimiento meteorológico, hidrológico y climático de manera confiable, oportuna y accesible en beneficio de la sociedad peruana, mediante la operación de un sistema de observación; la investigación científica y tecnológica, la realización de estudios y proyectos, así como la prestación de servicios derivados de la observación, monitoreo y predicción. (SENAMHI, 2016)

2.1.5.3. Precipitación:

Define a toda forma de humedad, que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie terrestre, se suscitan en forma de lluvias, garuas, granizadas y nevadas, las cuales se identifican y clasifican de acuerdo a su intensidad (Moran, 1989).

Tabla 3

Clasificación según la intensidad media por hora

Intensidad	Acumulación en una hora
Débiles	≤ 2
Moderadas	$>2 \text{ y } \leq 15$
Fuertes	$>15 \text{ y } \leq 30$
Muy fuertes	$>30 \text{ y } \leq 60$
Torrenciales	>60

Fuente: (Monjo, 2010)

2.1.5.4. Parámetros de Evaluación:

Un parámetro de evaluación caracteriza un fenómeno de origen natural; el número y complejidad de los parámetros que se utilizan en un ámbito específico depende del nivel de detalle del estudio de acuerdo a la escala, por lo cual la lista de parámetros a considerar puede variar. (CENEPRED, 2014)

2.1.5.5. Susceptibilidad:

La susceptibilidad está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado ámbito geográfico (depende de los factores condicionantes, desencadenantes del fenómeno y su respectivo ámbito geográfico).

De acuerdo a este esquema, aquellas franjas de terreno que quedan rápidamente bajo las aguas de inundación corresponderían a áreas de mayor susceptibilidad hídrica, en tanto que aquellas que no resulten invadidas representarían a áreas de menor susceptibilidad hídrica. (Soldano, 2008)



e) Factores Condicionantes:

Son características adversas del entorno ambiental que se expresan en la degradación ambiental o en ecosistemas frágiles y que hacen susceptible a un territorio en manifestarse un peligro, y se tienen como ejemplo: topografía, tipo de suelo, geomorfología, etc. (Sistema Regional de Defensa Civil, 2016)

f) Factores Desencadenantes:

Son eventos naturales externos adversos que ejercen una presión sobre el ecosistema, alterando su comportamiento y activa un evento concurrente potencialmente peligroso, estos factores desencadenantes pueden ser: geológicas, lluvias intensas, inducidas por la acción humana. (Sistema Regional de Defensa Civil, 2016)

g) Elementos Expuestos:

La Exposición, está referida a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro. La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de desarrollo económico no sostenibles. A mayor exposición, mayor vulnerabilidad (CENEPRED, 2014)

2.1.5.6. Estratificación de Niveles de Peligrosidad:

Para fines de la evaluación de riesgos, las zonas de peligro pueden estratificarse en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto, cuyas características y su valor correspondiente se asignan de acuerdo a los pesos ponderados en base a la asignación de prioridades de los parámetros, las cuales se asignan en función a rangos. (CENEPRED, 2014)

2.1.6. Vulnerabilidad:

La vulnerabilidad es la debilidad o exposición de uno o un conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro natural o antrópico de una magnitud dada. Es la

facilidad como un elemento (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta y desarrollo político-institucional, entre otros), pueda sufrir daños humanos y materiales, entonces la vulnerabilidad es una condición previa que se manifiesta durante el desastre, cuando no se ha invertido lo suficiente en obras o acciones de prevención y mitigación, y se ha aceptado un nivel de riesgo demasiado alto. (INDECI I. N., 2006)

2.1.6.1. Tipos de Vulnerabilidad:

a) Social:

Se determina la población expuesta dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando la población vulnerable y no vulnerable, para posteriormente incorporar el análisis de la fragilidad social y resiliencia social en la población vulnerable. Esto ayuda a identificar los niveles de vulnerabilidad social. (CENEPRED, 2014)

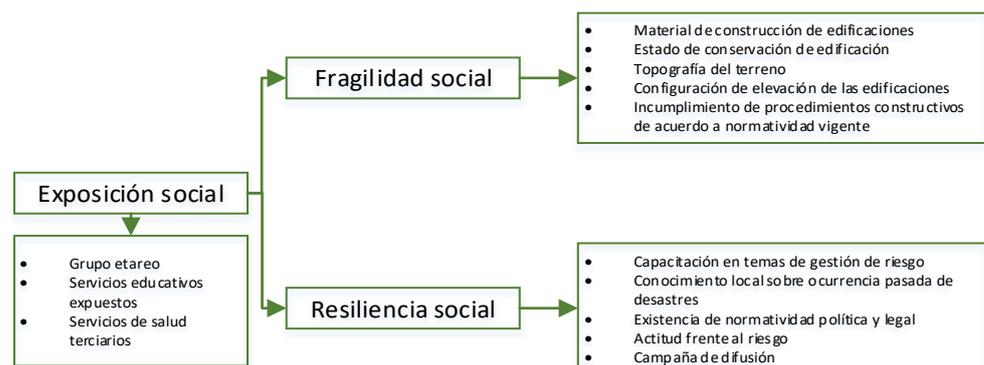


Figura 5: Flujograma para determinar los niveles de vulnerabilidad social. Fuente: CENEPRED

b) Económica:

Se determina las actividades económicas e infraestructura expuesta dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando los elementos expuestos vulnerables y no vulnerables, para posteriormente incorporar el análisis de la fragilidad económica y resiliencia económica. Esto ayuda a identificar los niveles de vulnerabilidad económica. (CENEPRED, 2014)

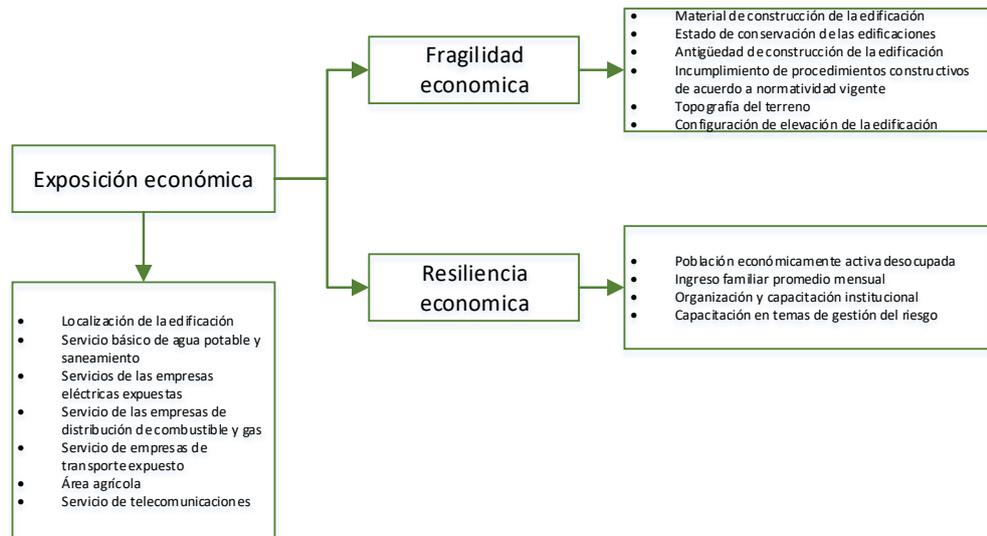


Figura 6: Flujograma para determinar los niveles de vulnerabilidad económica.

Fuente: CENEPRED.

c) Ambiental:

Se determina los recursos naturales renovables y no renovables expuestos dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando los recursos naturales vulnerables y no vulnerables, para posteriormente incorporar el análisis de la fragilidad ambiental y resiliencia ambiental. Esto ayuda a identificar los niveles de vulnerabilidad ambiental. (CENEPRED, 2014)

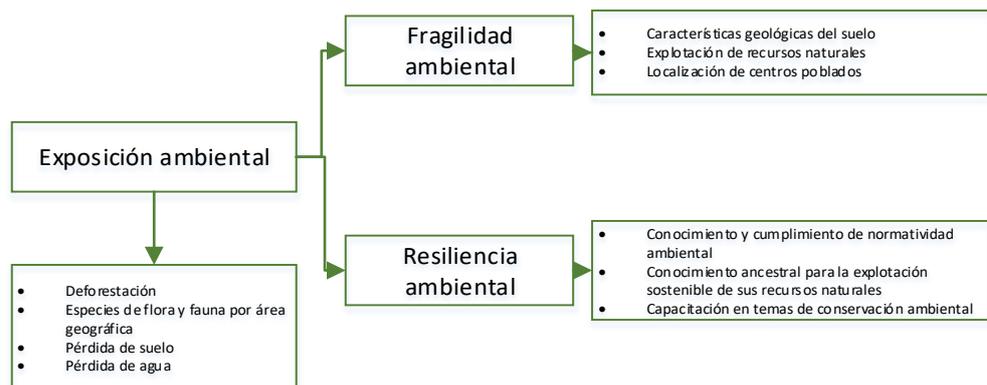


Figura 7: Flujograma para determinar la vulnerabilidad ambiental. Fuente: CENEPRED



2.1.6.2. Factores de Vulnerabilidad:

d) Exposición:

Referido a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro. La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o políticas de desarrollo económico no sostenible. A mayor exposición, mayor vulnerabilidad. (Sistema Regional de Defensa Civil, 2016)

e) Fragilidad:

Está referido a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro. En general, está concentrada en las condiciones físicas de una comunidad o sociedad y es de origen interno, por ejemplo: formas de construcción, no seguimiento de normatividad vigente sobre construcción y/o materiales, entre otros. A mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad. (Sistema Regional de Defensa Civil, 2016)

f) Resiliencia:

Considerada como la capacidad de afrontar un desastre y recuperarse del evento adverso, conflictos institucionales y cotidianos que deben enfrentar y las maneras en que lo hacen. Contabilizar los recursos y capacidades de acción que generan para enfrentar las dificultades de la vida y lograr. (Salamanca , 2009)

2.1.6.3. Estratificación de Vulnerabilidad:

Para fines de la evaluación de riesgos, las zonas de vulnerabilidad pueden estratificarse en cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto, cuyas características y su valor correspondiente se asignan de acuerdo a los pesos ponderados en base a la asignación de prioridades de los parámetros, las cuales se asignan en función a rangos. (CENEPRED, 2014)



2.1.6.4. Mapa de vulnerabilidad:

Se debe determinar si los elementos expuestos son susceptibles a fenómenos de origen natural, si el elemento expuesto es susceptible pasa al análisis de la vulnerabilidad, si no lo es se desestima indicándolo en el estudio.

2.1.7. Proceso de Análisis Jerárquico:

Este método fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty (1980) diseñado para resolver problemas complejos de criterios múltiples, es una técnica bastante usada para la toma de decisiones con atributos múltiples. Permite la descomposición de un problema en una jerarquía y asegura que tanto los aspectos cualitativos como cuantitativos de un problema sean incorporados en el proceso de evaluación, durante la cual la opinión es extraída sistemáticamente por medio de comparaciones entre pares. El Proceso de Análisis Jerárquico es una metodología de decisión compensatoria porque las alternativas que son eficientes con respecto a uno o más objetivos pueden compensarse mediante su desempeño con respecto a otros objetivos. El Proceso de Análisis Jerárquico permite la aplicación de datos, experiencia, conocimiento, e intuición de una forma lógica y profunda dentro de una jerarquía como un todo. Algunas de las ventajas del Proceso de Análisis Jerárquico frente a otros métodos de Decisión Multicriterio son:

- Presenta un sustento matemático
- Permite desglosar y analizar un problema por partes
- Permite medir criterios cuantitativos y cualitativos mediante una escala común
- Incluir la participación de equipos multidisciplinarios y generar un consenso
- Permite verificar el índice de consistencia (IC) y hacer las correcciones.
- Generar una síntesis y dar la posibilidad de realizar análisis de sensibilidad
- Ser de fácil uso y permitir que su solución se pueda complementar con métodos matemáticos de optimización.

El núcleo del Proceso de Análisis Jerárquico es una comparación de atributos entre pares ordinales, en los cuales enunciados de preferencia son identificados. Para un objetivo dado, las comparaciones son realizadas por pares de subindicadores, primero planteando la pregunta ¿Cuál de los dos es más importante? Y segundo ¿Por cuánto? La fortaleza de la preferencia es expresada en una escala semántica del 1 al 9, lo que permite

la medida dentro del mismo orden de magnitud. La preferencia de 1 indica igualdad entre dos subindicadores mientras que una preferencia de 9 indica que un subindicador es 9 veces más importante que aquel con el que es comparado. De esta forma las comparaciones están siendo realizadas entre pares de subindicadores donde la percepción es lo suficientemente significativa para hacer una distinción. Utilizando el Cuadro 4-1 propuesto por Saaty y Vargas (1991) para la asignación de importancias o preferencias se puede asignar un puntaje de importancia relativa por parejas de indicadores, teniendo como referencia que tanto, en forma comparativa, cada indicador refleja el aspecto que se desea representar.

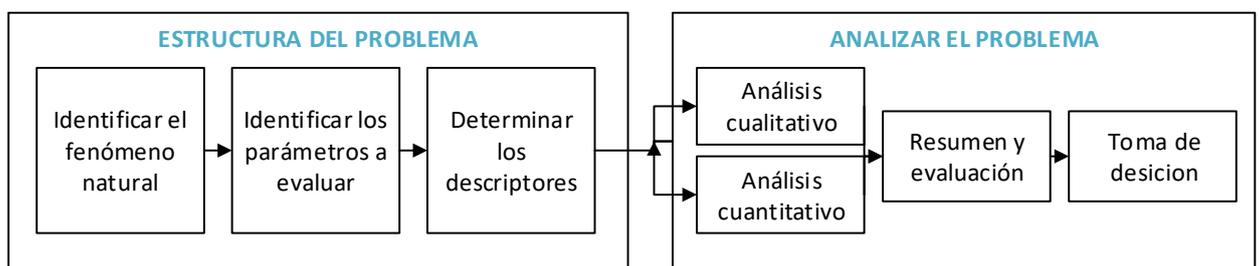


Figura 8: Flujograma para la toma de decisiones. Fuente: CENEPRED.

Permite combinar lo objetivo, tangible y racional de la ciencia clásica con lo subjetivo, intangible y emocional del comportamiento humano. En este sentido, se puede conseguir un tratamiento objetivo de lo subjetivo (Keeney, 1992). El punto central del PAJ es el proceso de asignar ponderación a los parámetros y descriptores relacionados con una decisión y la calificación final de las diferentes alternativas respecto de los criterios seleccionados.

Para la estimación del valor de la importancia relativa de cada uno de los indicadores se recurre a una metodología de comparación de pares, en este caso se empleó el PAJ (Saaty, 1990) por sus ventajas, flexibilidad y por la facilidad de involucrar a todos los actores en el proceso de decisión (Garfi et al., 2011)

Tabla 4

Escala de Saaty

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
9	Absolutamente o muchísimo más importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo
5	Más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera ligeramente más importante o preferido que el segundo
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro no hay diferencia entre ellos
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera menos importante o preferido que el segundo
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo
2;4;6;8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Fuente: CENEPRED V2

2.1.8. Cálculo Relación de Consistencia:

Primero: Multiplicar cada valor de la primera columna de la matriz de comparación pareada por la prioridad relativa del primer elemento que se considera y así sucesivamente. Se deben sumar los valores sobre las filas para obtener un vector de valores, denominado Vector Suma Ponderada (VSP).

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} P_{c11} \\ P_{c12} \\ \dots \\ P_{c1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} VSP_{11} \\ VSP_{12} \\ \dots \\ VSP_{1n} \end{pmatrix}$$

Segundo: Dividir los elementos del vector de suma ponderada entre el correspondiente valor de prioridad para cada uno de los criterios:

$$\begin{aligned} VPS_{11} / P_{c11} &= \lambda_1 \\ VPS_{12} / P_{c12} &= \lambda_2 \\ &\dots \\ VPS_{1n} / P_{c1n} &= \lambda_n \end{aligned}$$

Tercero: Posteriormente se determina la lambda máxima λ_{max} . Esto nos permite hallar el índice de consistencia

$$\lambda_{max} = (\lambda_1 + \lambda_{12} + \dots + \lambda_n) / n$$

Cuarto: Calcular el Índice de Consistencia (IC):

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

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

Quinto: Determinar la Relación de Consistencia (RC)

$$RC = IC / IA$$

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

Los valores del Índice Aleatorio para los diferentes “n”, obtenidos mediante la simulación de 100,000 matrices (Aguaron y Moreno-Jiménez, 2001), son:

Tabla 5

Índice aleatorio para "n" según Aguaron y Moreno (2001)

n	3	4	5	6	7
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341

Fuente: (CENEPRED, 2014)

2.2. MARCO NORMATIVO:

- Ley N° 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD,
- Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.
- Ley N° 27867, Ley Orgánica de los Gobiernos Regionales y su modificatorias dispuesta por Ley N° 27902.
- Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades y su modificatoria aprobada por Ley N° 28268.



- Ley N° 29869, Ley de Reasentamiento Poblacional para Zonas de Muy Alto Riesgo No Mitigable.
- Decreto Supremo N° 115-2013-PCM, aprueba el Reglamento de la Ley N° 29869.
- Decreto Supremo N° 126-2013-PCM, modifica el Reglamento de la Ley N° 29869.
- Resolución Jefatural N° 112 – 2014 – CENEPRED/J, que aprueba el "Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales", 2da Versión.
- Resolución Ministerial N° 334-2012-PCM, que Aprueba los Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación del Riesgo de Desastres.
- Resolución Ministerial N° 222-2013-PCM, que Aprueba los Lineamientos Técnicos del Proceso de Prevención del Riesgo de Desastres.
- Resolución Ministerial N° 220-2013-PCM, Aprueba los Lineamientos Técnicos para el Proceso de Reducción del Riesgo de Desastres.
- Decreto Supremo N° 111–2012–PCM, de fecha 02 de noviembre de 2012, que aprueba la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.
- Decreto Supremo N° 021- 2017-PCM, que aprueba el Reglamento que establece disposiciones para la conducción y la participación multisectorial de entidades el Estado en la gestión del riesgo de desastres para la atención de emergencias ante la ocurrencia de lluvias y peligros asociados, durante el año 2017.
- Decreto Supremo N° 057-2017-PCM. Modifican el numeral 42.2 del artículo 42 del Reglamento de la Ley N° 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD).
- Decreto Supremo N° 058 – 2014 – PCM. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Inspecciones Técnicas de Seguridad en Edificaciones.
- Resolución Ministerial N° 222-2013-PCM. Aprobación de los Lineamientos Técnicos del Proceso de Prevención del Riesgo de Desastres.



CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. EQUIPOS Y MATERIALES:

Se utilizó una laptop con los siguientes programas: ArgGis 10.3, AutoCAD 2016, Google Earth, Global Mapper 18 y Microsoft Office 2013. Los cuales nos ayudaron al procesamiento de datos e información obtenida en campo como los datos geológicos y los datos obtenidos de las entidades correspondientes como: el INEI, SENAMHI e INGEMMET.

Para la toma de datos se utilizó equipos básicos de geología, como: Brújula, GPS, picota, EPP's para campo, entre otros acompañados de mapas e imágenes satelitales a una escala de 1:10 000.

3.2. FASE PLANEAMIENTO Y ORGANIZACIÓN:

En esta primera fase de ejecución del proyecto se definió el área a evaluar, se recopiló información geológica, estadística y sobre riesgos geológicos respecto al área para la elaboración de mapas base y encuestas para su aplicación en el campo.

3.2.1. Delimitación microcuenca Llavini:

En el programa Google Earth se ubicó 4 puntos de control sobre el área de interés, se exporta en formato kml al programa GlobalMapper para generar un diagrama de elevación digital (DEM) y las curvas de nivel con un intervalo de 5 metros.

Exportamos las curvas de nivel en formato SHP al programa ArcGis para crear un DEM independiente y a partir del obtenemos la dirección del flujo de aguas superficiales, la acumulación y el punto de descarga, resumiendo todo en polígono que delimita la microcuenca Llavini.

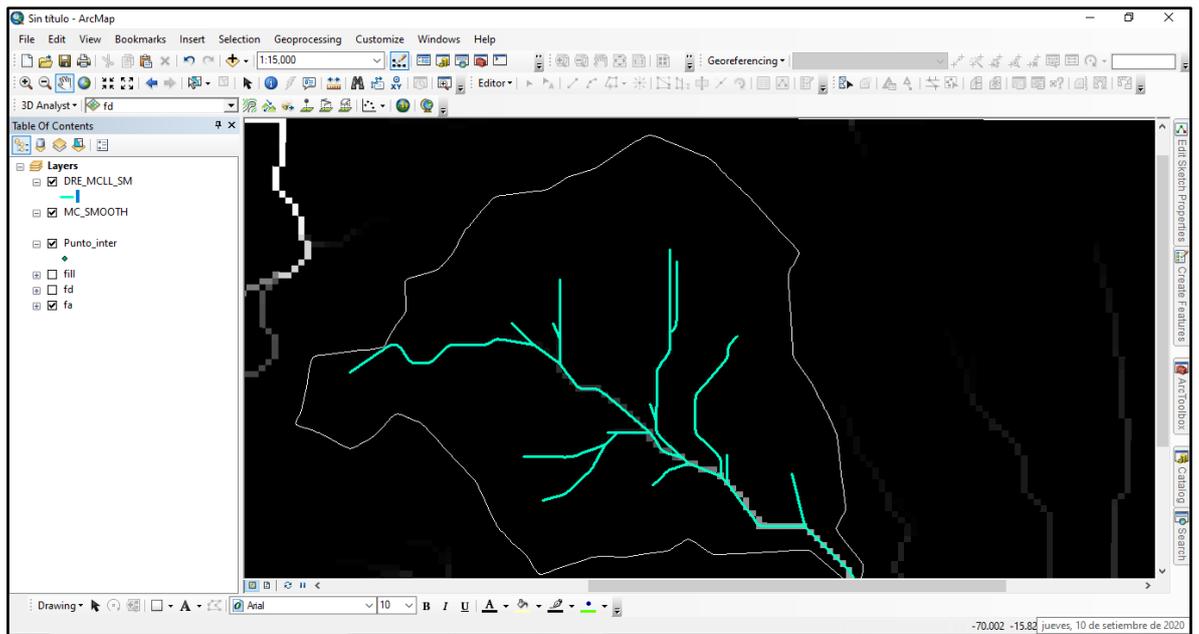


Figura 9: Delimitación Microcuenca Llavini en Software – ArcGis. Fuente: Propia

3.2.2. Obtención de Imágenes Satelitales:

Con el programa SASPlanet se descargó la imagen satelital de la microcuenca Llavini en alta resolución en formato wavelet de compresión mejorada (.ecw), correspondiente al año 2019, georeferenciada y apta para su uso.

También se utilizó el programa Google Earth para obtener imágenes actualizadas a abril del 2020. Pero esta se descargó en formato .JPG agregándole los puntos de control para su posterior georreferenciación en el programa ArcGis.

3.2.3. Obtención de Datos Plataforma SIGRID:

El sistema de información para la gestión del riesgo de desastres (SIGRID), es una plataforma geoespacial de libre acceso, de la cual se extrajo los datos estadísticos sobre la microcuenca Llavini, una vez cargado nuestro ámbito la plataforma realiza un diagnóstico del territorio y nos facilita toda la información disponible del área, como datos de los censos del 2007 y 2017 que se pueden descargar en formato xls y formato esri shapefile.

De la plataforma se obtuvo datos como: población, grupo etareo, servicios básicos, servicios de educación, servicios de salud, materiales de casas, materiales de pisos, entre otros, los cuales fueron de mucha ayuda a la hora de realizar la evaluación de vulnerabilidad y exposición.

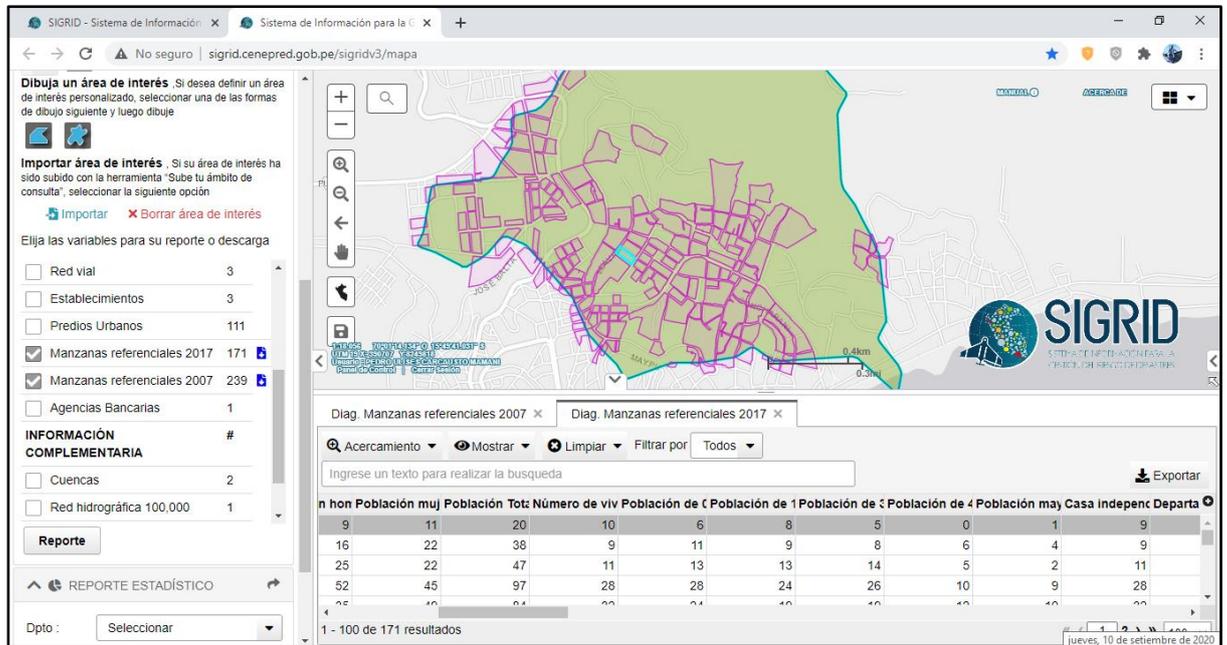


Figura 10: Obtención de datos de la Plataforma SIGRID. Fuente: Propia

3.2.4. Obtención de Información de la Microcuenca Llavini:

Esta información se obtuvo principalmente del instituto geológico, minero y metalúrgico (INGEMMET) mediante su plataforma GEOCATMIN, en base a la ubicación de la microcuenca Llavini, ubicada en el cuadrángulo de Puno, hoja 32- V, junto a información de diversas fuentes, como revistas, informes, estudios sobre litologías, libros, investigaciones, entre otros.

Desde la plataforma del servicio nacional de meteorología e hidrología (SENAMHI), se descargaron datos como temperatura y precipitación de todo el año 2019, clasificándolo por meses, agregando también la información de la Municipalidad Provincial de Puno, la cual nos facilitó expedientes técnicos solicitados de proyectos que se ejecutaron o que están en ejecución dentro de la zona de evaluación, de las cuales se obtuvo la información concerniente a geología, geotecnia y afines al trabajo, de la misma forma se utilizó la información de las empresas de saneamiento EMSA Puno S.A. y electrificación, Electro Puno S.A.A. las cuales nos brindaron los planos de conexión de agua potable, alcantarillado y planos de redes eléctricas respectivamente.



3.2.5. Elaboración de Encuesta Sobre Vulnerabilidad:

Debido a la falta de datos como: Estado de conservación de la edificación, antigüedad de la construcción, actitud frente al riesgo y otros, las cuales no se encuentran dentro de la data obtenida del INEI, Se elaboró una encuesta con nueve preguntas cerradas, las cuales nos ayudó a obtener información requerida sobre conocimiento de la población en temas de gestión de riesgo de desastres y detalles de las edificaciones, los cuales nos ayudaron a tener un mejor análisis en temas de resiliencia. La encuesta contiene registros como coordenadas Este y Norte, Numero de Manzana, Nombre del encuestado y Nombre de Barrio, todo esto para registrar la ubicación en un plano.

3.3. FASE DE CAMPO:

Con el uso de equipos antes mencionados y recursos obtenidos en la primera fase, se realizó el mapeo para obtención de datos geológicos de la microcuenca y ejecución de la encuesta, en varias salidas de campo.

3.3.1. Mapeo:

Este paso se realizó desde el punto de desfogue de la microcuenca Llavini, hasta las zonas altas de Yanamayo y Alto Puno, dado que es una zona urbana en constante cambio se optó por bordear por las partes altas de la microcuenca para obtener información sobre geología, geomorfología, cobertura y otros. Estos datos se registraron en una libreta de campo y en los mapas base.

Posteriormente se procedió a realizar el reconocimiento por el centro de la microcuenca y zona urbana, visualizando zonas afectadas por factores hidrometeorológicos como traslado y deposición de sedimentos, también peligros inducidas por la actividad del hombre, como corte de taludes para la construcción de viviendas, se observó daños a estructuras principalmente vías, entre otros todo ello se apuntó y se tomó evidencia para su posterior análisis.

3.3.2. Ejecución de Encuesta:

La encuesta se ejecutó de manera aleatoria en diversos domicilios por manzanas, realizando las 9 preguntas cerradas sobre el conocimiento en temas de gestión de riesgo de desastres, al ser demasiadas viviendas se optó por escoger viviendas con una distancia



considerable a la anterior encuestada, para cada encuesta se generaba un registro en el plano, apoyándonos en el número de manzana y las coordenadas, para facilitar la inserción a la base de datos que se tenía del INEI.

3.4. FASE DE GABINETE:

3.4.1. Elaboración de Mapas:

En el programa ArcGis 10.3 se elaboraron mapas necesarios, para la evaluación de riesgos geológicos o desastres originados por fenómenos naturales, estos mapas contienen factores condicionantes y factores desencadenantes, entonces se elaboró los siguientes mapas:

- Mapa geológico
- Mapa geomorfológico
- Mapa de pendientes
- Mapa de cobertura y uso actual de suelos
- Mapa de suelos
- Mapa de ubicación sísmica

Estos mapas se elaboraron a una escala de 1: 15 000, en base a la información obtenida en la primera fase y los datos obtenidos en la fase de campo, en base a estos mapas se realizó el proceso de análisis jerárquico para la peligrosidad.

3.4.2. Análisis Peligro Sísmico:

Los mapas de geología, pendientes, cobertura y uso actual de suelos, geomorfología y ubicación geográfica con respecto a las zonas sísmicas, ayudaron a determinar los parámetros y descriptores correspondientes para cada peligro y así iniciar, con el proceso de análisis jerárquico, como se muestra a continuación.

3.4.12.1. Factores Condicionantes:

a) Parámetro Geología:

Para la ponderación de los descriptores de este parámetro, se ha utilizado una matriz de comparación de pares de 4 x 4 y se asignado valores numéricos de

acuerdo a la importancia de un descriptor respecto del otro según la escala de Saaty (ver tabla N° 04).

Teniendo en cuenta que se considera más importante el descriptor que podría generar más peligro que los demás. El orden de importancia de los descriptores de este parámetro son:

- Cuaternario Aluvial: conformado por material no consolidado que es fácil de desplazarse al estar sometido a movimientos sísmicos.
- Formación Vilquechico: la litología de esta formación conformada por lutitas y limolitas, las cuales afloran y son de más rápida meteorización, lo hacen más susceptible a un posible desplazamiento ante un movimiento sísmico.
- Formación Ayavacas, formada por calizas consolidadas de más resistencia ante un movimiento.
- Volcánico Umayo: las andesitas y basaltos de esta formación al no estar estratificadas ni diaclasadas la vuelven más resistente ante los movimientos sísmicos.

Tabla 6

Matriz de comparación de pares - parámetro geología para peligro sísmico

GEOLOGIA	Cuaternario Aluvial	Formación Vilquechico	Formación Ayavacas	Volcánico Umayo
Cuaternario Aluvial	1.00	2.00	3.00	5.00
Formación Vilquechico	0.50	1.00	2.00	3.00
Formación Ayavacas	0.33	0.50	1.00	2.00
Volcánico Umayo	0.20	0.33	0.50	1.00
Suma	2.03	3.83	6.50	11.00
1/Suma	0.49	0.26	0.15	0.09

Fuente: Análisis Propio

Se realiza una sumatoria en columna de todos los descriptores (Suma), para seguidamente hallar la inversa de las sumas totales al dividir 1 entre el resultado de la sumatoria para cada columna (1/suma) y generar la matriz de normalización, la cual se elaboró al multiplicar la inversa (1/Suma) por cada elemento de la columna, obteniendo así las sumatorias de las columnas igual a 1.

Se halló el vector priorización o ponderación (VP) que se considera el peso de cada descriptor. El mismo que se halló con el promedio de cada fila, dicho resultado indica la importancia del parámetro en la determinación del nivel de peligro.

Tabla 7

Matriz de normalización - Parámetro geología para peligro sísmico

Geología	Cuaternario Aluvial	Formación Vilquechico	Formación Ayavacas	Volcanico Umayo	VP
Cuaternario aluvial	0.492	0.522	0.462	0.455	0.482
Formación Vilquechico	0.246	0.261	0.308	0.273	0.272
Formación Ayavacas	0.164	0.130	0.154	0.182	0.158
Volcanico Umayo	0.098	0.087	0.077	0.091	0.088
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Análisis Propio

Para verificar si los criterios utilizados para la comparación de pares era la adecuada, calculamos la relación de consistencia en base a la tabla de normalización, considerando que si el valor de la relación de consistencia era menor al 10% o <0.1 , los criterios usados fueron los adecuados.

Para ello hallamos la columna vector suma (VS) la cual se halló multiplicando los valores de la columna vector priorización (VP) de cada parámetro por valores de la matriz de comparación de pares o matriz inicial (MI) para cada parámetro.

Tabla 8

Calculo vector suma – descriptor cuaternario aluvial

	MI	VP	VS
Cuaternario Aluvial	1.00	0.482	0.482
	0.50	0.482	0.241
	0.33	0.482	0.161
	0.20	0.482	0.096

Fuente: Análisis Propio

Tabla 9*Calculo vector suma - descriptor formación Vilquechico*

	MI	VP	VS
Formación Vilquechico	2.00	0.272	0.544
	1.00	0.272	0.272
	0.50	0.272	0.136
	0.33	0.272	0.091

Fuente: Análisis Propio

Tabla 10*Calculo vector suma – descriptor formación Ayavacas*

	MI	VP	VS
Formación Ayavacas	3.00	0.158	0.474
	2.00	0.158	0.316
	1.00	0.158	0.158
	0.50	0.158	0.079

Fuente: Análisis Propio

Tabla 11*Calculo vector suma - descriptor Volcánico Umayo*

	MI	VP	VS
Volcánico Umayo	5.00	0.088	0.440
	3.00	0.088	0.264
	2.00	0.088	0.176
	1.00	0.088	0.088

Fuente: Análisis Propio

Con los datos de la columna vector suma (VS), sumamos todos los primeros valores, los segundos valores terceros valores y por último los cuartos valores, lo que nos dio como resultado el vector suma ponderada (VSP), estos valores divididos entre el vector priorización (VP) nos resulta la variable λ_{max} .

Tabla 12*Calculo variable λ_{max} – Parámetro geología para peligro sísmico*

VSP	VP	λ_{max}
1.940	0.482	4.0215
1.093	0.272	4.0214
0.631	0.158	4.0040
0.354	0.088	4.0104

Fuente: Análisis Propio



El valor de la variable λ_{\max} es el resultado de la suma entre todos los valores de la columna λ_{\max} divididos entre el número de elementos que vendrían a ser 4, entonces el resultado de la variable $\lambda_{\max} = 4.01$

Ahora hallamos el índice de consistencia mediante la fórmula:

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

Remplazando los valores:

$$IC = (4.014 - 4)/4 - 1$$

$$IC = 0.005$$

Seguidamente procedimos a hallar la relación de consistencia, mediante la fórmula:

$$RC = IC/IA$$

Donde IA nos brinda valores ya establecidos de acuerdo a la cantidad de elementos con los que se trabajó “n”, la cual está mencionada en la tabla N° 4, la cual nos indica que si se está trabajado con 4 elementos el valor adecuado para el IA sería 0.882, entonces reemplazando en la ecuación:

$$RC = 0.005/0.882$$

$$RC = 0.0057$$

Obteniendo la relación de consistencia 0.045 y siendo este un valor menor a 0.1 o al 10%, lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la adecuada.

Este procedimiento es único y se aplicó a todos los parámetros considerados dentro del análisis de los 3 peligros considerados, para los cuales a partir de este punto omitimos algunos pasos.

b) Parámetro Pendiente:

Como factor condicionante ante un movimiento sísmico las zonas con mayor pendiente podrían estar sometidos a deslizamientos y desprendimientos. Para la ponderación de los descriptores de este parámetro se ha utilizado una

matriz de comparación de pares de 4 x 4 y se asignado valores numéricos de acuerdo a la importancia de un descriptor respecto del otro según la escala de Saaty (ver tabla N° 04).

Teniendo en cuenta que se considera más importante el descriptor que podría generar más peligro. El orden de importancia de los descriptores son:

- Terrenos muy empinados a extremadamente empinados con pendientes mayores a 50%
- Terrenos moderadamente empinados a empinados con pendientes de 15% a 50%
- Terrenos moderadamente inclinados a fuertemente inclinados con pendientes de 4% a 15%
- Terrenos llanos, casi a nivel a ligeramente inclinados con pendientes de 0% a 4%

Tabla 13

Matriz de comparación de pares – parámetro pendiente para peligro sísmico

Pendiente	> 50%	15% - 50%	4% - 15%	0 - 4 %
> 50%	1.00	2.00	4.00	5.00
15% - 50%	0.50	1.00	2.00	4.00
4% - 15%	0.25	0.50	1.00	2.00
0 - 4 %	0.20	0.25	0.50	1.00
Suma	1.95	3.75	7.50	12.00
1/suma	0.51	0.27	0.13	0.08

Fuente: Análisis Propio

Tabla 14

Matriz de normalización – parámetro pendiente para peligro sísmico

Pendiente	> 50%	15% - 50%	4% - 15%	0 - 4 %	VP
> 50%	0.513	0.533	0.533	0.417	0.499
15% - 50%	0.256	0.267	0.267	0.333	0.281
4% - 15%	0.128	0.133	0.133	0.167	0.140
0 - 4 %	0.103	0.067	0.067	0.083	0.080
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Análisis Propio

Hallando el índice de consistencia (IC) y multiplicándolo por el IA para 4 elementos 0.882, dándonos como resultado:



$$IC = 0.009$$

$$RC = 0.011$$

Dichos resultado es menor que el 10% o 0.1 lo que nos indica que los criterios asignados fueron los adecuados.

c) **Parámetro Cobertura Vegetal y Uso Actual de Suelos:**

Como factor condicionante ante un movimiento sísmico las zonas con menor cobertura son más propensas a sufrir modificaciones que las zonas con una cobertura estable ante un movimiento sísmico. Para la ponderación de los descriptores de este parámetro se ha utilizado una matriz de comparación de pares de 4 x 4 y se asignado valores numéricos de acuerdo a la importancia de un descriptor respecto del otro según la escala de Saaty (ver tabla N° 04).

Teniendo en cuenta que se considera más importante el descriptor que podría generar más peligro. El orden de importancia de los descriptores son:

- Zona sin cobertura: Los suelos sin cobertura son más susceptibles a sufrir modificaciones al no tener algo que los retenga y los mantenga estables ante un movimiento sísmico.
- Zona urbana: Las viviendas, carreteras y otras edificaciones no garantizan una superficie estable debido a que, por debajo de ellas sigue estando un terreno susceptible a modificaciones ante movimientos sísmicos.
- Zona de pastoreo y agricultura: estos terrenos cuentan con cobertura vegetal sea permanente o temporal la cual mediante sus raíces funcionan como fijadores de suelo, evitando así los desplazamientos.
- Zona forestal: las raíces de los árboles tienen una mayor capacidad para la fijación de los terrenos.

Tabla 15

Matriz de comparación de pares - parámetro cobertura actual para peligro sísmico

Cobertura Actual	Zona Sin Cobertura	Zona Urbana	Zona de Pastoreo y A.	Zona Forestal
Zona Sin Cobertura	1.00	2.00	5.00	7.00
Zona Urbana	0.50	1.00	2.00	5.00
Zona de Pastoreo y A.	0.20	0.50	1.00	2.00
Zona Forestal	0.14	0.20	0.50	1.00
Suma	1.84	3.70	8.50	15.00
1/Suma	0.54	0.27	0.12	0.07

Fuente: Análisis Propio

Tabla 16

Matriz de normalización - parámetro cobertura actual para peligro sísmico

Cobertura Actual	Zona Sin Cobertura	Zona Urbana	Zona de Pastoreo y A.	Zona Forestal	VP
Zona Sin Cobertura	0.543	0.541	0.588	0.467	0.535
Zona Urbana	0.271	0.270	0.235	0.333	0.278
Zona de Pastoreo y A.	0.109	0.135	0.118	0.133	0.124
Zona Forestal	0.078	0.054	0.059	0.067	0.064
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Análisis Propio

Hallando el índice de consistencia (IC) y multiplicándolo por el IA para 4 elementos 0.882, dándonos como resultado:

$$IC = 0.040$$

$$RC = 0.045$$

Dichos resultado es menor que el 10% o 0.1 lo que nos indica que los criterios asignados fueron los adecuados.

d) Parámetro Geomorfología:

Como factor condicionante ante un movimiento sísmico las zonas con mayor pendiente podrían estar sometidos a deslizamientos y desprendimientos. Para la ponderación de los descriptores de este parámetro se ha utilizado una matriz de comparación de pares de 4 x 4 y se asignado valores numéricos de

acuerdo a la importancia de un descriptor respecto del otro según la escala de Saaty (ver tabla N° 04).

Teniendo en cuenta que se considera más importante el descriptor que podría generar más peligro. El orden de importancia de los descriptores es:

- Sistema antrópico: La actividad humana se emplaza por las laderas de los cerros hacia zonas altas de la microcuenca, donde el movimiento de tierras y construcción de taludes se hace común para las construcciones.
- Sistema fluvial: Son considerados terrenos inestables por la presencia de agua. Ocupan área pequeñas dentro de la microcuenca.
- Sistema volcánico: Ubicado en la parte alta de la microcuenca, se presentan en forma de escarpa y existe fragmentos de roca desprendidos, los cuales podría ceder ante un movimiento sísmico.
- Sistema montañoso: La microcuenca está ubicado en un sistema de montaña de base rocosa, la cual tiene pendientes moderadas.

Tabla 17

Matriz de comparación de pares - parámetro geomorfología para peligro sísmico

Geomorfología	Sistema Antrópico	Sistema Fluvial	Sistema Volcanico	Sistema Montañoso
Sistema Antrópico	1.00	3.00	4.00	5.00
Sistema Fluvial	0.33	1.00	3.00	4.00
Sistema Volcanico	0.20	0.33	1.00	3.00
Sistema Montañoso	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.68	4.53	8.33	13.00
1/Suma	0.60	0.22	0.12	0.08

Fuente: Análisis Propio

Tabla 18

Matriz de normalización - parámetro geomorfología para peligros sísmico

Geomorfología	Sistema Antrópico	Sistema Fluvial	Sistema Volcánico	Sistema Montañoso	VP
Sistema Antrópico	0.597	0.662	0.480	0.385	0.531
Sistema Fluvial	0.199	0.221	0.360	0.308	0.272
Sistema Volcánico	0.119	0.074	0.120	0.231	0.136

Sistema Montañoso	0.085	0.044	0.040	0.077	0.062
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Análisis Propio

Hallando el índice de consistencia (IC) y multiplicándolo por el IA para 4 elementos 0.882, dándonos como resultado:

$$IC = 0.040$$

$$RC = 0.045$$

Dichos resultado es menor que el 10% o 0.1 lo que nos indica que los criterios asignados fueron los adecuados.

3.4.12.2. Factores desencadenantes:

a) Parámetro Ubicación Geográfica:

Considerado un factor desencadenante, la asignación de valores se dio en base al mapa de zonificación sísmica según el reglamento nacional de edificaciones. Para la ponderación de los descriptores de este parámetro se ha utilizado una matriz de comparación de pares de 4 x 4 y se asignado valores numéricos de acuerdo a la importancia de un descriptor respecto del otro según la escala de Saaty (ver tabla N° 04).

La asignación de valores se dio en base al mapa de zonificación sísmica según el reglamento nacional de edificaciones, donde indica que la zona 4 presenta sismicidad muy alta, seguidamente por la zona 3 la cual presenta sismicidad alta, zona 2 y zona 1 respectivamente.

Teniendo en cuenta que se considera más importante el descriptor que podría generar más peligro. El orden de importancia de los descriptores es:

- Zona 4: presenta sismicidad muy alta.
- Zona 3: presenta sismicidad alta media, considerando que la microcuenca Llavini se encuentra en esta zona
- Zona 2: presenta sismicidad media
- Zona 1: presenta sismicidad baja

Tabla 19

Matriz de comparación de pares, parámetro ubicación geográfica, peligro sísmico

Ubicación geográfica	Zona 4	Zona 3	Zona 2	Zona 1
Zona 4	1.00	2.00	3.00	4.00
Zona 3	0.50	1.00	2.00	3.00
Zona 2	0.33	0.50	1.00	2.00
Zona 1	0.25	0.33	0.50	1.00
Suma	2.08	3.83	6.50	10.00
1/suma	0.48	0.26	0.15	0.10

Fuente: Análisis Propio

Tabla 20

Matriz de normalización, parámetro ubicación geográfica, peligro sísmico

Ubicación geográfica	Zona 4	Zona 3	Zona 2	Zona 1	VP
Zona 4	0.480	0.522	0.462	0.400	0.466
Zona 3	0.240	0.261	0.308	0.300	0.277
Zona 2	0.160	0.130	0.154	0.200	0.161
Zona 1	0.120	0.087	0.077	0.100	0.096
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Análisis Propio

Hallando el índice de consistencia (IC) y multiplicándolo por el IA para 4 elementos 0.882, dándonos como resultado:

$$IC = 0.010$$

$$RC = 0.012$$

Dichos resultado es menor que el 10% o 0.1 lo que nos indica que los criterios asignados fueron los adecuados.

b) Parámetro Fallas Existentes:

Se realiza una asignación de valores acorde a la existencia de fallas en zonas de la Microcuenca Llavini, en la cual colocamos la existencia de fallas superior a 6 como la más importante, seguidamente por la existencia de 4 a 6 fallas, 2 a 4 fallas y 2 fallas respectivamente, obteniendo los resultados mostrados a continuación.

Tabla 21

Matriz de comparación de pares, parámetro existencia de fallas, peligro sísmico

Existencia de Fallas	> 6 Fallas	>4 y <6 Fallas	>2 y <4 Fallas	< 2 Fallas
> 6 Fallas	1.00	2.00	3.00	5.00
>4 y <6 Fallas	0.50	1.00	2.00	3.00
>2 y <4 Fallas	0.33	0.50	1.00	2.00
< 2 Fallas	0.20	0.33	0.50	1.00
Suma	2.03	3.83	6.50	11.00
1/suma	0.49	0.26	0.15	0.09

Fuente: Análisis Propio

Tabla 22

Matriz de normalización, parámetro existencia de fallas, peligro sísmico

Existencia de Fallas	> 6 Fallas	>4 y <6 Fallas	>2 y <4 Fallas	< 2 Fallas	VP
> 6 Fallas	0.492	0.522	0.462	0.455	0.482
>4 y <6 Fallas	0.246	0.261	0.308	0.273	0.272
>2 y <4 Fallas	0.164	0.130	0.154	0.182	0.158
< 2 Fallas	0.098	0.087	0.077	0.091	0.088
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Análisis Propio

Hallando el índice de consistencia (IC) y multiplicándolo por el IA para 4 elementos 0.882, dándonos como resultado:

$$IC = 0.005$$

$$RC = 0.005$$

Dichos resultado es menor que el 10% o 0.1 lo que nos indica que los criterios asignados fueron los adecuados.

3.4.12.3. Parámetros de Evaluación:

Se asignaron los valores para los parámetros que determinaran el nivel de peligrosidad sísmica. Para la ponderación de los parámetros se ha utilizado una matriz de comparación de pares de 4 x 4 y se asignado valores numéricos de acuerdo a la importancia de un descriptor respecto del otro según la escala de Saaty (ver tabla N° 04).

Teniendo en cuenta que se considera más importante el descriptor que podría generar más peligro. El orden de importancia de los descriptores es:

- Geología: la composición del terreno es determinante para saber su comportamiento ante los movimientos sísmicos.
- Pendiente: la microcuenca es una zona con pendientes moderadas y suaves.
- Cobertura y uso actual de suelos: existen pocas áreas de la microcuenca sin vegetación.
- Geomorfología: las geoformas son comunes y representan una pequeña parte de la microcuenca.

Tabla 23

Matriz de comparación de pares para parámetros peligro sísmico

Parámetros	Geología	Pendiente	Cobertura	Geomorfología
Geología	1.00	2.00	3.00	4.00
Pendiente	0.50	1.00	2.00	3.00
Cobertura	0.33	0.50	1.00	2.00
Geomorfología	0.25	0.33	0.50	1.00
Suma	2.08	3.83	6.50	10.00
1/suma	0.48	0.26	0.15	0.10

Fuente: Análisis Propio

Tabla 24

Matriz de normalización – parámetros peligro sísmico

Parámetros	Geología	Pendiente	Cobertura	Geomorfología	VP
Geología	0.480	0.522	0.462	0.400	0.466
Pendiente	0.240	0.261	0.308	0.300	0.277
Cobertura	0.160	0.130	0.154	0.200	0.161
Geomorfología	0.120	0.087	0.077	0.100	0.096
Suma	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Análisis Propio

Hallando el índice de consistencia (IC) y multiplicándolo por el IA para 4 elementos 0.882, dándonos como resultado:

$$IC = 0.010$$

$$RC = 0.012$$

Dichos resultado es menor que el 10% o 0.1 lo que nos indica que los criterios asignados fueron los adecuados.

3.4.3. Análisis del Peligro por Movimientos en Masa:

3.4.3.1. Factores Condicionantes:

a) **Parámetro Pendiente:**

Como factor condicionante para los movimientos en masa, las zonas con mayor pendiente son más propensas a deslizamientos y desprendimientos. Para la ponderación de los descriptores de este parámetro se ha utilizado una matriz de comparación de pares de 4 x 4 y se asignado valores numéricos de acuerdo a la importancia de un descriptor respecto del otro según la escala de Saaty.

Teniendo en cuenta que se considera más importante el descriptor que podría generar más peligro. El orden de importancia de los descriptores es:

- Terrenos muy empinados a extremadamente empinados con pendientes mayores a 50%
- Terrenos moderadamente empinados a empinados con pendientes de 15% a 50%
- Terrenos moderadamente inclinados a fuertemente inclinados con pendientes de 4% a 15%
- Terrenos llanos, casi a nivel a ligeramente inclinados con pendientes de 0% a 4%

Tabla 25

Matriz de comparación de pares, parámetro pendiente - peligro por movimientos en masa

Pendiente	> 50%	15% - 50%	4% - 15%	0 - 4 %
> 50%	1.00	2.00	4.00	5.00
15% - 50%	0.50	1.00	2.00	4.00
4% - 15%	0.25	0.50	1.00	2.00
0 - 4 %	0.20	0.25	0.50	1.00
Suma	1.95	3.75	7.50	12.00
1/Suma	0.51	0.27	0.13	0.08

Fuente: Análisis Propio

Tabla 26

Matriz de normalización, parámetro pendiente - peligro por movimientos en masa

Pendiente	> 50%	15% - 50%	4% - 15%	0 - 4 %	VP
> 50%	0.513	0.533	0.533	0.417	0.499
15% - 50%	0.256	0.267	0.267	0.333	0.281
4% - 15%	0.128	0.133	0.133	0.167	0.140
0 - 4 %	0.103	0.067	0.067	0.083	0.080
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Análisis Propio

Hallando el índice de consistencia (IC) y multiplicándolo por el IA para 4 elementos 0.882, dándonos como resultado:

$$IC = 0.009$$

$$RC = 0.011$$

Dichos resultado es menor que el 10% o 0.1 lo que nos indica que los criterios asignados fueron los adecuados.

b) Parámetro geología:

Para la ponderación de los descriptores de este parámetro, se ha utilizado una matriz de comparación de pares de 4 x 4 y se asignado valores numéricos de acuerdo a la importancia de un descriptor respecto del otro según la escala de Saaty (ver tabla N° 04).

Teniendo en cuenta que se considera más importante el descriptor que podría generar más peligro que los demás. El orden de importancia de los descriptores de este parámetro es:

- **Cuaternario Aluvial:** Conformado por material no consolidado el cual al estar sometido a niveles de humedad o inclinaciones muy pronunciadas son más propensas a desplazarse.
- **Formación Vilquechico:** Las lutitas y limolitas en la microcuenca Llavini están con un alto nivel de meteorización, esto los hace más frágiles ante el paso del agua y el desplazamiento en pendientes considerables.

- **Formación Ayavacas:** Formada por calizas consolidadas en afloramientos rocosos de gran tamaño, lo cual hace que sea más resistente a movimientos o desplazamientos.
- **Volcánico Umayo:** rocas ígneas en forma de escarpa, abarca la parte más alta de la microcuenca, su composición hace que sea más resistente al intemperismo y a modificaciones.

Tabla 27

Matriz de comparación de pares, parámetro geología - peligro por movimientos en masa

Geología	Cuaternario Aluvial	Formación Vilquechico	Formación Ayavacas	Volcanico Umayo
Cuaternario Aluvial	1.00	2.00	3.00	5.00
Formación Vilquechico	0.50	1.00	2.00	3.00
Formación Ayavacas	0.33	0.50	1.00	2.00
volcánico Umayo	0.20	0.33	0.50	1.00
Suma	2.03	3.83	6.50	11.00
1/Suma	0.49	0.26	0.15	0.09

Fuente: Análisis Propio

Tabla 28

Matriz de normalización, parámetro geología - peligro por movimientos en masa

Geología	Cuaternario Aluvial	Formación Vilquechico	Formación Ayavacas	Volcanico Umayo	VP
Cuaternario Aluvial	0.492	0.522	0.462	0.455	0.482
Formación Vilquechico	0.246	0.261	0.308	0.273	0.272
Formación Ayavacas	0.164	0.130	0.154	0.182	0.158
Volcanico Umayo	0.098	0.087	0.077	0.091	0.088
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Análisis Propio

Hallando el índice de consistencia (IC) y multiplicándolo por el IA para 4 elementos 0.882, dándonos como resultado:

$$IC = 0.005$$

$$RC = 0.005$$

Dichos resultado es menor que el 10% o 0.1 lo que nos indica que los criterios asignados fueron los adecuados.

c) **Parámetro Suelos:**

Para la ponderación de los descriptores de este parámetro, se ha utilizado una matriz de comparación de pares de 4 x 4 y se asignado valores numéricos de acuerdo a la importancia de un descriptor respecto del otro según la escala de Saaty.

Teniendo en cuenta que se considera más importante el tipo de suelo que podría generar más peligro que los demás. El orden de importancia de los descriptores de este parámetro es:

- **Gravas:** Estos suelos pueden desplazarse con más facilidad por su tamaño cuando se ubican en pendientes considerables.
- **Arena:** Estos suelos son más finos y requieren de la presencia del agua para poder saturarse y ceder en pendientes considerables.
- **Artificial:** En la microcuenca Llavini normalmente este tipo de suelos funcionan como relleno para construir edificaciones, asimismo estas se encuentran en la parte baja de la microcuenca y está sujeta a poca pendiente.
- **Arcilla:** Este material por su plasticidad al estar saturado de agua y su comportamiento cuando está seco, es de difícil desplazamiento en pendientes moderadas, como la microcuenca Llavini.

Tabla 29

Matriz de comparación de pares, parámetro suelos - peligro por movimientos en masa

Suelos	Gravas	Arenas	Artificial	Arcillas
Gravas	1.00	2.00	3.00	4.00
Arenas	0.50	1.00	2.00	3.00
Artificial	0.33	0.50	1.00	2.00
Arcillas	0.25	0.33	0.50	1.00
Suma	2.08	3.83	6.50	10.00
1/suma	0.48	0.26	0.15	0.10

Fuente: Análisis Propio

Tabla 30

Matriz de normalización, parámetro suelos - peligro por movimientos en masa

Suelos	Gravas	Arenas	Artificial	Arcillas	VP
Gravas	0.480	0.522	0.462	0.400	0.466
Arenas	0.240	0.261	0.308	0.300	0.277
Artificial	0.160	0.130	0.154	0.200	0.161
Arcillas	0.120	0.087	0.077	0.100	0.096
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Análisis Propio

Hallando el índice de consistencia (IC) y multiplicándolo por el IA para 4 elementos 0.882, dándonos como resultado:

$$IC = 0.010$$

$$RC = 0.012$$

Dichos resultado es menor que el 10% o 0.1 lo que nos indica que los criterios asignados fueron los adecuados.

d) Parámetro Cobertura Actual de Suelos:

Como factor condicionante la cobertura de los suelos es importante para definir el funcionamiento del terreno bajo las condiciones meteorológicas. Para la ponderación de los descriptores de este parámetro se ha utilizado una matriz de comparación de pares de 4 x 4 y se asignado valores numéricos de acuerdo a la importancia de un descriptor respecto del otro según la escala de Saaty (ver tabla N° 04).

Teniendo en cuenta que se considera más importante el descriptor que podría generar más peligro. El orden de importancia de los descriptores es:

- **Zona sin cobertura:** Los suelos sin cobertura son más susceptibles a sufrir modificaciones por aspectos meteorológicos al no tener algo que los proteja y los mantenga estables.
- **Zona Urbana:** Las viviendas, carreteras y otras edificaciones no garantizan una superficie estable debido a que, por debajo de ellas podría haber flujos de agua y saturación de los suelos con agua.
- **Zona de Pastoreo y Agricultura:** Estos terrenos cuentan con cobertura vegetal sea permanente o temporal, la cual mediante sus raíces funcionan

como fijadores de suelo y a su vez evitan el desplazamiento por factores como la precipitación y pendiente.

- **Zona Forestal:** Las raíces de los árboles tienen una mayor capacidad para la fijación de los terrenos absorbiendo agua y desviando los flujos directos de agua por precipitaciones.

Tabla 31

Matriz de comparación de pares, parámetro cobertura actual - peligro por movimientos en masa

Cobertura Actual	Zona Sin Cobertura	Zona Urbana	Zona de Pastoreo y A.	Zona Forestal
Zona Sin Cobertura	1.00	2.00	5.00	7.00
Zona Urbana	0.50	1.00	2.00	5.00
Zona de Pastoreo y A.	0.20	0.50	1.00	2.00
Zona Forestal	0.14	0.20	0.50	1.00
Suma	1.84	3.70	8.50	15.00
1/Suma	0.54	0.27	0.12	0.07

Fuente: Análisis Propio

Tabla 32

Matriz de normalización, parámetro cobertura actual - peligro por movimientos en masa

Cobertura Actual	Zona Sin Cobertura	Zona Urbana	Zona de Pastoreo y A.	Zona Forestal	Peso
Zona Sin Cobertura	0.543	0.541	0.588	0.467	0.535
Zona Urbana	0.271	0.270	0.235	0.333	0.278
Zona de Pastoreo y A.	0.109	0.135	0.118	0.133	0.124
Zona Forestal	0.078	0.054	0.059	0.067	0.064
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Análisis Propio

Hallando el índice de consistencia (IC) y multiplicándolo por el IA para 4 elementos 0.882, dándonos como resultado:

$$IC = 0.008$$

$$RC = 0.009$$

Dichos resultado es menor que el 10% o 0.1 lo que nos indica que los criterios asignados fueron los adecuados.

e) **Parámetro Geomorfología:**

Como factor condicionante ante los movimientos en masa, los sistemas a los que se esté expuesto variara el nivel de susceptibilidad a desplazamientos. Para la ponderación de los descriptores de este parámetro se ha utilizado una matriz de comparación de pares de 4 x 4 y se asignado valores numéricos de acuerdo a la importancia de un descriptor respecto del otro según la escala de Saaty (ver tabla N° 04).

Teniendo en cuenta que se considera más importante el descriptor que podría generar más peligro. El orden de importancia de los descriptores son:

- **Sistema Antrópico:** La actividad humana se emplaza por las laderas de los cerros hacia zonas altas de la microcuenca, donde el movimiento de tierras y construcción de taludes se hace común para las construcciones.
- **Sistema Fluvial:** Son considerados terrenos inestables por la presencia de agua. Ocupan área pequeñas dentro de la microcuenca, estas abarcan una pequeña extensión dentro de la microcuenca.
- **Sistema Volcánico:** Ubicado en la parte alta de la microcuenca, se presentan en forma de escarpa y existe fragmentos de roca desprendidos, los cuales podría ceder ante un movimiento sísmico.
- **Sistema Montañoso:** La microcuenca está ubicado en un sistema de montaña de base rocosa, la cual tiene pendientes moderadas.

Tabla 33

Matriz de comparación de pares, parámetro geomorfología - peligro por movimientos en masa

Geomorfología	Sistema Antrópico	Sistema Fluvial	Sistema volcánico	Sistema Montañoso
Sistema Antrópico	1.00	3.00	4.00	5.00
Sistema Fluvial	0.33	1.00	3.00	4.00
Sistema volcánico	0.20	0.33	1.00	3.00
Sistema Montañoso	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.68	4.53	8.33	13.00
1/Suma	0.60	0.22	0.12	0.08

Fuente: Análisis Propio

Tabla 34

Matriz de normalización, parámetro geomorfología - peligro por movimientos en masa

Geomorfología	Sistema Antrópico	Sistema Fluvial	Sistema Volcanico	Sistema Montañoso	Peso
Sistema Antrópico	0.597	0.662	0.480	0.385	0.531
Sistema Fluvial	0.199	0.221	0.360	0.308	0.272
Sistema Volcanico	0.119	0.074	0.120	0.231	0.136
Sistema Montañoso	0.085	0.044	0.040	0.077	0.062
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Análisis Propio

Hallando el índice de consistencia (IC) y multiplicándolo por el IA para 4 elementos 0.882, dándonos como resultado:

$$IC = 0.040$$

$$RC = 0.045$$

Dichos resultado es menor que el 10% o 0.1 lo que nos indica que los criterios asignados fueron los adecuados.

3.4.3.2. Factores Desencadenantes:

a) Parámetro Precipitación:

Para la ponderación de los descriptores de este parámetro se ha utilizado una matriz de comparación de pares de 4 x 4 y se asignado valores numéricos de acuerdo a la importancia de un descriptor respecto del otro según la escala de Saaty (ver tabla N° 04).

Teniendo en cuenta que se considera más importante el descriptor que podría generar más peligro. El orden de importancia de los descriptores son: las precipitaciones torrenciales, precipitaciones muy fuertes, precipitaciones fuertes y precipitaciones moderadas a débiles.

Tabla 35

Matriz de comparación de pares, parámetro precipitación - peligro por movimientos en masa

Precipitación	Torrenciales >60 mm	Muy fuertes >30 y <60 mm	Fuertes >15 y <30 mm	Moderadas a Débiles <15 mm
Torrenciales >60 mm	1.00	2.00	3.00	4.00
Muy fuertes >30 y <60 mm	0.50	1.00	2.00	3.00
Fuertes >15 y <30 mm	0.33	0.50	1.00	2.00
Moderadas a Débiles <15 mm	0.25	0.33	0.50	1.00
Suma	2.08	3.83	6.50	10.00
1/Suma	0.48	0.26	0.15	0.10

Fuente: Análisis Propio

Tabla 36

Matriz de normalización, parámetro precipitación - peligro por movimientos en masa

Precipitación	Torrenciales >60 mm	Muy fuertes >30 y <60 mm	Fuertes >15 y <30 mm	Moderadas a Débiles <15 mm	VP
Torrenciales >60 mm	0.480	0.522	0.462	0.400	0.466
Muy fuertes >30 y <60 mm	0.240	0.261	0.308	0.300	0.277
Fuertes >15 y <30 mm	0.160	0.130	0.154	0.200	0.161
Moderadas a Débiles <15 mm	0.120	0.087	0.077	0.100	0.096
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Análisis Propio

Hallando el índice de consistencia (IC) y multiplicándolo por el IA para 4 elementos 0.882, dándonos como resultado:

$$IC = 0.010$$

$$RC = 0.012$$

Dichos resultado es menor que el 10% o 0.1 lo que nos indica que los criterios asignados fueron los adecuados.

b) **Parámetro Actividad Humana:**

Como un factor desencadenante la actividad del hombre es muy determinante para dar paso a los movimientos en masa, Para la ponderación de los descriptores de este parámetro se ha utilizado una matriz de comparación de pares de 4 x 4 y se asignado valores numéricos de acuerdo a la importancia de un descriptor respecto del otro según la escala de Saaty (ver tabla N° 04).

Teniendo en cuenta que se considera más importante el descriptor que podría generar más peligro. El orden de importancia de los descriptores son:

- **Corte de Talud:** La construcción de viviendas en laderas de los cerros con pendiente considerable, necesitan la elaboración de taludes para nivelar el terreno previa construcción de las viviendas.
- **Construcción de Viviendas:** La construcción de viviendas genera movimiento de tierras, afectando la calidad del suelo y su estabilidad.
- **Deforestación:** La tala de árboles con fines agrícolas o de construcción, remueven la cobertura del suelo, exponiéndolo a condiciones meteorológicas y causando su inestabilidad.
- **Actividad Agrícola:** con fines de cultivo se realiza remoción de cobertura vegetal, quitándole así al suelo un fijador permanente.

Tabla 37

Matriz de comparación de pares, parámetro actividad humana - peligro por movimientos en masa

Actividad Humana	Corte de Talud	Construcción de Vivienda	Deforestación	Actividad Agrícola
Corte de Talud	1.00	2.00	5.00	7.00
Construcción de Vivienda	0.50	1.00	2.00	5.00
Deforestación	0.20	0.50	1.00	2.00
Actividad Agrícola	0.14	0.20	0.50	1.00
Suma	1.84	3.70	8.50	15.00
1/Suma	0.54	0.27	0.12	0.07

Fuente: Análisis Propio

Tabla 38

Matriz de normalización, parámetro actividad humana - peligro por movimientos en masa

Actividad Humana	Corte de Talud	Construcción de Vivienda	Deforestación	Actividad Agrícola	VP
Corte de Talud	0.543	0.541	0.588	0.467	0.535
Construcción de Vivienda	0.271	0.270	0.235	0.333	0.278
Deforestación	0.109	0.135	0.118	0.133	0.124
Actividad Agrícola	0.078	0.054	0.059	0.067	0.064
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Análisis Propio

Hallando el índice de consistencia (IC) y multiplicándolo por el IA para 4 elementos 0.882, dándonos como resultado:

$$IC = 0.008$$

$$RC = 0.009$$

Dichos resultado es menor que el 10% o 0.1 lo que nos indica que los criterios asignados fueron los adecuados.

3.4.3.3. Parámetros de Evaluación:

Se asignaron los valores para los parámetros que determinarían el nivel de peligrosidad sísmica. Para la ponderación de los parámetros se ha utilizado una matriz de comparación de pares de 5 x 5 y se asignado valores numéricos de acuerdo a la importancia de un descriptor respecto del otro según la escala de Saaty (ver tabla N° 04).

Teniendo en cuenta que se considera más importante el descriptor que podría generar más peligro. El orden de importancia de los descriptores son:

- **Pendiente:** Es el parámetro de mayor prioridad que responde al desplazamiento natural de material por la gravedad.
- **Geología:** La litología hace que el terreno se comporte de distintas maneras de acuerdo a su exposición al agua y a la pendiente.

- **Suelos:** Los suelos al no estar consolidados son de fácil remoción por agente como el agua y la pendiente, estos se encuentran en gran parte en las zonas bajas de la microcuenca.
- **Cobertura y uso de tierras:** Sumado con la pendiente y la calidad del suelo, podría ser un factor determinante para los movimientos de masas.
- **Geomorfología:** La microcuenca se ubica en un sistema de montañas, teniendo poca extensión los valles, bofedales y escarpas.

Tabla 39

Matriz de comparaciones de pares, parámetros - peligro por movimientos en masa

Parámetros	Pendiente	Geología	Suelos	Cobertura	Geomorfología
Pendiente	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
Geología	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
Suelos	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Cobertura	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
Geomorfología	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00
Suma	2.28	4.08	6.83	10.50	15.00
1/suma	0.438	0.245	0.146	0.095	0.067

Fuente: Análisis Propio

Tabla 40

Matriz de normalización, parámetros - peligro por movimientos en masa

Parámetros	Pendiente	Geología	Suelos	Cobertura	Geomorfología	Peso
Pendiente	0.44	0.49	0.44	0.38	0.33	0.416
Geología	0.22	0.24	0.29	0.29	0.27	0.262
Suelos	0.15	0.12	0.15	0.19	0.20	0.161
Cobertura	0.11	0.08	0.07	0.10	0.13	0.099
Geomorfología	0.09	0.06	0.05	0.05	0.07	0.062
Suma	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.000

Fuente: Análisis Propio

Hallando el índice de consistencia (IC) y multiplicándolo por el IA para 4 elementos 0.882, dándonos como resultado:

$$IC = 0.017$$

$$RC = 0.016$$

Dicho resultado es menor que el 10% o 0.1 lo que nos indica que los criterios asignados fueron los adecuados.

3.4.4. Análisis del Peligro por Inundación Fluvial

4.3.1.1. Factores Condicionantes.

a) Parámetro Pendiente.

Principal factor condicionante para el peligro por inundaciones, en las zonas con baja pendiente, la cual dispone la acumulación de aguas pluviales. Para la ponderación de los descriptores de este parámetro se ha utilizado una matriz de comparación de pares de 4 x 4 y se asignado valores numéricos de acuerdo a la importancia de un descriptor respecto del otro según la escala de Saaty (ver tabla N° 04).

Teniendo en cuenta que se considera más importante el descriptor que podría generar más peligro. El orden de importancia de los descriptores es:

- Terrenos llanos, casi a nivel a ligeramente inclinados con pendientes de 0% a 4%
- Terrenos moderadamente inclinados a fuertemente inclinados con pendientes de 4% a 15%
- Terrenos moderadamente empinados a empinados con pendientes de 15% a 50%
- Terrenos muy empinados a extremadamente empinados con pendientes mayores a 50%

Tabla 41

Matriz de comparación de pares, parámetros pendiente - peligro por inundaciones

Pendiente	0 - 4 %	4% - 15%	15% - 50%	> 50%
0 - 4 %	1.00	2.00	4.00	5.00
4% - 15%	0.50	1.00	2.00	4.00
15% - 50%	0.25	0.50	1.00	2.00
> 50%	0.20	0.25	0.50	1.00
Suma	1.95	3.75	7.50	12.00
1/Suma	0.51	0.27	0.13	0.08

Fuente: Análisis Propio

Tabla 42

Matriz de normalización, parámetro pendiente - peligro por inundaciones

Pendiente	0 - 4 %	4% - 15%	15% - 50%	> 50%	VP
0 - 4 %	0.513	0.533	0.533	0.417	0.499
4% - 15%	0.256	0.267	0.267	0.333	0.281
15% - 50%	0.128	0.133	0.133	0.167	0.140
> 50%	0.103	0.067	0.067	0.083	0.080
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Análisis Propio

Hallando el índice de consistencia (IC) y multiplicándolo por el IA para 4 elementos 0.882, dándonos como resultado:

$$IC = 0.009$$

$$RC = 0.011$$

b) Parámetro Geomorfología:

Como factor condicionante ante las inundaciones, es de menor influencia que la pendiente, pero incluye el sistema fluvial que fluye hacia la parte baja de la microcuenca. Para la ponderación de los descriptores de este parámetro se ha utilizado una matriz de comparación de pares de 4 x 4 y se asignado valores numéricos de acuerdo a la importancia de un descriptor respecto del otro según la escala de Saaty (ver tabla N° 04).

Teniendo en cuenta que se considera más importante el descriptor que podría generar más peligro. El orden de importancia de los descriptores son:

- **Sistema Fluvial:** Áreas por donde se va desplazar el agua, en este caso los valles direccionaran la escorrentía superficial a hacia las zonas más bajas. Saturando los drenajes y riachuelos.
- **Sistema Antrópico:** En este caso las calles, drenajes en este caso cunetas, canales, los cuales al ser rebasados en capacidad ocasionaran que este material discurra sobre la vía.
- **Sistema Montañoso:** Este factor influye en las acumulaciones en la parte baja del mismo.

- **Sistema Volcánico:** Conformado por material ígneo y estar ubicado en la zona alta de la microcuenca, se considera de menor importancia.

Tabla 43

Matriz de comparación de pares, parámetro geomorfología - peligro por inundaciones

Geomorfología	Sistema Fluvial	Sistema Antrópico	Sistema Montañoso	Sistema Volcanico
Sistema Fluvial	1.00	3.00	4.00	5.00
Sistema Antrópico	0.33	1.00	3.00	4.00
Sistema Montañoso	0.20	0.33	1.00	3.00
Sistema Volcanico	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.68	4.53	8.33	13.00
1/Suma	0.60	0.22	0.12	0.08

Fuente: Análisis Propio

Tabla 44

Matriz de normalización, parámetro geomorfología - peligro por inundaciones

Geomorfología	Sistema Fluvial	Sistema Antrópico	Sistema Montañoso	Sistema volcánico	Peso
Sistema Fluvial	0.597	0.662	0.480	0.385	0.531
Sistema Antrópico	0.199	0.221	0.360	0.308	0.272
Sistema Montañoso	0.119	0.074	0.120	0.231	0.136
Sistema volcánico	0.085	0.044	0.040	0.077	0.062
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Análisis Propio

Hallando el índice de consistencia (IC) y multiplicándolo por el IA para 4 elementos 0.882, dándonos como resultado:

$$IC = 0.040$$

$$RC = 0.045$$

Dichos resultado es menor que el 10% o 0.1 lo que nos indica que los criterios asignados fueron los adecuados.

c) **Parámetro Geología:**

Para la ponderación de los descriptores de este parámetro se consideró la permeabilidad de los descriptores, para ello se ha utilizado una matriz de comparación de pares de 4 x 4 y se asignado valores numéricos de acuerdo a la

importancia de un descriptor respecto del otro según la escala de Saaty (ver tabla N° 04).

Teniendo en cuenta que se considera más importante el descriptor que podría generar más peligro que los demás. El orden de importancia de los descriptores de este parámetro es:

- **Volcánico Umayo:** Rocas ígneas en forma de escarpa, que por su origen es menos permeable, reteniendo más agua.
- **Formación Ayavacas:** Formación rocosa consolidada de poca permeabilidad.
- **Formación Vilquechico:** Conformada por areniscas, lutitas y limolitas, las cuales son consideradas más permeables.
- **Cuaternario Aluvial:** Materiales no consolidados formado por diferentes suelos, logran retener en si agua siendo más permeable que las anteriores.

Tabla 45

Matriz de comparación de pares, parámetro geología - peligro por inundaciones

Geología	Volcanico Umayo	Formación Ayavacas	Formación Vilquechico	Cuaternario Aluvial
Volcanico Umayo	1.00	2.00	3.00	5.00
Formación Ayavacas	0.50	1.00	2.00	3.00
Formación Vilquechico	0.33	0.50	1.00	2.00
Cuaternario Aluvial	0.20	0.33	0.50	1.00
Suma	2.03	3.83	6.50	11.00
1/Suma	0.49	0.26	0.15	0.09

Fuente: Análisis Propio

Tabla 46

Matriz de normalización, parámetro geología - peligro por inundaciones

Geología	Volcanico Umayo	Formación Ayavacas	Formación Vilquechico	Cuaternario Aluvial	Peso
Volcanico Umayo	0.492	0.522	0.462	0.455	0.482
Formación Ayavacas	0.246	0.261	0.308	0.273	0.272
Formación Vilquechico	0.164	0.130	0.154	0.182	0.158
Cuaternario Aluvial	0.098	0.087	0.077	0.091	0.088
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Análisis Propio

Hallando el índice de consistencia (IC) y multiplicándolo por el IA para 4 elementos 0.882, dándonos como resultado:

$$IC = 0.005$$

$$RC = 0.005$$

Dichos resultado es menor que el 10% o 0.1 lo que nos indica que los criterios asignados fueron los adecuados.

4.3.1.2. Factores Desencadenantes:

a) Parámetro Precipitación:

Para la ponderación de los descriptores de este parámetro se ha utilizado una matriz de comparación de pares de 4 x 4 y se asignado valores numéricos de acuerdo a la importancia de un descriptor respecto del otro según la escala de Saaty (ver tabla N° 04).

Teniendo en cuenta que se considera más importante el descriptor que podría generar más peligro. El orden de importancia de los descriptores son: las precipitaciones torrenciales, precipitaciones muy fuertes, precipitaciones fuertes y precipitaciones moderadas a débiles.

Tabla 47

Matriz de comparación de pares, parámetro precipitación - peligro por inundaciones

Precipitación	Torrenciales >60 mm	Muy fuertes >30 y <60 mm	Fuertes >15 y <30 mm	Moderadas a Débiles <15 mm
Torrenciales >60 mm	1.00	2.00	3.00	4.00
Muy fuertes >30 y <60 mm	0.50	1.00	2.00	3.00
Fuertes >15 y <30 mm	0.33	0.50	1.00	2.00
Moderadas a Débiles <15 mm	0.25	0.33	0.50	1.00
Suma	2.08	3.83	6.50	10.00
1/Suma	0.48	0.26	0.15	0.10

Fuente: Análisis Propio

Tabla 48*Matriz de normalización, parámetro precipitación - peligro por inundaciones*

Precipitación	Torrenciales >60 mm	Muy fuertes >30 y <60 mm	Fuertes >15 y <30 mm	Moderadas a Débiles <15 mm	Peso
Torrenciales >60 mm	0.480	0.522	0.462	0.400	0.466
Muy fuertes >30 y <60 mm	0.240	0.261	0.308	0.300	0.277
Fuertes >15 y <30 mm	0.160	0.130	0.154	0.200	0.161
Moderadas a Débiles <15 mm	0.120	0.087	0.077	0.100	0.096
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Análisis Propio

Hallando el índice de consistencia (IC) y multiplicándolo por el IA para 4 elementos 0.882, dándonos como resultado:

$$IC = 0.010$$

$$RC = 0.012$$

Dichos resultado es menor que el 10% o 0.1 lo que nos indica que los criterios asignados fueron los adecuados.

4.3.1.3. Parámetros de Evaluación:

Se asignaron los valores para los parámetros que determinaran el nivel de peligrosidad sísmica. Para la ponderación de los parámetros se ha utilizado una matriz de comparación de pares de 3 x 3 y se asignado valores numéricos de acuerdo a la importancia de un descriptor respecto del otro según la escala de Saaty (ver tabla N° 04).

Teniendo en cuenta que se considera más importante el descriptor que podría generar más peligro. El orden de importancia de los descriptores es:

- **Pendiente:** El parámetro de mayor prioridad que responde a la acumulación de aguas en las zonas con menor pendiente.
- **Geomorfología:** El sistema fluvial es por donde fluye el agua desde las zonas altas de la microcuenca.

- **Geología:** La litología hace que el terreno se comporte de distintas maneras de acuerdo a la permeabilidad, su exposición al agua y a la pendiente.

Tabla 49

Matriz de comparación de pares, parámetros - peligro por inundaciones

Parámetros	Pendiente	Geomorfología	Geología
Pendiente	1.00	2.00	3.00
Geomorfología	0.50	1.00	2.00
Geología	0.33	0.50	1.00
Suma	1.83	3.50	6.00
1/suma	0.545	0.286	0.167

Fuente: Análisis Propio

Tabla 50

Matriz de normalización, parámetros - peligro por inundaciones

Parámetros	Pendiente	Geomorfología	Geología	Peso
Pendiente	0.545	0.571	0.500	0.539
Geomorfología	0.273	0.286	0.333	0.297
Geología	0.182	0.143	0.167	0.164
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Análisis Propio

Hallando el índice de consistencia (IC) y multiplicándolo por el IA para 4 elementos 0.882, dándonos como resultado:

$$IC = 0.005$$

$$RC = 0.009$$

Dichos resultado es menor que el 10% o 0.1 lo que nos indica que los criterios asignados fueron los adecuados.

3.4.5. Niveles de Peligrosidad:

Realizado obtenidos los pesos ponderados de los parámetros en función de los factores condicionantes, factores desencadenantes y parámetros definidos, se procede a calcular los niveles de peligrosidad con una formula general:

$$\sum_{i=1}^n Factor_i \times Descriptor = Valor$$

Como ejemplo determinamos los niveles de peligrosidad para el peligro sísmico, el cual considera los siguientes factores condicionantes y factores desencadenantes, ya con sus pesos ponderados correspondientes.

Tabla 51

Calculo de peso o vector priorización para los factores condicionantes – peligro sísmico

FACTORES CONDICIONANTES								
Geología		Pendiente		Cobertura		Geomorfología		Peso
Par.	Desc.	Par.	Desc.	Par.	Desc.	Par.	Desc.	
0.466	0.482	0.277	0.499	0.161	0.535	0.096	0.531	0.500
0.466	0.272	0.277	0.281	0.161	0.278	0.096	0.272	0.275
0.466	0.158	0.277	0.14	0.161	0.124	0.096	0.136	0.145
0.466	0.088	0.277	0.08	0.161	0.064	0.096	0.062	0.079

Fuente: Análisis Propio

Tabla 52

Calculo de peso o vector priorización para factores desencadenantes - peligro sísmico

FACTORES DESENCADENANTES				
Ubicación		Fallas		Valor
Parámetro	Descriptor	Parámetro	Descriptor	
0.5	0.466	0.5	0.482	0.474
0.5	0.277	0.5	0.272	0.275
0.5	0.161	0.5	0.158	0.160
0.5	0.096	0.5	0.088	0.092

Fuente: Análisis Propio

Una vez ya con los pesos obtenidos de ambos factores aplicamos la formula mostrada anteriormente y obtenemos el valor o peso de la peligrosidad del riesgo sísmico:

Tabla 53

Calculo valor de peligrosidad para peligro sísmico

VALOR PELIGROSIDAD				
F. Condicionantes		F. Desencadenantes		Valor
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.500	0.5	0.474	0.5	0.487
0.275	0.5	0.275	0.5	0.275
0.145	0.5	0.160	0.5	0.152
0.079	0.5	0.092	0.5	0.086

Fuente: Análisis Propio

Una vez aplicada la formula y obtenidos los pesos o valores de peligrosidad para el riesgos sísmico, clasificamos en rangos y niveles los valores, considerando que a mayor peso o valor habrá mayor nivel de peligro, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 54

Clasificación de rangos y de niveles de peligrosidad para peligro sísmico

RANGOS DE PELIGRO	NIVELES DE PELIGRO
$0.275 < R \leq 0.487$	Muy Alto
$0.152 < R \leq 0.275$	Alto
$0.086 < R \leq 0.152$	Medio
$R < 0.086$	Bajo

Fuente: Análisis Propio

3.4.6. Estratificación de los Niveles de Peligrosidad:

En una tabla de dos columnas se coloca la descripción y el nivel de peligrosidad, donde se especifica los parámetros y las características para cada nivel de peligrosidad en función a las características de cada parámetro, utilizadas desde el inicio de la valoración por el método de Saaty. Ver tablas 108; 110 y 112

3.4.7. Elaboración de Mapa de Peligrosidad:

En función a los niveles de peligro ya determinados y los pesos ya asignados se procedió a seleccionar los parámetros incluidos en nivel de muy alto peligro, y se les asigno un color rojo a estos parámetros, lo mismo se realizó con los de alto peligro asignándole color anaranjado, los de peligro medio se les asigno el color amarillo y por ultimo a los de bajo peligro se les asigno el color verde, siendo este plasmado para cada uno de los parámetros en el mapa de peligrosidad. Ver figura 34

3.4.8. Análisis de Vulnerabilidad;

3.4.12.1. Análisis de Elementos Expuestos, Social, Económico y Ambiental:

Para el análisis de los elementos expuestos susceptibles tanto social, económico y ambiental, se tomara como referencia el peligro evaluado, en este caso los peligros por actividad sísmica, peligros por movimientos en masa y peligros por inundaciones. Asimismo se utilizó los mismos datos de elementos

expuestos para dichos peligros, ya que se trata de la misma área a evaluar, en este caso la microcuenca Llavini.

Para ellos se utilizó datos obtenidos desde la plataforma SIGRID, EMSA Puno, Electro Puno, INEI y encuestas de algunos datos que se consideraron necesarios para una mejor evaluación de los riesgos. Para lo cual los presentamos cuadros predefinidos por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, mostrados en su Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales V2.

3.4.12.2. Análisis de Dimensión Social:

a) Exposición Social:

Considera los parámetros de grupo etario, servicios de educación expuestos, dado que son solo dos dentro del área de estudio, estas tablas se utilizaron ya con el peso o valor obtenido mediante el método multicriterio en base al manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales V2 (CENEPRED, 2014) las mismas que se muestran a continuación.

Se divide la población por grupos de edades considerando como población más vulnerable antes los peligros a las personas menores de 14 años y mayores de 65 años, y el porcentaje del servicio educativo expuesto al peligro que puede existir, siendo mayor al 75% el de más peso por consecuencia el más vulnerable.

Tabla 55

División de la población por grupo etario y asignación de peso ponderado

Parámetro	Grupo Etario	Peso
Descriptor	De 0 a 5 años y mayor a 65 años	0.558
	De 5 a 12 años y de 60 a 65 años	0.263
	De 12 a 15 años y de 50 a 60 años	0.134
	De 15 a 30 años	0.068
	De 30 a 50 años	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

Tabla 56

Porcentaje de los servicios educativos expuestos y asignación de peso ponderado

Parámetro	Servicios educativos expuestos	Peso
Descriptor	> a 75% del servicio educativo expuesto	0.558
	≤ 75% y > 50% del servicio educativo expuesto	0.263
	≤ 50% y > 25% del servicio educativo expuesto	0.134
	≤ 25% y > 10% del servicio educativo expuesto	0.068
	< 10% del servicio educativo expuesto	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

b) Fragilidad Social:

Consideramos dentro de fragilidad social, a los parámetros de material de construcción, estado de conservación, antigüedad y elevación de las edificaciones, dichos parámetros se basan a un Método Multicriterio general y se adapta del CENEPRED para la microcuenca Llavini.

Tabla 57

Clasificación por material de construcción de la edificación y asignación de peso

Parámetro	Material de construcción de la edificación	Peso
Descriptor	Estera/cartón	0.558
	Madera	0.263
	Quincha (caña con barro)	0.134
	Adobe o tapia	0.068
	Ladrillo o bloque de cemento	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

Tabla 58

Clasificación por estado de conservación de la edificación y asignación de peso

Parámetro	Estado de conservación de la edificación	Peso
Descriptor	Muy malo	0.558
	Malo	0.263
	Regular	0.134
	Bueno	0.068
	Muy bueno	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

Tabla 59*Clasificación por antigüedad de la edificación y asignación de peso*

Parámetro	Antigüedad de la construcción de la edificación	Peso
Descriptor	De 40 a 50 años	0.558
	De 30 a 40 años	0.263
	De 20 años a 30 años	0.134
	De 10 años a 20 años	0.068
	De 5 años a 10 años	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

Tabla 60*Clasificación por elevación de las edificaciones y asignación de peso ponderado*

Parámetro	Configuración de la elevación de las edificaciones	Peso
Descriptor	5 pisos a mas	0.558
	4 pisos	0.263
	3 pisos	0.134
	2 pisos	0.068
	1 piso	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

c) Resiliencia Social

Los parámetros sobre resiliencia fueron considerados la capacitación, el conocimiento, la actitud y las campañas sobre los temas en gestión del riesgo de desastre, dichos parámetros se basan a un Método Multicriterio general y se adapta del CENEPRED para la microcuenca Llavini.

Tabla 61*Capacitación de la población en temas de gestión del riesgo de desastres*

Parámetro	Capacitación en temas de Gestión del Riesgo	Peso
Descriptor	La totalidad de la población no cuenta ni desarrolla ningún tipo de capacitación	0.558
	La población esta escasamente capacitada sobre el tema	0.263
	La población se capacita con regular frecuencia sobre el tema	0.134
	La población se capacita constantemente sobre el tema	0.068
	La población se capacita constantemente sobre el tema, incluso participando activamente en simulacros y otros	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

Tabla 62

Conocimiento de la población sobre ocurrencia pasada de desastres naturales y peso.

Parámetro	Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de desastres	Peso
Descriptor	Toda la población desconoce sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.558
	Escaso conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.263
	Regular conocimiento de la población sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.134
	Mayoría de la población conoce sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.068
	Toda la población conoce sobre las causas y consecuencias de los desastres	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

Tabla 63

Actitud de la población frente al riesgo de desastres

Parámetro	Actitud frente al Riesgo	Peso
Descriptor	Actitud, fatalista, conformista y con desidia de la mayoría de la población	0.558
	Actitud escasamente previsoras de la mayoría de la población	0.263
	Actitud parcialmente previsoras de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo, sin implementación de medidas para prevenir el riesgo	0.134
	Actitud parcialmente previsoras de la mayoría de la población, asumiendo el riesgo e implementando escasas medidas para prevenir el riesgo	0.068
	Actitud previsoras de toda la población, implementando diversas medidas para prevenir el riesgo	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

Tabla 64*Existencia de campañas de difusión sobre gestión del riesgo de desastre*

Parámetro	Campañas de difusión sobre el riesgo de desastres	Peso
Descriptor	No hay difusión en diversos medios de comunicación, para la población local	0.558
	Escasa difusión en diversos medios de comunicación, existiendo el conocimiento de la mayoría de la población	0.263
	Difusión masiva y poco frecuente en diversos medios de comunicación, existiendo el conocimiento de un gran sector de la población	0.134
	Difusión masiva y frecuente en diversos medios de comunicación, existiendo el conocimiento total de la población	0.068
	Difusión masiva y frecuente en diversos medios de comunicación, existiendo el conocimiento y participación total de la población	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

3.4.12.3. Análisis de Dimensión Económica:**a) Exposición Económica:**

Para la exposición se consideró la localización de la edificación, el porcentaje de exposición de los servicios de agua, electricidad, combustible o gas y la exposición de área de agricultura, dichos parámetros se basan a un Método Multicriterio general y se adapta del CENEPRED para la microcuenca Llavini.

Tabla 65*Clasificación por ubicación de la edificación con respecto al peligro*

Parámetro	Localización de la edificación	Peso
Descriptor	Muy cercana de 0 km a 0.2 km	0.558
	Cercana de 0.2 km a 1 km	0.263
	Medianamente cerca de 1 km a 3 km	0.134
	Alejada de 3 km a 5 km	0.068
	Muy alejada >5km	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

Tabla 66

Clasificación por exposición del servicio de agua potable y saneamiento respecto al peligro

Parámetro	Servicio básico de agua potable y saneamiento	Peso
Descriptor	> a 75% del servicio expuesto	0.558
	$\leq 75\%$ y $> 50\%$ del servicio expuesto	0.263
	$\leq 50\%$ y $> 25\%$ del servicio expuesto	0.134
	$\leq 25\%$ y $> 10\%$ del servicio expuesto	0.068
	$\leq 10\%$ del servicio expuesto	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

Tabla 67

Clasificación por exposición del servicio de energía eléctrica respecto al peligro

Parámetro	Servicio de energía eléctrica	Peso
Descriptor	> a 75% del servicio expuesto	0.558
	$\leq 75\%$ y $> 50\%$ del servicio expuesto	0.263
	$\leq 50\%$ y $> 25\%$ del servicio expuesto	0.134
	$\leq 25\%$ y $> 10\%$ del servicio expuesto	0.068
	$\leq 10\%$ del servicio expuesto	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

Tabla 68

Clasificación por exposición de servicio de distribución de combustible y gas respecto al peligro

Parámetro	Servicio de empresas de distribución de combustible y gas	Peso
Descriptor	> a 75% del servicio expuesto	0.558
	$\leq 75\%$ y $> 50\%$ del servicio expuesto	0.263
	$\leq 50\%$ y $> 25\%$ del servicio expuesto	0.134
	$\leq 25\%$ y $> 10\%$ del servicio expuesto	0.068
	$\leq 10\%$ del servicio expuesto	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

Tabla 69

Clasificación por exposición de las áreas agrícolas respecto al peligro

Parámetro	Área agrícola	Peso
Descriptor	> a 75% del servicio expuesto	0.558
	$\leq 75\%$ y $> 50\%$ del servicio expuesto	0.263
	$\leq 50\%$ y $> 25\%$ del servicio expuesto	0.134
	$\leq 25\%$ y $> 10\%$ del servicio expuesto	0.068
	$\leq 10\%$ del servicio expuesto	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

b) Fragilidad Económica:

Los parámetros sobre fragilidad económica fueron considerados el material de construcción, estado de conservación, antigüedad y elevación de las edificaciones, dichos parámetros se basan a un Método Multicriterio general y se adapta del CENEPRED para la microcuenca Llavini.

Tabla 70

Clasificación de acuerdo al material de construcción de la edificación

Parámetro	Material de construcción de la edificación	Peso
Descriptor	Estera/cartón	0.558
	Madera	0.263
	Quincha (caña con barro)	0.134
	Adobe o tapia	0.068
	Ladrillo o bloque de cemento	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

Tabla 71

Clasificación por estado de conservación de la edificación

Parámetro	Estado de conservación de la edificación	Peso
Descriptor	Muy malo	0.558
	Malo	0.263
	Regular	0.134
	Bueno	0.068
	Muy bueno	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

Tabla 72

Clasificación de acuerdo a la antigüedad de construcción de la edificación

Parámetro	Antigüedad de la construcción de la edificación	Peso
Descriptor	De 40 a 50 años	0.558
	De 30 a 40 años	0.263
	De 20 años a 30 años	0.134
	De 10 años a 20 años	0.068
	De 5 años a 10 años	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

Tabla 73*Clasificación de acuerdo a la elevación de las edificaciones*

Parámetro	Configuración de la elevación de las edificaciones	Peso
Descriptor	5 pisos a mas	0.558
	4 pisos	0.263
	3 pisos	0.134
	2 pisos	0.068
	1 piso	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

c) Resiliencia Económica:

Para la resiliencia se consideró la población económica activa, la organización y la capacidad institucional, dichos parámetros se basan a un Método Multicriterio general y se adapta del CENEPRED para la microcuenca Llavini.

Tabla 74*Clasificación de acuerdo a la población económicamente activa*

Parámetro	Población económicamente activa	Peso
Descriptor	Población con serias limitaciones socioeconómicas	0.558
	Población con limitaciones socioeconómicas	0.263
	Población con regulares posibilidades socioeconómicas	0.134
	Población con posibilidades socioeconómicas	0.068
	Población con alta posibilidad socioeconómica	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

Tabla 75*Clasificación de acuerdo a la organización y capacidad institucional de gestión*

Parámetro	Organización y capacidad institucional	Peso
Descriptor	Las organizaciones institucionales, gubernamentales locales y regionales presentan gran deficiencia y desaprobación en su gestión.	0.558
	Las organizaciones institucionales, gubernamentales locales y regionales presentan poca efectividad durante la gestión.	0.263
	Las organizaciones institucionales, gubernamentales locales y regionales presentan índices de efectividad.	0.134
	Las organizaciones institucionales, gubernamentales locales y regionales presentan índices interesantes de eficiencia durante la gestión	0.068
	Las organizaciones institucionales, gubernamentales locales y regionales presentan índices altos de eficiencia durante la gestión	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

3.4.12.4. Análisis de Dimensión Ambiental:

a) Exposición ambiental:

Para la exposición ambiental se consideró la deforestación y la pérdida de suelos, dichos parámetros se basan a un Método Multicriterio general y se adapta del CENEPRED para la microcuenca Llavini.

Tabla 76

Clasificación de acuerdo al nivel de deforestación del área de estudio

parámetro	Deforestación	Peso
Descriptor	Áreas sin vegetación donde se construyen edificaciones	0.558
	Áreas destinadas a la agricultura	0.263
	Áreas destinadas para el pastoreo	0.134
	Áreas con árboles	0.068
	Bosques	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

Tabla 77

Clasificación de acuerdo a la pérdida de suelos en el área de estudio

Parámetro	Pérdida de suelos	Peso
Descriptor	Erosión provocada por lluvias, pendientes pronunciadas	0.558
	Deforestación por expansión urbana agravada	0.263
	Protección inadecuada en los márgenes de corrientes de agua	0.134
	Longitud de la pendiente de un suelo	0.068
	Factor cultivo, ocasiona pérdidas por desertificación	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

b) Fragilidad ambiental:

Para la fragilidad ambiental se consideró la explotación de recursos naturales dicho parámetro se basa a un Método Multicriterio general y se adapta del CENEPRED para la microcuenca Llavini.

Tabla 78*Clasificación por explotación de recursos naturales*

Parámetro	Explotación de recursos naturales	Peso
Descriptor	Prácticas negligentes e intensas de degradación en el terreno	0.558
	Prácticas negligentes periódicas o estacionarias de degradación en el terreno	0.263
	Prácticas de degradación en el terreno	0.134
	Prácticas de consumo o uso del terreno	0.068
	Prácticas de consumo o uso con asesoramiento técnico	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

c) Resiliencia Ambiental:

Para la resiliencia ambiental se consideró el conocimiento y cumplimiento de la normativa ambiental, dicho parámetro se basa a un Método Multicriterio general y se adapta del CENEPRED para la microcuenca Llavini.

Tabla 79*Clasificación de acuerdo al conocimiento y cumplimiento de la normativa ambiental*

Parámetro	Conocimiento y cumplimiento de la normativa ambiental	Peso
Descriptor	Las autoridades y la población desconocen la existencia de la normativa	0.558
	Solo las autoridades conocen la existencia de la normativa, no cumpliéndolas	0.263
	Las autoridades y la población conocen la existencia de la normativa, cumpliéndola parcialmente	0.134
	Las autoridades, organizaciones comunales y población en general conocen la existencia de la normativa, cumpliéndola mayoritariamente	0.068
	Las autoridades, organizaciones comunales y población en general conocen la existencia de la normativa, respetándola y cumpliéndola totalmente	0.035

Fuente: Adaptado CENEPRED V2

3.4.9. Niveles de Vulnerabilidad:

Para determinar los niveles de vulnerabilidad se hizo uso de los valores asignados mediante la escala de Saaty a cada parámetro mencionado anteriormente, para determinar la vulnerabilidad, esto se tomó del Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales V2, los mismos que se utilizaron para la determinación del valor de vulnerabilidad.

Empezando por la determinación del área social, dentro de la cual se tiene parámetros como exposición, fragilidad y resiliencia, asimismo cada uno de ellos cuenta con sus sub parámetros y descriptores correspondientes, los cuales desarrollamos en base a la siguiente formula:

$$\sum_{i=1}^n Exposicion\ Social_i \times Descriptor_i = Valor$$

Tabla 80

Calculo de peso o vector priorización de exposición social para vulnerabilidad

EXPOSICIÓN SOCIAL				
Grupo etario		Servicios educativos expuestos		Valor
Par.	Desc.	Par.	Desc.	
0.750	0.503	0.25	0.503	0.503
0.750	0.260	0.25	0.260	0.260
0.750	0.134	0.25	0.134	0.134
0.750	0.068	0.25	0.068	0.068
0.750	0.035	0.25	0.035	0.035

Fuente: Análisis Propio

$$\sum_{i=1}^n Fragilidad\ Social_i \times Descriptor_i = Valor$$

Tabla 81

Calculo de peso o vector priorización de fragilidad social - para vulnerabilidad

FRAGILIDAD SOCIAL								
Material		Estado de conservación		Antigüedad		Elevación		Valor
Par.	Desc.	Par.	Desc.	Par.	Desc.	Par.	Desc.	
0.558	0.503	0.263	0.503	0.122	0.503	0.057	0.503	0.503
0.558	0.260	0.263	0.260	0.122	0.260	0.057	0.260	0.260
0.558	0.134	0.263	0.134	0.122	0.134	0.057	0.134	0.134
0.558	0.068	0.263	0.068	0.122	0.068	0.057	0.068	0.068
0.558	0.035	0.263	0.035	0.122	0.035	0.057	0.035	0.035

Fuente: Análisis Propio

$$\sum_{i=1}^n Resiliencia\ Social_i \times Descriptor_i = Valor$$

Tabla 82*Calculo de peso o vector priorización de resiliencia social para vulnerabilidad*

RESILIENCIA SOCIAL								
Capacitación		Conocimiento local		Actitud		Campañas		Valor
Par.	Desc.	Par.	Desc.	Par.	Desc.	Par.	Desc.	
0.558	0.503	0.263	0.503	0.122	0.503	0.057	0.503	0.503
0.558	0.260	0.263	0.260	0.122	0.260	0.057	0.260	0.260
0.558	0.134	0.263	0.134	0.122	0.134	0.057	0.134	0.134
0.558	0.068	0.263	0.068	0.122	0.068	0.057	0.068	0.068
0.558	0.035	0.263	0.035	0.122	0.035	0.057	0.035	0.035

Fuente: Análisis Propio

Una vez obtenidos los resultados para cada parámetro del ámbito social, procedimos a aplicar la misma fórmula para la obtención de los valores del ámbito social, pero para su mejor comprensión la aplicamos así:

$$(Exposicion * Peso) + (Fragilidad * Peso) + (Resiliencia * peso) = Valor$$

Tabla 83*Calculo de valor de la dimensión social para hallar la vulnerabilidad*

DIMENSIÓN SOCIAL						
Exposición		Fragilidad		Resiliencia		Valor
Par.	Desc.	Par.	Desc.	Par.	Desc.	
0.633	0.503	0.260	0.503	0.106	0.503	0.502
0.633	0.260	0.260	0.260	0.106	0.260	0.260
0.633	0.134	0.260	0.134	0.106	0.134	0.134
0.633	0.068	0.260	0.068	0.106	0.068	0.068
0.633	0.035	0.260	0.035	0.106	0.035	0.035

Fuente: Análisis Propio

Realizaremos este procedimiento de la misma forma y con las mismas fórmulas para la dimensión económica y la dimensión ambiental, las cuales tendrán sus propios valores y parámetros respectivos. Dichos resultados nos ayudaran a obtener el valor de la vulnerabilidad, la misma que mostramos a continuación:

Tabla 84

Calculo del Valor o Peso de vulnerabilidad en base a los valores obtenidos de las 3 dimensiones

VULNERABILIDAD						
Social		Económico		Ambiental		Valor
Par.	Desc.	Par.	Desc.	Par.	Desc.	
0.633	0.502	0.260	0.502	0.106	0.502	0.501
0.633	0.260	0.260	0.260	0.106	0.260	0.260
0.633	0.134	0.260	0.134	0.106	0.134	0.134
0.633	0.068	0.260	0.068	0.106	0.068	0.068
0.633	0.035	0.260	0.035	0.106	0.035	0.035

Fuente: Análisis Propio

Una vez obtenidos los pesos o valores de vulnerabilidad la cual clasificamos en rangos y niveles los valores, considerando que a mayor peso o valor habrá mayor nivel de peligro, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 85

Clasificación de rangos y de niveles de vulnerabilidad

Rangos De Vulnerabilidad	Niveles de Vulnerabilidad
$0.260 \leq R < 0.501$	Muy Alto
$0.134 \leq R < 0.260$	Alto
$0.068 \leq R < 0.134$	Medio
$0.035 \leq R < 0.068$	Bajo

Fuente: Análisis Propio

Estos resultados fueron utilizados para la evaluación del nivel de los riesgos a determinar,

3.4.10. Estratificación de Niveles de Vulnerabilidad:

En una tabla de dos columnas, una de descripción y la otra del nivel de vulnerabilidad, se especificara los parámetros o se describirá las características de los niveles de vulnerabilidad en función a las características de cada parámetro ya utilizadas desde el inicio de la valoración por el método de Saaty. Ver tabla 114

3.4.11. Elaboración del Mapa de Vulnerabilidad:

En función a los niveles de vulnerabilidad ya determinados y los pesos ya asignados se procedió a actualizar los polígonos en la base de datos SIG en función a los peligros ya determinados y se les asigno un color rojo a los que son

considerados de muy alta vulnerabilidad , lo mismo se realizó con los de alta vulnerabilidad asignándole color anaranjado, los de vulnerabilidad media se les asigno el color amarillo y por ultimo a los de baja vulnerabilidad se les asigno el color verde, siendo este plasmado para cada uno de los parámetros en el mapa de vulnerabilidad.

3.4.12. Cálculo del Nivel de Riesgo:

Con los valores obtenidos de peligro y vulnerabilidad procedimos a realizar el cálculo o estimación de riesgo mediante el método simplificado, la cual implica matriz de doble entrada, para lo cual se consideraron los valores obtenidos mediante el método Multicriterio.

3.4.13. Elaboración de la Matriz de Riesgo:

Se consideró a los niveles de peligrosidad como X y a los niveles de vulnerabilidad como Y, para la matriz de doble entrada los cuales nos dieron como nivel de riesgo el valor ubicado en la intersección de ambos, como ejemplo tomaremos el análisis de riesgo sísmico el cual nos da los siguientes resultados:

Tabla 86

Matriz de doble entrada de los pesos de peligrosidad vs los pesos de vulnerabilidad

PMA	0.487	0.033	0.065	0.127	0.244
PA	0.275	0.019	0.037	0.072	0.138
PMA	0.152	0.010	0.020	0.040	0.076
PB	0.086	0.006	0.012	0.022	0.043
		0.068	0.134	0.260	0.501
		VB	VM	VA	VMA

Fuente: Análisis Propio

3.4.14. Clasificación de Niveles de Peligrosidad:

De los valores que se muestran anteriormente, tomamos los márgenes según de cada nivel de riesgo, clasificándolo en rangos y posteriormente en niveles:

Tabla 87

Clasificación de rangos y niveles de riesgo, obtenidos en base a la tabla 87

Rangos de Riesgo	Niveles de Riesgo
$0.127 \leq R < 0.244$	Riesgo muy alto
$0.033 \leq R < 0.127$	Riesgo alto
$0.010 \leq R < 0.033$	Riesgo medio
$0.006 \leq R < 0.010$	Riesgo bajo

Fuente: Análisis Propio

3.4.15. Estratificación de los Niveles de Riesgo:

Una vez determinados los rangos y los niveles de riesgo, en una tabla de dos columnas, una de descripción y la otra del nivel de riesgo, se especificara los parámetros o se describirá las características de los niveles de riesgo en función a las características de peligro y vulnerabilidad, cuyos parámetros se detallaron en la descripción de la misma. Ver tablas 117; 120 y 123.

3.4.16. Elaboración del Mapa de Riesgo:

El mapa de riesgo es la unión del mapa de peligrosidad y la vulnerabilidad acorde a las áreas donde se pueden desencadenar los riesgos, el mismo que se muestra en polígonos, de acuerdo al nivel de riesgo que representa.

El mismo que se representara en una escala de 1: 10000, el cual contara con sistema de proyección, una zona UTM, escala gráfica, escala numérica y fuente de la información.

3.5. TIPO DE INVESTIGACION:

De acuerdo a las características de esta investigación es de carácter descriptivo, debido a que busca describir cualitativamente y/o cuantitativamente los fenómenos existentes en la microcuenca Llavini utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiestos las estructuras o comportamientos de los fenómenos, dentro del cual esto permite determinar la características medibles, los instrumentos y modos de medición mucho antes que se realice la descripción del área que se estudia en este caso la microcuenca Llavini, para lo cual será de suma importancia la perspectiva que se tiene de la microcuenca Llavini antes del estudio y las características que presenta la misma.



Para la evaluación de riesgos geológicos originados por fenómenos de origen natural se considera los tres tipos de informe en base al “Manual Para La Evaluación De Riesgos Originados Por Fenómenos Naturales V2” y en concordancia con el tipo de investigación seleccionado los cuales están en función de la información sobre el ámbito geográfico del área a evaluar, los cuales son:

- **Informe Cualitativo de Evaluación de riesgos:** La evaluación de riesgos implica el conocimiento de los peligros, de los elementos expuestos y de sus vulnerabilidades, basado en la experiencia y observaciones de campo debido a la inexistencia de información (registros históricos, estadísticos, estudios técnicos, etc.) Del fenómeno de origen natural sobre el área geográfica de estudio.

- **Informe Semi Cuantitativo de Evaluación de riesgos:** La evaluación de riesgos implica el conocimiento de los peligros, de los elementos expuestos y de sus vulnerabilidades, basado en estudios técnicos anteriores (estudio de suelos, estudio de los ecosistemas, etc.) que tienen relación directa o indirecta con el fenómeno de origen natural y/o el área geográfica de estudio, así como su escala de trabajo (no detallada) que pueden ser incorporados en el informe de evaluación de riesgos por su utilidad.

3.6. NIVEL DE INVESTIGACION:

El nivel de investigación de la evaluación de riesgos geológicos de la microcuenca Llavini es de carácter descriptivo debido a que se consideran escenarios como, riesgo sísmico, riesgo de inundaciones, movimientos en masa y riesgos de origen antrópico dentro de toda el área establecida, asimismo nos ponemos en contacto directo la realidad, los factores en este caso condicionantes y desencadenantes, las edificación y las personas que se ven inmersas en esta zona, asimismo se explica porque se origina el peligro, porque se genera la vulnerabilidad y el nivel de riesgo resultante.



CAPITULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

4.1. UBICACIÓN:

4.1.1. Ubicación Geográfica:

La Microcuenca Llavini se encuentra ubicada en la meseta del Collao, en la zona norte de la ciudad de Puno, al sur de la ciudad de Juliaca y al oeste del lago Titicaca, en relación a sus coordenadas se ubica entre los paralelos 15°49'46" latitud sur y entre los paralelos de 70°01'04" longitud este con una altura que varía desde los 3810 m.s.n.m. y 4210 m.s.n.m.

- UTM WGS84 : 8250750 – N, 390500 - E
- Altura Promedio : 3965 metros sobre el nivel del mar

4.1.2. Ubicación Política:

La Microcuenca Llavini cuanta con una extensión de 301.83 hectáreas y un perímetro de 7.896 km lineales, asimismo se muestra la siguiente ubicación.

Tabla 88

Ubicación microcuenca Llavini

Ubicación Geográfica		Límites	
Distrito	Puno	Este	Lago Titicaca
Provincia	Puno	Oeste	Distritos de Tiquillaca y San Antonio
Región	Puno	Norte	Distrito de Paucarcolla
Región natural	Sierra	Sur	Distrito de Chucuito y Pichacani

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3. Vías de Acceso:

La microcuenca Llavini queda ubicada en la zona norte de la ciudad de Puno siendo su acceso a 10 minutos desde el centro de la ciudad hacia el barrio denominado Unión Llavini, tomando como referencia la Universidad Nacional del Altiplano.

Las vías de acceso más comunes que tenemos son las siguientes:

Tabla 89

Vías de acceso microcuenca Llavini

Tipo de Vía	Origen	Destino	Distancia	Tiempo
Asfaltada	Arequipa	Puno	250 km	6 Hrs. Aprox.
	Cusco	Puno	300 km	7 Hrs. Aprox.
	Juliaca	Puno	45 km	1 Hrs. Aprox.
	Desaguadero	Puno	140 km	3 Hrs. Aprox.
	Moquegua	Puno	400 km	8 Hrs. Aprox.
	Tacna	Puno	550 km	10 Hrs. Aprox.

Fuente: Elaboración propia en base a datos de MMP y GRP

4.2. CARACTERÍSTICAS SOCIALES

4.2.1. Población:

La región Puno se encuentra en constante crecimiento demográfico, y como parte de ella la población de la microcuenca Llavini también viene creciendo con la urbanización, consecuente a eso tenemos los resultados censales, teniendo hasta el 2017 una población de 9 094 pobladores de todas la edades. Fuente: INEI

Tabla 90

Población en el Departamento, Provincia, Distrito de Puno y Microcuenca Llavini por genero al 2017

Código	División	Población censada 2007			Población censada 2017		
		Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer
21	Dpto. Puno	1,268,441	633,332	635,109	1,172,697	578,383	594,314
2101	Provincia Puno	229, 236	113,252	115,984	219,494	108,497	110,997
210101	Distrito Puno	49,080	24,037	25,043	81,076	38,855	42,221
210101-ML	Microcuenca Llavini	6,980	3,485	3,495	9,094	4,436	4,658

Fuente: INEI

Tabla 91

Población de la microcuenca Llavini por grupo etareo

Edades simples	Total 2007	Total 2017
De 1 a 14 años	2056	2251
De 15 a 29 años	2445	2818
De 30 a 44 años	1283	2155
De 45 a 64 años	984	120
Más de 65 años	212	665
TOTAL	6980	9094

Fuente: INEI

4.2.2. Vivienda:

Dentro del área de estudio, microcuenca Llavini se encuentran un total de 3242 viviendas hasta el censo nacional del 2017, el cual se encuentra en constante crecimiento, dentro de esas mismas existen diferentes tipos de ellas, desde casas independientes, edificios hasta viviendas no habitadas. A continuación se detalla.

Tabla 92

Viviendas existentes en la microcuenca Llavini clasificadas por tipo de vivienda

Tipo de vivienda	Microcuenca Llavini	%
Casa independiente	2210	68%
Departamento en edificio	16	0%
Vivienda en quinta	5	0%
Vivienda en casa de vecindad	28	1%
Choza cabaña	0	0%
Vivienda improvisada	6	0%
Local no destinado para habitación humana	0	0%
Otro tipo de vivienda	0	0%
Vivienda no habitada	977	30%
Total de viviendas particulares	3242	100%

1/ Comprende las viviendas con pared de ladrillo o bloque de cemento, piedra o sillas, cal o cemento.

2/ Comprende las viviendas con pared de quincha, piedra con barro, triplay, calamina, estera u otro material

Fuente: Plataforma SIGRID

El material de las construcciones varía de acuerdo a las posibilidades económicas de la población, las cuales pueden pasar de ser viviendas seguras de ladrillo o bloques de cemento hasta tapia, a continuación se pasa a detallar:

Tabla 93

Viviendas existentes en la microcuenca Llavini clasificadas por tipo de material de construcción

Material	Microcuenca Llavini	%
Ladrillo o bloque de cemento	1813	80%
Adobe	429	19%
Madera (pona, tornillo, etc.)	2	0%
Quincha (caña con barro)	1	0%
Triplay/calamina/estera	10	1%
Piedra con barro	7	0%
Piedra o sillar con cal o cemento	5	0%
Tapia	0	0%
Otro material predominante en las paredes	0	0%
Total de viviendas particulares	2267	100%

Fuente: Plataforma SIGRID

Asimismo, el material que predomina en la superficie de sus hogares, los cuales van desde pisos de buen acabado como cerámicos o madera pulida, hasta los de tierra compactada, los cuales pasamos a detallar por cantidad y porcentaje:

Tabla 94

Viviendas existentes en la microcuenca Llavini clasificadas por el tipo material en la superficie de los pisos

Material	Microcuenca Llavini	%
Tierra	401	18%
Cemento	1570	68%
Losetas, terrazos, cerámicos, o similares	149	7%
Parquet o madera pulida	80	4%
Madera (pona, tornillo, etc.)	46	2%
Laminas asfálticas, vinilos o similares	21	1%
Otro material predominante en pisos	0	0%
Total de viviendas particulares	2267	100%

Fuente: Plataforma SIGRID

4.2.3. Agua Potable:

El servicio de agua potable se encuentra en expansión constante, debido a las necesidades de la población que está en crecimiento, hay lugares donde aún se consume agua de manantial dado a la limitado suministro de agua potable, pero aun así en la mayoría de la microcuenca se cuenta con el servicio.

Tabla 95*Tipo de abastecimiento de agua por vivienda en porcentaje y unidad*

Viviendas con abastecimiento de agua	Microcuenca Llavini	%
Red pública dentro de la vivienda	1903	84%
Red pública fuera de la vivienda pero dentro de la edificación	109	5%
Pilón o pileta de uso publico	36	1%
Camión cisterna u otro similar	23	1%
Pozo (agua subterránea)	155	7%
Manantial o puquio	0	0%
Rio, acequia, lago ,laguna	2	0%
Vecino	0	0%
Otro tipo de abastecimiento de agua	39	2%
Total de viviendas particulares	2267	100%

Fuente: Plataforma SIGRID

4.2.4. Desagüe y Alcantarillado:

El servicio de desagüe se presenta en su mayoría en las zonas bajas y menos en las zonas más altas donde aún se encuentra escaso estas redes, el alcantarillado de igual, pasamos a detallar:

Tabla 96*Disponibilidad de servicios higiénicos por vivienda en porcentaje*

Disponibilidad de Servicios Higiénicos	Microcuenca Llavini	%
Red pública de desagüe dentro de la vivienda	1874	82%
Red pública de desagüe fuera de la vivienda pero fuera dentro de la edificación	121	5%
Pozo séptico, tanque séptico o biodigestor	22	1%
Letrina con tratamiento	108	6%
Pozo ciego o negro	33	1%
Rio, acequia, canal o similar	1	0%
Campo abierto o al aire libre	81	4%
Otro servicio higiénico	27	1%
Total de viviendas particulares	2267	100%

Fuente: Plataforma SIGRID

4.2.5. Energía Eléctrica:

La energía eléctrica en su totalidad abarca la microcuenca Llavini, teniendo todos accesos a la misma, siendo un pequeño porcentaje que no cuenta con alumbrado público.

Tabla 97*Viviendas con disponibilidad de alumbrado público*

Viviendas	Microcuenca Llavini	%
Con alumbrado eléctrico	2099	93%
Sin alumbrado eléctrico	168	7%
Total de viviendas particulares	2267	100%

Fuente: Plataforma SIGRID

4.2.6. Educación:

Dentro de la microcuenca Llavini se cuentan con centros que brindan el servicio de educación, en referencia al censo nacional del 2017, teniendo como principal institución a la universidad nacional del altiplano, seguido de jardines, escuelas y otros, los cuales detallamos a continuación:

Tabla 98*Instituciones educativas existentes dentro de la microcuenca Llavini*

Nombre de la institución	Nivel	N° docentes	N° estudiantes
Universidad Nacional del Altiplano	Superior	1264	18749
275	Inicial Jardín	3	62
Prinston	Primaria: Básica Regular	7	16
Capullitos de la Virgen Inmaculada	Inicial Jardín	1	11
Concepción	Primaria Básica Regular	8	59
70717	Inicial Jardín	3	31
Ángel Divino	Inicial Jardín	3	61
290	Educación Básica Alternativa	3	288

Fuente: Plataforma SIGRID, (Universidad Nacional del Altiplano, 2019)

4.3. CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS:**4.3.1. Geología regional:**

Está dominada por formaciones litológicas de origen sedimentario, correspondientes al cretácico, las cuales se extienden a lo largo del altiplano puneño, mostrando afloramientos característicos de acuerdo a litología.

4.3.1.1. Formación Ayavacas (Kis-ay):

Su distribución geográfica en el Altiplano, de las secuencias calcáreas está supeditada a los dominios geológicos del Altiplano occidental y oriental, teniendo una



disposición a manera de franjas replegadas con tendencia NO-SE. (Zavala & De La Cruz, 2016)

La litología tipo deriva de la localidad de Ayabacas en el cuadrángulo de Juliaca en la carretera Juliaca – Taraco. Según Palacios(1993) describe la litología como: Lutita limolítica roja con caliza impura; caliza masiva gris ante, con numerosos huecos tabulares intemperada con una superficie muy áspera, la parte superior es azulina; caliza de grano fino, en bloques, estratificación regular, escasamente fosilífera, los últimos 2 m son lutíticas; caliza masiva gris ante, con muchos huecos rellenos con caliza arcillosa; lentes de caliza brechoide, lutita limolítica de color rojo ladrillo; arenisca de granos fino color rojo ladrillo oscuro; lutita limolítica de color marrón rojizo oscuro.

4.3.1.2. Formación Vilquechico (Ks-vi):

Circunscrita solamente a la Cordillera Oriental a su facie sedimentaria la litología tipo según Palacios et. al, (1993), consta de: arenisca cuarzosa de grano fino a medio, redondeados, blanquecina con laminación cruzada; lutitas y fangolitas que varían de marrón rojizo a caqui, gris verdoso purpura a negro, aunque el color no es indicador estratigráfico, los tonos rojo y verde de los sedimentos son los que dominan la mitad inferior de la secuencia y el tono caqui en la mitad superior.

4.3.1.3. Complejo Volcanico Umayo (NQ-um/ab):

Consiste de flujos de lava extensos que se exponen en la Laguna Umayo en el Cuadrángulo de Puno y Cuadrángulo de Acora. La litología típica de esta unidad comprende: lavas traquibasálticas, andesíticas basálticas, ignimbritas y andesitas. Las lavas Umayo son típicamente grises de grano fino, localmente vesiculares, pueden ser afaníticas contienen pequeños fenocristales de olivino y/o hornblenda y/o plagioclasa con una masa de grano fino traquiandesítica. (Gonzales & Lopez , 2015).

4.3.2. Geología local:

Evaluada la geología local y contrastada con los datos de INGEMMET, correspondientes a la hoja 32-V. Teniendo dentro del área de estudio las Formación Ayavacas, Formación Vilquechico, Formación Umayo y los depósitos Cuaternarios Aluviales como se muestra.

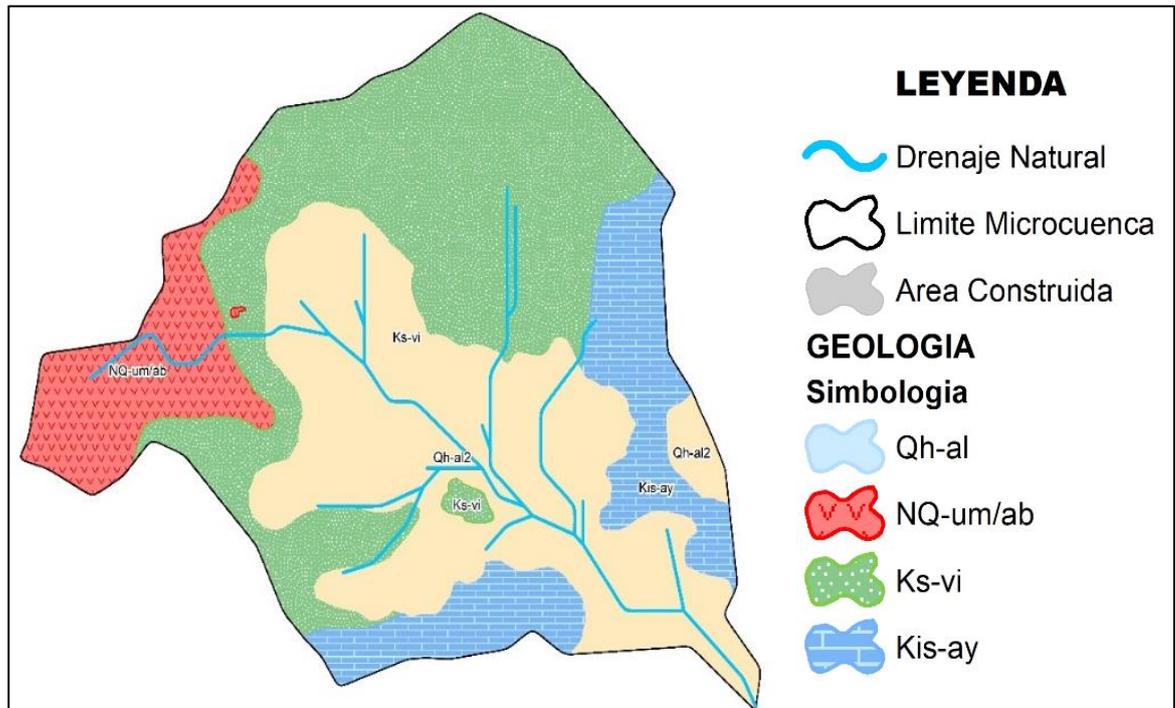


Figura 11: Mapa Geológico de la Microcuenca Llavini. Fuente: Propia

4.3.1.1. Formación Ayavacas (Kis-ay):

Ocupa gran parte de la microcuenca Llavini, cubierta en partes con material del cuaternario aluvial, con afloramientos de ocurrencia kárstica en algunas zonas, se observa caliza estratificada de color gris azulado a color gris claro, con venillas de calcita, los boques están en constante meteorización y/o intemperismo. Cerca al contacto con la Formación Vilquechico se muestra arenisca color rojiza de grano fino, estratificada con un buzamiento fuerte.



Figura 12: Afloramiento calizas de la Formación Ayavacas, zona este de la microcuenca Llavini a espaldas del bosque de la UNA. Fuente: Propia

4.3.1.2. Formación Vilquechico (Ks-vi):

Casi toda la secuencia tiene una laminación muy fina y las fangolitas intemperizadas se presentan como pequeños bloques subcuboidales, se observa también huecos tabulares laminación de onduladas y algunas estructuras de escape de agua (Palacios et. Al, 1993).



Figura 13: Areniscas blanquecinas - Formación Vilquechico, zona norte de la microcuenca en el barrio alto Llavini, jr. Emilio Valdizan. Fuente: Propia



Figura 14: Lutitas de varios colores formación Vilquechico, zona norte de la microcuenca Llavini, E: 390640, N: 8251250. Fuente: Propia

Ocupan gran parte de la zona de estudios, presentándose en forma de areniscas de color blanquecino a color pardo con tonos azules y caquis, de grano fino claramente estratificados, lutitas de color rojizo y color gris verdoso con algunos tonos de púrpura, de grano fino con alto grado de intemperismo, cubierto en algunas zonas con material cuaternario.

La fase de la sedimentación clasifica como la zona de color caqui como al cretácico superior y la de color rojizo al cretácico inferior.

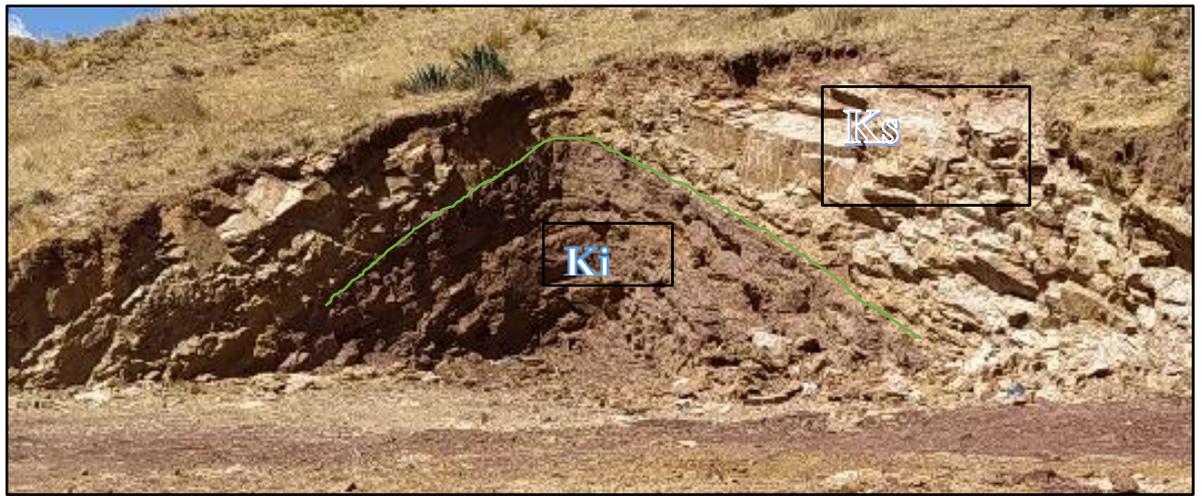


Figura 15: Fases de sedimentación formación Vilquechico, Zona sur-este de la Microcuenca Llavini, al término del jr. Abraham Valdelomar, E: 390060 y N: 8250346. Fuente: Propia.

4.3.1.3. Complejo Volcanico Umayo (NQ-Um/ab):

Se muestran andesitas basálticas y andesitas de color gris que se extienden desde el contacto con la formación Vilquechico, hacia el oeste de la microcuenca, se puede observar texturas afaníticas y vesiculares, mismas que por acción de la erosión se desprenden hacia la parte baja de la microcuenca.



Figura 16: Macizo rocoso del complejo Volcanico Umayo, zona oeste de la microcuenca sobre la avenida Juliaca, E: 389724 y N: 8250981. Fuente: Propia.



Figura 17: Contacto complejo Volcanico Umayo - formación Vilquechico, zona oeste de la microcuenca Llavini, parte baja del mirador Puma Uta, curva sobre la avenida Juliaca, E: 389846 y N: 8250688. Fuente: Propia.



Figura 18: Roca basalto - dacita con textura afanítica, zona del parte baja mirador Puma Uta, E: 389796 y N: 8250634. Fuente: Propia.

4.3.1.4. Cuaternario Aluvial (Qh-al):

Se observan arcillas y limos, arenas y gravas no consolidadas depositadas por la corriente de los flujos de agua, todas ellas incluyen sedimentos fluviales y coluviales las cual consisten en arenas bien clasificadas, ubicadas es las partes bajas de la Microcuenca Llavini y en gran parte de la misma, ya que dentro de ella tenemos laderas de colinas, pequeños riachuelos que bajan, asimismo intemperismo fuerte por la ubicación misma.



Figura 19: Arrastre de material no consolidado por lluvias, parte baja de la Microcuenca Llavini, esquina entre Jr. Panamá y Jr. Los Laureles, E: 390381 y N: 8250488. Fuente: Propia.

Por otra parte en las zonas altas de la microcuenca se pueden observar dos tipos de materiales unos aluviales productos del re trabajo de detritos con material fino inconsolidados y los otros finos ligeramente compactados de buena potencia en algunas zonas.



Figura 20: Material no consolidado con detritos ígneos, zona oeste de la microcuenca Llavini, parte alta Jr. Los Laureles, E: 389929 y N: 8250654. Fuente: Propia.



4.3.3. Condiciones Geomorfológicas:

4.3.3.1. Geomorfología Regional:

Esta región se ubica entre dos unidades geomorfológicas dominantes, en la zona de la meseta del Collao la cual esta interrumpida por la fosa tectónica que ocupa el lago Titicaca, el cual tiene una profundidad que llega hasta los 3540 metros sobre el nivel del mar y las cumbres que se ubican como flancos de la meseta llegan hasta los 6384 metros sobre el nivel del mar. (INGEMMET, 2011)

El levantamiento andino predetermino el afloramiento de macizos rocosos de las edades del mesozoico, sumado a la tectónica y la acción del clima los cuales contribuyeron a la actual expresión geomorfológica, la misma que se caracteriza por la superposición de vulcanismo paleógeno neógeno sobre la planicie de la puna, la cual representa un horizonte fallado y plegado por la orogénesis y descansa sobre el horizonte mesozoico, cuyos afloramientos son principalmente de rocas calcáreas, areniscas y conglomerados. (INGEMMET, 2011)

4.3.3.2. Geomorfología Local:

El modelamiento de la geomorfología local de la microcuenca Llavini se debe a factores exógenos como el clima, entre ellos las precipitaciones que actúan como medio de transporte o erosión de material suelto debido al agua como agente de erosión, temperaturas bajas que ocasionan el efecto cuña para la meteorización y las edificaciones constantes que se hacen presentes en la zona lo cual genera material suelto que posteriormente es arrastrado al lago Titicaca, agregarle esto al modelo ya establecido por los factores endógenos durante el levantamiento u orogenia andino, el ascenso de afloramientos rocosos del cretácico como las calizas de la formación Ayavacas en gran parte de la microcuenca, las areniscas Vilquechico y un flujo de lavas posterior perteneciente al complejo Volcanico Umayo durante el neógeno cuaternario. Que se nota por la cima de la microcuenca Llavini en forma de escarpa.

4.3.3.3. Sistemas Y Unidades Geomorfológicas:

a) Sistema Montañoso:

Originado inicialmente por la geodinámica interna de la tierra en la durante la orogenia andina, dieron forma a las elevaciones predeterminadas las cuales se verían posteriormente afectadas por factores meteorológicos, para la clasificación de las colinas se utilizó la una clasificación en base a la elevación de las mismas.

- **Colinas Bajas:** Se consideran a las elevaciones del terreno que se encuentran entre los 3800 m.s.n.m. y 3900 m.s.n.m., con pendientes variables.
- **Colinas Medias:** Se considera a las elevaciones del terreno que se encuentran entre los 3900 m.s.n.m. a 4000 m.s.n.m. con pendientes variables.
- **Colinas Altas:** se considera a las elevaciones del terreno que se encuentran entre los 4000 m.s.n.m. a 4100 m.s.n.m. con pendientes variables.

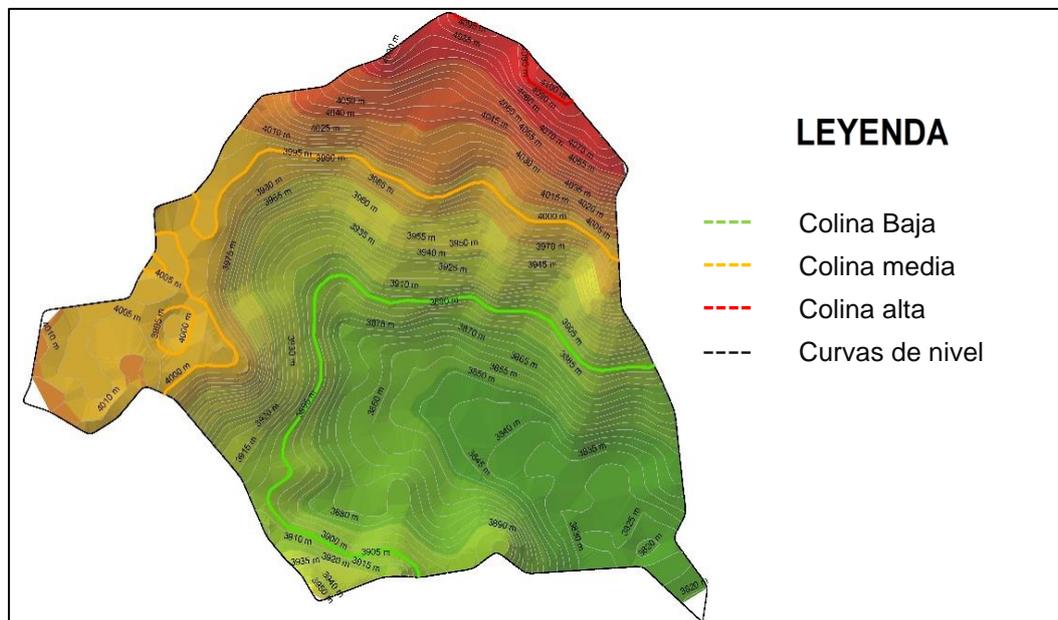


Figura 21: Clasificación de colinas en base a la elevación. Fuente: Propia

También se tiene la clasificación por tipos de colinas, clasificándolas en tres: laderas bajas (M-Lb), laderas medias (M-Lm) y laderas altas (M-La).

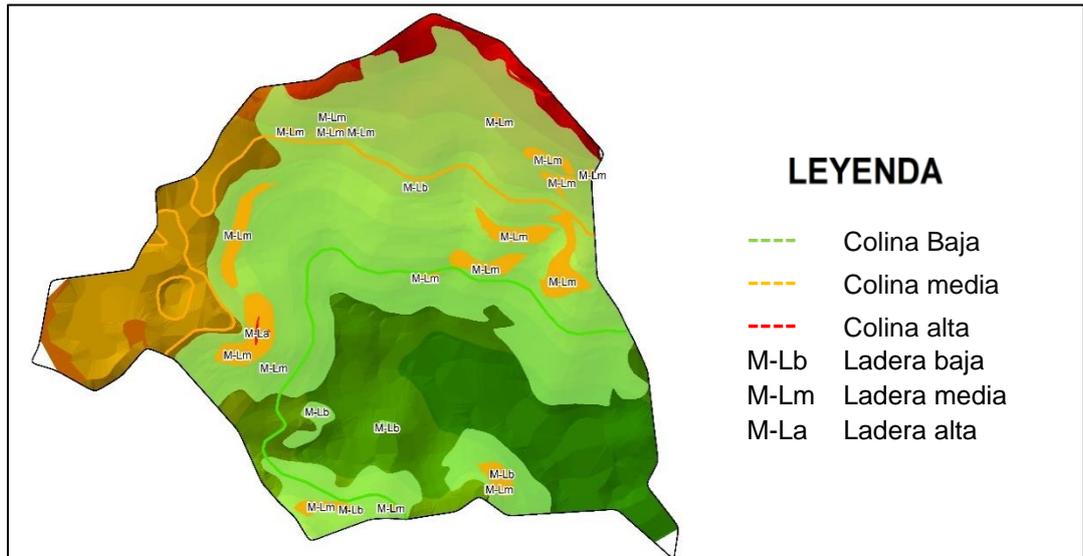


Figura 22: Clasificación de laderas en base a pendientes. Fuente: Propia.

b) Sistema Volcánico:

Terraza volcánica: Se manifiesta en la zona este de la microcuenca Llavini, se presenta en forma de planicie la cual se acomoda en forma de escarpa en el borde, originado por el flujo de lavas del complejo Volcanico Umayo la cual se acomoda sobre la formación Vilquechico ocupa una pequeña parte de la microcuenca la cual se empieza a extender hacia el este desde la zona que conocemos como el mirador Puma Uta la cual está dentro de la zona de estudio.

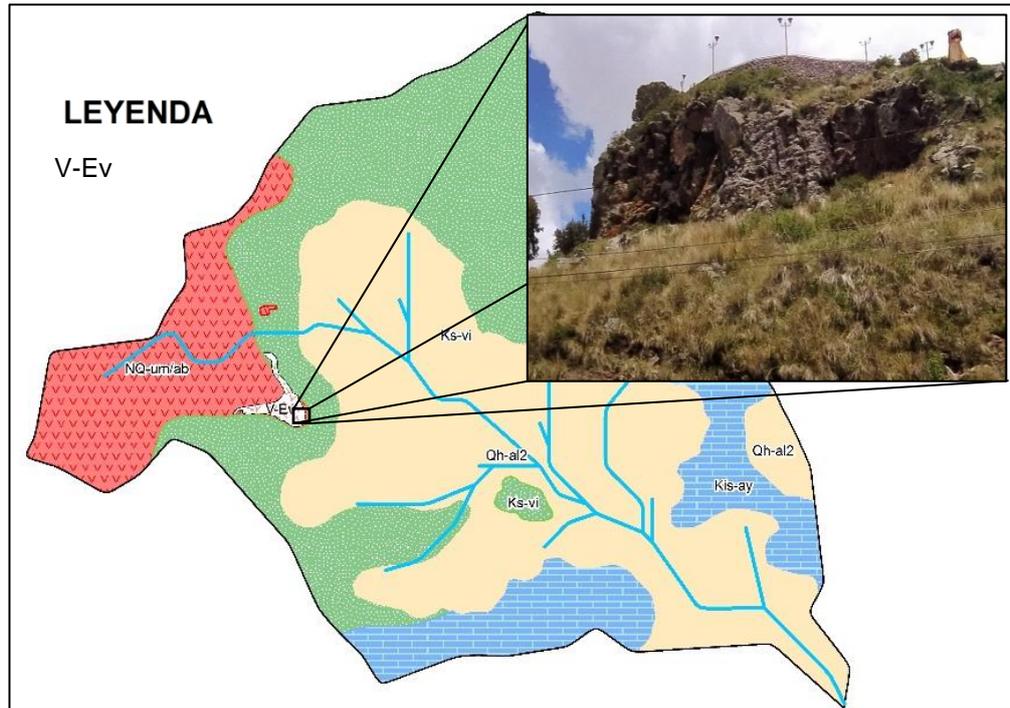


Figura 23: Escarpa volcánica al terminas la terraza volcánica. Fuente: Propia.

c) Sistema Fluvial:

- **Valle en V:** Valles pequeños de edad juvenil originados por la escorrentía superficial de aguas en temporada de lluvias, causando erosión del material en el vértice del cauce, originando estas geoformas.



Figura 24: Valle en forma de V juvenil. Fuente: Propia

- **Bofedales:** ocasionado por la saturación de agua en el terreno producto de la infiltración de agua de las colinas altas por medio de las fisuras de las mismas,

las cuales se presentan en dos zonas dentro de la microcuenca Llavini, ambas al lado nor-oeste.



Figura 25: Área saturada de agua - Bofedal. Fuente: Propia

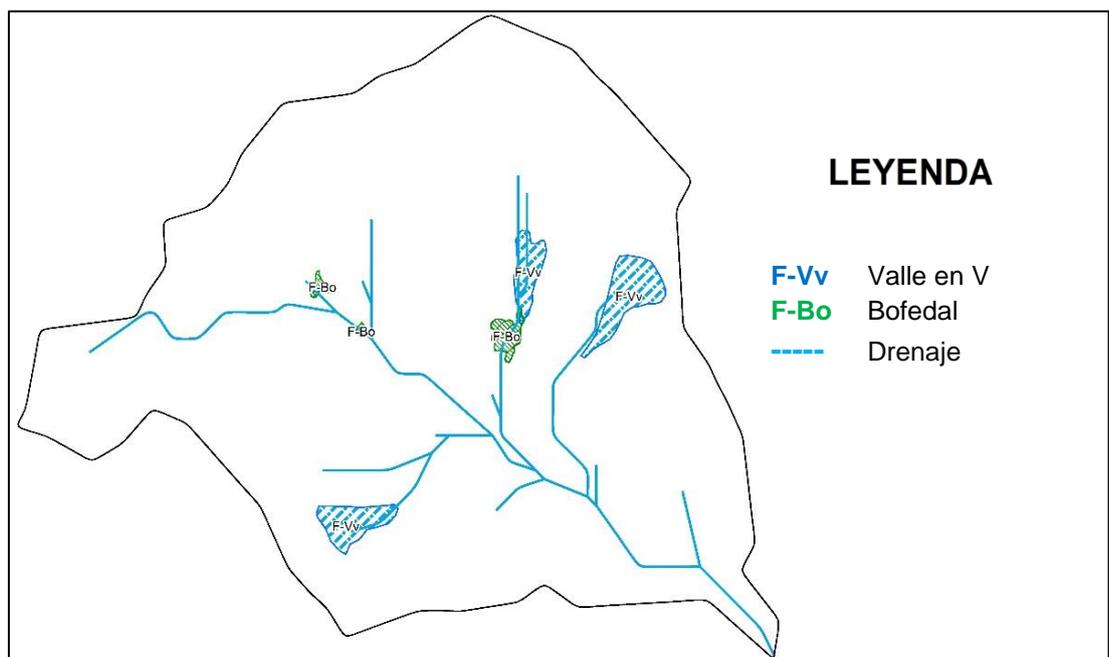


Figura 26: Sistema fluvial microcuenca Llavini. Fuente: Propia

d) Sistema Antrópico:

- Edificaciones: consta de edificaciones y construcciones presentes en la zona de estudio, las cuales en su mayoría son de material noble en base a ladrillo y cemento, algunas de material rustico (adobe) y las cuales en total ocupan un 23% del área total.

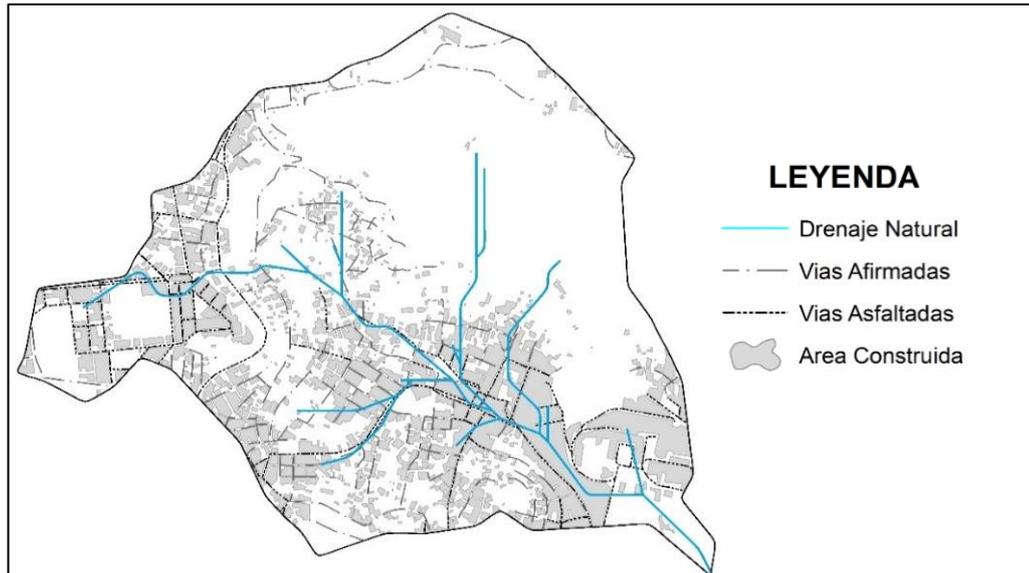


Figura 27: Sistema antrópico microcuenca Llavini. Fuente: Propia

- Vías de acceso: elaboradas para la circulación de vehículos y peatones, de material en base a cemento y agregados, o vías afirmadas solamente.

Tabla 99

Unidades geomorfológicas microcuenca Llavini

Sist.	Unidad	Simb.	Sub- Unidad	Simb.	Descripción
Montañoso	Colinas Altas	M-Ca	Ladera Alta	M-La	Elevación de terreno de 4000 m.s.n.m. a 4100 m.s.n.m. con pendientes variables (La: 30% a 45 %), (Lm: 20% a 30%) y (Lb: 10% a 20%)
			Ladera Media	M-Lm	
			Ladera Baja	M-Lb	
	Colinas Medias	M-Cm	Ladera Alta	M-La	Elevación de terreno de 3900 m.s.n.m. a 4000 m.s.n.m. con pendientes variables (La: 30% a 45 %), (Lm: 20% a 30%) y (Lb: 10% a 20%)
			Ladera Media	M-Lm	
			Ladera Baja	M-Lb	
	Colinas Bajas	M-Cb	Ladera Media	M-Lm	Elevación de terreno de 3800 m.s.n.m. a 3900 m.s.n.m. con pendientes suaves (Lm: 20% a 30%) y (Lb: 10% a 20%)
			Ladera Baja	M-Lb	
	Volcánico	Terraza Volcánica	V-Tv	Escarpe Volcanico	V-Ev
					Valle de edad juvenil con laderas superiores al 25% de pendiente, originados por la escorrentía de aguas superficiales
Fluvial	Valle en v	F-Vv	--	--	Zona con constante e intensa vegetación, debido a la saturación del terreno con agua.
	Bofedales	F-Bo	--	--	Edificaciones existentes en la zona urbana
	Edificaciones	A-Ed	--	--	
Antrópico	Vías de Acceso	A-Va	Accesos Asfaltados	V-Aas	Accesos existentes para el tránsito vehicular de los habitantes
			Accesos Afirados	V-Aaf	

Fuente: Elaboración propia

4.3.4. Condiciones Geotécnicas:

La clasificación de suelos de la microcuenca Llavini nos muestra 6 tipos de suelos de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), estando los cuales encima de macizos rocosos como calizas y areniscas. Los cuales también evaluados de acuerdo a su capacidad portante, agregando a esto estudios geotécnicos básicos de distintas calles y/o avenidas las cuales están dentro del área de la microcuenca Llavini, dentro de los cuales mismos está en mayor presencia la arena limosa y gravas limosas, a continuación el cuadro. (Municipalidad Provincial de Puno, 2012)

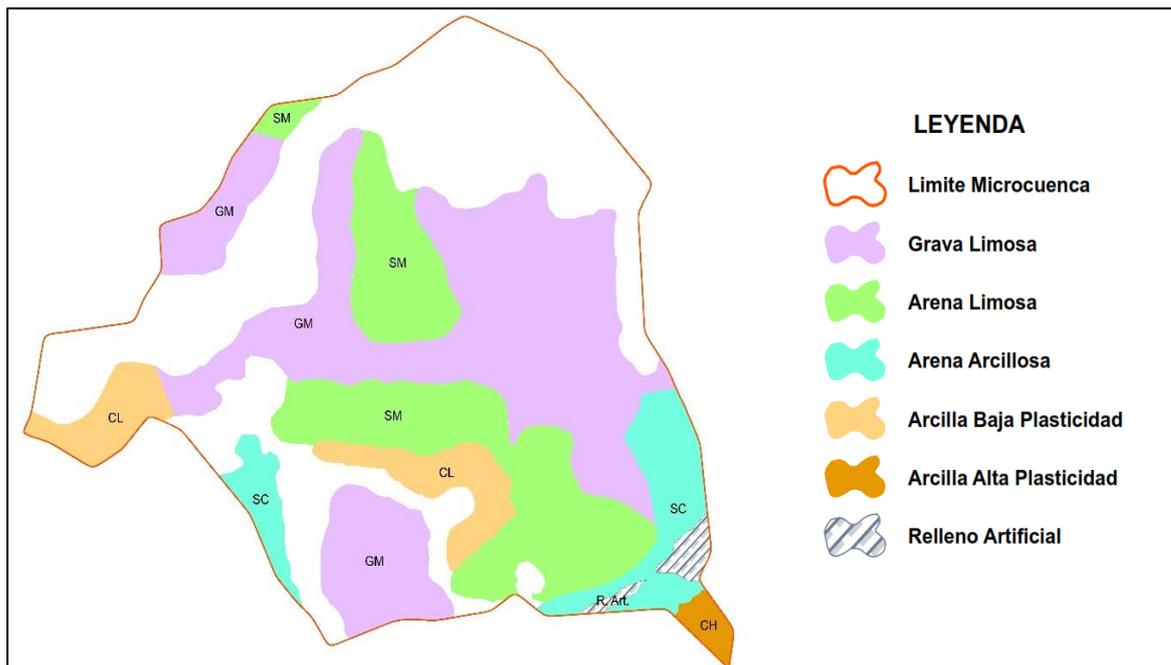


Figura 28: Mapa de Suelos Microcuenca Llavini. Fuente: Elaborado en base a información de la Municipalidad Provincial de Puno.

clasificación de los parámetros edáficos, la escala de valores que definen la pendiente en porcentaje siendo la siguiente.

Tabla 101

Clasificación de Pendientes

Descripción de Pendiente	Rango (%)
Plana o Casi a Nivel	0 - 2
Ligeramente Inclinada	2 - 4
Moderadamente Inclinada	4 - 8
Fuertemente Inclinada	8 - 15
Moderadamente Empinada	15 - 25
Empinada	25 - 50
Muy Empinada	50 - 75
Extremadamente Empinada	>75

Fuente: D.S. N°017-2009-AG

4.3.6. Cobertura y Uso Actual de Tierras:

La vegetación ayuda a disminuir la erosión de suelos y en consecuencia la remoción en masa, ya que contribuye mediante sus raíces a fijar los suelos, las cuales se incrustan en los suelos, evitando que este se desplace, así evitando la generación de cárcavas, flujos, entre otros.

La cobertura vegetal y el uso actual de las tierras dentro de la microcuenca Llavini es sin lugar a dudas un factor condicionante el cual es considerado como un parámetro para la evaluación de los riesgos correspondientes.

El pastoreo, la agricultura, la construcción de vías y edificaciones ocasionan una fuerte degradación de la cobertura vegetal, principalmente en las zonas donde se tiene una pendiente considerable, los cuales predisponen el terreno para dar paso al flujo de detritos, derrumbes, movimiento en masa en general, los cuales ponen en riesgo aspectos sociales, económicos y ambientales, dado a la inestabilidad de pendientes, infiltración excesiva de agua por lluvias.

El uso de un mapa de uso actual de suelos, determina los parámetros a considerar, los cuales se usan en base al área que abarcan y a partir de una imagen satelital de alta resolución actualizada al año 2020. Teniendo las siguientes zonas.

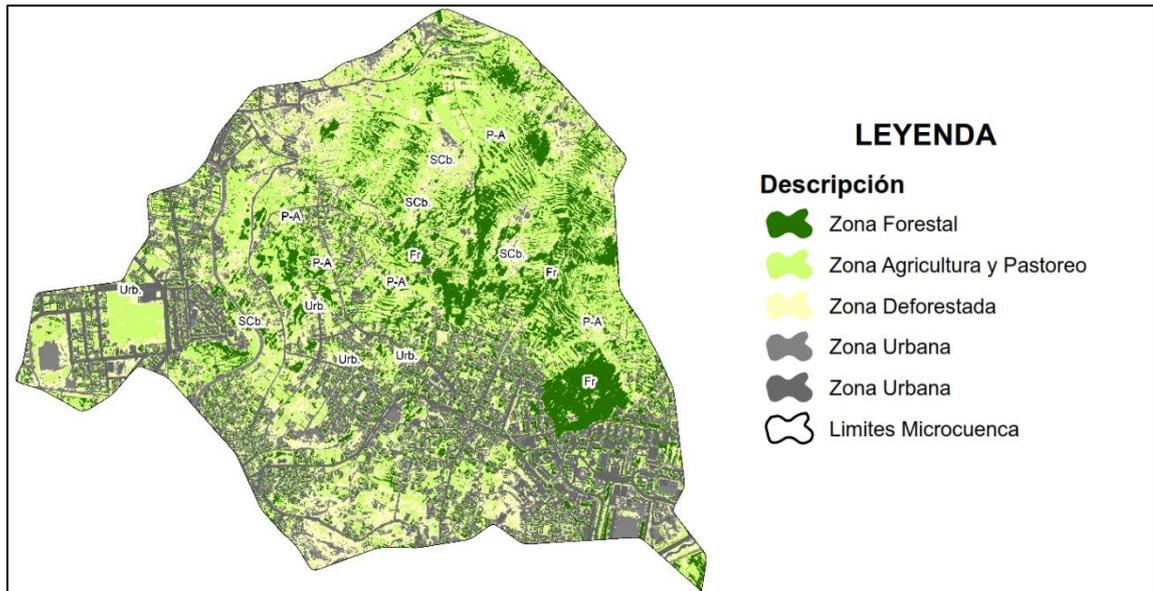


Figura 30: Mapa de uso actual de suelos de la Microcuenca Llavini. Fuente: Propia

Tabla 102

Clasificación de uso actual de tierras

Nombre	Simb.	Descripción
Zona Forestal	Fr	Considera áreas en donde existen árboles.
Zona de Pastoreo y Agricultura	P-A	Considera áreas donde existe abundancia de vegetación que sirven para el pastoreo de ganado y cultivos de los lugareños.
Zona Urbana	Urb.	Considera áreas con edificaciones, construcciones y vías de acceso asfaltadas y afirmadas
Zona sin cobertura Vegetal	SCb.	Considera áreas sin cobertura en general actual, ya sea por periodo, áreas sin cultivo y afloramientos rocosos.

Fuente: Elaboración propia

4.3.7. Clima:

El clima de la ciudad de Puno es frío, semiseco a húmedo, moderadamente lluvioso y con una amplitud térmica moderada gracias a la ubicación geográfica cercana al lago Titicaca que ocasiona el efecto termorregulador. La media anual de temperatura es de 14.4°C Y 2.7°C, respectivamente.

Tabla 103*Código de zonas climáticas*

N°	CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS DEL CLIMA
8	C(o,i) C´ H2	Zona de clima semiseco frio, con deficiente de lluvias en otoño e invierno, con humedad relativa calificada como seca.
9	C(o,i,p) C´ H2	Zona de frio, semiseco, con deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa calificada con seca.
4	B(o,i) D´ H3	Zona de clima semifrigido lluvioso con deficiente de lluvias en otoño e invierno, con humedad calificada como húmeda.

Fuente: Plan de prevención y reducción del riesgo de desastres Puno al 2021.

Tabla 104*Promedio de humedad relativa año 2019*

Mes	Humedad Relativa
Enero	67.68
Febrero	72.98
Marzo	69.00
Abril	66.73
Mayo	59.32
Junio	53.89
Julio	53.48
Agosto	32.23
Setiembre	50.12
Octubre	47.68
Noviembre	59.29
Diciembre	66.98
Promedio total	58.28

Fuente: Elaboración propia en base a la información del SENAMHI

4.3.8. Temperatura:

En base a datos obtenidos de la estación convencional – meteorológica de Puno, Se puede establecer que la temperatura promedio de la microcuenca Llavini es de 10°C, teniendo en cuenta el periodo agosto 2018 a julio del 2019, teniendo las temperaturas máximas entre los meses de noviembre y diciembre del 2018 y las temperaturas mínimas en junio y julio del 2018.

Tabla 105

Promedio de temperaturas año 2019

Mes	Temperatura (°C)	
	Máxima	Mínima
Enero	16.88	7.02
Febrero	15.97	7.04
Marzo	16.69	6.72
Abril	16.41	5.47
Mayo	16.43	2.62
Junio	15.64	0.73
Julio	14.97	0.85
Agosto	17.30	-1.50
Setiembre	18.50	1.50
Octubre	18.70	1.40
Noviembre	18.00	3.10
Diciembre	19.00	5.00
Promedio total	17.04	3.33

Fuente: Elaboración propia en base a información del SENAMHI

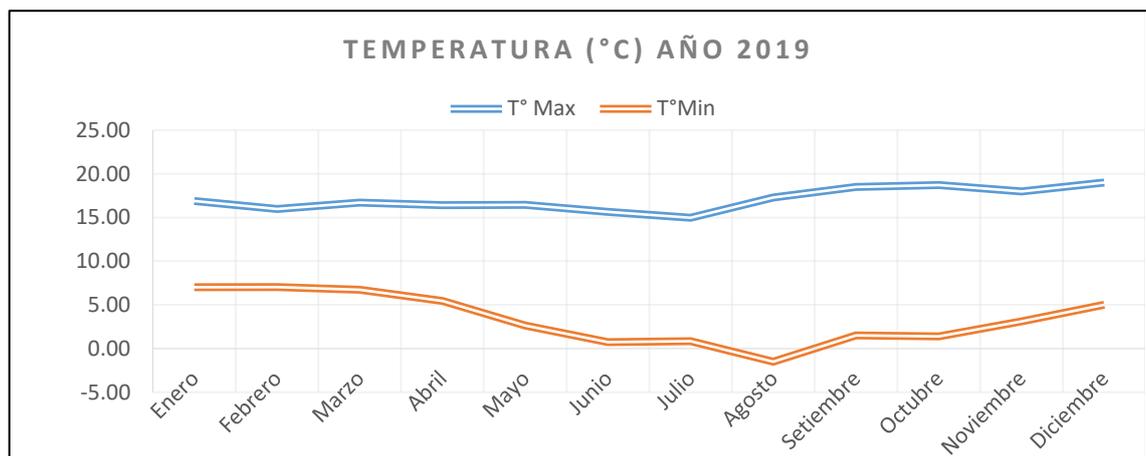


Figura 31: Promedio de temperaturas año 2019. Fuente: Elaborado en Base a datos de SENAMHI.

4.3.9. Precipitaciones:

Los meses con mayores precipitaciones son los meses de diciembre del 2018 y febrero del 2019, teniendo valores de hasta 4.87 mm/día, de igual manera los meses más secos son junio y julio respectivamente.

Tabla 106

Precipitación anual acumulada año 2019

MES	Precipitación(mm)
enero	153.9
febrero	259.8
marzo	346.5
abril	409.4
mayo	427.2
junio	428.9
julio	440.6
agosto	440.6
setiembre	470.2
octubre	521.6
noviembre	608.1
diciembre	679.5

Fuente: Elaboración propia en base a información del SENAMHI

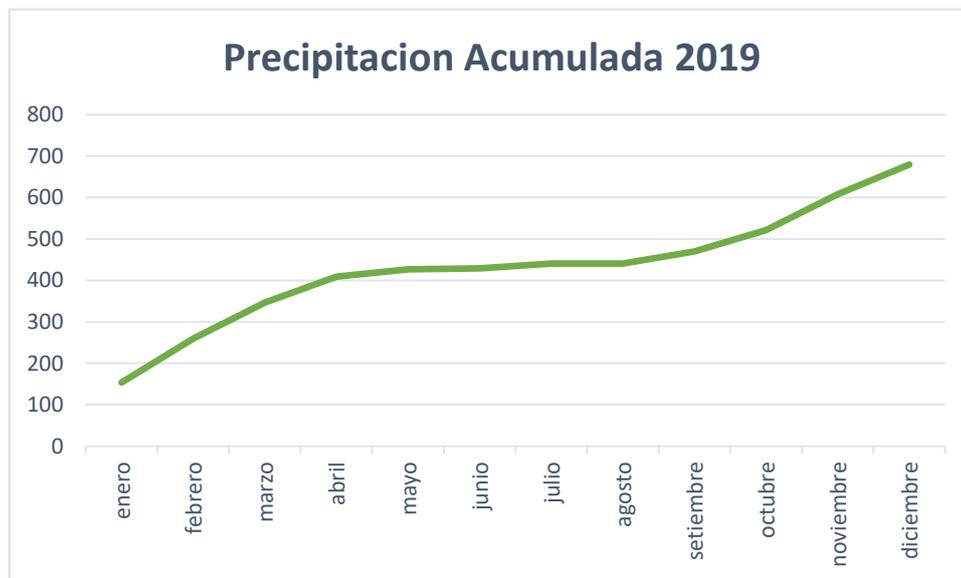


Figura 32: Promedio precipitación 2019. Fuente: Elaborado en base a datos del SENAMHI

CAPITULO V

RESULTADOS

5.3. ANALISIS DE PELIGROSIDAD:

5.1.1. Análisis de Peligrosidad Sísmica:

a) Niveles De Peligro Sísmico:

Tabla 107

Clasificación de rangos y niveles de peligrosidad para peligro sísmico

Rangos de peligro	Niveles de peligro
$0.275 < R \leq 0.499$	Muy alto
$0.146 < R \leq 0.275$	Alto
$0.082 < R \leq 0.146$	Medio
$R < 0.082$	Bajo

Fuente: Análisis propio

b) Estratificación por Peligro Sísmico:

Tabla 108

Estratificación de nivel de peligrosidad para peligro sísmico

Descripción	Nivel
Áreas con geología descrita como material inconsolidados con detritos, arcillas, limos, arenas y gravas no consolidadas pertenecientes al cuaternario aluvial, con pendientes de que van desde empinadas a extremadamente empinadas(50%), sin cobertura superficial existente y emplazados en el sistema antrópico, ubicadas en la zona sísmica número 4, con presencia de fallas superior a 6.	Muy Alto
Áreas con geología descrita como areniscas cuarzosas, lutitas, limolitas y fangolitas pertenecientes al grupo Vilquechico, con pendientes que van de 15% a 50% (Moderadamente Empinada a Empinada), con cobertura existente calificada como urbana, emplazadas en el sistema fluvial, valles juveniles y bofedales, ubicadas en la zona sísmica número 3, con presencia de fallas superior igual a 4 e inferior a 6.	Alto
Áreas con geología descrita calizas masivas, lutitas limolítica rojizas de la formación Ayavacas, con pendientes que van desde los 4% a 15%(Moderadamente Inclinada a Fuertemente Inclinada), con cobertura superficial existente calificada como cobertura de agricultura y pastoreo, emplazadas geomorfológicamente en el sistema Volcanico, con escarpas y farallones, ubicadas en la zona sísmica número 3, con presencia de fallas superior igual a 2 e inferior a 4.	Medio
Áreas con geología descrita como rocas ígneas de origen Volcanico, andesitas, basaltos, ignimbritas pertenecientes al complejo Volcanico Umayo del neógeno - cuaternario, con pendientes de 0% a 4%(Planas a ligeramente inclinadas, con cobertura superficial existente calificada como forestal, emplazadas	Bajo

geomorfológicamente sobre todo el sistema montañoso, ubicadas en la zona sísmica número 4, con presencia de fallas inferior a 2.

Fuente: Análisis propio

C) Mapa de Peligro Sísmico

Los niveles de peligrosidad sísmica se presentan al oeste de la microcuenca Llavini, abarcando áreas como Alto Llavini, parte del mirador en la zona alta y en la zona baja también parte del Barrio Llavini, estos considerados como peligro de nivel muy alto.

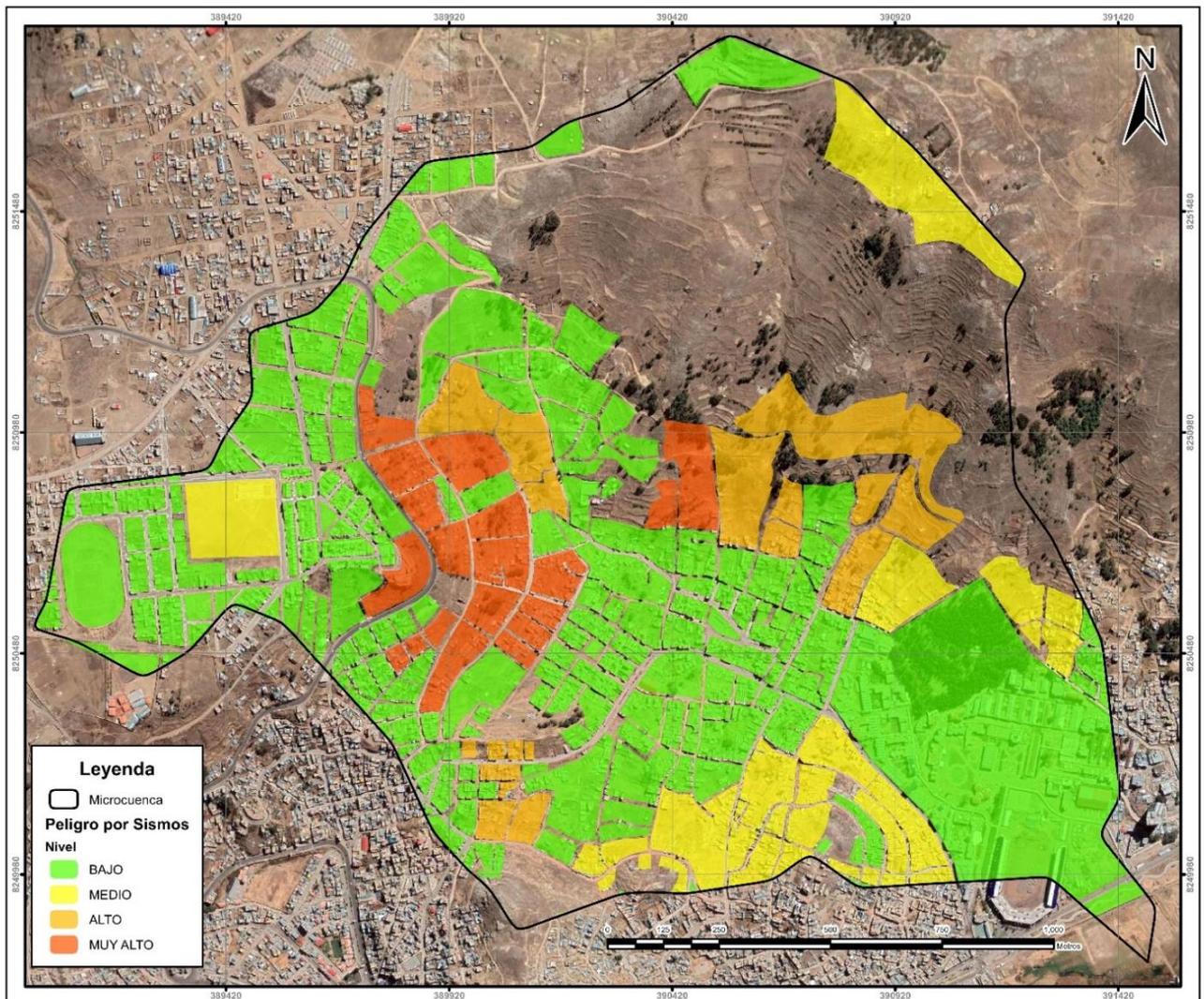


Figura 33: Mapa de Peligro Sísmico. Fuente: elaboración propia.

5.1.2. Análisis de peligrosidad por Movimientos En Masa:

a) Niveles de Peligro por Movimientos en Masa:

Tabla 109

Clasificación de rangos y niveles de peligrosidad para peligro por movimientos en masa

Rangos de peligro	Niveles de peligro
$0.276 < R \leq 0.502$	Muy alto
$0.143 < R \leq 0.276$	Alto
$0.079 < R \leq 0.143$	Medio
$R < 0.079$	Bajo

Fuente: Análisis propio

b) Estratificación De Peligro Por Movimiento En Masa:

Tabla 110

Estratificación de niveles de peligrosidad para peligro por movimientos en masa

Descripción	Nivel
Áreas con pendientes superiores al 50% calificada como muy empinada a extremadamente empinada, con geología descrita principalmente como detritos, limos, arcillas, arenas y gravas no consolidadas clasificadas como cuaternario aluvial, con suelos calificados como gravas, emplazados en zonas sin cobertura vegetal, con geomorfología emplazada en el sistema antrópico, con precipitación es superior igual a 60 mm acumulada por día calificada como torrencial, en zonas donde existen cortes de talud por actividades humanas.	Muy Alto
Áreas con pendientes superiores iguales a 15% y menores a 50%, calificadas como moderadamente empinadas a empinadas, con geología descrita como areniscas cuarzosas, lutitas, limolitas y fangolitas pertenecientes al grupo Vilquechico, suelo clasificado como arenas arcillosas y limosas, con cobertura existente, geomorfológicamente emplazados en el sistema fluvial, con unidades como valles juveniles de tipo v, bofedales, con precipitación entre 30 mm y 60 mm acumulada por día, calificada como precipitaciones muy fuertes, también incluyen zonas en donde se realiza construcciones de viviendas.	Alto
Áreas con pendientes superiores iguales a 4% y menores a 15% calificadas como moderadamente inclinada a fuertemente inclinada, con geología descrita como calizas masivas, lutitas limolítica rojizas de la formación Ayavacas, con suelos calificados como artificial o de relleno, con cobertura existente designadas a la agricultura y el pastoreo, geomorfológicamente emplazados en el sistema Volcanico, con unidades como escarpas y farallones, con precipitación entre 15 mm a 30 mm acumulada por día , calificada como fuerte, donde existe la desforestación por actividades agrícolas.	Medio

Áreas con pendientes inferiores iguales a 4% calificadas como planas casi a nivel hasta ligeramente inclinada, con geología descrita como rocas ígneas de origen volcánico, andesitas, basaltos, ignimbritas pertenecientes al complejo Volcanico Umayo del neógeno - cuaternario, con suelos calificados como arcillas, con cobertura existente calificada como zona forestal, geomorfológicamente emplazadas en todo el sistema montañoso, con precipitaciones mínimas que son inferiores a 15 mm acumulados diarios calificadas como precipitaciones débiles, donde la actividad predominante en agricultura y pastoreo sin alteración excedida de cobertura.

Bajo

Fuente: Análisis propio

C) Mapa De Peligro Por Movimientos En Masa

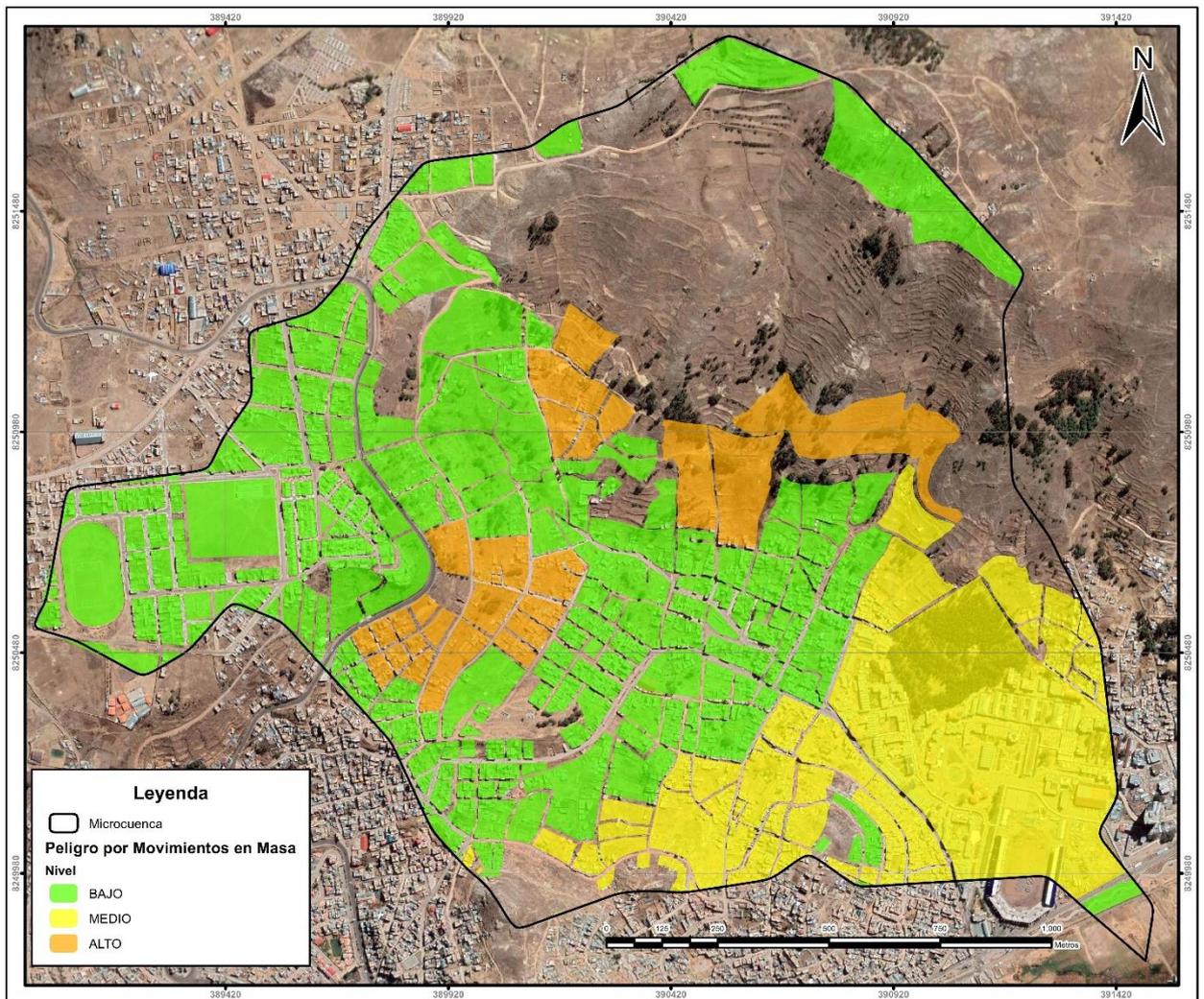


Figura 34: Mapa de peligrosidad por movimientos en masa. Fuente: Elaboración propia

Por último el peligro de nivel bajo en la parte inferior de la microcuenca, abarcando el barrio San José, barrio Vallecito y parte del barrio Llavini. Por último el resto de la microcuenca ante peligro de movimientos en masa se encuentra en nivel bajo. A detalle se encuentra en la figura 35.

5.1.3. Análisis De Peligro Por Inundaciones:

a) Niveles de Peligrosidad por Inundaciones:

Tabla 111

Clasificación de rangos y niveles de peligrosidad para peligro por movimientos en masa

Rangos De Peligro	Niveles de Peligro
$0.275 < R \leq 0.495$	Muy Alto
$0.149 < R \leq 0.275$	Alto
$0.082 < R \leq 0.149$	Medio
$R < 0.081$	Bajo

Fuente: Análisis propio

b) Estratificación de Peligrosidad por Inundaciones:

Tabla 112

Estratificación de niveles de peligrosidad por movimientos en masa

Descripción	Nivel de peligro
Áreas con pendientes que van desde 0% a 4% calificadas como planas, casi a nivel y ligeramente inclinada, geomorfológicamente emplazados en el sistema fluvial, valles juveniles tipo v y Bofedal, con geología descrita como rocas ígneas de origen Volcanico, andesitas, basaltos, ignimbritas pertenecientes al complejo Volcanico Umayo del neógeno – cuaternario. Con precipitación superior igual a 60 mm acumulada por día calificada como torrencial	Muy Alto
Áreas con pendientes que van de 4% a 15% calificadas como moderadamente inclinada a fuertemente inclinada, geomorfológicamente emplazada en el sistema antrópico, con geología descrita como calizas macizas y lutitas rojizas pertenecientes a la formación Ayavacas. Con precipitación entre 30 mm y 60 mm acumulada por día, calificada como precipitaciones muy fuertes,	Alto
Áreas con pendientes que van desde 15% a 50% calificadas como moderadamente empinada a empinada, emplazada geomorfológicamente sobre el sistema montañoso, con geología descrita como areniscas cuarzosas, lutitas, limolitas y fangolitas pertenecientes a la formación Vilquechico. Con precipitación entre 15 mm a 30 mm acumulada por día, calificada como fuerte.	Medio
Áreas Con pendientes fuertes superiores a 50% calificadas como muy empinadas a extremadamente empinadas, emplazada geomorfológicamente sobre el sistema Volcanico, sobre la unidad terraza volcánica, con geología descrita principalmente como detritos, limos, arcillas, arenas y gravas no consolidadas pertenecientes al cuaternario aluvial. Con precipitaciones mínimas que son inferiores a 15 mm acumulados diarios calificados como precipitaciones débiles.	Bajo

Fuente: Análisis propio

C) Mapa De Peligro Por Inundaciones:

El peligro por inundaciones se pronuncia más en las partes bajas de la microcuenca, abarcando los barrios Vallecito y Llavini, considerados como peligro de nivel muy alto, en las áreas circundantes tanto el barrio San José y Vallecito sur se considera de peligro de nivel alto, como se muestra a continuación en la siguiente figura.

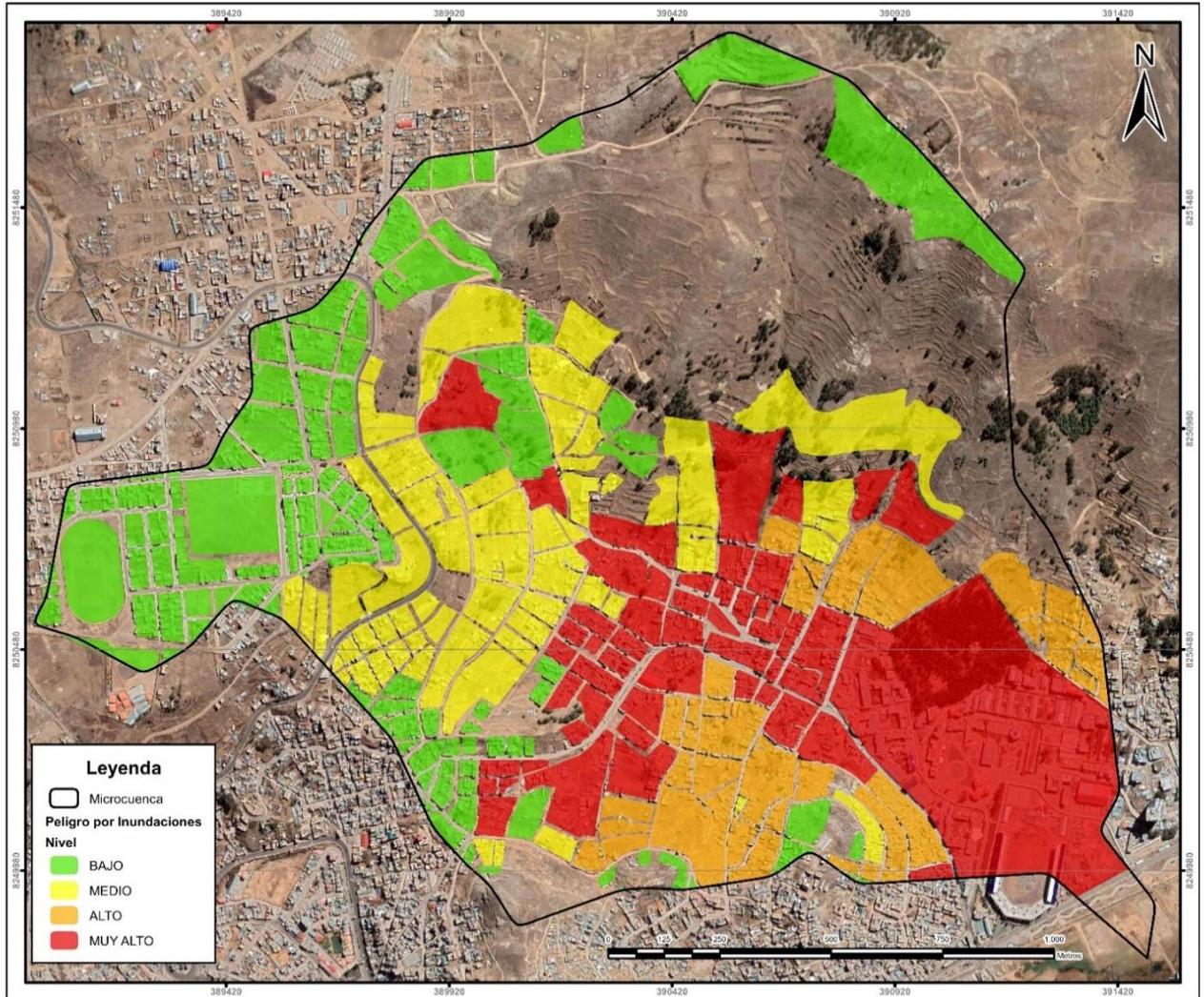


Figura 35: Mapa de peligrosidad por inundaciones. Fuente: Elaboración propia.

Así mismo la peligrosidad de nivel medio se encuentra en la parte alta del barrio Llavini, y por último toda la zona de Yanamayo y partes de los barrios aledaños están fuera de peligro y demarcados con color verde.

5.4. ANALISIS DE VULNERABILIDAD:

5.2.1. Niveles de Vulnerabilidad:

Tabla 113

Clasificación de rangos y niveles de vulnerabilidad para la microcuenca Llavini

Rangos De Vulnerabilidad	Niveles de Vulnerabilidad
$0.260 \leq R < 0.501$	Muy Alto
$0.134 \leq R < 0.260$	Alto
$0.068 \leq R < 0.134$	Medio
$0.035 \leq R < 0.068$	Bajo

Fuente: Análisis propio

5.2.2. Estratificación de niveles de vulnerabilidad:

Tabla 114

Estratificación de niveles de vulnerabilidad para la microcuenca Llavini

Descripción	Nivel
<p>Grupo etareo: de 0 a 5 años y mayor a 65 años, >75% del servicio educativo expuesto del servicio educativo expuesto, Material de construcción de la edificación: Estera/cartón, Estado de conservación de la edificación: Muy malo, Antigüedad de edificación: De 40 a 50 años, Elevación de edificación: 5 pisos a mas, Localización de la edificación: Muy cercana de 0 km a 0.2 km, Servicio de agua potable y saneamiento expuesto: >75%, Servicio de energía eléctrica expuesto: >75%, Servicio agrícola expuesto: > 75%, Organización y capacidad institucional: Presentan gran deficiencia y desaprobación en su gestión, PEA: Población con serias limitaciones socioeconómicas, Deforestación: Áreas sin vegetación donde se construyen edificaciones, Perdida de suelos: Erosión provocada por lluvias, pendientes pronunciadas.</p>	Muy Alta
<p>Grupo etareo: de 5 a 12 años y de 60 a 65 años, $\leq 75\%$ y $> 50\%$ del servicio educativo expuesto, Material de construcción de la edificación: Madera, Estado de conservación de la edificación: Malo, Antigüedad de edificación: De 30 a 40 años, Elevación de edificación: 4 pisos, Localización de la edificación: Cercana de 0.2 km a 1 km, Servicio de agua potable y saneamiento expuesto: $\leq 75\%$ y $> 50\%$, Servicio de energía eléctrica expuesto: $\leq 75\%$ y $> 50\%$, Servicio agrícola expuesto: $\leq 75\%$ y $> 50\%$, Organización y capacidad institucional: presentan poca efectividad durante la gestión, PEA: Población con limitaciones socioeconómicas, Deforestación: Áreas destinadas a la agricultura, Perdida de suelos: Deforestación por expansión urbana agravada</p>	Alta
<p>Grupo etareo: de 12 a 15 años y de 50 a 60 años, $\leq 50\%$ y $> 25\%$ del servicio educativo expuesto, Material de construcción de la edificación: Quincha (caña con barro), Estado de conservación de la edificación: Regular, Antigüedad de edificación: De 20 años a 30 años, Elevación de edificación: 3 pisos, Localización de la edificación: Medianamente cerca de 1 km a 3 km, Servicio de agua potable y saneamiento expuesto: $\leq 50\%$ y $> 25\%$, Servicio de energía eléctrica expuesto: $\leq 50\%$ y $> 25\%$, Servicio agrícola expuesto: $\leq 50\%$ y $> 25\%$, Organización y capacidad institucional: presentan índices de efectividad, PEA: Población con regulares posibilidades socioeconómicas, Deforestación: Áreas destinadas para el pastoreo, Perdida de suelos: Protección inadecuada en los márgenes de corrientes de agua</p>	Media

Grupo etareo: de 15 a 50 años, $\leq 25\%$ del servicio educativo expuesto, Material de construcción de la edificación: Adobe, tapia, ladrillo o bloque de cemento., Estado de conservación de la edificación: Bueno a Muy bueno, Antigüedad de edificación: De 5 a 20 años, Elevación de edificación: menor a 2 pisos, Localización de la edificación: Alejada a Muy alejada superior a 5 km, Servicio de agua potable y saneamiento expuesto al $\leq 25\%$, Servicio de energía eléctrica expuesto: $\leq 25\%$, Servicio agrícola expuesto: $\leq 25\%$, Organización y capacidad institucional: índices interesantes a altos de eficiencia durante la gestión, PEA: Población con posibilidades socioeconómicas, Deforestación: Áreas con árboles o bosques, Pérdida de suelos: Longitud de la pendiente de un suelo, factor cultivo.

Baja

Fuente: Análisis propio

5.2.3. Mapas De Vulnerabilidad:

a) Mapa De Vulnerabilidad Sísmica:

Gran parte de la microcuenca se halla bajo una vulnerabilidad media, la misma esta simbolizada con el color amarillo y condicionado por el factor de conocimiento y capacitación de la población sobre temas de gestión de riesgo en su mayoría.

Seguida por los niveles de vulnerabilidad alta la cual esta simbolizada por el color anaranjado, mismas situaciones están condicionadas en gran parte por el conocimiento de la población sobre temas de gestión de riesgo de desastres, asimismo por la cercanía al peligro existente en la zona.

Seguidamente y en poca menos presencia esta los niveles de vulnerabilidad baja la cual en su mayoría son áreas que no se encuentran pobladas y están lejos de alguna zona de peligro.

Existen pocas zonas con niveles de vulnerabilidad alta esto debido a su cercanía al peligro y la vulnerabilidad de la misma población habitante. A continuación se realiza el detalle en el mapa de vulnerabilidad ante sismos, mostrado en la figura 36.

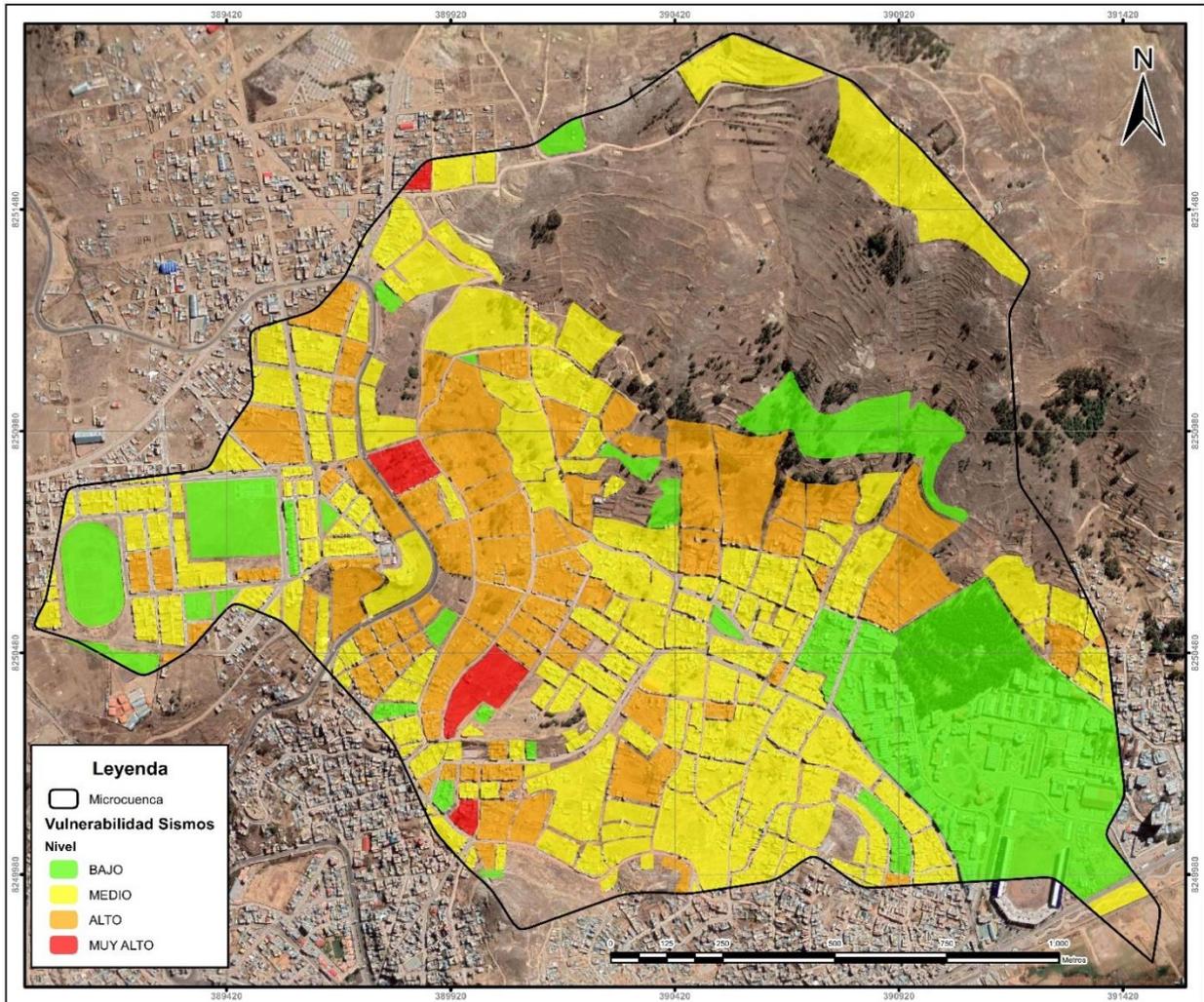


Figura 36: Mapa de vulnerabilidad sísmica. Fuente: Elaboración propia.

b) Mapa De Vulnerabilidad Ante Movimientos En Masa

La vulnerabilidad por movimientos en masa para la microcuenca Llavini muestra dos áreas con nivel muy alto de vulnerabilidad, estado ubicado en los extremos nor-este y sur-oeste de la microcuenca dichos resultado se dan a falta de la poca organización, poco conocimiento y a la ubicación respecto al peligro.

La vulnerabilidad alta se hace presente en el barrio Llavini, Alto Llavini, Vallecito y San José, dichas son consideradas respecto a la distancia del peligro mostrado en el mapa de peligrosidad por movimientos en masa.

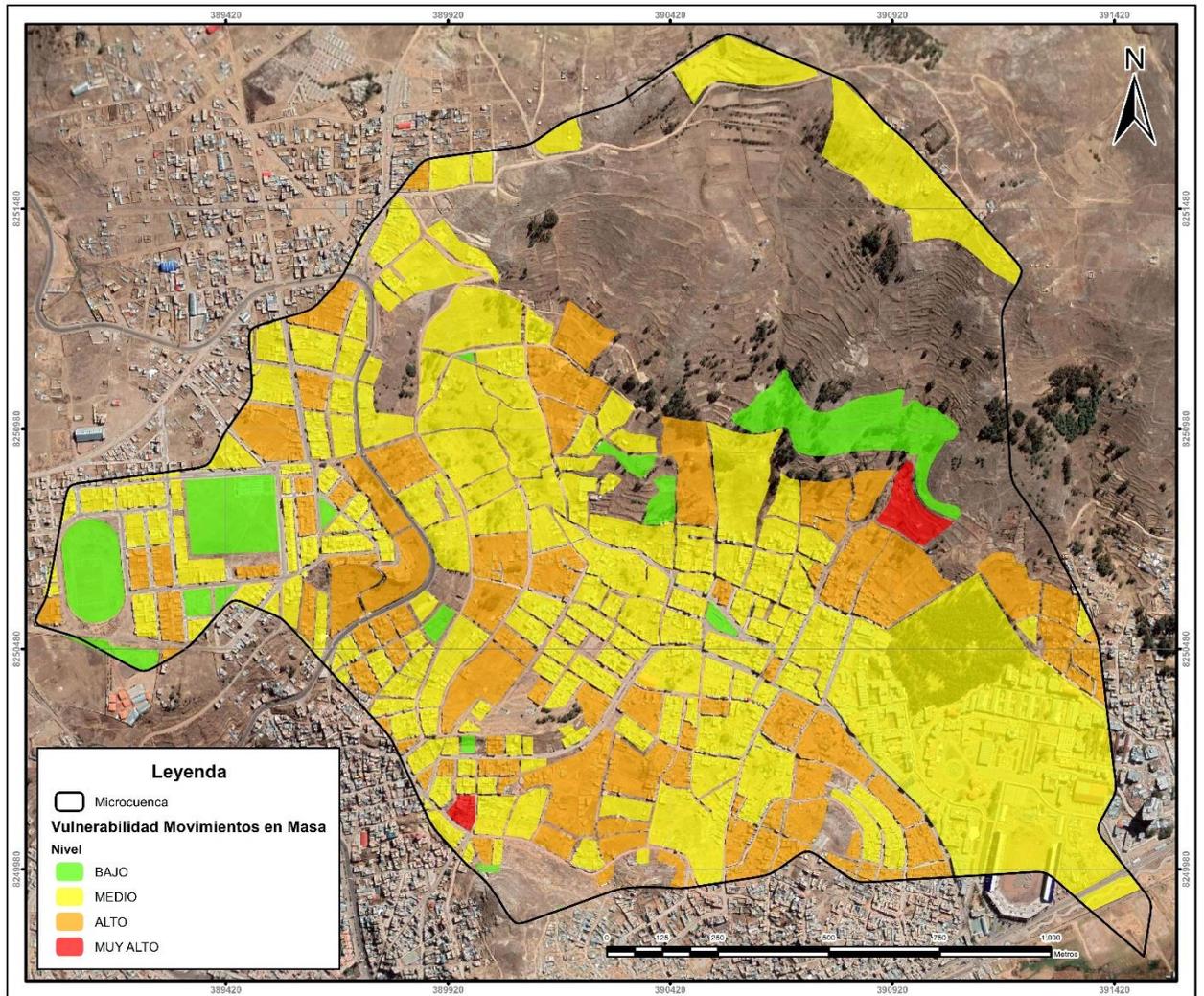


Figura 37: Mapa de vulnerabilidad por movimientos en masa. Fuente: Elaboración propia.

Los niveles de vulnerabilidad media se hacen presente en el centro y la parte baja de la microcuenca Llavini, estado simbolizada con un color amarillo, predominando en el mapa de vulnerabilidad antes movimientos en masa y por ultimo las áreas de vulnerabilidad baja, simbolizadas con color verde y normalmente en áreas de poca presencia poblacional.

c) Mapa De Vulnerabilidad Ante Inundaciones:

La vulnerabilidad alta se muestra en los lugares cercanos al peligro, condicionados al conocimiento de la población sobre gestión de riesgo de desastres, simbolizada con el color rojo, seguido de la vulnerabilidad alta la cual tiene las mismas condiciones anteriores, siendo predominante en la parte baja de la microcuenca y parte central de la misma.

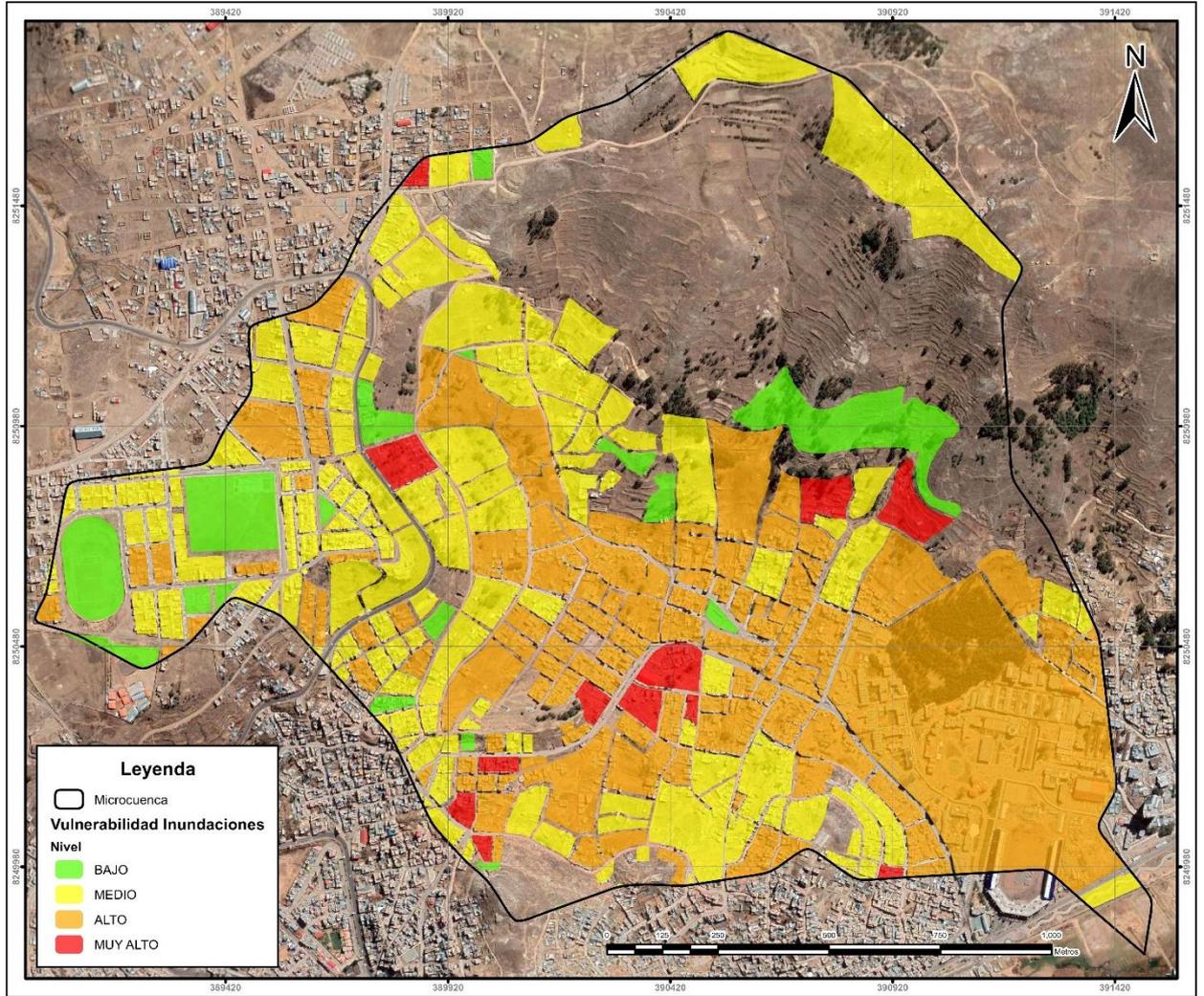


Figura 38: Mapa de vulnerabilidad por inundaciones. Fuente: Elaboración propia.

5.5. DETERMINACION DEL NIVEL DE RIESGO:

5.3.1. Riesgo por Sismos:

a) Matriz de Riesgo por Sismos:

Tabla 115

Matriz de doble entrada peligro sísmico vs vulnerabilidad de la microcuenca Llavini

PMA	0.487	0.033	0.065	0.127	0.244
PA	0.275	0.019	0.037	0.072	0.138
PMA	0.152	0.010	0.020	0.040	0.076
PB	0.086	0.006	0.012	0.022	0.043
		0.068	0.134	0.260	0.501
		VB	VM	VA	VMA

Fuente: Análisis propio

b) Niveles de Riesgo Sísmico:

Tabla 116

Clasificación de rangos y niveles de riesgo sísmico

Rangos de Riesgo	Niveles de Riesgo
$0.127 \leq R < 0.244$	Riesgo muy alto
$0.033 \leq R < 0.127$	Riesgo alto
$0.010 \leq R < 0.033$	Riesgo medio
$0.006 \leq R < 0.010$	Riesgo bajo

Fuente: Análisis propio

c) Estratificación de Riesgo Sísmico:

Tabla 117

Estratificación de riesgo sísmico y sus descripciones

Descripción del Riesgo	Nivel del Riesgo
Áreas con geología descrita como material inconsolidados con detritos, arcillas, limos, arenas y gravas no consolidadas pertenecientes al cuaternario aluvial, con pendientes de que van desde empinadas a extremadamente empinadas(50%), sin cobertura superficial existente y emplazados en el sistema antrópico, ubicadas en la zona sísmica número 4, con presencia de fallas superior a 6. Grupo etareo: de 0 a 5 años y mayor a 65 años, >75% del servicio educativo expuesto del servicio educativo expuesto, Material de construcción de la edificación: Estera/cartón, Estado de conservación de la edificación: Muy malo, Antigüedad de edificación: De 40 a 50 años, Elevación de	Muy Alto



edificación: 5 pisos a mas, Localización de la edificación: Muy cercana de 0 km a 0.2 km, Servicio de agua potable y saneamiento expuesto: >75%, Servicio de energía eléctrica expuesto: >75%, Servicio agrícola expuesto: > 75%, Organización y capacidad institucional: Presentan gran deficiencia y desaprobación en su gestión, PEA: Población con serias limitaciones socioeconómicas, Deforestación: Áreas sin vegetación donde se construyen edificaciones, Perdida de suelos: Erosión provocada por lluvias, pendientes pronunciadas.

Áreas con geología descrita como areniscas cuarzosas, lutitas, limolitas y fangolitas pertenecientes al grupo Vilquechico, con pendientes que van de 15% a 50% (Moderadamente Empinada a Empinada), con cobertura existente calificada como urbana, emplazadas en el sistema fluvial, valles juveniles y bofedales, ubicadas en la zona sísmica número 3, con presencia de fallas superior igual a 4 e inferior a 6. Grupo etareo: de 5 a 12 años y de 60 a 65 años, $\leq 75\%$ y $> 50\%$ del servicio educativo expuesto, Material de construcción de la edificación: Madera, Estado de conservación de la edificación: Malo, Antigüedad de edificación: De 30 a 40 años, Elevación de edificación: 4 pisos, Localización de la edificación: Cercana de 0.2 km a 1 km, Servicio de agua potable y saneamiento expuesto: $\leq 75\%$ y $> 50\%$, Servicio de energía eléctrica expuesto: $\leq 75\%$ y $> 50\%$, Servicio agrícola expuesto: $\leq 75\%$ y $> 50\%$, Organización y capacidad institucional: presentan poca efectividad durante la gestión, PEA: Población con limitaciones socioeconómicas, Deforestación: Áreas destinadas a la agricultura, Perdida de suelos: Deforestación por expansión urbana agravada.

Alto

Áreas con geología descrita calizas masivas, lutitas limolítica rojizas de la formación Ayavacas, con pendientes que van desde los 4% a 15% (Moderadamente Inclinada a Fuertemente Inclinada), con cobertura superficial existente calificada como cobertura de agricultura y pastoreo, emplazadas geomorfológicamente en el sistema Volcanico, con escarpas y farallones, ubicadas en la zona sísmica número 3, con presencia de fallas superior igual a 2 e inferior a 4. Grupo etareo: de 12 a 15 años y de 50 a 60 años, $\leq 50\%$ y $> 25\%$ del servicio educativo expuesto, Material de construcción de la edificación: Quincha (caña con barro), Estado de conservación de la edificación: Regular, Antigüedad de edificación: De 20 años a 30 años, Elevación de edificación: 3 pisos, Localización de la edificación: Medianamente cerca de 1 km a 3 km, Servicio de agua potable y saneamiento expuesto: $\leq 50\%$ y $> 25\%$, Servicio de energía eléctrica expuesto: $\leq 50\%$ y $> 25\%$, Servicio agrícola expuesto: $\leq 50\%$ y $> 25\%$, Organización y capacidad institucional: presentan índices de efectividad, PEA: Población con regulares posibilidades socioeconómicas, Deforestación: Áreas destinadas para el pastoreo, Perdida de suelos: Protección inadecuada en los márgenes de corrientes de agua.

Medio

Áreas con geología descrita como rocas ígneas de origen Volcanico, andesitas, basaltos, ignimbritas pertenecientes al complejo Volcanico Umayo del neógeno - cuaternario, con pendientes de 0% a 4% (Planas a ligeramente inclinadas, con cobertura superficial existente calificada como forestal, emplazadas geomorfológicamente sobre todo el sistema montañoso, ubicadas en la zona sísmica número 4, con presencia de fallas inferior a 2. Grupo etareo: de 15 a 50 años, $\leq 25\%$ del servicio educativo expuesto, Material de construcción de la edificación: Adobe, tapia, ladrillo o bloque de cemento., Estado de conservación de la edificación: Bueno a Muy bueno, Antigüedad de edificación: De 5 a 20 años, Elevación de edificación: menor a 2 pisos, Localización de la edificación: Alejada a Muy alejada superior a 5 km, Servicio de agua potable y saneamiento expuesto al $\leq 25\%$, Servicio de energía eléctrica expuesto: $\leq 25\%$, Servicio agrícola expuesto: $\leq 25\%$, Organización y capacidad institucional: índices interesantes a altos de eficiencia durante la gestión, PEA: Población con posibilidades socioeconómicas, Deforestación: Áreas con árboles o bosques, Perdida de suelos: Longitud de la pendiente de un suelo, factor cultivo.

Bajo

Fuente: Análisis propio

d) Mapa De Riesgo Sísmico:

El nivel de riesgo muy alto se ubica en la parte alta del barrio Llavini, mostrada en la figura 40.

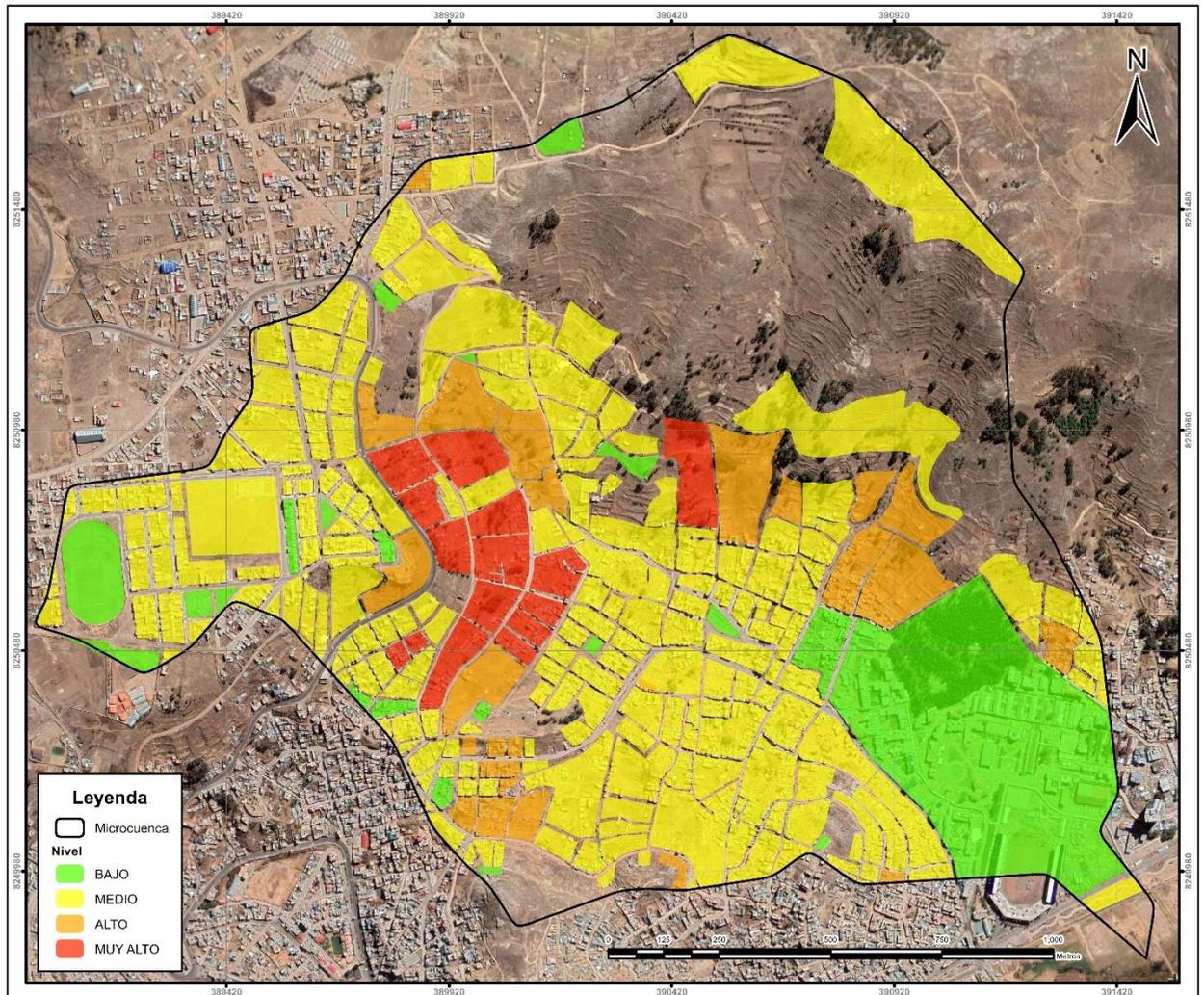


Figura 39: Mapa de riesgo por sismos. Fuente: propia

Estando rodeado por los niveles de riesgo alto, las cuales abarcan los barrios alto Llavini, Llavini y parte de la urbanización virgen de Copacabana. El riesgo que más predomina dentro de la microcuenca es el de nivel medio, simbolizado por el color amarillo, y por ultimo las zonas de riesgo bajo o mínimo, simbolizadas por el color verde los mismos dan como resultado debido a la buena capacitación que se tiene de la población o a la baja densidad poblacional en las áreas.

5.3.2. Riesgo por Movimientos en Masa:

a) Matriz de Riesgo por Movimientos en Masa:

Tabla 118

Matriz de Doble entrada, peligro por movimientos en masa vs vulnerabilidad de la microcuenca Llavini

PMA	0.498	0.034	0.067	0.129	0.249
PA	0.277	0.019	0.037	0.072	0.139
PMA	0.144	0.010	0.019	0.037	0.072
PB	0.081	0.006	0.011	0.021	0.041
		0.068	0.134	0.260	0.501
		VB	VM	VA	VMA

Fuente: Análisis propio

b) Niveles de Riesgo por Movimientos en Masa:

Tabla 119

Clasificación de rangos y niveles de riesgo por movimientos en masa

Rangos de Riesgo	Niveles de Riesgo
$0.129 \leq R < 0.249$	Riesgo muy alto
$0.034 \leq R < 0.129$	riesgo alto
$0.010 \leq R < 0.034$	riesgo medio
$0.006 \leq R < 0.010$	riesgo bajo

Fuente: Análisis propio

c) Estratificación de Riesgo por Movimientos en Masa:

Tabla 120

Estratificación y descripción de niveles de riesgo por movimientos en masa

Descripción del riesgo	Nivel de riesgo
Áreas con pendientes superiores al 50% calificada como muy empinada a extremadamente empinada, con geología descrita principalmente como detritos, limos, arcillas, arenas y gravas no consolidadas clasificadas como cuaternario aluvial, con suelos calificados como gravas, emplazados en zonas sin cobertura vegetal, con geomorfología emplazada en el sistema antrópico, con precipitación es superior igual a 60 mm acumulada por día calificada como torrencial, en zonas donde existen cortes de talud por actividades humanas. Grupo etareo: de 0 a 5 años y mayor a 65 años, >75% del servicio educativo expuesto del servicio educativo expuesto, Material de construcción de la edificación: Estera/cartón, Estado de conservación de la edificación: Muy malo, Antigüedad de edificación: De 40 a 50	Muy Alto



años, Elevación de edificación: 5 pisos a mas, Localización de la edificación: Muy cercana de 0 km a 0.2 km, Servicio de agua potable y saneamiento expuesto: >75%, Servicio de energía eléctrica expuesto: >75%, Servicio agrícola expuesto: > 75%, Organización y capacidad institucional: Presentan gran deficiencia y desaprobación en su gestión, PEA: Población con serias limitaciones socioeconómicas, Deforestación: Áreas sin vegetación donde se construyen edificaciones, Perdida de suelos: Erosión provocada por lluvias, pendientes pronunciadas.

Áreas con pendientes superiores iguales a 15% y menores a 50%, calificadas como moderadamente empinadas a empinadas, con geología descrita como areniscas cuarzosas, lutitas, limolitas y fangolitas pertenecientes al grupo Vilquechico, suelo clasificado como arenas arcillosas y limosas, con cobertura existente, geomorfológicamente emplazados en el sistema fluvial, con unidades como valles juveniles de tipo v, bofedales, con precipitación entre 30 mm y 60 mm acumulada por día, calificada como precipitaciones muy fuertes, también incluyen zonas en donde se realiza construcciones de viviendas. Grupo etareo: de 5 a 12 años y de 60 a 65 años, $\leq 75\%$ y $> 50\%$ del servicio educativo expuesto, Material de construcción de la edificación: Madera, Estado de conservación de la edificación: Malo, Antigüedad de edificación: De 30 a 40 años, Elevación de edificación: 4 pisos, Localización de la edificación: Cercana de 0.2 km a 1 km, Servicio de agua potable y saneamiento expuesto: $\leq 75\%$ y $> 50\%$, Servicio de energía eléctrica expuesto: $\leq 75\%$ y $> 50\%$, Servicio agrícola expuesto: $\leq 75\%$ y $> 50\%$, Organización y capacidad institucional: presentan poca efectividad durante la gestión, PEA: Población con limitaciones socioeconómicas, Deforestación: Áreas destinadas a la agricultura, Perdida de suelos: Deforestación por expansión urbana agravada.

Alto

Áreas con pendientes superiores iguales a 4% y menores a 15% calificadas como moderadamente inclinada a fuertemente inclinada, con geología descrita como calizas masivas, lutitas limolítica rojizas de la formación Ayavacas, con suelos calificados como artificial o de relleno, con cobertura existente designadas a la agricultura y el pastoreo, geomorfológicamente emplazados en el sistema Volcanico, con unidades como escarpas y farallones, con precipitación entre 15 mm a 30 mm acumulada por día, calificada como fuerte, donde existe la deforestación por actividades agrícolas. Grupo etareo: de 12 a 15 años y de 50 a 60 años, $\leq 50\%$ y $> 25\%$ del servicio educativo expuesto, Material de construcción de la edificación: Quincha (caña con barro), Estado de conservación de la edificación: Regular, Antigüedad de edificación: De 20 años a 30 años, Elevación de edificación: 3 pisos, Localización de la edificación: Medianamente cerca de 1 km a 3 km, Servicio de agua potable y saneamiento expuesto: $\leq 50\%$ y $> 25\%$, Servicio de energía eléctrica expuesto: $\leq 50\%$ y $> 25\%$, Servicio agrícola expuesto: $\leq 50\%$ y $> 25\%$, Organización y capacidad institucional: presentan índices de efectividad, PEA: Población con regulares posibilidades socioeconómicas, Deforestación: Áreas destinadas para el pastoreo, Perdida de suelos: Protección inadecuada en los márgenes de corrientes de agua.

Medio

Áreas con pendientes inferiores iguales a 4% calificadas como planas casi a nivel hasta ligeramente inclinada, con geología descrita como rocas ígneas de origen volcánico, andesitas, basaltos, ignimbritas pertenecientes al complejo Volcanico Umayo del neógeno - cuaternario, con suelos calificados como arcillas, con cobertura existente calificada como zona forestal, geomorfológicamente emplazadas en todo el sistema montañoso, con precipitaciones mínimas que son inferiores a 15 mm acumulados diarios calificadas como precipitaciones débiles, donde la actividad predominante en agricultura y pastoreo sin alteración excedida de cobertura. Grupo etareo: de 15 a 50 años, $\leq 25\%$ del servicio educativo expuesto, Material de construcción de la edificación: Adobe, tapia, ladrillo o bloque de cemento., Estado de conservación de la edificación: Bueno a Muy bueno, Antigüedad de edificación: De 5 a 20 años, Elevación de edificación: menor a 2 pisos, Localización de la edificación: Alejada a Muy alejada superior a 5 km,

Bajo

Servicio de agua potable y saneamiento expuesto al $\leq 25\%$, Servicio de energía eléctrica expuesto: $\leq 25\%$, Servicio agrícola expuesto: $\leq 25\%$, Organización y capacidad institucional: índices interesantes a altos de eficiencia durante la gestión, PEA: Población con posibilidades socioeconómicas, Deforestación: Áreas con árboles o bosques, Pérdida de suelos: Longitud de la pendiente de un suelo, factor cultivo.

Fuente: Análisis propio

d) Riesgo Por Movimientos En Masa:

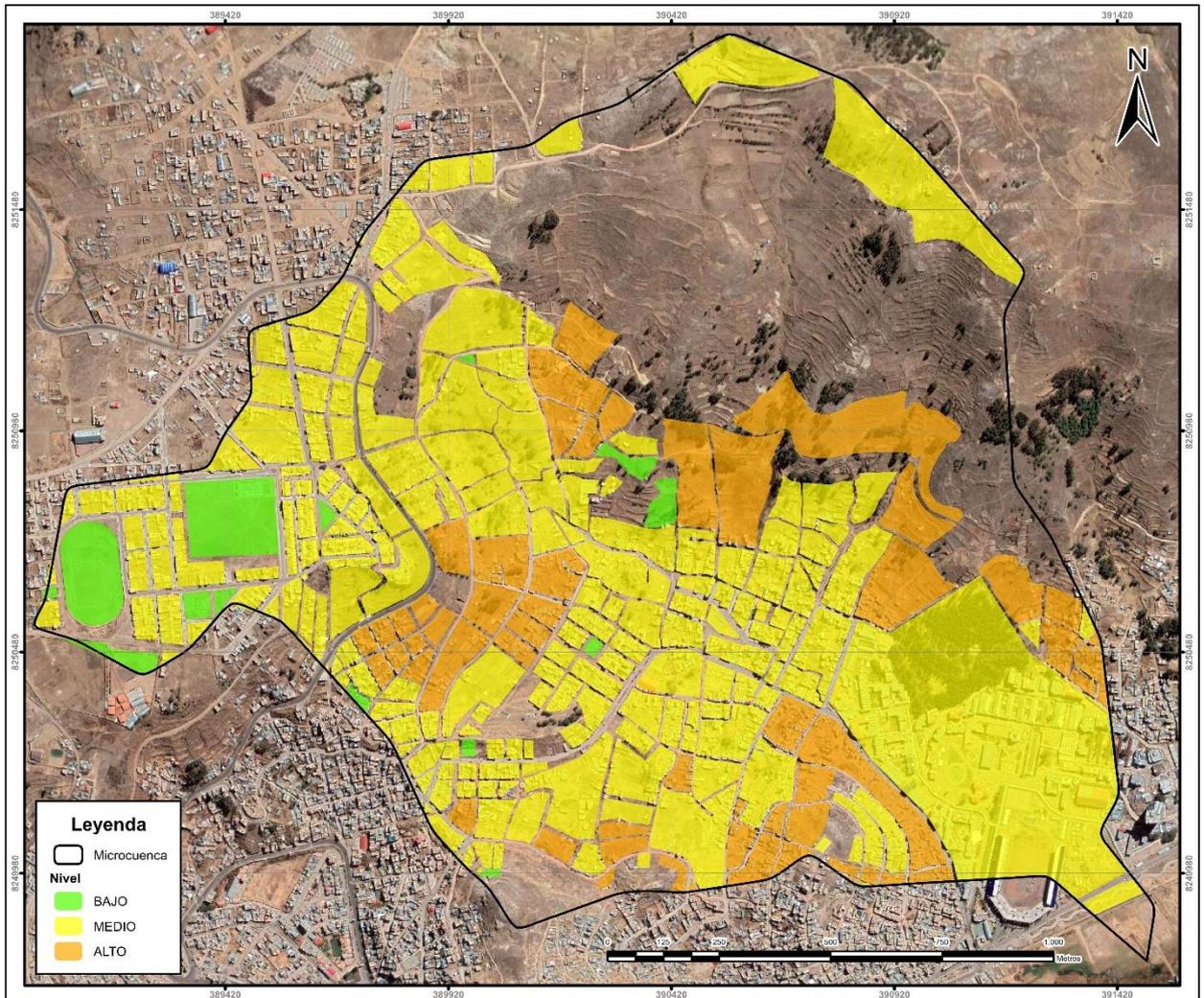


Figura 40: Mapa de riesgo por movimientos en masa. Fuente: elaboración propia.

Los niveles muy altos se hacen presente en los Barrios Llavini, Alto Llavini, Vallecito y San José, los cuales son simbolizados por el color anaranjado. Seguido de la vulnerabilidad media simbolizada por el color amarillo emplazada en gran parte de la Microcuenca Llavini.

5.3.3. Riesgo por Inundaciones:

a) Matriz de Riesgo por Inundaciones:

Tabla 121

Matriz de doble entrada, peligro por inundaciones vs vulnerabilidad de la microcuenca Llavini

PMA	0.486	0.033	0.065	0.126	0.243
PA	0.277	0.019	0.037	0.072	0.139
PMA	0.151	0.010	0.020	0.039	0.076
PB	0.086	0.006	0.012	0.022	0.043
		0.068	0.134	0.260	0.501
		VB	VM	VA	VMA

Fuente: Análisis propio

b) Niveles de Riesgo por Inundaciones:

Tabla 122

Clasificación de rangos y niveles para el riesgo por inundaciones

Rangos de Riesgo	Niveles de Riesgo
$0.126 \leq R < 0.243$	Riesgo muy alto
$0.033 \leq R < 0.126$	riesgo alto
$0.010 \leq R < 0.033$	riesgo medio
$0.006 \leq R < 0.010$	riesgo bajo

Fuente: Análisis propio

c) Estratificación de Riesgo por Inundaciones:

Tabla 123

Estratificación y descripción de niveles para el riesgo por inundaciones

Descripción del Riesgo	Nivel de Riesgo
Áreas con pendientes que van desde 0% a 4% calificadas como planas, casi a nivel y ligeramente inclinada, geomorfológicamente emplazados en el sistema fluvial, valles juveniles tipo v y Bofedal, con geología descrita como rocas ígneas de origen Volcanico, andesitas, basaltos, ignimbritas pertenecientes al complejo Volcanico Umayo del neógeno – cuaternario. Con precipitación superior igual a 60 mm acumulada por día calificada como torrencial. Grupo etareo: de 0 a 5 años y mayor a 65 años, >75% del servicio educativo expuesto del servicio educativo expuesto, Material de construcción de la edificación: Estera/cartón, Estado de conservación de la edificación: Muy malo, Antigüedad de edificación: De 40 a 50 años, Elevación de edificación: 5 pisos	Muy Alto



a mas, Localización de la edificación: Muy cercana de 0 km a 0.2 km, Servicio de agua potable y saneamiento expuesto: >75%, Servicio de energía eléctrica expuesto: >75%, Servicio agrícola expuesto: > 75%, Organización y capacidad institucional: Presentan gran deficiencia y desaprobación en su gestión, PEA: Población con serias limitaciones socioeconómicas, Deforestación: Áreas sin vegetación donde se construyen edificaciones, Pérdida de suelos: Erosión provocada por lluvias, pendientes pronunciadas.

Áreas con pendientes que van de 4% a 15% calificadas como moderadamente inclinada a fuertemente inclinada, geomorfológicamente emplazada en el sistema antrópico, con geología descrita como calizas macizas y lutitas rojizas pertenecientes a la formación Ayavacas. Con precipitación entre 30 mm y 60 mm acumulada por día, calificada como precipitaciones muy fuertes. Grupo etareo: de 5 a 12 años y de 60 a 65 años, $\leq 75\%$ y $> 50\%$ del servicio educativo expuesto, Material de construcción de la edificación: Madera, Estado de conservación de la edificación: Malo, Antigüedad de edificación: De 30 a 40 años, Elevación de edificación: 4 pisos, Localización de la edificación: Cercana de 0.2 km a 1 km, Servicio de agua potable y saneamiento expuesto: $\leq 75\%$ y $> 50\%$, Servicio de energía eléctrica expuesto: $\leq 75\%$ y $> 50\%$, Servicio agrícola expuesto: $\leq 75\%$ y $> 50\%$, Organización y capacidad institucional: presentan poca efectividad durante la gestión, PEA: Población con limitaciones socioeconómicas, Deforestación: Áreas destinadas a la agricultura, Pérdida de suelos: Deforestación por expansión urbana agravada.

Alto

Áreas con pendientes que van desde 15% a 50% calificadas como moderadamente empinada a empinada, emplazada geomorfológicamente sobre el sistema montañoso, con geología descrita como areniscas cuarzosas, lutitas, limolitas y fangolitas pertenecientes a la formación Vilquechico. Con precipitación entre 15 mm a 30 mm acumulada por día, calificada como fuerte. Grupo etareo: de 12 a 15 años y de 50 a 60 años, $\leq 50\%$ y $> 25\%$ del servicio educativo expuesto, Material de construcción de la edificación: Quincha (caña con barro), Estado de conservación de la edificación: Regular, Antigüedad de edificación: De 20 años a 30 años, Elevación de edificación: 3 pisos, Localización de la edificación: Medianamente cerca de 1 km a 3 km, Servicio de agua potable y saneamiento expuesto: $\leq 50\%$ y $> 25\%$, Servicio de energía eléctrica expuesto: $\leq 50\%$ y $> 25\%$, Servicio agrícola expuesto: $\leq 50\%$ y $> 25\%$, Organización y capacidad institucional: presentan índices de efectividad, PEA: Población con regulares posibilidades socioeconómicas, Deforestación: Áreas destinadas para el pastoreo, Pérdida de suelos: Protección inadecuada en los márgenes de corrientes de agua.

Medio

Áreas Con pendientes fuertes superiores a 50% calificadas como muy empinadas a extremadamente empinadas, emplazada geomorfológicamente sobre el sistema Volcánico, sobre la unidad terraza volcánica, con geología descrita principalmente como detritos, limos, arcillas, arenas y gravas no consolidadas pertenecientes al cuaternario aluvial. Con precipitaciones mínimas que son inferiores a 15 mm acumulados diarios calificados como precipitaciones débiles. Grupo etareo: de 15 a 50 años, $\leq 25\%$ del servicio educativo expuesto, Material de construcción de la edificación: Adobe, tapia, ladrillo o bloque de cemento., Estado de conservación de la edificación: Bueno a Muy bueno, Antigüedad de edificación: De 5 a 20 años, Elevación de edificación: menor a 2 pisos, Localización de la edificación: Alejada a Muy alejada superior a 5 km, Servicio de agua potable y saneamiento expuesto al $\leq 25\%$, Servicio de energía eléctrica expuesto: $\leq 25\%$, Servicio agrícola expuesto: $\leq 25\%$, Organización y capacidad institucional: índices interesantes a altos de eficiencia durante la gestión, PEA: Población con posibilidades socioeconómicas, Deforestación: Áreas con árboles o bosques, Pérdida de suelos: Longitud de la pendiente de un suelo, factor cultivo.

Bajo

Fuente: Análisis propio

d) Riesgo Por Inundaciones:

Se observa que en la parte baja de la microcuenca los niveles de riesgo por inundaciones son altos, disminuyendo hacia el nor este de la microcuenca.

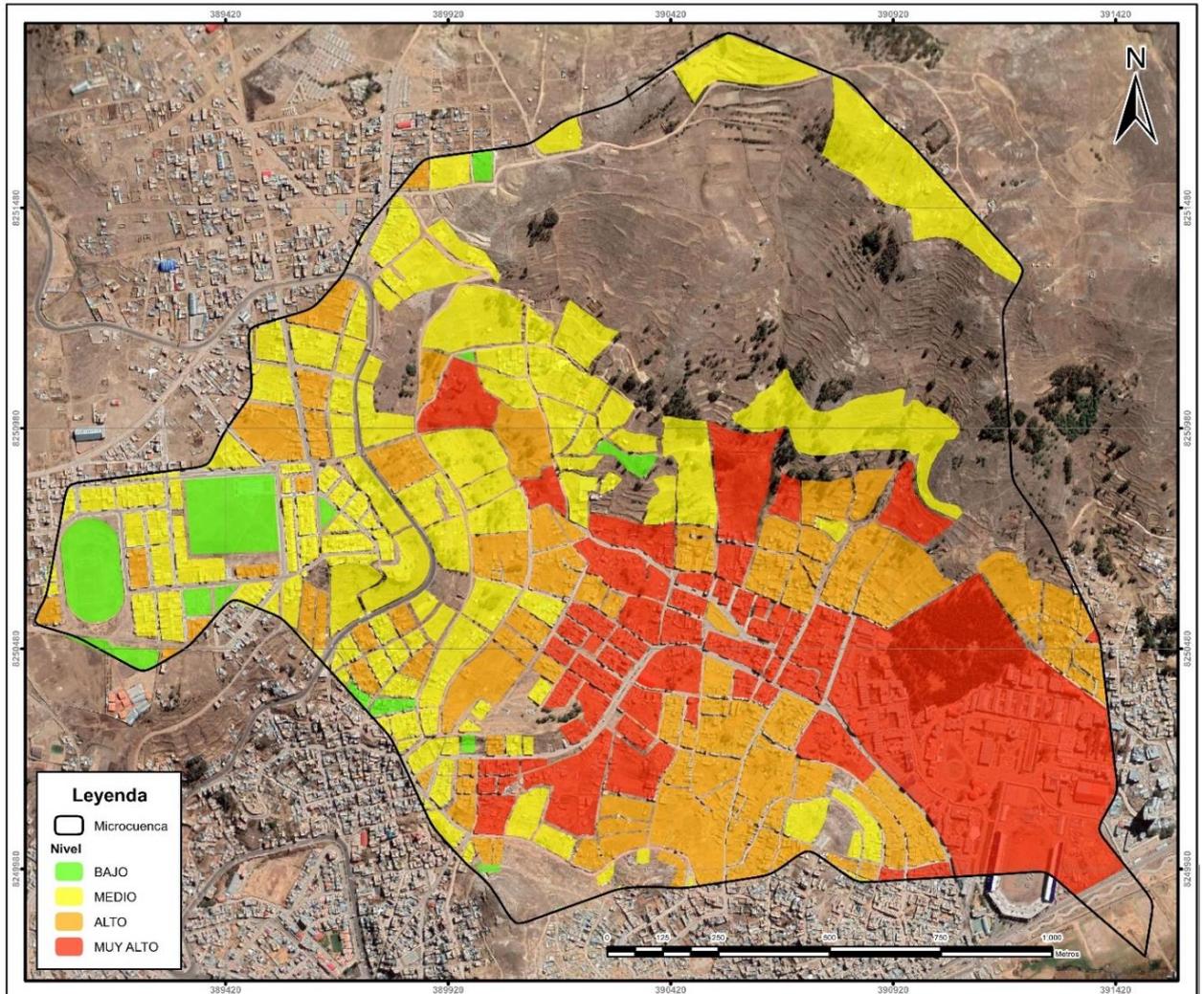


Figura 41: Mapa de riesgo por inundaciones. Fuente: propia



VI. CONCLUSIONES

- Se determinó que la peligrosidad por inundaciones es de mayor relevancia, abarcando el 47%, seguido de la peligrosidad sísmica con un 20% y la peligrosidad por movimientos en masa en un 13% del área total, manifestándose en la zona central y baja de la microcuenca.
- Se establece que la vulnerabilidad alta representan menos del 10% de la microcuenca Llavini, esta distribución depende de la exposición y proximidad al peligro, donde resaltan los niveles de vulnerabilidad ante inundaciones, en la parte baja de la microcuenca, la vulnerabilidad por movimientos en masa en las laderas de los cerros y la vulnerabilidad sísmica en la parte media de la microcuenca.
- Se definió que los niveles de riesgo por inundaciones en la parte baja de la microcuenca abarcan el 59% del área total, el riesgo por movimientos en masa ocupan un 23% del área y por último el riesgo sísmico abarca un 20% del área que se muestra en el barrio Alto Llavini.



VII. RECOMENDACIONES

- A fin de evitar la exposición de la población a los peligros se recomienda realizar evaluaciones de riesgo, estudios de peligrosidad más específicos para su difusión y para la toma de decisiones, como la intangibilidad de zonas para los usos de suelos como construcción de viviendas y edificaciones.
- Para disminuir la vulnerabilidad de la población se recomienda brindar capacitaciones y refuerzo en tema de gestión del riesgo de desastres, apoyo en la edificación o recomendar asesoría para la construcción de viviendas así estas sean de carácter sísmo resistente, en lugares adecuados, lejos de zonas expuestas a movimientos en masa e inundaciones, asimismo un buen desarrollo urbano en conjunto con la población.
- Prepararse conjuntamente la población y las entidades para la prevención de un posible riesgo, para tomar decisiones preventivas, de respuesta y correctivas, como medidas estructurales, no estructurales, simulacros, mochilas de emergencia, señalización de áreas seguras, etc.



VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcantara, G. H. (2010). *Pendiente de los suelos del departamento de Cajamarca*. Cajamarca, Perú.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2015). *Perfil de Riesgo por Inundaciones en el Perú*.
- Castro , M. (2017). *Evaluacion de riegos geologicos de la zona urbana, distrito de Ollachea - Carabaya*. Puno: Repositorio Institucional UNA - PUNO.
- CENEPRED. (2014). *Manual para la Evaluacion de Riesgos Originados por Fenomenos Naturales* (Vol. 2). Lima, Perú.
- CENEPRED. (2014). *Manual para la Evaluacion de Riesgos Originados por Inundaciones Fluviales*. Lima, Perú.
- CENEPRED, C. N. (2017). *Manual para la Evaluacion del Riesgo por Sismos* (Vol. 1). Lima.
- Crispin, A. A. (2017). *Escenario de riesgo sismico y lluvias intensas en el area urbana de Chosica*. Lima, Perú.
- Cruz Roja Colombiana. (1990). Inundaciones. *Prevencion y Atencion de Desastres*, 34.
- Cruz, C. (julio de 2000). Movimientos en Masa. *Boletin de Geologia*, 67.
- Estrada, L. A. (2012). *Apuntes de Sismologia*. Tucuman, Argentina.
- Giner, J., & Molina, S. (2001). *Sismicidad y Riesgo Sísmico en la C.A.V*. Alicante, España: Club Universitario.
- Gobierno Regional Puno. (2008). *Plan de Desarrollo Regional Concertado al 2021*. Puno.
- Gonzales, A., & Lopez , R. (2015). *Informe Final del Area de Geologia Region Puno*. Puno.
- Gonzalo, W., & Paucar, M. (2020). *Analisis y estimacion de un modelo probabilista de riesgo por inundacion, aplicado a la microcuenca Llavini, distrito, provincia y region de Puno - Peru*. Puno: Repositorio Universidad Nacional del Altiplano.
- IGP, I. G. (2017). *Mapa Sismico del Perú*. Perú.



- INDECI. (2011). *Manual de estimacion del riesgo ante inundaciones fluviales*. Lima: Litigraf EIRL.
- INDECI. (2011). *Manual de Estimacion del Riesgo Ante Movimientos en Masa en Laderas* . Lima, Perú.
- INDECI. (2011). *Mapa de Peligros y Medidas de Mitigacion Ante Desastres* . Cusco.
- INDECI, I. N. (2006). *Manual Basico para la Estimacion de Riesgos*. Lima, Perú.
- Informatica, I. N. (s.f.). *Censos Nacionales* .
- INGEMMET. (2005). *Movimientos en Masa: Deslizamientos y Huaycos en la Cuenca de la Quebrada Paihua*. Lima: IINGEMMET.
- INGEMMET. (2011). *Memoria sobre la geologia economica de la region Puno*. Lima.
- INGEMMET. (2016). *Informe Lito-Bioestratigrafico de la Cuenca Sedimentaria Occidental del Sur del Peru, Entre 13°S y 15°S*. Lima: INGEMMET.
- Lopez , E. G. (2020). *Evaluacion de riesgos geologicos en el cerro Azoguini - Puno*. Puno: Repositorio Universidad Nacional del Altiplano.
- Ministerio de Agriltura del Perú. (02 de Setiembre de 2009). *Reglamento de Clasifiacion de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor*. *El Peruano*, pág. 18.
- Ministerio de Vivienda, Construccion y Saneamiento. (2014). *Zonas sismicas segun el reglamento nacional de edificaciones*. Lima: Diario el Peruano.
- Monjo, R. (2010). *El indice n de la precipitacion intensa* . Valencia .
- Moran, W. C. (1989). *Hidrologia* . Lima.
- Municipalidad Provincial de Puno, M. (2012). *Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Puno*. Puno.
- Narváez , L., Lavell, A., & Perez, G. (2009). *Gestion del Riesgo de Desastres: Un Enfoque Basado en Procesos* (1 ed.). Lima, Perú: PULL CREATIVO S.R.L.
- PNUD. (2010). *Evaluacion del Riesgo de Desastres. Buró de Prevención de Crisis y Recuperación*. Obtenido de www.undp.org/cpr/we_do/disaster_global_risk_id.shtml



- Rodriguez, R., Benito, A., & Portela, A. (2004). *Metereologia y Climatologia*. Madrid: Villena Artes Graficas.
- Rucks, L. (2004). *Propiedades Fisicas del Suelo*. Montevideo.
- Salamanca , L. A. (2009). *Estudio de resiliencia de desastres en seis barrios de la Paz, Bolivia*. La Paz.
- SENAMHI, S. N. (2016). *Informe de Transferencia de Gestion*. Lima.
- SGM, S. G. (22 de marzo de 2017). *Servicio Geologico Mexicano*. Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/157799/Peligros-y-Riesgos.pdf>
- Sistema Regional de Defensa Civil. (2016). *Plan Regional de Gestion del Riesgo de Desastres*. Puno, Puno, Puno: GRP.
- Soldano, A. (2008). Inundaciones: ¿que es susceptibilidad? En A. Soldano, *Conceptos Sobre Riesgo* (pág. 5). Cordoba .
- Suarez, J. (1998). *Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga, Colombia: Publicaciones UIS.
- Tavera, H., & Buforn, E. (1998). *Sismicidad y Sismotectonica de Perú*. Madrid, España.
- UNISDR. (2009). *Terminologia Sobre Reduccion del Riesgo de Desastres*. Ginebra, Suiza. Obtenido de https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf
- Universidad Nacional del Altiplano. (2019). *PLan Estrategico Institucional 2020 - 2022*. Puno.
- Zavala, C., & De La Cruz, M. (2016). OLISTOSTROMA CALIZAS AYABACAS EN LA REGIÓN DEL ALTIPLANO, PUNO: CONTEXTO GEOLOGICO PARA EL PROYETO GLOBAL GEOSITES. *XVIII Congreso Peruano de Geologia*, 4.



ANEXOS

A. ENCUESTA

B. LAMINAS

C. PANEL FOTOGRÁFICO