

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS

**IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS POR GEODINÁMICA
EXTERNA EN LA QUEBRADA KITAMAYO, DISTRITO DE PISAC,
PROVINCIA DE CALCA, CUSCO 2022**

PRESENTADO POR:

Br. MAYSELA VALDIVIA CHAHUAYLLA Br.
JHON ALBERT YUCRA QQUECCAÑO

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO GEÓLOGO**

ASESOR:

MGT. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA

CUSCO-PERU

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: "IDENTIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICOS POR GEODINAMICA EXTERNA EN LA QUEBRADA KITATAYO, DISTRITO DE PASAC, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO 2022"

presentado por: JHON ALBERT YUCHA ROQUECAÑO con DNI Nro.: 71847607

presentado por: MAYSELA VALDIVIA CHAHUAYITA con DNI Nro.: 72968039

para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO GEOLOGO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 22 de ENERO de 2024



Firma

Post firma: EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA

Nro. de DNI: 23853084

ORCID del Asesor: 0000-0002-3226-0254

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: 27259:310315695

NOMBRE DEL TRABAJO

Identificación de Peligros Geológicos por Geodinámica Externa en la quebrada Kit amayo distrito de Pi

AUTOR

Valdivia, M.-Yucra J.

RECUENTO DE PALABRAS

41736 Words

RECUENTO DE CARACTERES

233710 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

192 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

6.3MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 22, 2024 8:43 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 22, 2024 8:45 PM GMT-5

● 10% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 10% Base de datos de Internet

● Excluir del Reporte de Similitud

- Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- Material bibliográfico
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de trabajos entregados
- Coincidencia baja (menos de 40 palabras)

AGRADECIMIENTOS

Un eterno agradecimiento a dios por la posibilidad de brindarnos la oportunidad de realizar nuestro sueño de ser profesionales.

Agradecemos a nuestra alma mater que es la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), por darnos la oportunidad de alcanzar una meta más.

Queremos agradecer a todas las personas que hicieron posible la culminación de este trabajo de investigación y que de alguna manera estuvieron con nosotros en los momentos buenos y malos. De la misma manera nuestro agradecimiento a los ingenieros dictaminantes, pues sus aportes han permitido enriquecer el presente trabajo.

A todos los docentes de nuestra carrera profesional de ingeniería geológica, quienes con sus conocimientos y consejos hicieron posible nuestra formación profesional durante la trayectoria de nuestra vida universitaria.

Un profundo y sincero agradecimiento a la Ing. Alcira Olivera, por su apoyo incondicionalmente durante la realización del presente trabajo, pero, ante todo, gracias por la amistad brindada.

A todos nuestros amigos Iris, Norma, Alexis, Oliver, Julio Cesar y compañeros que directa e indirectamente han participado y contribuyeron en el desarrollo y culminación del presente trabajo.

DEDICATORIA

A dios

Por estar siempre conmigo, por todas las maravillosas bendiciones con que llenas mi vida en cada nuevo día y ser la luz que guía mi camino.

De igual manera, dedico esta tesis a mi madre **Eugerría Chahuaylla Pelayo**, por ser mi ejemplo de fuerza y determinación por el apoyo en todas mis metas. A mi padre **Teófilo Valdivia Arotaype**, por cada palabra, por cada consejo, por todo tu esfuerzo, por inculcarme buenos valores y hábitos, les agradezco infinitamente porque nunca dejaron de creer en mí, por su apoyo incondicional y estar conmigo en todas las etapas de mi vida.

De igual manera a mis hermanos y a todas las personas que hicieron posible hacer realidad este sueño.

Atte: Maysela Valdivia Chahuaylla

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios y a la Virgen del Carmen que me dieron la salud y las fuerzas necesarias para poder concluir de manera satisfactoria esta tesis.

En segundo lugar, a mis padres, Juliana Mamani Qqueccaño y Julio Yucra Gonzales, que me impartieron valores y siempre estuvieron allí motivándome a seguir adelante con sus buenos consejos y por darme seguridad en momentos difíciles; a mis hermanas, cuñados y sobrinos por entusiasmarme a continuar en cumplir mis metas y su total apoyo para realizar la tesis gracias a ellos por confiar en mí.

Y en tercer lugar a todas las personas que fueron partícipes en la culminación de esta tesis.

Muchas gracias infinitas a todos ustedes.

Atte.: Jhon Albert Yucra Qqueccaño

INDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO I.....	4
ASPECTOS GENERALES.....	4
1.1. Generalidades.....	4
1.2. Ubicación	4
1.2.1. Ubicación Política.....	4
1.2.2. Ubicación Geográfica	4
1.2.3. Ubicación Hidrográfica.....	4
1.3. Accesibilidad.....	5
1.4. Clima.....	6
1.5. Justificación e importancia del estudio	7
1.6. Planteamiento del problema.....	8
1.6.1. Descripción del problema	8
1.6.2. Problema principal	8
1.6.2.1. Problemas específicos	9
1.7. Objetivos de la investigación	9
1.7.1. Objetivos generales.....	9
1.7.2. Objetivos específicos	9
1.8. Marco teórico	10
1.9. Antecedentes	22
1.9.1. Antecedentes bibliográficos.....	22
1.9.2. Antecedentes históricos	26
1.10. Hipótesis de investigación	27
1.10.1. Hipótesis específicas.....	28
1.11. Metodología	28
1.11.1. Metodología del trabajó	28
1.11.2. Metodología de investigación	31

CAPITULO II	32
GEOMORFOLOGÍA	32
2.1. Geomorfología regional	32
2.1.1. Unidades geomorfológicas regionales	32
2.2. Unidades geomorfológicas del Vilcanota	32
2.2.1. Anticlinal del Vilcanota	32
2.2.2. Valle fluvial	32
2.2.3. Montaña	33
2.2.4. Vertiente.....	34
2.3. Unidades geomorfológicas de la quebrada Kitamayo	36
2.3.1. Cauce natural	36
2.3.2. Cono aluvial	36
2.3.3. Cresta de la quebrada.....	37
2.3.4. Cárcavas	38
2.3.5. Escarpas	38
2.3.6. Laderas.....	39
2.3.7. Laguna glacial.....	40
2.3.8. Morrenas	40
2.3.9. Planicies	41
2.3.10. Plataformas	41
2.3.11. Terraza fluvial.....	42
2.3.12. Vertientes	43
2.4. Pendientes	45
2.4.1. Pendientes llanas a ligeramente inclinadas (0°- 7°).....	45
2.4.2. Pendientes moderadamente a fuertemente inclinadas (7°- 14°)	46
2.4.3. Pendientes ligeramente a moderadamente empinadas (14°- 25°).....	46
2.4.4. Pendientes fuertemente empinadas a empinadas (25°- 35°).....	46
2.4.5. Pendientes escarpadas (35° a mas)	47
2.5. Cobertura vegetal	49
CAPITULO III	52
GEOLOGÍA	52

3.1.	Geología regional.....	52
3.1.1.	Grupo Yuncaypata	52
3.1.1.1.	Formación Maras (kis-ma).....	52
3.1.1.2.	Formación Paucarbamba.....	53
3.1.2.	Formación Huancane	54
3.1.3.	Grupo Mitu.....	54
3.1.3.1.	Formación Pisac.....	54
3.1.3.1.	Formación Pachatusan	55
3.1.4.	Formación Ananea	56
3.1.5.	Formación Rumicolca.....	56
3.1.6.	Depósitos fluviales.....	57
3.1.7.	Depósitos aluviales	57
3.1.8.	Depósitos lacustres.....	58
3.1.9.	Depósitos glaciares	58
3.2.	Geología Local.....	61
3.2.1.	Litología y depósitos cuaternarios	61
3.2.1.1.	Brechas Volcánicas	61
3.2.1.2.	Basalto.....	62
3.2.1.3.	Arenisca Cuarzosas	62
3.2.1.4.	Lutitas.....	63
3.2.1.5.	Andesitas	64
3.2.1.6.	Depósitos fluvio galciars	65
3.2.1.7.	Depósitos lacustres.....	67
3.2.1.8.	Depósitos aluviales.....	67
3.2.1.9.	Depósitos eluviales.....	68
3.2.1.10.	Depósitos proluvial.....	69
3.2.1.11.	Depósitos fluviales	70
3.2.1.12.	Depósitos coluvio aluvial	70
3.2.1.13.	Depósitos coluviales.....	71
	CAPITULO IV.....	73
	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	73
4.1.	Generalidades.....	73

4.2.	Marco tectónica regional.....	73
4.3.	Neotectónica	74
4.3.1.	Zona intermedia Altiplano-Cordillera Oriental	75
4.3.2.	Cordillera Oriental	75
4.4.	Geología estructural local	75
4.4.1.	Falla Cuyo Chico	76
4.4.2.	Falla Ventanayoc	77
4.4.3.	Pliegue.....	78
CAPITULO V.....		81
HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA		81
5.1.	Generalidades.....	81
5.2.	Parámetros para la caracterización morfométrica de la quebrada	81
5.2.1.	Elementos de superficie	82
5.2.2.	Elementos de distancia.....	82
5.2.3.	Elementos de forma	83
5.2.4.	Tiempo de concentración.....	83
5.3.	Parámetros hidrometeorológicos	84
5.3.1.	Precipitaciones	84
5.3.2.	Temperatura	88
5.3.3.	Evapotranspiración	88
5.3.4.	Escorrentía	89
5.3.5.	Generación de caudales.....	90
5.3.6.	Cálculo de caudales.....	92
5.3.7.	Cálculo de caudales para periodos de retorno.....	92
5.4.	Hidrogeología	98
5.4.1.	Inventariado de puntos de agua.....	99
CAPÍTULO VI.....		101
ASPECTOS GEOTÉCNICOS.....		101
6.1.	Generalidades.....	101
6.2.	Mecánica de rocas.....	101

6.3.	Mecánica de suelos	108
6.3.1.	Determinación de la capacidad portante del terreno.....	110
6.3.2.	Resultados obtenidos del estudio de mecánica de suelos	112
CAPÍTULO VII		118
GEODINÁMICA		118
7.1.	Generalidades.....	118
7.2.	Geodinámica interna	118
7.2.1.	Sismicidad.....	119
7.3.	Geodinámica externa	127
7.3.1.	Procesos de geodinámica externa	127
7.3.2.	Movimientos en masa	128
7.3.3.	Clasificación de movimiento en masa	128
7.4.	Inventario de movimientos en masa	130
7.4.1.	Susceptibilidad geológica de los eventos de movimiento en masa.....	139
7.5.	Estabilidad de taludes	140
CAPITULO VIII.....		145
EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN POR MOVIMIENTOS EN MASA		145
8.1.	Generalidades.....	145
8.2.	Metodología	146
8.2.1.	Método de determinación de peligro	146
8.2.2.	Método de procesos de análisis jerárquico (AHP).....	146
8.3.	Caracterización de los parámetros de susceptibilidad	149
8.3.1.	Caracterización de los parámetros para peligro por flujo de detritos	149
8.3.2.	Caracterización de los parámetros para peligro por caída de rocas	159
8.4.	Simulaciones	167
8.4.1.	Flujo de detritos - Volúmenes susceptibles en cauce natural	167
8.4.2.	Determinación de volúmenes para un flujo de detritos – según escenarios 174	
8.4.3.	Flujo de detritos – Simulación con HEC-RAS v6.1	184
8.4.4.	Caída de rocas Simulación con RocFall	193

8.5.	Caracterización del parámetro de evaluación del fenómeno	196
8.5.1.	Parámetros de evaluación para peligro por flujo de detritos.....	196
8.5.2.	Parámetros de evaluación para peligro por caída de rocas	199
8.6.	Nivel de peligrosidad	201
8.6.1.	Nivel de peligrosidad para flujo de detritos.....	201
8.6.2.	Nivel de peligrosidad para caída de rocas.....	205
8.7.	Estratificación del nivel de peligrosidad.....	210
8.7.1.	Estratificación del nivel de peligrosidad.....	210
8.7.2.	Estratificación del nivel de peligrosidad.....	212
8.8.	Mapa de peligro	213
8.8.1.	Mapa de peligro por flujo de detritos.....	213
8.8.2.	Mapa de peligro por caída de rocas	215
8.9.	Análisis de elementos expuestos en zonas susceptibles	217
8.9.1.	Dimensión social.....	219
8.9.2.	Dimensión económica.....	219
8.9.3.	Dimensión ambiental	220
	CONCLUSIONES	221
	RECOMENDACIONES.....	223
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	225
	APÉNDICES Y ANEXOS.....	228

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de movimiento en masa	11
Tabla 2. Escala de velocidades según Cruden y Varnes (1996).	12
Tabla 3. Rango de forma de la quebrada	83
Tabla 4. Precipitación mensual de la estación meteorológica Pisac	84
Tabla 5. Umbrales de precipitaciones absolutas	87
Tabla 6. Precipitación anual periodo 2030	87
Tabla 7. Temperatura media mensual máxima	88
Tabla 8. Evapotranspiración de la quebrada Kitamayo	89
Tabla 9. Condiciones de escorrentía	91
Tabla 10. Resultados de coeficiente de escorrentía para la quebrada Kitamayo	91
Tabla 11. Volúmenes calculados a partir de intensidades máximas.	92
Tabla 12. Intensidad – duración – frecuencia (IDF) del área de estudio	93
Tabla 13. Volúmenes máximos calculados para Q1	96
Tabla 14. Volúmenes máximos calculados para Q2	96
Tabla 15. Hidrograma unitario	96
Tabla 16. Manantes de la Comunidad Campesina de Viacha	98
Tabla 17. Cuerpos de agua de la quebrada Kitamayo	99
Tabla 18. Manantes de la quebrada Kitamayo	99
Tabla 19. Coordenadas de ventanas estructurales realizados en la zona de estudio. .	103

Tabla 20. Primera tabla de caracterización del macizo rocoso	104
Tabla 21. Segunda tabla de caracterización del macizo rocoso.....	105
Tabla 22. Categorías de la clasificación R.M.R. (Bieniawski 1989).....	106
Tabla 23. Ensayos realizados por cada calicata.	110
Tabla 24. Resultados de mecánica de suelos de calicatas.....	113
Tabla 25. Profundidad de calicatas y capacidad de carga admisible.	113
Tabla 26. Características mecánicas de ensayo de resistencia a la compresión uniaxial	114
Tabla 27. Resultados de ensayo de resistencia a la compresión	114
Tabla 28. Factores de Zona “Z”.....	119
Tabla 29. Catálogo de sísmicos históricos del Perú y el grado de intensidad en la región del cusco.	121
Tabla 30. Tabla de ocurrencias sísmicas en el año 2011 en la provincia de Calca. ..	123
Tabla 31. Tabla de ocurrencias sísmicas en el año 2018 en la provincia de Calca. ..	124
Tabla 32. Tabla de ocurrencias sísmicas en el año 2019 en la provincia de Calca. ..	124
Tabla 33. Escala De Intensidades De Mercalli Modificada.....	126
Tabla 34. Tipos de movimiento en masa	129
Tabla 35. Geodinámica externa por sectores de la quebrada Kitamayo	136
Tabla 36. Puntos susceptibles por sectores de la quebrada Kitamayo	139
Tabla 37. Indicadores de factor de seguridad (F.S)	140
Tabla 38. Coordenadas UTM de la ubicación de los deslizamientos analizadas para el cálculo de factor de seguridad.....	140

Tabla 39. Resultados del análisis geomecánica de suelo.....	141
Tabla 40. Datos de estabilidad de talud 01	142
Tabla 41. Datos de estabilidad de talud 02	143
Tabla 42. Escalas de medida de Saaty	147
Cuadro 43. Nomenclatura de factores condicionantes.....	149
Cuadro 44. Nomenclatura de factores desencadenantes	149
Cuadro 45. Nomenclatura de unidades geomorfológicas	150
Cuadro 46. Nomenclatura de litología	151
Cuadro 47. Nomenclatura de pendientes	151
Cuadro 48. Nomenclatura de Unidades hidrogeológicas.....	152
Cuadro 49. Nomenclatura precipitaciones máximas diaria	153
Tabla 50. Matriz de comparación de pares de factores condicionantes.....	154
Tabla 51. Resultado de la operación de las matrices.	154
Tabla 52. Índice y la relación de consistencia	154
Tabla 53. Matriz de normalización de pares de los parámetros.....	155
Tabla 54. Parámetros de unidades geomorfológicas con sus respectivos pesos ponderados.	155
Tabla 55. Parámetros de rangos de pendientes con sus respectivos pesos ponderados.	156
Tabla 56. Parámetros de unidades litológicas con sus respectivos pesos ponderados.	156

Tabla 57. Parámetros de unidades unidades hidrogeológicas con sus respectivos pesos ponderados.	156
Tabla 58. Matriz de comparación de pares de los descriptores considerados como factor desencadenante.	158
Tabla 59. Resultado de la operación de las matrices	158
Tabla 60. Índice y la relación de consistencia.	158
Tabla 61. Matriz de normalización de pares de los descriptores del factor desencadenante.....	159
Tabla 62. Matriz de comparación de pares de factores condicionantes.....	160
Tabla 63. Resultado de la operación de las matrices.	160
Tabla 64. Índice y la relación de consistencia	161
Tabla 65. Matriz de normalización de pares de los parámetros.....	161
Tabla 66. Parámetros de rangos de pendientes con sus respectivos pesos ponderados.	162
Tabla 67. Parámetros de unidades litológicas con sus respectivos pesos ponderados.	162
Tabla 68. Parámetros de unidades geomorfológicas con sus respectivos pesos ponderados.	162
Tabla 69. Parámetros de unidades índice topográfico de humedad con sus respectivos pesos ponderados.	163
Tabla 70. Matriz de comparación de pares de los descriptores considerados como factor desencadenante.	164
Tabla 71. Resultado de la operación de las matrices	164
Tabla 72. Índice y la relación de consistencia.	164

Tabla 73. Matriz de normalización de pares de los descriptores del factor desencadenante.....	165
Tabla 74. Matriz de comparación de pares de los descriptores considerados como factor desencadenante.	165
Tabla 75. Resultado de la operación de las matrices	166
Tabla 76. Índice y la relación de consistencia.	166
Tabla 77. Matriz de normalización de pares de los descriptores del factor desencadenante.....	167
Tabla 78. Volúmenes determinados de sector crítico – sector III.....	173
Tabla 79. Intensidades de precipitación y periodos de retorno.....	174
Tabla 80. Resumen de volúmenes de lluvia.....	176
Tabla 81. Resumen de volumen total de escurrimiento	176
Tabla 82. Resumen de volumen contribuido de esorrentía para el flujo de detritos	177
Tabla 83. Resumen de fracción de sedimentos	177
Tabla 84. Resumen de volumen del flujo de detritos.....	178
Tabla 85. Resumen de volumen para periodos de retorno.....	178
Tabla 86. Criterios para la evaluación de la intensidad	178
Tabla 87. Distribución de material para intensidad media y alta.....	180
Tabla 88. Propiedades de las matrices del flujo según la clasificación de O´brien ...	185
Tabla 89. Comportamiento del flujo en función de Cv	186
Tabla 90. Concentraciones equivalentes y densidades de fluidos (después de Julian 2010).	187

Tabla 91. Matriz de normalización de pares de los descriptores de los parámetros de evaluación.	196
Tabla 92. Resultado de la operación de las matrices	197
Tabla 93. Índice y la relación de consistencia.	197
Tabla 94. Matriz de normalización de pares de los descriptores de los parámetros de evaluación.	198
Tabla 95. Parámetros de volumen con sus respectivos pesos ponderados.	198
Tabla 96. Parámetros de altura de flujo, con sus respectivos pesos ponderados.	199
Tabla 97. Parámetros de velocidad con sus respectivos pesos ponderados.	199
Tabla 98. Parámetros de calidad de macizo rocoso con sus respectivos pesos ponderados.	200
Tabla 99. Parámetros de distancia de alcance máximo con sus respectivos pesos ponderados.	200
Tabla 100. Resumen de ponderación de los parámetros condicionantes y descriptores (flujo de detritos).	201
Tabla 101. Ponderación de los parámetros desencadenante y descriptores – flujo de detritos.	202
Tabla 102. Valores de los factores condicionantes y los valores del factor desencadenante y su peso – flujo de detritos.	202
Tabla 103. Valores de los parámetros de evaluación y descriptores y su peso – flujo de detritos.	204
Tabla 104. Determinación de valores de peligrosidad de flujo de detritos.	204
Tabla 105. Valores de peligrosidad por flujo de detritos.	205

Tabla 106. Resumen de ponderación de los parámetros condicionantes y descriptores (caída de rocas).	206
Tabla 107. Ponderación de los parámetros desencadenante y descriptores – caída de rocas.	206
Tabla 108. Valores de los factores condicionantes y los valores del factor desencadenante y su peso – caída de rocas.	207
Tabla 109. Valores de los parámetros de evaluación y descriptores y su peso – caída de rocas	209
Tabla 110. Determinación de valores de peligrosidad de caída de rocas.	209
Tabla 111. Valores de peligrosidad por caída de rocas	210
Tabla 112. Estratificación del nivel de peligrosidad por flujo de detritos.	210
Tabla 113. Estratificación del nivel de peligrosidad por caída de rocas.....	212
Tabla 114. Porcentaje de nivel de peligrosidad por flujo de detritos.....	215
Tabla 115. Porcentaje de nivel de peligrosidad por caída de rocas.	217
7Tabla 116. Elementos expuestos visualizados en el área de influencia.	218

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del proyecto de tesis	5
Figura 2. Mapa de acceso a la zona de estudio	6
Figura 3. (a) Esquema de la caída de rocas (b) Corominas y Yagué (1997) denominan a este movimiento “colapso”	13
Figura 4. Esquema del vuelco en bloque (De Freitas y Waters, 1973 en Varnes, 1976).	14
Figura 5. Frente con bloques de un pulso del flujo de detritos (diagrama de Pierson, 1986)	14
Figura 6. (a) y (b) Esquema de un deslizamiento traslacional, llamado resbalamiento y corrimiento según Corominas Dulcet y García Yagué (1997) (c) Esquema de deslizamiento traslacional de roca según Antronico et al., 1993 en Dikau et al., (1996)	16
Figura 7. Partes de un deslizamiento rotacional complejo. (Modificado de Cruden y Varnes, 1996)	17
Figura 8. Perfil del deslizamiento rotacional.	17
Figura 9. Partes básicas de un flujo.	19
Figura 10. Precipitaciones máximas anuales	86
Figura 11. Hidrograma de precipitaciones máximas	86
Figura 12. Curvas intensidad, Duración y Frecuencia - IDF	94
Figura 13. Reconocimiento del hietograma de la quebrada y el caudal máximo en el punto de aforo mediante el HEC-HMS v4.10.....	95
Figura 14. Mapa litológico y ubicación de calicatas en el área de estudio.....	117
Figura 15. Zonas Sísmicas en el Perú.	120

Figura 16. Ocurrencias Sísmicas del Perú.	123
Figura 17. Isoaceleraciones del Perú.	125
Figura 18. Mapa de geodinámica externa de la quebrada Kitamayo.....	138
Figura 19. Diagrama de estabilidad de talud 01	141
Figura 20. Diagrama de estabilidad de talud 02	142
Figura 21. Mapa de áreas susceptibles por movimientos en masa en el área de estudio.	144
Figura 22. Factores condicionantes – flujo de detritos	153
Figura 23. Factor desencadenante flujo de detritos	157
Figura 24. Factores condicionantes – caída de rocas.....	160
Figura 25. Factor desencadenante caída de rocas	163
Figura 26. Parámetros de evaluación de flujo de detritos.....	196
Figura 27. Parámetros de evaluación de caída de rocas.....	200
Figura 28. Mapa de susceptibilidad por peligros de flujo de detritos.....	203
Figura 29. Mapa de susceptibilidad por peligros de caída de rocas.....	208
Figura 30. Mapa de peligros flujo de detritos	214
Figura 31. Porcentaje de niveles de peligrosidad por flujo de detritos.....	215
Figura 32. Mapa de peligros por caída de rocas	216
Figura 33. Porcentaje de niveles de peligrosidad por caída de rocas.....	217

RESUMEN

El distrito de Pisac está ubicado en la margen derecha del río Vilcanota, provincia de Calca, región Cusco, a 54 km de la ciudad de Cusco. Caracterizado por tener un clima de carácter templado a húmedo con variaciones de temperaturas durante el día y la noche. El área de estudio al presentar un relieve heterogéneo refleja un gran potencial erosivo, presenta temperaturas por encima del promedio y concentración de escorrentía de agua por precipitaciones pluviales tardías. La quebrada Kitamayo de 4.87 km, afluente al río Vilcanota, sus nacientes se encuentran por encima de los 4300 m s.n.m, con una pendiente media de 21%. Está formada por la confluencia de cuatro quebradas y el tramo más largo nace en la laguna Challhuacocha.

Desde el punto de vista geomorfológico, la zona de estudio está conformada por montañas modeladas en rocas sedimentarias y volcánicas sedimentarias, con mayor predominio de laderas y estribaciones de pendientes desde 25° y superiores a 45°, consideradas de moderada a fuerte pendiente, lo que facilita el escurrimiento superficial y arrastre del material suelto disponible en las laderas. Por otro lado, se evidencian pendientes menores a 7° a lo largo del valle y terrazas del río Vilcanota próximos a su desembocadura en el poblado de Pisac.

El substrato rocoso en la zona de estudio, está compuesto esencialmente por rocas del Paleozoico, desde rocas ígneas extrusivas o volcánicas como andesitas, basaltos, rocas metamórficas como cuarcitas, rocas sedimentarias como areniscas, lutitas. También se tienen depósitos cuaternarios (lacustres, coluviales, proluviales, fluviales, aluviales, fluvioglacial, entre otros).

La zona de estudio se encuentra dentro de dos dominios estructurales caracterizados por un estilo tectónico propio, abarca mayormente la Zona intermedia Altiplano- Cordillera Oriental y en menor proporción en la Cordillera Oriental. La geología estructural del distrito, está caracterizada por la presencia de pliegues y fallas, siendo el anticlinal del Vilcanota con dirección NO-SE, un control estructural que afecta a las formaciones de todo el valle.

Los procesos movimientos en masa de mayor incidencia en la capital del distrito de Pisac, el centro arqueológico y áreas adyacentes, son debido a la presencia de flujo de detritos, caída de rocas, deslizamientos, derrumbes, entre otros, procesos que se ven favorecidos principalmente por la presencia de aguas pluviales - superficiales, laderas de pendiente empinada, substrato rocoso con intensa meteorización y altamente fracturado, baja o pobre consistencia de los depósitos desencadenados por las precipitaciones ordinarias y extraordinarias.

Finalmente, debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y de geodinámica externa que presenta la quebrada Kitamayo, se le considera como zona de peligro muy alto a procesos de remoción en masa. El río Kitamayo representa un peligro muy alto ante flujo de detritos (huaico) y caída de rocas, en caso de producirse lluvias extraordinarias, el río buscará retomar su cauce natural (calle Kitamayo). Con el fin de reducir y/o mitigar los peligros geológicos, se propone implementar Sistemas de Alerta Temprana (SAT), en las quebradas que conforman el río Kitamayo, para detectar movimiento por flujo de detritos o huaicos. A largo plazo diseñar el canal revestido del río Kitamayo, teniendo en cuenta las máximas avenidas y finalmente implementar sistemas de defensa ribereña, como enrocados o muro de gaviones en el río Kitamayo.

PALABRAS CLAVE: Peligro, Caida, Flujo, Simulación.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis de identificación de peligros geológicos por geodinámica externa en la quebrada Kitamayo, es realizado en el distrito de Pisac, provincia de Calca y departamento del Cusco;

Permitiendo identificar los peligros geológicos por geodinámica externa. Por los reducidos estudios en la zona, se buscar recabar da información actualizada ya que serán esenciales para determinar el grado de susceptibilidad y peligrosidad por movimientos en masa, y ocurrencia de desastres naturales en que puedan afectar a las personas y medios de vida de la zona rural y urbana de Pisac.

Desarrollando los aspectos generales y específicos del área de estudio, identificando los peligros, su caracterización, evaluación de acuerdo a los elementos expuestos, el análisis físico de susceptibilidad (considerando los factores condicionantes y desencadenantes), la determinación los parámetros de evaluación del flujo de detritos y caída de rocas mediante la aplicación de software, representándose con sus respectivos mapas temáticos, considerando las recomendaciones sobre las medidas o componentes estructurales y no estructurales que se plantearan para mitigar y reducir los riesgos identificados en la quebrada Kitamayo.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Generalidades

1.2. Ubicación

1.2.1. Ubicación Política

- **Departamento** : Cusco
- **Provincia** : Calca
- **Distrito** : Pisac
- **Comunidad** : Viacha

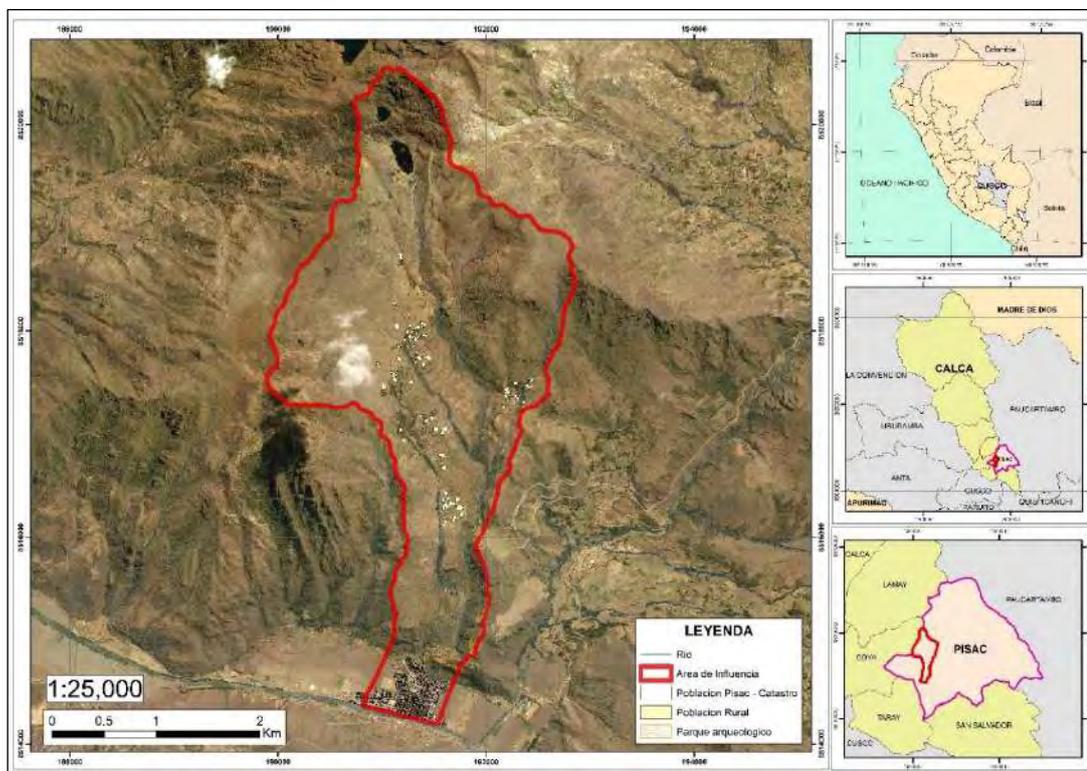
1.2.2. Ubicación Geográfica

- **DATUM** : WGS84
- **ZONA** : 19 L
- **NORTE** : 8519527.30 m - 8514612.82 m
- **ESTE** : 191281.13 m - 191486.77 m
- **ALTITUD** : 2.972 msnm - Capital de distrito Pisac

1.2.3. Ubicación Hidrográfica

- **Cuenca** : Vilcanota
- **Quebrada** : Kitamayo

Figura 1. Mapa de ubicación del proyecto de tesis



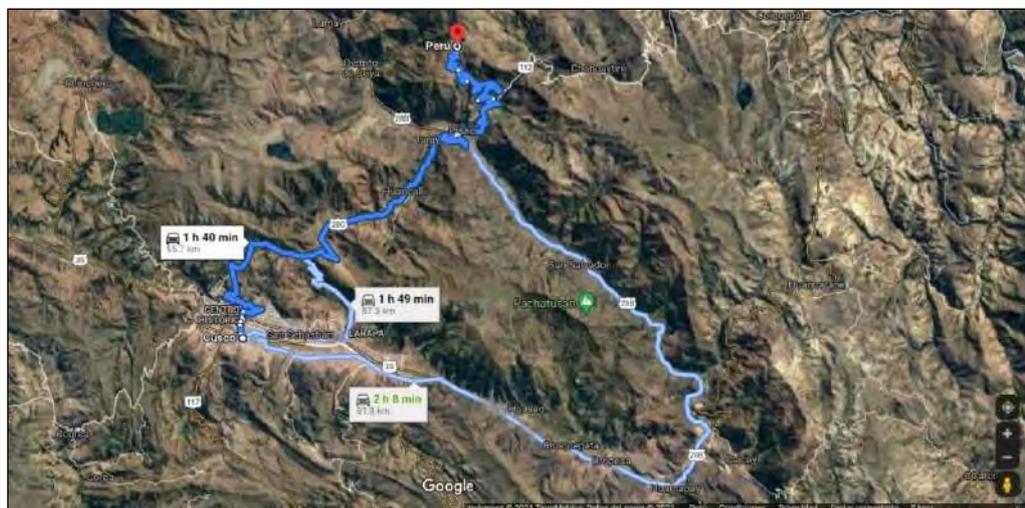
Nota. El gráfico muestra el mapa de ubicación de la quebrada Kitamayo; emplazado en la comunidad de Viacha y parque arqueológico del distrito de Pisac, el río del mismo nombre recorre por áreas urbanas, áreas de cultivo, sitios arqueológicos.

1.3. Accesibilidad

La zona del estudio – nacimiento del río Kitamayo, se ubica a 54 Km de la Ciudad de Cusco, se accede por la vía principal asfaltada Cusco - Sacsayhuamán - Ccorao – Pisac con un recorrido de 32 km, desviándose por la vía asfaltada Pisac – Centro Arqueológico con un recorrido de 8.5 km y posteriormente recorriendo la trocha carrozable de 13.5 km, para llegar al extremo distal de la zona de estudio - ubicación de las lagunas Challhuacocha y Totoracocha

en la comunidad campesina de Viacha. Todo el recorrido se da aproximadamente entre 1 hora con 40 min a 2 horas dependiendo del tipo de movilidad.

Figura 2. Mapa de acceso a la zona de estudio



Fuente: Google maps.

Nota. El grafico muestra el mapa de acceso de la quebrada Kitamayo; siendo tres rutas de acceso desde la ciudad del Cusco a) Cusco – Tambomachay – Corao – Pisac, b) Cusco – Enaco – Corao – Pisac c) Cusco – Saylla – Huambutio – San Salvador – Pisac.

1.4. Clima

El distrito de Pisac, esta caracterizado por tener un clima de carácter templado a húmedo con variaciones de temperaturas durante el día y la noche enmarcado por dos estaciones: una de estiaje entre los meses de Abril y Noviembre, y otra pluviosa entre los meses de Diciembre a Marzo; la temperatura media anual entre 11 y 16 °C; las máximas entre 22 y 29 °C y las mínimas entre 7 y -4 °C, con precipitaciones promedio anual que varían de 806.57 mm a 320.38 mm. El área de estudio al presentar un relieve heterogéneo refleja un gran potencial erosivo,

presenta temperaturas por encima del promedio y concentración de escorrentía de agua por precipitaciones pluviales tardías.

1.5. Justificación e importancia del estudio

El presente trabajo se realizará por escasos estudios con datos actualizados a la fecha de la quebrada, además que incluyan, los últimos acontecimientos precipitaciones fluviales y los eventos de desastres que ocurrieron en la zona de estudio y próximos a la misma; para tal efecto, la identificación de la geodinámica externa y caracterización de sus parámetros a nivel de la quebrada Kitamayo, son determinante para conocer su grado de susceptibilidad y realizar una estimación de sus niveles de peligro por movimientos en masa, y ocurrencia de desastres naturales en que puedan afectar a las personas y medios de vida de la zona rural y urbana de Pisac.

Finalmente es fundamental realizar una identificación de peligros geológicos a nivel de la quebrada en función a todos los estudios anteriormente mencionados porque de esta manera delimitaremos zonas de peligro alto.

La proyección a futuro del comportamiento de la quebrada la que tiene incidencia en el desarrollo y crecimiento urbano de la ciudad de Pisac a fin de garantizar la seguridad de las construcciones y futuros proyectos que se realicen en esta zona.

Por lo expuesto, el presente estudio es de mucha relevancia por la implicancia que este tiene en la seguridad física y bienestar de la población de Pisac.

1.6. Planteamiento del problema

1.6.1. Descripción del problema

Los procesos de eventos por movimiento en masa como caída de rocas y flujos de detritos se aprecian en la quebrada Kitamayo; La presencia de depósitos aluviales antiguos en el desemboque de la quebrada, con relieves accidentados, escarpados y rocas volcánicas con moderado grado de fracturamiento con la presencia de precipitaciones y cauce temporal en la temporada de lluvias, evidencian la ocurrencia de eventos y generan los peligros por movimientos en masa que originan daños y pérdidas a los elementos expuestos como población, bienes y medios de vida en el área urbana del distrito de Pisac, como las emergencias y eventos suscitados en los últimos años.

No teniendo delimitación o zonificación de las zonas de peligro muy alto por flujo de detritos y caída de rocas, así como zonas seguras ante este tipo de peligro; Todo esto porque no existen estudios que consideren datos hidrometeorológicos actualizados a nivel de la quebrada. Requiriendo plantear medidas preventivas tendientes a mitigar en la quebrada Kitamayo.

1.6.2. Problema principal

¿Cuáles son los peligros geológicos por geodinámica externa que se produce en la quebrada Kitamayo, ubicado en el distrito de Pisac?

1.6.2.1. Problemas específicos

- 1) ¿Cuáles son las características geológicas y geomorfológicas en las zonas susceptibles a movimientos en masa en la quebrada Kitamayo, distrito de Pisac?
- 2) ¿Cuáles son las características hidrometeorológicas en la quebrada Kitamayo, distrito de Pisac?
- 3) ¿Cuáles son los factores que generan la ocurrencia de los peligros por geodinámica externa en la quebrada Kitamayo?
- 4) ¿Cuáles son los sectores expuestos - zonificar de peligros por movimientos en masa?
- 5) ¿Cuáles son las medidas de prevención y de reducción estructural y no estructural en la quebrada Kitamayo, distrito de Pisac?

1.7. Objetivos de la investigación

1.7.1. *Objetivos generales*

Identificar los peligros geológicos por geodinámica externa que se produce en la quebrada Kitamayo, distrito de Pisac, Provincia de Calca, Cusco.

1.7.2. *Objetivos específicos*

- 1) Determinar las características geológicas y geomorfológicas en las zonas susceptibles a movimientos en masa en la quebrada Kitamayo, distrito de Pisac, Provincia de Calca, Cusco.
- 2) Determinar los principales parámetros hidrometeorológicos en la quebrada Kitamayo.

- 3) Determinar los factores que generan la ocurrencia de los peligros por geodinámica externa de la quebrada Kitamayo.
- 4) Determinar y zonificar los sectores expuestos a los peligros por movimientos en masa en la quebrada Kitamayo.
- 5) Determinar las medidas preventivas y de reducción estructural y no estructural en la quebrada Kitamayo.

1.8. Marco teórico

Por fines de mejor entendimiento y facilitar el seguimiento del presente trabajo de investigación se considera desarrollar los conceptos básicos como:

Geodinámica o Geología Dinámica

“Parte de la geología física o geomorfología que estudia los fenómenos geológicos que provocan modificaciones en la superficie terrestre por acción de los esfuerzos tectónicos internos (geodinámica interna) o esfuerzos externos (geodinámica externa). (Dávila, 2011)

Procesos Geodinámicos Externos

Los procesos geodinámicos que afectan a la superficie terrestre dan lugar a movimientos del terreno de diversas características, magnitud y velocidad. Los más frecuentes y extendidos son los movimientos de ladera, que engloban, en general, a los procesos gravitacionales que tienen lugar en las laderas”. (Vallejo et, 2002).

Movimientos en masa

Referido a aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, detritos o tierras por efecto de la gravedad (Cruden, 1991). En la literatura científica se encuentran diversas clasificaciones de movimientos en masa; en su mayoría se basan en el tipo de materiales, mecanismos de movimientos, el grado de deformación y la saturación de los materiales. Las clasificaciones de movimientos en masa de Varnes (1958, 1978) y Hutchinson (1968 y 1978) son, hoy en día los sistemas de mayor aceptación en los países de habla inglesa e hispana. Cabe mencionar que Varnes emplea como criterio principal para la clasificación, el tipo de material y en segundo lugar mecanismo de movimiento.

Tipos de Movimiento

Las clasificaciones de los movimientos de ladera suelen referirse a los tipos de materiales involucrados, distinguiendo generalmente entre materiales rocosos, derrubios y suelos, y al mecanismo y tipo de la rotura, considerando también otros aspectos, como el contenido en agua del terreno y la velocidad y magnitud del movimiento. Algunas de las clasificaciones más extendidas (Varnes, 1984; Hutchinson, 1988; EPOCH, 1993; Dikau et al, 1996), con diversos criterios y fines, son de gran utilidad para abordar el estudio de los movimientos de laderas y el conocimiento del comportamiento de los materiales que sufren estos procesos. (Vallejo et, 2002)

Tabla 1. Tipos de movimiento en masa

Tipo	Subtipo
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo)
Volcamientos	Volcamiento de roca (bloque)
	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
	Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)
Reptación	Reptación de suelos
	Soliflucción, geliflucción (en permafrost)
Deformaciones gravitacionales profundas	

Fuente: Movimientos en masa de la región andina, PMA 2007.

Tabla 2. Escala de velocidades según Cruden y Varnes (1996).

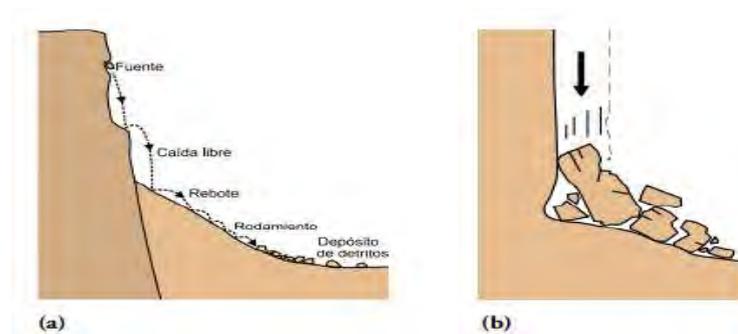
Clases De Velocidades	Descripción	Velocidad (Mm/S)	Velocidad Típica
7	Extremadamente rápido	5×10^3	5 m/s
6	muy rápido	5×10^1	3 m/min
5	rápido	5×10^{-1}	1.8 m/h
4	moderada	5×10^{-3}	13 m/mes
3	lenta	5×10^{-5}	1.6 m/año
2	muy lenta	5×10^{-7}	16 mm/año
1	extremadamente lenta		

Fuente: Movimientos en masa de la región andina, PMA 2007.

Caída (Fall)

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El estudio de casos históricos ha mostrado que las velocidades alcanzadas por las caídas de rocas pueden exceder los 100 m/s. Una característica importante de las caídas es que el movimiento no es masivo ni del tipo flujo.

Figura 3. (a) Esquema de la caída de rocas (b) Corominas y Yagué (1997) denominan a este movimiento "colapso".

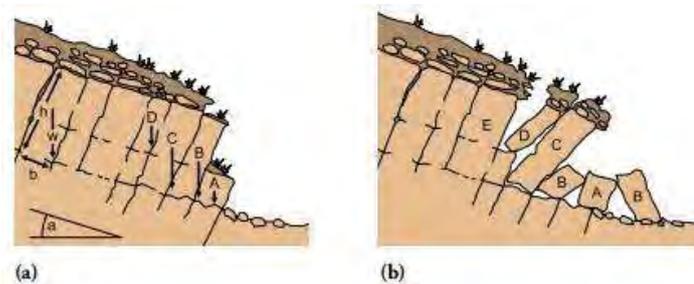


Fuente: Movimientos en masa de la región andina, (GEMMA 2007).

Volcamiento (Toppling)

Se denomina así a un tipo de movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia adelante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas (Varnes, 1978). El volcamiento puede ser en bloque, flexional (o flexural) y flexional del macizo rocoso como se describe a continuación. Goodman y Bray (1976) diferencian el vuelco de bloques del vuelco flexural.

Figura 4. Esquema del vuelco en bloque (De Freitas y Waters, 1973 en Varnes, 1976).

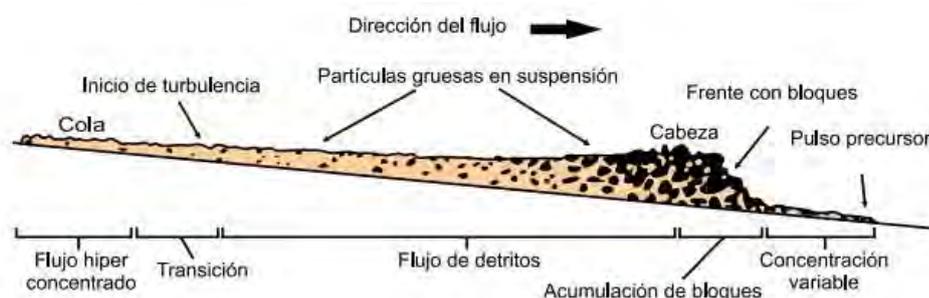


Fuente: Movimientos en masa de la región andina, (GEMMA 2007).

Flujo (Flow)

Los flujos o coladas son movimientos de masas de suelo (flujos de barro o tierra), derrubios (coladas de derrubios o debris flow) o bloques rocosos (coladas de fragmentos rocosos) con abundante presencia de agua, donde el material está disgregado y se comporta como un “fluido” sufriendo una deformación continua, sin presentar superficies de rotura definidas ... presentan una morfología tipo glaciar, y pueden tener lugar en laderas de bajas pendientes (incluso menores de 10°) (Vallejo et, 2002)

Figura 5. Frente con bloques de un pulso del flujo de detritos (diagrama de Pierson, 1986)



Fuente: Movimientos en masa de la región andina, (GEMMA 2007).

Flujos de Derrubios

Son movimientos complejos que engloban a fragmentos rocosos, bloques, cantos y gravas en una matriz fina de arenas, limos y arcilla. Tienen lugar en laderas cubiertas por material suelto o no consolidado, como es el caso de los depósitos de morrenas glaciares, y especialmente en aquellas donde no existe cobertera vegetal. (Vallejo et, 2002)

Reptación

Movimiento superficial (unos decímetros) muy lento, prácticamente imperceptible, que afecta a suelos y materiales alterados, provocando deformaciones continuas que se manifiestan al cabo del tiempo en la inclinación o falta de alineación de árboles, vallas, muros, postes, etc. en las laderas. (Vallejo et, 2002)

Deslizamiento (Slide)

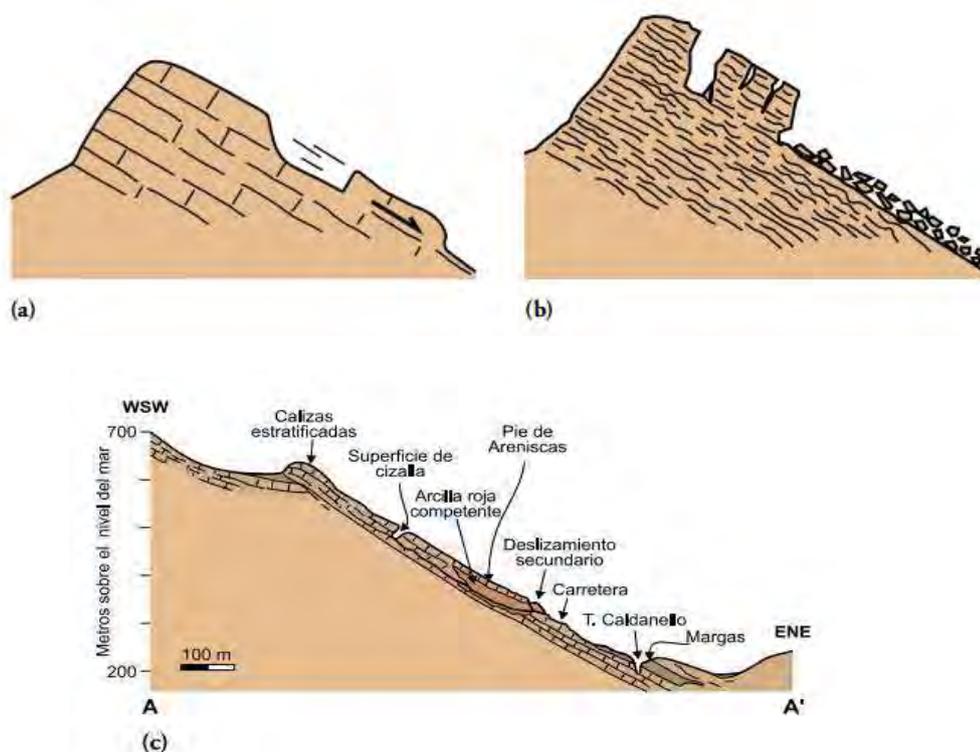
Es un movimiento ladero abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. En el sistema de Varnes (1978), se clasifican los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales a su vez pueden ser planares o en cuña. Sin embargo, las superficies de rotura de movimientos en masa son generalmente más complejas que las de los dos tipos anteriores, pues pueden consistir de varios segmentos planares y curvos, caso en el cual se hablará de deslizamientos compuestos (Hutchinson, 1988)

Deslizamiento traslacional (Translational slide)

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como

fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella (Cruden y Varnes, 1996). En un macizo rocoso, este mecanismo de falla ocurre cuando una discontinuidad geológica tiene una dirección aproximadamente paralela a la de la cara del talud y buza hacia ésta con un ángulo mayor que el ángulo de fricción (Hoek y Bray, 1981).

Figura 6. (a) y (b) Esquema de un deslizamiento traslacional, llamado resbalamiento y corrimiento según Corominas Dulcet y García Yagué (1997) (c) Esquema de deslizamiento traslacional de roca según Antronico et al., 1993 en Dikau et al., (1996)



Fuente: Movimientos en masa de la región andina, (GEMMA 2007).

Deslizamiento rotacional (Rotational slide, Slump)

Los deslizamientos rotacionales pueden definirse según Varnes, 1978 como movimientos de rotación en torno a un eje horizontal paralelo a la superficie de la ladera que se desplaza mediante cizalladura a través de una superficie cóncava hacia arriba. El material

movilizado no sufre a penas deformación interna salvo en la base de la ladera que suele dar lugar a movimientos tipo flujo debido a la licuefacción del material.

Las partes más significativas de un deslizamiento rotacional se muestran en la siguiente imagen:

Figura 7. Partes de un deslizamiento rotacional complejo. (Modificado de Cruden y Varnes, 1996)

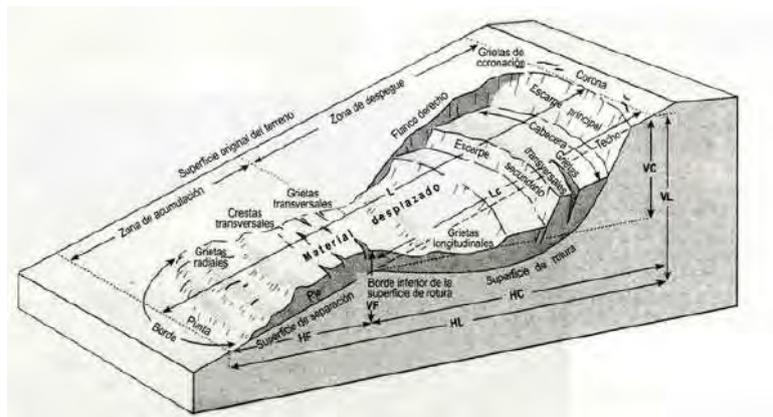
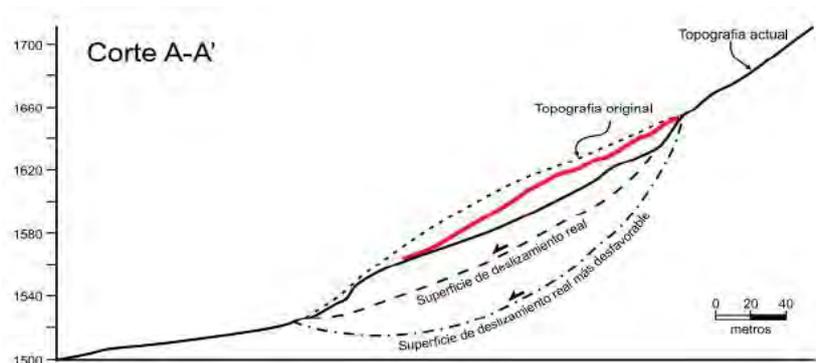


Figura 8. Perfil del deslizamiento rotacional.



Fuente: Movimientos en masa de la región andina, (GEMMA 2007).

Suelen ser uno de los movimientos de ladera más comunes y más fáciles de identificar debido a sus diferentes escarpes, rotación y acumulación en el pie.

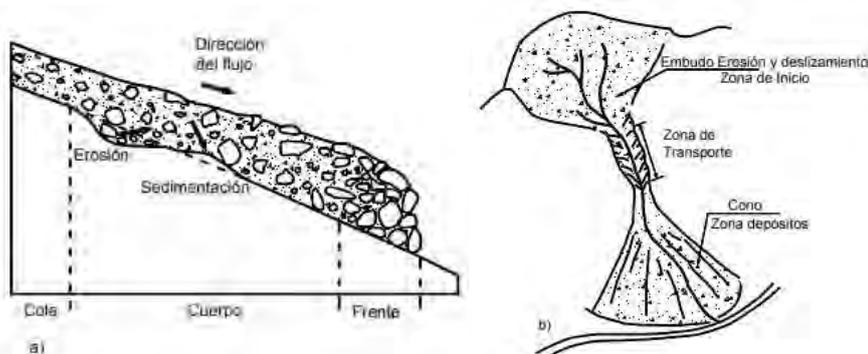
Flujo Hiperconcentrado granular

Es un flujo que contiene más del 5% de sedimentos en volumen. En este tipo de flujo el comportamiento es controlado por el agua y la diferencia conceptual con relación al comportamiento de un flujo de agua no es sustancial. Grandes volúmenes de arena son transportados en suspensión dinámica y éste transporte depende de la velocidad del flujo y su turbulencia. A mayor turbulencia hay mayor transporte de materiales gruesos. El porcentaje máximo de sedimentos de un flujo hiperconcentrado, depende de las cantidades de limo y arcilla en la mezcla. En los depósitos de los flujos hiperconcentrados hay muy poca clasificación de los materiales y los cambios texturales no son abruptos. Los materiales son más consolidados que los depósitos de inundaciones (Suarez J. ANALISIS GEOTECNICO).

Flujo de Lodo

En los flujos de lodo predominan los sedimentos de limos y arcillas. Generalmente, los flujos de lodo consisten en altas concentraciones de partículas finas (limos y arcillas), aunque también transportan grandes bloques o cantos de roca. De hecho, el fluido se comporta como un “Slurry” homogéneo con una onda frontal y una serie de pulsaciones. De acuerdo con experimentos de Wan y Chien (1989), un fluido se convierte en un “slurry” homogéneo a una concentración de partículas finas de solamente 90 kg/m³. A medida que la concentración aumenta, la estructura de los sedimentos se flocula rápidamente y la viscosidad aumenta fuertemente, formando una especie de cohesión de la mezcla suelo-agua. (Suarez J. ANALISIS GEOTECNICO).

Figura 9. Partes básicas de un flujo.



Fuente: (Bateman y otros, 2006)

Flujo de Residuos

Al aumentar la concentración de sedimentos, la mezcla agua-materiales se convierte en un “Slurry” (pasta aguada) similar a un concreto húmedo. Este “Slurry” es capaz de sostener en suspensión partículas del tamaño de gravas a bajas velocidades o aún, en condiciones estáticas. Si el cauce es de alta pendiente, el flujo puede alcanzar altas velocidades y transportar grandes bloques en suspensión. Estos flujos de residuos causan generalmente grandes impactos catastróficos. Las gravas pueden ser angulares a subangulares, los materiales no son estratificados y son muy pobremente clasificados. Pueden presentarse situaciones de gradaciones normales o inversas en las cuales los materiales más gruesos se encuentran encima de los materiales finos dentro del manto. La distribución de los cantos o clastos es al azar en las superficies o “clusters”. (Suarez J. ANALISIS GEOTECNICO).

Factores Condicionantes

Dentro de los factores condicionantes, las propiedades físicas y resistentes de los materiales (directamente relacionadas con la litología) y las características morfológicas y geométricas de la ladera son fundamentales para la predisposición a la inestabilidad; otros

factores importantes son la estructura geológica y discontinuidades, las condiciones hidrogeológicas y los estados tenso - deformacionales. (Vallejo et, 2002)

Factores Desencadenantes

Con respecto a los factores desencadenantes, los más importantes son las precipitaciones, los cambios en las condiciones hidrogeológicas de las laderas, la modificación de la geometría, la erosión y los terremotos; algunos de ellos, como los cambios de las condiciones de agua y de geometría, frecuentemente son consecuencia de acciones antrópicas. (Vallejo et, 2002)

Procesos Erosivos

La erosión o socavación del pie de las laderas, escarpes y acantilados, por erosión fluvial, litoral u otra causa, da lugar a la pérdida de resistencia en esta zona y a la modificación del estado tensional, lo que unido a la falta de apoyo del material suprayacente puede provocar la inestabilidad y la generación de deslizamientos o desprendimientos. (Vallejo et, 2002)

Peligro Geológico

La peligrosidad, P, hace referencia a la frecuencia de ocurrencia de un proceso y al lugar. Se define como la probabilidad de ocurrencia de un proceso de un nivel de intensidad o severidad determinado, dentro de un periodo de tiempo dado y dentro de un área específica” (Varnes, 1984; Barbat, 1998). Para su evaluación es necesario conocer. (Vallejo et, 2002)

Elementos Expuestos

“Los elementos expuestos pueden ser personas, bienes, propiedades, infraestructuras, servicios, actividades económicas, etc., que pueden sufrir las consecuencias directas o indirectas de un proceso geológico en una determinada zona.

El coste o valor de los mismos puede expresarse según diferentes criterios: coste de construcción de edificios o estructuras, coste de reparación de los daños causados, valor asegurado, etc.; también se pueden considerar los costes derivados de la interrupción de vías de comunicación, actividades económicas, servicios, etc. (Vallejo et, 2002)

Riesgos Geológicos

Riesgos geológicos son procesos naturales que puedan constituir actos perjudiciales para la actividad humana... Los riesgos geológicos se pueden clasificar según su origen en los derivados de procesos geodinámicos internos, tales como terremotos o actividad volcánica y los derivados de procesos geodinámicos externos, tales como deslizamientos y desprendimientos, hundimientos etc. Cada tipo de riesgo se caracteriza por su ubicación, intensidad y frecuencia. (Vallejo et, 2002).

Prevención Riesgos Geológicos

La prevención de los riesgos geológicos consiste en prever o conocer con anticipación la ocurrencia de un fenómeno, en tiempo y lugar (o al menos en lugar), con el fin de: evitar el proceso, controlar dicho proceso y avisar, para prepararse o protegerse de él. (Vallejo et, 2002)

Mitigación de Riesgos Geológicos

La mitigación consiste en moderar o disminuir las pérdidas y daños mediante el control del proceso (en los casos en que sea posible) y/o la protección de los elementos expuestos, reduciendo su vulnerabilidad. (Vallejo et, 2002).

1.9. Antecedentes

1.9.1. Antecedentes bibliográficos

- Sanabria Ramírez, J. A. (Colombia - 2019). Evaluación del riesgo ante caída de bloques en taludes de roca a partir de procesamiento de imágenes digitales y simulación de redes de fracturamiento y de trayectorias de bloques. Este documento presenta la formulación de un procedimiento para la evaluación del riesgo ante caída de bloques en taludes de roca, aplicado al caso de estudio de una mina a cielo abierto localizada en cercanías del municipio de Une, Cundinamarca. Haciendo uso de imágenes digitales tomadas con vehículos aéreos no tripulados y fotogrametría digital de corto alcance, se obtuvo información topográfica y estructural de la zona de estudio, mediante la construcción de modelos tridimensionales.
- Rosales, S., Álvarez, A., Ortiz, J. C. y Ordóñez, O. (Colombia - 2011). Análisis de la amenaza de caída de rocas a partir del estudio de huellas de impactos sobre carreteras. El presente artículo presenta una propuesta metodológica para la caracterización de la amenaza de caída de rocas en carreteras. El aporte principal de este trabajo es medir y analizar las huellas que han quedado impresas sobre el pavimento asfáltico de la vía producto de impactos antiguos de bloques de roca y con esta información caracterizar la amenaza histórica sobre la vía,

paralelamente se procede a determinar la amenaza actual a partir de técnicas convencionales de mecánica de rocas para finalmente integrando las dos fuentes de información conocer con mayor certeza la magnitud y localización de la amenaza a lo largo del tramo en estudio.

- Vásquez Acuña J. M. (2009) proyecto de tesis Movimientos en masa en la quebrada Canto Grande, Lima. Este trabajo se aboca en detectar las áreas afectadas por los fenómenos de remoción en masa movimientos en masa generados en la quebrada Canto Grande, para apoyar la gestión de riesgos, dentro de la planificación, el ordenamiento territorial, afianzando el papel de la Geología en el diseño urbano.
- IGP-Instituto Geofísico Del Peru-2023. Informe Técnico N°005-2023/IGP Ciencias De La Tierra Sólida. Inspección Geodinámica En La Quebrada Limón Del Distrito De Canchaque (Provincia de Huancabamba – Región Piura) en este informe se llegó a identificar y delimitar la ocurrencia de un deslizamiento en el sector Las Minas (km 104 de la vía Canchaque – Huancabamba) y un flujo de detritos en la quebrada El Limón, ante la ocurrencia de precipitaciones intensas en el área de estudio. Asimismo, se procedió a recomendar los estudios técnicos específicos requeridos para determinar el nivel de peligro, así como la identificación de medidas de prevención y reducción del riesgo presente en la zona de estudio.
- Sepúlveda, A., Patiño, J. y Rodríguez, C. (2016). Metodología para evaluación de riesgo por flujo de detritos detonados por lluvia: caso Útica, Cundinamarca, Colombia. Obras y Proyectos 20, 31-43. En este proyecto se analizó la susceptibilidad a la ocurrencia de flujo de detritos lo cual se obtuvo con la

aplicación del método estadístico bivariado de relación de frecuencias. Se ha tomado la cuenca de la Quebrada la Negra y el Municipio de Útica como caso de aplicación para la metodología propuesta, ya que en las laderas de dicha quebrada históricamente se han originado flujos de detritos de diferente intensidad, y la cabecera municipal ha sido afectada en diferentes ocasiones por dichos procesos, que han producido grandes pérdidas económicas y de vidas humanas.

- Benites, E. y Benedicto, G. (2019). Universidad Cesar Vallejo, Código Postal Lima 39, Perú. Evaluación de riesgo por ocurrencia de flujo de detritos en un centro poblado rural. En este informe se evalúa el nivel de riesgo teniendo en cuenta la ocurrencia de flujo de detritos ocasionado en el Centro Poblado de Chambara – Sayán – Huaura, para lo cual se determinó el peligro y vulnerabilidad del lugar a partir de hechos ocurridos anteriormente.
- Ordoñez, J.R. y Ruiz, A. (2019). Proyecto de Tesis Propuesta de un Modelo Numérico y Alternativas para el Control del Flujo de Detritos Quebrada El Tingo - Pataz – Perú. El aporte en el estudio del flujo de detritos mediante la propuesta de un modelo numérico permitió entender su comportamiento dinámico y la amenaza frente a la ocurrencia de dicho fenómeno en la Quebrada El Tingo en diferentes períodos de retorno, información que sirvió para plantear alternativas de solución con la finalidad de controlarlo y por consecuencia mitigar sus terribles efectos.
- Martínez, O. V. (2022), Proyecto de Tesis Aplicación y Comparación Modelos de Flujos Detríticos, Flo-2d Y Hec-Ras a Quebradas Acerilla y La Mesilla, Cuenca del Río Huasco, Eventos Marzo 2015. El aporte en el estudio del flujo

de detritos, mediante la aplicación del modelo numérico y sus características propias. HEC-RAS presenta una mayor variedad de ecuaciones de resistencia no newtonianas, lo que permite trabajar con distintos tipos de flujos no newtonianas. Aun así, HEC-RAS restringe el valor SD de detención de flujo, con un máximo de 0,06 m, siendo este uno de los parámetros reológicos más sensibles según Zegers et al. (2020), ya que este parámetro pasa por la capacidad de amortiguar del cono aluvional. HEC-RAS nos permite crear diversos planes con condiciones de borde y parámetros reológicos distintos, manteniendo la misma geometría, por lo que si se mantiene la misma geometría con HEC-RAS es más rápido probar otras condiciones.

- Carta Geológica “Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca 27-r y 27-s”; este estudio Geológico de los dos cuadrángulos (Urubamba y Calca), abarcan parte de la Cordillera Oriental y de las Altiplanicies, los que constituyen dos dominios morfoestructurales, limitados por un Dominio Intermedio, que en parte corresponde al Valle del Vilcanota-Urubamba; El mapa geológico de ambos cuadrángulos son a una escala de 1:100,000. Dicha información es descargada del INGEMMET, cuadrángulo de Calca 27s, con el objetivo de usar esta información como guía para realizar el cartografiado geológico.
- Informe Técnico: “Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el río Kitamayo. Región Cusco, Provincia Calca, Distrito Pisac”, este informe aboca la identificación de los peligros geológicos por movimiento en masa, determinando los factores condicionantes y desencadenantes planteando medidas de prevención, reducción y mitigación en el río Kitamayo.

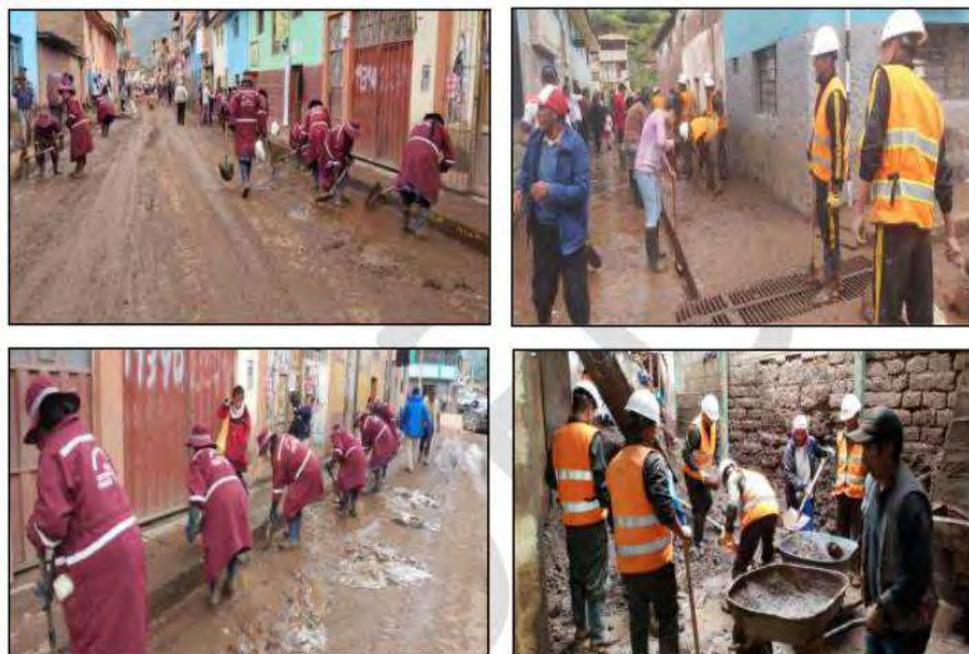
- Informe Técnico: “Mapa de Peligros de la Ciudad De Pisac”. Realizado dentro del marco del Proyecto INDECI – PNUD PER/02/051 - Ciudades Sostenibles, Enmarcadas en la ciudad de Pisac, en el que se presenta una zonificación de peligros asociados a la ocurrencia de fenómenos naturales, los de origen geológico - climático, geotécnico y climático.

1.9.2. Antecedentes históricos

- Posterior al 1930 – evento del aluvión, se desvió el cauce de río Kitamayo, bordeando el cerro Intihuatana al Este de la ciudad de Pisac, los que se implementó con encausamiento.
- En el año 2010, el 03 de marzo a las 05:10 horas a consecuencia de las intensas precipitaciones pluviales, influyo en el incremento de caudal de los ríos en el valle sagrado de los incas; el río Vilcanota en su recorrido llegó a colapsar y afectar infraestructuras como el puente de Pisac, comisaria de rural, concordantemente el río Kitamayo se desbordo trayendo consigo el arrastre de lodo afectando a las principales arterias de la ciudad de Pisac. La Dirección General del Ministerio Interior confirmó que fueron 07 los fallecidos, 05 los desaparecidos y varias hectáreas de cultivos afectadas a consecuencia de estas fuertes precipitaciones pluviales; así mismo las brigadas de la Policía Nacional del Perú continuaron con la búsqueda de los cuerpos desaparecidos y con los trabajos de limpieza y encauzamiento del río.
- Considerando la recurrencia del incremento de caudal del río Kitamayo. El 6 de febrero del 2020 al promediar las 23:00 horas, se suscitó el desborde del río

Kitamayo, afectando a la vida y salud de las personas, viviendas y locales públicos en el área urbana del poblado de Pisac.

Figura 00. Municipalidad Distrital de Pisac y Ejército del Perú realizan la limpieza de las calles y viviendas afectadas



Fuente: Informe de emergencia N° 423 - 6/7/2020 / COEN - INDECI

1.10. Hipótesis de investigación

- Los peligros geológicos por movimientos en masas (flujo de detritos, deslizamientos y caídas de rocas), a los cuales está expuesto la quebrada Kitamayo, están condicionados por la geología, geomorfología y pendiente, que son desencadenados por precipitaciones, acción antrópica, y actividad sísmica producto de fallas cercanas.

1.10.1. Hipótesis específicas

- 1) Por las características de las rocas volcánicas, volcans sedimentarias, depósitos y geoformas, generan zonas susceptibles a movimientos en masa en la quebrada Kitamayo.
- 2) La quebrada Kitamayo presenta densidad de drenaje baja, con una respuesta rápida frente a la evacuación de aguas pluviales, además de precipitaciones moderadas que se presentan en las temporadas de lluvias.
- 3) La quebrada Kitamayo está condicionada por la geología, geomorfología y pendientes, desencadenados por las precipitaciones y aceleraciones sísmicas generan la ocurrencia de flujo de detritos, caída de rocas logrando así la afectación a la población y sus medios de vida.
- 4) La quebrada Kitamayo representa un alto peligro por movimiento en masa de flujo de detritos y caída de rocas en sectores expuestos de la población de Pisac y parque arqueológico.
- 5) La quebrada Kitamayo no presentan las medidas preventivas tendientes a mitigar futuros desastres a nivel de la quebrada a través de la formulación de proyectos como: la protección de cauces, estabilización de laderas en las zonas más vulnerables, delimitación de las fajas marginales y otras que se encuentren en el marco de conservación y restauración del patrimonio arqueológico.

1.11. Metodología

1.11.1. Metodología del trabajo

La metodología del proyecto se detalla a continuación según cada Fase:

FASE I: Trabajo de Pre-Campo

- Se realiza una revisión bibliográfica de los antecedentes del estudio.
- Se realiza una interpretación geológica, geomorfológica, etc. previa del INGEMMET cuadrángulo de la zona de estudio, en base al cuadrángulo de Calca 27s.
- Se observa imágenes satelitales, para ver los accesos y una fotointerpretación previa, en la zona de estudio.
- Elaboración de planos base preliminares en base a información del INGEMMET.
- Se elabora un cronograma de actividades, una estructura de costos y presupuestos, para la planificación inherente a la tesis tomando en cuenta tiempos de trabajo, costos de materiales, servicios tomados y gastos, etc.

FASE II: Trabajo de Campo 1

- Mapeo geológico a escala 1:16500, mediante la cartografía de unidades geomorfológicas, estructuras, afloramientos, litologías y contacto entre ellas. Tomando como guía la carta geológica descargada del INGEMMET, cuadrángulo de Calca 27s.
- Identificación de las zonas críticas e inventario de la geodinámica externa en la quebrada Kitamayo.
- Recolección de muestras de suelos y rocas mediante la prospección de calicatas, afloramientos rocosos respectivamente.
- Medición de abertura, profundidad de cárcavas, lecho del río kitamayo en zona críticas (zonas susceptibles).

- Identificación de los elementos expuestos en el área de estudio.

FASE III: Trabajo de pos-Campo 1

- Análisis de muestras en gabinete; granulométrico y análisis petrográfico para suelo y roca respectivamente.
- Procesamiento y análisis de datos recabados en campo.
- Digitalización y generación de mapas temáticos del área de estudio, mediante el uso de herramientas informativas como; Arcgis, Google Earth, Sas Planet, Autocad, etc.
- Elaboración y procesamiento de las matrices según Saaty en Microsoft Excel, para la determinación de rangos y niveles de peligrosidad del área de estudio.
- Elaboración de mapa de peligrosidad de flujo de detritos y caída de rocas en Arcgis.

FASE IV: Trabajo de Campo 2

- Verificación y corrección de mapas temáticos del área de estudio.
- Inventario de unidades productoras, y elementos expuestos.

FASE IV: Trabajo de pos-Campo 2

- Procesamiento y análisis de datos recabados en campo.
- Elaboración y procesamiento de las matrices según Saaty en Microsoft Excel, para la determinación de rangos y niveles de peligrosidad según correcciones.
- Elaboración de mapa de peligrosidad de flujo de detritos y caída de rocas en Arcgis , según correcciones.

1.11.2. Metodología de investigación

La investigación se basa en un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), el enfoque cualitativo se basa en la evaluación y análisis de las características geológicas-geomorfológicas de la zona de estudio, el enfoque cuantitativo se basa en el uso de matrices y análisis de los rangos de peligrosidad.

El método de investigación es descriptiva - analítica - deductivo.

- **Descriptiva:** Utilizando imágenes satelitales, inspecciones y visitas a campo; para la descripción de los diferentes factores, parámetros y descriptores que inciden en la zona de estudio.
- **Analítica:** Procesamiento y análisis de información de las variables independientes, partiendo de las observaciones de hechos y fenómenos, para asignación del grado de incidencia.
- **Deductivo:** Llegar al objetivo principal, partiendo de conocimientos anteriores o existentes para llegar a casos particulares en la zona de estudio usando la lógica y razonamiento.

CAPITULO II

GEOMORFOLOGÍA

2.1. Geomorfología regional

2.1.1. Unidades geomorfológicas regionales

La región presenta cuatro grandes unidades morfoestructurales que son la cordillera occidental, la cordillera oriental, la faja sub andina y el llano amazónico, que en conjunto confieren un matriz complejo al relieve, donde se observan diferentes paisajes: altiplanicies, paisajes montañosos, colinas y los paisajes de llanura amazónica.

2.2. Unidades geomorfológicas del Vilcanota

2.2.1. Anticlinal del Vilcanota

Desde el punto de vista geomorfológico, el anticlinal del Vilcanota ha sido modelados por la acción erosiva de los glaciares, formando paisajes muy característicos, como circos y valles glaciares en forma de “V”, cuyas vertientes están cubiertas por depósitos morrénicos, que son sedimentos originados por la acción glacial, las vertientes medias y bajas están modeladas por acción fluvial, provenientes de ríos que nacen de los nevados que bordean la cabecera de cuencas.

2.2.2. Valle fluvial

Valles fluviales – fluvioglaciares con lagunas.

Son superficies bajas adyacentes a los fondos de valle y ocupan también el mismo curso fluvial, se originan por inundaciones de detritos es decir movimientos en masa con abundante

contenido de agua producto del derretimiento de la nieve y el hielo, y las intensas precipitaciones pluviales registradas en la zona.

Morfológicamente se distinguen como terrenos planos con pendientes de entre 5° y 20°; compuesto por gravas y bloques envueltas en matriz limo arcillosa.

Los peligros geológicos asociados son los aludes, las inundaciones, flujos de detritos y flujos de lodo. Los valles fluvio glaciares y valles glaciares se encuentran en las zonas más altas, rodeadas por circos glaciares en cabecera de cuenca, formando en muchos casos lagunas glaciares.

2.2.3. Montaña

Unidad de montaña

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas con alturas mayores a los 3,000 m respecto al nivel de base local. Se reconocen como cimas o cumbres agudas, subagudas, semiredondeadas, redondeadas o tubulares y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza.

Montañas en rocas ígneas

Conforman laderas y crestas de topografía muy abrupta, con pendientes de hasta 70° y elevaciones que alcanzan los 4568 m s.n.m. Estos relieves tienen formas irregulares y la evolución de sus formas está controlada por fallas geológicas, son rocas volcánicas como andesitas y basaltos que corresponden al grupo Mitu y formación Rumicolca. El grado de peligrosidad en esta subunidad está caracterizado por las continuas caídas y desprendimientos de roca y detritos.

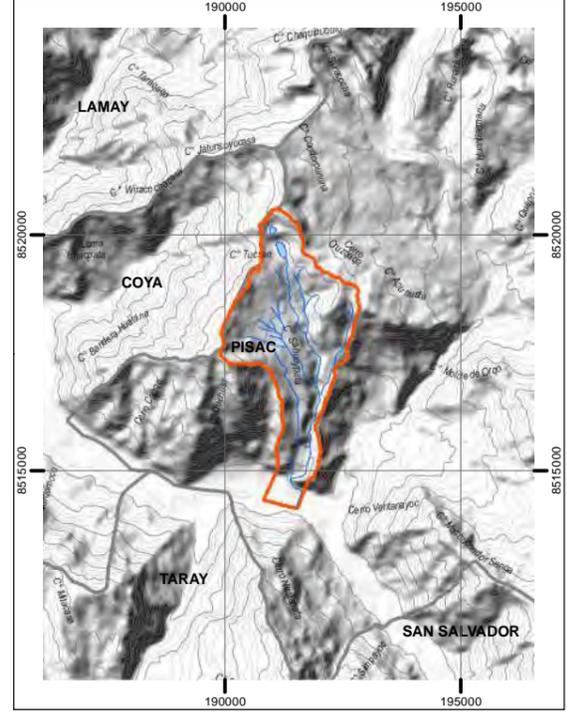
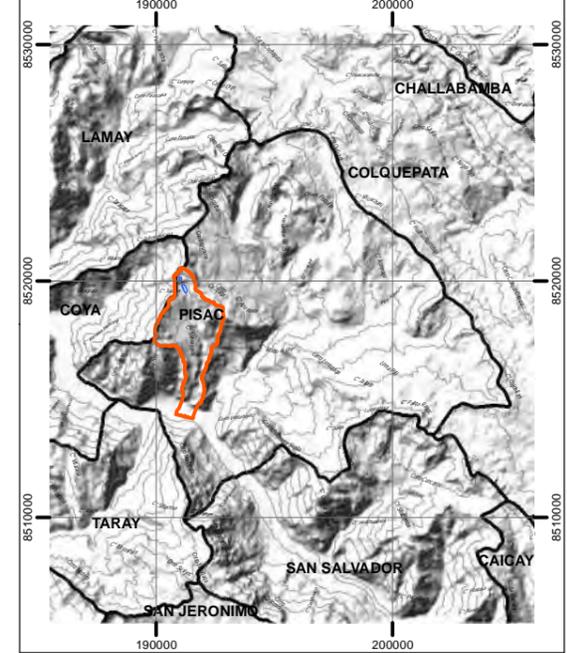
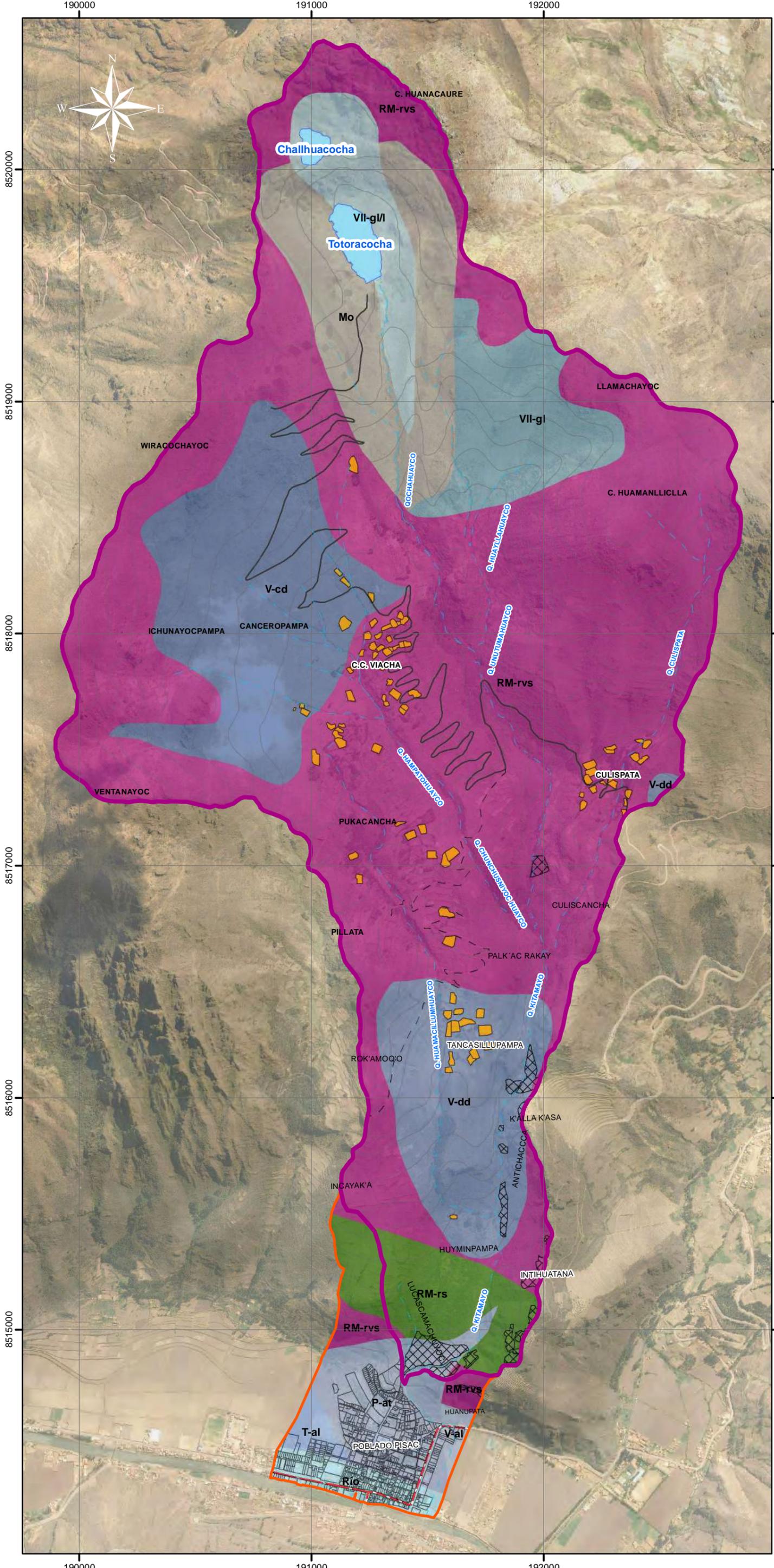
2.2.4. Vertiente

Vertiente o piedemonte coluvio – deluvial

Corresponde a las acumulaciones o depósitos de ladera media a baja originados por procesos de movimientos en masa del tipo deslizamientos y caídas de rocas con movimientos complejos. Su composición litológica es homogénea, constituida por fragmentos rocosos envueltos en matriz arenosa, son depósitos de corto recorrido y forman abanicos y conos de deyección en las laderas de las montañas.

Vertiente o piedemonte aluvio torrencial

Asociada a depósitos dejados por flujos de detritos y de lodos de tipo excepcional, de pendiente suave, menor a 5°. Compuesto por fragmentos rocosos heterométricos (bloques bolos y detritos) en matriz limoarenocilosa, depositado en forma de cono en la desembocadura de la quebrada Kitamayo.



SIMBOLOGÍA :

Área de influencia	Quebrada Kitamayo
Red hidrográfica	Topografía
Quebrada	Curva primaria
Laguna	Red vial
Centros poblados	Asfaltada
Área urbana	Trocha Carrozable
Área rural	Camino
Área arqueológica	

LEYENDA :

codigeom, etiqueta, sub_uni

RM-rvs, Montaña en roca volcánico-sedimentaria
RM-rs, Montaña en roca sedimentaria
VII-gl, Valle glaciar
VII-gl/l, Valle glaciar con laguna
Mo, Morrenas
V-cd, Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial
V-dd, Vertiente con depósito de deslizamiento
P-at, Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
V-al, Vertiente o piedemonte aluvial
T-al, Terraza aluvial
Río, Cauce del río

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

"IDENTIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICOS POR GEODINAMICA EXTERNA EN LA QUEBRADA KITAMAYO, DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO 2022"

TÍTULO DE MAPA:
 GEOMORFOLOGIA REGIONAL

ELABORADO POR: Br. MAYSELA VALDIVIA CHAHUAYLLA Br. JHON ALBERT YUCRA OQUECCANO	SISTEMA DE COORDENADAS: PROYECCION: UTM WGS 1984 ZONA: 19S
ASESOR: MGT. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	ESCALA: 1:16.500

UBICACION:
 DISTRITO : Pisac
 PROVINCIA : Calca
 DEPARTAMENTO : Cusco

N° MAPA:
MP - 02

2.3. Unidades geomorfológicas de la quebrada Kitamayo

2.3.1. *Cauce natural*

Cauce natural de la quebrada Kitamayo, este modelado por la acción erosiva y socavamiento en distintos tramos, con pendiente de cauce variable; el cauce principal recorría por la actual plaza constitución y a partir del aluvión de 1930, el cauce del río Kitamayo se desvió y encauso (ángulo de caída o inclinación 19°), el cual bordea el cerro Intihuatana en el centro poblado de Pisac. Presenta un área de 0.095 km².



Fotografía 1. Erosión de riberas y cauce natural del río Kitamayo

2.3.2. *Cono aluvial*

Cono aluvial antiguo: Geofoma con pendientes de 14° a 25° , parte del depósito proluvial, movilizados a manera de flujos de detritos (huaicos) y se ubican en la parte distal de flujo, en el Centro poblado de Pisac. Presenta un área de 0.110 km².



Fotografía 2. Área urbana de Pisac, viviendas asentadas sobre el cono aluvial antiguo.

Cono aluvial reciente: Geofoma formado por recientes aluviones con pendientes inclinadas de 25° a 35°, con depósitos aluviales resultado de la acumulación de material transportado conocido como flujo de detritos (huaicos), el cual se ubica en el sector de Acchapata. Presenta un área de 0.033 km².

2.3.3. Cresta de la quebrada

Superficies o elevaciones alargadas, cimas modeladas por la erosión; los que se ubican al N, E, W de la C.C. Viacha en sectores como T'urpay, Wirachayoc, Kurosk'asa, Minasmoq'o, Llut'upujo, Huamanlliclla. Presenta un área de 0.791 km².



Fotografía 3. Cresta de la quebrada en el sector de Kurosk'asa.

2.3.4. Cárcavas

Superficies erosionadas por aguas superficiales, localizadas en pendientes inclinadas que varían de 7° a 25°; los materiales más susceptibles a este proceso erosivo son los depósitos fluvio glacial y coluviales; las cárcavas se encuentran al NW, SW de la C.C. Viacha en el sector de Canceropampa, al igual que al N del centro poblado de Pisac en los sectores de Rok'amoq'o y Sahuaypata. Presenta un área de 0.084 km².



Fotografía 4. Cárcavas productos de la erosión por aguas superficiales en el sector Canceropampa.

2.3.5. Escarpas

Ladera abrupta formadas por procesos exógenos con pendientes escarpadas mayores a 35°, siendo las zonas de caída de rocas; localizándose a ambas márgenes del río Kitamayo en el sector de Culispatahuayco, Huayracpunk'o, Antichaca, en la margen izquierda en el sector del parque Arqueológico Intihuatana y en el sector de Sahuaypata. Presentando un área de 0.908 km².



Fotografía 5. Escarpas en laderas a ambas márgenes de río Kitamayo

2.3.6. Laderas

Considerando a las geoformas llanas a inclinadas que se identifican en el parte alta y baja de la quebrada, en los sectores de Roccamocco, Llamachayoq y Huayllahuaycco. Tendiendo a variar desde los 7° hasta mayores a 35°.



Fotografía 6. Escarpas en laderas a ambas márgenes de río Kitamayo

2.3.7. Laguna glaciar

Cuerpos de agua natural, generados y modelados por glaciares, de pendientes llanas que varían de 0° a 7° , con un área total 0.060 km^2 ; las lagunas glaciares conocidas en el área de estudio son las lagunas de Totoracocha y Challhuacocha al N de la C.C. Viacha.



Fotografía 7. Lagunas glaciares Totoracocha y Challhuacocha.

2.3.8. Morrenas

Formadas en las márgenes de las depresiones glaciares, de pendientes inclinadas a moderadamente empinadas 14° a 25° ; con un área total de 0.5 km^2 ; ubicadas al borde de la laguna Totoracocha.



Fotografía 8. Morrenas en las márgenes de la laguna Totoracocha.

2.3.9. Planicies

Superficies de poca inclinación o con poca diferencia de altitudes, sub horizontales a onduladas; con un área total de 0.796 km²; en los sectores de Tancasillupampa, Cutochuayco y Pillata.

2.3.10. Plataformas

Estructuras que forman parte de la geomorfología, de origen antrópico, con función destinada a cultivos y en ciertas zonas a mitigar fenómenos geodinámicos como deslizamientos, reptaciones, caídas, dispuestas a manera de andenería.



Fotografía 9. Plataformas cercanas a cauce del río Kitamayo en el sector de Andenes Acchapata.



Fotografía 10. Plataforma para estabilización de laderas.

2.3.11. Terraza fluvial

Unidad geomorfológica de pendiente baja de 0° a 7°, característica de ambientes fluviales, desarrolladas por la variación y socavación lenta y progresiva de un río, en este caso del río Vilcanota.

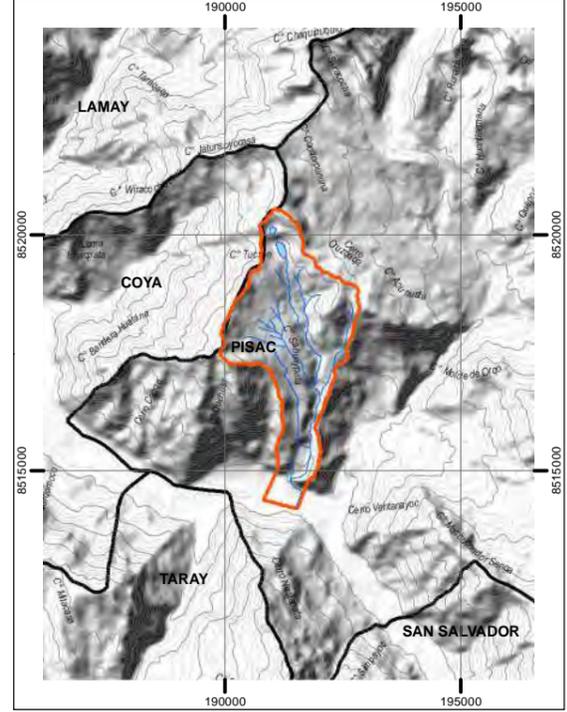
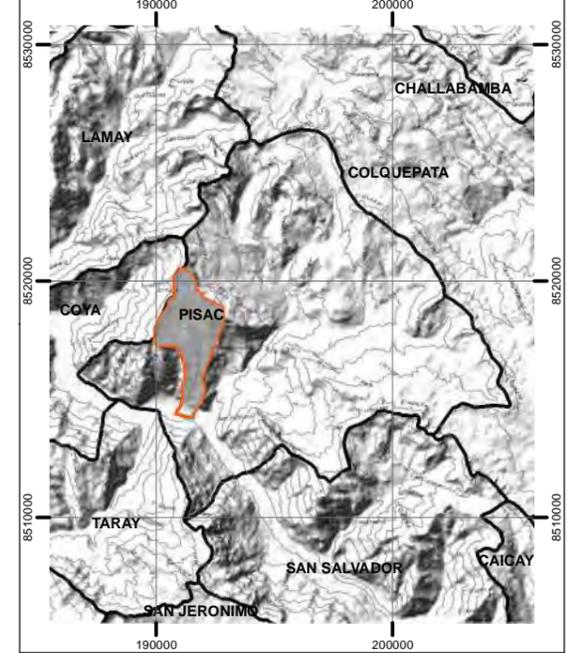
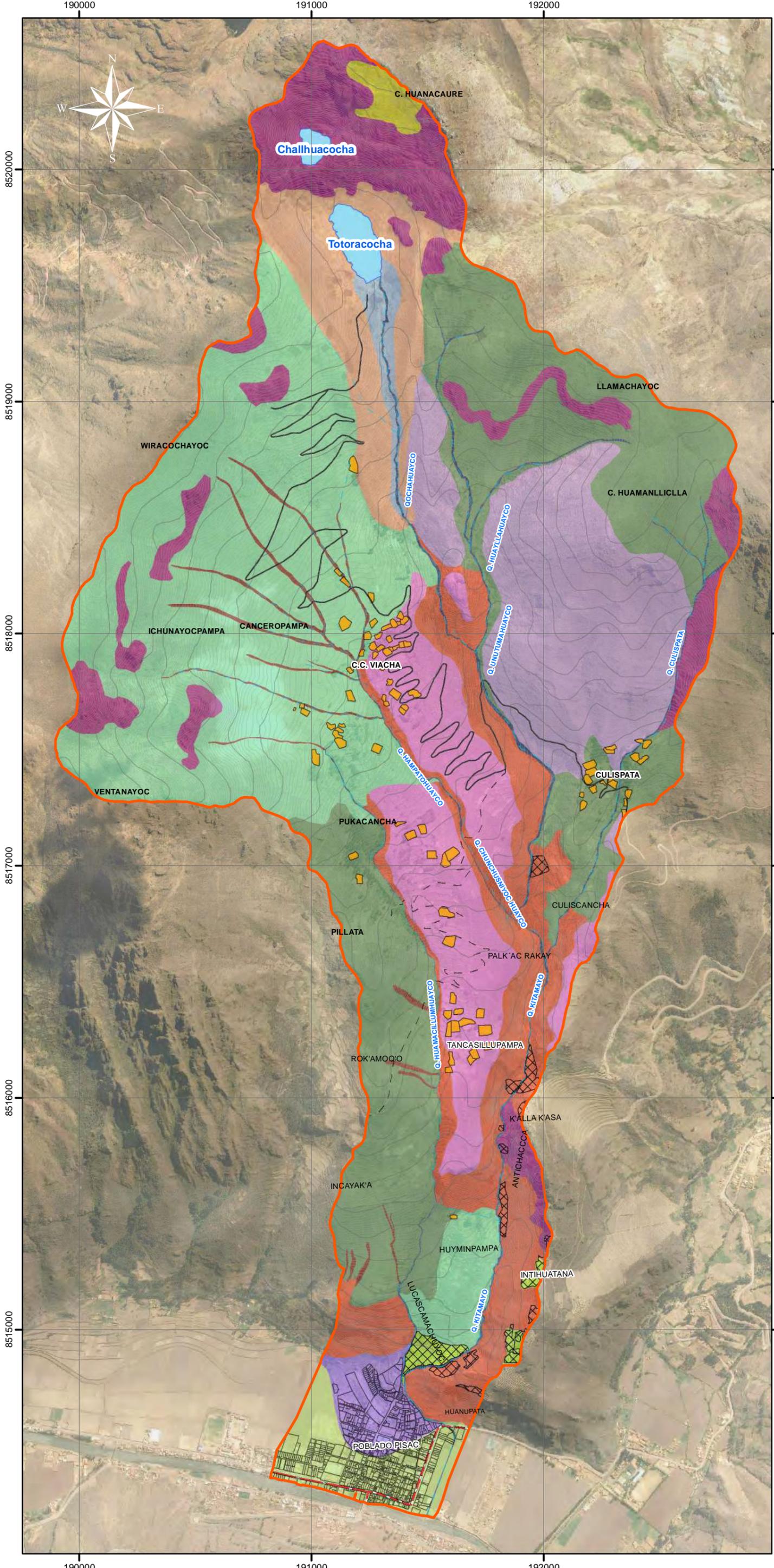
2.3.12. Vertientes

Una vertiente es un declive o lugar por donde corre el agua. Suele tratarse de una superficie topográfica inclinada, que se encuentra entre puntos altos (como cimas, picos o crestas) y bajos.

La vertiente puede tener distintos perfiles, de acuerdo a la acción de la erosión y a las características rocosas del terreno. La altura, el desnivel, la superficie, la vegetación y la exposición al sol varían de acuerdo a cada vertiente. Pendiente de una montaña o elevación del terreno por cualquiera de sus lados, con pendientes moderadas de entre 14° a 25°.



Fotografía 11. vertientes en zonas altas en el sector de Llamachayochuayco



SIMBOLOGÍA :

Quebrada Kitamayo	Topografía
Red hidrográfica	Curva primaria
Quebrada	Curva secundaria
Laguna	Red vial
Centros poblados	Asfaltada
Área urbana	Trocha Carrozable
Área rural	Camino
Área arqueológica	

LEYENDA :

Unidad geomorfológica

	Cauce natural
	Cono aluvial
	Crestas
	Cárcavas
	Derrubios
	Escarpa
	Ladera
	Laguna glaciár
	Montaña
	Morrenas
	Planicie
	Plataforma
	Terraza
	Valle glaciár
	Vertiente

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

"IDENTIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICOS POR GEODINAMICA EXTERNA EN LA QUEBRADA KITAMAYO, DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO 2022"

TÍTULO DE MAPA:
 GEOMORFOLOGIA LOCAL

ELABORADO POR: Br. MAYSELA VALDIVIA CHAHUAYLLA Br. JHON ALBERT YUCRA OQUECAÑO	SISTEMA DE COORDENADAS: PROYECCIÓN: UTM WGS 1984 ZONA: 19S
ASESOR: MGT. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	ESCALA: 1:16.500
UBICACIÓN: DISTRITO : Pisac PROVINCIA : Calca DEPARTAMENTO: Cusco	N° MAPA: MP - 02

2.4. Pendientes

Las pendientes en la zona de estudio, se han identificado y clasificado en base a la información del levantamiento topográfico, en grados y agrupado en 5 descriptores, se ha tomado como criterio para el peligro por flujo de detritos a las pendientes inferiores a 14° como los descriptores más críticos; y el criterio para el peligro de caída de rocas con pendientes superiores a 35° como los más críticos.

2.4.1. Pendientes llanas a ligeramente inclinadas (0° - 7°)

Las pendientes llanas a ligeramente inclinadas menores a 7° , que representan el 0.317 km² del área total. Se evidencian en los cuerpos de agua (laguna Totoracocha y Challhuacocha), además están consideradas las terrazas fluviales del valle del Vilcanota; los que son importantes como condicionantes a los procesos de inundación fluvial; además estas pendientes son los relieves más críticos, debido a la depositación de los flujos de detritos.



Fotografía 12. Pendiente llana a inclinada de terrazas fluviales en zonas de cultivo y zona baja del área urbana de Pisac

2.4.2. Pendientes moderadamente a fuertemente inclinadas (7°- 14°)

Las pendientes moderadamente a fuertemente inclinadas de 7° a 14°, que representan el 1.416 km² del área total. Los que se evidencian en distintos sectores, pero los más concentrados son en el sector de Canceropampa, Sarahuarak'asa, Tamcasillupampa y la C.C. Viacha. La pendiente en el sector Canceropampa favorece al escurrimiento superficial de precipitación pluvial y procesos de erosión, el que conlleva al arrastre de material.

2.4.3. Pendientes ligeramente a moderadamente empinadas (14°- 25°)

Pendientes ligeramente a moderadamente empinadas de 14° a 25°, que representan el 2.758 km² del área total. Los que se encuentran en amplios sectores como Kurask'asa, Llamuk'asa, Suyuk'aca, Llut'upujo, Llamachayoc, Puk'acancha, Cutochuayco, Culispata superficies en el que se genera erosiones moderadas; el cono aluvial (distal) del centro poblado de Pisac producto de antiguos aluviones (huaicos).

2.4.4. Pendientes fuertemente empinadas a empinadas (25°- 35°)

Pendientes fuertemente empinadas a empinadas de 25° a 35°, que representan el 0.776 km² del área total. Los que se encuentran en laderas al N y NW de la C.C. Viacha en la laguna de Totoracocha y Cahallhuacocha, Chaupimoq'o, Culiscancha, Incayacka y el cono aluvial en el centro poblado de Pisac.



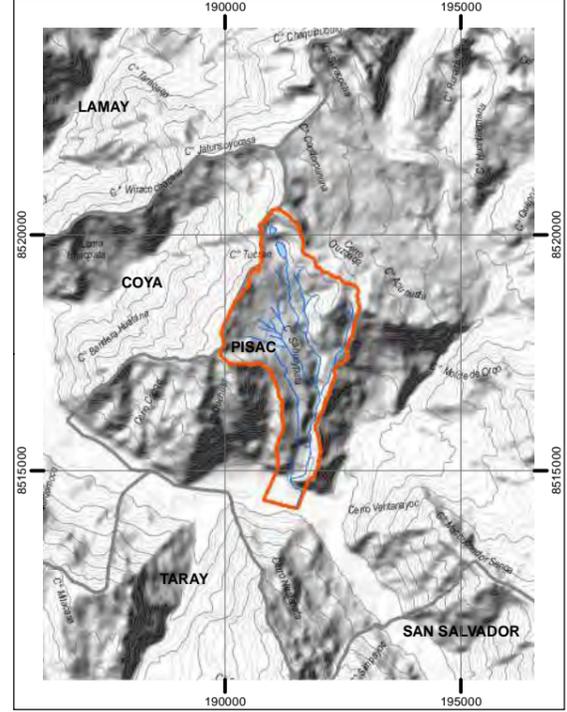
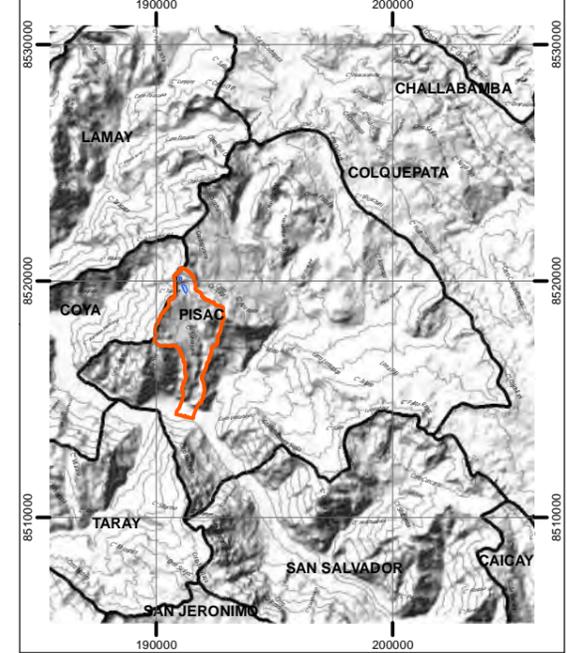
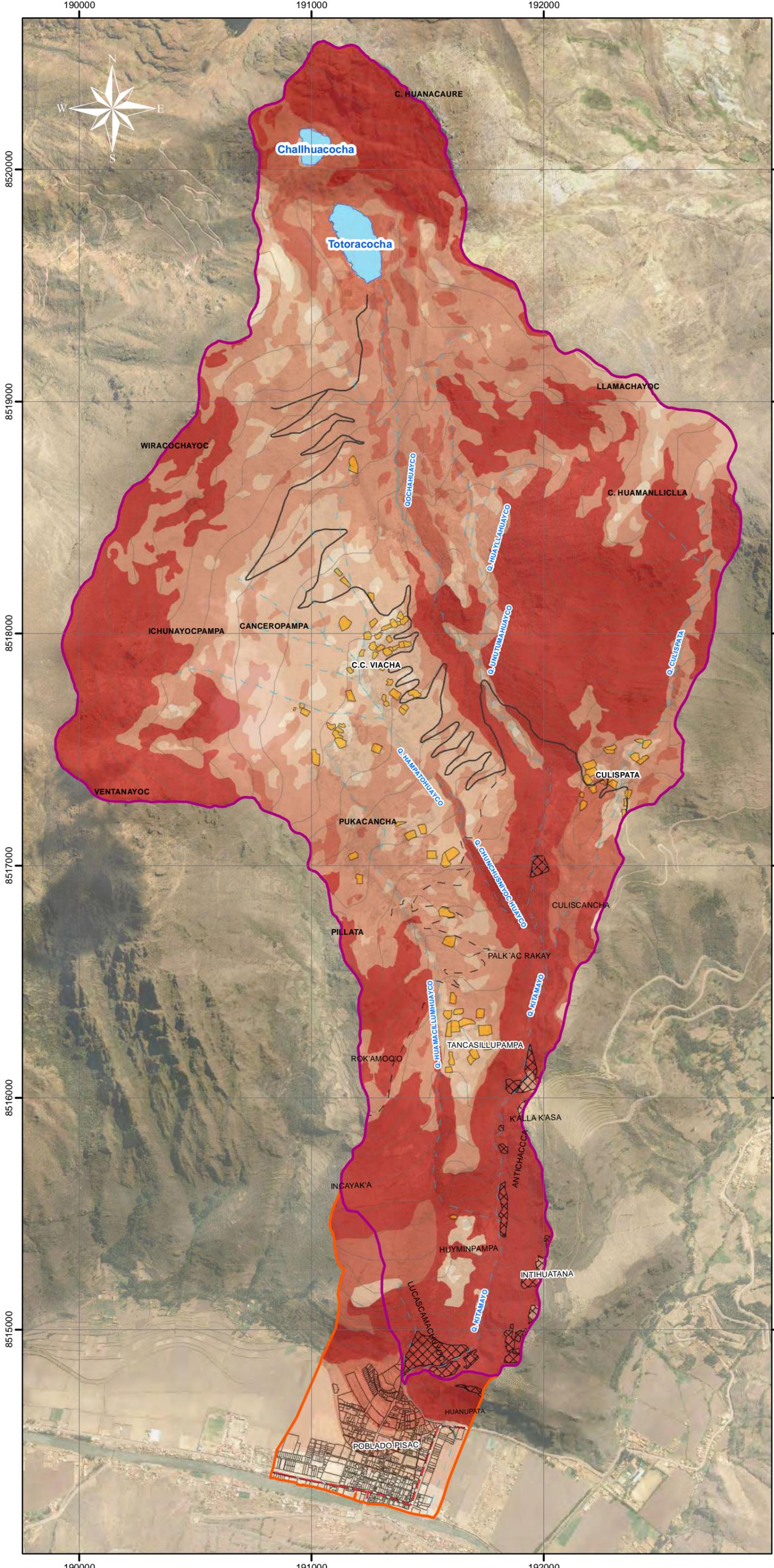
Fotografía 13. Pendiente empinada en el sector de Culiscancha

2.4.5. Pendientes escarpadas (35° a más)

Pendientes escarpadas de 35° a más, que representan un área de 3.548 km², siendo la pendiente con mayor área. Estas superficies agrestes y escarpadas donde predominan los afloramientos al N y NE de la C.C. Viacha en la laguna de Totoracocha y Cahallhuacocha, Huamanlliclla, Ichunayoc, Wiracochayoc, ambas márgenes de Culispatahuayco, Rok'amoq'o, ambas márgenes del río Kitamayo, andenerías Acchapata; en el que predominan intemperismo y meteorización los que resultan en la caída de rocas.



Fotografía 14. Pendientes escarpadas en el sector Andenes Acchapata



SIMBOLOGÍA :

Área de influencia	Quebrada Kitamayo
Red hidrográfica	Topografía
Quebrada	Curva primaria
Laguna	Red vial
Centros poblados	Asfaltada
Área urbana	Trocha Carrozable
Área rural	Camino
Área arqueológica	

LEYENDA :

Rango de Pendientes

	De 0° a 7° : Llanas a ligeramente inclinadas
	De 7° a 14° : Moderadamente a fuertemente inclinadas
	De 14° a 25° : Ligeramente a moderadamente empinadas
	De 25° a 35° : Fuertemente empinadas a empinadas
	Mayor a 35° : Escarpadas

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

"IDENTIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICOS POR GEODINAMICA EXTERNA EN LA QUEBRADA KITAMAYO, DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO 2022"

TÍTULO DE MAPA: PENDIENTES

ELABORADO POR: Br. MAYSELA VALDIVIA CHAHUAYLLA Br. JHON ALBERT YUCRA OQUECCANO	SISTEMA DE COORDENADAS: PROYECCION: UTM WGS 1984 ZONA: 19S
ASESOR: MGT. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	ESCALA: 1:16,500
UBICACION: DISTRITO : Pisac PROVINCIA : Calca DEPARTAMENTO : Cusco	N° MAPA: MP - 04

2.5. Cobertura vegetal

La cobertura vegetal en el área de estudio según la clasificación de cobertura vegetal en la región del cusco, se tienen presente unidades antrópicas, herbazal, matorrales y otras áreas. Para el área de estudio se adaptó y modifico en base al Plan de Prevención y Reducción de Riesgo de Desastres del distrito de Pisac al 2025.

La unidad antrópica, como sub unidad agricultura andina (Agri), siendo la misma de actividad agropecuaria en laderas y valles interandinos, estando ubicadas a Norte de la comunidad campesina de Viacha, y en sectores de Tancasillupampa y Culispata; La sub unidad de plantación forestal (PF), sinedo característico con masa boscosa, de tamaño bien definida (pino y eucalipto), ubicados próximos al cauce natural en el sector de Huamacilluhuayco, Chunchusniyochuayco, Unutumahuayco y culiscancha.

La unidad herbazal, como sub unidad de pajonal altoandino (Pj), siendo la misma de asociaciones de hierbas con estratos definidos (paja/ichu), estando ubicados al Norte, Este y Oeste de la comunidad campesina de Viacha y Culispata.

La unidad de matorrales, como sub unidad de matorral arbustivo (Ma), siendo la misma conformada de comunidades arbustivas en diferentes niveles altitudinales, distribuido en gran parte próximo a las quebradas.

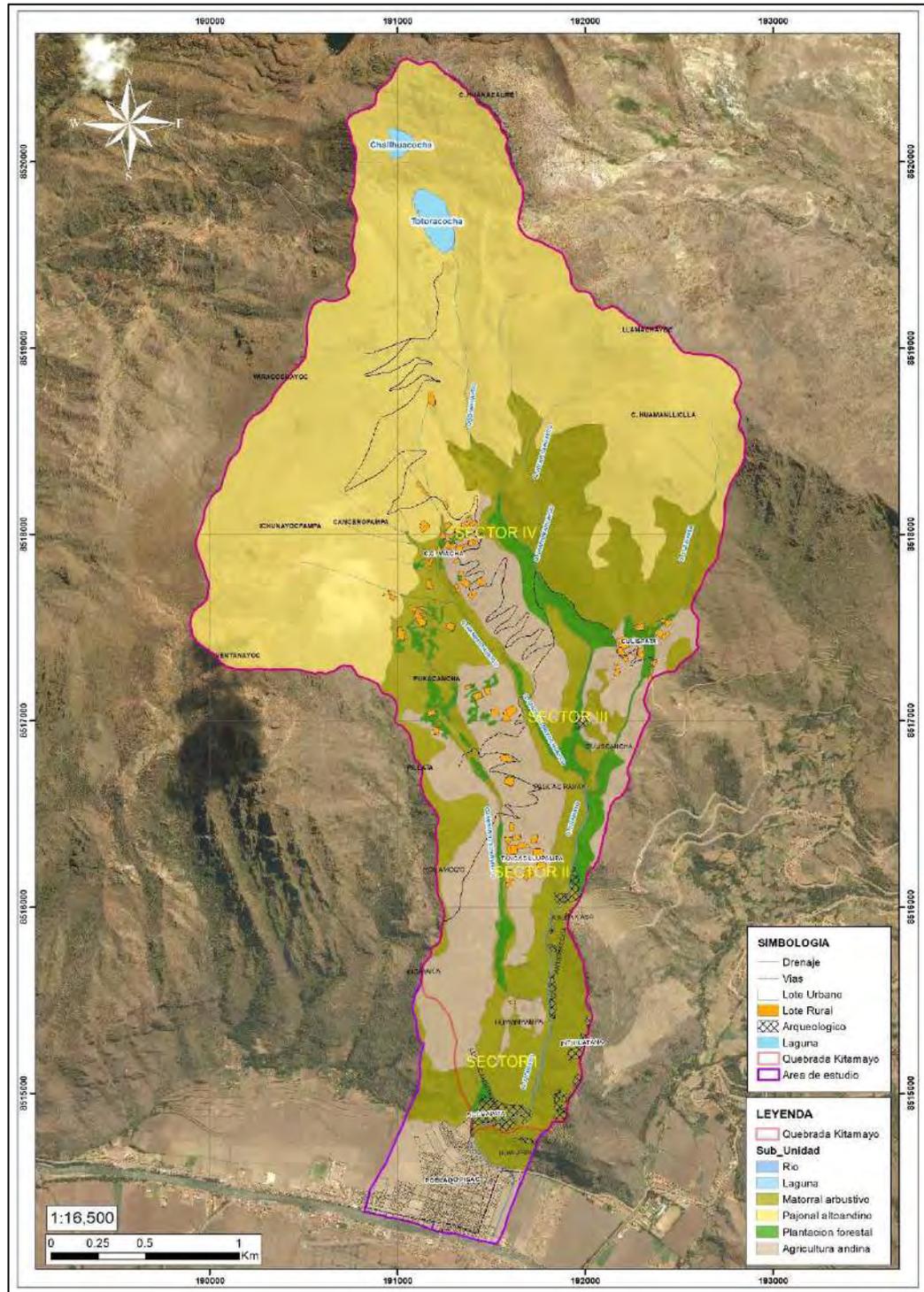
Otras áreas, como sub unidad de lagunas (Lag), conformado por cuerpos de agua estancados o de movimiento lento, siendo parte de esta sub unidad las lagunas de Challhuacocha y Totoracocha, ubicados al extremo Norte de la comunidad campesina de Viacha.

Las sub unidades ya descritas se agruparon en 5 descriptores, que se ha tomado como criterio para el peligro por caída de rocas, siendo la sub unidad de plantación forestal como los más críticos por su su alto grafo de fracturamiento, que genera sus raíces al buscar agua; además de las áreas sin presencia de vegetación o escasa, donde se aprecia los afloramientos rocosos en taludes.



Fotografía 15. Plantación forestal en quebrada pajonal alto andino.

Figura 4. Mapa de cobertura vegetal



CAPITULO III

GEOLOGÍA

Se describen a continuación las diferentes formaciones geológicas existentes en la localidad de Pisac, así como en las quebrada Kitamayo, tipificando sus características litológicas y estructurales. las cuales son tomados en base a los boletines realizados por el INGEMMET. Se ha extraído del boletín de la carta nacional del cuadrángulo: Urubamba – Calca (Carlotto et al., 1996).

3.1. Geología regional

3.1.1. Grupo Yuncaypata

3.1.1.1. Formación Maras (kis-ma)

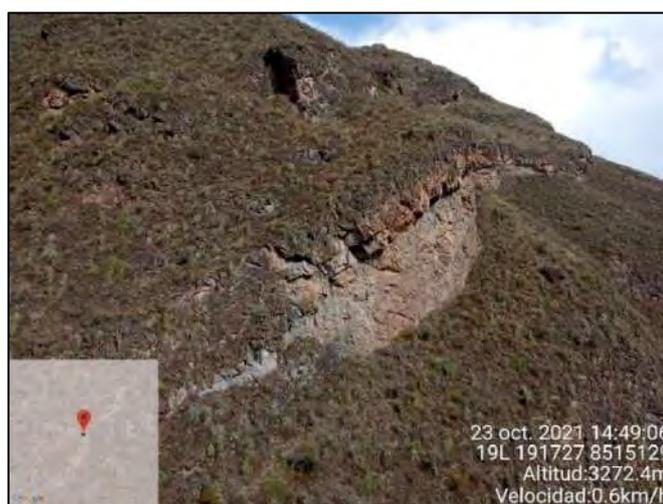
Estos depósitos sobreyacen concordantemente a la Formación Paucarbamba. Aflora al Suroeste de la ciudad de Pisac en el cerro Quehuar. Está compuesta básicamente por yesos, intercaladas con lutitas rojas y más escasamente lutitas verdes y algunos niveles de calizas de grosores delgados (3 a 7 metros). Las lutitas serían de origen lacustre o marino poco profundo, los yesos de sabkha y las calizas indicarían máximos transgresivos (Carlotto, 1992). El grosor total de esta unidad se estima entre 100 y 200 metros, aunque en algunos lugares pueden sobrepasar los 400 metros debido a efectos diapíricos y tectónicos.

La edad Albiana media de la Formación Maras es asumida, en base a su posición estratigráfica y por correlaciones; ya que infrayace a las calizas de la Formación Ayavacas del Albiano superior-Turoniano.

3.1.1.2. Formación Paucarbamba

Reposa concordantemente sobre la formación Huancané, esta formación está constituida por una alternancia de areniscas calcáreas, margas, lutitas amarillas, rojizas y verdes, formando secuencias grano-estrato crecientes depositados en una plataforma litoral (Chávez, 1995). Los primeros depósitos de la Formación Paucarbamba reposan sobre la superficie de oxidación que afecta la última barra arenosa de la Formación Huancané (Carlotto, en preparación). Hacia el techo parece pasar progresivamente a las lutitas y yesos de la Formación Maras. El grosor medido en Paucarbamba es de 50 metros, pero esta puede variar lateralmente, alcanzando hasta los 300 metros.

La Formación Paucarbamba sobreyace a la Formación Huancané e infrayace a la Formación Maras no datada, esta última bajo la Formación Ayavacas o calizas Yuncaypata de edad Albiana-Turoniana. Por correlaciones regionales y por sobreyacer a la Formación Huancané se le asignaba una edad comprendida entre el Aptiano superior-Albiano inferior.



Fotografía 16. Formación Paucarbamba de areniscas fracturadas al NE de la ciudad de Pisac.

3.1.2. Formación Huancane

La Formación Huancane reposa en discordancia erosional y en débil discordancia angular sobre la formación Huambutio o directamente sobre el Grupo Mitu o paleozoico inferior, está dividida en dos miembros (Candia & Carlotto, 1985). El Miembro Inferior está compuesto por conglomerados, areniscas conglomerádicas y areniscas cuarzosas de color blanco, donde la base de los bancos presenta canales y la granulometría es decreciente, correspondiendo a secuencias de origen fluvial (Carlotto, 1992).

El Miembro Superior está constituido localmente, por un nivel calcáreo (Queqayoc, parte alta de Huancalle y norte de Pisac) o por niveles finos de lutitas rojas o negras. La segunda unidad se compone principalmente de barras arenosas masivas con laminaciones oblicuas que presentan la particularidad de ser continuas sobre decenas de kilómetros y que son interpretadas como el resultado de la superposición y unión de varios sistemas fluviales entrelazados de procedencia NE, es decir del escudo brasileño (Carlotto, et al 1995a).

3.1.3. Grupo Mitu

3.1.3.1. Formación Pisac

La Formación Pisac (Gabelman & Jordan, 1964), aflora en al Anticlinal del Vilcanota, descansando en discordancia sobre el Grupo Copacabana, por intermedio, o no, de un nivel volcánico. Posteriormente se tienen secuencias grano-estrato crecientes de brechas y conglomerados, intercalados con areniscas y limolítas rojas. Los conglomerados contienen clastos de calizas con fusulinas, volcánicos y cuarcitas, estas secuencias han sido interpretadas como conos aluviales, relacionadas a una tectónica sinsedimentaria (Carlotto et al., 1988).

Escasamente aflora en Yanahuara a la base de la Formación Pachatusan y cerca a la quebrada de Patacancha.

3.1.3.1. Formación Pachatusan

La Formación Pachatusan (Gregory, 1916) está constituida por brechas, aglomerados y coladas volcánicas de basaltos, riolitas e ignimbritas. Estas rocas volcánicas se intercalan con rocas sedimentarias, caracterizándose por su color rojo violáceo “concho de vino” que permite reconocerlas rápidamente en el campo.



Fotografía 17. Andesitas, brechas en el divortium acuario, cima laguna Chalhuaqocha y Totoraqocha



Fotografía 18. Afloramiento de andesitas con dirección EW, quebrada Huayllahuayco

Las rocas volcánicas, las tobas, lapilli y coladas de color rojo violeta, generalmente están descritas como andesitas, ignimbritas y basaltos. Los afloramientos volcánicos de esta formación, son muy extensas en la parte Este del Cuadrángulo de Urubamba y en la parte Norte del Anticlinal de Vilcanota. La base de esta unidad en el Anticlinal del Vilcanota, entre el sur de San Salvador y Pillahuara, sobreyace a una barra gruesa de conglomerados que resalta en los afloramientos y está representada por riolitas con textura fluidal (NE de Pisac). Las andesitas parecen constituir el grueso de la formación, las que están acompañadas de tobas y brechas. La Formación Pachatusan se caracteriza por la presencia de conglomerados de conos aluviales y areniscas cuarzosas fluviales intercalados en las rocas volcánicas.

3.1.4. Formación Ananea

De edad Siluro devoniano, conformada para pizarras y esquistos pizarrosos de color gris negro sin estratificación visible, intercalado con escasos bancos de cuarcita de 5 a 20 cm. De ambiente silíceo – clástico somero distal.

3.1.5. Formación Rumicolca

Se denomina Formación Rumicolca (Mendivil & Dávila, 1994) a un conjunto de cuerpos volcánicos de dimensiones pequeñas que afloran a lo largo del límite entre la Cordillera Oriental y las Altiplanicies, en particular en la zona de estudio.

Estos cuerpos volcánicos se les puede identificar en las fotografías aéreas por su textura rugosa, por formar pequeños cuerpos y por sobresalir en el relieve. Se han identificado los cuerpos de Pisac, Koricocha, Huchuyqosqo, Huarocondo, SE de Ancahuasi, Moray, Maras, Huilque, Limatambo, Cerro Achaco, etc.

Estos cuerpos se hallan marcando una zona de fallas activas (Cabrera, 1988), al límite entre la Cordillera Oriental y las Altiplanicies. Este volcanismo, está caracterizado por coladas de lavas de dimensiones pequeñas (0.5 a 5 km²) y raros conos de escorias. Todos estos cuerpos volcánicos han sido descritos como andesitas, siendo su litología muy similar de un afloramiento a otro. Estas rocas son consideradas de edad Plio-Cuaternaria en base a criterios estratigráficos y dataciones radiométricas.

3.1.6. Depósitos fluviales

Estos depósitos han sido reconocidos en el fondo de los valles particularmente del Vilcanota-Urubamba, de los ríos Lucumayo, Ocobamba y Lares (Cuadrángulo de Urubamba) y los ríos Paucartambo y Yanatili. (Cuadrángulo de Calca), donde están constituidos por bancos de gravas y arenas, formando una o varias terrazas.

3.1.7. Depósitos aluviales

Dentro de estos depósitos, hemos considerado los conos tanto aluviales como los de deyección. Estos conos están adosados principalmente a la desembocadura de las quebradas adyacentes al valle del río Vilcanota-Urubamba, de los ríos Lucumayo, Ocobamba y Lares (Cuadrángulo de Urubamba) y los ríos Paucartambo, Yanatili y Kosñipata (Cuadrángulo de Calca), producto de un cambio repentino de pendiente. Dentro de los conos resaltan las quebradas de Pumahuanca, Chicón, Yanahuara, Calca y Hualancay; los que están conformados por grandes bloques de granitos, cuarcitas, rocas volcánicas, etc., envueltos por una matriz areno-arcillosa.

3.1.8. Depósitos lacustres

En los alrededores de la laguna de Kinsa cocha se evidencian en las fotografías aéreas, depósitos palustres y lacustres subactuales que evidencian el retroceso de estas lagunas. Los depósitos lacustres subactuales están compuestos por arcillas intercaladas con diatomitas y niveles de turba.

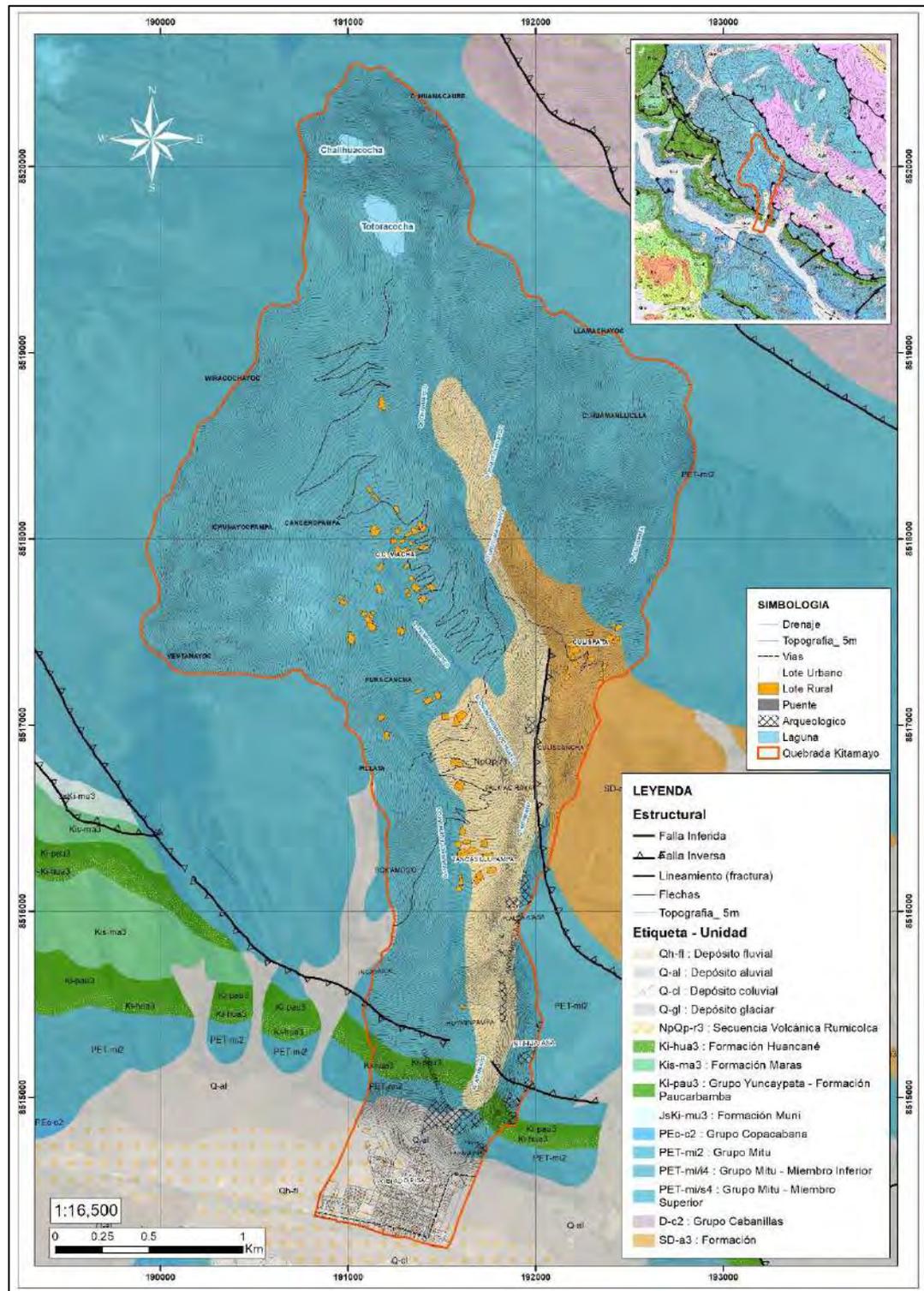
3.1.9. Depósitos glaciares

Se identifican en las partes altas como restos de material glaciario. Los depósitos glaciares (morrenas), se ubican al pie de la cadena de nevados observados en la Cordillera Oriental de la zona de estudio. Se ha cartografiado las morrenas de mayores dimensiones, no así las pequeñas por razones de escala.

Figura 5. Columna estratigráfica de la zona de estudio

COLUMNA ESTRATIGRAFICA							
ERA TEMA SISTEMA	SERIE	EDAD Ma	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA	SIMBOLO	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	
CENOZOICO	Cuaternario	Holoceno	Depósito Aluvial	Qh-al		Gravas y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa.	
			Depósito Coluvial	Qh-co		Gravas y bloques angulosos con matriz areniscosa y limosa.	
			Depósito Glaciofluvial	Qh-gfl		Fragmentos angulosos a subangulosos, diámetro variable en matriz areno limosa.	
	Pleistoceno	2-58	Depósito Glaciar	Qh-gl		Bloques y cantos angulosos a subangulosos en matriz areniscosa.	
	Neógeno	Plioceno	23	Formación Rumicolca	NpQ-r		Shoshonitas, andesitas.
MESOZOICO	Cretácico	Inferior	Formación Maras	Kis-ma		Yesos, anhidritas con areniscas, limoarcillitas y calizas caóticas.	
			Formación Paucarbamba	Kj-pau		Areniscas intercaladas con limoarcillitas rojas y verdes.	
			Formación Huancané	Ki-hua		Cuarzo arenitas blancas o rojizas con estratificación sesgada y oblicuas.	
PALEOZOICO	Permico	Superior	Grupo Mita	Formación Pachatusan	PET-m		Brechas, aglomerados y coladas volcánicas de basaltos, también presentan riolitas e ignimbritas.
				Formación Pisac	PET-m		Componente de un nivel volcánico, sobre el cual se encuentran secuencias grano estrato crecientes de brechas y conglomerados intercalados con areniscas y limolitas rojas.
	Medio	298.9	Grupo Copacabana	PEc-c		Calizas bioclasticas, micriticas y areniscas en estratos delgados intercalados con lutitas negras.	

Figura 6. Mapa geológico del área de influencia



3.2. Geología Local

3.2.1. Litología y depósitos cuaternarios

De acuerdo a la información de campo se ha identificado litologías, desde rocas ígneas extrusivas o volcánicas de variedades de andesitas, basaltos, rocas metamórficas como cuarcitas, rocas sedimentarias como areniscas, lutitas y depósitos cuaternarios los que se encuentran aflorando, que corresponden a las diferentes formaciones geológicas y unidades litológicas que van desde la era Paleozoica hasta el Cuaternario y se distribuyen tal como se presenta en el Mapa Litológico, de acuerdo a la descripción siguiente:

3.2.1.1. Brechas Volcánicas

Corresponden a la formación Pachatusan; compuesta por derrubios de rocas, que han sido cementadas por la lava; con fragmentos de rocas de arenisca, andesita, riolita, basaltos, etc. Las que se emplazan en los sectores de Challuyoc y Cerro Huanacaure al NE de la laguna Totoracocha.



Fotografía 19. Brechas de composición Volcánica, Cerro Huanacaure NE del lago Totoracocha

3.2.1.2. Basalto

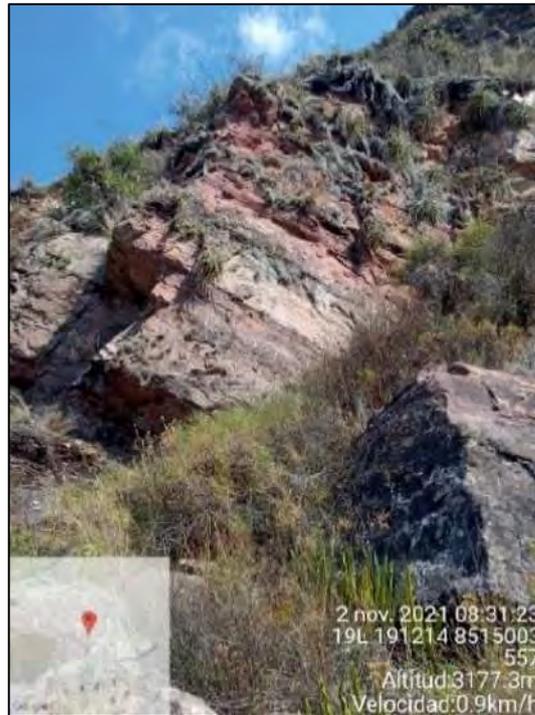
Rocas ígneas que corresponden a la formación Pachatusan, rocas volcánicas fracturados de alto peso específico, la que varía según el grado de alteración que presenta; con fenocristales de olivino (verde) y piroxeno (negro); en el sector de Culispatahuayco al NW de Culispata, Andenes Acchapata.



Fotografía 20. Afloramiento de basaltos al NW de Culispata.

3.2.1.3. Arenisca Cuarzosas

Corresponde a la formación Huancané; roca sedimentaria de composición silíceas, areniscas de granulometría fina – media con laminaciones, areniscas de granulometría gruesa con clastos de cuarcitas, conglomerados de poca potencia; los que se encuentran al NW de la ciudad de Pisac en el sector de Sahuaypata y SE en el sector de andenes Acchapata-Parque arqueológico, emplazada sobre las lutitas de la formación Paucarbamba.



Fotografía 21. areniscas fracturadas con dirección NW-SE sector Sahuaypata.

3.2.1.4. Lutitas

Corresponden a la formación Paucarbamba, roca sedimentaria oscuras a violáceo, fácilmente deleznable, emplazadas bajo las areniscas de la formación Huancané, al NW del centro poblado de Pisac en el sector de Sahuaypata.



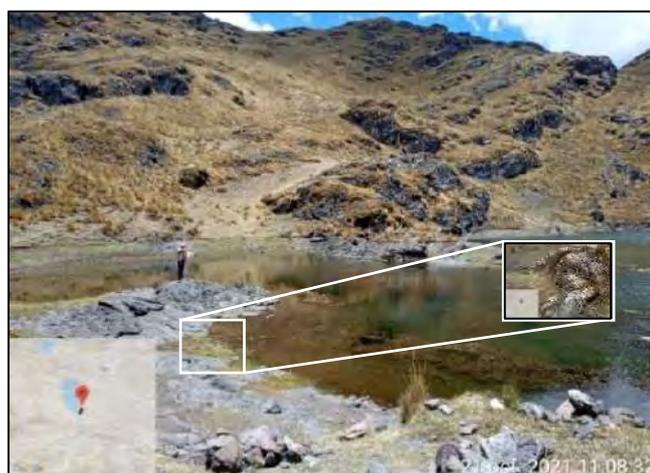
Fotografía 22. afloramiento de lulitas NW del centro poblado de Pisac.

3.2.1.5. Andesitas

Afloramiento volcánico de dirección Norte-Oeste, al Norte de la ciudad de Pisac, aflora a lo largo del cauce de río Kitamayo en forma de escarpas, compuesta por andesitas basálticas altamente fracturadas e intemperizadas de coloración gris a violáceas y las pueden clasificarse según el cuadrángulo 27s en shoshonitas y sutiles conos de escoria, son zonas donde se originan caída de rocas por el intenso fracturamiento que presentan, los restos arqueológicos existentes en la zona se encuentran asentados sobre los basamento ígneos y los elementos líticos de los recintos corresponden a este tipo de roca andesitas shoshoníticas los que fueron aprovechados por el intenso fracturamiento que presentan.



Fotografía 23. Andesitas de la formación Rumicolca, geformas de escarpas, sector Aylandoyocmoqo



Fotografía 24. Andesitas grises, afloramiento de andesitas en la Laguna Challhuacocha.

3.2.1.6. Depósitos fluvio glaciares

Los depósitos Fluvio glaciares, compuestos por clastos angulosos de diferentes tamaños, provenientes de afloramientos próximos. Estos materiales se hallan en la zona alta de la quebrada generados por la acción glaciario, generando valles menores.

Se identifican al N y NW de la C.C. Viacha exactamente en las lagunas de Chalhuacochoa, Totoraqocha y sectores Cancerospampa y Unotojaccucho; se desarrollan en depósitos de bloques en una matriz de gravas limo arcillosa. Presentando un comportamiento inestable frente a la erosión hídrica originando un sistema de carcavamiento; siendo el principal condicionante litológico para eventos por flujo de detritos o aluviones.



Fotografía 25. Depósitos fluvio glaciares al N de la C.C. Viacha



Fotografía 26. Depósitos fluvio glaciares en cárcavas, sector Cancerospampa

3.2.1.7. Depósitos lacustres

Se evidencia hacia las partes altas de las lagunas, están compuestos por arcillas intercaladas con diatomitas y niveles de turba.

Sedimentos de arcilla y limos orgánicos, depositados en áreas próximas a las lagunas Totoraqocha y Challhuaqocha, se identifican en pequeñas áreas en la parte alta del área de influencia o en la cabecera de cuenca.

3.2.1.8. Depósitos aluviales

Dentro de estos depósitos, hemos considerado los conos tanto aluviales como los de deyección. Estos conos están adosados principalmente a la desembocadura de las quebradas adyacentes al valle del río Vilcanota-Urubamba.

Depósitos formados en las márgenes bajas de la quebrada y consisten cantos angulosos a subangulosos (rocas volcánicas y sedimentarias) envueltos por una matriz limo arcillosa. El espesor de estos materiales se estima entre 2 a 3 metros las que varían en las zonas abiertas. Se identifican en la parte media, baja de la quebrada, en los baños litúrgicos, sector de Huyminpampa.



Fotografía 27. Depósitos aluviales y erosión de riberas sector



Fotografía 28. Depósitos aluviales en el lecho del río Kitamayo

Nota. Depósitos aluviales y erosión de riberas sector Palk'acracay (1), Depósitos aluviales en el lecho del río Kitamayo, socavación de ribera en el parque arqueológico sector T'antana Marka-Huminpampa (2).

3.2.1.9. Depósitos eluviales

Depósitos eluviales o residuales producto de la descomposición física y química de la roca in situ (proceso de meteorización intensa) de las andesitas, brechas; están compuestos por sedimentos de arenas y limos; con pendiente inclinada a llanas, formados en la partes altas o

cresta de montaña. Estos depósitos se encuentran al NE de la C.C. Viacha en el sector Sarahuarak'asa y sector Huamanliclla.



Fotografía 29. Depósitos eluviales en cresta de montaña, sector de Huamanliclla

3.2.1.10. Depósitos proluvial

Depósitos de eventos antiguos, adosado a la desembocadura del río Kitamayo. El proluvial de Pisac que están conformados por bloques y gravas de rocas heterométricos redondeados a subredondeados, envueltos por una matriz arcillo - limoso. Actualmente se emplaza el centro de la ciudad de Pisac y áreas agrícolas.



Fotografía 30. Deposito Proluvial en las márgenes del río Kitamayo

3.2.1.11. Depósitos fluviales

Está compuesto por fragmentos de rocas subredondeados ubicado en el cauce natural del río Kitamayo en la parte baja de la quebrada, también se identifica bancos de gravas y arenas formando las terrazas fluviales y cauce del río Vilcanota.

3.2.1.12. Depósitos coluvio aluvial

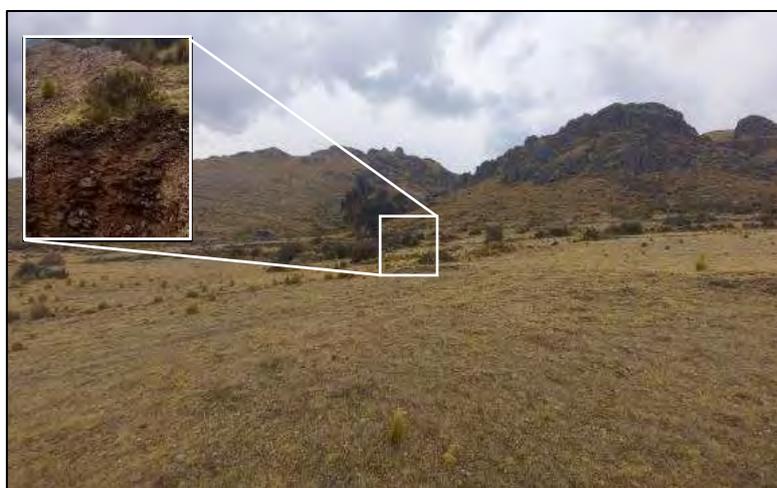
Depósitos mixtos superficiales de cobertura en la vertientes y laderas compuesta de gravas gruesas de rocas volcánicas con clastos angulosos a subangulosos en una matriz limosa, con mediana consolidación, además de estar próximos a la los afloramientos rocosos. Estos depósitos se emplazan NE de la C.C. Viacha en la quebrada Huayllahuayco, al SW del sector de Culispata en la vertiente, en la vía de acceso y al SW de la C.C. de Viacha, al N del Centro poblado de Pisac en el sector de Huyminpampa.



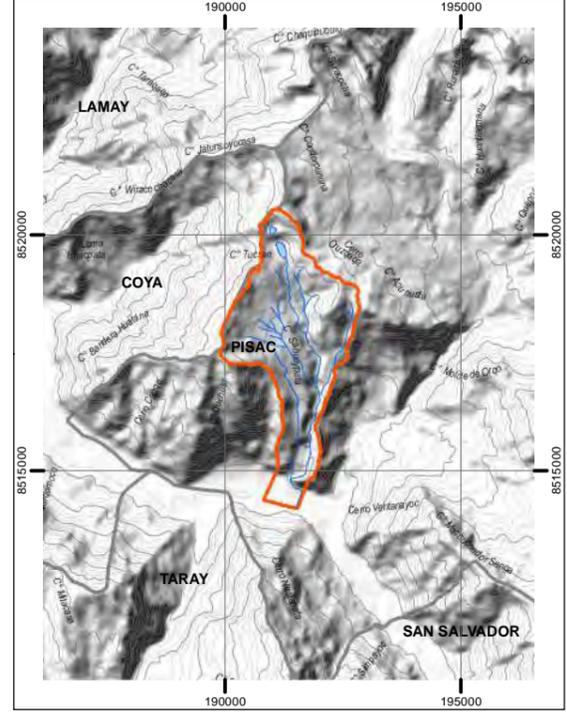
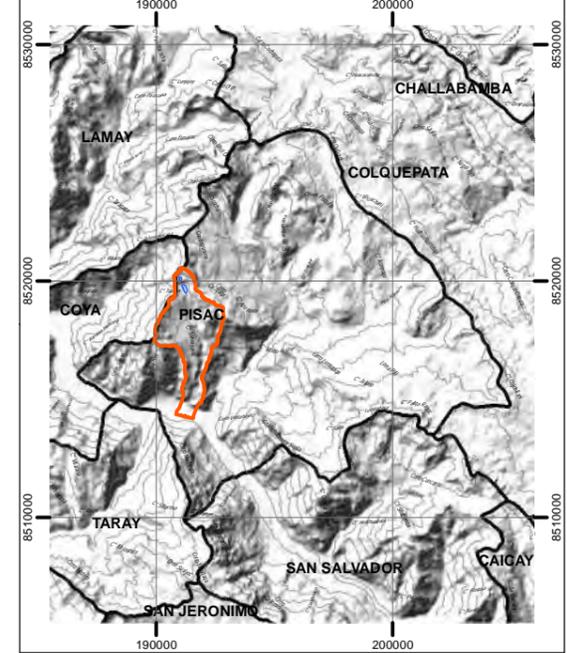
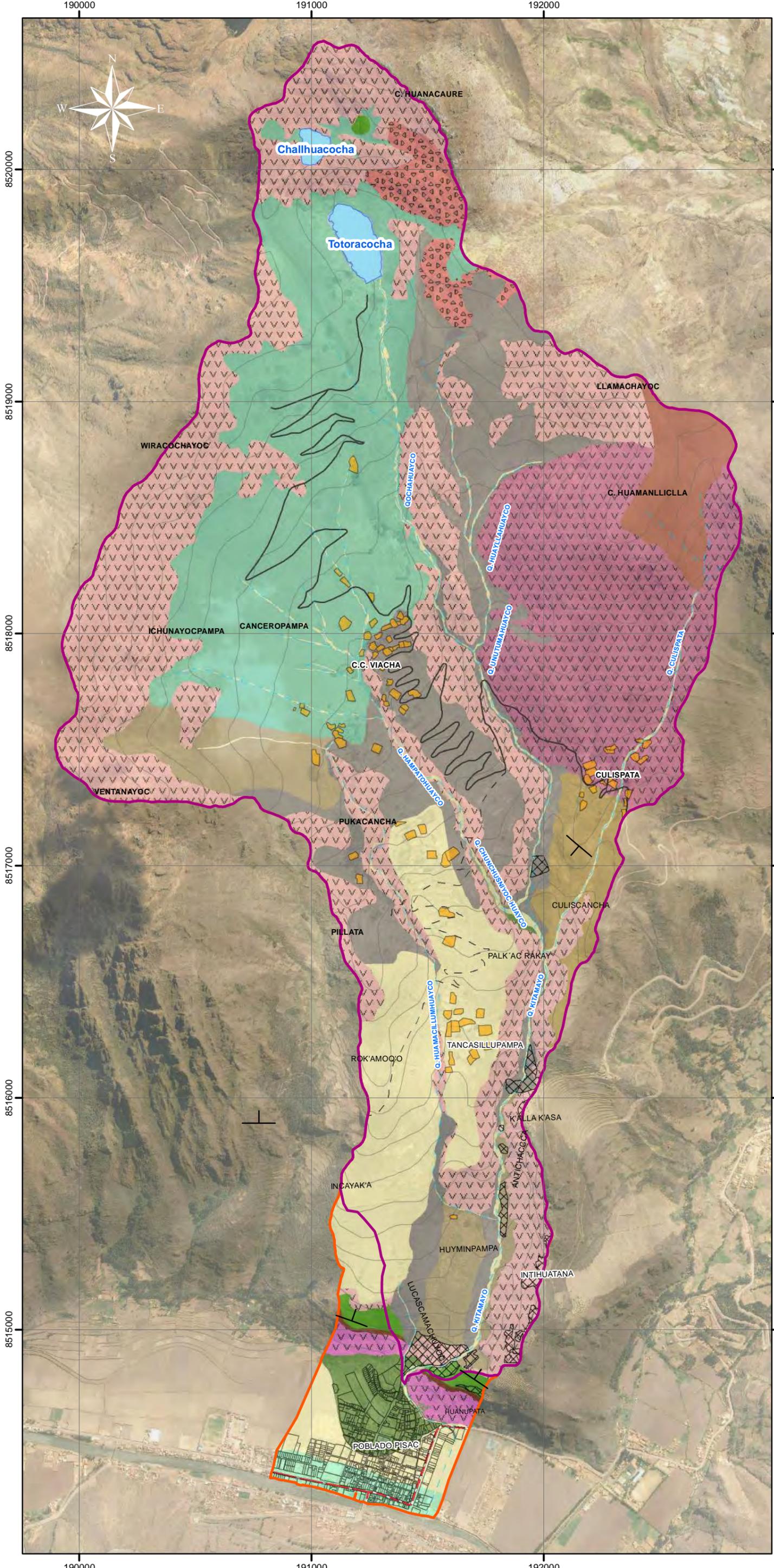
Fotografía 31. Depósitos coluvio aluviales al SW de la C.C Viacha.

3.2.1.13. Depósitos coluviales

Compuestos de materiales acumulados generalmente en las laderas bajas o pie de monte, como producto de la acumulación de fragmentos de rocas, por intemperismo y meteorización de los afloramientos rocosos circundantes, están constituidos por bloques angulosos envueltos en una matriz limosa, se identifican al SW de la C.C. Viacha en el sector de Ichunayocpampa y Ventanayoc.



Fotografía 32. Depósitos coluviales al SW de la C.C. Viacha



SIMBOLOGÍA :

Área de influencia	Quebrada Kitamayo
Red hidrográfica	Topografía
Quebrada	Curva primaria
Laguna	Red vial
Centros poblados	Asfaltada
Área urbana	Trocha Carrozzable
Área rural	Camino
Área arqueológica	

LEYENDA :

Unidades litológicas
Material Fluvial
Depósito
Depósito Coluvial
Depósito Coluvio
Depósito Eluvial
Depósito Fluvial
Depósito Fluvio Glaciar
Depósito Lacustre
Depósito Proluvial
Andesita
Brecha Volcanica
Andesita, Basalto
Basalto y Brechas volcanicas
Lutitas
Arenisca
Cuarzitas, Arenisca

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

"IDENTIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICOS POR GEODINAMICA EXTERNA EN LA QUEBRADA KITAMAYO, DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO 2022"

TÍTULO DE MAPA: PENDIENTES

ELABORADO POR: Br. MAYSELA VALDIVIA CHAHUAYLLA
 Br. JHON ALBERT YUCRA OQUECCANO

ASESOR: MGT. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA

UBICACIÓN: DISTRITO : Písac
 PROVINCIA : Calca
 DEPARTAMENTO : Cusco

SISTEMA DE COORDENADAS: PROYECCION: UTM WGS 1984
 ZONA: 19S
ESCALA: 1:16,500
N° MAPA: MP - 04

CAPITULO IV

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

4.1. Generalidades

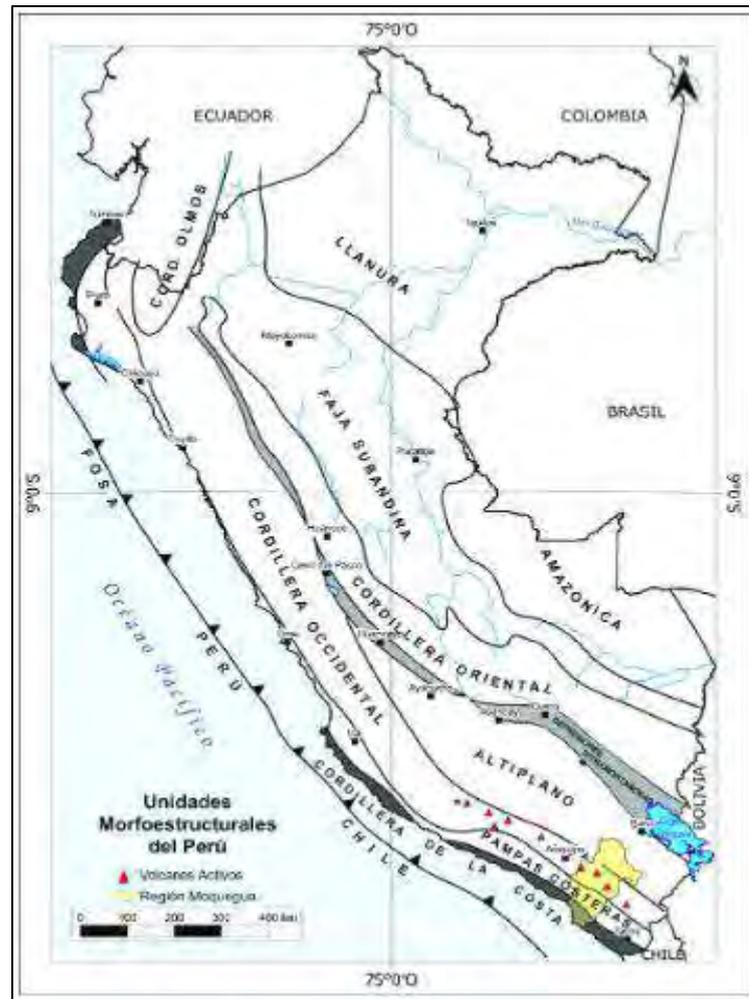
La geología estructural como ciencia se encarga de estudiar los movimientos y procesos que constituyen la corteza terrestre a escalas de local - regional, estas deformaciones son causadas por el stress que se ocasiona por movimiento de placas tectónicas, vulcanismo, el peso del agua, de los glaciares y el propio peso de la corteza (el overburden).

Se puede decir que regionalmente los rasgos estructurales están marcadamente relacionados a la naturaleza de las rocas expuestas. Estas deformaciones se deben a la orogénesis andina de fines Paleoceno y movimiento epirogénico que afecto en general a los Andes. Los pliegues presentan una orientación Noreste-Sureste, coincidiendo con la dirección de la Cordillera de los Andes, estos pliegues están cortados por fallas de diversa magnitud, en algunos casos forman ángulos con el eje de los pliegues, así mismo se presentan numerosos anticlinales y sinclinales, todas estas estructuras geológicas plegadas están cortadas normalmente por los valles que corren de NO-SE.

4.2. Marco tectónica regional

La zona de estudio se encuentra en un contexto regional dentro de dos dominios estructurales caracterizados por un estilo tectónico propio, abarca mayormente la Zona intermedia Altiplano- Cordillera Oriental y en menor proporción en la Cordillera Oriental. (Carlotto et al, 2011).

Figura 8. Mapa de unidades morfoestructurales del Perú



Nota: 5 Unidades morfoestructurales del Perú. Modificado de Benavides Cáceres (1999).

4.3. Neotectónica

La geología estructural del distrito, está caracterizada por la presencia de pliegues y fallas, siendo el anticlinal del Vilcanota con dirección NO-SE, un control estructural que afecta a las formaciones de todo el valle; los flancos a ambos extremos del recorrido del río Vilcanota se repite el Grupo Mitu sobre la Formación Paucarbamba y la formación Ananea al SO y al

Norte se repite el Grupo Mitu a través de la Formación Huancane y Formación Paucarbamba; además de caracterizarse por presentar cabalgamientos al NO-SE.

4.3.1. Zona intermedia Altiplano-Cordillera Oriental

En la zona está representado por el anticlinal del Vilcanota que consiste en un plegamiento de dirección NO-SE que afecta a rocas del pérmico al mesozoico teniendo como núcleo al Grupo Copacabana seguido de rocas del Grupo Mitu y pequeñas franjas de las formaciones Paucarbamba y Huancané el eje es atravesado por el río Vilcanota, este anticlinal corresponde a una zona compleja de deformación que se interpretan como altos-horst y grábenes del Triásico-Jurásico, invertidos en el Cenozoico.

4.3.2. Cordillera Oriental

Se caracteriza por presentar anticlinales y sinclinales de dirección NO-SE, este dominio morfoestructural aflora al NE de la zona de estudio y se le reconoce por ser un cabalgamiento de rocas paleozoicas de la Formación Ananea y el Grupo Cabanillas sobre el Grupo Mitu.

Desde el punto de vista paleogeográfico, la Cordillera Oriental corresponde a la zona axial de la antigua cuenca del Paleozoico inferior que es interpretada como una cuenca de antepaís (Jaillard et al., 2000).

4.4. Geología estructural local

El sistema de fallas de cuyo chico, estructuralmente dominados por la morfología del anticlinal de Vilcanota; se emplazan en la quebrada Kitamayo con direcciones NO a SE.

4.4.1. *Falla Cuyo Chico*

Se ubica en las alturas del Poblado de Pisac, exactamente frente al complejo arqueológico de Pisac. Se trata de una falla dextral con componente normal que afecta depósitos Coluviales y fluvioglaciares de edad pleistocena. Tiene un escarpe de 8 metros, en donde se pudo reconocer el último movimiento de tipo dextral normal. La dirección preferencial es de N 165° E y buzamiento hacia el oeste. A lo largo de la traza de falla, 8 kilómetros, se pudieron observar deslizamientos y caídas de rocas que estarían asociados a la actividad de esta estructura.

En la prolongación este de la estructura se observan pequeños escarpes generando saltos de 1.5 metros y afectando depósitos fluvio-glaciares, esta geometría está relacionada a un estilo de deformación de tipo de ola de caballo o echelon. Es necesario mencionar que, al pie del deslizamiento, existe la presencia de un deslizamiento flujo activo que pone en peligro las viviendas de los poblados de Cuyo Chico y Canalpata.



Fotografía 33. Escarpe de falla de Cuyo Chico, vista tomada hacia el noreste.

Fuente: Boletín N° 55 Serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica-INGEMMET.

La falla ubicada en el sector de K'alla K'asa inversa de dirección de NW – SE, con buzamiento al SW, forma parte del control estructural en el comportamiento del fracturamiento de las rocas volcánicas de la formación Pachatusan, generando zonas susceptibles a caída de rocas en la quebrada Kitamayo.

4.4.2. Falla Ventanayoc

Se ubica atravesando los límites del parque arqueológico de Pisac, correspondiendo al mismo sistema de fallas de Cuyo Chico, extendiéndose desde las inmediaciones de San Salvador, Cerro Floqasa, Cerro Yuracqasa, Parque Arqueológico de Pisac.

Esta falla sigue una dirección NW-SE, con una vergencia hacia el SW y es de tipo inverso, en este sector los afloramientos del grupo Mitu sobreyacen a través de esta falla a la formación Paucarbamba del grupo Yuncaypata inferior. Un sistema de fallas inferida presente en la quebra Kitamayo, siendo el sector de Antichaca donde se puede apreciar en la ladera de rocas volcánicas a la margen izquierda del cauce la misma que tiene coordenadas 191874 Este y 8515778 norte, siendo una falla inversa.



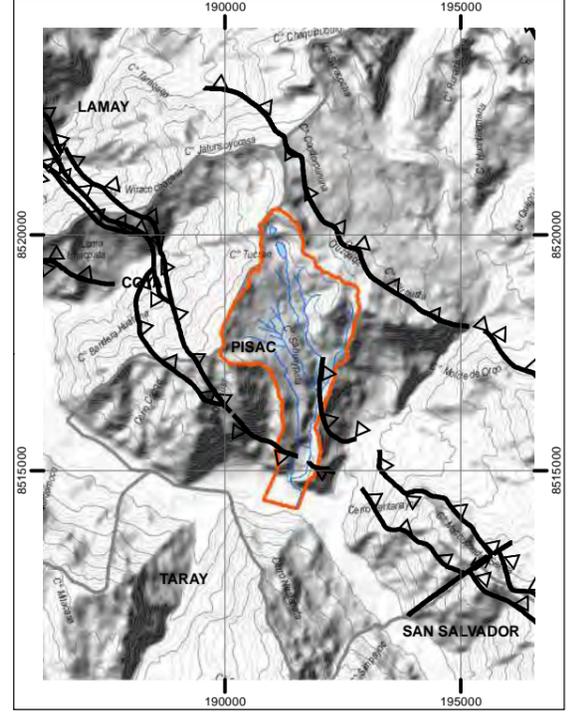
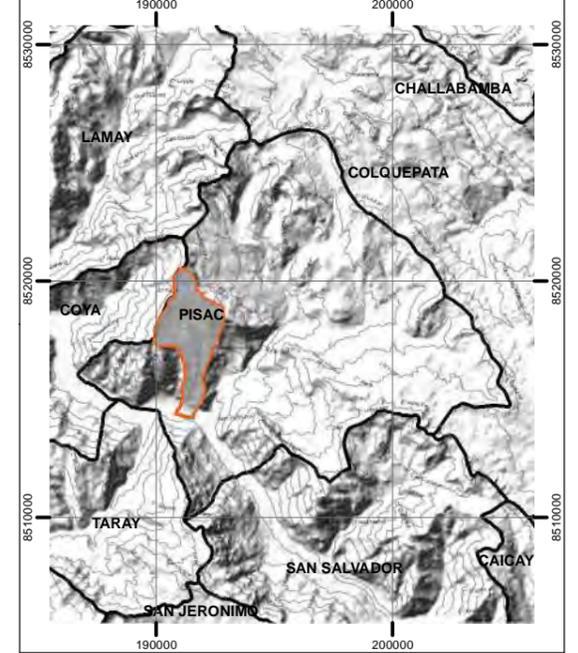
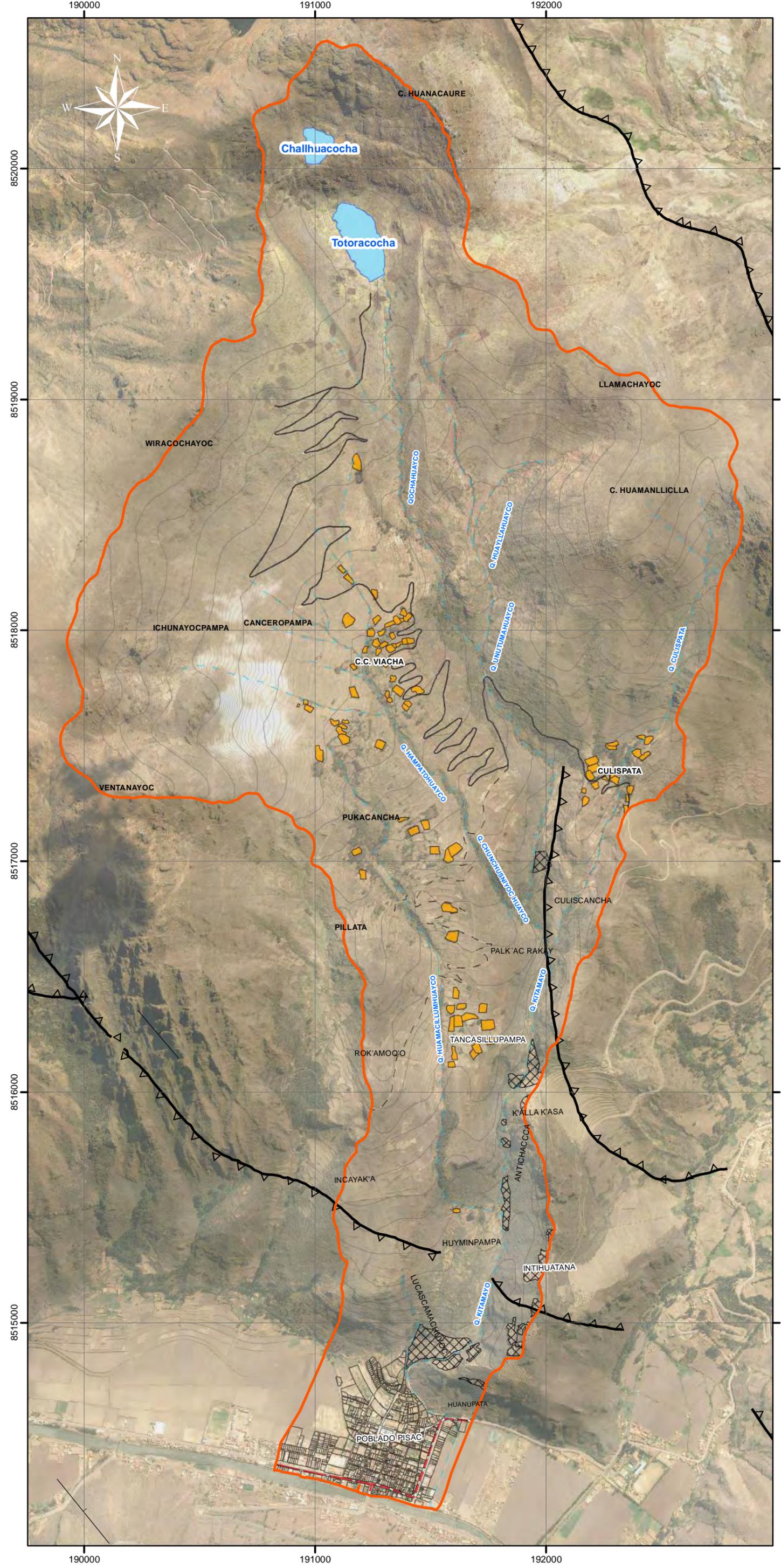
Fotografía 34. Falla en ladera de roca en el sector de antichaca.

4.4.3. *Pliegue*

La geología estructural de Pisac, está caracterizada por la presencia de pliegues y fallas, siendo el anticlinal del Vilcanota con dirección NO-SE, un control estructural que afecta a las formaciones de todo el valle; los flancos a ambos extremos del recorrido del río Vilcanota se repite el Grupo Mitú sobre la Formación Paucarbamba y la formación Ananea al SO y al Norte se repite el Grupo Mitú a través de la Formación Huancané y Formación Paucarbamba; además de caracterizarse por presentar cabalgamientos al NO-SE.



Fotografía 35. Valle del Vilcanota – dirección de formaciones del anticlinal.



SIMBOLOGÍA :

Quebrada Kitamayo	Topografía
Red hidrográfica	Curva primaria
Quebrada	Curva secundaria
Laguna	Red vial
Centros poblados	Asfaltada
Área urbana	Trocha Carrozable
Área rural	Camino
Área arqueologica	

LEYENDA :

Estructural

Falla Inferida
Falla Inversa
Lineamiento (fractura)
Flechas

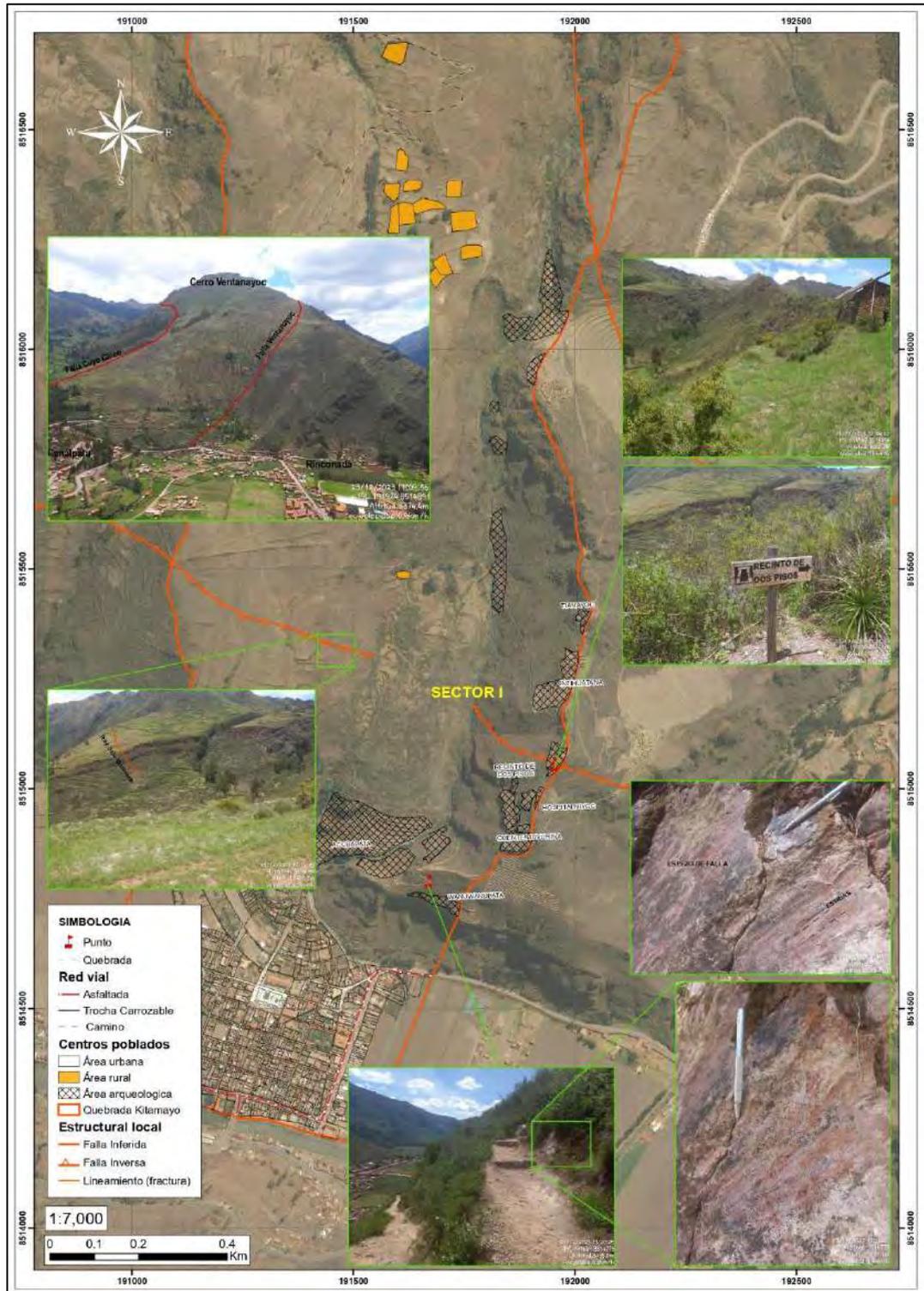
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

"IDENTIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICOS POR GEODINAMICA EXTERNA EN LA QUEBRADA KITAMAYO, DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO 2022"

TÍTULO DE MAPA: ESTRUCTURAL

ELABORADO POR: Br. MAYSELA VALDIVIA CHAHUAYLLA Br. JHON ALBERT YUCRA OQUECAÑO	SISTEMA DE COORDENADAS: PROYECCIÓN: UTM WGS 1984 ZONA: 19S
ASESOR: MGT. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	ESCALA: 1:16.500
UBICACIÓN: DISTRITO : Pisac PROVINCIA : Calca DEPARTAMENTO: Cusco	N° MAPA: MP - 06

Figura 10. Mapa Estructural – sector I



CAPITULO V

HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

5.1. Generalidades

Desde el punto hidrológico se han identificado tres ríos que atraviesan o se encuentran muy próximos a la ciudad de Pisac, estos ríos constituyen los canales de drenaje de tres subcuencas como son: Pillatahuayco, Kitamayo (Culispata), y Chaupihuayco. Los cuales desembocan en el río Vilcanota; siendo de régimen permanente el río Chaupihuayco y de régimen temporal los ríos Kitamayo y Pillatahuayco.

5.2. Parámetros para la caracterización morfométrica de la quebrada

Comprende un área de 8.26 Km², presenta una pendiente media de 41 % y un relieve conformado por quebradas, pequeños bosques y algunas áreas de cultivo, con una cobertura vegetal de regular a pobre, y una densidad de drenaje de 1.29 Km. Lo que implica una respuesta tardía a la evacuación de aguas pluviales. En el estudio de sus características físicas se ha encontrado que el factor de forma calculado es de 0.26.

El cauce principal de la quebrada Kitamayo constituye un tributario de segundo orden y el tramo más largo nace en la laguna de Challhuacocha a la altura de la comunidad de Viacha a una altitud aproximada de 4 172 m.s.n.m. con un recorrido de 4.87 Km hasta su ingreso en la ciudad de Pisac. En su recorrido bordea el cerro Intihuatana en cuyas alturas se encuentran emplazada el complejo arqueológico de Pisac. Se determinaron los caudales máximos para períodos de retorno de 10, 30, 50, 100, 200 y 300 años. Por el método directo se ha calculado un caudal máximo de 11.29 m³ /seg. Cabe anotar que en época de estiaje el río queda

completamente seco. De las observaciones en campo se deduce que su presencia denota un peligro latente por la pendiente fuerte de su cauce (21.2 %), habiéndose registrado hasta dos desbordamientos por flujo de detritos que afectaron parte de la plazoleta de la ciudad y principales arterias del poblado de Pisac.

Por el tamaño de las rocas arrastradas (tamaño máximo 60 pulg.) se puede inducir la magnitud de las avenidas máximas que pueden ocurrir. Actualmente cuenta con muros de encauzamiento de concreto que desvían el curso hacia el cruce con la pista (Puente Kitamayo), además de los trabajos periódicos como mantenimiento con disipadores con roca y descolmatación en tramos.

5.2.1. Elementos de superficie

Para la determinación de los parámetros geomorfológicos se tiene en cuenta las características fisiográficas de la quebrada Kitamayo, para lo cual se determinó lo siguiente:

- *Área:* Como herramienta se hizo uso del Sistema de Información Geográfica (ArcGis), determinando así el área de la quebrada Kitamayo, teniendo así 8.26 km².
- *Perímetro:* De la misma manera se determinó el perímetro de la quebrada Kitamayo que es 16.69 km.

5.2.2. Elementos de distancia

Todos datos necesarios para hallar este elemento lo obtendremos con la ayuda del ArcGis, del mismo al cual se le halló el perímetro, área de recepción de aguas de la quebrada Kitamayo, longitud axial, ancho promedio obteniendo como resultados.

- *Perímetro*: De la misma manera se determinó el perímetro de la quebrada Kitamayo que es 16.69 km.
- *Longitud axial*: Es la distancia en línea recta desde el punto más alto de la recepción de aguas hasta la parte baja o desemboque del cauce de la quebrada Kitamayo que es 6.31 km.
- *Ancho promedio*: Es el resultado del área total de la quebrada entre la longitud en línea recta de la quebrada Kitamayo que es 1.40 km.

5.2.3. Elementos de forma

El criterio a considerar, para determinar este parámetro, es la forma (F_c), que se obtiene cuantitativamente con la siguiente expresión:

$$F = (B \times L / L \times L) = A/L^2$$

Además, teniendo en cuenta el criterio de la forma de la quebrada se tiene:

Tabla 3. Rango de forma de la quebrada

Rango	Forma de la quebrada
0.2 – 0.04	Semi alargada

5.2.4. Tiempo de concentración

Una forma semi alargada, tendrá un moderado tiempo de concentración, mayor pendiente produce flujos más veloces y en menor tiempo de concentración. Se calculó el tiempo de concentración mediante el método de Kirpich (1940), utilizable para cuencas de tamaño mediano a pequeño siendo este el tiempo recorrido por una gota en recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca o punto de aforo.

$$T_c = 0.01947 \times L_p^{0.77} \times S^{-0.385}$$

Tc: tiempo de concentración, L: longitud de cauce desde aguas arriba hasta el desembocamiento en (m), S: pendiente promedio de la quebrada (m/m).

$$T_c = 0.01947 \times 4870^{0.77} \times 41^{-0.385}$$

$$T_c = 3.21 \text{ hr}$$

5.3. Parámetros hidrometeorológicos

5.3.1. Precipitaciones

Las precipitaciones pluviales aumentan el caudal y desencadenan los fenómenos por geodinámica externa principalmente las caídas de rocas y flujos de detritos. Para dicho análisis se consideraron los datos pluviométricos de la estación meteorológica de Pisac, ubicada en el poblado de Pisac, en las coordenadas UTM: 191 368.48E, 8515048N.

Tabla 4. Precipitación mensual de la estación meteorológica Pisac

ESTACION - PISAQ													
DEPARTAMENTO :	CUSCO			PROVINCIA :	CALCA	DISTRITO :	PISAC	LATITUD :	13°25'10.2" S		LONGITUD :	71°51'3.1" W	
TIPO :	CONVENCIONAL - METEOROLÓGICA						ALTITUD :	2990 MSNM.		CODIGO : 100101			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1980	82.38	161.74	201.33	79.63	1.78	0.00	0.00	10.03	32.58	35.33	4.44	43.05	652.27
1981	86.12	156.85	78.91	27.62	6.42	3.69	13.46	2.64	14.43	55.95	111.64	105.48	663.22
1982	208.48	51.59	178.16	147.54	19.23	6.03	0.75	11.39	15.01	22.70	66.60	65.06	792.57
1983	8.36	50.99	69.24	48.86	0.00	3.28	18.20	10.00	21.81	30.33	50.01	55.75	366.84
1984	107.57	135.02	84.03	64.91	5.29	1.96	2.97	18.04	3.28	47.56	80.79	14.87	566.28
1985	114.72	167.79	158.81	52.50	6.78	0.00	0.00	4.16	22.78	88.26	105.49	20.41	741.71
1986	38.92	163.83	189.12	54.09	17.56	0.00	2.95	4.64	5.62	2.95	11.66	16.58	507.93
1987	294.08	48.85	111.20	14.16	0.00	15.54	9.69	0.00	0.00	8.73	57.90	36.93	597.07
1988	102.69	107.21	206.03	56.40	2.15	0.00	0.00	0.00	2.48	12.92	14.75	92.36	596.98
1989	144.58	117.85	138.49	32.20	8.70	0.00	3.73	11.44	8.95	25.49	25.49	33.69	550.60
1990	84.96	50.51	22.49	91.50	6.87	42.54	0.00	3.32	9.30	48.85	106.78	127.39	594.51
1991	90.29	120.62	76.43	37.21	13.63	9.48	0.00	2.37	2.37	60.07	83.77	77.85	574.08
1992	126.03	70.64	49.32	35.16	0.00	37.34	0.00	20.69	6.22	34.85	87.13	38.27	505.67
1993	196.30	83.28	13.61	41.92	9.00	4.61	9.00	15.36	3.29	19.97	95.46	120.48	612.27
1994	156.51	117.29	142.25	56.11	4.97	0.00	0.00	0.00	11.64	49.36	12.39	148.82	699.32
1995	139.18	112.11	112.81	10.15	5.92	0.00	0.00	0.00	17.20	34.13	25.66	81.22	538.39
1996	117.05	68.98	44.19	68.98	12.04	0.00	0.00	21.50	9.26	52.25	49.07	107.54	550.86
1997	82.70	100.00	97.60	3.30	2.90	0.00	0.00	21.30	18.10	36.32	167.29	119.58	649.09
1998	93.68	139.96	39.17	38.61	5.72	2.55	1.32	4.74	9.08	39.62	32.95	46.36	453.76
1999	69.52	92.74	98.86	44.09	5.64	4.19	2.52	3.28	20.33	20.11	24.02	95.33	480.65
2000	164.29	125.40	122.19	29.12	5.99	6.80	4.57	7.35	10.93	39.10	14.80	64.71	595.24
2001	212.19	139.01	155.12	20.28	11.41	0.00	18.75	6.01	8.15	52.79	78.88	103.95	806.57
2002	92.78	165.28	108.65	36.66	6.76	4.40	47.72	3.38	11.16	40.86	93.80	130.47	741.94
2003	133.40	127.70	92.82	16.26	4.53	7.00	0.00	24.28	4.12	32.62	18.83	124.41	585.97
2004	155.00	112.92	98.85	16.44	2.07	16.96	10.65	7.13	33.61	26.78	44.46	97.51	622.38
2005	112.49	118.95	121.09	39.24	6.13	0.89	2.74	6.84	9.11	32.33	40.20	79.90	569.90
2006	166.03	136.44	142.37	42.76	5.35	5.71	1.32	12.58	9.96	52.67	47.32	115.04	737.55
2007	111.69	67.10	109.61	66.75	6.81	0.46	6.02	3.28	8.12	36.57	48.47	68.24	533.11

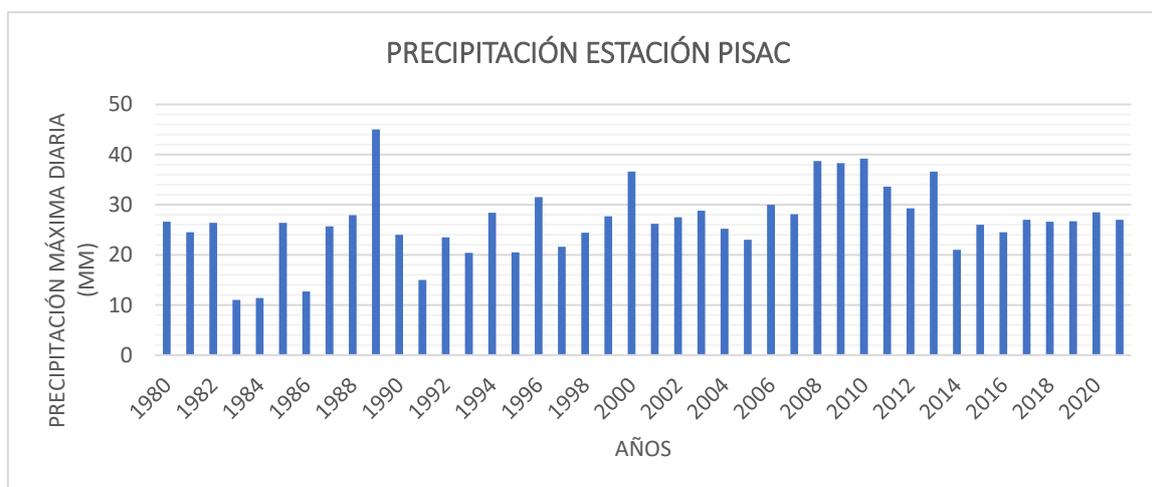
2008	83.90	102.83	73.46	27.49	7.56	2.70	1.32	6.71	11.75	39.75	66.03	102.24	525.72
2009	86.75	101.94	85.53	33.69	6.67	0.46	5.17	3.89	12.07	13.37	64.50	63.47	477.52
2010	287.68	154.54	165.94	6.39	6.92	1.17	1.49	12.14	1.92	77.43	28.01	217.49	961.14
2011	107.79	182.62	116.89	35.22	7.28	7.49	9.21	0.64	29.87	28.05	51.38	143.98	720.41
2012	72.08	168.91	58.31	32.38	1.29	0.54	0.86	0.54	25.93	9.25	136.63	157.94	664.67
2013	113.32	164.58	73.64	25.20	11.57	5.84	4.43	17.09	6.06	142.74	57.20	183.93	805.59
2014	156.29	89.77	74.67	54.34	13.91	0.00	1.41	1.63	24.89	30.65	13.59	114.99	576.14
2015	66.08	65.38	30.66	36.04	8.28	2.27	7.56	2.92	6.35	7.42	34.42	53.01	320.38
2016	85.35	64.08	53.68	18.83	2.53	0.90	2.70	7.04	4.91	15.38	28.12	44.46	327.97
2017	66.40	52.30	116.40	55.40	12.10	3.20	0.80	5.50	9.00	24.60	40.80	61.90	448.40
2018	124.30	121.10	107.00	32.00	3.90	14.20	13.60	15.00	11.80	80.90	92.60	70.00	686.40
2019	100.00	77.70	126.00	18.80	17.60	0.50	9.10	0.00	4.80	53.10	95.80	93.90	597.30
2020	132.10	107.70	87.70	0.00	0.00	0.40	0.90	0.00	0.10	16.30	19.80	79.80	444.80
2021	90.00	92.30	29.40	24.30	6.80	2.70	0.00	2.30	2.30	29.50	87.80	66.30	433.70
													24876.85
N° Datos	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00
Media	120.57	110.87	101.48	39.82	6.91	5.14	5.12	7.41	11.44	38.28	57.54	87.73	592.31
Desv. Estandar	56.90	38.75	48.20	26.43	4.78	8.97	8.42	6.87	8.73	25.52	37.51	44.72	133.10
Coef. Variacion	47.19	34.96	47.50	66.36	69.28	174.52	164.59	92.77	76.31	66.66	65.20	50.98	22.47
Prec. Max.	294.08	182.62	206.03	147.54	19.23	42.54	47.72	24.28	33.61	142.74	167.29	217.49	961.14
Prec. Min.	8.36	48.85	13.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.95	4.44	14.87	320.38

Fuente: https://www.senamhi.gob.pe/include_mapas/dat_esta_tipo.php?estaciones=000607

Como podemos apreciar en la tabla anterior, los meses de mayor precipitación son los meses de enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre; de todos estos meses, el de mayor precipitación, es el de enero. En base a estos resultados podemos indicar que, hay una gran probabilidad de ocurrencia de peligros por movimientos de masa durante los meses antes mencionados y que esta probabilidad crece a medida que, aumenta la precipitación.

Para dicho análisis los registros de precipitación para la elaboración del estudio son los de Precipitación Máxima en 24 horas perteneciente a la Estación Pisac.

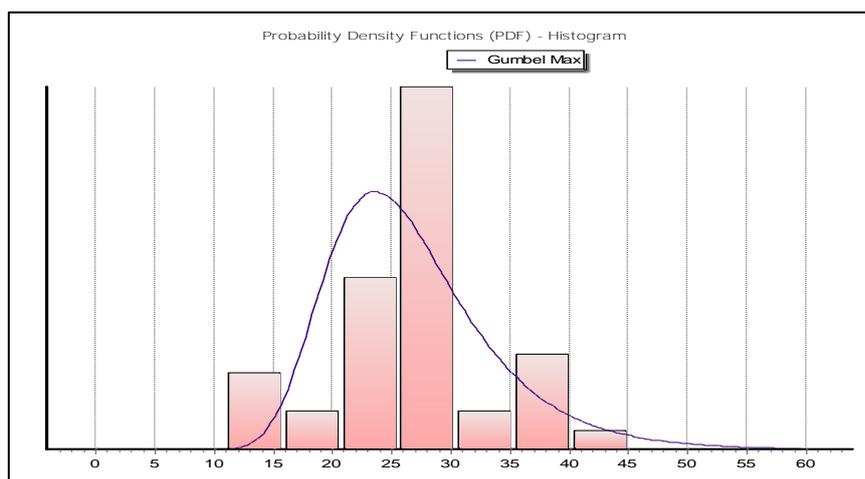
Figura 10. Precipitaciones máximas anuales



Fuente. Elaboración Propia en base a SENAMHI.

Según los datos de precipitación la curva representa una distribución de datos alrededor de la media, es decir, el punto en el que se concentra la mayoría de frecuencias; el hidrograma de precipitación máxima diaria de 24 horas, presenta una tendencia asimétrica para la zona de estudio.

Figura 11. Hidrograma de precipitaciones máximas



Fuente. Elaboración propia usando el software Hirognomon.

Los umbrales de precipitaciones absolutas, desarrollados por el SENAMHI, del ministerio del ambiente; establecen umbrales de precipitación de la red de estaciones

meteorológicas del SENAMHI, considerando periodos base desde 1964-2014. Los umbrales de precipitación para la estación Pisac, son los que se detallan a continuación:

Tabla 5. Umbrales de precipitaciones absolutas

Umbrales de precipitaciones	Caracterización de lluvias Extremas	Umbrales calculados para la Estación: Pisac
RR/día > 99p	Extremadamente lluvioso	RR > 26,3 mm
95p < RR/día ≤ 99p	Muy lluvioso	17,6 mm < RR ≤ 26,3 mm
90p < RR/día ≤ 95p	Lluvioso	13,8 mm < RR ≤ 17,6 mm
75p < RR/día ≤ 90p	Moderadamente lluvioso	8,2 mm < RR ≤ 13,8 mm

Fuente: Elaboración Propia a base de SENAMHI, Ministerio del Ambiente, 2014.

Las precipitaciones máximas son el resultado de los cambios climáticos en la región de Cusco, se ven desarrolladas en las investigaciones del SENAMHI, que prospectan los escenarios de cambios climáticos al 2030; siendo consecuente a los periodos de retorno de las máximas precipitaciones. En la región del Cusco, según el Escenario de Precipitación Anual (mm) Periodo 2030, presenta la siguiente:

Tabla 6. Precipitación anual periodo 2030

Precipitaciones (mm)	Localidades
200 - 500	Cay Cay
500 - 700	Calca, Pisac, Yucay, Colquepata, Ccatcca, Urcos, Sicuani
700 - 1000	Zurite, Paucartambo, Anta, Pisac, Paruro, Acomayo, Yauri, Combapata, Santo Tomas
1000 - 1500	Quillabamba, Mollepata, Livitaca
1500 - 2000	Echarate, Huyro
2000 - 3000	Ocobamba, Teresita, Machupicchu
3000 - 5000	Salvación, Rocotal
5000 - 8000	Quincemil

Fuente: Elaboración Propia a base de SENAMHI, Escenario de Precipitaciones Anual (mm) Periodo 2030.

5.3.2. Temperatura

Para el análisis e interpretación de la temperatura en la zona evaluada, se recurrió a los datos obtenidos de la estación Hidrometeoro lógica de Pisac, de la cual se consiguió variaciones de temperatura promedio.

La temperatura media mensual, fue obtenida en base a procedimientos de cálculos estadísticos, estimándose para la altura media de la zona una temperatura mensual máxima de 26.07°C y la temperatura media mensual mínima de 4.99°C. Presentando un comportamiento térmico definido. Esto nos indica la presencia de temperaturas mínimas de junio a julio y temperaturas máximas de mayo a octubre.

Tabla 7. Temperatura media mensual máxima

Temperatura media mensual máxima °c														
Estación	Altura	Meses												Media
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
PISAC	2950	21.20	20.20	23.8	25.2	26.4	25.6	26	26.8	27.6	27.2	26.8	25.3	26.07

Fuente: Estación Meteorológica de Pisac.

5.3.3. Evapotranspiración

Para determinar la evapotranspiración en la quebrada Kiatamayo, se calcula las pérdidas totales, es decir, evaporación de la superficie evaporante (del suelo y agua), más la transpiración de las plantas. Esta en función esencialmente de la alimentación de agua y por consiguiente del grado de humedad del suelo, el cual limitación frecuencia su acción. La tasa de evaporación está determinada por un conjunto de factores que regulan la evaporación y la transpiración, siendo estos físicos y biológicos (Peña, 2001), se calcula mediante el método de Thornthwaite.

$$e = 16 \cdot (10t / i)^2$$

Donde:

e = Evapotranspiración mensual en mm por mes de 30 días y 12 horas de duración

t = Temperatura media mensual en C°

L = Longitud del cauce principal (m)

i = Índice térmico mensual

a = Exponente que varía con el índice anual de calor de la localidad

$$i = (t / 5) \cdot 1.514$$

Tabla 8. Evapotranspiración de la quebrada Kitamayo

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Resultado
tm mensual	21.20	20.20	23.80	25.20	26.40	25.60	26.00	26.80	27.60	27.20	26.80	25.30	25.18
ij= (tmj/5)	4.24	4.04	4.76	5.04	5.28	5.12	5.20	5.36	5.52	5.44	5.36	5.06	5.04
ij=(tmj/5)^1.514	8.91	8.28	10.61	11.57	12.42	11.85	12.13	12.70	13.28	12.99	12.70	11.64	11.59
sin corregir e=16*(10*tm/l)^a	1.52	1.45	1.71	1.81	1.90	1.84	1.87	1.93	1.98	1.96	1.93	1.82	1.81
	4.03	3.44	5.92	7.15	8.34	7.53	7.93	8.76	9.66	9.20	8.76	7.24	7.33
	64.54	55.00	94.66	114.37	133.41	120.49	126.84	140.22	154.57	147.27	140.22	115.88	117.29
Numero de horas luz	11.29	11.46	11.83	12.17	12.54	12.81	12.91	12.71	12.47	12.00	11.63	11.39	12.10
numero de dias del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Factor de corrección	1.11	0.98	1.05	0.98	0.99	0.95	0.98	1.00	1.00	1.07	1.06	1.11	
e corregido	71.55	53.74	99.39	112.41	131.89	113.95	124.12	140.62	154.57	157.16	149.24	129.13	119.81
(mm/mes)													
e=16*(10*tm/l)^a	62.75	49.02	96.43	115.99	144.07	128.63	141.01	153.47	160.62	152.18	135.90	113.66	

Fuente: Adaptado - Estación Meteorológica de Pisac.

5.3.4. Escorrentía

La escorrentía en la quebrada Kitamayo, proviene de la precipitación que circula sobre la superficie, para ser drenada hasta el desembocamiento en el cauce del río Kitamayo.

Para la determinación de la cantidad de agua escurrida en la quebrada se utilizó la relación de JUSTIN tomando en cuenta parámetros como la pendiente media de la quebrada Kitamayo, precipitación media anual y temperatura media promedio anual.

$$Es = 0.18(S)^{0.155} * (P^2 / (160 + 9t))^{-1/2}$$

Donde:

Es = Escorrentía de la quebrada

P = Precipitación media anual = 592.31 mm

T = Temperatura media de la zona (°C) = 15.53

S = Pendiente media de la quebrada = 41%

$$Es = 0.18(41)^{0.155} * (592.31^2 / (160 + 9(15.53)))^{-1/2}$$

$$Es = 532.408 \text{ mm/año}$$

5.3.5. *Generación de caudales*

Las zonas de recarga son aquellas en las que existe excedente hídrico y está en función a la altura, en general existe un déficit de humedad en el suelo en ciertas épocas del año, por ello se caracterizan por tener una vegetación relativamente más pobre que la existente en las zonas de descarga próximas. (Custodio & Llamas, 1976, pág. 2270)

Los caudales de descarga han sido identificados y aforados en los meses de estiaje, por tanto, reflejan los caudales con menor valor, pudiendo incrementarse en periodos de lluvias, sin embargo, siendo el uso mayor en agricultura, estos caudales no son utilizados óptimamente.

El coeficiente de escurrimiento:

El coeficiente de escurrimiento depende de numerosos factores del tipo de precipitación, intensidad de distribución de tiempos de precipitación (Max, Min, Horas Días), humedad

inicial del suelo, tipo de terreno (granulometría, textura, estructura, materia orgánica, grado de compactación, pendiente), y además el tipo de cobertura vegetal.

Tabla 9. Condiciones de escorrentía

Cobertura de suelo	Tipo de suelo	Pendiente (%)				
		> 50	20-50	5-20	1-5	0-1
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosque, vegetación densa	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Fuente: Coeficientes de escorrentía (C) según Benítez.

Para la determinación del coeficiente de escurrimiento de la quebrada Kitamayo, se tomó como referencia la tabla 9, tomando en cuenta que la quebrada no presenta un solo tipo de cobertura vegetal, es que se realizó una ponderación de datos, obteniendo el siguiente resultado (ver tabla 10).

Tabla 10. Resultados de coeficiente de escorrentía para la quebrada Kitamayo

N°	Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Valor	Área km ²	%	Valor ponderado
01	Cultivos	Permeable	0.25	1.15	13.90	0.03
02	Matorral	Semipermeable	0.30	1.76	21.36	0.06
03	Pastos	Semipermeable	0.35	4.65	56.32	0.09
04	Bosque	Semipermeable	0.35	0.34	4.12	0.01
05	Sin vegetación	Semipermeable	0.55	0.36	4.31	0.02
Coef. Escorrentía						0.23

Fuente: Elaboración Propia.

5.3.6. Cálculo de caudales

Para el cálculo de caudales de la quebrada Kitamayo, nos basados en el método racional (Lloyd-George 1906), este método es aplicable para pequeñas cuencas no mayores a 1300 hectáreas o 13 km², este método supone que la máxima escorrentía ocasionada por una lluvia se produce cuando la duración de esta es igual al tiempo de concentración, de este modo toda la quebrada contribuye con el caudal en su punto de salida.

$$Q = (C \cdot I \cdot A / 3.6)$$

Donde:

Q = Caudal máximo, en m³/seg

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad máxima de la lluvia

A = Área de la quebrada en km²

Tabla 11. Volúmenes calculados a partir de intensidades máximas.

Intensidad mm/h	Área km²	Coef. Escorrentía	Q = m³/seg
21.40	8.26	0.23	11.29

Fuente: Elaboración propia.

5.3.7. Cálculo de caudales para periodos de retorno

a) Intensidades de precipitación

El SENAMHI diseño una herramienta, que permite la generación de visualizaciones numéricas y graficas de las curvas IDF para cualquier ubicación espacial en el ámbito peruano; Además, da cuenta de los posibles impactos del cambio climático. La interfaz proporciona

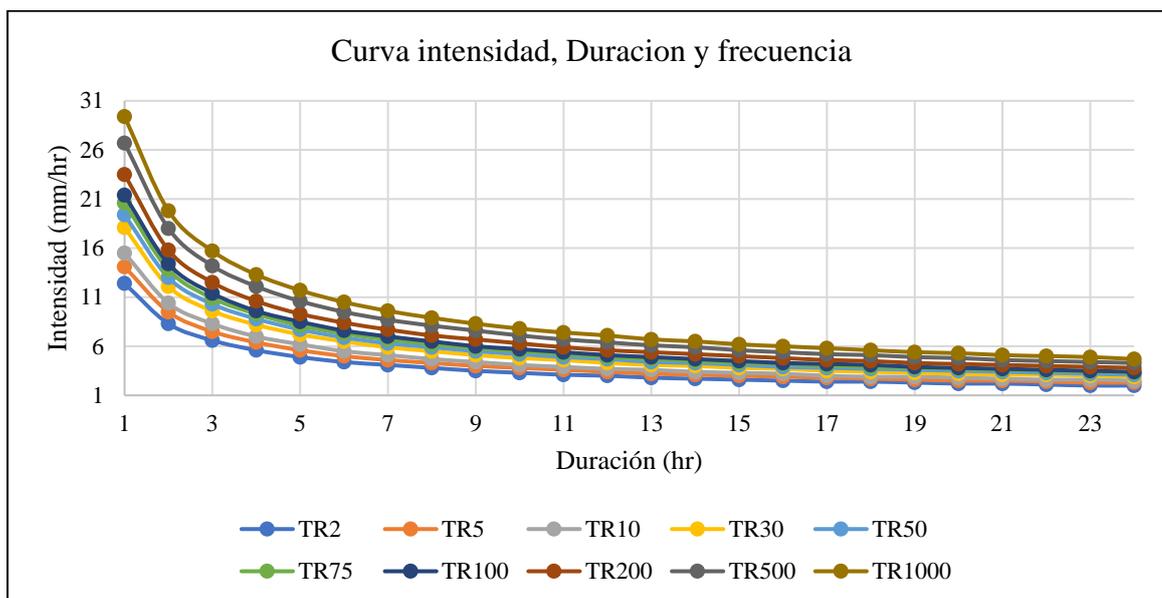
intensidades de precipitación para una diversidad de periodos de retorno (2, 5, 10, 30, 50, 75, 100, 200, 500 y 1000 años) y duraciones (1 a 24 horas) y permite a los usuarios adquirir información de curvas IDF basadas en datos históricos, así como condiciones climáticas futuras que permiten aportar indicadores efectivos y eficientes para el diseño hidrológico. (Ministerio del Ambiente, 2023).

Tabla 12. Intensidad – duración – frecuencia (IDF) del área de estudio

INTENSIDADES DE PRECIPITACIÓN, PARA DIFERENTES DURACIONES Y PERIODOS DE RETORNO										
DURACIÓN	TR2	TR5	TR10	TR30	TR50	TR75	TR100	TR200	TR500	TR1000
1-hr	12.4	14.1	15.5	18.1	19.4	20.6	21.4	23.5	26.7	29.4
2-hr	8.3	9.5	10.4	12.1	13	13.8	14.4	15.8	18	19.8
3-hr	6.6	7.5	8.3	9.6	10.3	10.9	11.4	12.5	14.2	15.7
4-hr	5.6	6.4	7	8.2	8.8	9.3	9.6	10.6	12.1	13.3
5-hr	4.9	5.6	6.2	7.2	7.7	8.1	8.5	9.3	10.6	11.7
6-hr	4.4	5	5.5	6.5	6.9	7.3	7.6	8.4	9.5	10.5
7-hr	4.1	4.6	5.1	5.9	6.3	6.7	7	7.7	8.7	9.6
8-hr	3.8	4.3	4.7	5.5	5.9	6.2	6.5	7.1	8.1	8.9
9-hr	3.5	4	4.4	5.1	5.5	5.8	6	6.7	7.6	8.3
10-hr	3.3	3.8	4.1	4.8	5.2	5.5	5.7	6.3	7.1	7.8
11-hr	3.1	3.6	3.9	4.6	4.9	5.2	5.4	5.9	6.7	7.4
12-hr	3	3.4	3.7	4.3	4.7	4.9	5.1	5.6	6.4	7.1
13-hr	2.8	3.2	3.6	4.1	4.4	4.7	4.9	5.4	6.1	6.7
14-hr	2.7	3.1	3.4	4	4.3	4.5	4.7	5.2	5.9	6.5
15-hr	2.6	3	3.3	3.8	4.1	4.3	4.5	5	5.6	6.2
16-hr	2.5	2.9	3.2	3.7	3.9	4.2	4.3	4.8	5.4	6
17-hr	2.4	2.8	3	3.5	3.8	4	4.2	4.6	5.2	5.8
18-hr	2.4	2.7	2.9	3.4	3.7	3.9	4.1	4.5	5.1	5.6
19-hr	2.3	2.6	2.9	3.3	3.6	3.8	3.9	4.3	4.9	5.4
20-hr	2.2	2.5	2.8	3.2	3.5	3.7	3.8	4.2	4.8	5.3
21-hr	2.2	2.5	2.7	3.1	3.4	3.6	3.7	4.1	4.6	5.1
22-hr	2.1	2.4	2.6	3.1	3.3	3.5	3.6	4	4.5	5
23-hr	2	2.3	2.6	3	3.2	3.4	3.5	3.9	4.4	4.9
24-hr	2	2.3	2.5	2.9	3.1	3.3	3.4	3.8	4.3	4.7

Fuente. Elaboración propia en base a SENAMHI.

Figura 12. Curvas intensidad, Duración y Frecuencia - IDF



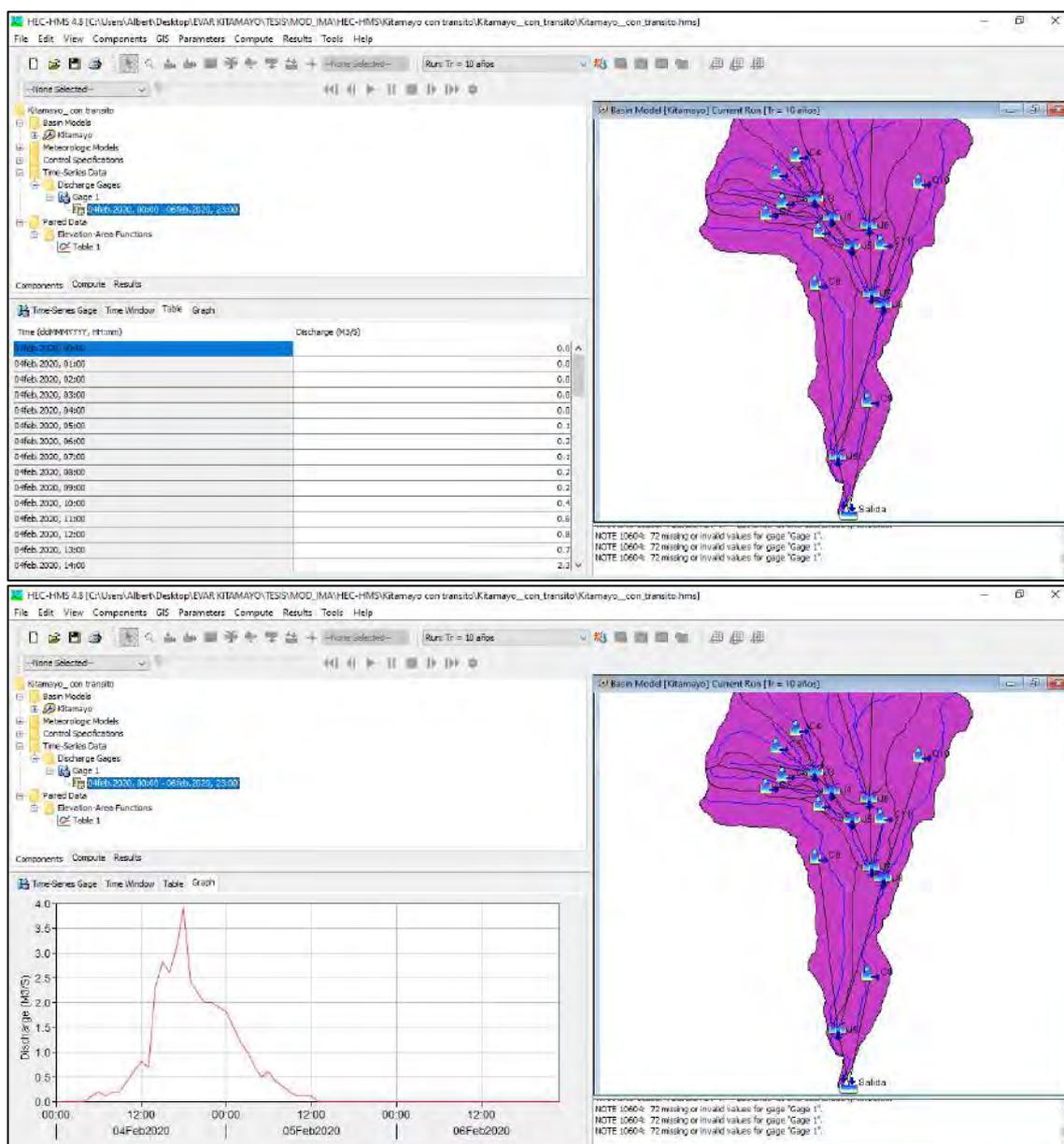
Fuente. Elaboración propia en base a SENAMHI.

b) Modelamiento hidrológico con HEC – HMS v 4.8

La simulación de sistema hidrológico de la quebrada Kitamayo, se realizó el cálculo de los caudales máximos con un periodo de retorno de 10, 30, 50, 100, 200 y 300 años se hizo mediante el software HEC-HMS v 4.8, que requiere parámetros los cuales son el área de las depresiones delimitada, hidrograma unitario, tiempo de concentración.

Una vez obtenido los datos de precipitación máxima, introducimos los datos al software para realizar el análisis con un intervalo de tiempo por cada 1 hora, inicio el 04 febrero del 2020 a las 00:00 y concluyo el 06 de febrero del 2020 a las 23:00. mostrando el hietograma de comportamiento que tuvo la lluvia.

Figura 13. Reconocimiento del hietograma de la quebrada y el caudal máximo en el punto de aforo mediante el HEC-HMS v4.10



El software HEC-HMS, nos otorga, como uno de sus resultados, la tabla de caudales a distintos periodos de retorno, en ese caso de utilizo para periodos de retorno ya mencionados, las que se muestran a continuación:

Tabla 13. Volúmenes máximos calculados para Q1

Elemento Hidrológico	Caudal Máximo (m ³ /s)					
	TR = 10 años	TR = 30 años	TR = 50 años	TR = 100 años	TR = 200 años	TR = 300 años
Q1	0.9	2.6	4.3	4.9	5.6	8.4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Volúmenes máximos calculados para Q2

Elemento Hidrológico	Caudal Máximo (m ³ /s)					
	TR = 10 años	TR = 30 años	TR = 50 años	TR = 100 años	TR = 200 años	TR = 300 años
Q2	1.2	3.7	6.1	7.0	8.0	12.0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Hidrograma unitario

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)
1/4/2020	0:00	0
1/4/2020	1:00	0
1/4/2020	2:00	0
1/4/2020	3:00	0
1/4/2020	4:00	0
1/4/2020	5:00	0.1
1/4/2020	6:00	0.2
1/4/2020	7:00	0.1
1/4/2020	8:00	0.2
1/4/2020	9:00	0.2
1/4/2020	10:00	0.4
1/4/2020	11:00	0.6
1/4/2020	12:00	0.8
1/4/2020	13:00	0.7
1/4/2020	14:00	2.3
1/4/2020	15:00	2.8
1/4/2020	16:00	2.6
1/4/2020	17:00	3.1
1/4/2020	18:00	3.9
1/4/2020	19:00	2.4
1/4/2020	20:00	2.2
1/4/2020	21:00	2
1/4/2020	22:00	2

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)
1/4/2020	23:00	1.9
1/5/2020	0:00	1.8
1/5/2020	1:00	1.5
1/5/2020	2:00	1.2
1/5/2020	3:00	1
1/5/2020	4:00	0.7
1/5/2020	5:00	0.5
1/5/2020	6:00	0.6
1/5/2020	7:00	0.4
1/5/2020	8:00	0.3
1/5/2020	9:00	0.2
1/5/2020	10:00	0.1
1/5/2020	11:00	0.1
1/5/2020	12:00	0.1
1/5/2020	13:00	0
1/5/2020	14:00	0
1/5/2020	15:00	0
1/5/2020	16:00	0
1/5/2020	17:00	0
1/5/2020	18:00	0
1/5/2020	19:00	0
1/5/2020	20:00	0
1/5/2020	21:00	0
1/5/2020	22:00	0
1/5/2020	23:00	0
1/6/2020	0:00	0
1/6/2020	1:00	0
1/6/2020	2:00	0
1/6/2020	3:00	0
1/6/2020	4:00	0
1/6/2020	5:00	0
1/6/2020	6:00	0
1/6/2020	7:00	0
1/6/2020	8:00	0
1/6/2020	9:00	0
1/6/2020	10:00	0
1/6/2020	11:00	0
1/6/2020	12:00	0
1/6/2020	13:00	0
1/6/2020	14:00	0

Fecha	Tiempo	Precipitación (mm)
1/6/2020	15:00	0
1/6/2020	16:00	0
1/6/2020	17:00	0
1/6/2020	18:00	0
1/6/2020	19:00	0
1/6/2020	20:00	0
1/6/2020	21:00	0
1/6/2020	22:00	0
1/6/2020	23:00	0

Fuente: Elaboración propia.

5.4. Hidrogeología

Actualmente en la quebrada de Kitamayo se tienen varios puntos de agua los cuales son de gran interés para los pobladores de la capital del distrito y población de la comunidad campesina Viacha, ya que en algunos puntos llegan a ser captados para el uso en sus necesidades básicas.

Manantes registrado y monitoreados en la comunidad de Campesina de Viacha según la oficina de mantenimiento de la municipalidad distrital de Pisac.

Tabla 16. Manantes de la Comunidad Campesina de Viacha.

Comunidad	Nombre de manante	Uso
Viacha	Unutoma huayco	Riesgo
	Huayllaccata	Temporal
	Parriyoc	Temporal
	patocniyoc	Temporal
	Ccotoc	Temporal

Fuente: Elaboración propia a base de Área Técnica Municipal MDP.

Si bien es cierto que la quebrada Kitamayo existe formaciones geológicas que contengan gran cantidad de agua subterránea considerable, ya que estas se encuentran

fracturadas; considerando así una clasificación de acuerdo a su comportamiento de cada formación geológica presente dentro del a quebrada Kitamayo, en caso exista algún tipo de recarga, proveniente de precipitaciones.

Tabla 17. Cuerpos de agua de la quebrada Kitamayo

Descripción	Volumen (m3)	Área (m2)
Laguna 1 (Totoracocha)	103403.98	15198.13
Laguna 2 (Challhuacocha)	28242.52	12718.68
Total		27916.82

Fuente: Elaboración propia, en base a información de IMA.

5.4.1. Inventariado de puntos de agua

Tabla 18. Manantes de la quebrada Kitamayo

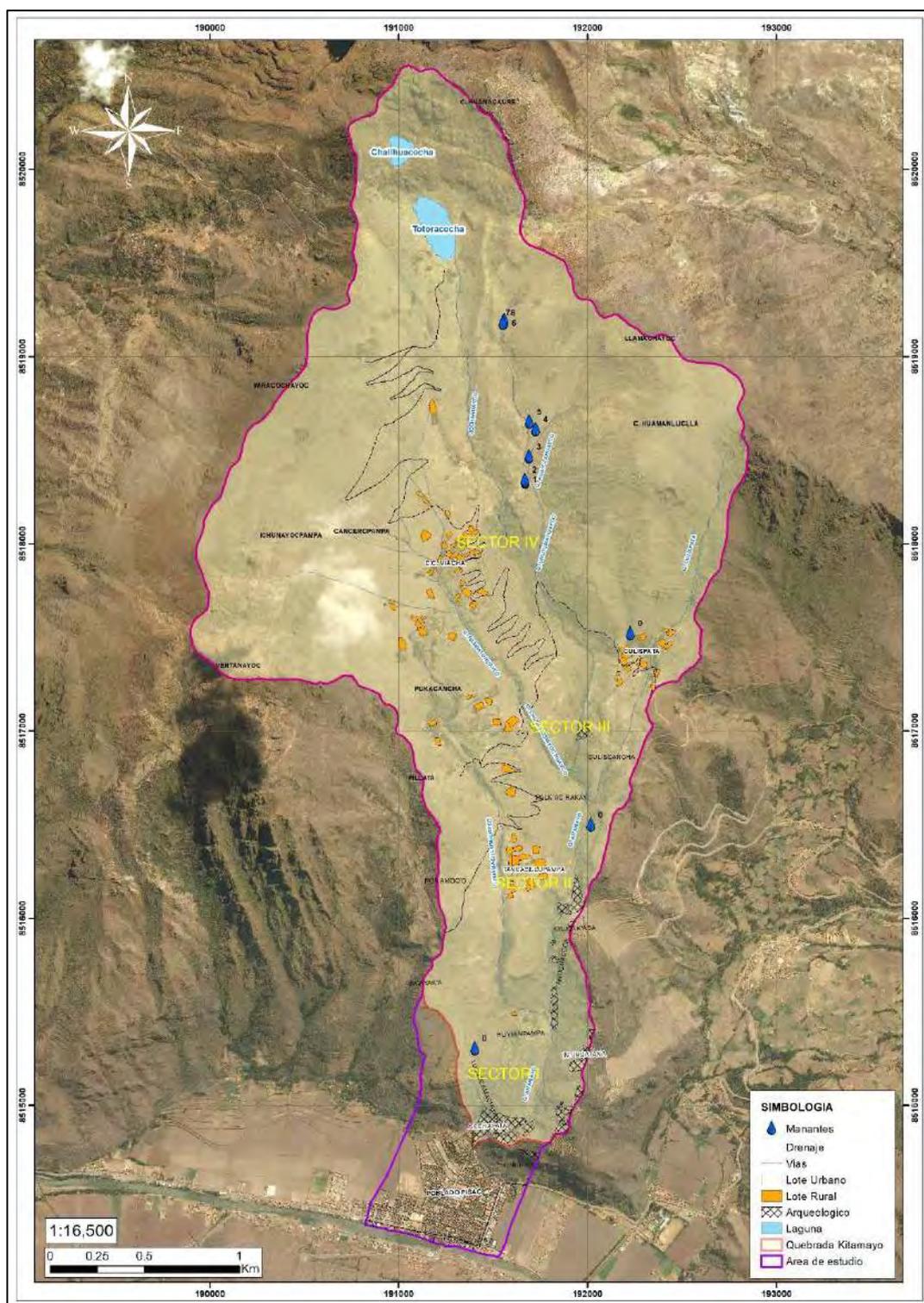
N°	Este	Norte	Z	Zona	Caudal lt/seg
01	191671	8518331	3967	19L	0.236
02	191669	8518342	3965	19L	0.102
03	191691	8518467	3993	19L	0.337
04	191726	8518612	4021	19L	0.199
05	191692	8518653	4027	19L	0.474
06	191560	8519192	4207	19L	0.305
07	191554	8519182	4200	19L	0.017
08	191553	8519180	4197	19L	0.502

Fuente: Elaboración propia.

La quebrada Kitamayo presenta surgencia de agua subterránea, que se hacen más predominantes en la época de lluvias y disminuye sus caudales en temporada de estiaje, siendo las mismas en parte captadas para el almacenamiento y posterior uso para la población de Viacha anexo Tucsán y el poblado de Pisac.

Las zonas donde se presentaron las surgencias de puntos son en su mayoría en la parte alta de la quebrada Kitamayo al Este de la Comunidad Campesina de Viacha.

Figura 11. Mapa de manantes de la quebrada Kitamayo.



CAPÍTULO VI

ASPECTOS GEOTÉCNICOS

6.1. Generalidades

La zona de estudio está constituida por roca y suelo, es crucial conocer las características y entender sus diferentes comportamientos físico-mecánicos que presentan.

Por tal motivo estudiaremos las propiedades de suelo y roca, como su contenido de humedad, distribución granulométrica, plasticidad, cohesión, ángulo de fricción y resistencia de penetración, entre otros. Para determinar las propiedades ingenieriles y de capacidad portante, lo cual nos ayudara a la interpretación y caracterización del nivel de susceptibilidad ante un peligro por geodinámica externa como son los deslizamientos, flujos de detritos, aluviones y caídas de rocas, etc.

6.2. Mecánica de rocas

En la naturaleza las rocas aparecen muy comúnmente atravesadas por distintos caracteres Geológicos estructurales y discontinuidades de variado origen geológico, como la estratificación, esquistosidad, pliegues, fallas y juntas o diaclasas. La necesidad de conocer estas estructuras y el comportamiento mecánico de los macizos rocosos y de su respuesta ante la acción de fuerzas aplicadas en su entorno físico, de las diferentes formaciones presentes en la quebrada Kitamayo, nos llevó a realizar evaluaciones de macizo rocoso y resistencia al corte de las rocas (andesitas).

Los resultados de estos ensayos nos dan una visión más clara de comportamiento mecánico de la roca y sus propiedades ingenieriles presentes en la zona de estudio, por tal motivo se caracterizó los afloramientos de rocas de las formaciones presentes en la quebrada.

La aplicación de las clasificaciones geomecánicas implica determinar parámetros de resistencia y deformación del macizo rocoso a través de muestras de las cuales en laboratorio se obtienen sus principales parámetros y para el presente estudio se tendrá como referencia la clasificación propuesta por Bieniawski, (1989).

Formación Rumicolca: (Mendivil & Dávila, 1994), viene a ser un conjunto de cuerpos volcánicos de dimensiones pequeñas que afloran a lo largo del límite Altiplano-cordillera Oriental. Las lavas son generalmente de color oscuro, de negro a gris. Todos estos cuerpos volcánicos han sido descritos como andesitas, la calidad de estas rocas es regular a buena.

Grupo Mitu

-Formación Pisac: (Gabelman & Jordan, 1964), aflora en al Anticlinal de Vilcanota, descansando en discordancia sobre el Grupo Copacabana, por intermedio, o no, de un nivel volcánico. Se tienen secuencias grano-estrato crecientes de brechas y conglomerados, intercalados con areniscas y limolitas rojas. Los conglomerados contienen clastos de calizas con fusulinas, volcánicos y cuarcitas, estas secuencias han sido interpretadas como conos aluviales, relacionadas a una tectónica sinsedimentaria (Carlotto et al., 1988).

-Formación Pachatusan: (Gregory, 1916) está constituida por brechas, aglomerados y coladas volcánicas de basaltos, riolitas e ignimbritas. Estas rocas volcánicas se intercalan con

rocas sedimentarias, caracterizándose por su color rojo violáceo que permite reconocerlas rápidamente en el campo.

Las rocas volcánicas, las tobas, lapilli y coladas de color rojo violeta, generalmente están descritas como andesitas, ignimbritas y basaltos. Los afloramientos volcánicos de esta formación, son muy extensas en la parte este del Cuadrángulo de Urubamba y en la parte norte del Anticlinal de Vilcanota. Las andesitas parecen constituir el grueso de la formación, las que están acompañadas de tobas y brechas. La Formación Pachatusan se caracteriza por la presencia de conglomerados de conos aluviales y areniscas cuarzosas fluviales intercalados en las rocas volcánicas.



Fotografía 36. Ventana estructural – afloramiento rocoso sector K'alla Ka'sa.

Tabla 19. Coordenadas de ventanas estructurales realizados en la zona de estudio.

N°	Ventana	Este	Norte	Altitud. (m.s.n.m)
1	V-01	191852.77	8515966.65	3464.06
2	V-02	191841.56	8515833.84	3471.04

Tabla 22. Categorías de la clasificación R.M.R. (Bieniawski 1989)

R. M. R		
Suma de los puntajes obtenidos de las tablas anteriores	Descripción del macizo rocoso	CLASE
81-100	Muy Bueno	I
61-80	Bueno	II
41-60	Medio	III
21-40	Malo	IV
0-20	Muy Malo	V

Fuente: Clasificación del macizo rocoso (G. Vallejo, 2002).

El macizo rocoso de la zona de estudio se encuentra en puntuación con un RMR min de 56 y RMR max 70, con calidad medio a bueno y clase III y II. A continuación, se muestran fotografías de un macizo rocoso sobre la que se han marcado las discontinuidades observables in-situ.



Fotografía 37. Ventana estructural – afloramiento rocoso sector Antichacca.



Fotografía 38. Discontinuidades en ventana – afloramiento rocoso sector Acchapata.

En el lugar de estudio se observaron las propiedades de la roca en su condición natural, observando que las rocas se encuentran afectadas por procesos ambientales, erosivos y de transporte que van a dar lugar a su fracturación, alteración, meteorización.

Las rocas se diferencian del resto de materiales utilizados comúnmente en ingeniería por su baja resistencia a la tracción. Además, la presencia de discontinuidades en los macizos rocosos hace que en la mayor parte de los casos no exista prácticamente resistencia alguna a la tracción. Por tanto, los macizos rocosos no son capaces, en general, de generar y resistir tracción.

Gonzales (2004), sostiene que el grado de meteorización de la roca es una observación importante en cuanto que condiciona de forma definitiva sus propiedades mecánicas. Según avanza el proceso de meteorización aumenta la porosidad, permeabilidad y deformidad del material rocoso, al tiempo que disminuye su resistencia. La definición de estado o grado de meteorización de la matriz rocosa se puede realizar de forma sistemática. Los distintos tipos de

rocas son afectados desigualmente por los procesos de meteorización siendo estos más intensos cuando mayor es el tiempo de exposición a los agentes atmosféricos.

Por último, efecto más sutil de las aguas es su acción degradable en diversas zonas del macizo, lo que hace que para ciertos materiales se produzcan un deterioro significativo de sus propiedades mecánicas (menor resistencia y mayor deformabilidad).

6.3. Mecánica de suelos

El estudio y pruebas de mecánica de suelos nos permite conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo, además de su composición, características, categoría, y el comportamiento del suelo bajo la influencia, o no, de una carga específica.

El conocimiento de las principales características físicas de los suelos es de fundamental importancia en el estudio de la mecánica de suelo, pues mediante su atinada interpretación se puede predecir el futuro comportamiento de un terreno bajo cargas cuando dicho terreno presente diferentes contenidos de humedad.

En el presente estudio se realizaron ensayos de campo y laboratorio para determinar la capacidad admisible del terreno. Este estudio se realizó en la parte superior y media de la quebrada Kitamayo.

Los resultados de laboratorio nos indican propiedades físicas del suelo tales como: contenido de humedad, limite líquido, limite plástico, análisis granulométrico, resistencia al corte.

- a) **Contenido de Humedad:** Describe la cantidad de agua que contiene la muestra.
- b) **Granulometría:** Se determinó la distribución por tamaños de las partículas que componen las muestras de estudio. De acuerdo a los diámetros tenemos: gravas (comprendidos entre 3 pulgadas a la malla N°4), arenas (comprendidos entre las mallas N°4 y N°200), limos y arcillas con diámetros menores a la malla N°200.
- c) **Límite de atterberg:** Son ensayos de laboratorio normalizados que permiten obtener los límites de los contenidos de humedad en los que los suelos arcillas y limo de grano fino hacen transición entre los estados sólido, semisólido, plástico y líquido.
- d) **Límite plástico:** Definido por el contenido de humedad por encima del cual el suelo se comporta como un material semisólido y plástico, con una resistencia al esfuerzo cortante nula.
- e) **Límite líquido:** Definido cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semilíquido. Se determina de forma estandarizada mediante la cuchara de Casagrande.
- f) **Ensayo de penetración Dinámica de cono (PDC):** Se utiliza para determinar la resistencia a la penetración dinámica por golpes, el cual es correlacionado con algunas propiedades relativas al suelo, particularmente con sus parámetros de resistencia al corte, capacidad portante y densidad relativa.

El PDC estima la capacidad estructural de las diferentes capas que conforman a un suelo, como también detecta simultáneamente el grado de heterogeneidad

que puede encontrarse en una sección y la uniformidad de compactación del material, de una manera rápida, continua y bastante precisa.

- g) **Ensayo de corte directo:** Se utiliza para determinar la resistencia de una muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones que simulen las cargas que existen o existirán en el terreno producto de la aplicación de una carga. Con este ensayo se logra determinar la cohesión y el ángulo de fricción interna que nos definen la resistencia del suelo.

Considerando los resultados de laboratorio se determina la clasificación del suelo mediante SUCS y la capacidad admisible de los mismos.

6.3.1. Determinación de la capacidad portante del terreno

El objetivo de determinar la capacidad portante son conocer las propiedades físico-mecánicas de los suelos. Para lo cual se han realizado trabajos en campo que consistían en la realización de la exploración de calicatas, evaluación e identificación de los estratos in-situ en condiciones naturales, así mismo se realizó la obtención de las muestras inalteradas representativas (para realizar los ensayos en laboratorio), también se realizaron los ensayos in situ como PDC.

Tanto conocer la capacidad portante y las características propias del suelo, nos van a permitir anticipar futuros problemas que se pueden presentar, si es que no se elabora estudios básicos antes de realizar un proyecto.

Tabla 23. Ensayos realizados por cada calicata.

Calicata	Este	Norte	Altitud	Prof. (m)	Ensayos Realizados
-----------------	-------------	--------------	----------------	----------------------	---------------------------

C-01	191270.812	8519508.581	4247.201	2	PDC (ensayo de penetración dinámica de cono), Clasificación (contenido de humedad, límites de Atterberg, granulometría).
C-02	191076.470	8519178.096	4259.426	2	PDC (ensayo de penetración dinámica de cono), Clasificación (contenido de humedad, límites de Atterberg, granulometría).
C-03	191316.694	8518851.886	4119.770	2	PDC (ensayo de penetración dinámica de cono), Clasificación (contenido de humedad, límites de Atterberg, granulometría).
C-04	191035.663	8518768.259	4150.381	2	PDC (ensayo de penetración dinámica de cono), Clasificación (contenido de humedad, límites de Atterberg, granulometría).
C-05	191670.294	8518761.203	4064.457	2	PDC (ensayo de penetración dinámica de cono), Clasificación (contenido de humedad, límites de Atterberg, granulometría).
C-06	190900.874	8518304.403	4081.039	2	PDC (ensayo de penetración dinámica de cono), Clasificación (contenido de humedad, límites de Atterberg, granulometría).
C-07	190935.542	8517768.719	4027.848	2	PDC (ensayo de penetración dinámica de cono), Clasificación (contenido de humedad, límites de Atterberg, granulometría).
C-08	191433.389	8517320.068	3894.435	2	PDC (ensayo de penetración dinámica de cono), Clasificación (contenido de humedad, límites de Atterberg, granulometría).
C-09	192114.076	8517321.235	3760.522	2	PDC (ensayo de penetración dinámica de cono), Clasificación (contenido de humedad, límites de Atterberg, granulometría).
C-10	191836.731	8517129.989	3775.309	0.3	PDC (ensayo de penetración dinámica de cono), Clasificación (contenido de humedad, límites de Atterberg, granulometría).

C-11	191860.609	8516608.23	3685.988	0.3	PDC (ensayo de penetración dinámica de cono), Clasificación (contenido de humedad, límites de Atterberg, granulometría).
-------------	------------	------------	----------	-----	--

Fuente: Municipalidad de Pisac.

Por ello, el proceso en el estudio de suelos para la determinación de la carga portante representa un componente muy importante, para mantener la seguridad y estabilidad de toda edificación o proyecto que se requiera desarrollar, donde su eficacia dependerá de los resultados que se obtenga.

6.3.2. Resultados obtenidos del estudio de mecánica de suelos

En la zona de estudio se realizó once calicatas que se encuentra dentro de los límites de la quebrada kitamayo, la capacidad portante se realizó en la parte alta y baja de la zona de estudio sobre materiales cuaternarios.

Terreno tipo I: Comprenden las calicatas C-01, C-02, C-03 y C-04, estos tipos de suelos se encuentra hasta una profundidad promedio de 2 metros y en su clasificación SUCS (ML).

Terreno tipo II: Comprenden las calicatas C-05, C-06, C-07, C-08 y C-09, estos tipos de suelos se encuentra hasta una profundidad promedio de 2 metros y en su clasificación SUCS (CL-ML).

Terreno tipo III: Comprenden las calicatas C-10 y C-11, estos tipos de suelos se encuentra hasta una profundidad promedio de 0.3 metros y en su clasificación SUCS (GC-GM).



Fotografía 39. Ensayo PDC del primer punto (C-01) - sector Totoracocha.

Tabla 24. Resultados de mecánica de suelos de calicatas.

Muestra	Calicata	% Pasa Malla 200	Limite Liquido	Limite Plástico	I.P.	Clasificación SUCS	Humedad Natural %	Angulo de fricción Φ (°)	Cohesión (Kg/Cm ²)	Peso específico Y (gr/cm ³)
1	C-01	70.51	18.36	14.50	3.86	ML	6.67	27.29	0.2	1.35
2	C-02	82.23	19.04	15.37	3.67	ML	3.64	26.42	0.1	1.28
3	C-03	73.40	16.04	13.32	2.72	ML	3.34	24.35	0.2	1.46
4	C-04	72.40	19.15	15.57	3.58	ML	6.92	26.24	0.2	1.37
5	C-05	70.86	17.07	12.06	5.01	CL-ML	3.64	27.56	0.6	1.52
6	C-06	72.05	17.87	12.67	5.20	CL-ML	8.51	28.45	0.5	1.56
7	C-07	71.35	18.50	11.60	6.90	CL-ML	6.41	26.59	0.7	1.54
8	C-08	73.90	19.22	13.34	5.88	CL-ML	6.87	30.41	0.6	1.51
9	C-09	73.82	19.15	13.06	6.08	CL-ML	3.20	28.53	0.5	1.55
10	C-10	21.74	13.97	7.48	6.49	GC-GM	5.62	27.79	0.2	1.59
11	C-11	22.37	15.40	10.29	5.11	GC-GM	4.88	29.33	0.3	1.62

Fuente: Municipalidad de Pisac.

Tabla 25. Profundidad de calicatas y capacidad de carga admisible.

Muestra	Calicata	Profundidad (M)	Qu (Kg/Cm ²)
1	C-01	2.00	2.13
2	C-02	2.00	1.47
3	C-03	2.00	2.53
4	C-04	2.00	1.60
5	C-05	2.00	3.73
6	C-06	2.00	2.93

7	C-07	2.00	3.20
8	C-08	2.00	2.80
9	C-09	2.00	1.60
10	C-10	0.30	2.67
11	C-11	0.30	3.07

Fuente: Municipalidad de Pisac.

Tabla 26. Características mecánicas de ensayo de resistencia a la compresión uniaxial

ESPÉCIMEN	P-1	P-2
Lado De La Base Promedio (cm)	4	4
Ancho De La Base Promedio (cm)	4	4
Altura Del Espécimen (cm)	8	8
Área De La Base (cm ²)	16	16
Volumen (cm ³)	128	128
Peso De Muestra (gr)	328	322
Densidad De Muestra (gr/cm ³)	2.56	2.52
Lectura Del Dial Con Carga (kg)	23465	22356
Resistencia A La Compresión (kg/cm ²)	1466.56	1397.25
Capacidad De Carga (g)	293.31	279.45
Factor De Seguridad (Fs)	0.2	0.2
Carga O Compresión Admisible ($Q_{ar}=q_{cr}/F_s$)	58.66	55.89

Fuente: Municipalidad de Pisac.

Tabla 27. Resultados de ensayo de resistencia a la compresión

Muestra	Punto	Peso Específico Kg/Cm ³	Absorción	Resistencia a La Compresión Kg/Cm ²
1	P-01	2.56	0.21%	1466.56
2	P-02	2.52	0.19%	1397.25

Fuente: Municipalidad de Pisac.

La estructura va a ser la parte del edificio encargada de soportar todas las cargas que actúan en ella y transmitir las al terreno. Para ello necesitamos de un elemento intermedio entre la estructura y el terreno para repartir esas cargas de forma apropiada para que el terreno sea capaz de absorberlas; es a este elemento intermedio al que se le conoce como cimentación.

Como hemos dicho anteriormente la cimentación es el elemento que va a poner en contacto la estructura y el terreno. Luego será el sistema formado por el terreno y la estructura quien nos va a fijar las condiciones para determinar la cimentación adecuada.

Para el caso de estructuras especiales como reservorios, tanques, silos, estructuras hidráulicas requieren de consideraciones adicionales como proximidad a los deslizamientos o derrumbes, será preciso así mismo, considerar los parámetros de sitio y estudios geotécnicos específicos para cada edificación, ya que la zonificación planteada en el mapa de peligros, no puede ser considerada como parte de los estudios específicos, sino como referencia.

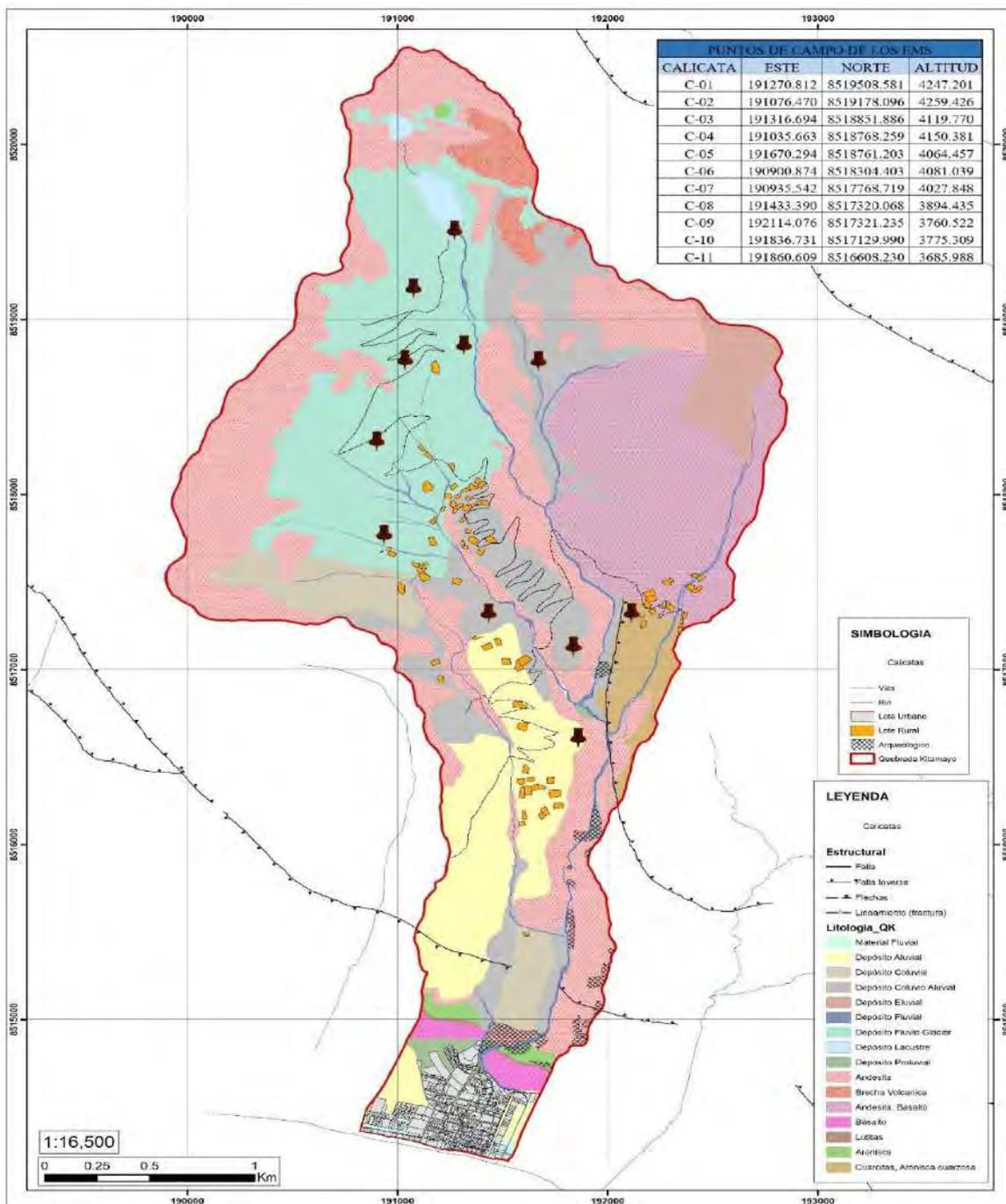


Fotografía 40. Ensayo PDC del quinto punto (C-05)



Fotografía 41. Ensayo PDC del onceavo punto (C-11)

Figura 14. Mapa litológico y ubicación de calicatas en el área de estudio.



CAPÍTULO VII

GEODINÁMICA

7.1. Generalidades

A lo largo de la quebrada Kitamayo se han observado numerosos problemas geodinámicos como: deslizamientos antiguos, deslizamientos activos, flujo de detritos, caída de rocas y erosión local de las márgenes del río Kitamayo.

Según un principio geológico las montañas deben peniplanizarse en un periodo prolongado de tiempo geológico, esto significa que siempre existió, existe y existirán agentes como la erosión, transporte, sedimentación, etc., de las partículas que conforman una roca, las que pueden alcanzar diversas magnitudes dependiendo de la energía de factores de erosión, transporte, etc., generando finalmente fenómenos.

Los movientes en masa desarrollados a lo largo de la quebrada kitamayo están condicionados y desencadenados por procesos naturales, los cuales se encargan de modelar el relieve de un valle joven, tal como ocurre en la quebrada.

7.2. Geodinámica interna

El Perú está comprendido entre una de las regiones de más alta actividad sísmica que existe en la tierra, por lo tanto, está expuesto a este peligro, que trae consigo la pérdida de vidas humanas y pérdidas materiales. Es necesario efectuar estudios que permitan conocer el comportamiento más probable de este fenómeno para poder planificar y mitigar los grandes efectos que trae consigo (Hurtado y Castillo, 1994).

La geodinámica interna dominante en la región de cusco es principalmente de origen tectónico. Las deformaciones cuaternarias en los andes son el resultado de la subducción de la placa de Nazca bajo la placa de Sudamérica (PMA, 2009).

7.2.1. Sismicidad

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la siguiente figura, la zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica. (DS N°003-2016-Vivienda, 2016).

Como puede observarse en el mapa, elaborado para la norma E-0030 de diseño sismorresistente 2016, Zonas sísmica del Perú, la mayor parte de la región del Cusco se encuentra incluida en la Zona 2, cuyo valor de factor Z asignado es 0.25. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en un suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (Norma técnica E-0030-2016).

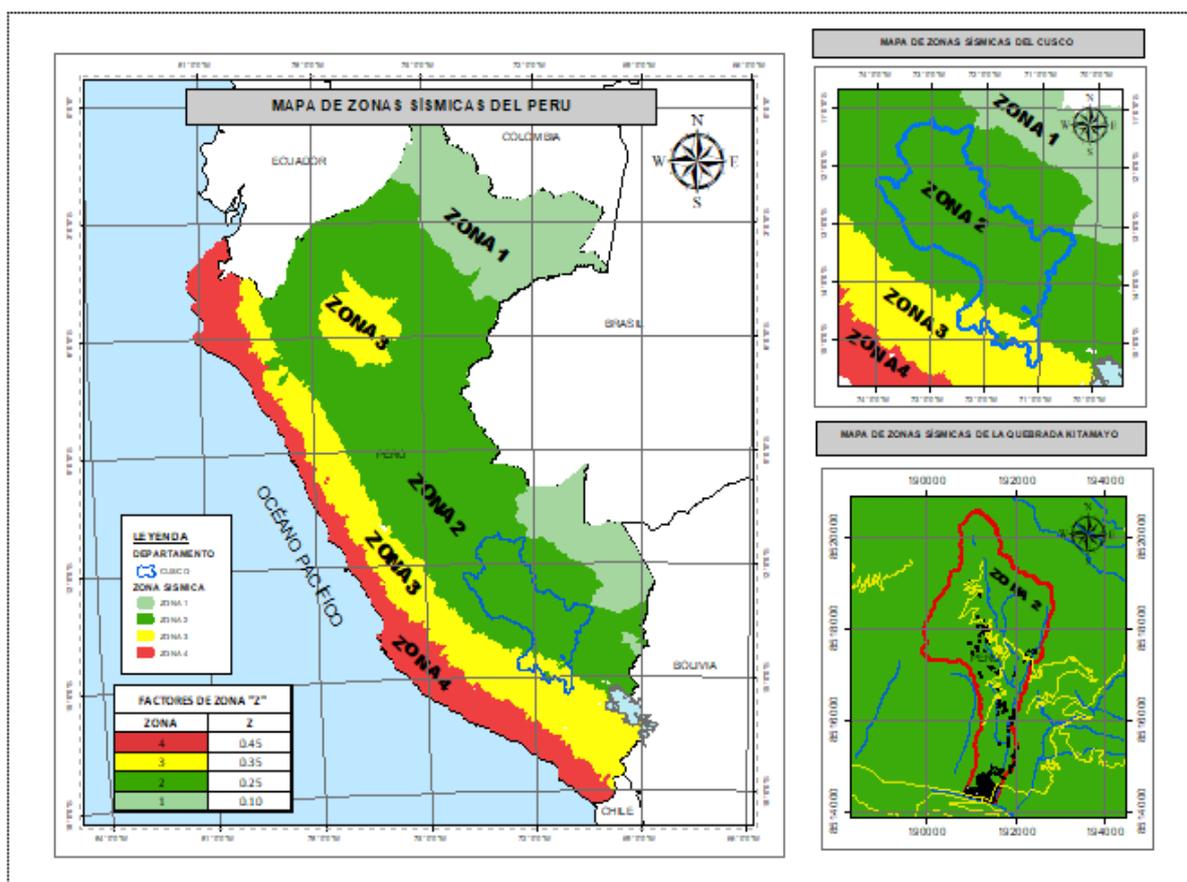
Tabla 28. Factores de Zona "Z".

Factores de zona "Z"	
Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Fuente: Norma Técnica E. 030 Diseño Sismorresistente

Como se mencionó anteriormente y considerando la zonificación de acuerdo a la Norma Técnica E. 030 “Diseño Sismorresistente” aprobada por Decreto Supremo 011-2006-VIVIENDA, toda la región del Cusco está ubicada en la Zona 2, con un factor Z de 0.25, tanto, la quebrada kitamayo adquiere estos valores.

Figura 15. Zonas Sísmicas en el Perú.



Fuente: Instituto Geofísico del Perú-norma técnica E-0030, 2016.

También se tiene un catálogo de isosistas elaborado por Tavera, H. et al., 2016, en la que se muestran variación de intensidades en toda la región de Cusco y alrededores, estas variaciones de intensidades están directamente relacionadas a los distintos epicentros

registrados históricamente en toda la región Cusco (ver tabla 18), en el Tabla se puede observar sismos históricos desde 1586 hasta 2016.

Tabla 29. Catálogo de sísmicos históricos del Perú y el grado de intensidad en la región del cusco.

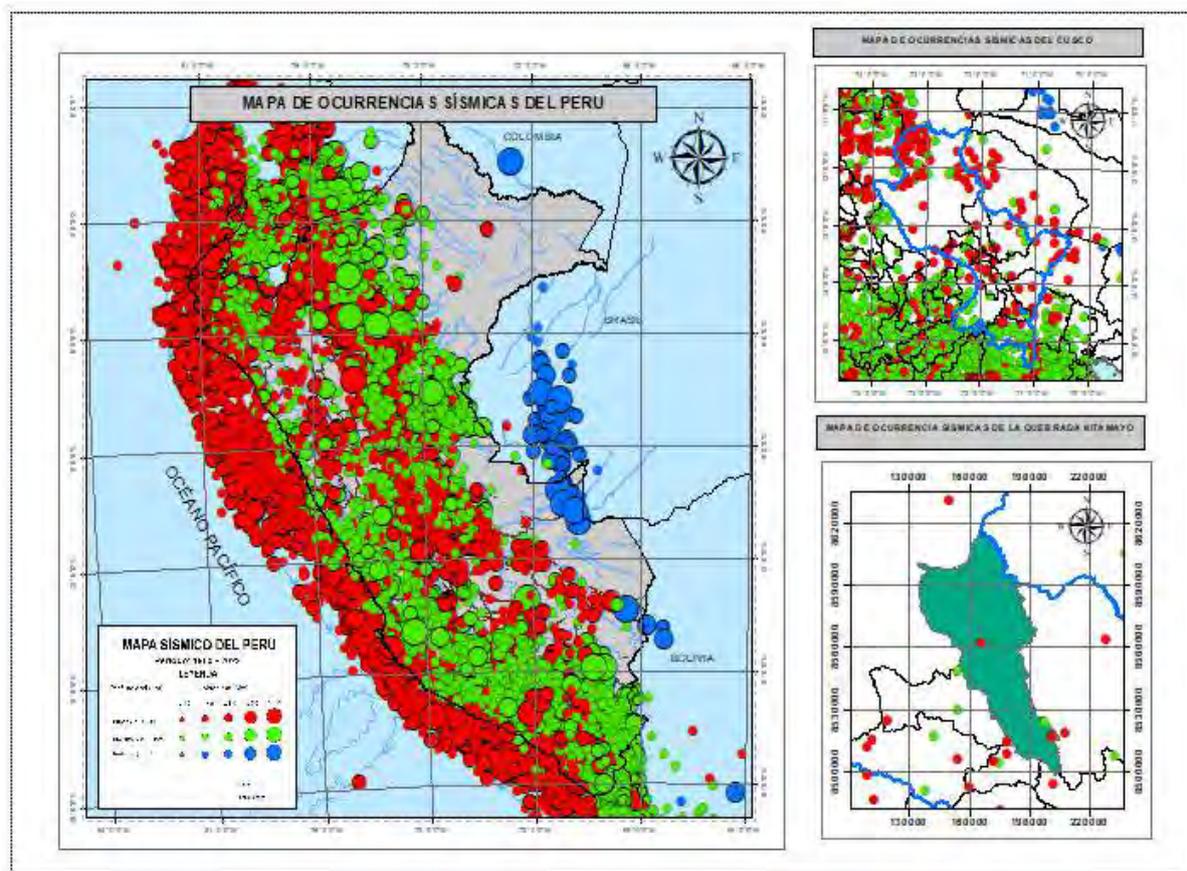
Fecha	Latitud (°)	Longitud (°)	Profundidad (Km)	Magnitud (Ms, Mb, MI, Mw)	Región De Epicentro	Intensidad Máxima	Intensidad en Cusco Región
10 de Junio de 1586	-12.3	-77.7	60	8.1	Lima	IX	IV-III
24 de Noviembre de 1604	-17.88	-77.94	30	8.4	Arequipa	IX	VIII-VII
31 de Marzo de 1650	-13.5	-71.7	30	7.2	Cusco	IX	IX-VII
21 de Octubre de 1687	-16.4	-71.6	60	7.2	Arequipa	VIII	VI
29 de Octubre de 1746	-11.99	-77.19	30	8.4	Lima	VIII	VI-IV
13 de Agosto de 1868	-18.9	-70.79	25	8.6	Arica	X	VII-IV
06 de Agosto de 1913	-15.8	-73.5	80	7.7	Arequipa	IX	VI-III
24 de Mayo de 1940	-10.5	-77	50	8.2	Lima	VIII	IV-III
24 de Agosto de 1942	-15	-76	70	8.4	Ica	VIII	V-IV
01 de Noviembre de 1947	-11	-75	60	7.5	Junín	VII	VI-III
21 de Mayo de 1950	-13.5	-72	15	6	Cusco	VIII	VIII-II
10 de Diciembre de 1950	-14.25	-75.75	60	7	Ica	VII	V-II
15 de Enero de 1958	-16.5	-72	60	7.3	Junín	VII	VI-III
13 de Enero de 1960	-16	-73	63	7.5	Cusco	VIII	III
17 de Octubre de 1966	-10.7	-78.6	38	7.5	Ica	VIII	IV-III
16 de Febrero de 1979	-16.51	-72.6	41	6.9	Arequipa	VII	IV-III
03 de Junio de 1980	-13.37	-72.52	20	5	Arequipa	VI	VI-III
05 de Abril de 1986	-13.51	-72.03	7	5.3	Lima	VIII	VIII-III
12 de Noviembre de 1996	-15.21	-75.93	20	7.7	Arequipa	VI	III-II

10 de Enero de 1998	-12.2	-72.2	38	6.4	Cusco	V	V-III
23 de Junio de 2001	-16.46	-73.93	30	8.2	Cusco	VIII	V-II
09 de Agosto de 2001	-14.45	-72.82	46	5.8	Ica	V	III
08 de Agosto de 2003	-14.49	-71.49	32	5.1	Cusco	V	V-II
15 de Agosto de 2007	-13.54	-76.89	40	8	Arequipa	VIII	IV-II
25 de Septiembre 2013	-16.15	-74.86	31	7	Apurímac	VI	III-II
28 de Septiembre de 2014	-13.78	-71.87	6	5.1	Cusco	VII	VII-II
26 de Octubre de 2024	-10.57	-74.24	130	6	Ucayali	V	IV-II
24 de Noviembre de 2015	-10.59	-71.16	643	7.6	Madre De Dios	V	V-III
01 de Diciembre de 2016	-15.43	-70.93	10	6	Puno	VI	VI-IV

Fuente: (fuente: Albinez y Ancco, 2018).

En figura 6, se muestra las ocurrencias sísmicas del Perú a partir del Catálogo Sísmico Nacional del IGP, el cual evidencia los sismos ocurridos desde 1960 al 2022. Los círculos de color rojo, representan los sismos superficiales generados por la deformación cortical o fallas geológicas; mientras que, los círculos de color verde representan los ocurridos a profundidades intermedias; es decir, sismos de subducción que ocurren en la interfaz de contacto de las placas de Nazca y Sudamérica, y los círculos de color azul, representan los sismos profundos.

Figura 16. Ocurrencias Sísmicas del Perú.



Fuente: Instituto Geofísico del Perú – IGP

Según el Instituto Geofísico del Perú-IGP, los sismos ocurridos desde año 1960 al 2022, se muestran tablas de las ocurrencias sísmicas en la provincia de Calca:

Tabla 30. Tabla de ocurrencias sísmicas en el año 2011 en la provincia de Calca.

Sismos Superficiales 2011

N°	Latitud	Longitud	Intensidad	Distrito	Fuente
1	-12.989	-72.076	4-4.9	Lares	IGP
2	-13.402	-71.757	5-5.9	Pisac	IGP

Fuente: Instituto Geofísico del Perú-2022

Tabla 31. Tabla de ocurrencias sísmicas en el año 2018 en la provincia de Calca.

Sismos Superficiales 2018								
N°	Latitud	Longitud	Profundidad	mb__ML__Ms	Intensidad	Fecha	Distrito	Fuente
1	13.4242	-71.9638	12	4.2	III-IV Cusco, Calca; III Urubamba; II Urcos	11/11/2018	Coya	IGP

Fuente: Instituto Geofísico del Perú-2022.

Tabla 32. Tabla de ocurrencias sísmicas en el año 2019 en la provincia de Calca.

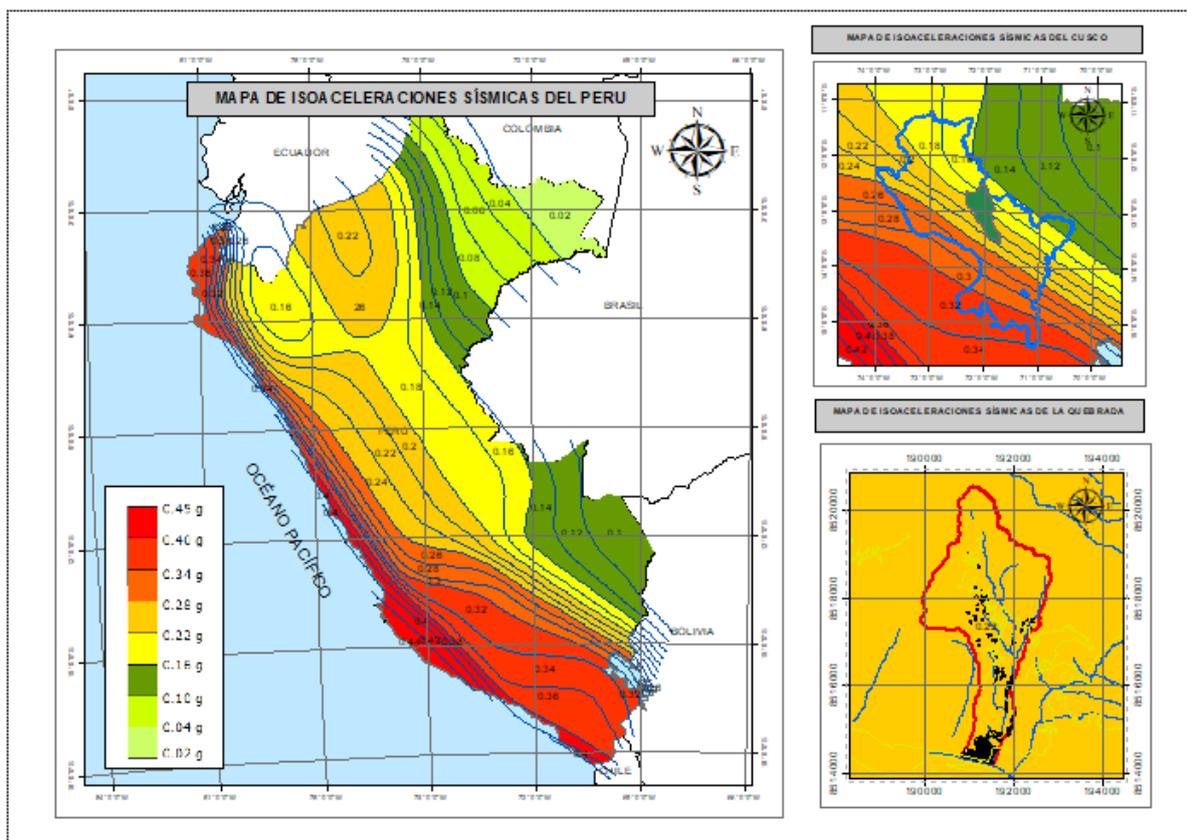
Sismos Superficiales 2019								
N°	Latitud	Longitud	Profundidad	Magnitud	Intensidad	Fecha	Distrito	Fuente
1	-13.41	-72.04	9	3.6	II Calca	22/08/2019	Calca	IGP

Fuente: Instituto Geofísico del Perú-2022.

Peligrosidad Sísmica

El Perú es uno de los países más sísmicos de América del Sur e históricamente, ha sido testigo de la ocurrencia de grandes terremotos que han producido pérdidas tanto humanas como materiales. En ingeniería, el peligro sísmico es una de las herramientas más utilizadas para la prevención y reducción de dichas pérdidas (Tavera y Bernal, 2014).

Figura 17. Isoaceleraciones del Perú.



Fuente: Elaboración propia con base de Monroy y Bolaños (2004).

Distribución de aceleraciones en el Perú para un periodo de exposición de 50 años y 10% de probabilidad de excedencia (Bolaños, 2004).

Gasperini (2001) menciona que, para determinar la peligrosidad, se toman en cuenta los mapas de líneas que unen puntos de igual intensidad sísmicas, los cuales también nos permitirán conocer diversos parámetros físicos sobre los procesos que se desarrollan alrededor de los sismos, como es el grado de fracturamiento de rocas, la respuesta dinámica de los suelos, los patrones de atenuación de la intensidad y la percepción humana.

Intensidad Sísmica

Es el grado de destrucción y violencia con que se siente un sismo y está en función de la atenuación de las ondas sísmicas. Se caracteriza por el daño producido a las viviendas, y habitantes. Desde 1961 la Escala de Mercalli Modificada (MM), es la que se adecua para los Andes Peruanos (Tavera, 2008).

Esta escala tiene 12 grados y los desastres empiezan generalmente del grado VI. La Intensidad está en función a la atenuación de las ondas sísmicas y dependerá de:

- a. La cantidad de energía que posee el sismo.
- b. La distancia al espejo de falla que libero las ondas sísmicas.
- c. La dirección de las ondas sísmicas, que arriban a la zona donde se registra (oblicua, perpendicular)
- d. Las condiciones geológicas y nivel freático donde se registra la Intensidad -
Cómo la comunidad sintió el sismo y las huellas que dejo el sismo.

Con la escala Mercalli, la relación con la aceleración máxima es más directa y viene dada por el siguiente Tabla:

Tabla 33. Escala De Intensidades De Mercalli Modificada.

Escala de Mercalli	Aceleración sísmica (g)	Velocidad sísmica (cm/s)	Percepción del temblor	Potencial de daño
I	< 0.0017	< 0.1	No apreciable	Ninguno
II-III	0.0017 - 0.014	0.1 - 1.1	Muy leve	Ninguno
IV	0.014 - 0.039	1.1 - 3.4	Leve	Ninguno
V	0.039 - 0.092	3.4 - 8.1	Moderado	Muy leve

VI	0.092 - 0.18	8.1 - 16	Fuerte	Leve
VII	0.18 - 0.34	16 - 31	Muy fuerte	Moderado
VIII	0.34 - 0.65	31 - 60	Severo	Moderado a fuerte
IX	0.65 - 1.24	60 - 116	Violento	Fuerte
X+	> 1.24	> 116	Extremo	Muy fuerte

Fuente: Tavera (2008)

La zona de estudio, se encuentra en una zona de intensidad VII de Mercalli Modificada en el cual la percepción de un evento sísmico es de muy fuerte con un potencial de daño moderado.

7.3. Geodinámica externa

La geodinámica externa de la quebrada kitamayo está controlada por factores pluviales, además de gravitacionales, por lo que tiene una geodinámica externa activa.

Además, que la quebrada Kitamayo, por un lado, produce un cono aluvial en su desembocadura y sobre el cual se halla construida la ciudad de Pisac, por otro lado, en su cuenca hidrográfica muestra signos de activación geodinámica que en un futuro puede desencadenar aluviones o huaycos que afecten la ciudad y por otro lado la caída de rocas en el parque arqueológico.

7.3.1. Procesos de geodinámica externa

Los agentes que intervienen en el modelo de espacio geográfico son:

- a.** Agentes de geodinámica externa
 - Temperatura
 - Precipitación

- La gravedad
- El viento
- Los organismos vivos
- La acción antrópica

b. Agentes que condicionan los eventos geodinámicos:

- Obras geotécnicas sobre la quebrada
- El suelo eluvial-aluvial inestable
- Estratigráficos
- Tectónicos
- Topográficos
- Climatológicos
- hidrológicos

7.3.2. *Movimientos en masa*

Son desplazamientos de masas de tierra o de rocas que se encuentran en pendiente. Se deben a la inestabilidad de los materiales que forman la ladera. Los movimientos en masa son procesos esencialmente gravitatorios, por los cuales una parte de la masa del terreno se desplaza a una cota inferior de la original.

7.3.3. *Clasificación de movimiento en masa*

En la literatura científica se encuentran muchas clasificaciones de movimientos en casa: la mayoría de ellas se basan en el tipo de materiales, los mecanismos de movimientos el grado de deformación del material y el grado de saturación (German, 2017).

Las clasificaciones de los movimientos de masa de Varnes (1958,1978), y Hutchinson (1968, 1988) son, hoy en día, los sistemas más ampliamente aceptados en el mundo de habla hispana. Varnes (1958 y 1978) emplea como criterio principal en la clasificación, el tipo de movimiento y en segundo lugar, el tipo de material. Así, divide los movimientos en masa en cinco tipos: caídas, vuelcos, deslizamientos, propagaciones y flujos. Además, divide los materiales en dos clases: rocas y suelos, estos últimos subdivididos en detritos y tierra.

Tabla 34. Tipos de movimiento en masa

Tipo	Subtipo
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo)
Volcamientos	Volcamiento de roca (bloque) 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 Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)
Reptación	Reptación de suelos Soliflucción, geliflucción (en permafrost)
Deformaciones gravitacionales profundas	

Fuente: Movimientos en masa de la región andina, PMA 2007.

7.4. Inventario de movimientos en masa

A lo largo de la quebrada Kitamayo, se observan distintos eventos que muestran la actividad geodinámica. Ya que en el recorrido de la quebrada Kitamayo, se logró identificar flujo de detritos, caída de rocas en zonas escarpadas y deslizamientos antiguos y estabilizados.

a) Flujo de detritos:

El cual se manifestó el 6 de febrero de 2020, aproximadamente a las 23:00 p. m, producto de las precipitaciones pluviales intensas registradas horas antes al evento, se produjo el incremento de caudal y posterior flujo de detritos (huaico) en el río Kitamayo.

El comportamiento del flujo de detritos, en su trayecto socavó la base y erosionó ambos márgenes del río Kitamayo, cuyo material desplazado incrementó el volumen del huaico. El flujo de detritos al ingresar por el poblado de Pisac, busco retomar su cauce antiguo (calle Kitamayo), razón por la cual, se desbordó por la margen derecha, es importante mencionar que, la ubicación de viviendas contiguas a la margen derecha del río Kitamayo, evito que el material acarreado por el flujo de detritos se desplazara cuesta abajo, depositándose en esta zona, bloques heterométricos de hasta 1.5 m de diámetro, arenas y limos, lo cual afectó varias viviendas.

Además, afectó la carretera y el puente Kitamayo, ubicado a 1.8 m de altura con respecto a la base del lecho del Kitamayo. Sin embargo, a partir de la calle Paucartambo, empezó a discurrir flujo de lodo, con mayor porcentaje de agua sobre la fracción sólida (finos), por las calles Paucartambo, Mariscal Castilla, Grau, Kitamayo y la Av. Federico Zamalloa. Afectó locales públicos (mercado de abastos, museo comunitario, comisaria, compañía de bomberos, centro

de salud, centro de convenciones), puestos de artesanía, tiendas, colapsando y dejando varias viviendas inhabitables.



Fotografía 42. Flujo de detritos del rio Kitamayo (emergencia 2020).



Fotografía 43. Afectación de viviendas, calle Mariscal Castilla.

b) Caídas:

Las caídas de rocas volcánicas desarrolladas en la quebrada Kitamayo, tanto las pendientes escarpadas y empinadas condicionan el comportamiento además del tipo de material

(rocas altamente fracturadas con diaclasamiento a favor de la ocurrencia de caídas), siendo desencadenados por factores como precipitaciones, acciones antrópicas, y eventos sísmicos suscitados en la zona.

De acuerdo al tipo de material predominante la caída se clasifica en caída de suelos, caída de rocas y compuestos.

Caída de rocas: Actualmente en la quebrada Kitamayo tiene la presencia de caída de rocas a ambos márgenes del cauce, la mayor predominancia de caída de rocas se encuentra en la zona media y baja de la quebrada.

Los afloramientos de rocas están conformados por litológicas de rocas volcánicas y volcánico sedimentarias, los mismos que no están estables por presentar un alto grado de fracturamiento y pendientes empinadas a escarpadas.



Fotografía 44. Bloques y fragmentos de rocas a la margen derecha del cauce del río Kitamayo.

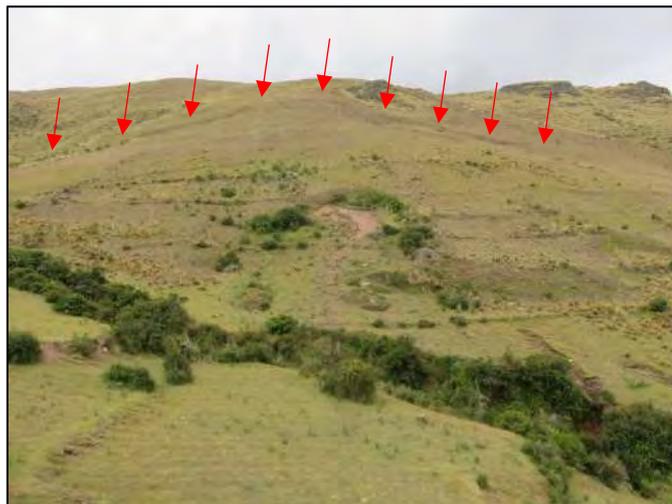


Fotografía 45. Bloques y fragmentos de rocas en vía Pisac - Intihuatana,

c) Deslizamiento

Ambas márgenes del cauce natural, se aprecia el movimiento de laderas de suelo y roca, presentándose en la zona de estudios los deslizamientos rotacionales, tanto como recientes y antiguos que se estabilizaron por la construcción de andenes en la época inca; siendo susceptibles a producir deslizamientos en el área de estudio.

Deslizamientos rotacionales: Ubicados en la zona de laderas con pendientes inclinadas compuestos por depósitos coluviales con matriz limo arcillosas, las que se presentan en el sector de Culiscancha, y la quebrada Huayllahuayco.



Fotografía 46. Deslizamiento activo en el sector de Huayllahuayco.

Deslizamientos antiguos: Ubicados en distintos tramos de la quebrada Kitamayo; siendo particularmente estabilizados ya sea naturalmente por encontrar su estado de equilibrio (sin movimiento) y estabilizados por la presencia de la implementación de andenes incas ya son el caso de los andenes de Acchapata, Culiscancha, sector Raquiyoc, sector Kallacasa-margen quebrada Kitamayo.

El parque arqueológico esta caracterizado por presentar distintas zonas con vestigios arqueológicos ya sean miradores, andenes, puentes peatonales, caminos, los mismos que en la temporada de lluvias son afectadas por la socavación y erosión de riberas que colapsan tantos puentes, muros incas, andenes; en las que es muy complicado su reconstrucción e implementación de medidas estructurales preventivas por las limitaciones estipuladas por el ministerio de Cultura.

Erosión de riberas y socavación:

Ambos márgenes del cauce natural, se aprecia el movimiento de laderas de suelo y roca, presentándose en la zona de estudios los deslizamientos traslacionales, tanto como recientes y antiguos que se estabilizaron por la construcción de andenes en la época inca; siendo susceptibles a producir deslizamientos en el área de estudio.

Socavación de riberas: Ubicado en todo el discurso del cauce Kitamayo, incrementado por la acción hídrica en temporadas de incremento de precipitaciones pluviales. Trajo consigo el arrastre de material de clastos de origen de rocas volcánicas y semi volcánicas.



Fotografía 47. Socavación de ribera en el cauce del río Kitamayo, cercana al parque arqueológico.

Erosión de laderas: La reducida presencia de vegetación y deforestación en laderas, incrementa la presencia y acción de la erosión progresiva de laderas generado surcos de diversas dimensiones sobre materiales de fluvio-glaciario. Con clastos de 10 cm hasta 1 m.

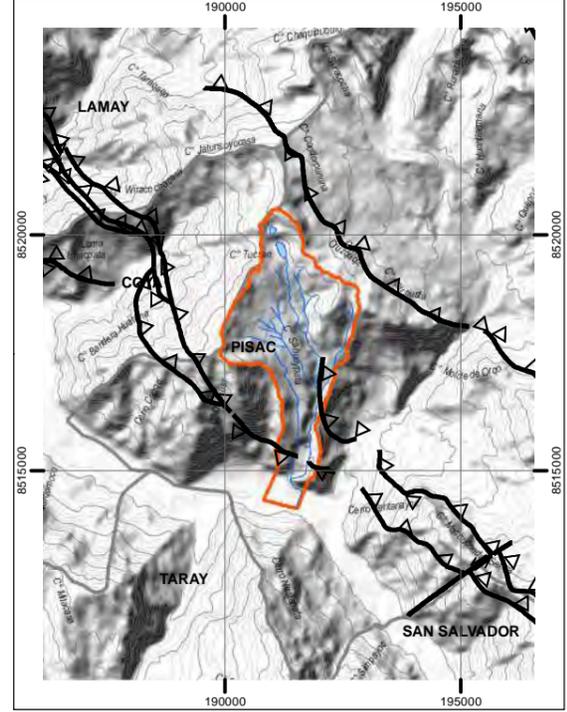
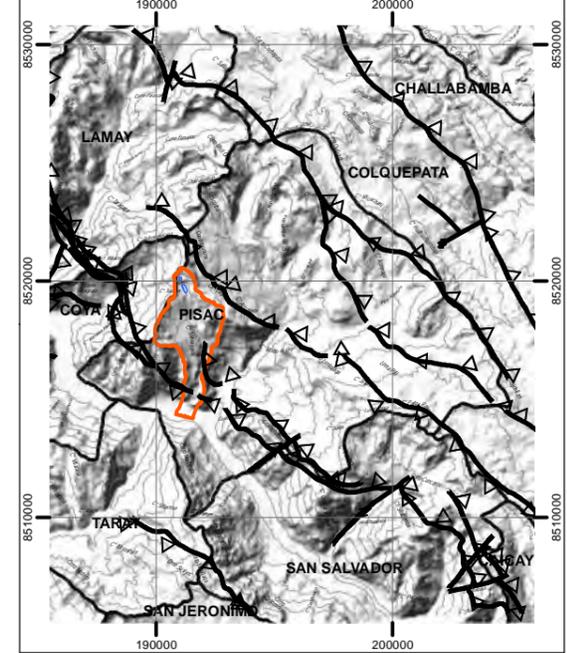
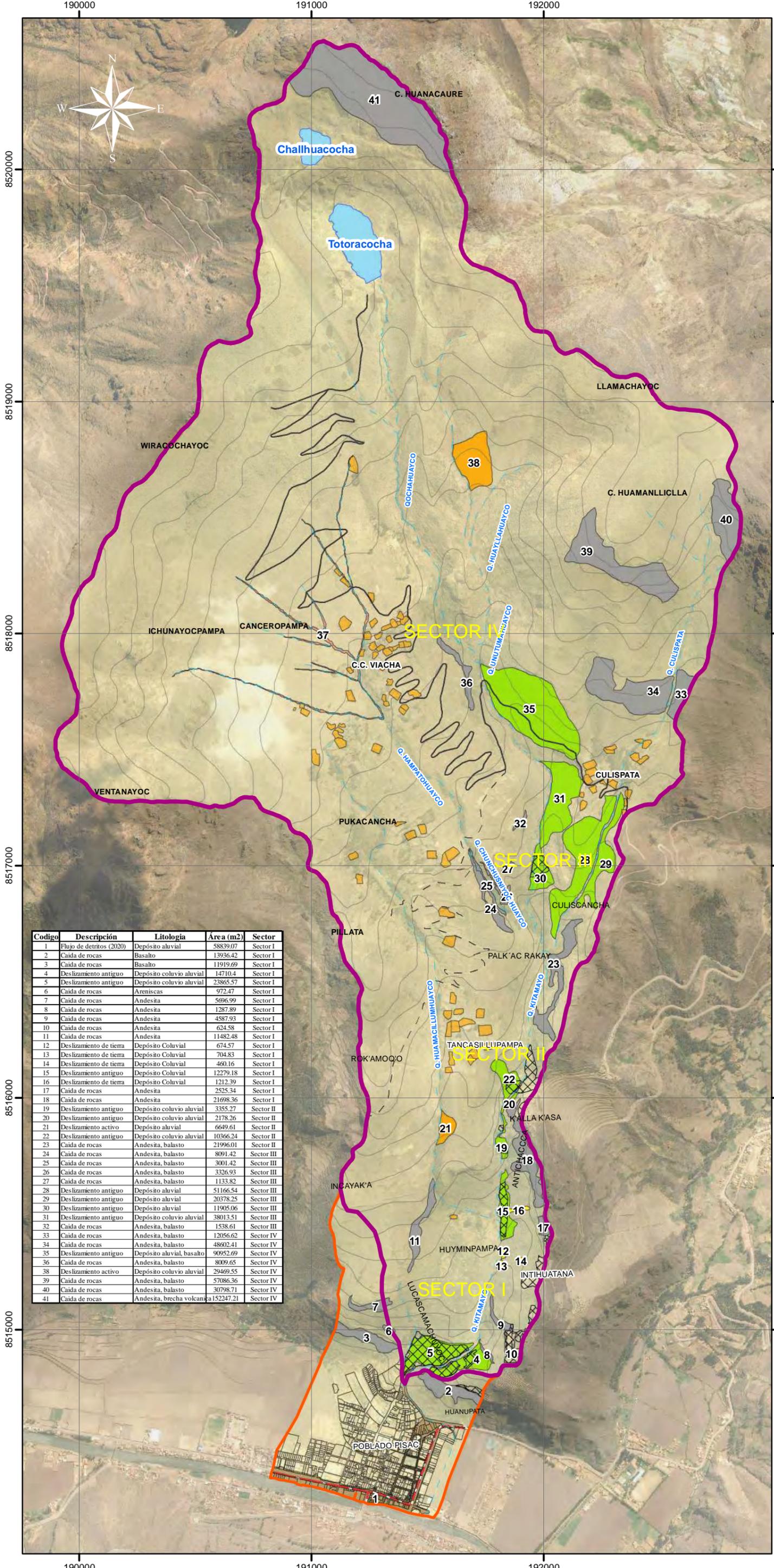


Fotografía 48. Erosión de laderas – formación de surcos en el sector de canceropampa

Tabla 35. Geodinámica externa por sectores de la quebrada Kitamayo

Código	Descripción	Litología	Área (m2)	Sector
1	Flujo de detritos (2020)	Depósito aluvial	58839.07	Sector I
2	Caida de rocas	Basalto	13936.42	Sector I
3	Caida de rocas	Basalto	11919.69	Sector I
4	Deslizamiento antiguo	Depósito coluvio aluvial	14710.4	Sector I
5	Deslizamiento antiguo	Depósito coluvio aluvial	23865.57	Sector I
6	Caida de rocas	Areniscas	972.47	Sector I
7	Caida de rocas	Andesita	5696.99	Sector I
8	Caida de rocas	Andesita	1287.89	Sector I
9	Caida de rocas	Andesita	4587.93	Sector I
10	Caida de rocas	Andesita	624.58	Sector I
11	Caida de rocas	Andesita	11482.48	Sector I
12	Deslizamiento de tierra	Depósito Coluvial	674.57	Sector I
13	Deslizamiento de tierra	Depósito Coluvial	704.83	Sector I
14	Deslizamiento de tierra	Depósito Coluvial	460.16	Sector I
15	Deslizamiento antiguo	Depósito Coluvial	12279.18	Sector I
16	Deslizamiento de tierra	Depósito Coluvial	1212.39	Sector I

Código	Descripción	Litología	Área (m²)	Sector
17	Caida de rocas	Andesita	2525.34	Sector I
18	Caida de rocas	Andesita	21698.36	Sector I
19	Deslizamiento antiguo	Depósito coluvio aluvial	3355.27	Sector II
20	Deslizamiento antiguo	Depósito coluvio aluvial	2178.26	Sector II
21	Deslizamiento activo	Depósito aluvial	6649.61	Sector II
22	Deslizamiento antiguo	Depósito coluvio aluvial	10366.24	Sector II
23	Caida de rocas	Andesita, basalto	21996.01	Sector II
24	Caida de rocas	Andesita, basalto	8091.42	Sector III
25	Caida de rocas	Andesita, basalto	3001.42	Sector III
26	Caida de rocas	Andesita, basalto	3326.93	Sector III
27	Caida de rocas	Andesita, basalto	1133.82	Sector III
28	Deslizamiento antiguo	Depósito aluvial	51166.54	Sector III
29	Deslizamiento antiguo	Depósito aluvial	20378.25	Sector III
30	Deslizamiento antiguo	Depósito aluvial	11905.06	Sector III
31	Deslizamiento antiguo	Depósito coluvio aluvial	38013.51	Sector III
32	Caida de rocas	Andesita, basalto	1538.61	Sector III
33	Caida de rocas	Andesita, basalto	12056.62	Sector IV
34	Caida de rocas	Andesita, basalto	48602.41	Sector IV
35	Deslizamiento antiguo	Depósito aluvial, basalto	90952.69	Sector IV
36	Caida de rocas	Andesita, basalto	8009.65	Sector IV
38	Deslizamiento activo	Depósito coluvio aluvial	29469.55	Sector IV
39	Caida de rocas	Andesita, basalto	57086.36	Sector IV
40	Caida de rocas	Andesita, basalto	30798.71	Sector IV
41	Caida de rocas	Andesita, brecha volcánica	152247.21	Sector IV



Código	Descripción	Litología	Área (m ²)	Sector
1	Flujo de detritos (2020)	Depósito aluvial	58839.07	Sector I
2	Caida de rocas	Basalto	13936.42	Sector I
3	Caida de rocas	Basalto	11919.69	Sector I
4	Deslizamiento antiguo	Depósito coluvio aluvial	14710.4	Sector I
5	Deslizamiento antiguo	Depósito coluvio aluvial	23865.57	Sector I
6	Caida de rocas	Areniscas	972.47	Sector I
7	Caida de rocas	Andesita	5696.99	Sector I
8	Caida de rocas	Andesita	1287.89	Sector I
9	Caida de rocas	Andesita	4587.93	Sector I
10	Caida de rocas	Andesita	624.58	Sector I
11	Caida de rocas	Andesita	11482.48	Sector I
12	Deslizamiento de tierra	Depósito Coluvial	674.57	Sector I
13	Deslizamiento de tierra	Depósito Coluvial	704.83	Sector I
14	Deslizamiento de tierra	Depósito Coluvial	460.16	Sector I
15	Deslizamiento antiguo	Depósito Coluvial	12279.18	Sector I
16	Deslizamiento de tierra	Depósito Coluvial	1212.39	Sector I
17	Caida de rocas	Andesita	2525.34	Sector I
18	Caida de rocas	Andesita	21698.36	Sector I
19	Deslizamiento antiguo	Depósito coluvio aluvial	3355.27	Sector II
20	Deslizamiento antiguo	Depósito coluvio aluvial	2178.26	Sector II
21	Deslizamiento activo	Depósito aluvial	6649.61	Sector II
22	Deslizamiento antiguo	Depósito coluvio aluvial	10366.24	Sector II
23	Caida de rocas	Andesita, balasto	21996.01	Sector II
24	Caida de rocas	Andesita, balasto	8091.42	Sector III
25	Caida de rocas	Andesita, balasto	3001.42	Sector III
26	Caida de rocas	Andesita, balasto	3326.93	Sector III
27	Caida de rocas	Andesita, balasto	1133.82	Sector III
28	Deslizamiento antiguo	Depósito aluvial	51166.54	Sector III
29	Deslizamiento antiguo	Depósito aluvial	20378.25	Sector III
30	Deslizamiento antiguo	Depósito aluvial	11905.06	Sector III
31	Deslizamiento antiguo	Depósito coluvio aluvial	38013.51	Sector III
32	Caida de rocas	Andesita, balasto	1538.61	Sector III
33	Caida de rocas	Andesita, balasto	12056.62	Sector IV
34	Caida de rocas	Andesita, balasto	48602.41	Sector IV
35	Deslizamiento antiguo	Depósito aluvial, basalto	90952.69	Sector IV
36	Caida de rocas	Andesita, balasto	8009.65	Sector IV
38	Deslizamiento activo	Depósito coluvio aluvial	29469.55	Sector IV
39	Caida de rocas	Andesita, balasto	57086.36	Sector IV
40	Caida de rocas	Andesita, balasto	30798.71	Sector IV
41	Caida de rocas	Andesita, brecha volcanica	152247.21	Sector IV

SIMBOLOGÍA :

- Área de influencia
- Red hidrográfica
- Quebrada
- Laguna
- Centros poblados
- Área urbana
- Área rural
- Quebrada Kitamayo
- Área arqueologica
- Topografía
- Curva primaria
- Red vial
- Asfaltada
- Trocha Carrozable
- Camino

LEYENDA :

Geodinamica

- Flujo de detritos
- Caida de rocas
- Deslizamiento
- Deslizamiento
- Deslizamiento de
- Cárcava

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

"IDENTIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICOS POR GEODINAMICA EXTERNA EN LA QUEBRADA KITAMAYO, DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO 2022"

TÍTULO DE MAPA:
 GEODINAMICA EXTERNA

ELABORADO POR:
 Br. MAYSELA VALDIVIA CHAHUAYLLA
 Br. JHON ALBERT YUCRA OQUECCANO

ASESOR:
 MGT. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA

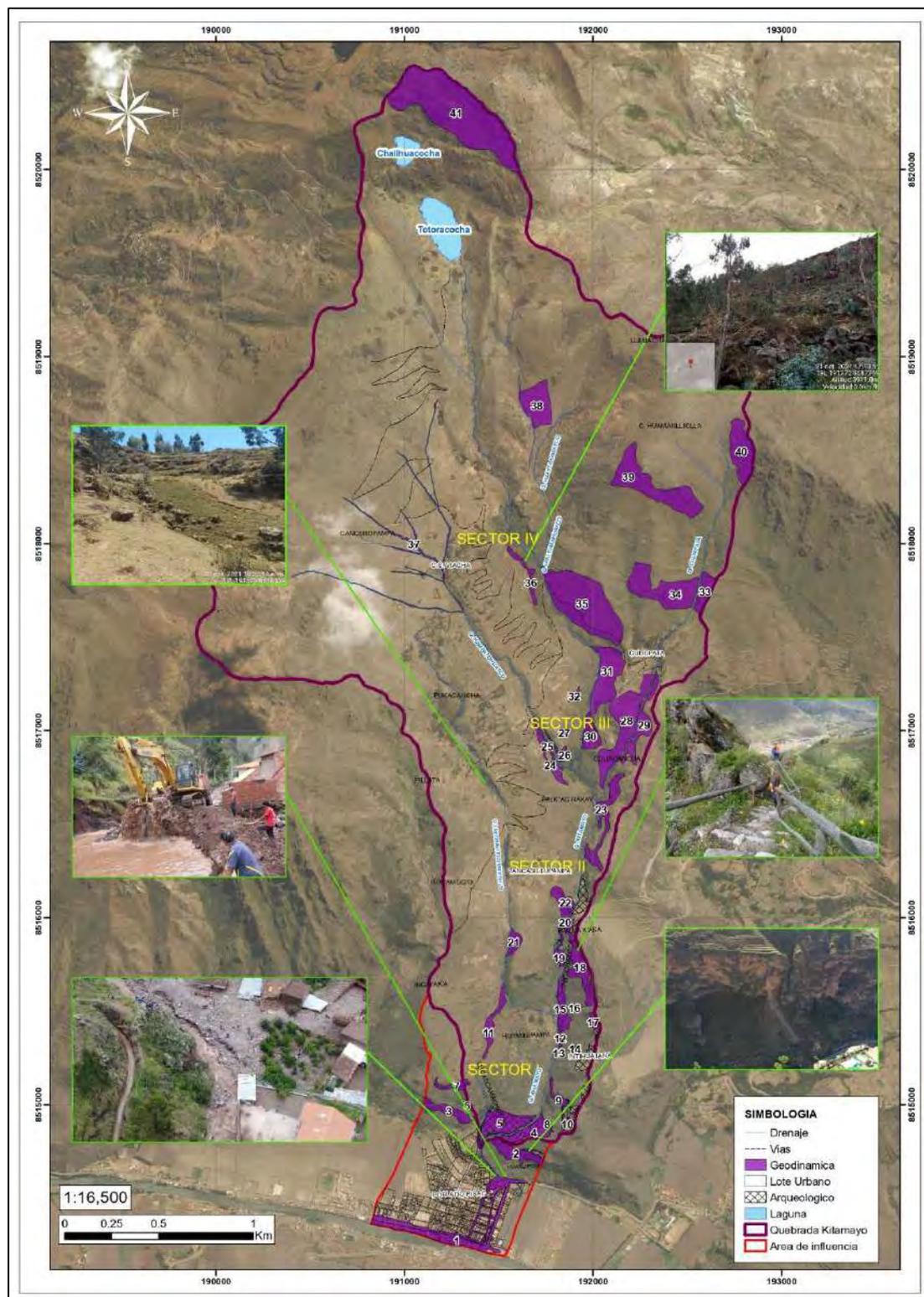
UBICACIÓN:
 DISTRITO : Pisac
 PROVINCIA : Calca
 DEPARTAMENTO : Cusco

SISTEMA DE COORDENADAS:
 PROYECCION: UTM WGS 1984
 ZONA: 19S

ESCALA: 1:16,500

N° MAPA:
MP - 12

Figura 18. Mapa de geodinámica externa de la quebrada Kitamayo



DENTIFICACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS POR GEODINÁMICA EXTERNA EN LA QUEBRADA KITAMAYO, DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO 2023

Valdivia Chahuaylla Maysela
Yucra Qqueccaño Jhon Albert

7.4.1. Susceptibilidad geológica de los eventos de movimiento en masa

Se desarrollaron varias fichas descriptivas de puntos críticos susceptibles a movimientos en masa, identificados en la quebrada Kitamayo; en las que se consideró los factores condicionantes, desencadenantes, observaciones y fotografías recabados en situ; que a la actualidad infieren en la geodinámica externa de la quebrada Kitamayo (ver en anexos).

A continuación, se presentan las 11 zonas críticas primordiales divididas en 4 sectores.

Tabla 36. Puntos susceptibles por sectores de la quebrada Kitamayo

Cod	Sector	Descripción	Ubicación - lugar
1	Sector I	Material aluvial - flujo de detritos	Acchapata - Poblado de Pisac
2	Sector I	Erosión y socavación de riberas	Acchapata
3	Sector I	Erosión y socavación de riberas	Wiñinpampa
4	Sector I	Erosión y socavación de riberas	Intihuatana - Wiñinpampa
5	Sector II	Caída de rocas	Antichaca
6	Sector II	Caída de rocas	K'alla K'asa
7	Sector II	Erosión y socavación de riberas	Baños liturgicos
8	Sector II	Erosión y socavación de riberas	Tancasillu
9	Sector II	Erosión y socavación de riberas (material aluvial)	Palk'ac Rakay
10	Sector III	Erosión y socavación de riberas (material aluvial)	Palk'ac Rakay - Ancawachana
11	Sector IV	Caída de rocas	Unutumahuayco

7.5. Estabilidad de taludes

Los indicadores de factor de seguridad están basados con un factor 1 siendo este el punto de rotura, mayor a 1 cuando las condiciones de los suelos son estables y cuando estas son menores a 1, los suelos son inestables, tal como se muestra en la Tabla 37.

Tabla 37. Indicadores de factor de seguridad (F.S)

F. S	Indicador
> 1	Condiciones estables
1	Punto de rotura
< 1	Condiciones inestables

Para el cálculo de estabilidad de taludes, se utilizó el programa Slide la versión 6.0, en base al mapa de peligros generado en el proyecto de investigación, para mencionado calculo se hicieron el análisis de 02 deslizamientos identificados dentro de la quebrada Kitamayo del distrito de Pisac provincia de Calca - Cusco, que tiene la siguiente coordenada establecidas en la Tabla 38.

Tabla 38. Coordenadas UTM de la ubicación de los deslizamientos analizadas para el cálculo de factor de seguridad.

Talud	Coordenadas	
	Este	Norte
1	841574	8518358
2	841657	8515046

Para la obtención del ángulo de fricción, la cohesión y el peso unitario fue necesario realizar el de corte directo de los suelos extraída de una calicata, resultados que se muestran en la Tabla 38.

Tabla 39. Resultados del análisis geomecánica de suelo.

Talud	Angulo de fricción (°)	Cohesión (Kpa)	Peso específico (gr/cm ³)
1	27.56	0.05492	1.52
2	27.56	0.05942	1.52

En base a los datos de la Tabla 38, se realizaron el análisis de estabilidad de taludes de los deslizamientos identificados en el mapa de peligros,

Utilizando el Software Slide 6.0, se realizó el análisis de dos deslizamientos con las coordenadas en la Tabla 38 y en base a resultados de análisis geomecánico como indica en la Tabla 39, obteniendo los siguientes resultados:

Figura 19. Diagrama de estabilidad de talud 01

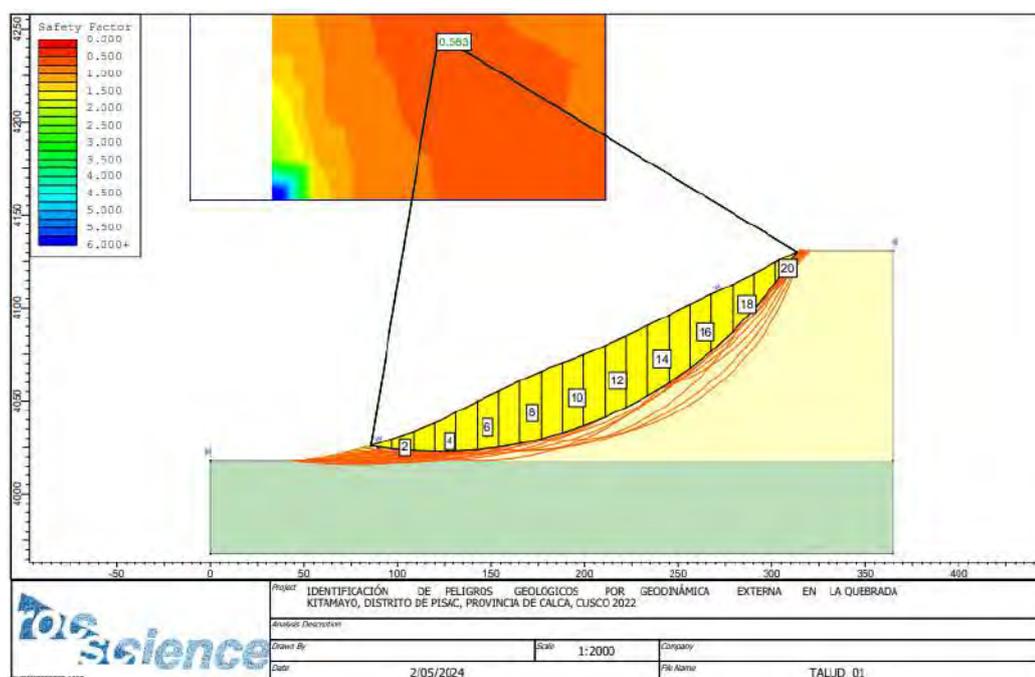


Tabla 40. Datos de estabilidad de talud 01

TALUD 01																					
Dovela	Und.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Factor de seguridad:		0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
Ángulo de fricción base:	°	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56
Cohesión de base:	kPa	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Ancho de rebanada:	m	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60
Longitud de la base:	m	11.80	11.70	11.63	11.60	11.60	11.64	11.71	11.82	11.98	12.17	12.42	12.73	13.11	13.58	14.17	14.92	15.88	17.17	18.99	21.78
Ángulo de la base del corte:	°	-10.68	-7.53	-4.41	-1.29	1.82	4.93	8.06	11.21	14.40	17.64	20.93	24.30	27.76	31.34	35.06	38.96	43.08	47.51	52.36	57.82
Peso de la rebanada:	kN	478.48	1413.26	2334.30	3303.53	4260.33	5087.85	5770.17	6313.82	6655.40	6833.59	6991.28	7074.14	7062.72	6928.20	6636.77	6123.44	5372.43	4407.90	3173.91	1343.47
Fuerza de fricción:	kPa	26.14	61.88	70.08	83.01	97.28	107.79	114.39	117.83	116.22	111.61	109.21	107.12	104.85	92.79	80.21	66.06	50.88	36.40	22.75	6.05
Fuerza cohesiva:	kPa	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Resistencia a la cizalladura:	kPa	26.20	61.93	70.13	83.07	97.33	107.84	114.44	117.88	116.28	111.67	109.27	107.18	104.90	92.84	80.27	66.11	50.94	36.46	22.81	6.10
Esfuerzo cortante:	kPa	47.18	111.55	126.32	149.61	175.31	194.24	206.12	212.32	209.44	201.13	196.80	193.04	188.94	167.22	144.57	119.08	91.75	65.66	41.08	10.99
Fuerza de corte base:	kN	556.91	1305.08	1469.53	1735.81	2034.43	2261.32	2414.67	2510.64	2508.06	2448.01	2444.03	2456.74	2476.68	2270.97	2048.54	1776.09	1457.01	1127.57	780.25	239.41
Fuerza normal básica:	kN	591.20	1596.89	2453.63	3343.26	4198.40	4913.03	5488.21	5942.49	6231.85	6397.89	6557.10	6660.50	6687.11	6738.67	6680.54	6448.74	6002.86	5303.71	4192.52	2144.92
Estrés normal base:	kPa	50.09	136.49	210.91	288.17	361.78	422.01	468.49	502.55	520.39	525.66	528.01	523.35	510.15	496.21	471.46	432.35	377.99	308.85	220.75	98.48
Estrés normal efectivo:	kPa	50.09	118.56	134.28	159.06	186.39	206.53	219.17	225.76	222.69	213.86	209.26	205.25	200.90	177.79	153.69	126.57	97.50	69.75	43.60	11.59
Presión de poro:	kPa	0.00	17.93	76.64	129.11	175.39	215.48	249.32	276.78	297.70	311.80	318.75	318.10	309.26	318.42	317.77	305.78	280.50	239.10	177.15	86.89
Presión de poro positiva:	kPa	0.00	17.93	76.64	129.11	175.39	215.48	249.32	276.78	297.70	311.80	318.75	318.10	309.26	318.42	317.77	305.78	280.50	239.10	177.15	86.89
Succión matricial:	kPa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exceso de presión de poro:	kPa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Presión de poro inicial:	kPa	0.00	17.93	76.64	129.11	175.39	215.48	249.32	276.78	297.70	311.80	318.75	318.10	309.26	318.42	317.77	305.78	280.50	239.10	177.15	86.89
Fuerza normal del lado izquierdo:	kN	0.00	652.93	2146.83	3790.05	5588.46	7474.26	9288.79	10893.00	12182.40	13044.10	13421.70	13345.40	12827.20	11888.10	10309.00	8136.46	5453.31	2409.63	-745.22	-3591.91
Fuerza de corte del lado izquierdo:	kN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuerza resultante del lado izquierdo:	kN	0.00	652.93	2146.83	3790.05	5588.46	7474.26	9288.79	10893.00	12182.40	13044.10	13421.70	13345.40	12827.20	11888.10	10309.00	8136.46	5453.31	2409.63	745.22	3591.91
Ángulo de fuerza del lado izquierdo:	°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuerza normal del lado derecho:	kN	652.93	2146.83	3790.05	5588.46	7474.26	9288.79	10893.00	12182.40	13044.10	13421.70	13345.40	12827.20	11888.10	10309.00	8136.46	5453.31	2409.63	-745.22	-3591.91	0.00
Fuerza de corte del lado derecho:	kN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuerza resultante del lado derecho:	kN	652.93	2146.83	3790.05	5588.46	7474.26	9288.79	10893.00	12182.40	13044.10	13421.70	13345.40	12827.20	11888.10	10309.00	8136.46	5453.31	2409.63	745.22	3591.91	0.00
Ángulo de fuerza del lado derecho:	°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuerza sísmica horizontal:	kN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuerza sísmica vertical:	kN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuerza sísmica resultante:	kN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M-Alfa:		0.81	0.87	0.93	0.98	1.03	1.08	1.12	1.16	1.20	1.24	1.27	1.30	1.32	1.34	1.35	1.36	1.37	1.36	1.35	1.32
Coordenada Y - Abajo:	m	4026.55	4024.36	4022.83	4021.94	4021.68	4022.04	4023.04	4024.69	4026.99	4029.97	4033.65	4038.09	4043.33	4049.43	4056.50	4064.64	4074.01	4084.86	4097.53	4112.56
Coordenada Y - Arriba:	m	4026.55	4030.32	4034.43	4039.30	4045.25	4051.26	4056.86	4062.37	4067.50	4071.80	4076.61	4081.82	4087.31	4093.00	4098.81	4104.50	4109.97	4115.56	4121.59	4127.73

Fuente: Roc science - elaboración propia.

Figura 20. Diagrama de estabilidad de talud 02

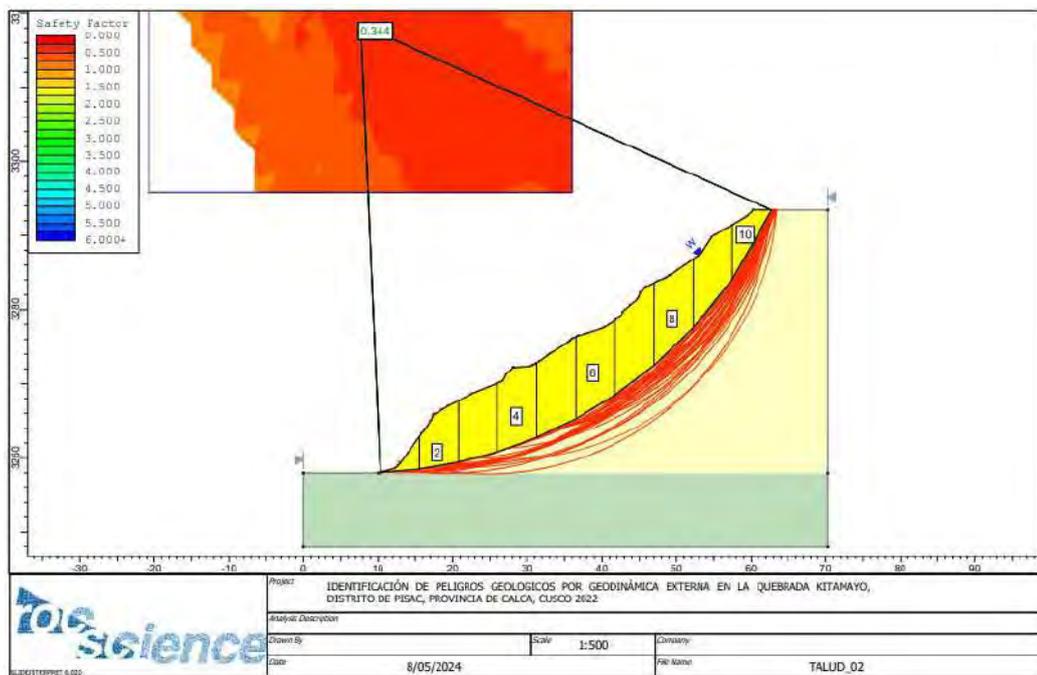


Tabla 41. Datos de estabilidad de talud 02

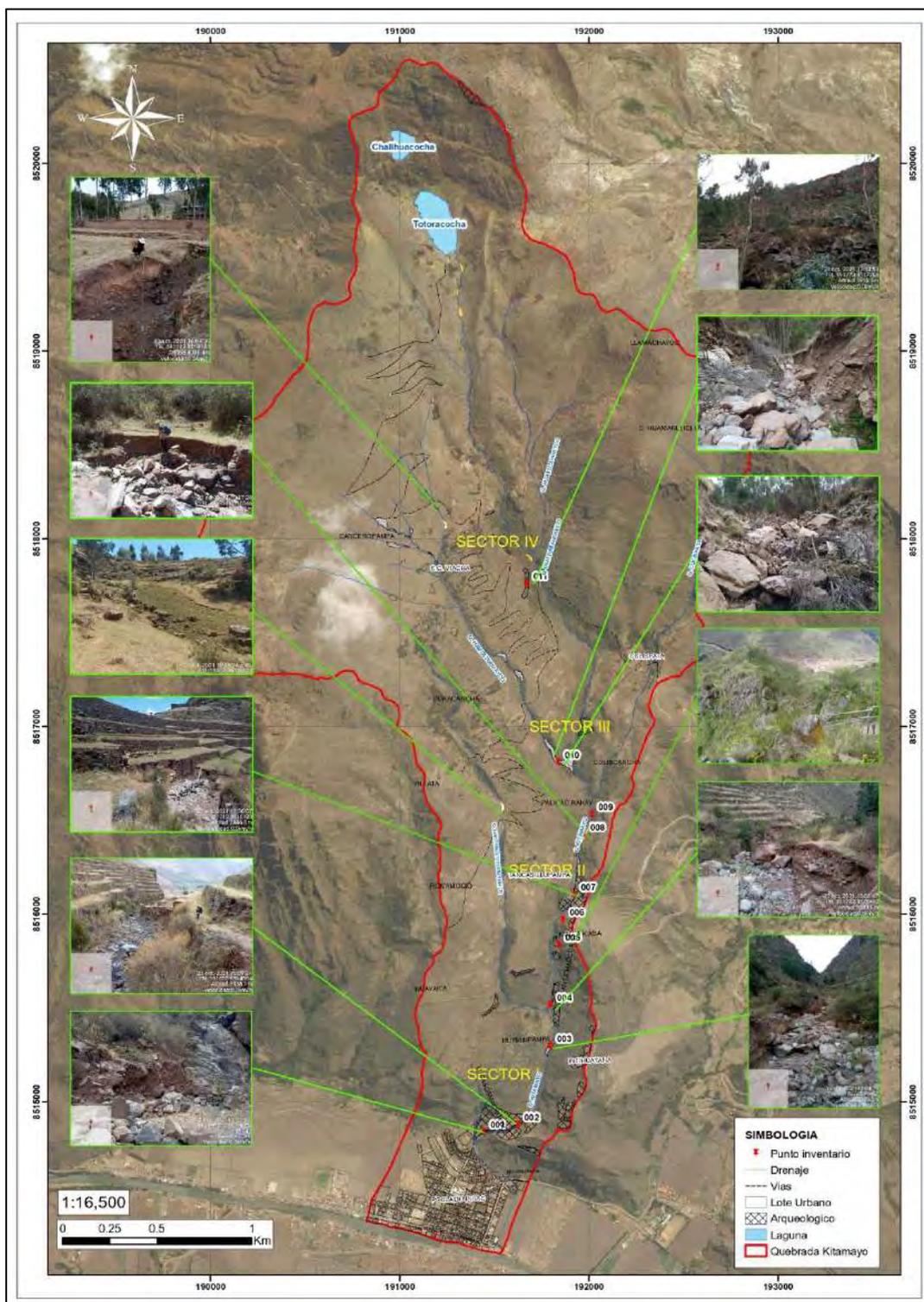
TALUD 02										
Dovela	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Factor de seguridad:	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
Ángulo de fricción base:	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56	27.56
Cohesión de base:	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Ancho de rebanada:	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24
Longitud de la base:	5.26	5.32	5.43	5.59	5.82	6.14	6.60	7.29	8.41	10.64
Ángulo de la base del corte:	4.98	10.00	15.09	20.32	25.72	31.39	37.43	44.01	51.45	60.49
Peso de la rebanada:	105.55	501.14	643.32	729.08	768.29	755.32	780.46	730.59	621.23	294.13
Fuerza de fricción:	6.30	26.92	27.20	25.31	22.49	18.88	16.82	12.44	8.83	2.62
Fuerza cohesiva:	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Resistencia a la cizalladura:	6.36	26.98	27.26	25.37	22.55	18.94	16.88	12.50	8.89	2.68
Esfuerzo cortante:	18.46	78.32	79.13	73.64	65.46	54.98	49.01	36.29	25.80	7.78
Fuerza de corte base:	97.14	416.98	429.73	411.73	380.97	337.67	323.59	264.56	217.12	82.81
Fuerza normal básica:	97.48	435.39	550.46	625.09	669.36	678.90	735.28	760.38	724.59	450.91
Estrés normal base:	18.52	81.78	101.36	111.80	115.01	110.53	111.36	104.30	86.11	42.36
Estrés normal efectivo:	12.07	51.58	52.12	48.49	43.09	36.17	32.23	23.84	16.92	5.02
Presión del poro:	6.45	30.20	49.25	63.31	71.92	74.36	79.13	80.46	69.20	37.34
Presión de poro positiva:	6.45	30.20	49.25	63.31	71.92	74.36	79.13	80.46	69.20	37.34
Succión matricial:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Exceso de presión de poro:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Presión de poro inicial:	6.45	30.20	49.25	63.31	71.92	74.36	79.13	80.46	69.20	37.34
Fuerza normal del lado izquierdo:	0.00	88.26	423.09	694.43	863.32	915.85	850.33	660.28	322.13	-109.36
Fuerza de corte del lado izquierdo:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuerza resultante del lado izquierdo:	0.00	88.26	423.09	694.43	863.32	915.85	850.33	660.28	322.13	109.36
Ángulo de fuerza del lado izquierdo:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuerza normal del lado derecho:	88.26	423.09	694.43	863.32	915.85	850.33	660.28	322.13	-109.36	0.00
Fuerza de corte del lado derecho:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuerza resultante del lado derecho:	88.26	423.09	694.43	863.32	915.85	850.33	660.28	322.13	109.36	0.00
Ángulo de fuerza del lado derecho:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuerza sísmica horizontal:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuerza sísmica vertical:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuerza sísmica resultante:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M-Alfa:	1.13	1.25	1.36	1.46	1.56	1.64	1.71	1.77	1.81	1.81
Coordenada Y - Abajo:	3258.04	3258.49	3259.42	3260.83	3262.77	3265.30	3268.50	3272.51	3277.58	3284.16
Coordenada Y - Arriba:	3258.04	3262.81	3267.70	3270.05	3272.75	3276.31	3278.52	3283.59	3286.79	3291.42

Fuente: Roc science - elaboración propia.

Del talud número 01, analizados en la Tabla 40, se puede verificar que tiene un factor de seguridad 0.58 siendo este un indicador que este deslizamiento se encuentra en condiciones inestables, de la misma forma del talud número 02, analizando en la tabla 41, se puede verificar que este tiene un factor de seguridad de 0.34, siendo un indicador que este deslizamiento también se encuentra en condiciones inestables.

A consecuencia se puede llegar a la conclusión que estos 02 deslizamientos tienen un peligro alto y por esta razón generan peligro en movimientos en masa.

Figura 21. Mapa de áreas susceptibles por movimientos en masa en el área de estudio.



CAPITULO VIII

EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN POR MOVIMIENTOS EN MASA

8.1. Generalidades

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre y en la interface entre esta, la hidrósfera y la atmósfera (GEMMA, 2007).

La caracterización y representación de los movimientos en masa implican la presentación de un escenario del comportamiento probable en un área determinada. Los parámetros más relevantes para la caracterización y mapeo, son aquellos que llevan a entender su potencial destructivo: la localización, el tamaño ya sea en volumen o áreas (denominada por la mayoría de los autores como magnitud), la velocidad, la profundidad de la superficie de fallas, el espesor (generalmente denominado como la intensidad), la deformación pre y post fallamiento; así mismo debe incluir el análisis de la probabilidad de ocurrencia o las frecuencias. (PMA, 2007).

Para la determinación del nivel de peligrosidad originado por movimientos en masa de la quebrada kitamayo se utilizó como parámetros los factores condicionantes (geomorfología, geología, ITH y pendientes) y factores desencadenantes (intensidad de precipitación). La determinación del nivel de peligrosidad (amenaza) es la base para diagnosticar el nivel de riesgo, tal es así que la investigación en el área de amenazas se ha desplazado del análisis y evaluación en si de los procesos de estabilidad, hacia el análisis de consecuencias. De esta

manera, la evaluación integrada de ambos, riesgo y amenaza, se acepta y se espera cada vez más en la práctica de gestión de riesgo, y que sus componentes (amenazas y vulnerabilidad) son mutuamente condicionantes y están interrelacionadas. Es importante tener en consideración lo anterior, ya que hay eventos o procesos que pueden significar alto riesgo aun cuando su potencial destructivo en un área determinada (amenaza) sea muy bajo, si es que existe una alta vulnerabilidad en los elementos expuestos (PMA, 2007).

8.2. Metodología

En el presente trabajo de investigación, para hallar el nivel de peligrosidad originado por movimientos en masa, se utilizó el método de procesos de análisis jerárquico (AHP), el cual se desarrollará de manera amplia para su completo entendimiento.

8.2.1. Método de determinación de peligro

PELIGRO = Susceptibilidad x Parámetro de Evaluación

Factores condicionantes X Factores desencadenantes

8.2.2. Método de procesos de análisis jerárquico (AHP)

Para utilizar este método, primero se construye una estructura jerárquica del problema, de modo que los elementos de un mismo nivel sean del mismo orden de magnitud y puedan relacionarse con algunos o todos los elementos del siguiente nivel.

Luego de construir la estructura jerárquica del problema se realiza la valoración de los parámetros y descriptores. Esta valoración se realiza por una comparación entre uno y otro

elemento basándose en factores cuantitativos en escalas, con valores del 1 al 9, según la propuesta de Saaty.

Tabla 42. Escalas de medida de Saaty

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicación
9	absolutamente o muchísimo más importante o preferido que...	al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente muchísimo más importante que el segundo.
7	mucho más importante o preferido que...	al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
5	más importante o preferido que...	al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	igual o diferente a...	al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	ligeramente más importante o preferido que...	al comparar un elemento con el otro, hay indiferencia 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 el 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 el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante 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: Escalas de medida de Saaty (Satty, 1980).

Le resultado de estas comparaciones con la escala de medidas de Saaty, es una matriz cuadrada, recíproca y positiva, denominada “matriz de comparaciones pareadas”, en el que cada uno de sus componentes reflejan la intensidad de preferencia de un elemento frente al otro respecto del atributo considerado.

Luego de formar las matrices de comparación, se realiza la fase de priorización y síntesis. El objetivo es calcular la prioridad de cada elemento, que Saaty la define: “las prioridades son rangos numéricos medidos en una escala de razón. Una escala de razón es un conjunto de números positivos cuyas relaciones se mantienen igual si se multiplican todos los números por un número arbitrario positivo. El objetivo de la evaluación es emitir juicios concernientes a la importancia relativa de los elementos de la jerarquía para crear escalas de prioridad de influencia” (Saaty, 1998).

Paso seguido se realiza el cálculo del vector de pesos relativos asociados a un nivel, este vector debe expresar la importancia relativa de los elementos considerados en ese nivel.

Por último, la prioridad total de las alternativas comparadas se obtiene mediante la agregación de las prioridades globales (forma lineal multiaditiva). La prioridad total nos permitirá realizar a síntesis del problema, ordenando el conjunto de alternativas consideradas y seleccionar las más indicadas para conseguir el objetivo propuesto. Un aspecto importante es en cuidar el resultado final, ya que este debe ser consistente con las preferencias manifestadas por el decisor; pudiendo ser controlado mediante el indicador “Razón de Consistencia” de Saaty (1998).

8.3. Caracterización de los parámetros de susceptibilidad

Para desarrollar la metodología antes mencionada es necesario designar valores a los multiparámetros (factores condicionantes y factores desencadenantes).

8.3.1. Caracterización de los parámetros para peligro por flujo de detritos

Las variables o criterios elegidos para determinar el nivel de peligrosidad son los que condicionan al terreno para la ocurrencia de movimientos en masa, para el área de estudio se consideran las unidades geomorfológicas, unidades litológicas, pendientes e hidrogeología, también consideramos los parámetros de factores desencadenantes tales como: los umbrales de precipitaciones (estación meteorológica de Pisac).

Cuadro 43. Nomenclatura de factores condicionantes

Parámetros	Factores condicionantes
FC1	Unidades geomorfológicas
FC2	Unidades litológicas
FC3	Pendientes
FC4	Hidrogeología

Fuente: propia

Cuadro 44. Nomenclatura de factores desencadenantes

Parámetros	Factores desencadenantes
PM	Umbrales de precipitaciones

Fuente: propia

El procedimiento de asignación de valores se realizó en la plataforma ArcGIS 10.8, introduciendo los valores ponderados para cada parámetro y descriptor mediante la tabla de

atributos, seguidamente se realiza la unión de los factores condicionantes, desencadenantes y fenómeno, mediante la herramienta Unión. Finalmente se realiza el cálculo del nivel de peligrosidad.

a) Unidades Geomorfológicas

En el área de estudio la geomorfología toma el primer lugar como factor condicionante para la ocurrencia de movimiento en masa, por ser considerada la quebrada Kitamayo como un valle joven de acuerdo a su geoforma. De acuerdo al mapeo realizado se obtiene la siguiente tabla:

Cuadro 45. Nomenclatura de unidades geomorfológicas

Descriptores	Descripción
GM1	Cauce natural, Laguna glaciar, Cono aluvial reciente, Cárcavas
GM2	Cono aluvial antiguo, Morrenas Laterales, Vertiente
GM3	Vertiente fluvio glaciar, Vertiente coluvial
GM4	Escarpa, Terraza fluvial, Ladera baja, Ladera Media
GM5	Planicie, Plataforma, Crestas, Ladera alta

Fuente: propia

b) Unidades litológicas

La litología en la zona de estudio toma el segundo lugar, debido a que el comportamiento de cada material (suelo o roca) es diferente a la ocurrencia de movimientos en masa. Para la determinación de la litología se trabajó en base a la geología local presente, después del mapeo se obtiene la siguiente tabla:

Cuadro 46. Nomenclatura de litología

Descriptor	Descripción
LT1	Depósito fluvial, Depósito fluvio glacial, Depósito lacustre, Depósito proluvial
LT2	Depósito coluvio aluvial, Andesita
LT3	Depósito aluvial. Depósito coluvial
LT4	Cuarcitas, areniscas cuarzosas
LT5	Basalto, Arenisca, Lutitas, Brecha volcánica

Fuente: propia

c) Pendientes

La pendiente es una variable que evalúa y valora el grado de inclinación de la superficie del relieve en las diferentes geoformas que presentan, en este sentido, también se puede enunciar que zonas planas o relativamente planas con poco grado de inclinación, son menos vulnerables a los procesos erosivos que las zonas con pendientes elevadas y fuertes, las cuales también tienen que lidiar con la gravedad.

Para el presente trabajo de investigación, las pendientes toman un lugar muy importante, ya que son las que condicionan más la zona de estudio, por lo que se le asigna una importancia de tercer lugar. De acuerdo al mapa de pendientes elaborado para la zona de estudio se obtiene la siguiente tabla:

Cuadro 47. Nomenclatura de pendientes

Descriptor	Pendientes	Descripción
P1	0° a 7°	Llana a ligeramente inclinada
P2	7° a 14°	Moderadamente inclinada a fuertemente inclinada
P3	14° a 25°	Ligeramente empinadas a moderadamente empinada

Descriptores	Pendientes	Descripción
P4	25° a 35°	Fuertemente empinadas a empinada
P5	mayor a 35°	Escarpada

Fuente: propia

d) Unidades hidrogeológicas

La hidrogeología presente es acorde a las unidades geológicas; con características de captación y transmisión el agua subterránea (manantes) recargadas por precipitaciones pluviales, presente en suelos y rocas. De acuerdo al análisis de la zona de estudio se obtiene la siguiente tabla:

Cuadro 48. Nomenclatura de Unidades hidrogeológicas

Descriptores	Descripción
HG1	Acuífero fisurado
HG2	Acuífero
HG 3	Acuitardo
HG 4	Acuicludo
HG 5	Acuífugo

Fuente: propia

e) Umbrales de precipitación

Los valores de las precipitaciones máximas anuales, es el resultante de las precipitaciones máximas diarias en el cual se determinaron de acuerdo a los datos obtenidos de la estación meteorológica Pisac, donde nos muestra intensidades de precipitación, es así que se obtiene la siguiente tabla:

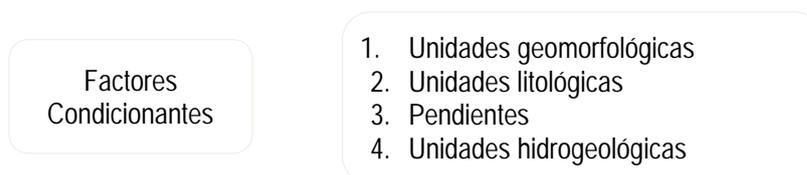
Cuadro 49. Nomenclatura precipitaciones máximas diaria

Descriptor	Precipitaciones máximas diaria
PMA1	RR > 26.3 mm
PMA2	17.6 mm < RR ≤ 26.3 mm
PMA3	13.8 mm < RR ≤ 17.6 mm
PMA4	8.2 mm < PM ≤ 13.8 mm
PMA5	RR < 8.2 mm

A. Factores condicionantes

Son los factores propios de la zona de estudio, los que condicionan o no a la ocurrencia de movimientos en masa (Flujo de detritos). Para la zona de estudio se consideran los siguientes:

Figura 22. Factores condicionantes – flujo de detritos



Para la determinación el peso ponderado de cada factor condicionante y su descriptor se sigue el siguiente procedimiento:

Realizando una tabla de comparación de pares de acuerdo a su jerarquía, se evalúa el grado de importancia de un parámetro con respecto al otro aplicando el criterio de Saaty.

I. Movimientos en masa – Flujo de detritos

Tabla 50. Matriz de comparación de pares de factores condicionantes.

Matriz de comparación de pares

PARAMETROS	SIMBOLO	FC1	FC2	FC3	FC4
Unidades geomorfológicas	FC1	1.00	2.00	4.00	7.00
Unidades litológicas	FC2	0.33	1.00	3.00	5.00
Pendientes	FC3	0.20	0.33	1.00	3.00
Unidades hidrogeológicas	FC4	0.14	0.20	0.33	1.00

Seguidamente se realiza la suma de los valores obtenidos para cada parámetro:

Tabla 51. Resultado de la operación de las matrices.

Resultado de la operación de las matrices

PARAMETROS	FC1	FC2	FC3	FC4	VECTOR SUMA PONDERADA
FC1	0.598	0.741	0.500	0.385	2.224
FC2	0.199	0.247	0.300	0.275	1.021
FC3	0.120	0.082	0.100	0.165	0.467
FC4	0.085	0.049	0.033	0.055	0.223

Luego hallamos el índice de consistencia (IC) y la relación de consistencia (RC), si RC es menor a 0.1, entonces los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Tabla 52. Índice y la relación de consistencia

Vector suma ponderada	Vector priorización (ponderado)	λ MAX
2.224	0.598	3.719
1.021	0.247	4.136
0.467	0.100	4.670
0.223	0.055	4.056
		4.145

INDICE DE CONSISTENCIA	0.048
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	0.055

Finalmente, se obtiene la matriz de normalización, donde hallaremos los pesos ponderados de cada parámetro, tal como se muestra en el siguiente Tabla:

Tabla 53. Matriz de normalización de pares de los parámetros.

Matriz de normalización de pares						
PARAMETROS	SIMBOLO	FC1	FC2	FC3	FC4	VECTOR PRIORIZACIÓN
Unidades geomorfológicas	FC1	0.597	0.662	0.536	0.438	0.598
Unidades litológicas	FC2	0.199	0.221	0.321	0.313	0.247
Pendientes	FC3	0.119	0.074	0.107	0.188	0.100
Unidades hidrogeológicas	FC4	0.085	0.044	0.036	0.063	0.055

Es así como se halla los pesos ponderados para los descriptores de cada parámetro en los Tablas siguientes se muestran los descriptores para cada factor condicionantes con sus respectivos pesos ponderados.

Tabla 54. Parámetros de unidades geomorfológicas con sus respectivos pesos ponderados.

Unidades geomorfológicas			Vector priorización
DESCRIPTORES	GM1	Cauce natural, Laguna glaciar, Cono aluvial reciente, Cárcavas	0.413
	GM2	Cono aluvial antiguo, Morrenas Laterales, Vertiente rectilínea	0.304
	GM3	Vertiente fluvio glaciar, Vertiente coluvial	0.163
	GM4	Escarpa, Terraza fluvial, Ladera baja, Ladera Media	0.079

	GM5	Planicie, Plataforma, Crestas, Ladera alta	0.041
--	------------	--	-------

Tabla 55. Parámetros de rangos de pendientes con sus respectivos pesos ponderados.

DESCRIPTORES	Pendientes		Vector priorización
	PEN1	Mayor a 35°	0.503
PEN2	De 25° a 35°	0.260	
PEN3	De 14° a 25°	0.134	
PEN4	De 7° a 14°	0.068	
PEN5	De 0° a 7°	0.035	

Tabla 56. Parámetros de unidades litológicas con sus respectivos pesos ponderados.

DESCRIPTORES	Unidades litológicas		Vector priorización
	LT1	Depósito fluvial, Depósito fluvio glaciario, Depósito lacustre, Depósito proluvial	0.503
LT2	Depósito coluvio aluvial	0.260	
LT3	Depósito aluvial. Depósito coluvial	0.134	
LT4	Cuarcitas, areniscas cuarzosas	0.068	
LT5	Andesita, Basalto, Arenisca, Lutitas, Brecha volcánica	0.035	

Tabla 57. Parámetros de unidades hidrogeológicas con sus respectivos pesos ponderados.

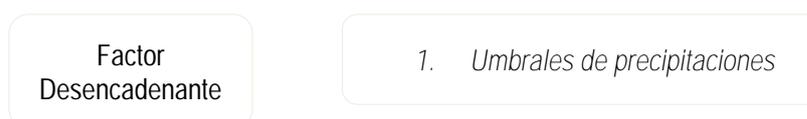
DESCRIPTORES	Unidades hidrogeológicas		VECTOR PRIORIZACIÓN
	HG1	Acuífero fisurado	0.503
HG2	Acuífero	0.260	
HG3	Acuitardo	0.134	

	HG4	Acuicludo	0.068
	HG5	Acuifugo	0.035

B. Factores desencadenantes

Como los factores desencadenantes para la quebrada Kitamayo, se considera, la precipitación máxima diaria o umbral de precipitación. Los valores numéricos, fueron obtenidos mediante el proceso de análisis jerárquico.

Figura 23. Factor desencadenante flujo de detritos



I. Umbrales de precipitaciones

El ponderado del factor desencadenante es de 1, para el análisis de peligrosidad de flujo de detritos; y el peso ponderado del factor desencadenante es de 0.8, para el análisis de peligrosidad de caída de rocas, sus correspondientes descriptores siguen el siguiente procedimiento:

Se realiza un Tabla de comparación de pares, de acuerdo a su jerarquía, se evalúa el grado de importancia de cada descriptor con respecto al otro. Obteniendo así la siguiente tabla:

Tabla 58. Matriz de comparación de pares de los descriptores considerados como factor desencadenante.

Matriz de comparación de pares

DESCRIPTOR	SIMBOLO	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5
RR > 26.3 mm	PM1	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
17.6 mm < RR ≤ 26.3 mm	PM2	0.50	1.00	2.00	5.00	7.00
13.8 mm < RR ≤ 17.6 mm	PM3	0.25	0.50	1.00	4.00	5.00
8.2 mm < PM ≤ 13.8 mm	PM4	0.17	0.20	0.25	1.00	2.00
RR < 8.2 mm	PM5	0.13	0.14	0.20	0.50	1.00

Seguidamente se realiza la suma de los valores obtenidos para cada descriptor del factor desencadenante:

Tabla 59. Resultado de la operación de las matrices

Resultado de la operación de las matrices

DESCRIPTOR	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	VECTOR SUMA PONDERADA
PM1	0.452	0.552	0.677	0.378	0.318	2.378
PM2	0.226	0.276	0.339	0.315	0.279	1.434
PM3	0.113	0.138	0.169	0.252	0.199	0.871
PM4	0.075	0.055	0.042	0.063	0.080	0.315
PM5	0.056	0.039	0.034	0.031	0.040	0.201

Luego hallamos el índice de consistencia (IC) y la relación de consistencia (RC), si RC es menor a 0.1, entonces los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Tabla 60. Índice y la relación de consistencia.

Vector suma ponderada	Vector priorización (ponderado)	λMAX
2.378	0.452	5.263
1.434	0.276	5.193

0.871	0.169	5.145
0.315	0.063	5.010
0.201	0.040	5.051
		5.133

INDICE DE CONSISTENCIA	0.033
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	0.030

Finalmente, se obtiene la matriz de normalización, donde hallaremos los pesos ponderados de cada parámetro, tal como se muestra en el siguiente Tabla:

Tabla 61. Matriz de normalización de pares de los descriptores del factor desencadenante.

Matriz de normalización de pares							
PARAMETROS	SIMBOLO	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	VECTOR PRIORIZACIÓN
RR > 26.3 mm	PM1	0.490	0.520	0.537	0.364	0.348	0.452
17.6 mm < RR ≤ 26.3 mm	PM2	0.245	0.260	0.268	0.303	0.304	0.276
13.8 mm < RR ≤ 17.6 mm	PM3	0.122	0.130	0.134	0.242	0.217	0.169
8.2 mm < PM ≤ 13.8 mm	PM4	0.082	0.052	0.034	0.061	0.087	0.063
RR < 8.2 mm	PM5	0.061	0.037	0.027	0.030	0.043	0.040

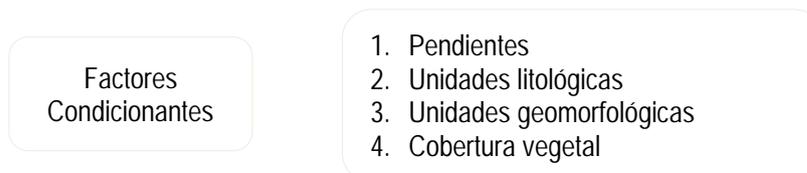
8.3.2. Caracterización de los parámetros para peligro por caída de rocas

Las variables o criterios elegidos para determinar el nivel de peligrosidad son los que condicionan al terreno para la ocurrencia de movimientos en masa, para el área de estudio se consideran las pendientes, unidades litológicas, unidades geomorfológicas y cobertura vegetal, también consideramos los parámetros de factores desencadenantes tales como: los umbrales de precipitaciones (estación meteorológica de Pisac) e intensidades de precipitación.

A. Factores condicionantes

Son los factores propios de la zona de estudio, los que condicionan o no a la ocurrencia de movimientos en masa (caída de rocas). Para la zona de estudio se consideran los siguientes:

Figura 24. Factores condicionantes – caída de rocas



II. Movimientos en masa – Caída de rocas

Tabla 62. Matriz de comparación de pares de factores condicionantes.

Matriz de comparación de pares

PARAMETROS	SIMBOLO	FC1	FC2	FC3	FC4
Pendientes	FC1	1.00	3.00	5.00	7.00
Unidades litológicas	FC2	0.33	1.00	3.00	5.00
Unidades geomorfológicas	FC3	0.20	0.33	1.00	3.00
Cobertura vegetal	FC4	0.14	0.20	0.33	1.00

Seguidamente se realiza la suma de los valores obtenidos para cada parámetro:

Tabla 63. Resultado de la operación de las matrices.

Resultado de la operación de las matrices

PARAMETROS	FC1	FC2	FC3	FC4	VECTOR SUMA PONDERADA
FC1	0.598	0.741	0.500	0.385	2.224
FC2	0.199	0.247	0.300	0.275	1.021
FC3	0.120	0.082	0.100	0.165	0.467
FC4	0.085	0.049	0.033	0.055	0.223

Luego hallamos el índice de consistencia (IC) y la relación de consistencia (RC), si RC es menor a 0.1, entonces los criterios utilizados para la comparación de pares son los mas adecuados.

Tabla 64. Índice y la relación de consistencia

Vector suma ponderada	Vector priorización (ponderado)	λMAX
2.224	0.598	3.719
1.021	0.247	4.136
0.467	0.100	4.670
0.223	0.055	4.056
		4.145

INDICE DE CONSISTENCIA	0.048
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	0.055

Finalmente, se obtiene la matriz de normalización, donde hallaremos los pesos ponderados de cada parámetro, tal como se muestra en el siguiente Tabla:

Tabla 65. Matriz de normalización de pares de los parámetros.

Matriz de normalización de pares						
PARAMETROS	SIMBOLO	FC1	FC2	FC3	FC4	VECTOR PRIORIZACIÓN
Pendientes	FC1	0.543	0.566	0.536	0.438	0.548
Unidades litológicas	FC2	0.271	0.283	0.321	0.313	0.292
Unidades geomorfológicas	FC3	0.109	0.094	0.107	0.188	0.103
Cobertura vegetal	FC4	0.078	0.057	0.036	0.063	0.057

Es así como se halla los pesos ponderados para los descriptores de cada parámetro en los Tablas siguientes se muestran los descriptores para cada factor condicionantes con sus respectivos pesos ponderados.

Tabla 66. Parámetros de rangos de pendientes con sus respectivos pesos ponderados.

	Pendientes		Vector priorización
DESCRIPTORES	PEN1	Mayor a 35°	0.503
	PEN2	De 25° a 35°	0.260
	PEN3	De 14° a 25°	0.134
	PEN4	De 7° a 14°	0.068
	PEN5	De 0° a 7°	0.035

Tabla 67. Parámetros de unidades litológicas con sus respectivos pesos ponderados.

	Unidades litológicas		Vector priorización
DESCRIPTORES	LT1	Andesita, Brecha volcánica, basaltos	0.511
	LT2	Cuarcitas, areniscas cuarzosas	0.243
	LT3	Arenisca, Lutitas	0.143
	LT4	Depósito coluvial	0.068
	LT5	Depósito coluvio aluvial, Depósito fluvial, Depósito fluvio glaciario, Depósito lacustre, Depósito proluvial	0.035

Tabla 68. Parámetros de unidades geomorfológicas con sus respectivos pesos ponderados.

	Unidades geomorfológicas		Vector priorización
DESCRIPTORES	GM1	Crestas, Escarpa, Ladera alta	0.413
	GM2	Vertiente fluvio glaciario, Vertiente coluvial, Ladera Media	0.304
	GM3	Vertiente rectilínea, Ladera baja, Cárcavas	0.163
	GM4	Cono aluvial antiguo, Morrenas	0.079
	GM5	Cauce natural, Laguna glaciario, Cono aluvial, Planicie, Plataforma, Terraza fluvial	0.041

Tabla 69. Parámetros de unidades índice topográfico de humedad con sus respectivos pesos ponderados.

DESCRIPTORES	Cobertura vegetal		Vector priorización
	CV1	Matorral arbustivo	0.449
CV2	Plantación forestal,	0.247	
CV3	Pajonal altoandino	0.172	
CV4	Agricultura andina	0.089	
CV5	Rio, Laguna	0.044	

B. Factores desencadenantes

Como los factores desencadenantes para la quebrada Kitamayo, se considera, la precipitación máxima diaria o umbral de precipitación y aceleraciones sísmicas. Los valores numéricos, fueron obtenidos mediante el proceso de análisis jerárquico.

Figura 25. Factor desencadenante caída de rocas



I. Umbrales de precipitaciones

El ponderado del factor desencadenante es de 0.8, para el análisis de peligrosidad de caída de rocas, sus correspondientes descriptores siguen el siguiente procedimiento:

Se realiza un Tabla de comparación de pares, de acuerdo a su jerarquía, se evalúa el grado de importancia de cada descriptor con respecto al otro. Obteniendo así la siguiente tabla:

Tabla 70. Matriz de comparación de pares de los descriptores considerados como factor desencadenante.

Matriz de comparación de pares

DESCRIPTOR	SIMBOLO	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5
RR > 26.3 mm	PM1	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
17.6 mm < RR ≤ 26.3 mm	PM2	0.50	1.00	2.00	5.00	7.00
13.8 mm < RR ≤ 17.6 mm	PM3	0.25	0.50	1.00	4.00	5.00
8.2 mm < PM ≤ 13.8 mm	PM4	0.17	0.20	0.25	1.00	2.00
RR < 8.2 mm	PM5	0.13	0.14	0.20	0.50	1.00

Seguidamente se realiza la suma de los valores obtenidos para cada descriptor del factor desencadenante:

Tabla 71. Resultado de la operación de las matrices

Resultado de la operación de las matrices

DESCRIPTOR	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	VECTOR SUMA PONDERADA
PM1	0.452	0.552	0.677	0.378	0.318	2.378
PM2	0.226	0.276	0.339	0.315	0.279	1.434
PM3	0.113	0.138	0.169	0.252	0.199	0.871
PM4	0.075	0.055	0.042	0.063	0.080	0.315
PM5	0.056	0.039	0.034	0.031	0.040	0.201

Luego hallamos el índice de consistencia (IC) y la relación de consistencia (RC), si RC es menor a 0.1, entonces los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Tabla 72. Índice y la relación de consistencia.

Vector suma ponderada	Vector priorización (ponderado)	λ MAX
2.378	0.452	5.263
1.434	0.276	5.193
0.871	0.169	5.145

0.315	0.063	5.010
0.201	0.040	5.051
		5.133

INDICE DE CONSISTENCIA	0.033
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	0.030

Finalmente, se obtiene la matriz de normalización, donde hallaremos los pesos ponderados de cada parámetro, tal como se muestra en el siguiente Tabla:

Tabla 73. Matriz de normalización de pares de los descriptores del factor desencadenante.

Matriz de normalización de pares							
PARAMETROS	SIMBOLO	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	VECTOR PRIORIZACIÓN
RR > 26.3 mm	PM1	0.490	0.520	0.537	0.364	0.348	0.452
17.6 mm < RR ≤ 26.3 mm	PM2	0.245	0.260	0.268	0.303	0.304	0.276
13.8 mm < RR ≤ 17.6 mm	PM3	0.122	0.130	0.134	0.242	0.217	0.169
8.2 mm < PM ≤ 13.8 mm	PM4	0.082	0.052	0.034	0.061	0.087	0.063
RR < 8.2 mm	PM5	0.061	0.037	0.027	0.030	0.043	0.040

II. Aceleraciones sísmicas

El peso ponderado del factor desencadenante es de 0.2, para el análisis de peligrosidad de caída de rocas, sus correspondientes descriptores siguen el siguiente procedimiento:

Tabla 74. Matriz de comparación de pares de los descriptores considerados como factor desencadenante.

Matriz de comparación de pares						
DESCRIPTOR	SIMBOLO	AS1	AS2	AS3	AS4	AS5

Mayor a 0.65	AS1	0.490	0.520	0.537	0.364	0.348
0.65 a 0.18	AS2	0.245	0.260	0.268	0.242	0.261
0.18 a 0.039	AS3	0.122	0.130	0.134	0.242	0.217
0.039 a 0.0017	AS4	0.082	0.065	0.034	0.061	0.087
Menor a 0.0017	AS5	0.061	0.043	0.027	0.030	0.043

Seguidamente se realiza la suma de los valores obtenidos para cada descriptor del factor desencadenante:

Tabla 75. Resultado de la operación de las matrices

Resultado de la operación de las matrices						
DESCRIPTOR	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	VECTOR SUMA PONDERADA
AS1	0.452	0.552	0.677	0.378	0.318	2.378
AS2	0.226	0.276	0.339	0.252	0.239	1.331
AS3	0.113	0.138	0.169	0.252	0.199	0.871
AS4	0.075	0.069	0.042	0.063	0.080	0.329
AS5	0.056	0.046	0.034	0.031	0.040	0.208

Luego hallamos el índice de consistencia (IC) y la relación de consistencia (RC), si RC es menor a 0.1, entonces los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Tabla 76. Índice y la relación de consistencia.

Vector suma ponderada	Vector priorización (ponderado)	λMAX
2.378	0.452	5.263
1.331	0.255	5.213
0.871	0.169	5.145
0.329	0.066	5.022
0.208	0.041	5.059
		5.141

INDICE DE CONSISTENCIA	0.035
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	0.032

Finalmente, se obtiene la matriz de normalización, donde hallaremos los pesos ponderados de cada parámetro, tal como se muestra en el siguiente Tabla:

Tabla 77. Matriz de normalización de pares de los descriptores del factor desencadenante.

Matriz de normalización de pares							
PARAMETROS	SIMBOLO	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	VECTOR PRIORIZACIÓN
Mayor a 0.65	AS1	0.490	0.520	0.537	0.364	0.348	0.452
0.65 a 0.18	AS2	0.245	0.260	0.268	0.242	0.261	0.255
0.18 a 0.039	AS3	0.122	0.130	0.134	0.242	0.217	0.169
0.039 a 0.0017	AS4	0.082	0.065	0.034	0.061	0.087	0.066
Menor a 0.0017	AS5	0.061	0.043	0.027	0.030	0.043	0.041

8.4. Simulaciones

8.4.1. Flujo de detritos - Volúmenes susceptibles en cauce natural

Se ha identificado en campo los puntos y zonas con actividad geodinámica, verificándose la existencia de eventos como deslizamientos activos, socavación de riveras o cauces, caída de rocas en su mayoría debido a las geoformas características de ambientes vulcano sedimentarios de pendiente fuerte y fracturamiento intenso.

Para la determinación de material en cauce natural, se identificó las zonas con mayor presencia de material o colmatación de material en el cauce del río, para luego tomar medidas con flexómetro y wincha de las alturas en zonas donde se presentaron erosión y socavación; además de la identificación de grietas en las márgenes del cauce y litologías.

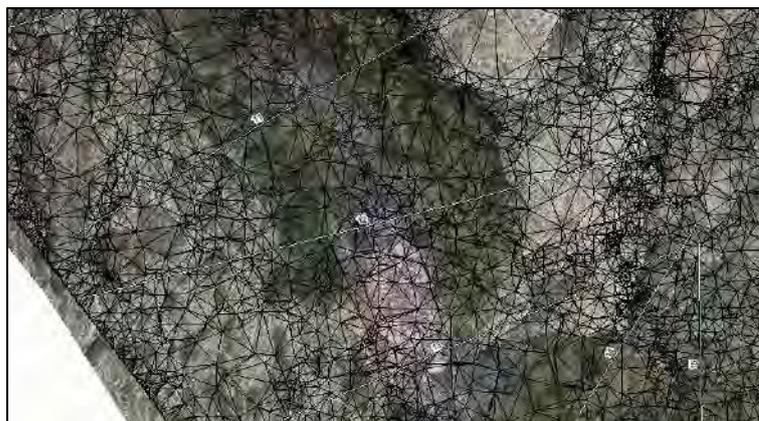
Fotografía 49. Grietas en borde de cauce y material aluvial en el sector II



Posteriormente se desarrolló líneas transversales a distintas distancias, para generar secciones del cauce natural, siendo interpoladas con la superficie actual brindada por el levantamiento con drom.

Los depósitos susceptibles en el cauce natural, son depósitos y materiales aluviales de cantos angulosos a subangulosos (rocas volcánicas y sedimentarias) envueltos por un matriz limo arcillosa.

Figura 12. Interpolación de líneas transversales con levantamiento topográfico



La suma promedio de las áreas transversales determinados con ArcGIS de los depósitos susceptibles por la distancia existente entre ambas secciones resultaran en el volumen promedio; considerando que cuan menor sea la distancia entre las secciones menor será el error del cálculo.

Figura 13. Metodología de calculo

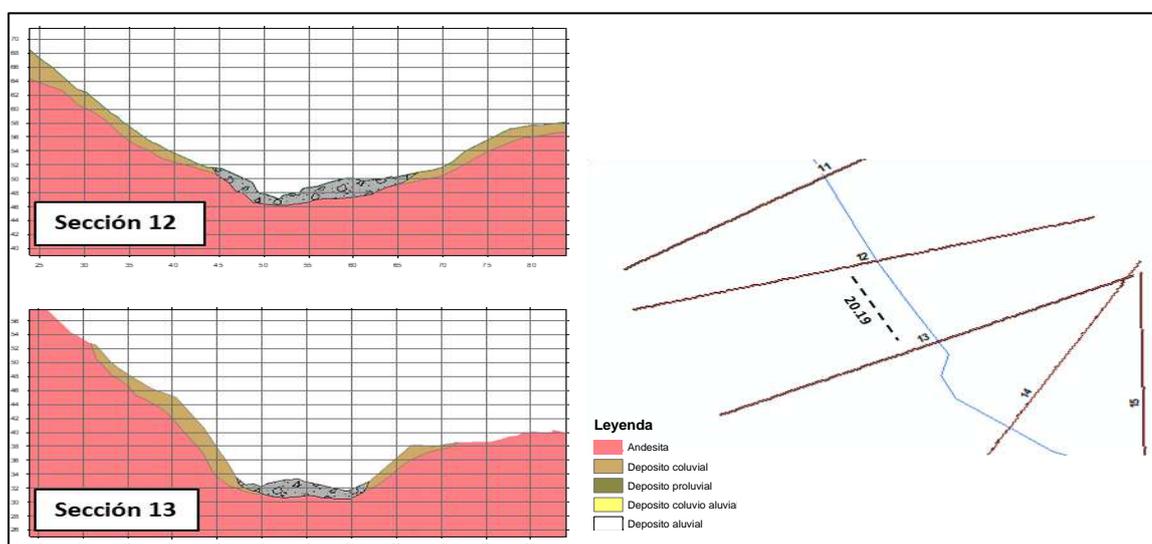


Figura 14. Secciones longitudinales de cauce

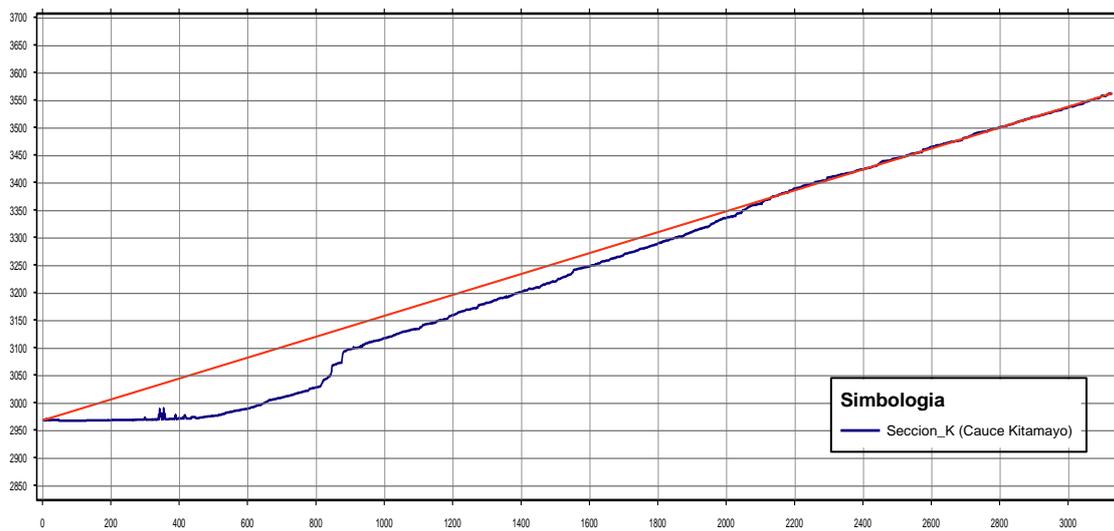
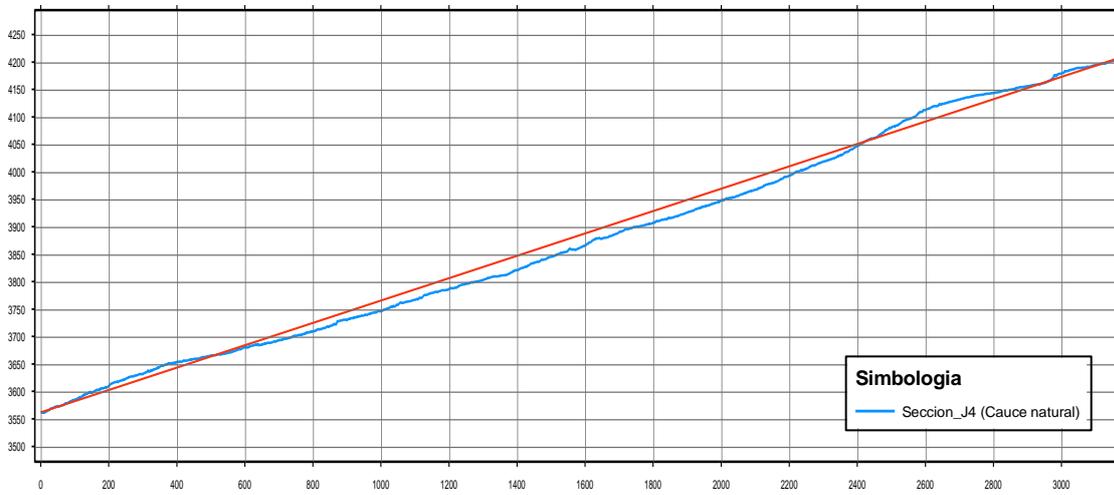
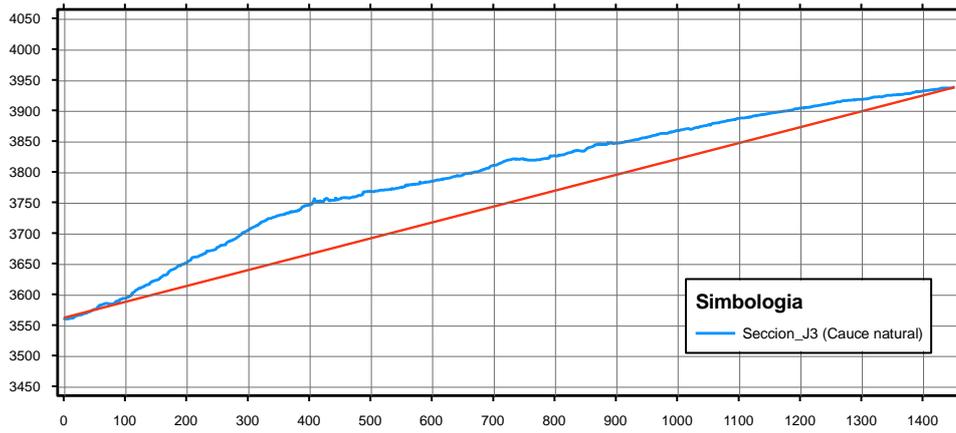
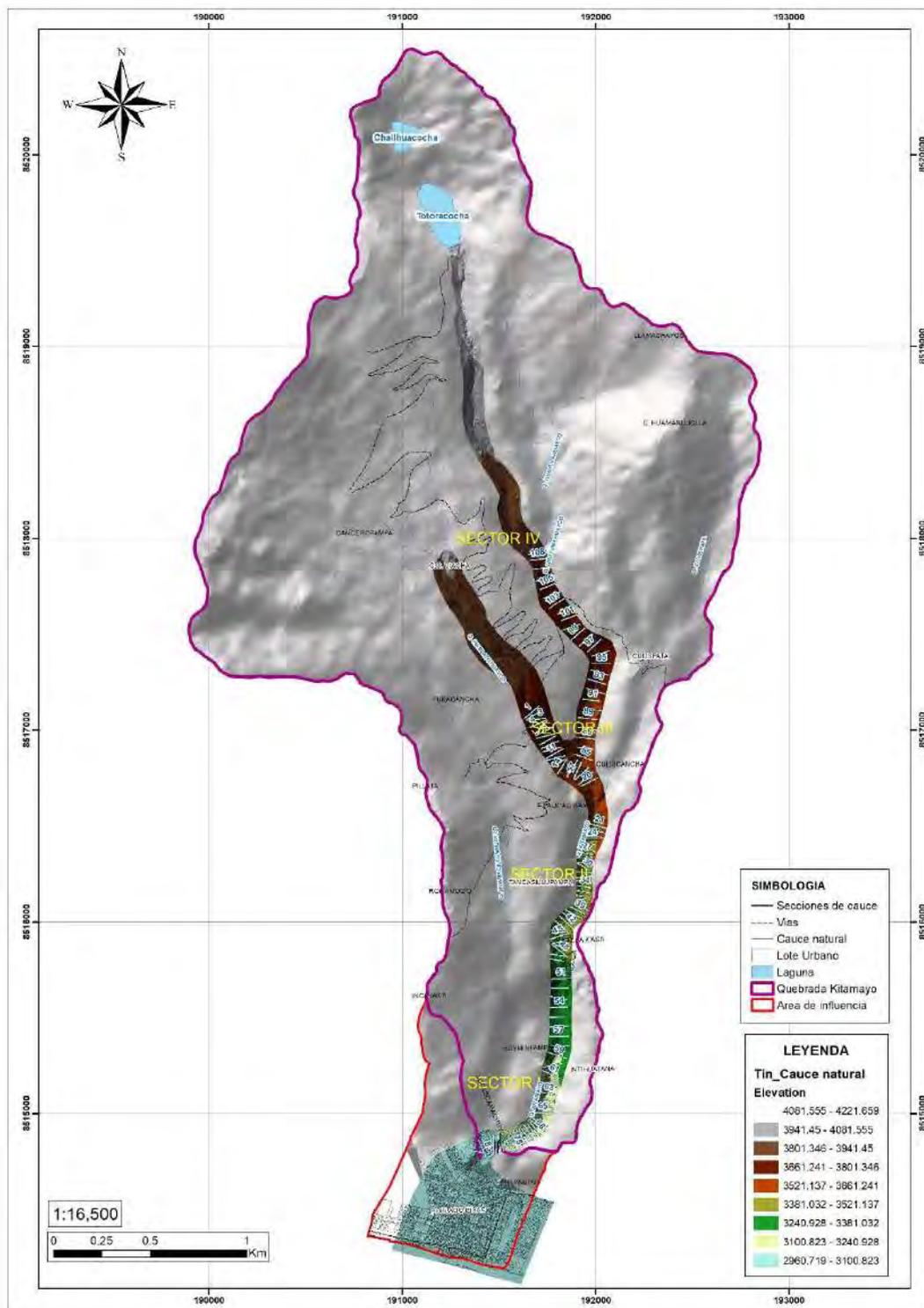


Figura 15. Mapa de ubicación de secciones



Zona crítica: Volumen estimado propenso a erosión y socavación de los depósitos coluvio aluvial y aluvial al NE del sector de Palk'ac Rakay - Ancawachana, potencia de depósitos mayores a 5 metros (lecho). Apoyado del levantamiento topográfico, altura de socavamiento; y posterior procesamiento, se estima un total de 18120.73 metros cúbicos de material aluvial dispuesto propenso a ser removido y erosionado (erosión de cauce en temporada de lluvias) con el aumento de precipitaciones fluviales en las temporadas de lluvias.

Figura 16. Sección 10, 12 y 14 (sector III)

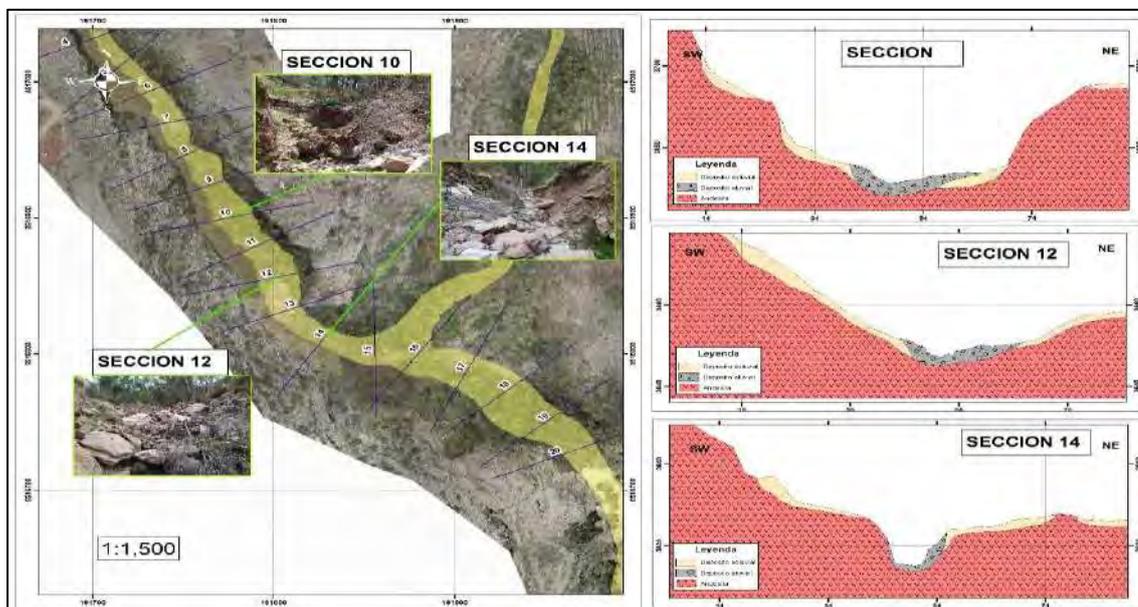


Figura 17. Sección 16, 18 y 20 (sector III)

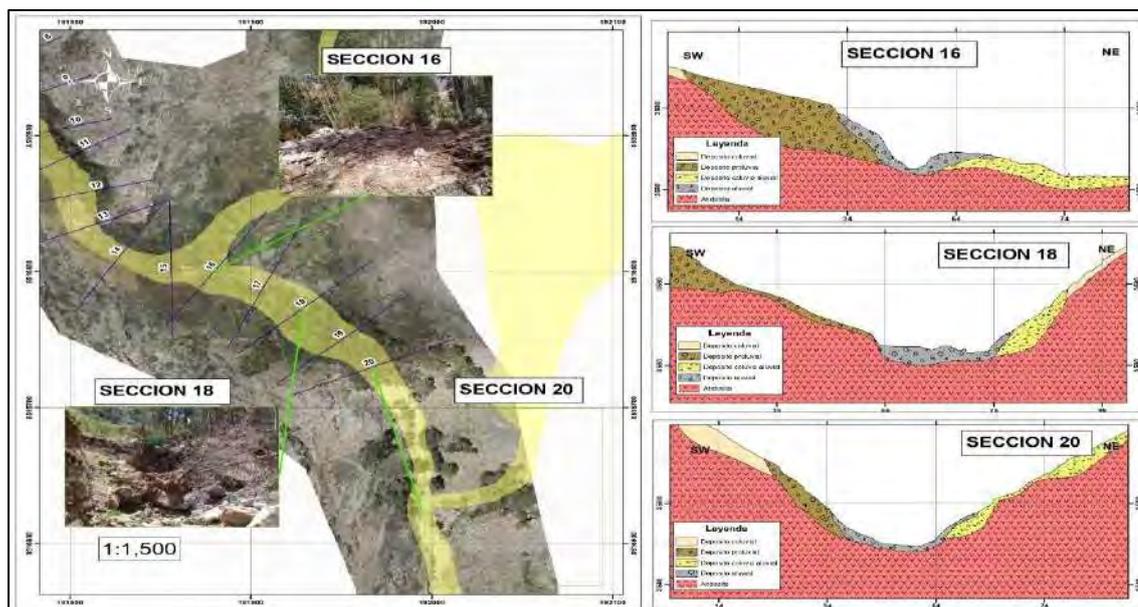


Tabla 78. Volúmenes determinados de sector crítico – sector III

N°	Litología	Sección	Area_m2	Distancia entre secciones	Volumen
1	Deposito aluvial	Sección 01	15.49	13.92	219.04
2	Deposito aluvial	Sección 02	15.98	20.82	258.56
3	Deposito aluvial	Sección 03	8.86	20.13	268.39
4	Deposito aluvial	Sección 04	17.81	19.16	497.14
5	Deposito aluvial	Sección 05	34.09	20.37	667.57
6	Deposito aluvial	Sección 06	31.46	20.88	840.36
7	Deposito aluvial	Sección 07	49.04	20.10	813.88
8	Deposito aluvial	Sección 08	31.95	21.11	544.90
9	Deposito aluvial	Sección 09	19.68	21.66	887.92
10	Deposito aluvial	Sección 10	62.31	19.35	816.88
11	Deposito aluvial	Sección 11	22.12	21.02	520.40
12	Deposito aluvial	Sección 12	27.39	20.19	491.51
13	Deposito aluvial	Sección 13	21.30	24.40	322.74
14	Deposito aluvial	Sección 14	5.16	25.58	688.66
15	Deposito aluvial	Sección 15	48.69	18.42	899.17
16	Deposito aluvial	Sección 16	48.94	25.11	1314.58
17	Deposito aluvial	Sección 17	55.76	20.96	2254.62
18	Deposito aluvial	Sección 18	159.37	26.65	3854.20
19	Deposito aluvial	Sección 19	129.87	22.33	1960.21
20	Deposito aluvial	Sección 20	45.69		

N°	Litología	Sección	Area_m2	Distancia entre secciones	Volumen
				TOTAL	18120.73

Fuente. Elaboración propia.

8.4.2. Determinación de volúmenes para un flujo de detritos – según escenarios

Haciendo uso de la aplicación metodológica usado para “Peligros naturales en las regiones montañosas”; las mismas que requieren de datos de intensidad de precipitación para distintos periodos de retorno (información adaptada del SENAMHI), coeficiente de escurrimiento determinado según la cobertura vegetal y pendientes de la quebrada.

Para la determinación y análisis se tomaron los siguientes escenarios de 10, 30, 50, 100, 200 y 300 años, las mismas que presentan las intensidades de precipitaciones por hora son las siguientes:

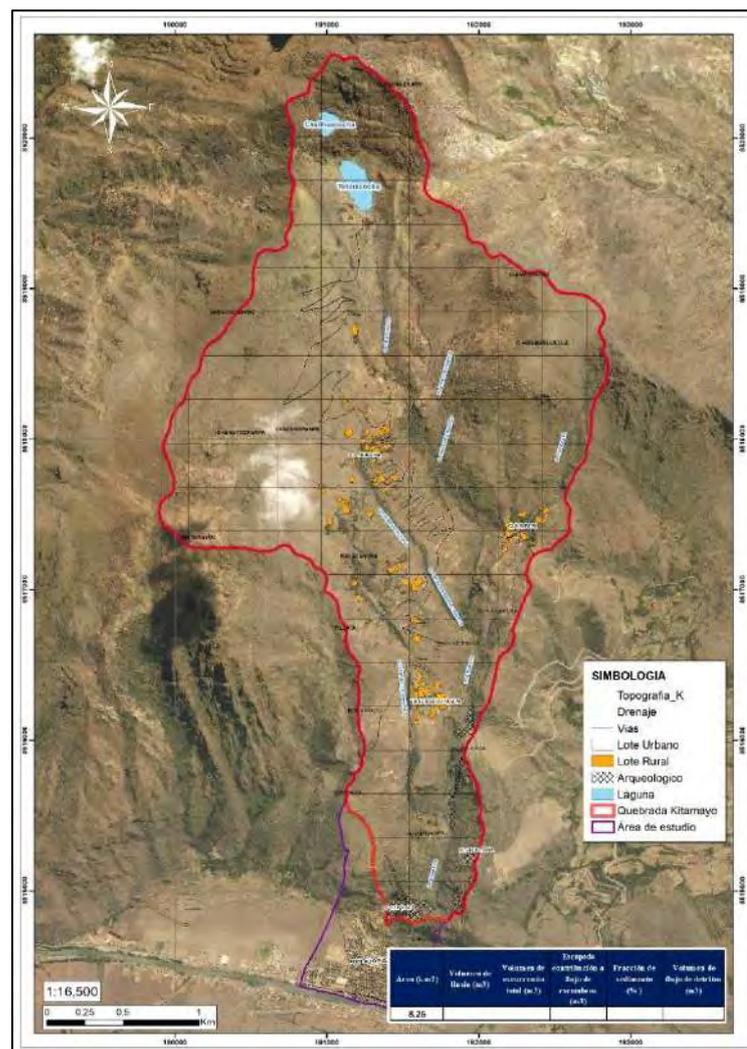
Tabla 79. Intensidades de precipitación y periodos de retorno.

Pr (años)	INTENSIDAD (mm/h)	ESCENARIO
TR2	7.56	
TR5	8.62	
TR10	9.48	
TR30	11.04	Corto
TR50	11.84	
TR75	12.54	
TR100	13.06	Mediano
TR200	14.34	
TR300	15.85	Largo
TR500	16.32	
TR1000	17.98	

Fuente. Elaboración propia en base a Intensidad – duración – frecuencia (IDF) SENAMHI.

El área de la unidad hidrográfica, en este caso se considera el área de la quebrada Kitamayo que es de 8.26 km². Y el coeficiente de escurrimiento usado en base al cálculo realizado en el sub capítulo (5.4. parámetros hidrometeorológicos) determinado por la cobertura vegetal y pendiente de la quebrada Kitamayo es de 0.23.

Figura 18. Mapa área de análisis para la quebrada Kitamayo



Paso 1: Determinación del volumen de lluvia presente en la quebrada Kitamayo, multiplicando la intensidad de precipitación por una duración de 5 horas por el área de la quebrada.

$$I(\text{m/h}) * D(\text{h}) * A(\text{m}^2) = V \text{ lluvia (m}^3\text{)}$$

Tabla 80. Resumen de volúmenes de lluvia

Pr (años)	INTENSIDAD (mm/h)	INTENSIDAD (m/h)	Duración (h)	Área (km ²)	VOLUMEN DE LLUVIA (m ³)
TR10	9.48	0.009	5	8.26	391,524
TR30	11.04	0.011			455,952
TR50	11.84	0.012			488,992
TR100	13.06	0.013			539,378
TR200	14.34	0.014			592,242
TR300	15.85	0.016			654,605

Fuente. Elaboración propia

Paso 2: Determinación del volumen total de escorrentía presente en la quebrada Kitamayo, multiplicando el volumen de lluvia por el coeficiente de escorrentía de la quebrada.

$$V \text{ lluvia (m}^3\text{)} * C = V_{te} \text{ (m}^3\text{)}$$

Tabla 81. Resumen de volumen total de escurrimiento

Pr (años)	VOLUMEN DE LLUVIA (m ³)	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	VOLUMEN TOTAL DE ESCORRENTIA (m ³)
TR10	391,524	0.23	90,050.52
TR30	455,952		104,868.96
TR50	488,992		112,468.16
TR100	539,378		124,056.94
TR200	592,242		136,215.66
TR300	654,605		150,559.15

Fuente. Elaboración propia

Paso 3: Determinación de la contribución volumen de escorrentía para el flujo de detritos presente en la quebrada Kitamayo, multiplicando el volumen total de escorrentía por el porcentaje de 25%.

$$V_{te} \text{ (m}^3\text{)} * 0.25 = V_{efd} \text{ (m}^3\text{)}$$

Tabla 82. Resumen de volumen contribuido de escorrentía para el flujo de detritos

Pr (años)	VOLUMEN TOTAL DE ESCORRENTIA (m3)	%	VOLUMEN CONTRIBUIDO DE ESCORRENTÍA PARA EL FLUJO DE DETRITOS (m3)
TR10	90,050.52	0.25	22,512.63
TR30	104,868.96		26,217.24
TR50	112,468.16		28,117.04
TR100	124,056.94		31,014.235
TR200	136,215.66		34,053.915
TR300	150,559.15		37,639.788

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 83. Resumen de fracción de sedimentos

Pr (años)	VOLUMEN TOTAL DE ESCORRENTIA (m3)	FRACCIÓN DE SEDIMENTOS (%)
TR10	90,050.52	22,512.63 (50%)
TR30	104,868.96	26,217.24 (50%)
TR50	112,468.16	28,117.04 (50%)
TR100	124,056.94	31,014.24 (50%)
TR200	136,215.66	34,053.92 (50%)
TR300	150,559.15	37,639.79 (50%)

Fuente. Elaboración propia.

Paso 4: Volumen del flujo de detritos presente en la quebrada Kitamayo (erosión y arrastre), con una aproximación de 50% de agua 50% sedimento.

$$V_{te} \text{ (m}^3\text{)} * 0.50 = V_t \text{ (m}^3\text{)}$$

Tabla 84. Resumen de volumen del flujo de detritos

Pr (años)	VOLUMEN TOTAL DE ESCORRENTIA (m3)	%	VOLUMEN DEL FLUJO DE DETRITOS (m3)
TR10	90,050.52	0.50	45,025.26
TR30	104,868.96		52,434.48
TR50	112,468.16		56,234.08
TR100	124,056.94		62,028.47
TR200	136,215.66		68,107.83
TR300	150,559.15		75,279.58

Fuente. Elaboración propia

Tabla 85. Resumen de volumen para periodos de retorno

Pr (años)	ÁREA (km2)	VOLUMEN DE LLUVIA (m3)	VOLUMEN TOTAL DE ESCORRENTIA (m3)	VOLUMEN CONTRIBUIDO DE ESCORRENTÍA PARA EL FLUJO DE DETRITOS (m3)	FRACCIÓN DE SEDIMENTOS (%)	VOLUMEN DEL FLUJO DE DETRITOS (m3)
TR10	8.26	391,524	90,050.52	22,512.63	22,512.63 (50%)	45,025.26
TR30		455,952	104,868.96	26,217.24	26,217.24 (50%)	52,434.48
TR50		488,992	112,468.16	28,117.04	28,117.04 (50%)	56,234.08
TR100		539,378	124,056.94	31,014.24	31,014.24 (50%)	62,028.47
TR200		592,242	136,215.66	34,053.92	34,053.92 (50%)	68,107.83
TR300		654,605	150,559.15	37,639.79	37,639.79 (50%)	75,279.58

Fuente. Elaboración propia.

Paso 5: Criterios para la evaluación de la intensidad; E: energía cinética; v: velocidad media a largo plazo; e: espesor de la capa inestable; h: altura de la tierra - depósito de flujo.

Tabla 86. Criterios para la evaluación de la intensidad

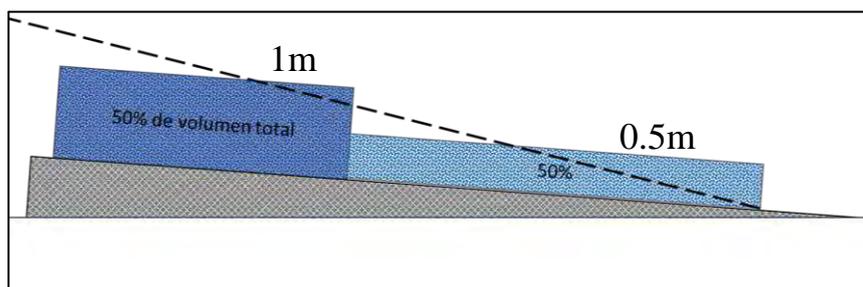
FENÓMENOS	INTENSIDAD BAJA	INTENSIDAD MEDIA	INTENSIDAD ALTA
Deslizamiento de montaña	$E < 30 \text{ Kj}$	$30 < E < 300 \text{ Kj}$	$E > 300 \text{ Kj}$

FENÓMENOS	INTENSIDAD BAJA	INTENSIDAD MEDIA	INTENSIDAD ALTA
Avalancha de rocas			$E > 300 \text{ KJ}$
Deslizamiento de tierra	$v < 2\text{cm/year}$	$v : \text{dm/año} (>2 \text{ cm/año})$	Grandes movimientos diferenciales $v > 0.1\text{m/día}$ para deslizamientos de tierra poco profundos; desplazamiento $> 1\text{m}$ por evento
Flujos de tierra y flujos de escombros			
Potencial	$e < 0.5 \text{ m}$	$0.5 \text{ m} < e < 2 \text{ m}$	$e > 2\text{m}$
Real	--	$h < 1 \text{ m}$	$h > 1\text{m}$
Asentamiento	--	Presencia de dolinas	--

Fuente. Elaboración propia.

Paso 6: Distribución de material en el flujo de detritos para media y alta intensidad, para distintos eventos (cortos, medios y largos).

Figura 19. Distribución del material del flujo de detritos



Intensidad alta:

$45,025.26 \text{ m}^3 * 50\%$ con 1m / altura de deposición = $22,512.63 \text{ m}^2$ (área afectada)

Intensidad media:

$45,025.26 \text{ m}^3 * 50\%$ con 0.5m / altura de deposición = $45,025.26 \text{ m}^2$ (área afectada)

Distribución del material (pequeño evento):

Para límite alto/medio intensidad, distribuir material con altura de deposición de 1 m ;

Para límite alto/medio intensidad, distribuir material con altura de deposición de $0,5 \text{ m}$.

Distribución del material por cuadrícula en la zona de deposición, considerando cuadrículas de 100m * 100m, las que se emplazan en la zona de depositación – poblado de Pisac.

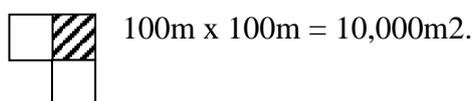


Tabla 87. Distribución de material para intensidad media y alta

Pr (años)	INTENSIDAD MEDIA - AREA AFECADA (0.5m)	INTENSIDAD ALTA - AREA AFECADA (1m)	DISTRIBUCION DE MATERIAL (m2)
TR10	45,025.26	22,512.63	67,537.89
TR30	52,434.48	26,217.24	78,651.72
TR50	56,234.08	28,117.04	84,351.12
TR100	62,028.47	31,014.24	93,042.71
TR200	68,107.83	34,053.92	102,161.75
TR300	75,279.58	37,639.79	112,919.36

Fuente. Elaboración propia

Figura 20. Mapa de intensidades para periodos de 30



Figura 21. Mapa de intensidades para periodos de 100

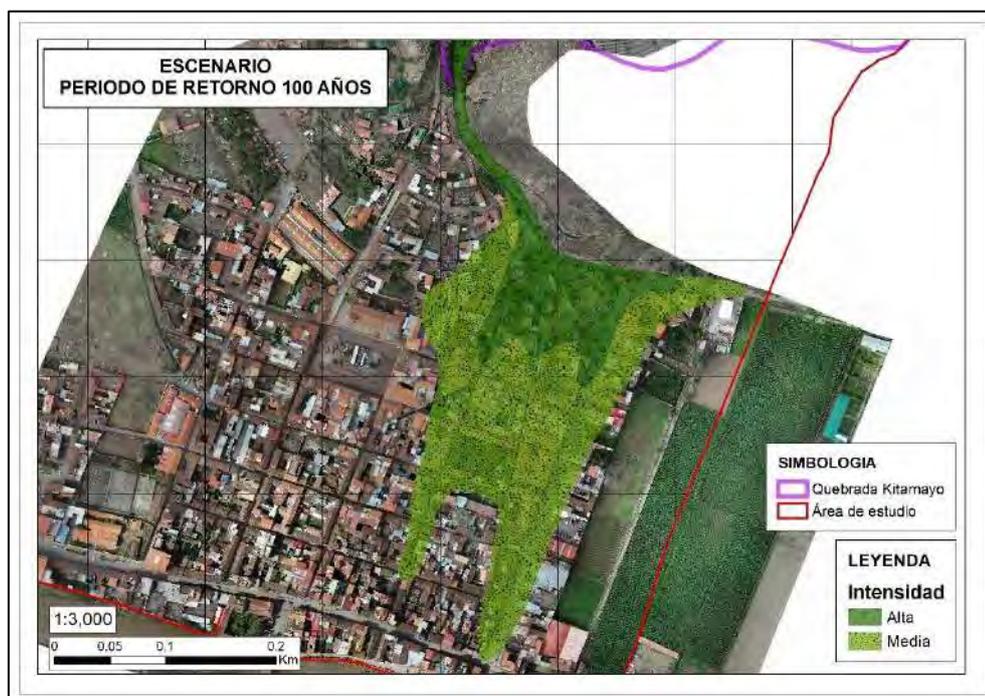


Figura 22. Mapa de intensidades para periodos de 300



Figura 23. Mapa de escenario para periodos de 30

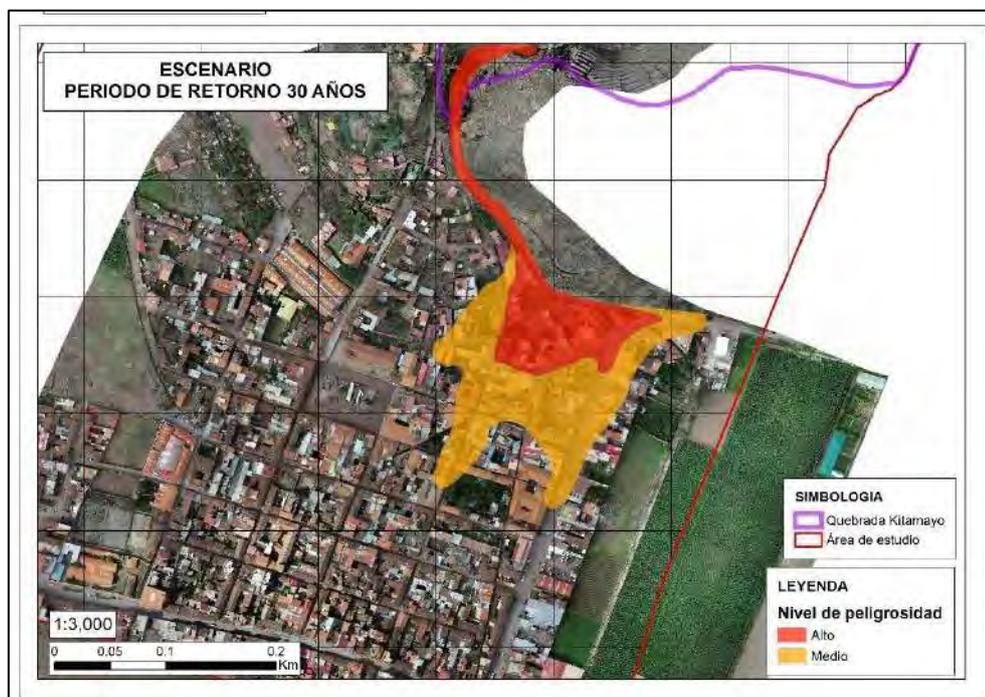


Figura 24. Mapa de escenario para periodos de 100

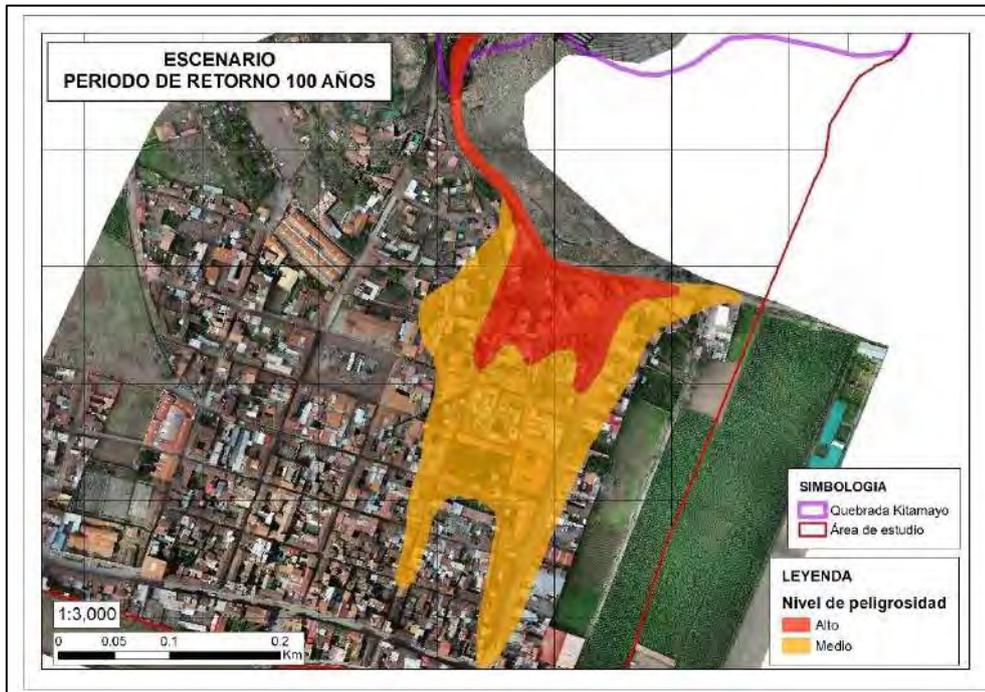


Figura 25. Mapa de escenario para periodos de 300

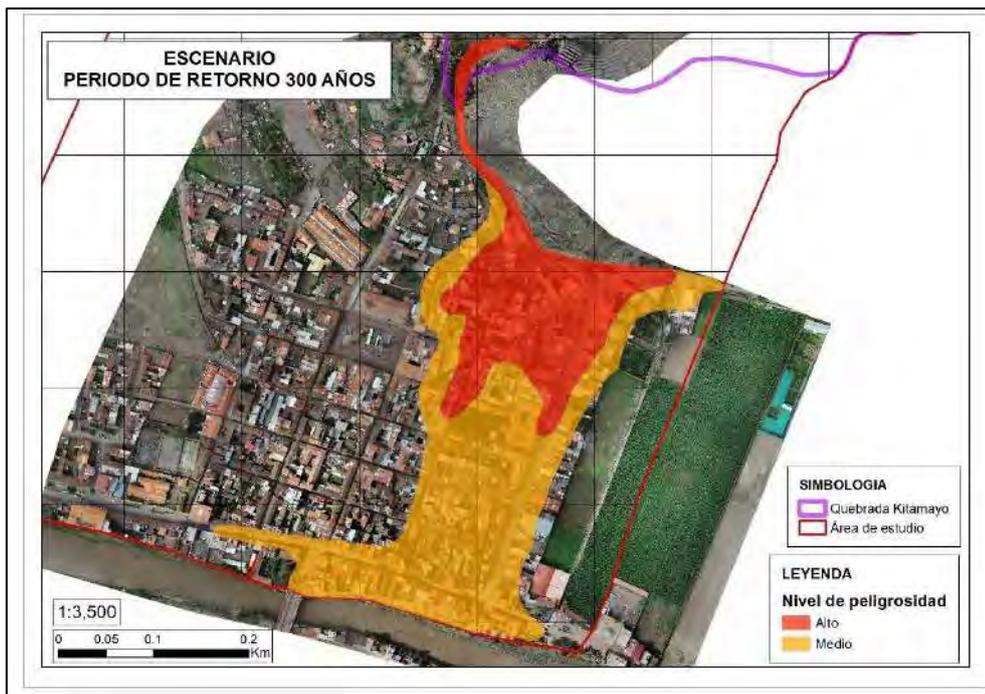
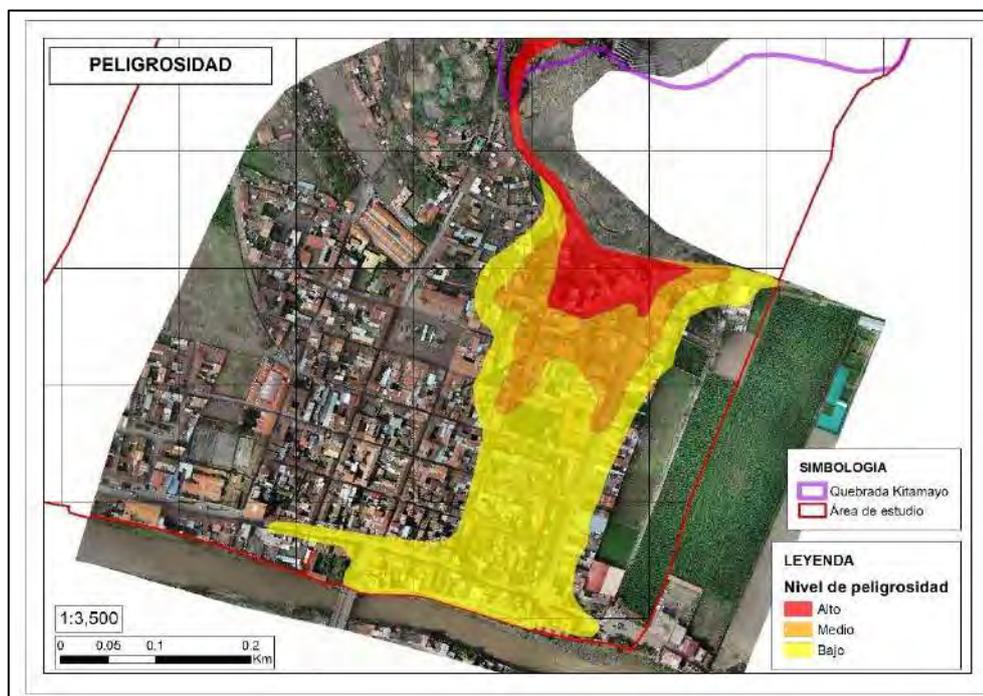


Figura 26. Mapa de peligrosidad por flujo de detritos



8.4.3. Flujo de detritos – Simulación con HEC-RAS v6.1

La simulación de numérica del flujo de detritos en la quebrada Kitamayo, se realizó mediante el software de simulación HEC-RAS 6.1.0, cuyo tramo en estudio comprende un total de 6.44 Kilómetros aproximadamente, el análisis se realizó desde las partes de mayor cota a menor cota es decir desde aguas arriba hacia aguas abajo, tomando en cuenta los datos de precipitaciones para un retorno de 100 años y un acontecimiento real y excepcional, cuyo porcentaje de contenido de agua (50%) y material sólido (50%), los valores reales de precipitación generan volúmenes de acuerdo a los hechos suscitados anteriormente, lo cual esto conlleva a que la simulación de flujo de detritos están semejados mucho a la realidad de tal

manera que, esta investigación sería como instrumento de base de prevención de riesgo ante una eventualidad.

Para generar el modelo numérico de flujo de detritos debemos conocer los parámetros reológicos, quiere decir, una predicción del esfuerzo de cedencia (T_y) y la viscosidad (η) de la mezcla que se da entre los sedimentos y el agua, por tanto, debemos generar la predicción en función de la concentración volumétrica de sedimento. la clasificación de suelos de la quebrada Kitamayo se obtuvo de las calicatas realizadas por el gobierno local.

a) Parámetros reológicos

Los parámetros reológicos son el esfuerzo de cedencia (T_y) y la viscosidad (η) de la mezcla entre el sedimento y el agua, siendo muy importante para el desarrollo del modelo numérico. O'Brien y Julien (1988), describen el siguiente cuadro de acuerdo al diámetro del grano. En este proceso se tomó el límite líquido y índice de plasticidad del estudio de mecánica de suelos.

Tabla 88. Propiedades de las matrices del flujo según la clasificación de O'Brien

Muestra tipo	Arcilla (%)	Distribución del tamaño del sedimento				Limite líquido	Índice plástico
		D16 (mm)	D50 (mm)	D84 (mm)			
Glenwood original	4.8	0.010	0.034	0.062	-	-	
Asspen Pit 1	31.3	0.001	0.011	0.032	0.32	0.11	
Aspen natural soil	27.0	0.001	0.012	0.028	0.25	0.06	
Aspen mine Fill	27.8	0.001	0.013	0.030	0.24	0.06	

Los flujos no newtonianos incluyen varios regímenes, dependiendo de la concentración de sólidos del fluido y, para mezclas de mayor concentración, el tamaño de grano de los sólidos. Es útil pensar en esta clasificación como una jerarquía. En general, a medida que aumenta la concentración (y el componente sólido se vuelve más grueso), el fluido pasa por cinco clasificaciones:

1. Hyperconcentrated Flow (Flujo hiperconcentrado)
2. Mud and debris flow (Flujo de lodo y escombros)
3. Clastic Flow (Flujo clástico)

b) Concentración volumétrica de sedimentos

Es importante obtener la concentración volumétrica que posee la mezcla, en el caso de flujo de detritos, poseen una distribución de C_v que llegan a un valor cercano 0.50, siempre depende del tipo de sedimentos que posee la quebrada, tiene un comportamiento diferente a una avenida, en esta investigación se dio una concentración volumétrica de 0.50 esta obtenida por la clasificación de O'Brien.

Tabla 89. Comportamiento del flujo en función de C_v

Descripción del tipo de flujo	Concentración de sedimentos (c_v)		Características del flujo
	Volum	Peso	
Flujo de lodo (Mudflow)	0.48 – 0.55	0.72 – 0.76	Flujo evidente, deslizamiento lento sometido por el flujo de lodo y deformación plástica bajo su propio peso.
	0.45 – 0.48	0.69 – 0.72	Flujo se extiende sobre la superficie, flujo cohesivo, algo de mezcla.
Avenida de lodo (Mud Flood)	0.40 – 0.45	0.65 – 0.69	El flujo se mezcla fácilmente, muestra las propiedades de un flujo de lodo en la deformación, su distribución en la superficie es horizontal.

Fuente. *User's manual HEC-RAS V 6.1 (2021)*.

Tabla 90. Concentraciones equivalentes y densidades de fluidos (después de Julian 2010).

Volumetric Concentration C_v (%)	Concetraion by Weight C_w (%)	Parts per Million C_{ppm} (ppm)	Concentration mg/L $C_{mg/L}$ (mg/L)	Density of Mixture (kg/m ³)
0.01%	0.03%	265	265	1,000
0.05%	0.13%	1,324	1,325	1,001
0.10%	0.26%	2,645	2,650	1,002
0.25%	0.66%	6,598	6,625	1,004
0.50%	1.31%	13,141	13,250	1,008
0.75%	2.0%	19,632	19,875	1,012
1.00%	2.6%	26,069	26,500	1,017
2.5%	6.4%	63,625	66,250	1,041
Hyperconcentration				
5.0%	12.2%	122,401	132,500	1,083
7.5%	17.7%	176,863	198,750	1,124
10.0%	22.7%	227,467	265,000	1,165
25.0%	46.9%	469,027	662,500	1,413
50.0%	72.6%	726,027	1,325,000	1,825
75.0%	88.8%	888,268	1,987,500	2,238
100.0%	100.0%	1,000,000	2,650,000	2,650

Fuente. User's manual HEC-RAS V 6.1 (2021).

Figura 27. Calculo de conversión

Considerando que, a altas concentraciones, el componente sólido tiene un efecto significativo sobre el volumen de la mezcla. Teniendo que aplicar lo siguiente; **(Bulk Fluid Volume)** volumen sólido a los datos de flujo de agua, refiere ingresar un flujo de agua en el archivo de flujo inestable, y luego HEC-RAS agrega el volumen de los sólidos durante la simulación no newtoniana. Este enfoque es común si los flujos ingresados provienen de un modelo hidrológico (o un modelo de escorrentía como HEC-HMS que calcula hidrogramas).

c) *Límite elástico*

Todos los modelos reológicos lineales y no lineales requieren un límite elástico. Matemáticamente, la tensión de fluencia es la intersección del eje y de la relación tensión-deformación. Conceptualmente, es el rango de tensiones sobre las que no se mueve la mezcla. *User's manual HEC-RAS V 6.1 (2021).*

Figura 28. Formula de modelos reológicos.

Bingham:

$$\tau = \tau_y + \mu_m \left(\frac{3\bar{u}}{h} \right)$$

O'Brien Quadratic:

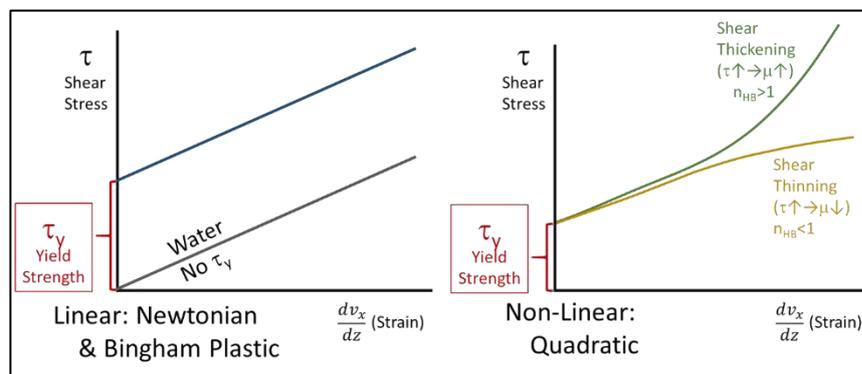
$$\tau = \tau_y + \mu_m \left(\frac{3\bar{u}}{h} \right) + \rho_m l_m^2 \left(\frac{3\bar{u}}{h} \right)^2 + 0.01 \rho_s \left(\left(\frac{0.615}{C_v} \right)^{1/3} - 1 \right)^{-2} d_s^2 \left(\frac{3\bar{u}}{h} \right)^2$$

Herschel-Bulkley:

$$\tau = \tau_y + K \left(\frac{3\bar{u}}{h} \right)^n$$

Fuente. *User's manual HEC-RAS V 6.1 (2021).*

Figura 29. Tensión – deformación de modelos newtonianos y no newtonianos



Fuente. *User's manual HEC-RAS V 6.1 (2021).*

Las mezclas no newtonianas suelen tener resistencia interna. Resisten el movimiento bajo una variedad de tensiones. Las fuerzas impulsoras tienen que superar esta resistencia interna antes de que el material se mueva (o se deforme). Los modelos dan cuenta de esto con un límite elástico. Esta intersección con el eje y en la relación tensión-deformación es un umbral de movimiento. Siempre y cuando $\tau < \tau_y$, fluido está en reposo.

Exponential; el límite elástico es una función exponencial de la concentración volumétrica. por lo tanto, el (Exponential) - método incorpora dos parámetros empíricos en una función exponencial de la concentración volumétrica. Donde a y b son coeficientes de calibración, y C_v concentración volumétrica entre 0 y 1.

$$r_y = ae^{bC_v}$$

O'Brien y Julian publicaron valores para estos parámetros empíricos. Estos coeficientes varían ampliamente, por lo que a menudo son parámetros de calibración. Pero estos valores pueden servir como punto de partida para una calibración.

Figura 30. Parámetros de calibración para la ecuación de O'Brien de Julian (1995)

Material	a (Pa)	b
"Typical soil" ("Suelo típico")	0.005	7.5
Kaolinite (Caolinita)	0.05	9
Sensitive Clays (Arcillas sensibles)	0.03	10
Bentonite (Bentonita)	0.002	100

Fuente. User's manual HEC-RAS V 6.1 (2021).

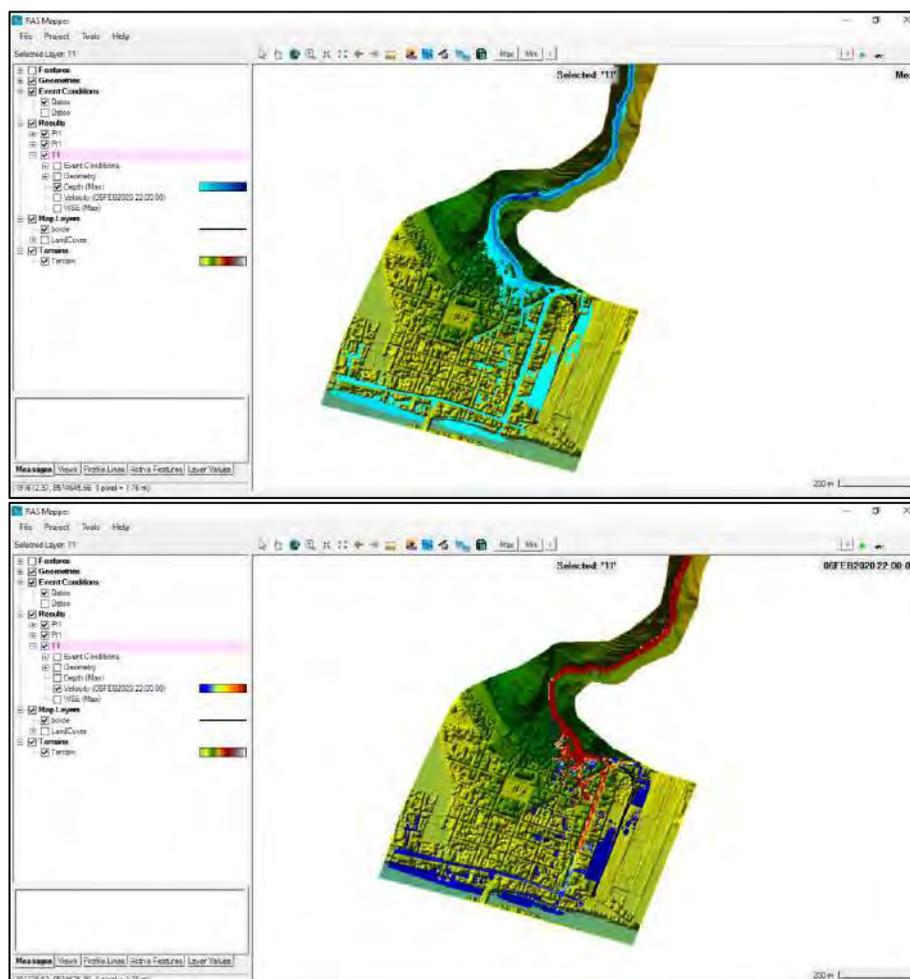
Figura 31. Datos de entrada para modelo no newtoniano

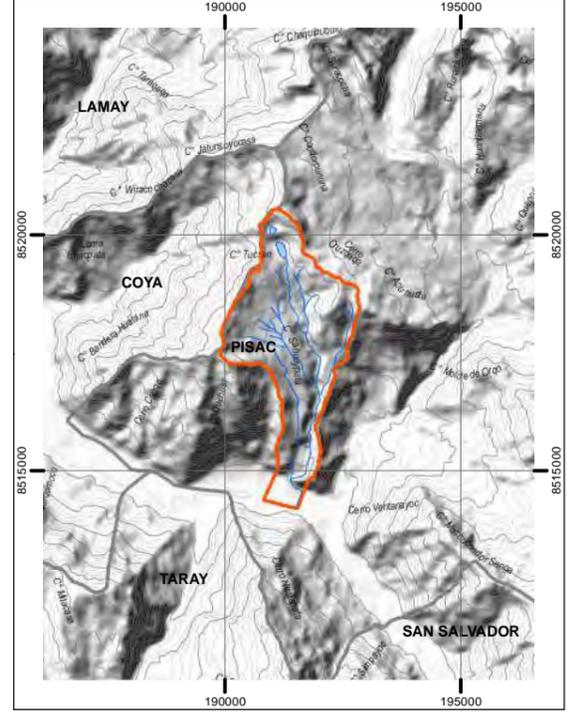
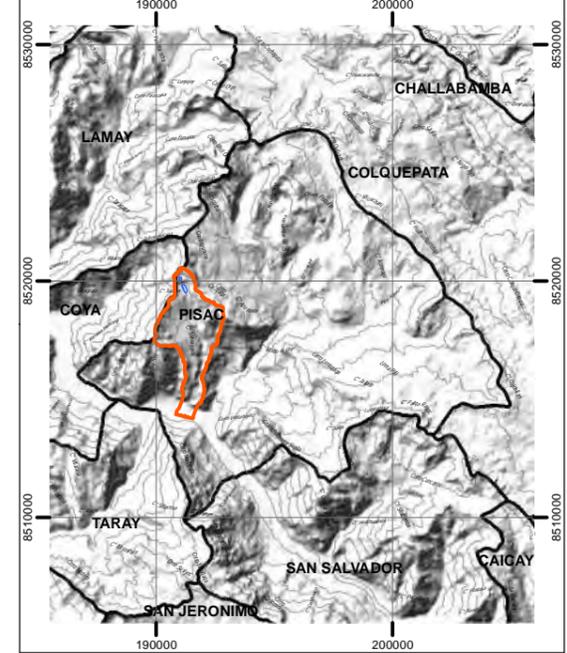
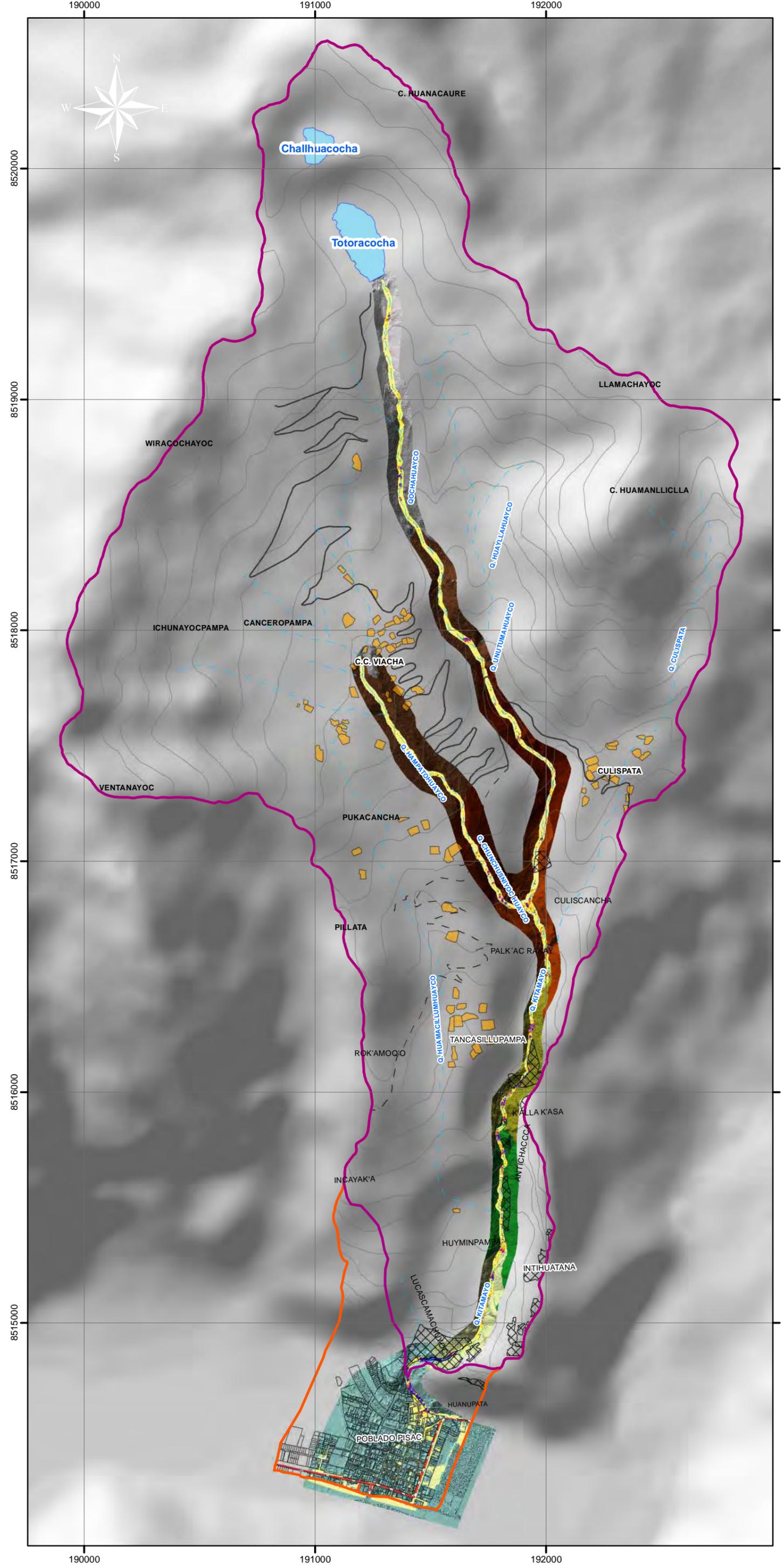
Para el método Maron y Pierce, es popular porque no requiere entrada ni parámetros; además para la viscosidad dinámica mixta calculan la viscosidad de la mezcla en relación con la

viscosidad del agua, que es en función de la temperatura. Los flujos de detritos o escombros suelen ser eventos rápidos, por lo que los cambios de temperatura estacionales, no suelen afectar las simulaciones. Sin embargo, se pueden definir series de tiempo de temperatura constante y no predeterminado o utilizar una temperatura de mezcla más detallada datos si están disponibles. En este caso se aplicó una única temperatura por día.

Los resultados muestran valores de velocidades que varían desde menores a 1m/s hasta llegar a los 10 a 12.5 m/s como velocidades máximas en cambios de pendientes de cauce, como también muestra alturas que varían desde los 0.1 m hasta una altura máximas de 1.65 m, en distintos tramos del cauce. Resultados que se usaran como parámetro para el flujo de detritos.

Figura 32. Simulación de flujo por detritos (altura y velocidad)





SIMBOLOGÍA :

Área de influencia	Quebrada Kitamayo
Red hidrográfica	Área arqueológica
Quebrada	Topografía
Laguna	Curva primaria
Centros poblados	Red vial
Área urbana	Asfaltada
Área rural	Trocha Carrozable
	Camino

LEYENDA :

Velocidad maxima de flujo

	0 - 1
	1 - 4
	4 - 7
	7 - 10
	10 - 12.5

Tin_Cauce natural

Elevation

	4081.555 - 4221.659
	3941.45 - 4081.555
	3801.346 - 3941.45
	3661.241 - 3801.346
	3521.137 - 3661.241
	3381.032 - 3521.137
	3240.928 - 3381.032
	3100.823 - 3240.928
	2960.719 - 3100.823

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

"IDENTIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICOS POR GEODINAMICA EXTERNA EN LA QUEBRADA KITAMAYO, DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO 2022"

TÍTULO DE MAPA: VELOCIDADES DE FLUJO

ELABORADO POR: Br. MAYSELA VALDIVIA CHAHUAYLLA Br. JHON ALBERT YUCRA OQUECCANO	SISTEMA DE COORDENADAS: PROYECCIÓN: UTM WGS 1984 ZONA: 19S
ASESOR: MGT. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	ESCALA: 1:16.500
UBICACIÓN: DISTRITO : Píscar PROVINCIA : Calca DEPARTAMENTO: Cusco	N° MAPA: MP - 15

8.4.4. Caída de rocas Simulación con RocFall

Con el propósito de analizar el comportamiento de la caída de rocas en la quebrada Kitamayo, se realizó varias simulaciones con el software Rockfall de Rockscience, permitiendo la misma conocer el alcance de los bloques de roca a través de su velocidad, altura máxima de rebote y energía cinética.

a) Escenario sección 43

Teniendo una sección transversal de 100 m, abarcando laderas de pendientes superiores a los 35° a ambas; los bloques identificados en el talud con pendientes escarpadas, parte del afloramiento rocoso de andesitas muy fracturadas.

Figura 35. Comportamiento de caída de rocas sección 43.

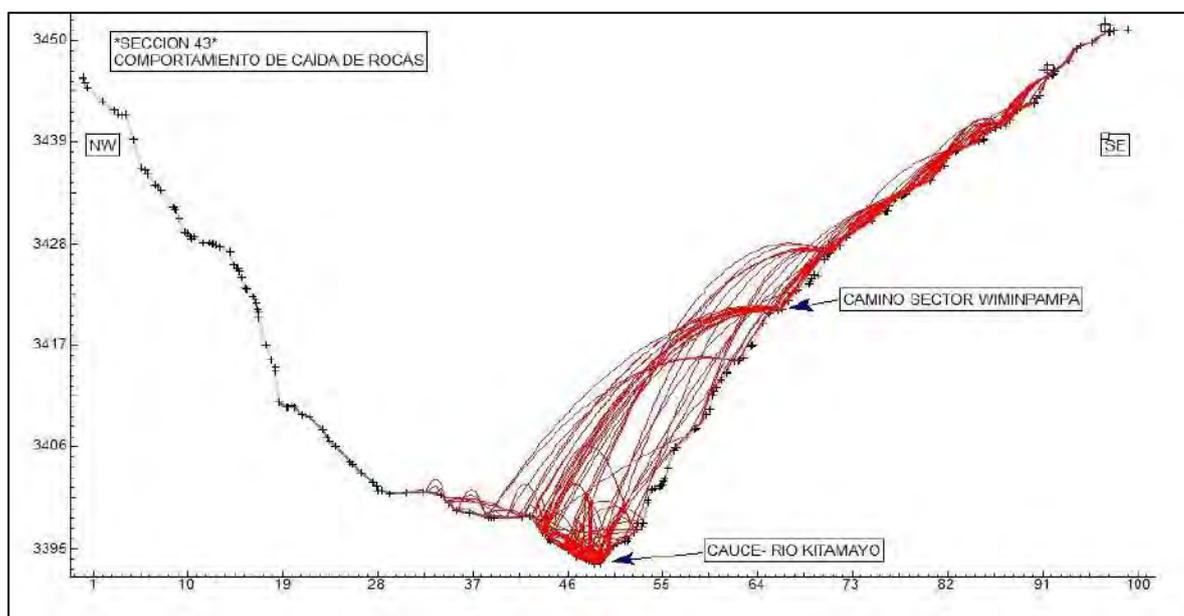
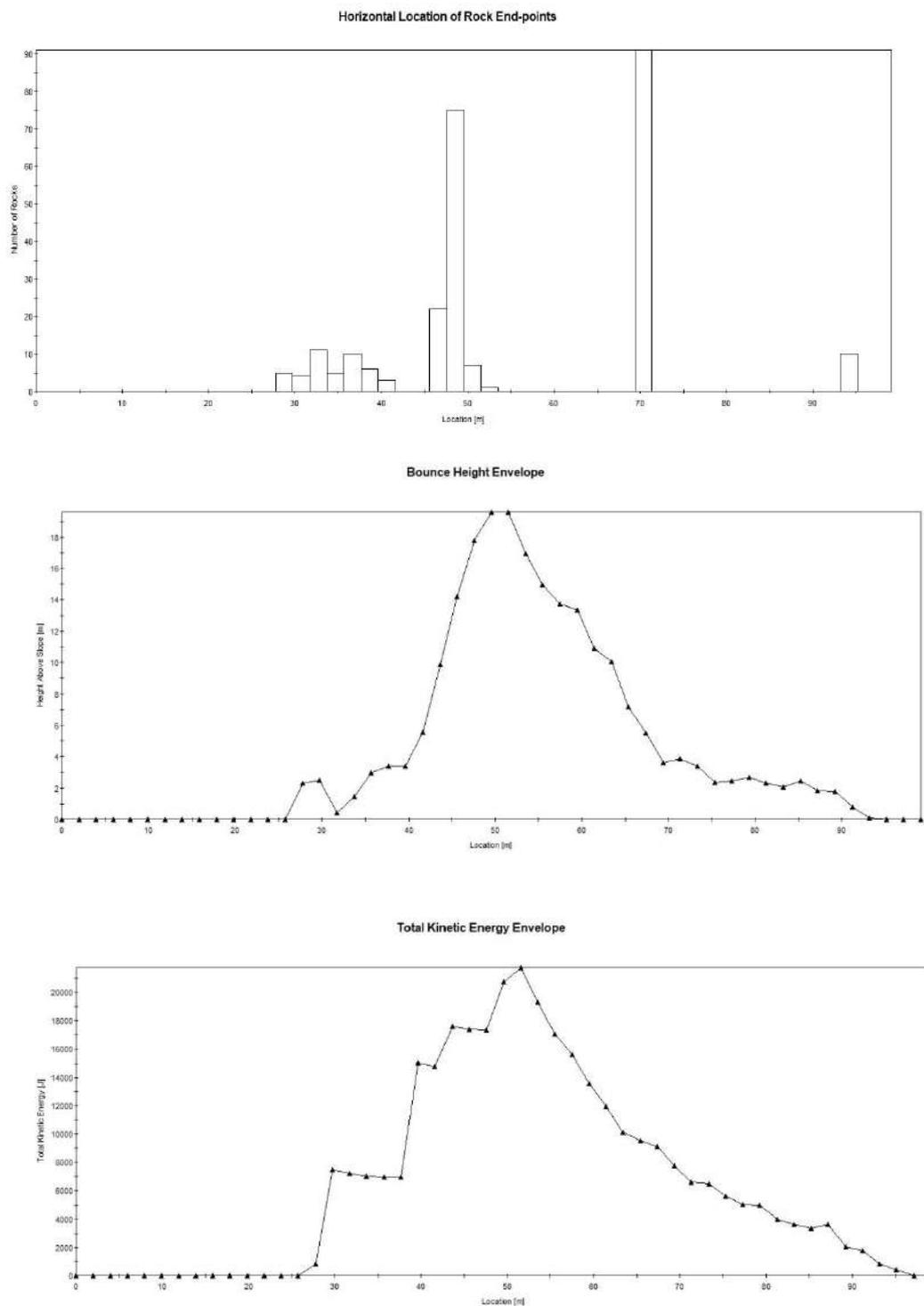


Figura 36. Alcances máximos de los bloques, altura de rebote y energía cinética total



Parámetros fundamentales para definir el tipo de medida estructural – pantalla, siendo la posición adecuada donde la energía cinética y la altura de salto sean las mínimas posibles.



Fotografía 50. Afloramiento rocoso de basaltos en el sector de Antichacca.



Fotografía 51. Afloramiento rocoso de brechas volcánicas al SW del sector de Intihuatana

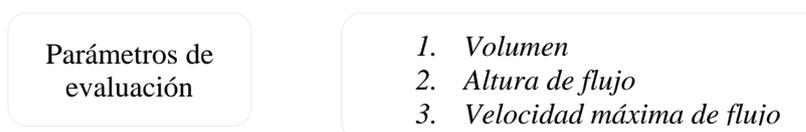
Los datos proporcionados por el software RocFall, principalmente la distancia de alcance máximo, serán usado como parámetro de evaluación del fenómeno, para determinar el nivel de peligrosidad por caída de rocas en la quebrada Kitamayo.

8.5. Caracterización del parámetro de evaluación del fenómeno

8.5.1. *Parámetros de evaluación para peligro por flujo de detritos*

Como los parámetros de evaluación caracterizados para el flujo de detritos en la quebrada Kitamayo, son tres; volumen (periodo de retorno), altura de flujo y velocidades máximas de flujo. Los valores numéricos, fueron obtenidos mediante el proceso de análisis jerárquico.

Figura 26. Parámetros de evaluación de flujo de detritos



Para determinar el peso ponderado de cada parámetro de evaluación y sus correspondientes descriptores se sigue el siguiente procedimiento:

Se realiza un Tabla de comparación de pares, de acuerdo a su jerarquía, se evalúa el grado de importancia de un parámetro con respecto al otro. Obteniendo así la siguiente tabla:

Tabla 91. Matriz de normalización de pares de los descriptores de los parámetros de evaluación.

Matriz de comparación de pares

PARAMETROS	SIMBOLO	PE1	PE2	PE3
Volumen	PE1	1.00	3.00	5.00
Altura de flujo	PE2	0.33	1.00	3.00
Velocidad máxima de flujo	PE3	0.20	0.33	1.00

Seguidamente se realiza la suma de los valores obtenidos para cada parámetro:

Tabla 92. Resultado de la operación de las matrices

Resultado de la operación de las matrices				
PARAMETROS	FC1	FC2	FC3	VECTOR SUMA PONDERADA
PE1	0.652	0.692	0.556	0.633
PE2	0.217	0.231	0.333	0.260
PE3	0.130	0.077	0.111	0.106

Luego hallamos el índice de consistencia (IC) y la relación de consistencia (RC), si RC es menor a 0.1, entonces los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Tabla 93. Índice y la relación de consistencia.

Vector suma ponderada	Vector priorización (ponderado)	MAX
1.946	0.633	3.072
0.790	0.260	3.033
0.320	0.106	3.011
		3.039

INDICE DE CONSISTENCIA	0.019
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	0.037

Finalmente, se obtiene la matriz de normalización, donde hallaremos los pesos ponderados de cada parámetro, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 94. Matriz de normalización de pares de los descriptores de los parámetros de evaluación.

Matriz de normalización de pares					
PARAMETROS	SIMBOLO	PM1	PM2	PM3	VECTOR PRIORIZACIÓN
Volumen	PE1	0.652	0.692	0.556	0.633
Altura de flujo	PE2	0.217	0.231	0.333	0.260
Velocidad máxima de flujo	PE3	0.130	0.077	0.111	0.106

El orden jerárquico y los pesos ponderados anteriormente mostrados se realizaron de acuerdo al grado de influencia para la generación de flujos de detritos en la quebrada Kitamayo.

Es así como se hallaron los pesos ponderados para los descriptores de cada perímetro. En los siguientes se muestran los descriptores para cada parámetro con sus respectivos pesos ponderados.

Tabla 95. Parámetros de volumen con sus respectivos pesos ponderados.

Parámetros	Volumen	Peso ponderado	
DESCRIPTORES	V1	Mayor a 60 m3	0.503
	V2	40 m3 a 60 m3	0.260
	V3	20 m3 a 40 m3	0.134
	V4	10 m3 a 20 m3	0.068
	V5	Menor a 10 m3	0.035

Tabla 96. Parámetros de altura de flujo, con sus respectivos pesos ponderados.

Parámetros		Altura de Flujo	Peso ponderado
DESCRIPTORES	CD1	Mayor a 0.80 m	0.503
	CD2	0.60 a 0.80 m	0.260
	CD3	0.40 a 0.60 m	0.134
	CD4	0.20 a 0.40 m	0.068
	CD5	0.00 a 0.20 m	0.035

Tabla 97. Parámetros de velocidad con sus respectivos pesos ponderados.

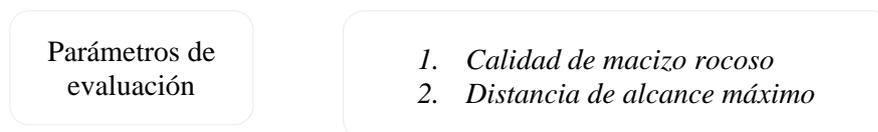
Parámetros		Velocidad	Peso ponderado
DESCRIPTORES	VD1	Mayor a 10.00 m/s	0.503
	VD2	7.00 a 10.00 m/s	0.260
	VD3	4.00 a 7.00 m/s	0.134
	VD4	1.00 a 4.00 m/s	0.068
	VD5	0.00 a 1.00 m/s	0.035

El orden jerárquico y los pesos ponderados anteriormente mostrados se realizaron de acuerdo al grado de influencia para la generación de caídas rocas en la quebrada Kitamayo.

8.5.2. Parámetros de evaluación para peligro por caída de rocas

Como los parámetros de evaluación caracterizados para caída de rocas en la quebrada Kitamayo, son dos; la calidad de macizo rocoso y la distancia de alcance máximo. Los valores numéricos, fueron obtenidos mediante el proceso de análisis jerárquico.

Figura 27. Parámetros de evaluación de caída de rocas



Para determinar el peso ponderado de cada parámetro de evaluación y sus correspondientes descriptores se sigue el siguiente procedimiento:

El orden jerárquico y los pesos ponderados anteriormente mostrados se realizaron de acuerdo al grado de influencia para la generación de caídas rocas en la quebrada Kitamayo; siendo el mayor prioritario la calidad de macizo rocoso con un valor de 0.7, y a la distancia de alcance máximo con un valor o peso de 0.3.

Seguidamente se realiza la suma de los valores obtenidos para cada parámetro:

Tabla 98. Parámetros de calidad de macizo rocoso con sus respectivos pesos ponderados.

	Parámetros	Calidad de macizo rocoso	Peso ponderado
DESCRIPTORES	CMR1	Muy pobre	0.433
	CMR2	Pobre	0.255
	CMR3	Regular	0.174
	CMR4	Bueno	0.091
	CMR5	Excelente	0.046

Tabla 99. Parámetros de distancia de alcance máximo con sus respectivos pesos ponderados.

	Parámetros	Distancia de alcance máximo	Peso ponderado
DESCRIPTORES	DAM1	Mayor a 100 m	0.447
	DAM2	50 m a 100 m	0.253
	DAM3	20 m a 50 m	0.154
	DAM4	5 m a 20 m	0.090
	DAM5	Menor a 5 m	0.056

8.6. Nivel de peligrosidad

8.6.1. Nivel de peligrosidad para flujo de detritos

Los parámetros usados para la evaluación del nivel de peligrosidad originados por movimientos en masa en la quebrada Kitamayo fueron: unidades geomorfológicas, unidades litológicas, pendientes e índice topográfico de humedad los mismos que actúan como factores condicionantes para generar geodinámica externa, también se usó el factor desencadenante como precipitación máxima – umbrales de precipitación; finalmente se realizaron la ponderación de todos los parámetros anteriormente mencionados, estos tienen descriptores de acuerdo a la ocurrencia en la quebrada Kitamayo.

A continuación, realizamos el siguiente procedimiento del cálculo para el mapa de peligros.

Paso 1: Determinación de los parámetros condicionantes de evaluación para movimientos en masa (flujo de detritos y sus respectivos descriptores).

$$V_Fac. \text{ Condicionantes} * \text{Peso} = \text{Valor}$$

Tabla 100. Resumen de ponderación de los parámetros condicionantes y descriptores (flujo de detritos).

Condicionantes		Valor
Unidades geomorfológicas	Parámetro	0.8
	Descriptor	0.548
Unidades litológicas	Parámetro	0.8
	Descriptor	0.292
Pendientes	Parámetro	0.8
	Descriptor	0.103
Índice topográfico de humedad	Parámetro	0.8
	Descriptor	0.057

Paso 2: Determinamos el parámetro desencadenante de evaluación para movimientos en masa (flujo de detritos) y sus respectivos descriptores.

$$V_Fac. Desencadenante * Peso = Valor$$

Tabla 101. Ponderación de los parámetros desencadenante y descriptores – flujo de detritos.

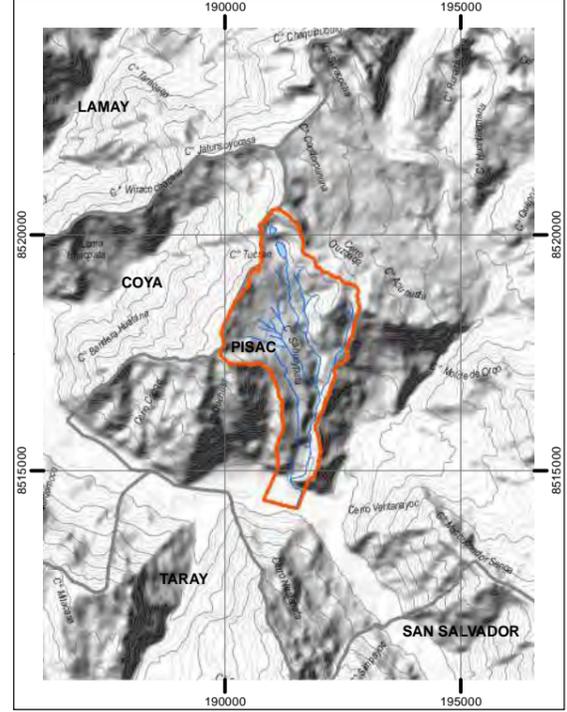
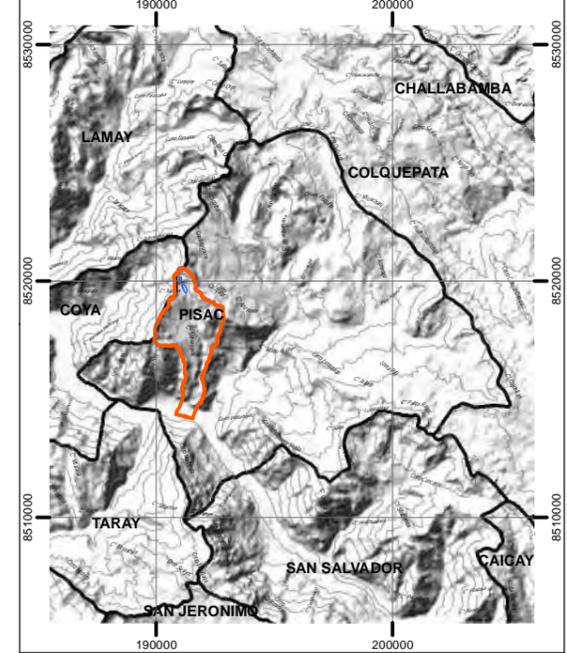
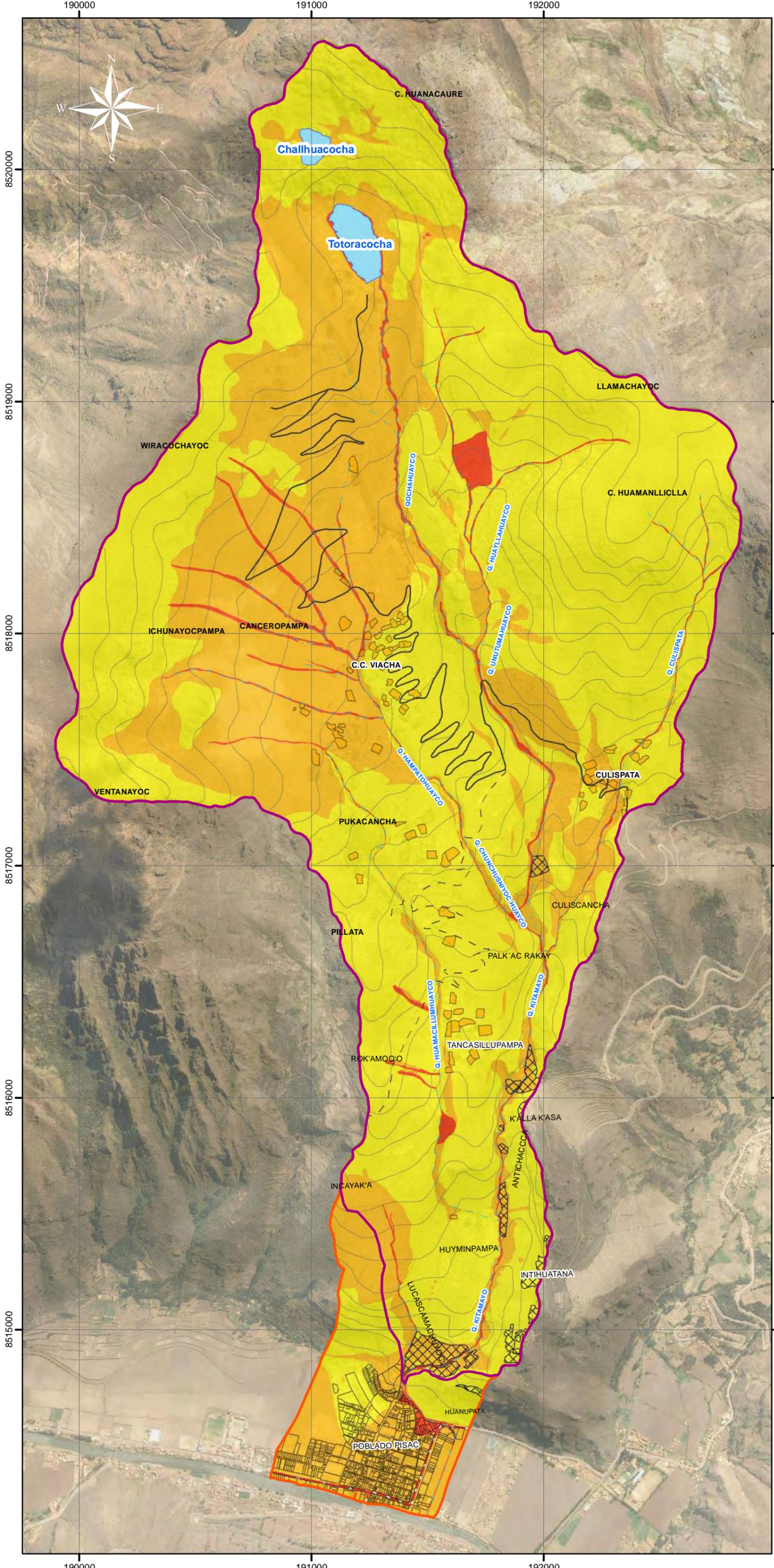
Desencadenante		Valor
Precipitación Máxima	Parámetro	0.2
	Descriptor	1

Paso 3: Determinación de la susceptibilidad la hallamos al sumar el, valor de los factores condicionantes por su peso más el valor de los factores desencadenantes por su peso respectivo.

$$V_Fac. Condicionantes * Peso + V_Fac. Desencadenante * Peso = Valor$$

Tabla 102. Valores de los factores condicionantes y los valores del factor desencadenante y su peso – flujo de detritos.

Susceptibilidad						
Factores condicionantes	Valor	Peso	Factor desencadenante	Valor	Peso	valor
Unidades geomorfológicas, Unidades litológicas, Pendientes, Índice topográfico de humedad	0.454	0.8	Precipitación máxima (umbrales)	0.452	0.2	0.453
	0.284	0.8		0.276	0.2	0.283
	0.150	0.8		0.169	0.2	0.154
	0.074	0.8		0.063	0.2	0.072



SIMBOLOGÍA :

Área de influencia	Quebrada Kitamayo
Red hidrográfica	Área arqueológica
Quebrada	Topografía
Laguna	Curva primaria
Centros poblados	Red vial
Área urbana	Asfaltada
Área rural	Trocha Carrozable
	Camino

LEYENDA :

Nivel de susceptibilidad

	Baja
	Media
	Alta
	Muy alta

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

"IDENTIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICOS POR GEODINAMICA EXTERNA EN LA QUEBRADA KITAMAYO, DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO 2022"

TÍTULO DE MAPA:
SUSCEPTIBILIDAD POR FLUJO DE DETRITOS

ELABORADO POR: Br. MAYSELA VALDIVIA CHAHUAYLLA Br. JHON ALBERT YUCRA OQUECCANO	SISTEMA DE COORDENADAS: PROYECCIÓN: UTM WGS 1984 ZONA: 19S
ASESOR: MGT. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	ESCALA: 1:16.500
UBICACIÓN: DISTRITO : Pisac PROVINCIA : Calca DEPARTAMENTO: Cusco	N° MAPA: MP - 16

Paso 4: Determinamos de los valores de parámetros de evaluación y peso de sus respectivos descriptores.

$$V_{\text{Parámetro de Evaluación}} * \text{Peso} = \text{Valor}$$

Tabla 103. Valores de los parámetros de evaluación y descriptores y su peso – flujo de detritos.

Parámetro de Evaluación		
Parámetro	Valor	Peso
Volumen, Altura de flujo, Velocidad máxima de flujo	0.503	0.20
	0.260	0.20
	0.134	0.20
	0.068	0.20
	0.035	0.20

Paso 5: Determinamos posteriormente el valor del nivel de peligrosidad realizando la suma del valor de susceptibilidad por su peso y el valor de los parámetros de evaluación y peso.

$$V_{\text{Susceptibilidad}} * \text{Peso} + V_{\text{Parámetro de Evaluación}} * \text{Peso} = \text{Valor}_{\text{Peligrosidad}}$$

Tabla 104. Determinación de valores de peligrosidad de flujo de detritos.

Peligro						
Susceptibilidad	Valor	Peso	Parámetro	Valor	Peso	Valor
Factores condicionantes y Factores desencadenantes	0.453	0.80	Volumen, Altura de flujo, Velocidad máxima de flujo	0.503	0.20	0.463
	0.283	0.80		0.260	0.20	0.278
	0.154	0.80		0.134	0.20	0.150
	0.072	0.80		0.068	0.20	0.071
	0.453	0.80		0.035	0.20	0.038

Todos los valores fueron calculados en una tabla Excel para luego ser pasados por métodos SIG en el Software ArcGIS 10.3, lo siguiente que se logró obtener fue una estratificación de peligros por flujo de detritos.

Como resultado final se obtuvo el mapa de peligrosidad por movimientos en masa. Obteniéndose los siguientes valores.

Tabla 105. Valores de peligrosidad por flujo de detritos.

Nivel de peligrosidad originando por flujo de detritos					
Nivel	Rangos				
MUY ALTO	0.280	≤	P	≤	0.460
ALTO	0.151	≤	P	<	0.280
MEDIO	0.071	≤	P	<	0.151
BAJO	0.044	≤	P	<	0.074

8.6.2. Nivel de peligrosidad para caída de rocas

Los parámetros usados para la evaluación del nivel de peligrosidad originados por movimientos en masa en la quebrada Kitamayo fueron: las pendientes, unidades litológicas, unidades geomorfológicas y cobertura vegetal, los mismos que actúan como factores condicionantes para generar geodinámica externa, también se usó el factor desencadenante como precipitación máxima – umbrales de precipitación y las aceleraciones sísmicas; finalmente se realizaron la ponderación de todos los parámetros anteriormente mencionados, estos tienen descriptores de acuerdo a la ocurrencia en la quebrada Kitamayo.

A continuación, realizamos el siguiente procedimiento del cálculo para el mapa de peligros.

Paso 1: Determinación de los parámetros condicionantes de evaluación para movimientos en masa (caída de rocas) y sus respectivos descriptores.

Tabla 106. Resumen de ponderación de los parámetros condicionantes y descriptores (caída de rocas).

Condicionantes	Valor	
Pendientes	Parámetro	0.8
	Descriptor	0.598
Unidades litológicas	Parámetro	0.8
	Descriptor	0.247
Unidades geomorfológicas	Parámetro	0.8
	Descriptor	0.100
Cobertura vegetal	Parámetro	0.8
	Descriptor	0.055

Paso 2: Determinamos el parámetro desencadenante de evaluación para movimientos en masa (flujo de detritos y caída de rocas) y sus respectivos descriptores.

$$V_Fac. \text{ Desencadenante} * \text{Peso} = \text{Valor}$$

Tabla 107. Ponderación de los parámetros desencadenante y descriptores – caída de rocas.

Desencadenante	Valor	
Precipitación Máxima	Parámetro	0.2
	Descriptor	0.8
Aceleración sísmica	Parámetro	0.2
	Descriptor	0.2

Paso 3: Determinación de la susceptibilidad la hallamos al sumar el, valor de los factores condicionantes por su peso más el valor de los factores desencadenantes por su peso respectivo.

$$V_Fac. Condicionantes * Peso + V_Fac. Desencadenante * Peso = Valor$$

Tabla 108. Valores de los factores condicionantes y los valores del factor desencadenante y su peso – caída de rocas.

Susceptibilidad						
Factores condicionantes	Valor	Peso	Factor desencadenante	Valor	Peso	valor
Pendientes, Unidades litológicas, Unidades geomorfológicas, Cobertura vegetal	0.598	0.8	Precipitación máxima (umbrales), Aceleración sísmica	0.453	0.2	0.447
	0.247	0.8		0.273	0.2	0.279
	0.100	0.8		0.170	0.2	0.160
	0.055	0.8		0.064	0.2	0.074

Paso 4: Determinamos de los valores de parámetros de evaluación y peso de sus respectivos descriptores.

$$V_{\text{Parámetro de Evaluación}} * \text{Peso} = \text{Valor}$$

Tabla 109. Valores de los parámetros de evaluación y descriptores y su peso – caída de rocas

Parámetro de Evaluación		
Parámetro	Valor	Peso
Calidad de macizo rocoso, Distancia de alcance máximo	0.437	0.30
	0.254	0.30
	0.168	0.30
	0.091	0.30
	0.049	0.30

Paso 5: Determinamos posteriormente el valor del nivel de peligrosidad realizando la suma del valor de susceptibilidad por su peso y el valor de los parámetros de evaluación y peso.

$$V_{\text{Susceptibilidad}} * \text{Peso} + V_{\text{Parámetro de Evaluación}} * \text{Peso} = \text{Valor}_{\text{Peligrosidad}}$$

Tabla 110. Determinación de valores de peligrosidad de caída de rocas.

Peligro						
Susceptibilidad	Valor	Peso	Parámetro	Valor	Peso	Valor
Factores condicionantes y Factores desencadenantes	0.447	0.70	Calidad de macizo rocoso y Distancia de alcance máximo	0.437	0.30	0.441
	0.279	0.70		0.254	0.30	0.262
	0.160	0.70		0.168	0.30	0.166
	0.074	0.70		0.091	0.30	0.086
	0.040	0.70		0.049	0.30	0.046

Todos los valores fueron calculados en una tabla Excel para luego ser pasados por métodos SIG en el Software ArcGIS 10.3, lo siguiente que se logró obtener fue una estratificación de peligros por caída de rocas.

Como resultado final se obtuvo el mapa de peligrosidad por movimientos en masa. Obteniéndose los siguientes valores.

Tabla 111. Valores de peligrosidad por caída de rocas

Nivel de peligrosidad originando por caída de rocas					
Nivel	Rangos				
MUY ALTO	0.262	≤	P	≤	0.441
ALTO	0.166	≤	P	<	0.262
MEDIO	0.086	≤	P	<	0.166
BAJO	0.046	≤	P	<	0.086

8.7. Estratificación del nivel de peligrosidad

8.7.1. Estratificación del nivel de peligrosidad

Se realizó una descripción de los peligros de acuerdo al nivel de peligrosidad, las zonas de peligro muy alto están simbolizadas por el color rojo, las zonas con peligro alto en color naranja, zonas con peligro medio identificado con color amarillo y zonas en peligro bajo con color verde para peligros por flujo de detritos.

Tabla 112. Estratificación del nivel de peligrosidad por flujo de detritos.

Nivel	Descripción
MUY ALTO	Este nivel presenta la susceptibilidad con las condicionantes geológicas considerando a las unidades geomorfológicas de cauce natural, laguna glacial, cono aluvial reciente y cárcavas consideradas como las más críticas, la litología de depósitos cuaternarios aluviales,

Nivel	Descripción
	fluvio glacial, y proluvial, con pendientes llanas a inclinadas de 0° a 7° y con formación geológica de acuíferos fisurados, se consideraron factores desencadenantes a las precipitaciones máximas en 24 hr. con valor de $17.6 \text{ mm} < RR \leq 26.3 \text{ mm}$ catalogado como muy lluvioso, se considera los parámetros de evaluación de volúmenes mayores a 60000 m ³ , tirante de altura de Mayores a 0.80 m y la velocidad mayor a 10.00 m/s , con elementos expuestos de población sus bienes y medios de vida, infraestructura de defensa ribereña, vías locales, puentes y áreas arqueológicas.
ALTO	Este nivel presenta la susceptibilidad con las condicionantes geológicas considerando a las unidades geomorfológicas de cono aluvial antiguo, morrenas laterales, vertiente, litología de depósito coluvio aluvial, aluvial, con pendientes inclinadas a moderadamente empinada de 7° a 14°, con formación geológica de acuíferos, se consideraron factores desencadenantes a las precipitaciones máximas en 24 hr. con valor de $17.6 \text{ mm} < RR \leq 26.3 \text{ mm}$ catalogado como muy lluvioso, se considera los parámetros de evaluación de volúmenes de 60000m ³ a 20000m ³ , tirante de altura de Mayores a 0.80 m y la velocidad mayor a 10.00 m/s, con elementos expuestos de población sus bienes y medios de vida, infraestructura de defensa ribereña, vías locales, puentes y áreas arqueológicas.
MEDIO	Este nivel presenta la susceptibilidad con las condicionantes geológicas considerando a la geomorfología de vertientes, litología de depósito coluvial, areniscas, lutitas, con pendientes empinadas de 14° a 25°, con formación geológica de acuítardos y acuicludos, se consideraron factores desencadenantes a las precipitaciones máximas en 24 hr. con valor de $17.6 \text{ mm} < RR \leq 26.3 \text{ mm}$ catalogado como muy lluvioso, se considera los parámetros de evaluación de volúmenes 20000m ³ a 10000m ³ , tirante de altura de Mayores a 0.80 m y la velocidad mayor a 10.00 m/s, con elementos expuestos de población sus bienes y medios de vida, infraestructura de defensa ribereña, vías locales, puentes y áreas arqueológicas.
BAJO	Este nivel presenta la susceptibilidad con las condicionantes geológicas considerando a la geomorfología Escarpa, Terraza fluvial, Ladera, Planicie, Plataforma, Crestas, Ladera alta, la litología de cuarcitas, areniscas cuarzosas Andesita, Andesita, Basalto, Brecha volcánica, con pendientes planas a fuertemente empinadas a escarpadas mayores a 35°, con formación geológica de acuífugos, se consideraron factores desencadenantes a las precipitaciones máximas diarias con valor de $17.6 \text{ mm} < RR \leq 26.3 \text{ mm}$ catalogado como muy lluvioso, se considera los parámetros de evaluación de volúmenes menores a 10000m ³ , tirante de altura de Mayores a 0.80 m y la velocidad mayor a 10.00 m/s , con elementos expuestos de población sus bienes y medios de vida, infraestructura de defensa ribereña, vías locales, puentes y áreas arqueológicas.

8.7.2. Estratificación del nivel de peligrosidad

Se realizó una descripción de los peligros de acuerdo al nivel de peligrosidad, las zonas de peligro muy alto están simbolizadas por el color rojo, las zonas con peligro alto en color naranja, zonas con peligro medio identificado con color amarillo y zonas en peligro bajo con color verde para peligros por caída de rocas.

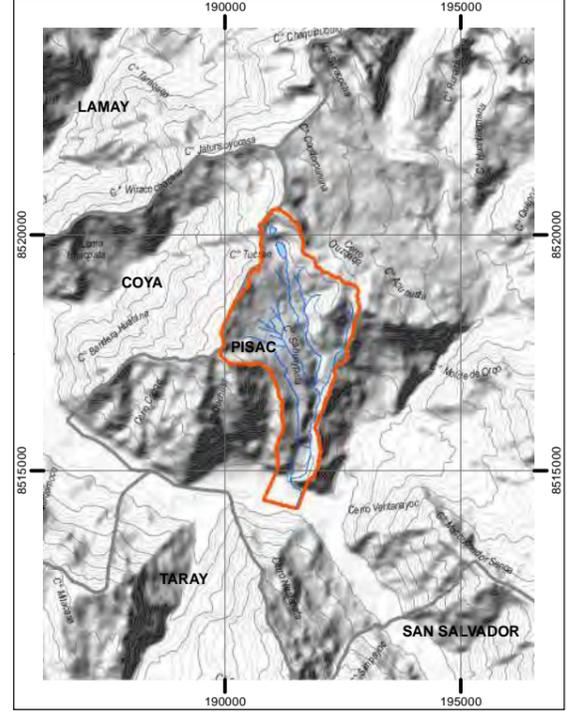
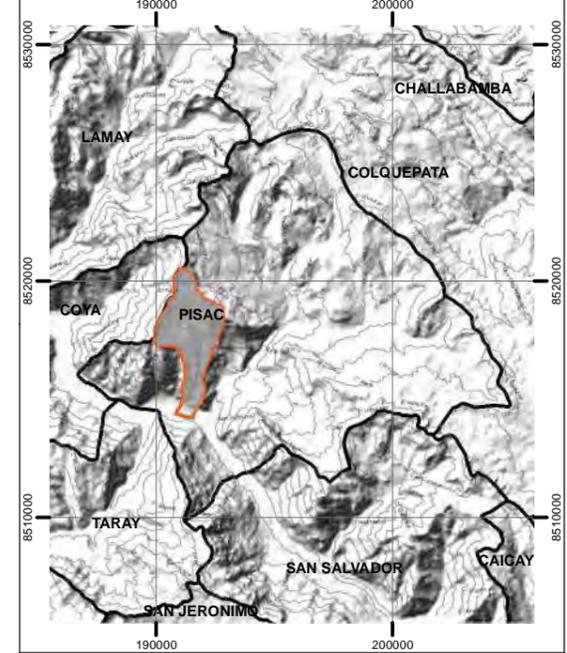
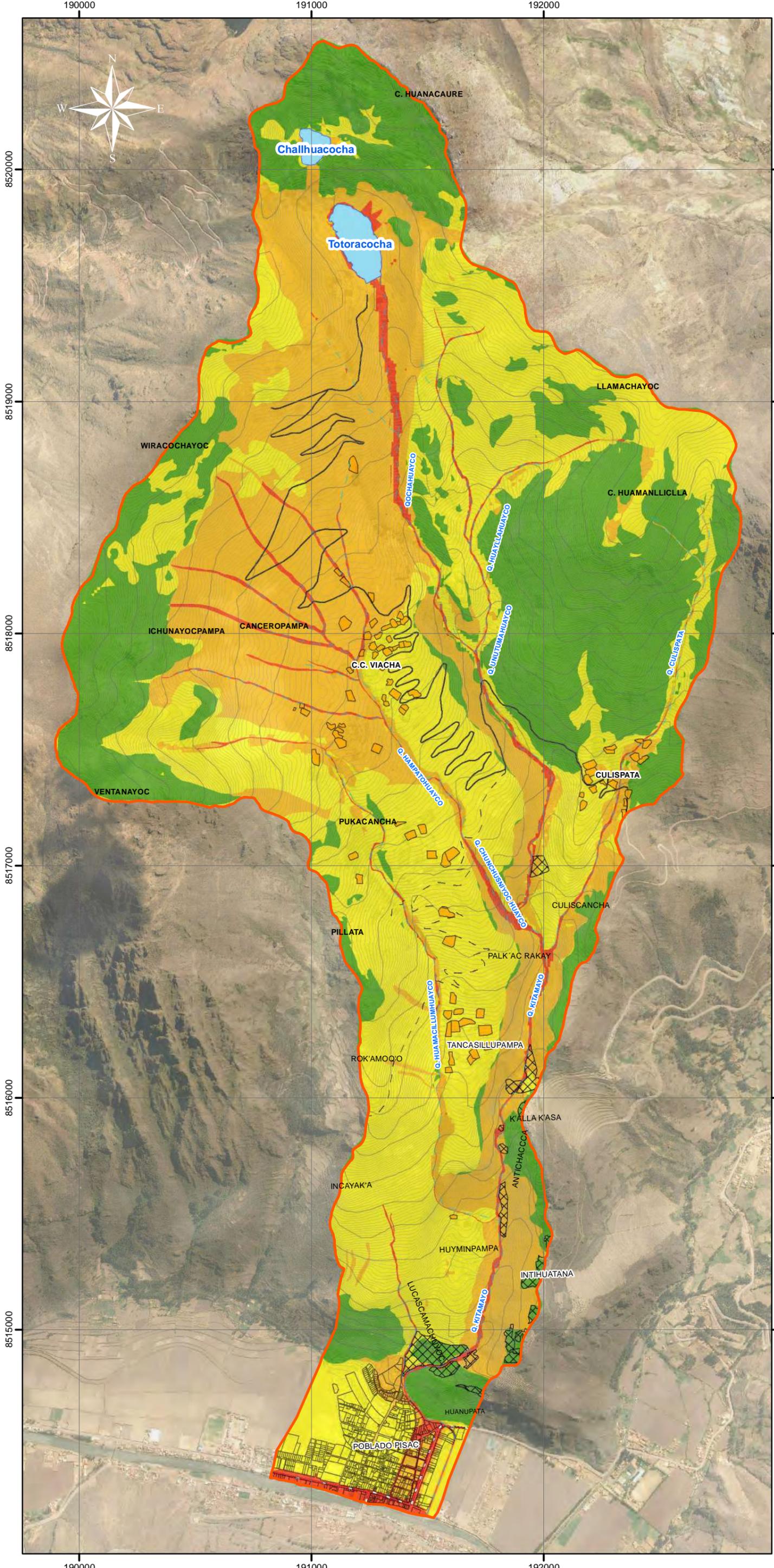
Tabla 113. Estratificación del nivel de peligrosidad por caída de rocas

Nivel	Descripción
MUY ALTO	Este nivel presenta la susceptibilidad con las condicionantes geológicas considerando a las pendientes fuertemente empinadas a escarpadas mayores a 35°, con litología de andesita, andesita, basalto, brecha volcánica, unidades geomorfológicas de crestas, escarpa, ladera alta consideradas como las más críticas, y cobertura vegetal de matorral arbustivo y vegetación escasa, desencadenados con umbrales de precipitaciones máximas en 24 hr con valor mayores $RR \leq 26.3$ mm catalogado como extremadamente lluvioso, y aceleraciones sísmicas mayores a 0.65 de percepción extremo a violento, con muy pobre calidad de macizo rocoso, con distancia de alcance máximo mayores a 100m y elementos expuestos de población, áreas arqueológicas y rutas turísticas.
ALTO	Este nivel presenta la susceptibilidad con las condicionantes geológicas considerando a las pendientes moderadamente empinadas a empinadas de 14° a 35°, con litología de cuarcitas, areniscas cuarzosas, arenisca, lutitas, unidades geomorfológicas de vertiente fluvio glaciario, vertiente coluvial, ladera media, carcavas, y cobertura vegetal de plantación forestal, desencadenados con umbrales de precipitaciones máximas en 24 hr con valores de $17.6 \text{ mm} < RR \leq 26.3 \text{ mm}$ catalogado como muy lluvioso, y aceleraciones sísmicas entre 0.18 a 0.65 de percepción severo a muy fuerte, con pobre a regular calidad de macizo rocoso con distancia de alcance máximo de 50m a 100m y elementos expuestos de población, áreas arqueológicas y rutas turísticas.
MEDIO	Este nivel presenta la susceptibilidad con las condicionantes geológicas considerando a las pendientes moderadamente inclinadas a inclinadas de 7° a 14°, con litología de depósitos coluviales, unidades geomorfológicas de cono aluvial antiguo, valle glaciario, morrenas, ladera baja, y cobertura vegetal de pajonal altoandino, agricultura andina, desencadenados con umbrales de precipitaciones máximas en 24 hr con valores de $8.2 \text{ mm} < RR \leq 17.6 \text{ mm}$ catalogado como lluvioso a moderadamente lluvioso, y aceleraciones sísmicas entre 0.0017 a 0.18 de percepción leve a fuerte, con buena calidad de macizo rocoso con

Nivel	Descripción
	distancia de alcance máximo de 5m a 50m y elementos expuestos de población, áreas arqueológicas y rutas turísticas.
BAJO	Este nivel presenta la susceptibilidad con las condicionantes geológicas considerando a las pendientes llanas a ligeramente inclinadas menores a 7°, con litología de depósito coluvio aluvial, depósito fluvial, depósito fluvio glaciar, depósito lacustre, depósito proluvial, unidades geomorfológicas de cauce natural, laguna glaciar, cono aluvial, planicie, plataforma, terraza fluvial y sin cobertura vegetal de superficies de área urbana, lagunas, desencadenados con umbrales de precipitaciones máximas en 24 hr con valores menores $RR \leq 8.2$ mm catalogado como poco lluvioso, y aceleraciones sísmicas menores a 0.0017 de percepción no apreciable, con excelente calidad de macizo rocoso con distancia de alcance máximo menores a 5m y elementos expuestos de población, áreas arqueológicas y rutas turísticas..

8.8. Mapa de peligro

8.8.1. Mapa de peligro por flujo de detritos



SIMBOLOGÍA :

Quebrada Kitamayo	Topografía
Red hidrográfica	Curva primaria
Quebrada	Curva secundaria
Laguna	Red vial
Centros poblados	Asfaltada
Área urbana	Trocha Carrozable
Área rural	Camino
Área arqueologica	

LEYENDA :

Nivel de Peligrosidad

BAJO
MEDIO
ALTO
MUY ALTO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

"IDENTIFICACION DE PELIGROS GEOLOGICOS POR GEODINAMICA EXTERNA EN LA QUEBRADA KITAMAYO, DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO 2022"

TÍTULO DE MAPA:
PELIGRO POR FLUJO DE DETRITOS

ELABORADO POR: Br. MAYSELA VALDIVIA CHAHUAYLLA Br. JHON ALBERT YUCRA OQUECCANO	SISTEMA DE COORDENADAS: PROYECCIÓN: UTM WGS 1984 ZONA: 19S
ASESOR: MGT. EDISON SANTIAGO MATTOS OJEDA	ESCALA: 1:16.500
UBICACIÓN: DISTRITO : Pisac PROVINCIA : Calca DEPARTAMENTO: Cusco	N° MAPA: MP - 07

Figura 31. Porcentaje de niveles de peligrosidad por flujo de detritos.

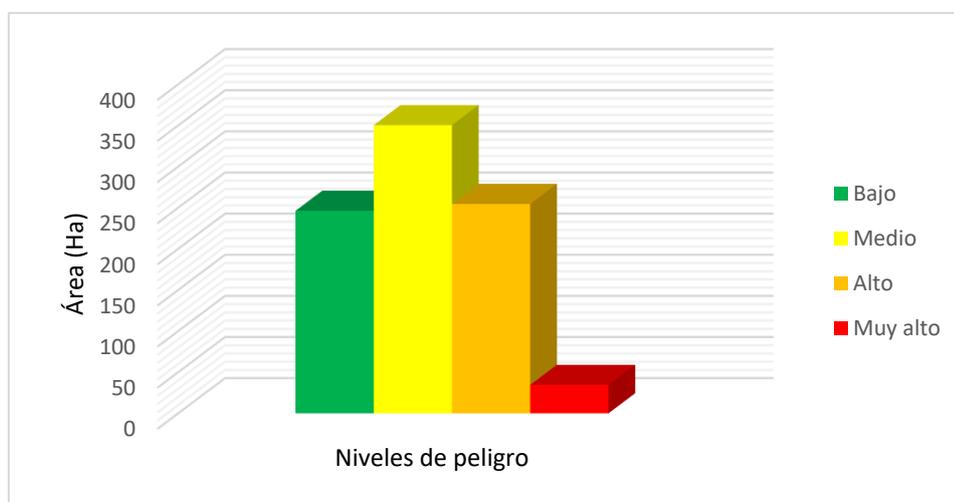


Tabla 114. Porcentaje de nivel de peligrosidad por flujo de detritos.

Nivel de peligro	Área (Ha)
Bajo	246.2
Medio	350.30
Alto	254.50
Muy alto	34.60
Total	885.60

8.8.2. Mapa de peligro por caída de rocas

Figura 33. Porcentaje de niveles de peligrosidad por caída de rocas.

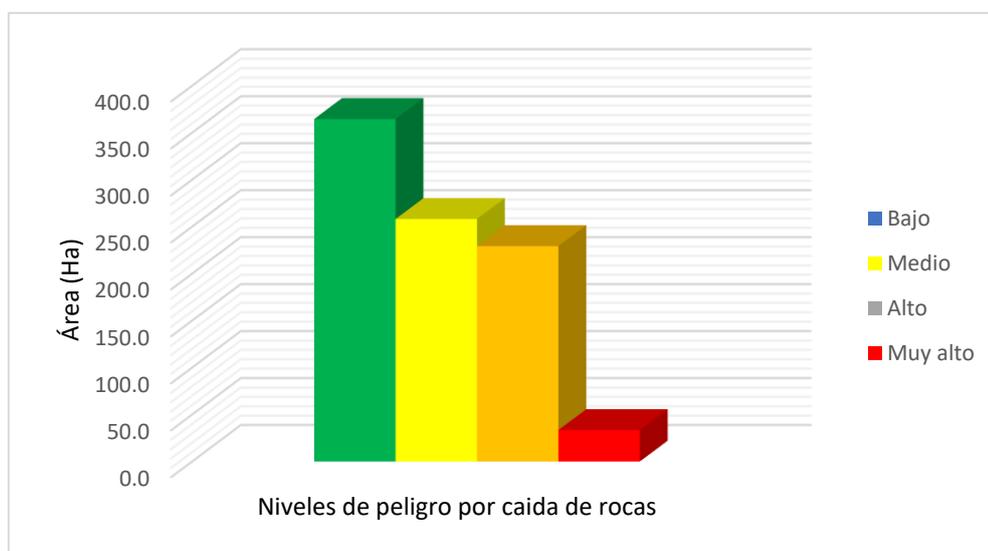


Tabla 115. Porcentaje de nivel de peligrosidad por caída de rocas.

Nivel de peligro	Área (Ha)
Bajo	364.6
Medio	258.2
Alto	229.3
Muy alto	33.5
Total	885.6

8.9. Análisis de elementos expuestos en zonas susceptibles

Se cuantificaron los elementos expuestos que se encuentran dentro del área de influencia del peligro por flujo de detritos y caída de rocas.

7Tabla 116. Elementos expuestos visualizados en el área de influencia.

Elementos expuestos				
N°	Elementos expuestos	Cant.	Unidad	Descripción
1	Áreas de equipamiento	32	4.59 has	Municipalidad (palacio municipal), Centro de salud Comisaria rural Áreas libres Áreas de recreación Áreas culturales Áreas comerciales Áreas religiosas Áreas arqueológicas Centros educativos Áreas verdes
2	Urbano - manzana	49	Manzana	Área urbana Pisac (viviendas, negocios)
3	Centros poblados	3	Sector	C.C. Viacha Sector Culispata Sector Tancasillupampa
4	Sitio arqueológico	18	Zonas	Andenes (Acchapata, Baños litúrgicos), muros incas.
5	Vías de comunicación	18.35	Km	Vías locales (calles y avenidas) Carretera asfaltada (1.83 km), Trocha carrozable (12.52 km) Puentes de concreto (12.51 m) Puentes rústicos (madera 40 m - zona arqueológica).
6	Estructuras de control	0.76	Km	Encausamiento de río Kitamayo, con muro de contención (300 m), bordeando el cerro intihuatana
7	Estructuras de reducción	1.29	Km	Disipadores con enrocado y rollizo

Fuente. Elaboración propia.

8.9.1. Dimensión social

La población potencial en el área de influencia, se caracteriza por tener una población con distintos grupos etarios, en su mayoría con todos los servicios básicos, con seguro de salud (SIS y EsSalud), participación de la población civil organizada moderada.

Las áreas con mayor susceptibilidad a ser afectadas en la quebrada Kitamayo por la geodinámica externa desencadenado por las precipitaciones pluviales, está presente en el poblado de Pisac y en el parque arqueológico que es concurrido tanto por visitantes, pobladores.

8.9.2. Dimensión económica

Las zonas susceptibles en cuanto a pérdidas económicas están ubicadas en el mismo poblado de Pisac, principalmente próximos a las calles Grau, Calle Kitamayo, Calle Mariscal Castilla y Av. Federico Zamalloa y en el recorrido de la Av. Amazonas. En las que se encuentran las infraestructuras (viviendas, centro de salud, comisaria, mercado de abastos, compañía de bomberos, negocios, puente, parques, jardín infantil, instituciones educativas, etc); las mismas que se tienen distintos materiales de construcción, con estado de conservación y niveles de edificación; variando sus ingresos mensuales familiares; Ya que el poblado de Pisac presenta un atractivo turístico. Los vestigios arqueológicos del parque de Intihuatana están presentes en distintos tramos y sectores de la quebrada Kitamayo.

8.9.3. Dimensión ambiental

Tanto la población en la comunidad campesina de Viacha y la población de Pisac que se encuentra en crecimiento, se evidencia que es insuficiente la recolección, manejo de clasificación de residuos sólidos, ya que aún existe la disposición de residuos sólidos y contaminación en cauces y en la quebrada Kitamayo; las que progresivamente conllevan a la colmatación y ocurrencia de peligros.

CONCLUSIONES

Primera. La quebrada Kitamayo está caracterizada geológicamente por rocas volcanosedimentarias, volcánicas moderadamente fracturada pertenecientes a la formación Pisac y formación Pachatusan; además de los depósitos cuaternarios fluvio glaciares en la parte alta de la quebrada Kitamayo, depósitos aluviales, coluvio aluvial, lacustre, proluvial. Geomorfológicamente está caracterizada por montañas en roca volcano-sedimentaria en mayor extensión, valle con laguna glaciario, vertiente o piedemonte coluvial, aluvial, crestas, planicies, morrenas, cárcavas en la parte alta y media de la quebrada Kitamayo y laderas, escarpas de pendientes empinadas a escarpadas mayores a 35° las que condicionan el desarrollo de la geodinámica externa.

Segunda. La quebrada Kitamayo cuenta con un caudal temporal, teniendo una forma de cuenca semi alargada, con un área total de 8.26 km², con pendiente promedio 25° ; con precipitaciones promedio mensual presente de 592.31 mm/mes.

Tercera. Los factores condicionantes de la geodinámica externa son: la geomorfología, geología, pendientes, hidrogeología y cobertura vegetal; desencadenados por factores hidrometeorológicos de precipitación y sísmica.

Cuarta. La quebrada Kitamayo presenta un peligro muy alto ante flujo de detritos (huaico) en el poblado de Pisac y caída de rocas en el sector de Palk'ac Rakay – Ancawachana, K'alla K'asa, Antichaca, Culispatahuayco, Wanuwunupata, al producirse lluvias extraordinarias, los cuales pueden generar junto con la erosión de riberas la colmatación del cauce natural y posterior flujo de detritos; provocando afectación y muchas pérdidas tanto económicas, patrimoniales y humanas. Los caudales máximos esperado en la quebrada Kitamayo son de 6.3 m³/seg, 11.9 m³/seg y 20.4 m³/seg, para

periodos de retorno de 30, 100 y 300 años; el volumen del flujo de detritos para periodos de retorno de 30, 100 y 300 años son 52,434.48 m³, 62.028.47m³ y 75,279.58m³. consecuentemente presentan áreas afectadas para intensidades media y alta para periodos de retorno 30, 100 y 300 años es de 78.651.72m², 93,042.71m² y 112,919.36m² respectivamente; las que afectaran al poblado de Pisac. El sector III, (Palk'ac Rakay - Ancawachana) siendo el sector más crítico con material fácilmente erosionable presenta un volumen estimado de 18120.73m³.

Quinta. Medidas de control como: cortinas de geomallas, mallas metálicas, estabilidad de taludes, mejoramiento de transitabilidad de rutas, mantenimiento, limpiezas de cauces, barreras, disipadores con enrocado, muros secos de rocas, zanjas de infiltración, forestación y reforestación. La cimentación de las edificaciones debe ser diseñada de modo que la presión de contacto (carga estructural del edificio entre el área de cimentación), sea inferior o cuando menos igual a la presión de diseño o capacidad portante admisible. Y los cálculos deben realizarse para la profundidad de cimentación. Para el caso de estructuras especiales como reservorios, tanques, silos, estructuras hidráulicas requieren de consideraciones adicionales como proximidad a los deslizamientos o caída de rocas.

RECOMENDACIONES

- Para el control de caídas de rocas con desquince de rocas, se recomienda las cortinas de geomallas, mallas metálicas de alta resistencia en el sector de Palk'ac Rakay – Ancawachana, K'alla K'asa, Antichaca, Culispatahuayco, Wanuwunupata, como también realizar la estabilidad de taludes y/o muros incas en la quebrada, los cuales están siendo afectadas por factores hidrometeorológicos en el sector Baños Litúrgicos, Huminpampa y andenes acchapata.
- Construcción de puente Kitamayo (altura de lecho, estribos) según datos de caudal, y volúmenes estimados para periodos de retorno de 100, 300 años.
- Realizar el monitoreo y un permanente trabajo de mantenimiento y limpieza periódica del cauce a fin de evitar la colmatación de la quebrada Kitamayo.
- Realizar levantamientos de fotogrametría y/o ortofotos de la quebrada Kitamayo en distintos años, para determinar volúmenes susceptibles a movimientos en masa.
- Sensibilizar a la población y realizar talleres en cuanto respecta a la gestión del riesgo para una buena actuación antes, durante y después del riesgo, para de esta manera incentivar una cultura de prevención para que todas las personas sean conscientes de las amenazas que enfrentan y establecer un sistema de alerta temprana (SAT). Los instrumentos de alerta temprana pueden ser desde los más simples (como pitos, bubucelas, radios, celulares, etc.) hasta los más sofisticados, de ser necesarios.
- No debe cimentarse sobre turbas, suelos orgánicos, desmonte o relleno sanitario. Estos son materiales inadecuados, por tanto, deberán ser removidos en su totalidad antes de construir la edificación y reemplazados con materiales seleccionados controlados de acuerdo a lo indicado en la norma E-050 Suelos y Cimentaciones del R.N.C.

- Realizar programas de forestación y reforestación con especies nativas en zonas erosionadas y en laderas con fuertes pendientes para de esta manera estabilizarlas en el sector de Huayllahuayco, como también considerar las áreas donde se encuentran las captaciones de agua, reservorios y tuberías de conducción de agua potable a efectos de proteger las infraestructuras de deslizamientos, flujo de detritos y/o caída de rocas.
- Evitar el arrojamiento sistemático de residuos sólidos en las riberas y cauces de ríos (botadero actual – sector Cancerospampa), a fin de evitar los efectos adversos por la alteración del comportamiento hidrodinámico de ríos y quebradas activas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Badillo , J., & Rodriguez, R. (2004). *Mecanica de suelos-Tomo 2: teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos*. Mexico: Limusa, S.A. de C.V. GRUPO NORIEGA EDITORES.
- Badillo, J., & Rodriguez, R. (2005). *Mecanica de suelos-Tomo 1: fundamentos de la mecánica de suelos*. Mexico: Limusa, S.A. de C.V. GRUPO NORIEGA EDITORES.
- Barrientos, C. W. (2019). *Peligro Sísmico en la Subcuenca del Cusco - Perú*. Cusco.
- Benavente, C., Delgado, F., Taipe, E., & Audin, L. &. (2013). *Neotectónica y peligro sísmico en la región Cusco [Boletín C 55]-Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET*. Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/296>
- Bernal, I., & Tavera, H. (2002). *Geodinámica, Sismicidad y Energía Sísmica en Perú-Instituto Geofísico del Perú*. Lima.
- Borrello, A. V. (1961). Los principios fundamentales de la geología histórica. *Revista de la Universidad*(15), 59-75.
- Carlotto Caillaux, V. S., Cárdenas Roque, J. D., & Carlier, G. (2011). Geología del cuadrángulo de Cusco 28-s - 1:50 000. *Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 138*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/99>
- Carlotto, V. G. (1996). *Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca. Hojas: 27-r y 27-s – [Boletín A 65]-INGEMEET*. Lima-Peru. Obtenido de <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/187>

Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones-Quinta edición*. México:

Limusa, S.A. de C.V. GRUPO NORIEGA EDITORES.

DAS, B. M. (2013). *FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA-Cuarta edición*.

Mexico: Ediciones OVA.

Franco, M. P., & Gonzalo, J. C. (2000). Taller de Petrología: Enseñanza de la Petrología con

el microscopio petrográfico. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 8, 38-47.

Gonzales de Vallejo, L. (2002). *Ingeniería geológica*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.

Instituto Geofísico del Perú . (2003). *Mapa de Zonificación Sísmica del Perú*. Lima.

Instituto Geofísico del Perú. (2019). *Aportes en investigación en Sismología para la gestión*

del riesgo de desastre en el año 2019. Informe Trimestral, Lima. Obtenido de

<http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/13801>

Instituto Geofísico del Perú Dirección De Sismología. (2001). *Catálogo sísmico del Perú*

1471-1982. Lima.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico-INGEMMET. (2020). *Evaluación de peligros*

geológicos por movimientos en masa-Informe Técnico;N° A7062. Lima-Peru.

Obtenido de <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2739>

Instituto Nacional de Defensa Civil. (2015). *Escenario de riesgo sísmico y movimiento en*

masa producido por la reactivación de la falla Tambomachay, provincia de Cusco-

Perú. Cusco.

Intituto Geofísico del Perú. (2022). *Mapa Sísmico del Perú Periodo 1960-2022*. Lima.

- Iriondo, M. H. (2007). *Introducción a la geología*. Editorial Brujas. Obtenido de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=4i1_97TIIyoC&oi=fnd&pg=PA5&dq=Iriondo,+M.+H.+\(2007\).+Introducci%C3%B3n+a+la+Geolog%C3%ADa.+Editorial+Brujas.&ots=g9mVoOMgc_&sig=JXmJwcmzhMaSE1SeJiSI_iduWE0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=4i1_97TIIyoC&oi=fnd&pg=PA5&dq=Iriondo,+M.+H.+(2007).+Introducci%C3%B3n+a+la+Geolog%C3%ADa.+Editorial+Brujas.&ots=g9mVoOMgc_&sig=JXmJwcmzhMaSE1SeJiSI_iduWE0#v=onepage&q&f=false)
- Jiménez Merino, W. A. (2015). *Cartografía de suelos con Cangahuas mediante teledetección en los Cantones de Cayambe, Pedro Moncayo y Pimampiro, Sierra Norte de Ecuador*.
- Monroy, M., & Bolaños, A. (2004). *Mapa de Ordenadas Espectrales*. Lima.
- Orozco Centeno, W. P., Branch Bedoya, J. W., & Jiménez Builes, J. A. (2014). Clasificación de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas en secciones delgadas a través programación estructurada. *Boletín de Ciencias de la Tierra*(36), 5-9.
- Rodríguez, P. F. (2008). *Módulo III: Recursos Hídricos*. Obtenido de <https://www.eoi.es/sites/default/files/savia/documents/componente45396.pdf>
- Tavera, H., Bernal, I., Condori, C., Ordaz, M., Zevallos, A., & Ishizawa, O. (2014). *Reevaluación del peligro sísmico probabilístico para el Perú*. Lima.

APÉNDICES Y ANEXOS



Fotografía 52. Primer punto del estudio de mecánica de suelos.



Fotografía 53. Ensayo del tercer punto (C-03) con PDC, en la zona de estudio.



Fotografía 54. Ensayo del octavo punto (C-08) con PDC, en la zona de estudio.



Fotografía 557. Ensayo del onceavo punto (C-11) con PDC, en la zona de estudio.

FICHA DESCRIPTIVA DE PUNTOS DE CAMPO							
CODIGO DE FICHA: PCG-001							
Provincia:	CALCA	Distrito:	PISAC	Quebrada:	KITAMAYO	Fecha:	11/02/2021
Este:	191294	Norte:	8514580	Altitud:	2983	Zona:	19L
Sector:	ACCHAPATA-CENTRO POBLADO DE PISAC					Datum:	WGS-84
Centro poblado:	CENTRO POBLADO DE PISAC					OBSERVACIONES	
Tipo de movimiento:	CONO PROLUVIAL (FLUJO DE DETRITOS)					Asentamiento humano sobre cono proluvial (centro poblado de Pisac), Acumulaciones de bloques, grava, arenas, limos con clastos redondeados, subredondeados.	
FACTORES CONDICIONANTES		FACTORES DESENCADENANTES					
Geomorfología: Laderas ligeramente empinadas a llanas con pendientes menores a 35°; Litología: rocas volcánicas sedimentarias y volcánicas.		Precipitaciones intensas, acción antrópica en parte alta de quebrada Kitamayo.					
FOTOGRAFIA IN-SITU:				FOTOGRAFIA PANORAMICA			
							

FICHA DESCRIPTIVA DE PUNTOS DE CAMPO							
CODIGO DE FICHA: PCG-002							
Provincia:	CALCA	Distrito:	PISAC	Quebrada:	KITAMAYO	Fecha:	11/02/2021
Este:	191620	Norte:	8514884	Altitud:	3132	Zona:	19L
Sector:	ANDENES ACCHAPATA					Datum:	WGS-84
Centro poblado:	INTIHUATANA-CENTRO POBLADO DE PISAC					OBSERVACIONES	
Tipo de movimiento:	EROSION, SOCAVAMIENTO (FLUJO DE DETRITOS)					Erosión y socavamiento de riberas por flujo de detritos, aporte sedimentario de gravas, arenas y limo-arcilla en lecho. Colapso de andenes incas.	
FACTORES CONDICIONANTES		FACTORES DESENCADENANTES					
Geomorfología: Laderas moderadamente empinadas a empinadas con pendientes de 14° a 25°; Litología: rocas volcánicas sedimentarias, volcánicas de andesitas y depósitos coluvio aluvial.		Precipitaciones intensas, en temporadas de lluvias.					
FOTOGRAFIA IN-SITU:				FOTOGRAFIA PANORAMICA			
							

FICHA DESCRIPTIVA DE PUNTOS DE CAMPO							
CODIGO DE FICHA: PCG-003							
Provincia:	CALCA	Distrito:	PISAC	Quebrada:	KITAMAYO	Fecha:	11/02/2021
Este:	191797	Norte:	8515444	Altitud:	3344.6	Zona:	19L
Sector:	WIÑINPAMPA					Datum:	WGS-84
Centro poblado:	INTIHUATANA					OBSERVACIONES	
Tipo de movimiento:	EROSIÓN, SOCAVAMIENTO (FUJO DE DETRITOS)					Erosión y socavamiento de riberas por flujo de detritos, abundante aporte sedimentario de gravas, y limo-arcilla en lecho.	
FACTORES CONDICIONANTES		FACTORES DESENCADENANTES					
Geomorfología: Laderas ligeramente empinadas a llanas con pendientes menores a 25°; Litología: de material coluvio aluvial de gravas, y limo-arcilla.		Precipitaciones intensas, acción antrópica en parte alta de quebrada Kitamayo.					
FOTOGRAFIA IN-SITU:				FOTOGRAFIA PANORAMICA			
							

FICHA DESCRIPTIVA DE PUNTOS DE CAMPO							
CODIGO DE FICHA: PCG-004							
Provincia:	CALCA	Distrito:	PISAC	Quebrada:	KITAMAYO	Fecha:	11/02/2021
Este:	191779	Norte:	8515465	Altitud:	3396.9	Zona:	19L
Sector:	WIÑINPAMPA					Datum:	WGS-84
Centro poblado:	INTIHUATANA					OBSERVACIONES	
Tipo de movimiento:	EROSIÓN, SOCAVAMIENTO (FLUJO DE DETRITOS)					Erosión y socavamiento de riberas por flujo de detritos, abundante aporte sedimentario de gravas, y limo-arcilla en lecho.	
FACTORES CONDICIONANTES		FACTORES DESENCADENANTES					
Geomorfología: Laderas ligeramente empinadas a llanas con pendientes menores a 25°; Litología: de material coluvio aluvial de gravas, y limo-arcilla.		Precipitaciones intensas, acción antrópica en parte alta de quebrada Kitamayo.					
FOTOGRAFIA IN-SITU:				FOTOGRAFIA PANORAMICA			
							

DENTIFICACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS POR GEODINÁMICA EXTERNA EN LA QUEBRADA KITAMAYO, DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO 2023

Valdivia Chahuaylla Maysela
Yucra Queccaño Jhon Albert

FICHA DESCRIPTIVA DE PUNTOS DE CAMPO							
CODIGO DE FICHA: PCG-005							
Provincia:	CALCA	Distrito:	PISAC	Quebrada:	KITAMAYO	Fecha:	11/02/2021
Este:	191821	Norte:	8515775	Altitud:	3422.8	Zona:	19L
Sector:	WIÑINPAMPA					Datum:	WGS-84
Centro poblado:	ANTICHACA					OBSERVACIONES	
Tipo de movimiento:	CAÍDA DE ROCAS					Caída de material-roca volcánica, fracturado hacia vertiente.	
FACTORES CONDICIONANTES			FACTORES DESENCADENANTES				
Geomorfología: Laderas empinadas a escarpadas con pendientes menores a 35°; Litología: rocas volcano sedimentarias y volcánicas.			Precipitaciones intensas, y procesos de meteorización en parte alta de quebrada Kitamayo.				
FOTOGRAFIA IN-SITU:				FOTOGRAFIA PANORAMICA			
							

DENTIFICACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS POR GEODINÁMICA EXTERNA EN LA QUEBRADA KITAMAYO, DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO 2023

FICHA DESCRIPTIVA DE PUNTOS DE CAMPO							
CODIGO DE FICHA: PCG-006							
Provincia:	CALCA	Distrito:	PISAC	Quebrada:	KITAMAYO	Fecha:	11/02/2021
Este:	191875	Norte:	8515989	Altitud:	3454.4	Zona:	19L
Sector:	ANTICHACA					Datum:	WGS-84
Centro poblado:	K'ALLA K'ASA					OBSERVACIONES	
Tipo de movimiento:	CAÍDA DE ROCAS					Afloramiento rocoso fracturado, de pendiente escarpada.	
FACTORES CONDICIONANTES			FACTORES DESENCADENANTES				
Geomorfología: Laderas empinadas a escarpadas con pendientes mayores a 35°; Litología: rocas volcano sedimentarias y volcánicas.			Precipitaciones intensas, y procesos de meteorización en parte alta de quebrada Kitamayo.				
FOTOGRAFIA IN-SITU:				FOTOGRAFIA PANORAMICA			
							

Valdivia Chahuaylla Maysela
Yucra Queccaño Jhon Albert

FICHA DESCRIPTIVA DE PUNTOS DE CAMPO							
CODIGO DE FICHA: PCG-007							
Provincia:	CALCA	Distrito:	PISAC	Quebrada:	KITAMAYO	Fecha:	11/02/2021
Este:	191916	Norte:	8516119	Altitud:	3447	Zona:	19L
Sector:	BAÑOS LITURGICOS Y DE PURIFICACION					Datum:	WGS-84
Centro poblado:	BAÑOS LITURGICOS Y DE PURIFICACION				OBSERVACIONES		
Tipo de movimiento:	EROSIÓN, SOCAVAMIENTO (FLUJO DE DETRITOS)					Erosión y socavamiento por flujo de detritos, abundante aporte sedimentario de gravas, arenas y limo-arcilla. Erosión de riberas y deterioro de andenes incas.	
FACTORES CONDICIONANTES		FACTORES DESENCADENANTES					
Geomorfología: Laderas ligeramente empinadas a llanas con pendientes menores a 35°; Litología: rocas volcano sedimentarias y volcánicas; material coluvio aluvial de gravas, y limo-arcilla.		Precipitaciones intensas, y procesos de meteorización en parte alta de quebrada Kitamayo.					
FOTOGRAFIA IN-SITU:				FOTOGRAFIA PANORAMICA			
							

FICHA DESCRIPTIVA DE PUNTOS DE CAMPO							
CODIGO DE FICHA: PCG-008							
Provincia:	CALCA	Distrito:	PISAC	Quebrada:	KITAMAYO	Fecha:	11/02/2021
Este:	191931	Norte:	8516346	Altitud:	3483.3	Zona:	19L
Sector:	P'ALKACACAY					Datum:	WGS-84
Centro poblado:	TANCASILLU				OBSERVACIONES		
Tipo de movimiento:	QUEBRADA ACTIVA, EROSIÓN, SOCAVAMIENTO (FLUJO DE DETRITOS)					Quebrada con aporte de cantos angulosos a sub redondeados, gravas, arenas y limos. Erosión de riberas.	
FACTORES CONDICIONANTES		FACTORES DESENCADENANTES					
Geomorfología: Laderas ligeramente empinadas a inclinadas con pendientes menores a 35°; Litología: rocas volcano sedimentarias y volcánicas; material coluvio aluvial de gravas, y limo-arcilla.		Precipitaciones intensas, y procesos de meteorización en parte alta de quebrada Kitamayo.					
FOTOGRAFIA IN-SITU:				FOTOGRAFIA PANORAMICA			
							

DENTIFICACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS POR GEODINÁMICA EXTERNA EN LA QUEBRADA KITAMAYO, DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO 2023

Valdivia Chahuaylla Maysela
Yucra Queccaño Jhon Albert

FICHA DESCRIPTIVA DE PUNTOS DE CAMPO							
CODIGO DE FICHA: PCG-009							
Provincia:	CALCA	Distrito:	PISAC	Quebrada:	KITAMAYO	Fecha:	11/02/2021
Este:	191970	Norte:	8516416	Altitud:	8516416	Zona:	19L
Sector:	P'ALKAC RACAY					Datum:	WGS-84
Centro poblado:	TANCASILLU					OBSERVACIONES	
Tipo de movimiento:	EROSIÓN, SOCAVAMIENTO (FLUJO DE DETRITOS)					Erosión y socavamiento por flujo de detritos, abundante aporte sedimentario de gravas, arenas y limo-arcilla. Laderas escarpadas.	
FACTORES CONDICIONANTES		FACTORES DESENCADENANTES					
Geomorfología: Laderas ligeramente empinadas a inclinadas con pendientes menores a 35°; Litología: rocas volcano sedimentarias y volcánicas; material coluvio aluvial de gravas, y limo-arcilla.		Precipitaciones intensas, y procesos de meteorización en parte alta de quebrada Kitamayo.					
FOTOGRAFIA IN-SITU:				FOTOGRAFIA PANORAMICA			
							

FICHA DESCRIPTIVA DE PUNTOS DE CAMPO							
CODIGO DE FICHA: PCG-010							
Provincia:	CALCA	Distrito:	PISAC	Quebrada:	KITAMAYO	Fecha:	11/02/2021
Este:	191795	Norte:	8516862	Altitud:	3649	Zona:	19L
Sector:	PALK'AC RACAY					Datum:	WGS-84
Centro poblado:	TANCASILLUPAMPA					OBSERVACIONES	
Tipo de movimiento:	EROSIÓN, SOCAVAMIENTO (FLUJO DE DETRITOS)					Erosión y socavamiento de riberas por flujo de detritos, abundante aporte sedimentario de gravas, arenas y limo-arcilla en lecho.	
FACTORES CONDICIONANTES		FACTORES DESENCADENANTES					
Geomorfología: Laderas empinadas a escarpadas con pendientes mayores a 35°; Litología: rocas volcano sedimentarias y volcánicas; material coluvio aluvial de gravas, y limo-arcilla.		Precipitaciones intensas, y procesos de meteorización en parte alta de quebrada Kitamayo					
FOTOGRAFIA IN-SITU:				FOTOGRAFIA PANORAMICA			
							

DENTIFICACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS POR GEODINÁMICA EXTERNA EN LA QUEBRADA KITAMAYO, DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO 2023

Valdivia Chahuaylla Maysela
Yucra Queccaño Jhon Albert

FICHA DESCRIPTIVA DE PUNTOS DE CAMPO							
CODIGO DE FICHA: PCG-011							
Provincia:	CALCA	Distrito:	PISAC	Quebrada:	KITAMAYO	Fecha:	11/02/2021
Este:	191764	Norte:	8517766	Altitud:	3925.3	Zona:	19L
Sector:	CULISPATAHUAYCO					Datum:	WGS-84
Centro poblado:	CULISPATA					OBSERVACIONES	
Tipo de movimiento:	CAÍDA DE ROCAS					Caída de material - afloramiento, bloques y suelos, hacia el cauce del río.	
FACTORES CONDICIONANTES			FACTORES DESENCADENANTES				
Geomorfología: Laderas empinadas a escarpadas con pendientes mayores a 35°; Litología: rocas volcano sedimentarias y volcánicas.			Precipitaciones intensas, y procesos de meteorización en parte alta de quebrada Kitamayo.				
FOTOGRAFIA IN-SITU:				FOTOGRAFIA PANORAMICA			
 <p>21 oct. 2021 17:17:41 19L 191814 8517717 Altitud: 3846.4m Velocidad: 0.7km/h</p>				 <p>21 oct. 2021 17:13:51 19L 191772 8517759 Altitud: 3911.0m Velocidad: 0.0km/h</p>			

DENTIFICACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS POR GEODINÁMICA EXTERNA EN LA QUEBRADA KITAMAYO, DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO 2023

Valdivia Chahuaylla Maysela
Yucra Queccaño Jhon Albert

Título: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS POR GEODINÁMICA EXTERNA EN LA QUEBRADA KITAMAYO, DISTRITO DE PISAC, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO 2022.

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensión o nivel	Indicador	Método
General	General	General	Peligros geológicos.	Riesgo geológico.	Cantidad de pérdidas y probabilidad de ocurrencia de un peligro.	Enfoque: Cuantitativo Diseño: no experimental Alcance: Descriptivo con connotación explicativa Población: Quebrada Kitamayo.
¿Cuáles son los peligros geológicos por geodinámica externa que se produce en la quebrada Kitamayo, ubicado en el distrito de Pisac?	Identificar los peligros geológicos por geodinámica externa que se produce en la quebrada Kitamayo, distrito de Pisac, Provincia de Calca, Cusco.	Los peligros geológicos por movimientos en masas (flujo de detritos, deslizamientos y caídas de rocas), a los cuales está expuesto la quebrada Kitamayo, están condicionados por la geología, geomorfología y pendiente, que son desencadenados por precipitaciones, acción antrópica, y actividad sísmica producto de fallas cercanas.		Peligro y vulnerabilidad	Nivel de amenaza del peligro y grado de resistencia y/o exposición frente a la ocurrencia de un peligro.	
				Flujo de detritos y deslizamientos.	Cantidad de área afectada y nivel de gravedad de los daños.	
Específicos	Específicos	Específicos	Geodinámica externa.	Características geológicas, geomorfológicas, geodinámicas y geotécnicas.	Litoestratigrafía, formaciones geológicas, geotectónica. Unidades geomorfológicas y fisiográficas. Pendientes. Estructuras geológicas, Neotectónica. Perfiles estratigráficos, capacidad portante de suelos, clasificación de suelos y licuefacción.	
1) ¿Cuáles son las características geológicas y geomorfológicas en las zonas susceptibles a movimientos en masa en la quebrada Kitamayo, distrito de Pisac?	1) Determinar las características geológicas y geomorfológicas en las zonas susceptibles a movimientos en masa en la quebrada Kitamayo, distrito de Pisac, Provincia de Calca, Cusco.	1) Por las características de las rocas volcánicas, volcansedimentarias, depósitos y geoformas, generan zonas susceptibles a movimientos en masa en la quebrada Kitamayo en vías de activación o reactivación.		Parámetros hidrometeorológicos.	Características morfométricas de la quebrada, Precipitación, clima, temperatura, evapotranspiración, escorrentía humedad e hidrodinámica.	
				Flujo de aguas subterráneas y flujo de aguas superficiales	Caudales en los cauces de la quebrada e inventario de aguas subterráneas e hidrometría, hidroquímica.	

2) ¿Cuáles son las características hidrometeorológicas en la quebrada Kitamayo, distrito de Pisac?	2) Determinar los principales parámetros hidrometeorológicos en la quebrada Kitamayo.	2) La quebrada Kitamayo presenta densidad de drenaje baja, con una respuesta rápida frente a la evacuación de aguas pluviales, además de precipitaciones moderadas que se presentan en las temporadas de lluvias. información para generar los diseños necesarios.	
3) ¿Cuáles son los factores que generan la ocurrencia de los peligros por geodinámica externa en la quebrada Kitamayo?	3) Determinar los factores que generan la ocurrencia de los peligros por geodinámica externa de la quebrada Kitamayo.	3) La quebrada Kitamayo está condicionada por la geología, geomorfología y pendientes, desencadenados por las precipitaciones y aceleraciones sísmicas generan la ocurrencia de flujo de detritos, caída de rocas logrando así la afectación a la población y sus medios de vida.	
4) ¿Cuáles son los sectores expuestos - zonificar de peligros por movimientos en masa?	4) Determinar y zonificar los sectores expuestos a los peligros por movimientos en masa en la quebrada Kitamayo.	4) La quebrada Kitamayo representa un alto peligro por movimiento en masa de flujo de detritos y caída de rocas en sectores expuestos de la población de Pisac y parque arqueológico.	
5) ¿Cuáles son las medidas de prevención y de reducción estructural y no estructural en la quebrada Kitamayo, distrito de Pisac?	5) Determinar las medidas preventivas y de reducción estructural y no estructural en la quebrada Kitamayo.	5) La quebrada Kitamayo no presentan las medidas preventivas tendientes a mitigar futuros desastres a nivel de la quebrada a través de la formulación de proyectos como: la protección de cauces, estabilización de laderas en las zonas más vulnerables, delimitación de las fajas marginales y otras que se encuentren en el marco de conservación y restauración del patrimonio arqueológico.	