

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**EVALUACION DE RIESGO GEOLOGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA
QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA,
PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023**

PRESENTADO POR:

Bach. CLEIVER HUANCA VILLEGAS

**PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL
DE INGENIERO GEOLOGO**

ASESOR:

ING. RUPERTO BENAVENTE VELASQUEZ

CUSCO – PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada:.....
EVALUACION DE RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN
LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA,
PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023.....

presentado por: CLEIVER HUANCA VILLEGAS con DNI Nro.: 76196976 presentado
por: con DNI Nro.: para optar el
título profesional/grado académico de INGENIERO GEÓLOGO.....

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.	<input checked="" type="checkbox"/>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	<input type="checkbox"/>
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.	<input type="checkbox"/>

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, 26 de DICIEMBRE de 2024



Firma
Post firma RUPERTO BENAVENTE VELÁSQUEZ

Nro. de DNI 23890939

ORCID del Asesor 0000 - 0003 - 3686 - 3919

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** 27259 : 418839984

Cleiver Huanca

Evaluación de Riesgo Geológico por Flujo de Detritos en la Quebrada

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:418839984

Fecha de entrega

26 dic 2024, 9:54 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

26 dic 2024, 10:01 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

Tesis Huanca, Cleiver.pdf

Tamaño de archivo

3.8 MB

295 Páginas

61,747 Palabras

336,974 Caracteres

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)
- Fuentes de Internet
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

Exclusiones

- N.º de coincidencia excluida

Fuentes principales

- 0%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
50 caracteres sospechosos en N.º de página
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Con un corazón repleto de amor, agradecimiento, quiero dedicar este trabajo a cada uno de mis familiares y amigos, quienes han sido la fuerza para poder vencer cada reto y progresar. Es un gran orgullo para mí poder brindarles este logro, que he conseguido gracias al esfuerzo, la dedicación y la labor incesante.

A mi amada madre, Felicitas Villegas Ñahue, y a mi inolvidable Mamagrande, Juana Ñahue Luque, quienes son y serán siempre el motor de mi vida y las raíces de mi identidad. Ellas representan para mí no solo una fuente de inspiración, sino también el orgullo y la motivación de ser la mejor versión de mí mismo. Aunque ya no estén físicamente, sé que desde el cielo continúan guiando cada uno de mis pasos y cuidando de mí con el mismo amor de siempre.

A mi amada pareja, Ruth Analy Flores Islachin, compañera y confidente, cuyo amor y comprensión me han dado la fortaleza para superar las dificultades y mantener firme mi propósito. Su fe en mí me ha permitido crecer y alcanzar este momento tan significativo. Y a mi querida hermana, Yukio Huanca Villegas, cuya confianza y apoyo constantes han sido una de las razones que me llenan de orgullo al completar esta etapa. Su presencia en mi vida me recuerda el valor de la familia y me da la energía para seguir adelante.

Finalmente, a toda mi familia extendida: mis tíos, primos y todos aquellos que han estado presentes en esta travesía, gracias por creer en mí, por brindarme su aliento en cada momento y por permitirme ser una fuente de orgullo para ustedes. Este logro también es suyo, pues sin su apoyo, este camino habría sido mucho más difícil de recorrer.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco profundamente a mi papito Dios, quien me ha dado la fortaleza, la perseverancia y la fe para superar cada desafío y culminar este trabajo. Sin su guía constante y sin su presencia en mi vida, este logro no habría sido posible.

A mis amigos, compañeros y docentes, quienes han estado a mi lado a lo largo de este proceso, les expreso mi más sincero agradecimiento. Ustedes se han convertido en verdaderos pilares de apoyo, brindándome su ayuda y acompañándome no solo en mi formación académica y profesional, sino también en mi desarrollo personal. A mis familiares y amigos, quienes en los momentos más difíciles no dudaron en darme su confianza y apoyo incondicional, les agradezco por creer en mí y por animarme a continuar en cada paso del camino.

Al amor de mi vida (Mi hija) Rouss Emily Huanca Flores, quien ha sido mi inspiración y el motor que me impulsa a ser mejor cada día. Su apoyo y amor han sido fundamentales para mí y son la fuente de energía que me permite enfrentar cualquier adversidad. Gracias a ella, tengo la motivación de luchar por un futuro compartido y de construir juntos una vida llena de sueños y esperanzas.

A mi amada pareja, Ruth Analy Flores Islachin, y a mi querida hermana, Yukio Huanca Villegas, quienes representan para mí una fuente constante de fortaleza y cariño. También a mi padre, Andrés Huanca Sucso, por sus palabras de aliento y por enseñarme a nunca rendirme, recordándome siempre la importancia de la perseverancia y el valor de luchar por mis ideales. Su amor y apoyo me han permitido mantenerme firme en mis objetivos, incluso cuando el camino se tornaba complicado.

Un agradecimiento especial a mi asesor de tesis, el Mgt. Ing. Ruperto Benavente Velásquez, cuyo apoyo y orientación constantes fueron de inmenso valor para el desarrollo de

este proyecto. Su paciencia, conocimiento y dedicación me brindaron la confianza y claridad necesarias para completar esta etapa. A mis grandes amigos, Uriel Ccama Rodríguez y Edison Champi Huarancca, quienes han estado a mi lado con un respaldo incondicional durante la elaboración de este trabajo de investigación.

También quiero agradecer al Ing. Greg Gilberto Barreda del Arroyo, quien me ofreció un apoyo y soporte técnico invaluable en el desarrollo de esta tesis. Su orientación fue fundamental para mí en los momentos más desafiantes, y su generosidad al compartir su conocimiento es algo que valoro profundamente.

A mi primera Casa de Estudios, la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, mi hogar académico, y a mi Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, por brindarme la educación y las herramientas necesarias para alcanzar esta meta. Agradezco profundamente a cada uno de mis docentes, quienes con su experiencia, paciencia y dedicación me acompañaron en este proceso de aprendizaje y crecimiento, dejando una huella en mi vida profesional.

A mis compañeros y amigos, tanto los presentes como aquellos con quienes compartí este viaje en el pasado, les estoy profundamente agradecido. Compartieron sus conocimientos, sus alegrías y sus desafíos, y juntos enfrentamos los momentos difíciles y celebramos los logros. Sin esperar nada a cambio, me ofrecieron su apoyo y su amistad a lo largo de estos cinco años de formación, siendo testigos y partícipes de esta importante etapa de mi vida.

A todas estas personas que de una u otra manera estuvieron presentes en mi camino, les dedico este logro con todo mi corazón. Este éxito no solo es mío; también pertenece a cada uno de ustedes, quienes me han brindado su amor, su apoyo y su confianza.

Cleiver Huanca Villegas

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xxx
INTRODUCCIÓN	31
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES	32
1.1. UBICACIÓN	32
1.1.1. UBICACIÓN POLITICA	32
1.1.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA.....	32
1.2. ACCESIBILIDAD	32
1.3. CLIMA.....	34
1.6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	36
1.6.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMÁ.....	36
1.6.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	38
1.7. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	39
1.7.1. OBJETIVO GENERAL.....	39
1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	39
1.8. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	39
1.9. HIPÓTESIS.....	40
1.9.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	40
1.9.2 HIPÓTESIS ESPECIFICO	41
1.10. MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL.....	42
1.10.1. MARCO TEÓRICO (ANTECEDENTES).....	42
1.10.1.1. ANTECEDENTES LOCALES	42
1.10.1.2. ANTECEDENTES REGIONALES	46
1.10.1.3. ANTECEDENTES NACIONALES	49
1.10.1.4. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	54
1.10.2. MARCO CONCEPTUAL	55

1.11. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES	61
1.11.1. VARIABLES	61
1.11.1.3. OPERACIÓN DE VARIABLES	62
1.12. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	63
1.12.1. TIPO DE INVESTIGACION	63
1.12.2. DISEÑO DE INVESTIGACION	63
ETAPA DE CAMPO II	64
1.12.1.2.3. ETAPA DE POST-CAMPO	65
1.12.2.2. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN	65
1.12.2.2.1. TÉCNICAS	65
1.10.2.2.2. EQUIPOS.....	65
1.10.2.2.3. MATERIALES	65
1.10.2.2.4. LABORATORIO	66
CAPITULO III: CARACTERISTICAS GEOLOGICAS.....	67
3.1. GEOLOGIA.....	67
3.1.1. GEOLOGIA REGIONAL	69
3.1.1.1. GRUPO MITU: PERMIANO SUPERIOR-TRÍASICO INTERIOR (PATJ-M)	69
3.1.1.2. GRUPO COPACABANA	70
3.1.1.3. FORMACIÓN MUÑANI (Eoceno)	72
3.1.2. GEOLOGIA LOCAL.....	72
3.1.2.1. GRUPO MITU (PET-M)	73
3.2.2. GRUPO COPACABANA	74
3.2.3. FORMACIÓN MUÑANI	75
3.2.4. DEPOSITOS COLUVIALES	77
3.2.5. DEPOSITOS ALUVIALES	78
3.2.6. DEPOSITOS ALUVIALES - FLUVIALES	80

CAPITULO IV: CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS	83
4.1. GEOMORFOLOGIA REGIONAL	83
4.1.1. CORDILLERA DE VILCABAMBA	83
4.1.2. VERTIENTE NORTE DE LA CORDILLERA DE VILCABAMBA	84
4.2. GEOMORFOLOGIA LOCAL	85
4.2.1. UNIDAD DE MONTAÑAS	86
CAPITULO V: TOPOGRAFIA Y PENDIENTE.....	91
5.1. TOPOGRAFIA	91
5.2. PENDIENTE.....	97
CAPITULO VI. GEOTECTONICA Y GEOLOGIA ESTRUCTURAL	99
6.1. GENERALIDADES	99
6.1.1. GEOTECTONICA ESTRUCTURAL REGIONAL	99
6.1.2. GEOTECTONICA ESTRUCTURAL LOCAL.....	100
6.1.2.1. SISTEMA DE FALLAS OLLANTAYTAMBO-VILCABAMBA-QUIMBIRI	101
CAPITULO VII. HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA	107
7.1. GENERALIDADES	107
7.1.1. HIDROLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO	107
7.1.1.1. REGIONALIZACIÓN DE PARÁMETROS CLIMÁTICOS	107
7.1.1.2. REGIONALIZACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN	108
7.1.1.3. CÁLCULO DE FACTOR DE INFLUENCIA TOTAL DE TRES ESTACIONES METEOROLÓGICAS	112
7.1.1.4. PARÁMETROS FISICOS DE LA MICROCUENCA HUAYCHAUMARCA	113
7.1.1.5. REGIONALIZACION DE DATOS.....	126
7.1.1.7. ORDEN Y TIPO DEL DRENAJE DE LA MICROCUENCA HUAYCHAUMARCA.....	131
7.1.2. HIDROGEOLOGIA DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	135

7.1.2.1. UNIDADES HIDROGEOLOGICAS	136
7.1.2.1.1. ACUIFEROS	136
7.1.2.1.2. ACUITARDOS	136
7.1.2.1.3. ACUICLUDOS	137
7.1.2.2. ENSAYO DE PERMEABILIDAD	139
CAPITULO VIII: GEOTECNIA	140
8.1. GENERALIDADES	140
8.1.6. ESTUDIO DE SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE HABASPATA	141
8.2. ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS (EMS)	145
8.2.1. POZOS O CALICATAS Y TRINCHERAS (ASTM D 420).....	145
8.2.2. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE SUELOS (ASTM D2488).....	146
8.2.3. ENSAYO DE DENSIDAD NATURAL (MTC E117-AASHTO T 191-93, ASTM D1556)	146
8.3. PERFIL ESTATIGRAFICO DE LOS SUELOS C.P. HABASPATA.....	148
8.4. NIVEL FREÁTICO.....	166
8.5. DETERMINACION DE CBR DE TERRENO.....	166
8.1.7. ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE PUCYURA	172
8.1.7.3. PERFIL ESTRATIGRAFICO DE LOS SUELOS C.P. PUCYURA	173
CAPITULO XI: GEODINAMICA.....	181
9.1. GEODINAMICA INTERNA (SISMICIDAD)	181
9.2. GEODINAMICA EXTERNA	186
9.2.1. GEODINAMICA EXTERNA REGIONAL.....	186
9.2.1. GEODINAMICA EXTERNA LOCAL.....	186
9.2.1.5. FACTORES CONDICIONANTES DE GEODINAMICA EXTERNA	199
9.2.1.6. FACTORES DETONANTES O DESENCADENANTES DE GEODINAMICA EXTERNA	200
CAPITULO X: DETERMINACION DEL PELIGRO.....	202

10.1. GENERALIDADES	202
10.2. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL PELIGRO.....	203
10.3. DETERMINACION DEL AMBITO DE ESTUDIO	204
10.4. RECOPIACION Y ANALISIS DE LA INFORMACION	205
10.5. IDENTIFICACION Y EVALUACION DEL PELIGRO.....	206
10.6. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PELIGRO	208
10.6.1. FLUJO DE DETRITOS	209
10.6.1.1. EVALUACIÓN DE PELIGRO POR FLUJO DE DETRITOS.....	209
10.6.1.2. SUSCEPTIBILIDAD DEL ÁMBITO DE ESTUDIO ANTE PELIGRO DE FLUJO DETRITOS	210
10.6.1.3. PARAMETROS DE EVALUACION DEL PELIGRO POR FLUJO DE DETRITOS	211
10.6.1.4. FACTORES CONDICIONENTES	213
10.6.1.4. FACTORES DESENCADENANTES.	222
10.6.1.5. DEFINICION Y ESTRATIFICACION DEL NIVEL DE PELIGRO POR FLUJO DE DETRITOS	224
10.6.1.6. IDENTIFICACION DE ELEMENTOS EXPUESTOS.....	225
10.6.1.7. ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD POR FLUJO DE DETRITOS	226
CAPITULO XI: ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD.....	228
11.1. METODOLOGIA PARA EL ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD.....	228
11.2. DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD	229
11.3. ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD	230
11.3.1. VULNERABILIDAD SOCIAL.....	230
11.3.1.1. ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL.....	230
11.3.2. VULNERABILIDAD ECONÓMICA	241
11.3.3. VULNERABILIDAD AMBIENTAL	249
11.3.3.1. ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD AMBIENTAL.....	249

11.4. ESTRATIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD.....	262
CAPÍTULO XII: CÁLCULO DE LOS NIVELES DE RIESGO	265
12.1. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE RIESGO	265
12.2. DEFINICIÓN Y ESTRATIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS.....	265
12.3. ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS	267
CAPITULO XIII: CONTROL DEL RIESGO.....	269
13.1. ACEPTABILIDAD O TOLERANCIA DE RIESGOS	271
13.1.1. VALORACION DE LAS CONSECUENCIAS	272
13.1.2. VALORACION DE LA FRECUENCIA DE RECURRENCIA.....	272
13.1.3. NIVEL DE CONSECUENCIA Y DAÑO (MATRIZ).....	273
13.1.4. MEDIDAS CUALITATIVAS DE CONSECUENCIAS Y DAÑOS	274
13.1.5. ACEPTABILIDAD Y TOLERANCIA DEL RIESGO.....	275
13.1.6. MATRIZ DE ACEPTABILIDAD Y/O TOLERANCIA DEL RIESGO	275
13.2. MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS DESASTRES	277
13.2.1. MEDIDAS DE ORDEN ESTRUCTURAL.....	277
13.2.2. MEDIDAS DE ORDEN NO ESTRUCTURALES	281
COCLUSIONES	285
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	292
ANEXOS	294

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Ubicación política</i>	32
Tabla 2. <i>Ubicación en coordenadas UTM de la Quebrada Huaychaumarca</i>	32
Tabla 4. <i>Ruta de acceso</i>	33
Tabla 5. <i>Promedios Climáticos de Todo el Año</i>	35
Tabla 6. <i>Crecimiento poblacional del centro poblacional de Pucyura.</i>	37
Tabla 7. <i>Crecimiento poblacional del centro poblacional de Habaspata.</i>	38
Tabla 8. <i>Operación de variables del estudio</i>	62
Tabla 18. <i>Cuadro de Puntos de cambio dados</i>	94
Tabla 19. <i>Clasificación de pendientes en función de la gradiente de las diferentes formas de relieve.</i>	98
Tabla 20. <i>Datos de Rumbo y Buzamiento de Geología estructural.</i>	105
Tabla 21. <i>Estaciones seleccionadas para realizar la regionalización de precipitación.</i>	108
Tabla 22. <i>Estaciones seleccionadas para cálculo de factor de influencia.</i>	112
Tabla 23. <i>Resumen de cálculo de factor de influencia total de tres estaciones meteorológicas.</i>	113
Tabla 24. <i>Área del drenaje de la microcuenca de huaychaumarca.</i>	115
Tabla 25. <i>Perímetro Cuenca de la microcuenca de huaychaumarca.</i>	115
Tabla 26. <i>Longitud recta de la Microcuenca de la Quebrada de huaychaumarca.</i> ..	116
Tabla 27. <i>Ancho Promedio de la Microcuenca de huaychaumarca.</i>	116
Tabla 28. <i>Clasificación del índice de compacidad para la evaluación de morfología</i>	117
Tabla 29. <i>Índice de Gravelius para Microcuenca de huaychaumarca.</i>	117
Tabla 30. <i>Clasificación del factor de forma.</i>	118
Tabla 31. <i>Índice de alargamiento.</i>	119
Tabla 32. <i>Clasificación de cuencas según la pendiente.</i>	120
Tabla 33. <i>Pendiente Media de la Microcuenca de huaychaumarca.</i>	121

Tabla 34. Áreas parciales y acumuladas según altitud.	121
Tabla 35. <i>Longitud del cauce principal de la cuenca mayor del río Huaychaumarca.</i>	123
Tabla 36. <i>Cota de nacimiento de la microcuenca de Huaychaumarca.</i>	124
Tabla 37. <i>Cota del punto más bajo de la Microcuenca Huaychaumarca.</i>	125
Tabla 38. <i>Registro de precipitación en 24 horas de la estacion de Machupicchu.</i> ...	126
Tabla 39. <i>Registro de precipitación en 24 horas de la estacion de Quillabamba.</i>	128
Tabla 40. <i>Registro de precipitación en 24 horas de la estacion de Yanatile - Quebrada.</i>	130
Tabla 41. <i>Orden de los drenajes afluentes mediante el Método Strahler de la Quebrada Huaychaumarca.</i>	131
Tabla 42. <i>Puntos de aforo de aguas superficiales en la microcuenca de huaychaumarca</i>	133
Tabla 43. <i>Unidades Hidrogeológicas</i>	138
Tabla 44. <i>Comportamiento hidráulico de las formaciones geológicas.</i>	138
Tabla 45. <i>Datos de ensayos de permeabilidad en la formación Pachatusan.</i>	139
Tabla 46. <i>Datos de ensayos de permeabilidad en el grupo Mitu.</i>	139
Tabla 47. <i>Análisis Químico de suelos</i>	142
Tabla 48. <i>Cuadro resumen de parámetros CBR.</i>	142
Cuadro 49. <i>Resultados de obtenidos de laboratorio y Gabinete.</i>	147
Tabla 50. <i>Resultados obtenidos en ensayo de CBR.</i>	168
Tabla 51. <i>Resultados obtenidos de las características físicas mecánicas de las calicatas.</i>	168
Tabla 52. <i>Cuadro Resumen de Condiciones de Terreno</i>	170
Tabla 53. <i>Resultados de ensayo de CBR de subrasante y cantera.</i>	171
Tabla 54. <i>Prospección de calicatas</i>	172
Figura 54. <i>Perfil Estratigráfico de calicata 03.</i>	177

Tabla 55. <i>Resultados obtenidos de las características físicas mecánicas de las calicatas.</i>	179
Tabla 56. <i>Antecedentes sísmicos de la región del Cusco, Tomado del IGP.</i>	184
Tabla 57. <i>Tipos de peligro de la quebrada de Huaychaumarca.</i>	199
Tabla 58. <i>Umrales de precipitación de la estación Quillabamba</i>	208
Tabla 59. <i>Umrales de precipitación de la estación Machupicchu.</i>	208
Tabla 60. <i>Umrales de precipitación de la estación Yanatile quebrada.</i>	208
Tabla 61. <i>Clasificación de la susceptibilidad ante flujo de detritos.</i>	210
Tabla 62. <i>Parámetros generales.</i>	211
Tabla 63. <i>Descriptor de velocidad de flujo</i>	211
Tabla 64. <i>Matriz de comparación de pares de descriptor de velocidad de flujo</i> ...	211
Tabla 65. <i>Matriz de normalización de descriptor de velocidad de flujo.</i>	212
Tabla 66. <i>Índice de consistencia y relación de consistencia de descriptor de velocidad de flujo.</i>	212
Tabla 67. <i>Descriptor de altura de flujo.</i>	212
Tabla 68. <i>Matriz de comparación de pares del parámetro de altura de flujo.</i>	212
Tabla 69. <i>Matriz de normalización de descriptor del parámetro de altura de flujo.</i>	213
Tabla 70. <i>Índice de consistencia y relación de consistencia de descriptor de altura de flujo.</i>	213
Tabla 71. <i>Parámetros de susceptibilidad.</i>	213
Tabla 72. <i>Matriz de comparación de pares de Parámetros de susceptibilidad.</i>	213
Tabla 73. <i>Matriz de normalización de pares de Parámetros de susceptibilidad.</i>	214
Tabla 74. <i>Índice De Consistencia y Relación De Consistencia de Parámetros de susceptibilidad.</i>	214
Tabla 75. <i>Descriptor de Susceptibilidad de Unidades Geodinámicas externas.</i>	215
Tabla 76. <i>Matriz de comparación de pares del parámetro de Unidades Geodinámicas externas.</i>	215

Tabla 77. <i>Matriz de normalización de pares del parámetro Susceptibilidad de Unidades Geodinámicas externas.</i>	215
Tabla 78. <i>Índice de consistencia y relación de consistencia de descriptores de Unidades Geodinámicas</i>	216
Tabla 79. <i>Descriptores de Unidades Geológicas</i>	216
Tabla 80. <i>Matriz de comparación de pares de Unidades Geológicas.</i>	216
Tabla 81. <i>Matriz de normalización de pares de Unidades Geológicas.</i>	217
Tabla 82. <i>Índice De Consistencia y Relación De Consistencia de Unidades Geológicas.</i>	217
Tabla 83. <i>Descriptores de Unidades Geomorfológicas</i>	217
Tabla 84. <i>Matriz de comparación de pares de Unidades Geomorfológicas.</i>	217
Tabla 85. <i>Matriz de normalización de pares de Unidades Geomorfológicas.</i>	218
Tabla 86. <i>Índice De Consistencia y Relación De Consistencia de Unidades Geomorfológicas.</i>	218
Tabla 87. <i>Descriptores de Unidades Hidrogeológicas</i>	218
Tabla 88. <i>Matriz de comparación de pares de Unidades Hidrogeológicas.</i>	218
Tabla 89. <i>Matriz de normalización de pares de Unidades Hidrogeológicas</i>	219
Tabla 90. <i>Índice De Consistencia y Relación de Consistencia de Unidades Hidrogeológicas.</i>	219
Tabla 91. <i>Descriptores de Unidades Geotécnicas</i>	219
Tabla 92. <i>Matriz de comparación de pares de Unidades Geotécnicas</i>	220
Tabla 93. <i>Matriz de normalización de pares de Unidades Geotécnicas</i>	220
Tabla 94. <i>Índice De Consistencia y Relación de Consistencia de Unidades Geotécnicas</i>	221
Tabla 95. <i>Descriptores de Unidades de Pendiente</i>	221
Tabla 96. <i>Matriz de comparación de pares de Unidades de Pendiente.</i>	221
Tabla 97. <i>Matriz de normalización de pares de Unidades de Pendiente.</i>	222

Tabla 98. <i>Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Unidades De Pendiente</i>	222
Tabla 99. <i>Matriz de comparación de pares de Umbrales de Precipitaciones Pluviales</i>	222
Tabla 100. <i>Matriz de normalización de pares de Umbrales de Precipitaciones Pluviales</i>	223
Tabla 101. <i>Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Umbrales de Precipitaciones Pluviales</i>	223
Tabla 102. <i>Ponderación de los Parámetros de Susceptibilidad Ante Flujo de Detritos</i>	223
Tabla 103. <i>Determinación del peligro por flujo de detritos</i>	224
Tabla 104. <i>Valor del peligro</i>	224
Tabla 105. <i>Rango de peligros</i>	225
Tabla 106. <i>Descripción del nivel de peligrosidad por flujo de detritos</i>	226
Tabla 107. <i>Porcentajes de áreas de los niveles de peligro por flujo de detritos</i>	226
Figura 68. <i>Mapa de Peligro por Flujo de detritos</i>	227
Tabla 108. <i>Matriz de comparación de pares de Vulnerabilidad</i>	229
Tabla 109. <i>Matriz de Normalización de pares de Vulnerabilidad</i>	229
Tabla 110. <i>Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Vulnerabilidad</i> ...	230
Tabla 111. <i>Matriz de comparación de pares de Vulnerabilidad social</i>	230
Tabla 112. <i>Matriz de Normalización de pares de Vulnerabilidad social</i>	230
Tabla 113. <i>Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Vulnerabilidad social</i>	231
Tabla 114. <i>Descriptor del parámetro número de personas a nivel de lote</i>	232
Tabla 115. <i>Matriz de comparación de pares N° personas a nivel de lotes</i>	232
Tabla 116. <i>Matriz de Normalización de pares N° personas a nivel de lotes</i>	232
Tabla 117. <i>Índice de Consistencia y Relación de Consistencia N° personas a nivel de lote</i>	233

Tabla 118. <i>Descriptores del parámetro grupo etario.</i>	233
Tabla 119. <i>Matriz de comparación de pares grupo etario.</i>	234
Tabla 120. <i>Matriz de Normalización de pares de grupo etario.</i>	234
Tabla 121. <i>Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de grupo etario.</i>	234
Tabla 122. <i>Descriptores del parámetro: Acceso a servicios básicos.</i>	235
Tabla 123. <i>Matriz de comparación de pares de Servicios Básicos.</i>	235
Tabla 124. <i>Matriz de Normalización de pares de Servicios Básicos.</i>	236
Tabla 125. <i>Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Servicios Básicos.</i>	236
Tabla 126. <i>Descriptores del parámetro: Organización de la Población</i>	237
Tabla 127. <i>Matriz de comparación de pares de Organización de la Población.</i>	238
Tabla 128. <i>Matriz de Normalización de pares de Organización de la Población.</i> ...	238
Tabla 129. <i>Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Organización de la Población.</i>	238
Tabla 130. <i>Descriptores del parámetro: Conocimiento en temas de GRD.</i>	239
Tabla 131. <i>Matriz de comparación de pares en Conocimiento en temas de GRD.</i> ...	239
Tabla 132. <i>Matriz de Normalización de pares en Conocimiento en temas de GRD.</i>	240
Tabla 133. <i>Índice de Consistencia y Relación de Consistencia en Conocimiento en temas de GRD.</i>	240
Tabla 134. <i>Resumen de la determinación de la vulnerabilidad en la dimensión social.</i>	240
Tabla 135. <i>Matriz de comparación de pares de Vulnerabilidad Económica.</i>	241
Tabla 136. <i>Matriz de Normalización de pares de Vulnerabilidad Económica.</i>	241
Tabla 137. <i>Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Vulnerabilidad Económica.</i>	241
Tabla 138. <i>Descriptores de la localización de la edificación al peligro.</i>	242
Tabla 139. <i>Matriz de comparación de pares de Localización de la edificación.</i>	243
Tabla 140. <i>Matriz de Normalización de pares de Localización de la edificación.</i> ...	243

Tabla 141. <i>Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Localización de la edificación.</i>	243
Tabla 142. <i>Descriptores del parámetro de Estado de conservación de la edificación.</i>	244
Tabla 143. <i>Matriz de comparación de pares de Estado de conservación de la edificación.</i>	244
Tabla 144. <i>Matriz de Normalización de pares de Estado de conservación de la edificación.</i>	244
Tabla 145. <i>Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Estado de conservación de la edificación.</i>	244
Tabla 146. <i>Descriptores del parámetro de Material de construcción de la edificación.</i>	245
Tabla 147. <i>Matriz de comparación de pares de Material de construcción de la edificación.</i>	245
Tabla 148. <i>Matriz de Normalización de pares de Material de construcción de la edificación.</i>	245
Tabla 149. <i>Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Material de construcción de la edificación.</i>	246
Tabla 150. <i>Descriptores del parámetro de Ocupación de las personas en los lotes.</i>	246
Tabla 151. <i>Matriz de comparación de pares de Ocupación de las personas en los lotes.</i>	246
Tabla 152. <i>Matriz de Normalización de pares Ocupación de las personas en los lotes.</i>	247
Tabla 153. <i>Índice de Consistencia y Relación de Consistencia Ocupación de las personas en los lotes.</i>	247
Tabla 154. <i>Descriptores del Parámetro Ingreso familiar promedio mensual.</i>	247
Tabla 155. <i>Matriz de comparación de pares de Ingreso familiar promedio mensual.</i>	248
Tabla 156. <i>Matriz de Normalización de pares de Ingreso familiar promedio mensual.</i>	248

Tabla 157. <i>Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Ingreso familiar promedio mensual.</i>	248
Tabla 158. <i>Resumen de la determinación de la vulnerabilidad en la dimensión económica.</i>	249
Tabla 159. <i>Matriz de comparación de pares de Vulnerabilidad Ambiental.</i>	249
Tabla 160. <i>Matriz de Normalización de pares de Dimensión Ambiental.</i>	250
Tabla 161. <i>Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Dimensión Ambiental.</i>	250
Tabla 162. <i>Descriptores de parámetro de Cercanía de las edificaciones a los residuos sólidos.</i>	251
Tabla 163. <i>Matriz de comparación de pares de Cercanía de las edificaciones a los residuos sólidos.</i>	251
Tabla 164. <i>Matriz de Normalización de pares de Cercanía de las edificaciones a los residuos sólidos.</i>	252
Tabla 165. <i>Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Cercanía de las edificaciones a los residuos sólidos.</i>	252
Tabla 166. <i>Descriptores del parámetro de Tipo de disposición de excretas.</i>	252
Tabla 167. <i>Matriz de comparación de pares de Tipo de disposición de excretas.</i>	253
Tabla 168. <i>Matriz de Normalización de pares de Tipo de disposición de excretas.</i> ..	253
Tabla 169. <i>Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Tipo de disposición de excretas.</i>	254
Tabla 170. <i>Descriptores del parámetro de disposición de residuos sólidos.</i>	254
Tabla 171. <i>Matriz de comparación de pares de disposición de residuos sólidos.</i>	255
Tabla 172. <i>Matriz de Normalización de pares de disposición de residuos sólidos.</i> ..	255
Tabla 173. <i>Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de disposición de residuos sólidos.</i>	256
Tabla 174. <i>Descriptores del parámetro de manejo de residuos sólidos.</i>	256
Tabla 175. <i>Matriz de comparación de pares de Manejo de Residuos Sólidos.</i>	256
Tabla 176. <i>Matriz de Normalización de pares de Manejo de Residuos Sólidos.</i>	257

Tabla 177. <i>Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Manejo de Residuos Sólidos</i>	257
Tabla 178. <i>Descriptores del Parámetro de Conocimiento en temas ambientales</i>	257
Tabla 179. <i>Matriz de comparación de pares de Conocimiento en temas ambientales</i>	258
Tabla 180. <i>Matriz de Normalización de pares de Conocimiento en temas ambientales</i>	258
Tabla 181. <i>Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Conocimiento en temas ambientales</i>	259
Tabla 182. <i>Resumen de la determinación de la vulnerabilidad en la dimensión ambiental</i>	259
Tabla 183. <i>Ponderación de los Parámetros de la Vulnerabilidad Social</i>	259
Tabla 184. <i>Estratificación de la vulnerabilidad Social</i>	260
Tabla 185. <i>Ponderación de los Parámetros de la Vulnerabilidad Económica</i>	260
Tabla 186. <i>Estratificación de la vulnerabilidad Económica</i>	261
Tabla 187. <i>Ponderación de los Parámetros de la Vulnerabilidad Ambiental</i>	261
Tabla 188. <i>Estratificación de la vulnerabilidad Económica</i>	262
Tabla 189. <i>Síntesis de los niveles de Vulnerabilidad en la Microcuenca de Huaychaumarca</i>	262
Tabla 190. <i>Estratificación de los niveles de vulnerabilidad</i>	262
Tabla 191. <i>Cantidad de unidades de vivienda por niveles de vulnerabilidad</i>	263
Tabla 192. <i>Nivel de aceptabilidad y/o tolerancia</i>	266
Tabla 193. <i>Rangos para identificación del nivel de Riesgo</i>	266
Tabla 194. <i>Cálculo de los Niveles de Riesgo</i>	266
Tabla 195. <i>Niveles de Riesgo</i>	266
Tabla 196. <i>Estratificación del nivel de riesgo por flujo de detritos</i>	267
Tabla 197. <i>Cantidad de lotes por niveles de riesgo por flujo de detritos</i>	268
Tabla 198. <i>Niveles de consecuencia</i>	272

Tabla 199. <i>Valoración de frecuencia de recurrencia</i>	272
Tabla 200. <i>Nivel de consecuencia y daño</i>	273
Tabla 201. <i>Medidas cualitativas de consecuencia y daño</i>	274
Tabla 202. <i>Aceptabilidad y/o tolerancia</i>	275
Tabla 203. <i>Nivel de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo.</i>	275
Tabla 204. <i>Nivel de prioridad.</i>	276

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Mapa de Ubicación</i>	33
Figura 2. <i>Mapa de Accesibilidad</i>	34
Figura 5. <i>Proceso de erosión</i>	56
Figura 6. <i>Proceso de meteorización</i>	57
Figura 7. <i>Estructura de flujo de detritos</i>	58
Figura 8. <i>Columna estratigráfica regional del ámbito de estudio, Columna estratigráfica regional de los cuadrángulos de Quillabamba (26-q) y Machupicchu (27-q)</i> . 68	
Figura 9. <i>Columna estratigráfica del grupo Mitu, (A). Levantada en Apayhuana, cerca de cachora, (B). Levantada por ligarda (1989) al norte de curahuasi, en la carretera a la mina inquilpata</i>	70
Figura 10. <i>Columna estratigráfica del grupo Copacabana, levantada en añapay (Noroeste de Vilcabamba)</i>	71
Figura 11. <i>Mapa Geológico Regional de la zona de estudio</i>	81
Figura 12. <i>Mapa Geológico Local de la zona de estudio</i>	82
Figura 13. <i>Mapa geomorfológico de los cuadrángulos de Machupicchu y Quillabamba</i>	84
Figura 14. <i>Mapa Geomorfológico Regional de la zona de estudio</i>	90
Figura 15. <i>Mapa Geomorfológico Local de la quebrada Huaychaumarca</i>	90
Figura 16. <i>Ámbito de levantamiento topográfico del C. P. Habaspata</i>	91
Figura 17. <i>Se exporta los puntos de la estación total al software AutoCAD versión 2022</i>	96
Figura 18. <i>Generación de curvas de nivel con software AutoCAD 2022</i>	96
Figura 19. <i>Interpolación de puntos de levantamiento topográfico</i>	96
Figura 20. <i>Mapa topográfico de la Microcuenca de Huaychaumarca</i>	97
Figura 21. <i>Mapa de pendiente de la Microcuenca de Huaychaumarca</i>	98
Figura 22. <i>Mapa Estructural Regional, tomado de boletín Quillabamba (26q) y Machupicchu (27q)</i>	100

Figura 24. <i>Mapa estructural Local de la Quebrada Huaychaumarca.</i>	106
Figura 25. <i>Área de drenaje típica de la Microcuenca Huaychaumarca.</i>	114
Figura 26. <i>Área del drenaje de la microcuenca vista en 3D.</i>	115
Figura 27. <i>Microcuenca de huaychaumarca y clasificación de áreas parciales.</i>	121
Figura 19. <i>Cambio de forma en curva hipsométrica con la edad del río.</i>	122
Figura 28. <i>Perfil longitudinal del drenaje de huaychaumarca.</i>	124
Figura 32. <i>Mapa de ubicación de aforos</i>	133
Figura 33. <i>Mapa hidrológico</i>	134
Figura 34. <i>Mapa hidrogeológico</i>	140
Figura 36. <i>Mapa de Distribución de Isoaceleraciones para 10% de excedencia en 50 años.</i>	143
Figura 37. <i>Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas.</i>	143
Figura 38. <i>Mapa de Zonificación Sísmica Perú.</i>	144
Figura 39. <i>Ubicación de la excavación de las calicatas en el Centro Poblado de Habaspata</i>	145
Figura 40. <i>Tipos de muestras</i>	146
Figura 41. <i>Perfil Estratigráfico de calicata 01.</i>	149
Figura 42. <i>Perfil Estratigráfico de calicata 02.</i>	151
Figura 43. <i>Perfil Estratigráfico de calicata 03.</i>	153
Figura 44. <i>Perfil Estratigráfico de calicata 04.</i>	155
Figura 45. <i>Perfil Estratigráfico de calicata 05.</i>	157
Figura 46. <i>Perfil Estratigráfico de calicata 06.</i>	159
Figura 47. <i>Perfil Estratigráfico de calicata 07.</i>	161
Figura 48. <i>Perfil Estratigráfico de calicata 08.</i>	163
Figura 49. <i>Perfil Estratigráfico de calicata 09.</i>	165
Figura 50. <i>Correlación aproximada entre a clasificación de los suelos y CBR.</i>	167
Figura 51. <i>Ubicación de la excavación de las calicatas en el Centro Poblado de Habaspata</i>	173

Figura 52. <i>Perfil Estratigráfico de calicata 01.</i>	174
Figura 53. <i>Perfil Estratigráfico de calicata 02.</i>	175
Figura 55. <i>Perfil Estratigráfico de calicata 04.</i>	178
Figura 56. <i>Mapa Geotécnico</i>	180
Figura 56. <i>Mapa de calificación de provincias según niveles de peligros sísmicos.</i> ..	182
Figura 57. <i>Mapa sísmico de nuestra de estudio.</i>	183
Figura 58. <i>Distribución espacial de la actividad sísmica presente en la región del Cusco entre los años 2011 y 2013.</i>	183
Figura 59. <i>Mapa de Geodinámica Interna.</i>	185
Figura 60. <i>Se aprecia la bifurcación del flujo de detritos, el cual ingresó a la zona urbana del poblado de Pucyura.</i>	189
Figura 61. <i>Mapa de geodinámica externa de la quebrada Huaychaamarca.</i>	201
Figura 62. <i>Metodología para determinar la peligrosidad.</i>	203
Figura 63. <i>Metodología para determinar la peligrosidad.</i>	203
Figura 64. <i>Metodología para determinar la peligrosidad.</i>	204
Figura 65. <i>Mapa de Ámbito de ocurrencia de la Microcuenca Huaychaamarca.</i>	204
Figura 66. <i>Flujograma general del Proceso de análisis de información.</i>	206
Figura 67. <i>Escala de juicios de valor propuesta por SAATY (1980).</i>	210
Figura 69. <i>Esquema del análisis de la Vulnerabilidad.</i>	229
Figura 70. <i>Esquema del análisis de la dimensión económica.</i>	242
Figura 71. <i>Esquema del análisis de la dimensión ambiental.</i>	250
Figura 72. <i>Mapa de vulnerabilidad por flujo de detritos</i>	264
Figura 73. <i>Mapa de Riesgo por flujo de detritos</i>	268
Figura 73. <i>Diseño de muro de gravedad.</i>	278
Figura 74. <i>Disipadores de energía</i>	279
Figura 75. <i>Planta de Queuña (Polylepis spp)</i>	280

INDICE DE GRAFICOS

<i>Gráfico 11. Ecuación de regresión lineal simple.</i>	109
<i>Gráfico 12. Ecuación de regresión exponencial.</i>	109
<i>Gráfico 13. Ecuación de regresión logarítmica.</i>	110
<i>Gráfico 14. Ecuación de regresión polinómica.</i>	110
<i>Gráfico 15. Ecuación de regresión potencial.</i>	111
<i>Gráfico 16. Curva hipsométrica de la Microcuenca Huaychaumarca.</i>	122
<i>Gráfico 17. Perfil longitudinal del drenaje de huaychaumarca.</i>	123
<i>Gráfico 19. Histograma de precipitación máxima por años estacion Machupicchu.</i>	127
<i>Gráfico 20. Histograma de precipitación máxima por meses estacion Quillabamba.</i>	129
<i>Gráfico 21. Histograma de precipitación máxima por años estacion Quillabamba.</i>	129
<i>Gráfico 22. Histograma de precipitación máxima por meses estacion Yanatile - Quebrada.</i>	130
<i>Gráfico 23. Histograma de precipitación máxima por años estacion Yanatile – Quebrada.</i>	131
<i>Gráfico 24. Longitud del orden de los drenajes de la Microcuenca de Huaychaumarca.</i>	132
<i>Gráfico 25. Determinación de la susceptibilidad</i>	209
<i>Gráfico 26. Esquema del análisis de la dimensión social.</i>	231

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. <i>Vista de tobas de ceniza moderadamente meteorizado, ubicado en la margen derecha de la quebrada Huaychaumarca.</i>	73
Fotografía 2. <i>Vista de conglomerados moderadamente meteorizado y ubicado en la margen izquierda de la quebrada Huaychaumarca.</i>	74
Fotografía 3. <i>Vista de afloramiento rocoso, ubicado en la margen izquierda de la quebrada Huaychaumarca.</i>	75
Fotografía 4. <i>Vista de afloramiento rocoso de calizas, ubicado en la margen derecha de la quebrada Huaychaumarca.</i>	75
Fotografía 5. <i>Vista de afloramiento rocoso de areniscas cuarzo feldespáticas moderadamente meteorizado y muy fracturadas, ubicadas en la margen izquierda de la quebrada Huaychaumarca.</i>	76
Fotografía 6. <i>Vista de afloramiento rocoso de areniscas cuarzo feldespáticas moderadamente meteorizado y muy fracturadas, ubicadas en la margen izquierda de la quebrada Huaychaumarca.</i>	77
Fotografía 7. <i>Depósitos coluviales, depositados en el pie del deslizamientos recientes y antiguos ubicadas en la margen izquierda de la quebrada Huaychaumarca, parte media.</i> ...	77
Fotografía 8. <i>Depósitos coluviales, depositados en el pie del deslizamientos recientes y antiguos ubicadas en la margen izquierda de la quebrada Huaychaumarca, parte media de la quebrada.</i>	78
Fotografía 9. <i>Depósitos aluviales, depositados y conformado por bloques con diámetros que varían de 0.2 a 1.3 m, distribuidos en ambas márgenes del río Huaychaumarca, Parte media y baja de la quebrada.</i>	79
Fotografía 10. <i>Depósitos aluviales, depositados y conformado por bloques con diámetros que varían de 0.2 a 1.3 m, distribuidos en ambas márgenes del río Huaychaumarca, Parte media y baja de la quebrada</i>	79
Fotografía 11. <i>Depósitos aluviales – fluviales están conformado por bloques con diámetros que varían de 0.2 a 1.3 m, envueltos en matriz areno-arcillosa. Se observa que los centros poblados de Pucyura y Habaspata están asentados sobre estos depósitos.</i>	80

Fotografía 12. <i>Depósitos aluviales – fluviales están conformado por bloques con diámetros que varían de 0.2 a 1.3 m, envueltos en matriz areno-arcillosa. Se observa que los centros poblados de Pucyura y Habaspata están asentados sobre estos depósitos.</i>	81
Fotografía 13. <i>Vista de las unidades geomorfológicas en la quebrada Huaychaumarca montañas modeladas en rocas volcans sedimentarias (rm-rvs), vertiente de deslizamiento (v-dd) y vertiente coluvio deluvial (v-cd).</i>	86
Fotografía 14. <i>Geoformas montañosas de laderas abruptas y crestas presentes en la Microcuenca de Huaychaumarca.</i>	87
Fotografía 15. <i>Geoformas montañosas de colinas presentes en la Microcuenca de Huaychaumarca.</i>	87
Fotografía 16. <i>Geoformas de laderas onduladas presentes en la Microcuenca de Huaychaumarca.</i>	88
Fotografía 17. <i>Geoformas de cauce de Quebrada presentes en la Microcuenca de Huaychaumarca.</i>	88
Fotografía 18. <i>Geoformas de terraza aluvial presentes en la Microcuenca de Huaychaumarca.</i>	89
Fotografía 19. <i>Geoformas de terraza fluvial - aluvial presentes en la Microcuenca de Huaychaumarca, parte del río Vilcabamba.</i>	89
Fotografía 20. <i>Vista del estacionamiento del MB 01 de la estación total para el levantamiento topográfico.</i>	92
Fotografía 21. <i>Punto de Cambio del levantamiento topográfico BM 02.</i>	93
Fotografía 22. <i>Punto de Cambio del levantamiento topográfico BM 03.</i>	93
Fotografía 26. <i>Armado de la estación total para el inicio de la toma de datos, para el cambio de BM 03.</i>	94
Fotografía 27. <i>Falla de tipo inversa en la parte media de la quebrada Huaychaumarca. Parte del sistema de fallas Ollantaytambo-Vilcabamba-Quimbiri.</i>	101
Fotografía 28. <i>Vista de la falla geológica inversa en la cabecera del deslizamiento activo en la Quebrada Huaychaumarca. Parte del sistema de fallas Ollantaytambo-Vilcabamba-Quimbiri.</i>	102

Fotografía 29. <i>Toma de Rumbo y Buzamiento del afloramiento rocoso de areniscas alteradas del grupo Mitu.</i>	102
Fotografía 30. <i>Toma de Rumbo y Buzamiento del afloramiento rocoso de calizas alteradas del Grupo Copacabana.</i>	103
Fotografía 31. <i>Toma de Rumbo y Buzamiento del deslizamiento activo en la Quebrada Huaychaumarca.</i>	103
Fotografía 32. <i>Toma de Rumbo y Buzamiento del afloramiento rocoso de areniscas alteradas de la Formación Muñani.</i>	104
Fotografía 33. <i>Toma de Rumbo y Buzamiento del afloramiento rocoso de calizas alteradas del Grupo Copacabana.</i>	104
Fotografía 34 y 35. <i>Toma de aforo de agua en la parte media y alta de la Microcuenca Huaychaumarca</i>	133
Fotografía 36. <i>Ensayo de permeabilidad en rocas areniscas alteradas.</i>	139
Fotografía 38. <i>Calle principal del Centro Poblado de Habaspata.</i>	141
Fotografía 39. <i>Trabajos de excavación de Calicata -01 Sub Rasante.</i>	150
Fotografía 40. <i>Trabajos de excavación de Calicata -02 Sub Rasante</i>	152
Fotografía 41. <i>Trabajos de excavación de Calicata -03 Sub Rasante</i>	154
Fotografía 42. <i>Trabajos de excavación de Calicata -04 Sub Rasante</i>	156
Fotografía 43. <i>Trabajos de excavación de Calicata -05 Sub Rasante</i>	158
Fotografía 44. <i>Trabajos de excavación de Calicata -06 Sub Rasante.</i>	160
Fotografía 45. <i>Trabajos de excavación de Calicata -07 Sub Rasante</i>	162
Fotografía 46. <i>Trabajos de excavación de Calicata -08 Sub Rasante</i>	164
Fotografía 47. <i>Trabajos de excavación de Calicata -08 Muro de contención.</i>	166
Fotografía 48. <i>Trabajos de excavación de Calicata -01 Sub Rasante.</i>	174
Fotografía 49. <i>Trabajos de excavación de Calicata -02 Sub Rasante.</i>	176
Fotografía 50. <i>Trabajos de excavación de Calicata -03 Sub Rasante.</i>	177
Fotografía 51. <i>Trabajos de excavación de Calicata -04 Sub Rasante.</i>	179

Fotografía 52. <i>Viviendas e iglesia afectadas por el sismo de Paruro en la localidad de Misca.</i>	185
Fotografía 53. <i>Transporte de material caótico en la quebrada de huaychauamarca, ocasionado por el flujo de detritos.</i>	187
Fotografía 54. <i>Transporte de material caótico en la quebrada de huaychaumarca de los centros poblados de Habapasta y pucyura, ocasionado por el flujo de detritos.</i>	188
Fotografía 55. <i>Transporte de material caótico en la quebrada de huaychaumarca de los centros poblados de Habapasta y pucyura, ocasionado por el flujo de detritos.</i>	188
Fotografía 56. <i>Se aprecia la zona por donde bifurca la quebrada Huaychaumarca.</i>	189
Fuente: <i>INGEMMET</i>	189
Fotografía 57. <i>Se aprecia la canalización del cauce del río y la toma de agua para la piscigranja, los cuales fueron afectados por el flujo.</i>	190
Fuente: <i>INGEMMET</i>	190
Fotografía 58. <i>Transporte de material caótico en la quebrada de huaychaumarca de los centros poblados de Habapasta y pucyura, ocasionado por el flujo de detritos.</i>	190
Fotografía 59. <i>Transporte de Bolones de rocas de hasta 70 cm de diámetros de angulosos a subangulosos en la parte media de la quebrada huaychaumarca.</i>	191
Fotografía 60. <i>Bolones de roca de hasta 60 cm de diámetro en la parte media de la quebrada de huaychaumarca.</i>	192
Fotografía 61. <i>Se aprecia el escarpe del deslizamiento.</i>	193
Fotografía 62. <i>Se aprecia la reactivación del deslizamiento con ancho de 50 m y una altura de 160 m.</i>	193
Fotografía 63. <i>Se aprecia la reactivación del deslizamiento con ancho de 50 m y una altura de 160 m.</i>	194
Fotografía 64. <i>Escarpa de deslizamiento antiguo de 1.20 m de altura en la quebrada de huaychaumarca.</i>	194
Fotografía 65. <i>Se aprecia el deslizamiento de color azul y la erosión tipo cárcava en color verde que presenta en la parte baja, trasladando los materiales hasta el canal de la quebrada.</i>	194

Fotografía 66. <i>Ancho del deslizamiento reciente y activo de 30 m en la parte media de la quebrada de huaychaumarca.....</i>	195
Fotografía 67. <i>Ancho del deslizamiento antiguo de 50 m de largo en la parte media de la quebrada de huaychaumarca.....</i>	196
Fotografía 68. <i>Largo del deslizamiento antiguo de 100 m de largo en la parte media de la quebrada de huaychaumarca.....</i>	196
Fotografía 69. <i>Deslizamientos antiguos y activos en la quebrada huaychaumarca, parte media.....</i>	197
Fotografía 70. <i>Deslizamiento activo con ancho de 20 m y largo de 60 m en la quebrada de huaychaumarca.</i>	197
Fotografía 71. <i>Se aprecia el deslizamiento activo y los latentes que pueden obstruir también el cauce de la quebrada</i>	198
Fotografía 72.....	198
Fotografía 73. <i>Vista del cauce de quebrada huaychaumarca en la parte alta</i>	294
Fotografía 74. <i>Vista del cauce de quebrada huaychaumarca en la parte media</i>	294
Fotografía 75. <i>Vista del cauce de quebrada huaychaumarca en la parte baja.</i>	294

RESUMEN

La quebrada del río Huaychaumarca se localiza al noroeste de los centros poblados de Pucyura y Habaspata. Este río nace de la unión de las quebradas provenientes de los sectores Choquemasma y Putacca, y fluye en dirección a los poblados de Pucyura y Habaspata, para finalmente desembocar en el río Vilcabamba. A lo largo de su curso, la quebrada de Huaychaumarca ha experimentado una intensa actividad geodinámica, la cual ha dado forma a un abanico coluvial-aluvial que sostiene los asentamientos en Pucyura y Habaspata. Este fenómeno geológico, además de influir en la geografía de la zona, también representa un riesgo significativo para sus habitantes, dado que la quebrada se mantiene activa en términos geodinámicos, presentando frecuentes deslizamientos a lo largo de su recorrido. Dichos deslizamientos pueden desencadenarse de manera crítica como resultado de intensas lluvias o de eventos sísmicos, provocando una represa temporal de las aguas de la quebrada. En caso de un desembalse violento, esto podría desencadenar nuevos eventos de flujo de detritos o "huaycos", impactando directamente los centros poblados de Pucyura y Habaspata.

Frente a esta problemática, se considera conveniente y necesario emplear el software de simulación FLO-2D, para asegurar la precisión en la investigación, se contará con una amplia gama de datos proporcionados por la Municipalidad Distrital de Vilcabamba, a través de la Unidad de Formulación de Proyectos y la Unidad de Estudios Definitivos. Adicionalmente, se empleará información topográfica detallada y parámetros hidrológicos, tales como la precipitación máxima registrada por el SENAMHI.

Palabras clave: riesgo, vulnerabilidad, peligro, flujo de detritos, geodinámica externa.

INTRODUCCIÓN

La Quebrada de Huaychaamarca se encuentra ubicado entre los centros poblados de Pucyura y Habaspata, del distrito de Vilcabamba dentro de la cordillera de Vilcabamba (Marocco, René, 1978). Se tiene por objetivo principal determinar el nivel de riesgo por flujo de detritos en la Quebrada de Huaychaamarca del distrito de Vilcabamba permitirá analizar el impacto del fenómeno sobre la zona de asentamiento de los centros poblados de Pucyura y Habaspata del Distrito de Vilcabamba, Provincia La Convención, Departamento del Cusco.

La Quebrada de Huaychaamarca se encuentra actualmente con un gran potencial de producirse remosion en masa (Flujo de detritos) pudiendo llegar a afectar centros poblados urbanizados que se encuentran en la parte baja de la Quebrada Huaychaamarca, como son Pucyura, Habaspata.

Esta investigación entenderá la peligrosidad como un fenómeno de origen natural, cuya dinámica puede exceder sus límites más habituales de intensidad, magnitud y ubicación, pudiendo provocar daños a las personas y a sus propiedades. Por otro lado, la vulnerabilidad se calcula como la habilidad de las construcciones humanas para reaccionar ante la activación de un peligro y su exposición. En esencia, se refiere a la población medida en términos de bienes por unidad de superficie, ubicados en una zona de riesgo, con el fin de generar datos geocientíficos que ayuden a la administración del riesgo local, permitiéndole ser utilizado como un instrumento de política de prevención de desastres, involucrando a localidades interesadas.

CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. UBICACIÓN

1.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA

La zona del proyecto se ubica en el distrito de Vilcabamba, provincia la Convención y departamento del Cusco (Tabla 1).

Tabla 1. *Ubicación política*

UBICACIÓN POLÍTICA	
DEPARTAMENTO	Cusco
PROVINCIA	La convención
DISTRITO	Vilcabamba
CENTROS POBLADOS	Pucyura-Habaspata

1.1.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA

La zona de estudio está situada en el distrito de Vilcabamba (Quebrada de Huaychaumarca) ver tablas (Tabla 2):

Tabla 2. *Ubicación en coordenadas UTM de la Quebrada Huaychaumarca*

	Sistema	Carta	Zona	Este	Norte	Altura (msnm)
VILCABAMBA, QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA	WGS 84	26q4	18 S	721536.00 m E	8551210.00 m S	3536

1.2. ACCESIBILIDAD

Para poder acceder a la zona del trabajo de investigación es vía terrestre desde la ciudad de Quillabamba hasta el centro poblado de Pucyura y Habaspata, un tiempo aprox. de 2 horas (tabla N° 2). Los accesos hacia la zona de estudio (quebrada Huaychaumarca), kilometrajes y tiempos empleados, son detallados en la siguiente tabla (Tabla 4):

Tabla 4. Ruta de acceso

RUTA	Distancia	Transporte	Vía	Horas
Cusco- Quillabamba	201 km	Combis, Buses, Camionetas, Taxis	Asfaltada, Trocha carrozable	5 horas
Quillabamba - Vilcabamba (Centro Poblado de Pucyura y Habaspata)	57 km	Combis, Buses, Camionetas	Asfaltada, Trocha carrozable	2 horas
Total	258 km			

Figura 1. Mapa de Ubicación

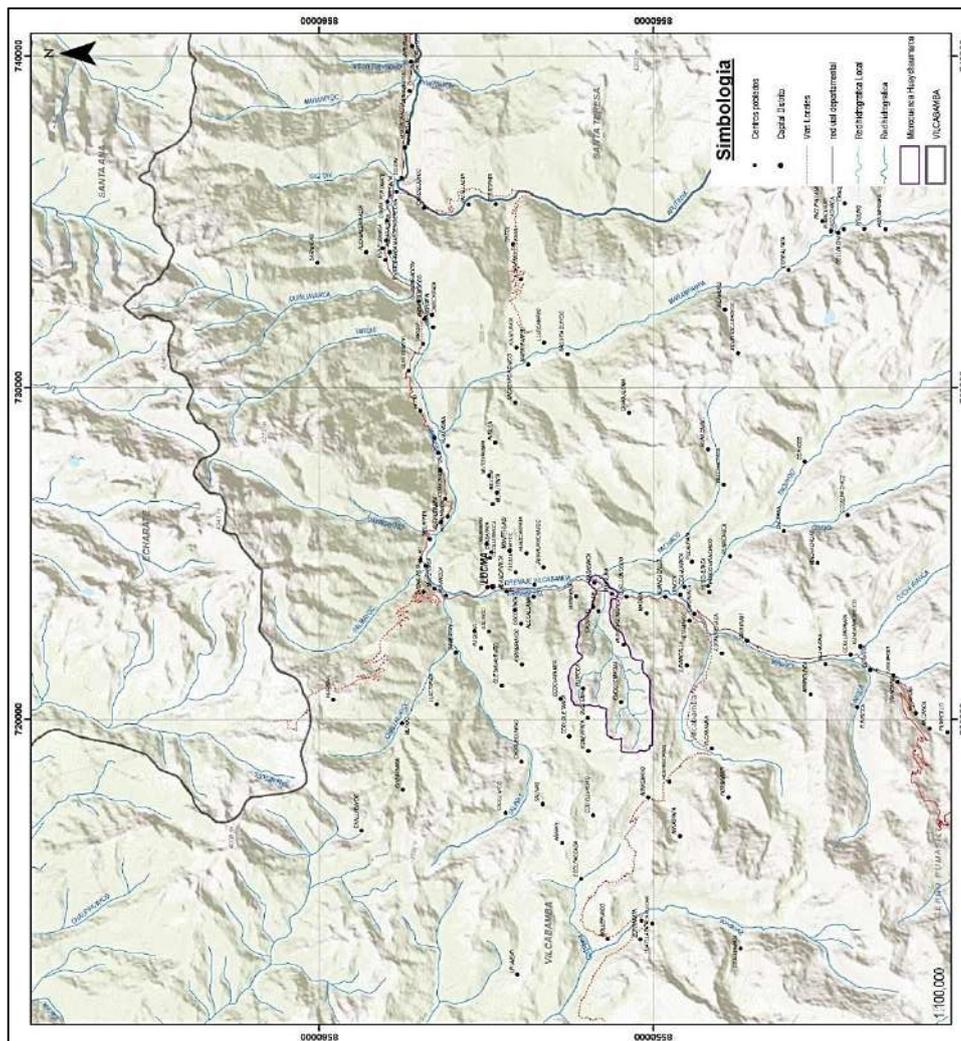
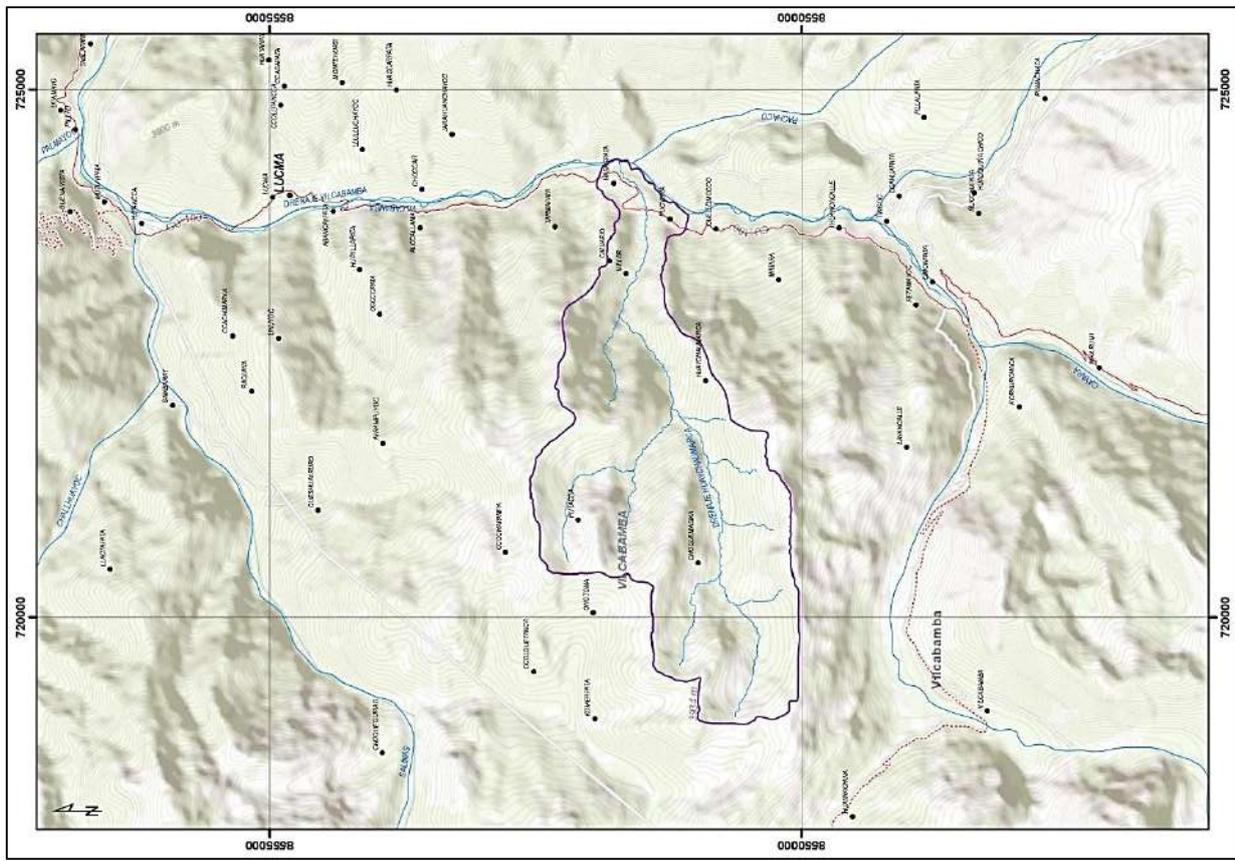


Figura 2. Mapa de Accesibilidad



1.3. CLIMA

La quebrada de Huaychaamarca se encuentra en una región que forma parte de la rica y variada geografía del distrito de Vilcabamba. Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), el distrito de Vilcabamba, donde se ubica la quebrada de Huaychaamarca, posee tres tipos de climas predominantes.

El clima principal es "Muy lluvioso Semicálido," caracterizado por abundantes precipitaciones a lo largo de todo el año, con un ambiente predominantemente muy húmedo. Este tipo de clima se presenta entre los 1600 y 1850 (msnm). El clima secundario es "Muy lluvioso Templado," también con precipitaciones constantes durante el año y un ambiente húmedo, ubicándose entre los 1850 y 2950 msnm, con un promedio de lluvias significativo. Finalmente, el tercer tipo es "Lluvioso Semicálido," que, al igual que los anteriores, cuenta con lluvias abundantes durante todas las estaciones y un ambiente muy húmedo, situándose entre

los 2850 y 3500 msnm, con niveles anuales de precipitaciones relativamente elevados. Las épocas de lluvias más intensas ocurren entre los meses de diciembre y marzo, mientras que el resto del año es comparativamente seco, con precipitaciones mucho menores.

En cuanto a la precipitación anual, esta oscila entre 1000 y 1600 milímetros (mm), con promedios mensuales que varían según la estación. Las lluvias más intensas suelen ocurrir entre octubre y marzo, alcanzando registros de hasta 125 mm como promedio mensual, mientras que los meses más secos, como julio y agosto, registran promedios de solo 35 mm.

En lo que respecta al clima, la zona de estudio presenta una temperatura máxima promedio de 31.9 °C en diciembre, mientras que la temperatura mínima promedio es de 17 °C. El promedio de la máxima cantidad de lluvia es de 8.04 mm, lo que señala que la fuerza de las precipitaciones puede causar deslizamientos, desprendimientos de tierra y flujos de detritos (huaycos).

Tabla 5. *Promedios Climáticos de Todo el Año*

Temperatura máxima	entre 16°C y 18°C
Mes más cálido	18°C en septiembre
Mes más frío	16°C en enero
Temperatura nocturna	entre 4°C y 8°C
Días secos	214 días
Días con lluvia	145 días
Días con nieve	6 días
Lluvia total	352 mm
Número de horas de sol	3465 horas

1.6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.6.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Quebrada de Huaychaumarca se caracteriza por presentar un conjunto de peligros que son generados por procesos geodinámicos externos, destacándose entre ellos los flujos de detritos y deslizamientos de tierra. Estos fenómenos naturales se convierten en una amenaza real y constante, especialmente durante la temporada de intensas precipitaciones pluviales, que abarca desde diciembre hasta marzo. Durante estos meses, las lluvias torrenciales impactan significativamente a los centros poblados de Pucyura y Habaspata, exacerbando los riesgos asociados a estos eventos.

La situación se ve agravada por una planificación urbana deficiente, que ha permitido que numerosas viviendas se asienten sobre conos coluviales y depósitos aluviales de deyección, que son inherentemente inestables. Estas áreas, debido a sus condiciones geomorfológicas y geológicas particulares, junto con la pronunciada pendiente (topografía) de la zona de investigación, generan un nivel de peligro, vulnerabilidad y riesgo que se clasifica como muy alto. Como resultado, tanto las vidas humanas como los bienes materiales se exponen a un alto grado de riesgo ante la eventualidad de desastres naturales.

Para ilustrar la gravedad de esta situación, se puede mencionar el evento catastrófico que ocurrió el 7 de febrero de 2020 y el 15 de marzo del año 2022. En esta ocasión, un flujo de detritos de gran magnitud impactó la región, causando daños significativos y dejando a un total de 12 familias damnificadas, lo que representa una afectación considerable a la comunidad local (datos obtenidos del Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres, SINPAD-MDV-OGRD, administrado por INDECI). Este evento es un claro ejemplo de la vulnerabilidad extrema que enfrentan los centros poblados de Habaspata y Pucyura ante la amenaza de desastres naturales, lo que subraya la necesidad urgente de implementar medidas preventivas.

La prevención de desastres naturales, tales como los flujos de detritos, es de suma importancia, ya que nos brinda la oportunidad de reducir significativamente la probabilidad de que las vidas de las personas se vean afectadas. En este contexto, se utiliza la matriz de Saaaty, una herramienta que permite realizar ponderaciones y establecer descriptores de evaluación detallados. Esta metodología es esencial para analizar y comprender tanto los factores condicionantes que contribuyen a la vulnerabilidad de la región como los factores desencadenantes que pueden dar origen a estos desastres. Asimismo, la matriz se aplica para evaluar las diferentes dimensiones del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo, incorporando parámetros y descriptores que facilitan una comprensión más profunda de la situación actual (Cenepred, 2018).

En la tabla N° 6 y 7, se observa el crecimiento demográfico del centro poblado de Habaspata y pucyura.

Tabla 6. *Crecimiento poblacional del centro poblacional de Pucyura.*

Año	Centro poblado de Pucyura (N° familias)
1940	62
1961	79
1982	103
1981	165
2007	245
2017	367
2023	540

Tabla 7. *Crecimiento poblacional del centro poblacional de Habaspata.*

Año	Centro poblado de Pucyura (N° familias)
1940	49
1961	67
1982	88
1981	125
2007	213
2017	335
2023	490

1.6.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.6.2.1. PROBLEMA GENERAL

1. ¿Cuáles son los Niveles de Riesgo generados por flujo de Detritos en la Quebrada de Huaychaamarca que afecten a los centros poblados de Pucyura y Habaspata del distrito de Vilcabamba?

1.6.2.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS

1. ¿Cuáles son los niveles de peligro que afectan a la microcuenca de huaychaamarca?
2. ¿Cuáles son los niveles de vulnerabilidad a la que están expuestas los centros poblados de Habaspata y Pucyura?
3. ¿Cuáles son los niveles de riesgo de las viviendas frente al peligro por flujo de detritos?
4. ¿Qué medidas de orden estructurales y no estructurales se pueden proponer para prevenir y reducir los riesgos existentes?

1.7. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. OBJETIVO GENERAL

1. Determinar los niveles de riesgo por flujo de detritos en la Quebrada de Huaychaumarca del distrito de Vilcabamba, Provincia la Convención, Departamento cusco.

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar los niveles de peligro y elaborar el mapa de peligro de la Quebrada Huaychaumarca.
2. Determinar los niveles de vulnerabilidad y elaborar el mapa de vulnerabilidad de los Centros Poblados de Habaspata y Pucyura.
3. Determinar los niveles de riesgo y elaborar el mapa de riesgos de los Centros Poblados de Habaspata y Pucyura.
4. Plantear medidas de prevención y mitigación de riesgos existentes de la Quebrada Huaychaumarca.

1.8. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La elaboración de este trabajo de investigación es de gran importancia para la prevención y reducción del riesgo por flujos de detritos en la Quebrada de Huaychaumarca. Según el Tyndall Centre, el Perú se clasifica como un país altamente susceptible a fenómenos naturales con un alto potencial destructivo (SINAGERD, CENEPRED, INDECI, SGRD, PCM, 2014). Los desastres que se producen en el territorio nacional están relacionados con como sismos y fenómenos climáticos extremos como El Niño, así como con desastres de menor escala, tales como inundaciones, deslizamientos de tierra.

Este trabajo de investigación constara la elaboración del mapa de peligro por flujos de detritos en la Quebrada Huaychaumarca. Dichos mapas no solo delinearán las áreas de riesgo existente, sino también aquellas zonas susceptibles a la actividad geodinámica, ya sea en su estado actual o en proyecciones de expansión urbana futura.

En la Quebrada Huaychaumarca, situada en el distrito de Vilcabamba dentro de la cordillera de Vilcabamba (Marocco, 1978), los flujos de detritos representan un peligro de gran potencial para las poblaciones que residen en las márgenes del cauce y dentro de las fajas marginales, especialmente en los centros poblados de Pucyura y Habaspata. En el año 2020, 2021, 2022 se produjo eventos significativos de flujos de detritos, generado por precipitaciones intensas en la Microcuenca de Huaychaumarca. Este contexto resalta la necesidad urgente de llevar a cabo investigaciones más minuciosas que contribuyan a la evaluación y gestión de riesgos en la zona.

El objetivo primordial de esta investigación es desarrollar un plan de prevención y mitigación que sea eficaz en la zona de estudio, beneficiando principalmente a las poblaciones vulnerables que enfrentan este riesgo. Este estudio proporcionará información detallada para evaluar los niveles de riesgo a lo largo de la Quebrada Huaychaumarca, considerando tanto los peligros inherentes como la vulnerabilidad de los elementos expuestos en esta área de investigación. Con este estudio, se busca mejorar la capacidad de respuesta ante eventos desastrosos, protegiendo así a las comunidades más susceptibles a los impactos de desastres naturales.

1.9. HIPÓTESIS

1.9.1. HIPÓTESIS GENERAL

El nivel de riesgo geológico en la Quebrada de Huaychaumarca se clasifica como extremadamente elevado, debido a una combinación de factores condicionantes intrínsecos. Entre estos, destacan las características geológicas, que incluyen una estructura litológica susceptible a la erosión, y las condiciones geomorfológicas, caracterizadas por pendientes abruptas que predisponen a la inestabilidad del terreno. Las precipitaciones pluviales intensas, que se presentan predominantemente entre diciembre y marzo, actúan como desencadenantes de procesos de movimientos en masa, propiciando la ocurrencia del peligro de flujos de detritos en la Quebrada Huaychaumarca. Este fenómeno geodinámico no solo impacta negativamente

la infraestructura local y el ecosistema, sino que también tiene repercusiones sociales severas, resultando en el desplazamiento forzado de familias, la pérdida de activos materiales y, en casos extremos, la pérdida de vidas humanas, exacerbando la vulnerabilidad de la población asentada en las áreas circundantes.

1.9.2 HIPÓTESIS ESPECIFICO

1. Nivel de Peligro: El nivel de peligro en la Quebrada de Huaychaumarca se clasifica como elevado, atribuible a las condiciones topográficas específicas que caracterizan la zona. Estas condiciones están marcadas por la presencia de geoformas que presentan pendientes pronunciadas, lo que provoca que los materiales geológicos sean altamente susceptibles a la influencia de la fuerza gravitacional, incrementando así el riesgo de deslizamientos y flujos de detritos a lo largo de toda la Quebrada.

2. Nivel de Vulnerabilidad: La vulnerabilidad de la población de Habaspata y Pucyura, se manifiesta de manera significativa debido a la insuficiencia de infraestructura adecuada y la falta de capacitación en gestión de riesgos. Esta situación se ve agravada por la limitada conciencia colectiva sobre la ocurrencia de flujos de detritos, lo que indica una vulnerabilidad elevada ante tales eventos geodinámicos tanto externos e internos, dejando a la comunidad expuesta a impactos adversos.

3. Hipótesis sobre Riesgo: Dado que la Quebrada de Huaychaumarca es susceptible a fenómenos naturales como los flujos de detritos, y considerando la ubicación geográfica de las propiedades en esta área, se afirma que se podrán identificar niveles de riesgo variables. Estos niveles estarán determinados en función de la exposición de cada propiedad a los peligros naturales, así como por las condiciones geológicas, topográficas y climáticas que prevalecen en la Quebrada Huaychaumarca.

4. Medidas de Prevención y Mitigación: La implementación de medidas de prevención y mitigación, tanto estructurales como no estructurales, es esencial para la convivencia segura

con el entorno natural y social, minimizando así los impactos negativos que los eventos extremos podrían ocasionar. Se propone la construcción de muros de Gravedad gaviones de dimensiones, 3.00 m de altura, 1.80 m de ancho de la base del muro y 0.45 m de altura de la base del muro, a lo largo de todo el cauce del río Huaychaumarca. Además, se sugiere la instalación de un sistema de alerta temprana para la población en caso de que ocurra un flujo de detritos, permitiendo así una respuesta más efectiva ante situaciones de emergencia.

1.10. MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL

1.10.1. MARCO TEÓRICO (ANTECEDENTES)

1.10.1.1. ANTECEDENTES LOCALES

Antecedente 1: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022)

Título: Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento y flujo de detritos en la quebrada Huaychaumarca, Distrito Vilcabamba, Provincia La Convención, Departamento Cusco.

El presente informe técnico representa el resultado de un exhaustivo estudio orientado a la evaluación de peligros geológicos asociados con deslizamientos, erosión en cárcavas y flujos de detritos que se presentan en la Quebrada de Huaychaumarca. Este sector se encuentra ubicado dentro de la jurisdicción del distrito de Vilcabamba, en la provincia de La Convención, en el departamento de Cusco.

En el área evaluada, se han identificado afloramientos geológicos que incluyen areniscas y limolitas rojas pertenecientes al Grupo Mitu, las cuales presentan un grado significativo de fracturación y meteorización. Estas formaciones están cubiertas por depósitos glaciofluviales de consolidación media, compuestos por gravas y arenas en una matriz limoarenosa, con formas que varían desde redondeadas hasta subredondeadas. También se observan depósitos coluviales que presentan una consolidación deficiente, compuestos por una

variedad litológica que incluye bloques, gravas y arenas con formas subangulosas a subredondeadas.

Las subunidades morfológicas identificadas en la quebrada corresponden a montañas constituidas por roca sedimentaria, así como a vertientes coluvio-deluviales y vertientes aluvio-torrenciales, las cuales se originaron a partir de movimientos en masa antiguos que han afectado la morfología de la región. El principal factor condicionante que contribuye a la inestabilidad geológica de la zona es la pendiente del terreno; las zonas de deslizamiento presentan pendientes que oscilan entre 25° y 45° (consideradas como muy fuertes), mientras que las pendientes asociadas con flujos de detritos (localmente conocidos como huaicos) en la quebrada varían entre 5° y 25° (consideradas como moderadas a fuertes).

Los procesos geológicos identificados en la Quebrada Huaychaamarca incluyen movimientos en masa, deslizamientos, erosión en cárcava y flujos de detritos. La reactivación de deslizamientos ha producido el desplazamiento de materiales hasta el canal de la quebrada, ocasionando formaciones momentáneas de represamiento. Este represamiento, cuando se libera, genera flujos de detritos. La reactivación de estos eventos críticos se registró en 2017 y 2019, afectando infraestructuras clave como la piscigranja municipal y su sistema de captación de agua, así como la comisaría, viviendas y vías de acceso en el poblado de Pucyura. En conclusión, se establece que el área de estudio es clasificada con un nivel de peligro muy alto en relación con la ocurrencia de deslizamientos y flujos de detritos, fenómenos que son susceptibles de desencadenarse durante la temporada de lluvias, que abarca desde noviembre hasta marzo.

Las recomendaciones incluyen la implementación de zanjas de coronación, impermeabilizadas; la promoción de la forestación con especies nativas y arbustos; la limpieza periódica del canal de la quebrada; y la construcción de muros de concreto.

El aporte de este informe proporciona una identificación detallada del tipo de peligro más frecuente y con mayor potencial en la Quebrada Huaychaumarca, así como una evaluación de los elementos expuestos, la caracterización geológica y geomorfológica, la pendiente del terreno, y un análisis del nivel de vulnerabilidad, peligro y riesgo presente en la zona.

Antecedente 2: Gerónimo Aquima Pila (2023), UNSAAC

Título: Evaluación de Riesgo por Geodinámica Externa en el Centro Poblado de Yupanca, Distrito de Vilcabamba - La Convención - Cusco.

El presente trabajo de investigación constituye un estudio investigativo exhaustivo que aborda diversos aspectos relacionados con la geomorfología, geología, hidrología, peligrosidad, vulnerabilidad y riesgos geológicos en el contexto del Centro Poblado de Yupanca. Esta localidad se localiza en el Distrito de Vilcabamba, en la intersección de las corrientes fluviales del río Vilcabamba y el río Yupanca. El principal objetivo de esta investigación es evaluar la peligrosidad que el flujo de detritos representa para el Centro Poblado de Yupanca, así como determinar los niveles de riesgo existentes en la zona.

Desde el punto de vista morfológico, la región está caracterizada por la presencia de montañas bajas compuestas de roca metamórfica e intrusiva, con vertientes empinadas y/o disectadas, además de terrazas fluvio-aluviales. La litoestratigrafía de la zona se compone principalmente de pizarras altamente fracturadas, intercaladas con areniscas cuarzosas de la Formación Málaga, las cuales son sobre yacidas por limolitas pizarrosas de la Formación San José. Esta unidad litológica se encuentra cubierta por depósitos coluviales tanto antiguos como recientes. En la parte inferior, correspondiente al piso de valle donde se sitúa el poblado, se han identificado depósitos fluviales y aluviales que contribuyen a la complejidad geológica de la zona.

En términos de hidrología, el área presenta un régimen de precipitaciones que oscila entre un máximo de 1189.10 mm/año y un mínimo de 809.62 mm/año, con una media anual que se establece en 1007.7 mm/año. La geodinámica externa en la quebrada Ayrapuyoc se manifiesta a través de procesos como caídas de suelo, caídas de detritos, caída de rocas, erosión progresiva y deslizamientos en la zona de arranque. Estos procesos, especialmente durante eventos de precipitaciones excepcionales, son responsables de la generación de flujos de detritos que impactan directamente en el poblado de Yupanca.

La evaluación del riesgo se ha realizado utilizando la metodología propuesta por el CENEPRED, la cual considera tanto el peligro como la vulnerabilidad de la población expuesta. A partir de este análisis, se ha clasificado el riesgo de la siguiente manera: 32 viviendas se encuentran en muy alto riesgo, 130 viviendas en riesgo alto y 27 viviendas en riesgo medio. En términos de la probabilidad de afectación en el sector social (infraestructura), se estima que el costo aproximado de la pérdida de viviendas en la categoría de riesgo muy alto asciende a S/395,433.50.

El aporte de este estudio no solo identifica el tipo de peligro más frecuente y de mayor potencial asociado a la geodinámica externa, específicamente el flujo de detritos, en el Centro Poblado de Yupanca, sino que también proporciona un análisis detallado de los elementos expuestos, la caracterización geológica y geomorfológica de la región, así como aspectos hidrológicos y la pendiente del terreno. La investigación incluye un cartografiado local que identifica las formaciones geológicas, los tipos de rocas y las geoformas, factores que aumentan la vulnerabilidad de la zona ante la posible ocurrencia de flujos de detritos de gran magnitud.

1.10.1.2. ANTECEDENTES REGIONALES

Antecedente 3: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021)

Título: Evaluación de Peligros Geológicos por Flujo de Detritos en la Quebrada Cocabambilla, Distrito de Echarati, Provincia de La Convención, Región Cusco.

El presente informe técnico presenta los resultados de la evaluación de peligros geológicos, específicamente relacionados con flujos de detritos, realizada en la Quebrada Cocabambilla, que se encuentra dentro de la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Echarati, en la provincia de La Convención, región Cusco. Esta investigación se enmarca en la función del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) de ofrecer asistencia técnica de calidad, así como información geológica actualizada, confiable y accesible a los distintos niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

En la zona de estudio, se identificaron unidades litoestratigráficas que pertenecen a formaciones de origen metamórfico, específicamente las formaciones San José y Sandia. Estas incluyen pizarras, esquistos y cuarcitas, las cuales presentan un alto grado de fracturación y una meteorización moderada. Sobre estas unidades subyacen depósitos coluvio-deluviales, constituidos por materiales inconsolidados, compuestos de bloques de formas angulosas a subangulosas, con diámetros que varían de 0.5 a 1.2 metros, inmersos en una matriz areno-arcillosa. A lo largo de las márgenes de la quebrada, se distinguen depósitos proluviales, tanto antiguos como recientes, que consisten en bloques de formas subangulosas a subredondeadas, con diámetros que oscilan entre 0.3 y 2 metros, que presentan una clasificación deficiente y una consolidación intermedia.

Las geoformas presentes en el área son de origen tectónico degradacionales, caracterizadas por montañas modeladas en rocas metamórficas, así como geoformas de carácter depositacional y agradacional, principalmente generadas por movimientos en masa históricos,

que configuran geoformas de piedemonte, tales como vertientes con depósitos de deslizamiento, coluvio-deluvial y piedemonte aluvio-torrencial.

El principal factor que desencadenó el flujo de detritos en la Quebrada Cocabambilla fueron las intensas lluvias registradas en el mes de febrero, alcanzando un umbral de 40.8 mm de precipitación el día 7, y acumulando 53.4 mm entre el 12 y 15 de febrero. Además, se identificaron factores condicionantes que facilitaron la ocurrencia de derrumbes en la parte alta de la quebrada, incluyendo un substrato rocoso altamente fracturado que favoreció la infiltración y retención de agua de lluvia; suelos inconsolidados (depósitos coluvio-deluviales) altamente susceptibles a la erosión; y pendientes abruptas que alcanzan hasta 55 grados, lo que facilita la erosión y el desplazamiento de materiales sueltos por la acción de la gravedad y el escurrimiento pluvial.

El 8 de febrero, la Quebrada Cocabambilla se activó, generando un flujo de detritos que arrastró bloques con diámetros de entre 0.5 y 3 metros, así como arena y troncos de árboles de entre 0.5 y 1.3 metros de longitud. Este evento resultó en la muerte de una persona y afectó a 41 viviendas en los sectores Pan de Azúcar y Cocabambilla, así como tramos de carreteras, el puente de Cocabambilla y 208 hectáreas de terrenos agrícolas.

El área de estudio ha sido clasificada como Zona Crítica y de Peligro Muy Alto, dado el potencial de ocurrencia de flujos de detritos (huaicos) que pueden reactivarse durante las temporadas de lluvias intensas y excepcionales.

Entre las recomendaciones, se sugiere la reubicación temporal de la población asentada en los sectores Pan de Azúcar y Cocabambilla hacia un área designada llamada Pampa Concepción (coordenadas UTM 764996, 8591648). Posteriormente, se recomienda realizar estudios de evaluación de riesgos (EVAR) para determinar un posible reasentamiento definitivo.

El aporte de este informe permite identificar los tipos de peligros más frecuentes y de mayor potencial relacionados con la geodinámica externa, en este caso, el flujo de detritos en la Quebrada Cocabambilla. Además, incluye un análisis exhaustivo de los elementos expuestos, así como de la geología, geomorfología, hidrología, pendiente y evaluación de los niveles de vulnerabilidad, peligro y riesgo. El trabajo también abarca un cartografiado local que identifica formaciones, tipos de rocas y geoformas que aumentan la vulnerabilidad de la zona ante la eventual ocurrencia de flujos de detritos significativos.

Antecedente 4: Nayshia Marina Peña Layme

Tesis titulada: “Evaluación del Nivel de Riesgo Originado por Flujo de Detritos del Centro Poblado de Puente Santiago del Distrito de Quellouno, Provincia de La Convención – Cusco - 2019”

La quebrada del río Santa Rosa se ubica al sureste del centro poblado de Quellouno, resultando de la confluencia de las quebradas de los sectores Santa Rosa, Cielo Punku. Este río fluye hacia el centro poblado de Puente Santiago y desemboca en el río Yanatile. La quebrada ha experimentado actividades geodinámicas muy intensas, formando un abanico aluvial sobre el cual se asienta el centro poblado. En la actualidad, la quebrada sigue activa desde el punto de vista geodinámico, manifestando deslizamientos a lo largo de su cauce que pueden ser desencadenados por precipitaciones intensas.

Para abordar esta problemática, se optó por utilizar el software IBER, el cual ha demostrado ser eficaz en estudios previos para la generación de mapas de caudales máximos. Para llevar a cabo la investigación, se utilizaron datos proporcionados por la Municipalidad Distrital de Quellouno (Área Técnica Municipal), además de topografía detallada y parámetros hidrológicos (precipitaciones máximas de SENAMHI, coeficiente "n" de Manning, entre otros). Los resultados obtenidos del software IBER incluyeron mapas de velocidad de flujo, alturas de inundación y representaciones para diferentes tiempos de retorno. Se simularon dos

escenarios con hidrogramas líquidos que arrojaron caudales pico de 34.44 m³/s y 40.41 m³/s, correspondientes a tiempos de retorno de 50 y 100 años, respectivamente. Los volúmenes totales (agua más sedimentos) para cada escenario simulado resultaron ser de 40.52 m³/s y 47.55 m³/s, para los tiempos de retorno de 50 y 100 años.

Con base en los mapas generados a partir de la simulación (velocidad y altura del flujo), y siguiendo el manual de evaluación de riesgos del CENEPRED, se realizó la interceptación de parámetros para determinar zonas de peligro, vulnerabilidad y riesgo. Los resultados se presentaron en mapas con codificación de colores según estándares internacionales: el rojo indica peligro, vulnerabilidad y riesgo MUY ALTO; el color anaranjado indica zonas de riesgo ALTO; el amarillo corresponde a zonas de riesgo MEDIO; y el verde a zonas de riesgo BAJO. Esta clasificación permitió evaluar el nivel de peligro, vulnerabilidad y riesgo del centro poblado de Puente Santiago.

El aporte de esta tesis es la simulación de inundaciones por flujos de detritos mediante el software IBER permite obtener representaciones en 3D, facilitando la identificación de la altura de inundación, un parámetro crucial para la evaluación del riesgo.

1.10.1.3. ANTECEDENTES NACIONALES

Antecedente 5: Edwin Clímaco Grovas Lima, Elvis Quillahuaman Bolívar, UNSAAC, **Tesis titulada:** “Evaluación del Riesgo de Desastres Originado por Flujo de Detritos en la Quebrada de Muji, Comunidad Campesina de Acpitán, del Distrito de Coyllurqui, Provincia Cotabambas, Región Apurímac – 2021”

El distrito de Coyllurqui se caracteriza por su topografía muy irregular y pendientes pronunciadas, lo que lo hace vulnerable a diversos fenómenos naturales. Este estudio busca analizar el riesgo de flujo de detritos que afecta a la localidad de Acpitán, siendo fundamental entender los factores que influyen en este fenómeno. Se desarrollará un mapa de susceptibilidad al flujo de detritos que reflejará los elementos que contribuyen a este peligro. Asimismo, se

considerarán las intensas precipitaciones y las bajas temperaturas típicas de la región andina peruana, ya que son desencadenantes de este tipo de eventos. Para evaluar la recurrencia del fenómeno, se establecerá un período de retorno máximo de 20 años.

La investigación incluyó una muestra de 287 personas y 93 viviendas que representan a la población local. Se utilizó información previamente recopilada, validada en el campo y procesada en la oficina, para determinar el nivel de riesgo. A partir del análisis de riesgo, utilizando el método de matriz de peligro y vulnerabilidad, la quebrada se dividió en tres áreas: alta, media y baja.

La vulnerabilidad es un componente crucial, ya que proporciona información sobre cómo la comunidad de Acpitán podría responder al fenómeno estudiado. Se evaluarán las dimensiones sociales, económicas y ambientales de acuerdo con las directrices del Manual del CENEPRED, lo que permitirá establecer el grado de vulnerabilidad de la comunidad. Una vez analizados la peligrosidad y la vulnerabilidad, se podrá calcular el riesgo de flujo de detritos que enfrenta Acpitán.

El aporte de esta tesis es la identificación del tipo de peligro relacionado con el flujo de detritos, que es el más frecuente y de mayor potencial en la Quebrada de Muji, así como la identificación de los elementos expuestos, la geología, geomorfología, hidrología y pendiente. Además, se incluye la evaluación del nivel de vulnerabilidad, peligro y riesgo, así como la elaboración de un cartografiado local de la zona de estudio, que permite identificar formaciones geológicas, tipos de rocas y geformas que incrementan la vulnerabilidad ante un potencial de flujo de detritos.

Antecedente 6: Elmer Benites Alfaro, Geraldin Roxana Benedicto Ríos (2019).

Artículo titulado: “Evaluación de riesgo por ocurrencia de flujo de detritos en un centro poblado rural del Centro Poblado de Chambara, ubicado en la Provincia de Huaura, distrito de Sayán, Departamento de Lima”

La inadecuada ocupación del territorio, atribuida a la falta de planificación y control urbano, junto con la precariedad de los materiales constructivos empleados en la edificación de viviendas, la insuficiente supervisión por parte de las autoridades pertinentes, y la apremiante necesidad de contar con un espacio habitable, ha llevado a numerosos ciudadanos peruanos a ocupar de manera informal áreas propensas a inundaciones, márgenes de ríos, lechos fluviales, así como laderas y pendientes pronunciadas en las periferias de las principales ciudades del país, sin considerar los riesgos a los que quedan expuestos.

Un caso representativo de esta problemática es el riesgo de ocurrencia de flujos de detritos en la cuenca del río Huaura, donde estudios geológicos exhaustivos han evidenciado que los eventos más frecuentes en esta región incluyen, además de flujos de detritos, erosiones, deslizamientos de tierra e inundaciones. Dichos fenómenos han impactado de forma recurrente las áreas adyacentes a la cuenca, provocando daños significativos en infraestructuras tanto públicas como privadas, incluyendo carreteras, aceras, sistemas de abastecimiento de agua y alcantarillado, entre otros. El Centro Poblado de Chambara, que se encuentra en esta cuenca, es particularmente vulnerable a los flujos de detritos, especialmente durante el periodo de diciembre a marzo, cuando la intensidad de las precipitaciones es mayor. Este asentamiento ha sido afectado de manera notable durante los años 1982-1983, 1997-1998 y 2016-2017, coincidiendo con la manifestación del fenómeno de El Niño, en esos años se reportaron intensidades similares de eventos que causaron un impacto que superó el 40% en la zona.

La elaboración de mapas de riesgo para el Centro Poblado de Chambara tiene como objetivo convertirse en una herramienta fundamental para las municipalidades, gobiernos regionales y entidades privadas, que busquen implementar un ordenamiento territorial efectivo. Este enfoque de planificación tiene como finalidad establecer un equilibrio entre el desarrollo económico, la equidad social y la sostenibilidad ambiental. La evaluación del riesgo implica un sistema de medidas preventivas que se desarrolla en un asentamiento humano o en una

delimitación geográfica específica; su propósito es recopilar información sobre la identificación de peligros naturales o inducidos por actividades humanas, así como realizar un análisis de las medidas de vulnerabilidad existentes, lo que permite diagnosticar y calcular el riesgo potencial que enfrenta la comunidad.

El aporte de este artículo es la identificación del tipo de peligro asociado a los flujos de detritos, que es el fenómeno más recurrente y de mayor potencial en el Centro Poblado de Chambara, y la caracterización de los elementos expuestos, la geología, geomorfología, hidrología, pendientes y la evaluación del nivel de vulnerabilidad, peligro y riesgo. La cartografía local de la zona de estudio también permite la identificación de formaciones geológicas, tipos de rocas y geoformas, que contribuyen a aumentar la vulnerabilidad de la región ante la posibilidad de eventos significativos de flujos de detritos.

Antecedente 7: Juan Manuel Delgado Estrada, Glenn Alexander Canqui.

Título de informe: “Informe del trabajo de campo para la evaluación del riesgo por flujo de detritos originado por precipitaciones anómalas en los AA.HH. “César Vallejo” y “Hijos de Saldaña”, distrito de Comas, Provincia de Lima, Departamento de Lima” (2021).

El Perú, dada su diversidad climática, geomorfológica y biológica, se encuentra continuamente expuesto a los embates de fenómenos naturales, lo que se ve agravado por las precarias condiciones de vida de un considerable segmento de la población tanto urbana como rural. Esta situación incrementa la probabilidad de que ocurran desastres. Este riesgo, que puede definirse formalmente como la probabilidad de la ocurrencia de un desastre, se manifiesta de manera constante en la vida cotidiana de los ciudadanos peruanos. De acuerdo con la Ley de creación del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) de 2011, para prevenir, reducir o mitigar el riesgo de desastres y llevar a cabo un proceso de gestión del riesgo, se han establecido cuatro subprocesos fundamentales: estimación del riesgo;

prevención y reducción del riesgo; preparación, respuesta y rehabilitación; y finalmente, la reconstrucción.

En este contexto, se propone determinar los niveles de riesgo de flujos de detritos provocados por precipitaciones anómalas en ciertos predios de los asentamientos humanos “César Vallejo” y “Hijos de Saldaña” en el distrito de Comas, Provincia y Departamento de Lima, con el objetivo de ofrecer una herramienta adicional de planificación para la gestión del riesgo de desastres en estas comunidades. La elección de evaluar el riesgo de flujos de detritos se justifica por la existencia de antecedentes de eventos similares. Por ejemplo, el 2 de enero de 2010, a las 4:00 a.m., vecinos de la 7ma etapa de Collique atestiguaron que, debido a las precipitaciones anómalas registradas en la zona norte de Lima, se produjo un huayco que afectó gravemente a las zonas altas de Collique. Según reportes del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), se registraron 160 personas damnificadas y 40 viviendas severamente afectadas, además de 854 personas y 172 casas que sufrieron daños menores por el flujo de detritos que descendió por la quebrada hacia las áreas más bajas, alcanzando incluso la avenida Túpac Amaru, una de las principales arterias del distrito de Comas. Este tipo de desastres no es nuevo en la zona; anteriormente, en 1960 y 1972, también se habían desencadenado flujos de detritos en el distrito de Comas.

El aporte de este informe se centra en la identificación del tipo de peligro que representa el flujo de detritos, el cual es el fenómeno más recurrente y con mayor potencial de riesgo en los asentamientos humanos “César Vallejo” y “Hijos de Saldaña”. Asimismo, incluye la identificación de los elementos expuestos, considerando factores como la geología, geomorfología, hidrología y pendiente, así como la evaluación del nivel de vulnerabilidad, peligro y riesgo. Se lleva a cabo un cartografiado local de la zona de estudio que permite identificar formaciones geológicas, tipos de rocas y geoformas, lo cual contribuye a aumentar la vulnerabilidad de la región ante la posibilidad de flujos de detritos significativos.

1.10.1.4. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Antecedente 8: Sepúlveda, A., Patiño, J., y Rodríguez, C. (2016).

Artículo indexado titulado: “Metodología para evaluación de riesgo por flujo de detritos detonados por lluvia: caso Útica, Cundinamarca, Colombia.”

Los flujos de detritos se consideran uno de los procesos de remoción en masa más devastadores a nivel global, ya que suelen formarse en regiones montañosas y se depositan en abanicos aluviales o llanuras aluviales, las cuales a menudo están ocupadas por asentamientos humanos. Este fenómeno se analiza específicamente en el contexto de Útica, en Cundinamarca, Colombia. El presente estudio desarrolla una metodología integral para la evaluación del riesgo asociado a flujos de detritos inducidos por lluvias.

En primer lugar, se utilizan sistemas de información geográfica (SIG) para identificar y evaluar las áreas susceptibles a generar flujos de detritos. Este análisis se lleva a cabo mediante el método de relación de frecuencias, considerando factores detonantes como la pendiente del terreno, la litología, la cobertura vegetal, la curvatura y el espesor del estrato superficial.

Para simular el comportamiento del flujo de detritos, se emplea el modelo matemático FLO-2D, el cual permite determinar, para cada período de retorno, el área de inundación, así como las profundidades y velocidades máximas del flujo en las posibles zonas de depósito. Los resultados obtenidos de estas simulaciones se utilizan para elaborar un mapa de amenaza, que se basa en la intensidad del evento y su frecuencia de ocurrencia.

La evaluación de la vulnerabilidad se realiza mediante la determinación de índices de exposición y resistencia, que indican el grado de exposición de las edificaciones y su capacidad de respuesta ante el evento amenazante. En este sentido, el riesgo que enfrentan las

construcciones se formula como una función de la amenaza identificada, la vulnerabilidad de las estructuras y los costos asociados a los elementos expuestos.

El aporte de este artículo es la simulación de inundaciones causadas por flujos de detritos utilizando el software FLO-2D. Esta herramienta permite visualizar las inundaciones en un contexto bidimensional, lo que facilita la identificación precisa de la altura de inundación, un parámetro crítico para la evaluación del riesgo. Además, ayuda a determinar cuáles elementos expuestos resultan más afectados, permitiendo así el cálculo de las posibles pérdidas materiales y económicas que podrían derivarse de una inundación por flujos de detritos en la Quebrada de Cocabambilla.

1.10.2. MARCO CONCEPTUAL

Se describen algunas definiciones usadas en el informe:

a). Agrietamiento: Se refiere a la formación de fisuras lineales y estrechas en la corteza terrestre, generadas por tensiones mecánicas y deformaciones subterráneas. Estos fenómenos pueden ser inducidos por una variedad de factores, tales como la deshidratación del suelo, la imposición de cargas superficiales, la actividad sísmica, la presencia de discontinuidades geológicas, y la licuefacción del sustrato, entre otros (Vallejo, 2002).

b). Corona: Este término designa la franja adyacente superior al escarpe primario de un deslizamiento, que ha experimentado mínimas alteraciones en su integridad estructural. En esta región se pueden observar grietas, generalmente paralelas o semiparalelas, que son designadas como grietas de tensión o tracción, indicando así tensiones residuales en la materia terrestre (Vallejo, 2002).

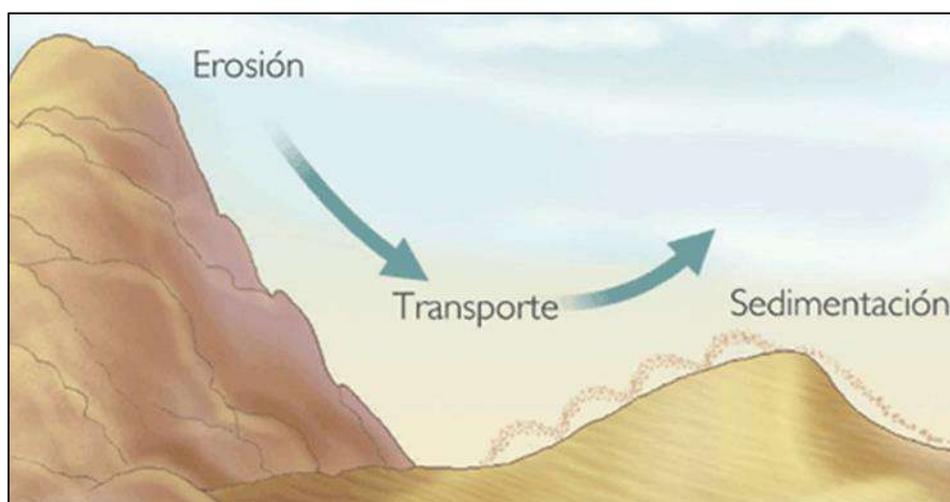
c). Deslizamientos: Definidos como el movimiento gravitacional de una porción de suelo o roca que se desplaza a lo largo de una superficie de fallo específica. Los deslizamientos se clasifican, según la morfología de la superficie de fallo, en deslizamientos traslacionales,

que exhiben superficies de fallo planas o levemente onduladas, y deslizamientos rotacionales, caracterizados por una superficie de fallo curva y cóncava (Vallejo, 2002).

d). Escarpa: Se refiere a una superficie geométrica que presenta características verticales o semiverticales, la cual se desarrolla en macizos rocosos o depósitos sedimentarios a través de procesos de denudación, que incluyen erosión, movimientos en masa y socavación, así como fuerzas tectónicas. En el contexto de deslizamientos, una escarpa se conceptualiza como un rasgo morfométrico que define la topografía alterada por tales eventos geológicos (Vallejo, 2002).

e). Erosión: Es un proceso geológico que implica la degradación y desintegración progresiva de rocas y otros materiales que constituyen la corteza terrestre. Este proceso es seguido por el transporte de los materiales erosionados, comúnmente en estado disuelto en soluciones acuosas. Este transporte constituye un mecanismo fundamental en la formación de suelos y representa el primer paso en la genesis de rocas sedimentarias (Vallejo, 2002).

Figura 5. *Proceso de erosión.*



Fuente: *Geología de Monfragüe*

f). Meteorización: Proceso geológico de descomposición y alteración de rocas en su lugar de origen, resultado de la interacción de factores atmosféricos y biológicos, así como de procesos físico-químicos. La intensificación de la erosión en ciertas regiones, a menudo

exacerbada por la intervención humana o variaciones climáticas, puede alterar el ciclo de formación del suelo y afectar gravemente el equilibrio ecológico en los ecosistemas afectados (Vallejo, 2002).

Figura 6. *Proceso de meteorización.*



Fuente: *Geología de Monfragüe*

g). Flujos de detritos: Los flujos de detritos constituyen un fenómeno geológico de remoción y transporte de sedimentos en masa, predominantemente impulsado por la gravedad. Este proceso se caracteriza por la saturación de material particulado en agua, lo que le confiere un comportamiento mecánico análogo al de un fluido no newtoniano, es decir, su viscosidad no es constante y varía con la tensión aplicada. Los flujos de detritos pueden manifestarse en diversos entornos, tanto subacuáticos como subaéreos, y son especialmente frecuentes en áreas montañosas y con pendiente pronunciada donde condiciones de inestabilidad, como lluvias intensas o deshielos, pueden desencadenar estos eventos (Valenzuela, 1988).

Figura 7. Estructura de flujo de detritos.



Fuente: (Valenzuela 1988).

h). Fractura: Se define como una discontinuidad estructural menor en la que ocurre una separación por tensión entre los cuerpos geológicos, sin que se produzca un movimiento tangencial significativo a lo largo de la discontinuidad (Geología de Monfragüe).

i). Movimientos en masa: Estos procesos abarcan cualquier desplazamiento ladero abajo de rocas o suelos inducido por la gravedad. En el contexto peruano, los tipos más prevalentes incluyen caídas, deslizamientos, flujos y reptación de suelos, entre otros (Guía para la Evaluación de Amenazas, 2007, p. 315).

j). Peligro o amenaza geológica: Se refiere a un proceso o fenómeno geológico que puede ocasionar daños a la vida, salud, propiedad, medios de subsistencia, y causar trastornos sociales y económicos, así como impactos ambientales (Guía para la Evaluación de Amenazas, 2007, p. 315).

k). Reptación de suelos: Movimiento lento de suelo en masa superficial muy lento. Este fenómeno puede ser estacional, asociado a cambios climáticos o de humedad, o verdadero, caracterizado por un desplazamiento continuo de los materiales (UN/ISDR, 2004).

m). Erosión fluvial: Es el proceso continuo de desintegración y transporte de materiales en la superficie terrestre debido a la acción de aguas corrientes. La erosión fluvial puede manifestarse en diversas formas, como el arranque de material, abrasión, corrosión y

atracción fluvial. Este proceso tiende a esculpir valles en forma de V durante las etapas juveniles de desarrollo de un río, provocando profundización, ensanchamiento y alargamiento del cauce, variando en intensidad según el estadio de desarrollo del río. La erosión fluvial sigue patrones de drenaje específicos, influenciados por factores como la estructura geológica, dureza de las rocas, carga fluvial, entre otros (UN/ISDR, 2004).

n). Cárcavas: Son socavones formados en rocas y suelos en pendientes, generados por la escorrentía de aguas pluviales, provocando erosión remontante. Se presentan principalmente en suelos arcillosos; si dos o más cárcavas avanzan paralelamente, se les denomina rills. Estas estructuras se manifiestan en abarrancamientos resultantes de la acción erosiva del agua, especialmente en ausencia de cobertura vegetal que proteja las pendientes (Guía para la Evaluación de Amenazas, 2007, p. 315).

o). Deslizamiento: Este término describe un movimiento de ladera de una masa de suelo o roca que se desplaza predominantemente a lo largo de una superficie de falla o a lo largo de una delgada zona donde se produce una gran deformación cortante (Varnes, 1987).

p). Deslizamiento traslacional: Es un tipo de deslizamiento en el cual una porción de suelo se desplaza a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. Este tipo de movimiento tiende a ser más superficial que los deslizamientos rotacionales, frecuentemente ocurriendo a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas o planos de estratificación que separan el material de la roca subyacente (Cruden y Varnes, 1996).

q). Deslizamiento rotacional: Este tipo de deslizamiento implica un movimiento de masa a lo largo de una superficie de falla que presenta una forma curva y cóncava. La deformación interna de la masa desplazada suele ser mínima, dado que el mecanismo rotacional generalmente presenta poca energía, salvo en materiales muy frágiles como las arcillas sensibles (UN/ISDR, 2004)

r). Susceptibilidad: Se refiere al grado de propensión de un área a experimentar fenómenos de remoción en masa, condicionado por características intrínsecas como la geomorfología, la resistencia de los materiales, estados de esfuerzo, condiciones de drenaje y cobertura del terreno (UN/ISDR, 2004).

s). Vulnerabilidad: Señala la magnitud del daño o posible pérdida en un elemento o grupo de elementos debido a la aparición de un fenómeno de cierta intensidad. Esta se evalúa en función de las características del elemento en cuestión y la intensidad del fenómeno, y se expresa generalmente en una escala de 0 (sin daño) a 1 (destrucción total) o en porcentaje de daño (Vallejo, 2002, p. 611).

t). Riesgo de desastre: Posibilidad de que una comunidad y sus modos de subsistencia experimenten perjuicios y menoscabos a causa de su condición de vulnerabilidad y la incidencia de una amenaza concreta. (Ley 29664 del SINAGERD).

u). Prevención: Las medidas preventivas frente a fenómenos naturales extremos buscan mitigar su impacto negativo, priorizando la salvaguarda de vidas humanas y la protección de actividades económicas. Un sistema efectivo de prevención requiere crear conciencia sobre la necesidad de un sistema de predicción y previsión de catástrofes naturales tanto en el gobierno como en la sociedad (Vallejo, 2002, p. 615).

v). Mitigación: La mitigación de riesgos de desastre puede implicar tanto la reducción o eliminación de riesgos existentes como la aceptación de estos riesgos, con el objetivo de minimizar pérdidas y daños a través de preparación y sistemas de alerta. Las medidas de mitigación adoptadas anticipadamente buscan evitar la ocurrencia de fenómenos peligrosos o disminuir su peligrosidad, así como reducir la vulnerabilidad de la población y la infraestructura (Vallejo, 2002, p. 615).

w). Peligro geológico: La peligrosidad, P (hazard), se refiere a la frecuencia de ocurrencia de un proceso en un área específica y se define como la probabilidad de que un proceso de intensidad determinada ocurra dentro de un intervalo de tiempo específico en una región particular (Varnes, 1984; Barbat, 1998). Para su evaluación, es fundamental contar con datos precisos (Vallejo, 2002, p. 609).

x). Gestión del Riesgo de Desastres: Conjunto de decisiones administrativas y organizativas que permiten a las sociedades y comunidades implementar políticas estratégicas y fortalecer sus capacidades para reducir el impacto de amenazas naturales y desastres ambientales y tecnológicos (UN/ISDR, 2004).

y). Sistemas de Información Geográfica (SIG): Es un sistema informatizado que permite la captura, almacenamiento, análisis y visualización de información espacial. Se compone de cuatro componentes principales: hardware, software, información espacial y personal técnico especializado. El hardware incluye dispositivos físicos como monitores y discos duros, mientras que el software se refiere a los programas que permiten el manejo de datos (Clarke, 1990; Villacorta, S., 2007).

1.11. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES

1.11.1. VARIABLES

1.11.1.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Peligro por flujo de detritos
- Vulnerabilidad por flujo de detritos
- Geomorfología
- Geología
- Hidrología
- Geotecnia
- Hidrogeología

- Cobertura vegetal y uso actual de suelos

1.11.1.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Evaluación de Riesgo por flujo de detritos

1.11.1.3. OPERACIÓN DE VARIABLES

Tabla 8. *Operación de variables del estudio*

Tipo de Variables	Nombre de Variable	Indicadores	Índices
Independiente	Geomorfología	Pendiente	%
		Fisiografía	m ³
		Parámetros morfométricos	m, km
	Geología	Estratigrafía	m, cm
		Litología	
	Hidrología	Precipitación media anual	mm
		Generación de caudales	m ³ /s
		Proceso de cambio	
	Cobertura vegetal y uso actual de suelos	Uso de suelos	m ³
		Cobertura vegetal	m ³
		Uso actual de suelos	m ³
		Clasificación de suelos	
	Geotecnia	Parámetros fisicomecánicos	
		Límites de consistencia	
	Riesgo por Flujo de detritos		Es una mezcla de rocas, suelo, agua y otros materiales se desplaza por una pendiente debido a

Dependiente

Densidad y
Composición del
flujo de detritos

la gravedad. Los
flujos de detritos
pueden variar en
tamaño y velocidad,
desde deslizamientos
lentos.

1.12. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.12.1. TIPO DE INVESTIGACION

a). **Investigación Aplicada:** Se clasifica como investigación aplicada debido a su enfoque en la evaluación, comprensión y formulación de propuestas orientadas a la resolución de problemas específicos. En este caso, la investigación se centra en la evaluación de riesgos asociados con flujos de detritos en los centros poblados de Habaspata y Pucyura, localizados en el distrito de Vilcabamba. Esta evaluación se fundamenta en la “Guía Metodológica para Elaborar el Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres en los Tres Niveles de Gobierno del CENEPRED”, con el objetivo de identificar y proponer medidas de prevención y mitigación ante fenómenos de flujo de detritos.

1.12.2. DISEÑO DE INVESTIGACION

a). **Es diseño de la investigación es innovativo:** Este estudio se caracteriza por su enfoque innovador, ya que busca validar una propuesta para la evaluación de riesgos asociados a flujos de detritos en los centros poblados de Habaspata y Pucyura, situados en el distrito de Vilcabamba. Esta propuesta se fundamenta en la “Guía Metodológica para Elaborar el Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres en los Tres Niveles de Gobierno del CENEPRED”, lo que permite una aplicación práctica y contextualizada de estrategias de gestión de riesgos en áreas vulnerables a desastres naturales.

1.12.2.1. ETAPAS

El presente trabajo se desarrollará considerando las siguientes etapas:

1.12.2.1.1. ETAPA DE PRE-CAMPO

- Recolección de información del tema de investigación y de la zona de trabajo (trabajos de investigación mapas anteriores, tesis)
- Delimitación y acceso de la zona de estudio.
- Fotointerpretación de imágenes satelitales georreferenciadas
- Elaboración de mapa base (Topográfico) a escala local.
- Elaboración de formato para recolección de datos del campo.

1.12.2.1.2. ETAPA DE CAMPO

ETAPA DE CAMPO I

- Identificación de la zona de estudio.
- Levantamiento topográfico con Estacion Total.
- Evaluación e identificación de los factores condicionantes del peligro flujo de detritos.
- Identificación de los factores desencadenantes para la ocurrencia del peligro de flujo de detritos.
- Recolección de información de los predios mediante encuestas a cada propietario.

ETAPA DE CAMPO II

- Levantamiento de las observaciones geológicas en campo de la data procesada preliminarmente.
- Interpretaciones en campo con la data procesada preliminar.
- Recopilación de la data faltante y corrección.

1.12.1.2.3. ETAPA DE POST-CAMPO

- Procesamiento de la información obtenida en campo y elaboración de mapas de los factores condicionantes y desencadenantes.
- Procesamiento de la información obtenida mediante encuestas.
- Cálculo de los niveles de riesgo de cada predio según el nivel de peligro y nivel de vulnerabilidad.

1.12.2.2. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN

1.12.2.2.1. TÉCNICAS

- Preparación de mapas bases (mapa de ubicación, mapa de accesibilidad, mapa topográfico), mapeo geológico local, levantamiento topográfico local, cartografiado en campo (fallas, escarpas, carvacas, etc.).
- Planificación de trabajo (inicio de trabajo, área a cubrir por día, acceso, los factores que limitan el trabajo de campo y cartografiado).

1.10.2.2.2. EQUIPOS

- GPS navegador
- Celular (con programas de app FiledMaps, para recolección de información campo y cartografiado).

1.10.2.2.3. MATERIALES

- Libreta de campo
- Mapas bases: mapa topográfico, mapa de ubicación, mapa geológico, estructural regional.
- Brújula
- Picota, comba, cincel
- Bolsas de polietileno, precintos

- Lupa
- Lápiz Magnético
- Tablero
- Colores
- Protactor
- Escalímetro
- Wincha
- Rayador
- ácido clorhídrico
- Lentes, Guantes
- Plumones indelebles

1.10.2.2.4. LABORATORIO

- Equipos de laboratorio para mecánica de suelos.
- Equipos para hidrogeología e hidrología.

CAPITULO III: CARACTERISTICAS GEOLOGICAS

3.1. GEOLOGIA

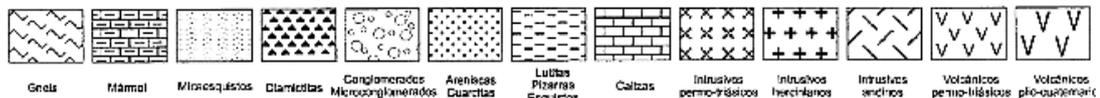
El análisis geológico del área de estudio se ha llevado a cabo utilizando como base la geología de los cuadrángulos de Quillabamba y Machupicchu a escala 1:100,000, tal como se documenta en el trabajo de Carlotto et al. (1999). Estas investigaciones han permitido identificar principalmente rocas sedimentarias, vulcano-sedimentarias y depósitos que corresponden al Cuaternario.

Dentro del área de estudio, se evidencian fallas geológicas que afectan las formaciones rocosas desde el Paleozoico hasta el Cenozoico. Estas estructuras tectónicas incluyen pliegues y fallas de dirección este-oeste (E-W), que son indicativas de las dinámicas tectónicas que han modelado la región a lo largo de millones de años. Entre las características geológicas más notables se encuentran el Sinclinal de Vilcabamba y el Anticlinal de Pucyura, los cuales evidencian procesos de deformación que han ocurrido como resultado de las fuerzas tectónicas que operan en esta zona montañosa.

El Sinclinal de Vilcabamba se caracteriza por una disposición de capas sedimentarias que se pliegan hacia abajo, creando un valle que alberga una rica biodiversidad y diversos usos agrícolas, mientras que el Anticlinal de Pucyura muestra un arco de rocas que emergen en el paisaje, contribuyendo a la complejidad geomorfológica del área. Estos pliegues no solo afectan la distribución de los recursos naturales, sino que también influyen en la susceptibilidad a fenómenos geológicos como deslizamientos y flujos de detritos, haciendo esencial el estudio geológico para la gestión del riesgo en la región.

Figura 8. Columna estratigráfica regional del ámbito de estudio, Columna estratigráfica regional de los cuadrángulos de Quillabamba (26-q) y Machupicchu (27-q).

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	GROSOR Aprox. en (m.)	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN	MAGMATISMO	
							VULCANISMO	PLUTONISMO
CENOZOICA	Cuaternario		Depósitos fluvio-aluviales y de deslizamientos			Gravas, arenas y limos		
			Depósitos morrénicos			Bloques, gravas, en matriz areno-arcillosa.	V V V	
	Paleógeno	Oligocena Eocena	Formación Colpaccasa	>700		Conglomerados en la base, areniscas cuarzosas feldespáticas pardas intercaladas con limolitas de color rojo.		
		Paleocena	Formación Quilque-Chilca	±170		Lulitas de color rojo ladrillo, areniscas feldespáticas y escasos niveles de conglomerados.		
MESOZOICA	Cretáceo	Sup.	Grupo Yuncaypata	>100		Intercalación de areniscas con lulitas verdes, rojas y negras, yesos y calizas.		
		Inf.	Formación Huancané	<200		Areniscas cuarzosas de color blanco, rosado con laminación oblicua curva, conglomerados y delgados niveles de lulitas rojas.		
	Jurásico	Formación Huambutío	±300		Conglomerados, microconglomerados y areniscas feldespáticas de color rojo.			
	Triásico	Grupo Mitu	<1200		Volcánicos, bancos de conglomerados, intercaladas con areniscas cuarzosas pardas, limolitas rojas, a veces algunas capas lenticulares de calizas.	V V V V V V V V	X X X X X X X X	
PALEOZOICA	Permiano	Sup.	Grupos Tarma-Copacabana	<1000		Calizas bien estratificadas con fósiles y localmente brechas calcáreas.	V V V V V V V V	X X X X X X X X
		Inf.				Areniscas en delgados bancos intercalados con lulitas negras.		
	Pensilvaniano	Grupo Ambo	>300		Conglomerados con clastos de cuarzitas, esquistos, cuarzo, etc. Cuarzitas, areniscas y pizarras negras.			
	Devoniano	Formación Quillabamba	±1000		Pizarras, esquistos, grises y negros intercalados con niveles delgados de cuarzitas grises y blancas sin estratificación visible, calizas en la base.		+ + + + + + + +	
	Ordoviciano	Superior	Formación San Gabán	500		Intercalación de pizarras, diamictitas cuarzitas y microconglomerados al techo.		
			Formación Sandía	±1000		Pizarras con nódulos calcáreos, areniscas cuarzíticas blancas y grises, localmente negras.		
		Med. Inf.	Grupo San José	>2000		Pizarras, esquistos verdes, grises a negros con pirita, cuarzitas y lulitas bandeadas, exudaciones de azufre.		
		Cambriano?	>2000		Cuarzitas blancas y grises, mármoles, gneises micaesquistos y localmente anfibolitas.			



Fuente: Cuadrángulos de Quillabamba (26-q) y Machupicchu (27-q).

3.1.1. GEOLOGIA REGIONAL

3.1.1.1. GRUPO MITU: PERMIANO SUPERIOR-TRÍASICO INTERIOR (PATJ-M)

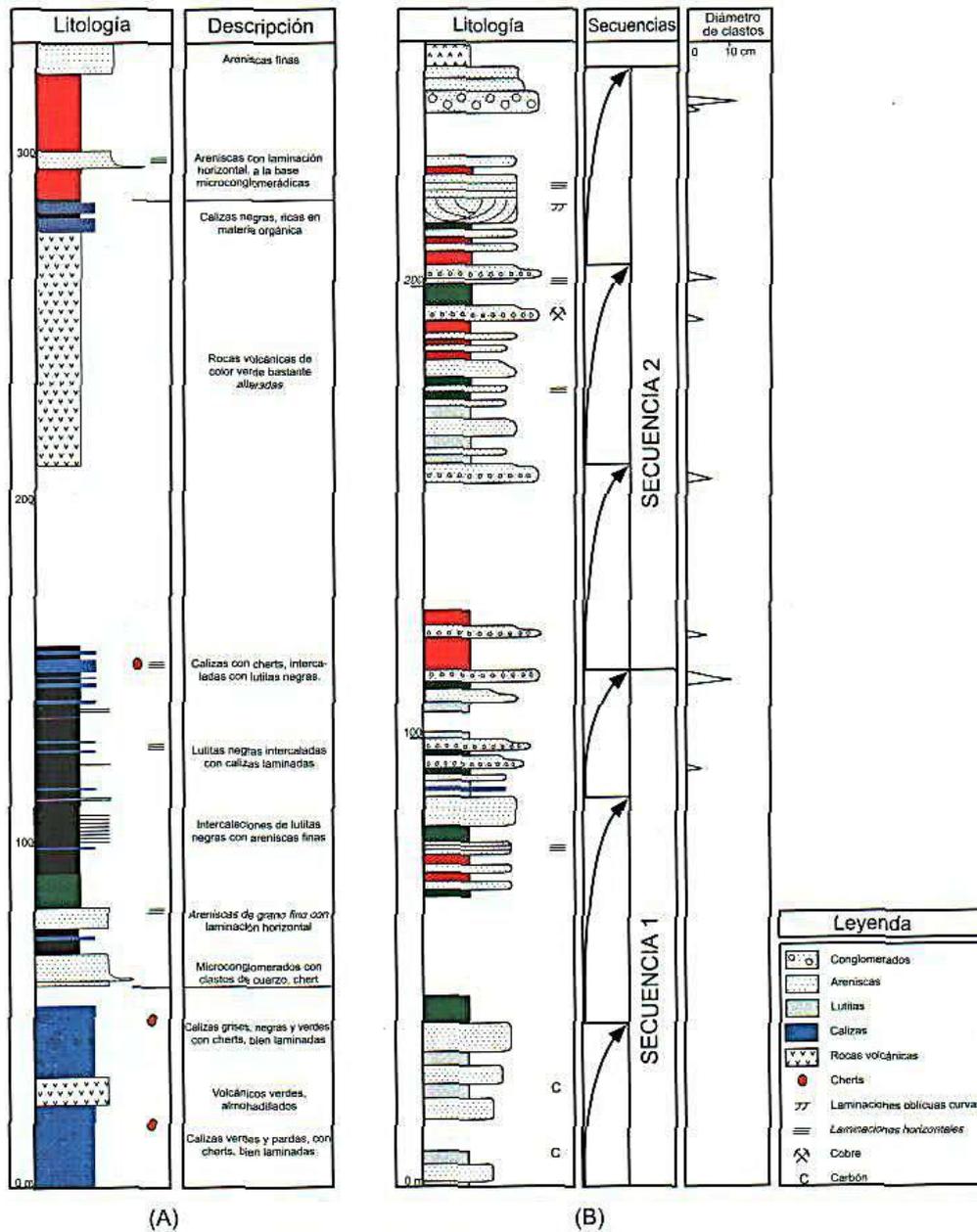
El Grupo Mitu se manifiesta en los alrededores de Vilcabamba, extendiéndose al sur de Huanipaca-Cachora y al norte de Curahuasi, específicamente en el cuadrángulo de Machupicchu. También aflora en la hacienda Copacabana, en el cuadrángulo de Quillabamba. Estos afloramientos permiten la identificación de tres dominios paleogeográficos distintos:

a). Primer Dominio: Afloramientos de Vilcabamba y Norte de Quillabamba En este dominio, el Grupo Mitu se encuentra sobre un sustrato de fuerte discordancia erosional respecto al Grupo Copacabana. La litología predominante es volcánica, incluyendo basaltos, riolitas gabrodioritas y brechas volcánicas. Las intercalaciones de conglomerados y areniscas son escasas, destacando tipos como grauvaca y litarenita además de dolomitas localmente. El grosor de estos niveles oscila entre 1,000 m en Vilcabamba y 1,200 m en la zona de Simbeni-Copacabana.

b). Segundo Dominio: Afloramientos de Huanipaca Este dominio se caracteriza por una litología esencialmente conglomerádica, con escasas areniscas y lutitas de tonalidades rojas. Los conglomerados presentan clastos que varían desde subangulosos hasta subredondeados, incluyendo fragmentos volcánicos andesíticos y dacíticos, así como intrusivos, areniscas, cuarcitas y lutitas. Los clastos alcanzan tamaños de hasta un metro, con un promedio de 15 cm. La matriz es areno-arcillosa y corresponde a flujos de lodo (debris flow) típicos de ambientes de abanico aluvial. Las areniscas en este contexto son fel despáticas y varían de grano fino a medio. El grosor en este dominio oscila entre 300 y 1,000 metros.

c). Tercer Dominio: Afloramiento de Apayhuana Este último dominio se extiende al cuadrángulo vecino de Abancay, ubicado entre el norte de Curahuasi y Cachora. Los afloramientos en esta área están controlados por fallas, lo que indica una compleja interacción tectónica que ha influido en la disposición de las unidades litológicas en la región.

Figura 9. Columna estratigráfica del grupo Mitu, (A). Levantada en Apayhuana, cerca de cachora, (B). Levantada por ligarda (1989) al norte de curahuasi, en la carretera a la mina inquilpata.



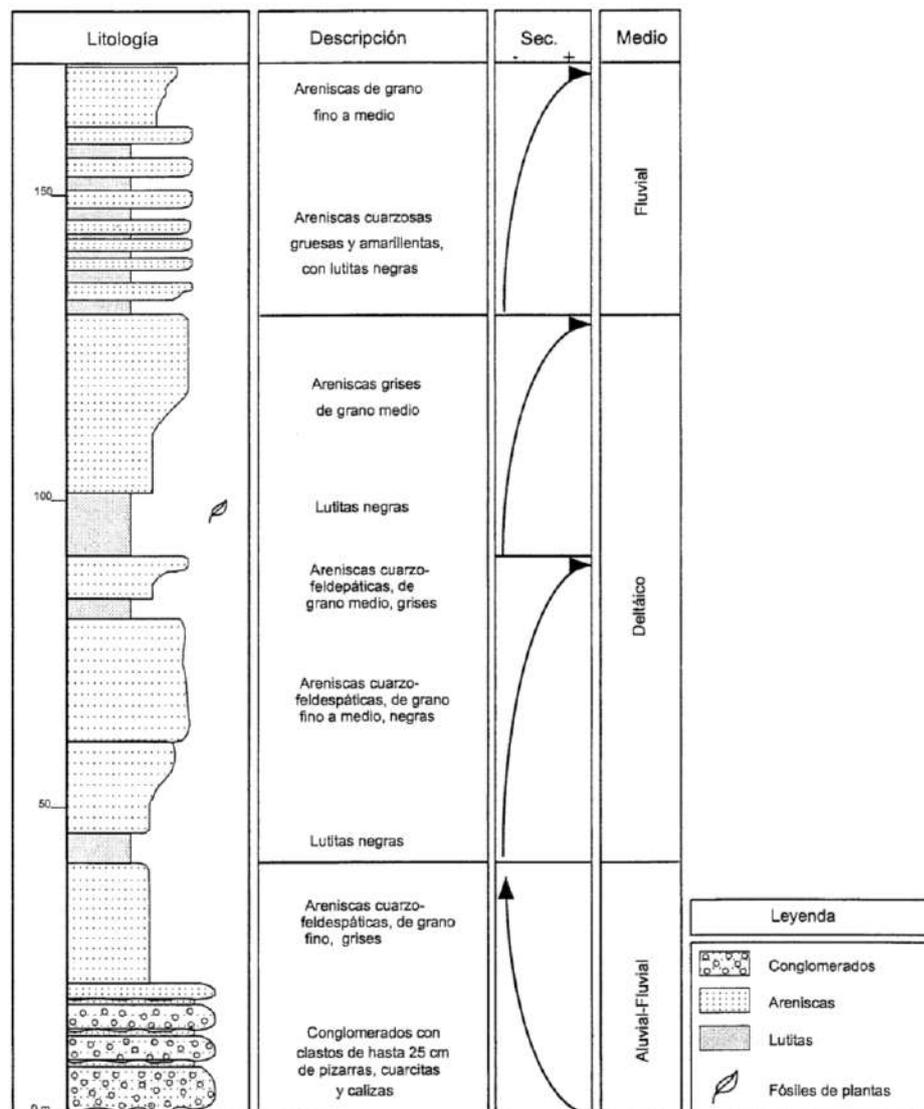
Fuente: Cuadrángulos de Quillabamba (26-q) y Machupicchu (27-q).

3.1.1.2. GRUPO COPACABANA

La unidad geológica en el cuadrángulo de Quillabamba puede dividirse en dos secuencias: una detrítica y otra calcárea. La base detrítica, que tiene un grosor de entre 10 y 30 metros, está formada por areniscas dispuestas en capas de tamaño decimétrico, con grano fino y características como ondulitas y tidalitas (estratificación en capas). Esta parte corresponde a

un medio de sedimentación de tipo litoral. Por otro lado, la secuencia calcárea, con un grosor que varía entre 50 y 100 metros, presenta calizas bien estratificadas del tipo packstone, en ocasiones, brechas calcáreas. En cuanto al grosor de los grupos Tarma y Copacabana en el cuadrángulo de Quillabamba, este alcanza un máximo de 200 metros, pero se observa una notable discordancia erosional en el contacto con el Grupo Mitu. En la zona de Vilcabamba, donde las calizas están intercaladas con lutitas negras, el grosor de este grupo varía entre 500 y 1,000 metros.

Figura 10. Columna estratigráfica del grupo Copacabana, levantada en añapay (Noroeste de Vilcabamba).



Fuente: Cuadrángulos de Quillabamba (26-q) y Machupicchu (27-q).

3.1.1.3. FORMACIÓN MUÑANI (Eoceno)

La Formación Muñani, que data del Eoceno, representa una significativa serie roja de origen continental que alcanza más de 6,000 metros de grosor, siendo parte del conocido Grupo San Jerónimo (CÓRDOVA, 1986). Esta formación se encuentra ampliamente distribuida en la región de Cusco y Sicuani, donde sus afloramientos son fácilmente identificables.

Además, es importante destacar que, a pesar de que estas unidades pueden ser consideradas independientes, la Formación Muñani es reconocida como una prolongación lateral de la misma formación descrita en la región de Puno. Por lo tanto, para mantener una coherencia geológica y nomenclatural en la descripción de estas unidades, se define a esta serie con el nombre de Formación Muñani, resaltando su relevancia tanto regional como en el contexto geológico más amplio.

La Formación Muñani se encuentra en extensos afloramientos al sur de la ciudad de Cusco, formando parte del sinclinal de Anahuarqui y del anticlinal de Puquín, ubicados al oeste. Además, esta formación también se manifiesta en el sinclinal de Ancaschaca, en la zona de Yaurisque-Paruro, y en el sinclinal de San Lorenzo. Estos afloramientos son significativos para el estudio de la historia geológica local, ya que reflejan las complejas interacciones entre las estructuras tectónicas y los procesos sedimentarios que han dado forma al paisaje de esta área.

3.1.2. GEOLOGIA LOCAL

Las unidades litoestratigráficas en la zona de estudio comprenden afloramientos de rocas vulcano-sedimentarias del Grupo Mitu, junto con formaciones sedimentarias del Grupo Copacabana. Se han identificado la formación Muñani, con especial énfasis en la presencia de depósitos glacio-fluviales y coluviales acumulados desde el Pleistoceno hasta el presente. Estos depósitos son resultado de interacciones complejas entre procesos glaciares y fluviales, lo que refleja una evolución geomorfológica significativa.

3.1.2.1. GRUPO MITU (PET-M)

En ambos márgenes de la quebrada Huaychaamarca, se observa un afloramiento de rocas que data del Pérmico al Triásico, caracterizado por una secuencia conglomerádica polimíctica compuesta de clastos de roca volcánica y sedimentaria, los cuales están englobados en una matriz arenosa. En la zona evaluada, se identifican areniscas y limolitas de tonalidades rojizas, que presentan un alto grado de fracturación y meteorización. Estas condiciones geológicas son indicativas de un entorno propenso a deslizamientos, evidenciando la inestabilidad del terreno en esta área.

Aflora ampliamente en la margen derecha de la quebrada Huaychaamarca, al noroeste de los sectores curruchada, Pucyura y Lucma, está conformado por areniscas, conglomerados, brechas, lavas y tobas de ceniza (fotografía 4), los cuales se encuentran moderada a altamente meteorizados, generando suelos arenosos. Además, el sustrato se encuentra muy fracturado, ello originó bloques sueltos de hasta 1.4 m de diámetro.

Fotografía 1. *Vista de tobas de ceniza moderadamente meteorizado, ubicado en la margen derecha de la quebrada Huaychaamarca.*



Fotografía 2. *Vista de conglomerados moderadamente meteorizado y ubicado en la margen izquierda de la quebrada Huaychaumarca.*



3.2.2. GRUPO COPACABANA

Al norte de la zona del trabajo de investigación, en la parte alta y en la margen izquierda de la quebrada Huaychaumarca, aflora un conjunto de rocas de edad Pérmica. Esta unidad geológica se compone de intercalaciones de calizas bioclásticas, areniscas y lutitas negras, organizadas en estratos delgados. Los afloramientos presentan un grado significativo de fracturación y meteorización moderada, lo que los hace particularmente susceptibles a generar movimientos en masa, aumentando así el riesgo geológico en el área.

Esta unidad aflora ampliamente en la margen derecha de la quebrada Huaychaumarca, conformado por calizas en capas bien estratificadas del y localmente brechas calcáreas (Fotografía 6).

Fotografía 3. *Vista de afloramiento rocoso, ubicado en la margen izquierda de la quebrada Huaychaamarca.*



Fotografía 4. *Vista de afloramiento rocoso de calizas, ubicado en la margen derecha de la quebrada Huaychaamarca.*



3.2.3. FORMACIÓN MUÑANI

En la parte alta de la quebrada Huaychaamarca, se pueden observar afloramientos significativos en ambas márgenes, correspondientes a una unidad de edad Paleógena. Esta unidad está constituida predominantemente por areniscas cuarzo-feldespáticas, las cuales se

intercalan con limoarcillitas de tonalidades rojizas y verdes. Estas formaciones se presentan en estratos delgados, lo que sugiere una deposición continua en un entorno sedimentario estable.

Las areniscas muestran un grado de fracturación moderada, lo que puede afectar su integridad estructural y su capacidad de retener agua. En cuanto a la meteorización, este material presenta un estado ligero, indicando que ha sido relativamente poco afectado por procesos de erosión superficial. Un aspecto notable de esta unidad son los bolones de hasta 0.5 metros de diámetro, que son vestigios de eventos sedimentarios previos. Estos bolones fueron transportados por flujos antiguos, lo que sugiere una dinámica sedimentaria activa en el pasado y la influencia de procesos de transporte y deposición asociados a corrientes de agua en la región. La identificación de estos elementos geológicos es crucial para entender la historia geológica y los posibles riesgos asociados a deslizamientos en esta área. Una potente serie roja de composta de limos, arcillas, arenas, con coloraciones características de capas rojas, en la microcuenca de Huaychaamarca aflora al Noroeste de la zona de estudio siendo predominante en la zona, proveedora de la mayor cantidad de depósitos cuaternarios.

Fotografía 5. *Vista de afloramiento rocoso de areniscas cuarzo feldespáticas moderadamente meteorizado y muy fracturadas, ubicadas en la margen izquierda de la quebrada Huaychaamarca.*



Fotografía 6. *Vista de afloramiento rocoso de areniscas cuarzo feldespáticas moderadamente meteorizado y muy fracturadas, ubicadas en la margen izquierda de la quebrada Huaychaumarca.*



3.2.4. DEPOSITOS COLUVIALES

Los depósitos coluviales se localizan en las laderas de la quebrada Huaychaumarca y se caracterizan por estar compuestos por materiales que han experimentado procesos de deslizamiento. Estos depósitos presentan una consolidación limitada, lo que los hace propensos a desestabilizaciones adicionales. La litología es variada e incluye una mezcla de bloques y gravas que presentan formas subangulosas a subredondeadas, los cuales están embebidos en una matriz arenosa. Esta configuración geológica sugiere una dinámica de transporte y acumulación que puede ser influenciada por factores como la pendiente del terreno, la saturación de agua y la actividad tectónica. La naturaleza poco consolidada de estos depósitos coluviales los convierte en un factor de riesgo significativo, aumentando la probabilidad de nuevos movimientos en masa, especialmente durante períodos de lluvias intensas o eventos sísmicos.

Fotografía 7. *Depósitos coluviales, depositados en el pie del deslizamientos recientes y antiguos ubicadas en la margen izquierda de la quebrada Huaychaumarca, parte media.*



Fotografía 8. *Depósitos coluviales, depositados en el pie del deslizamientos recientes y antiguos ubicadas en la margen izquierda de la quebrada Huaychaumarca, parte media de la quebrada.*

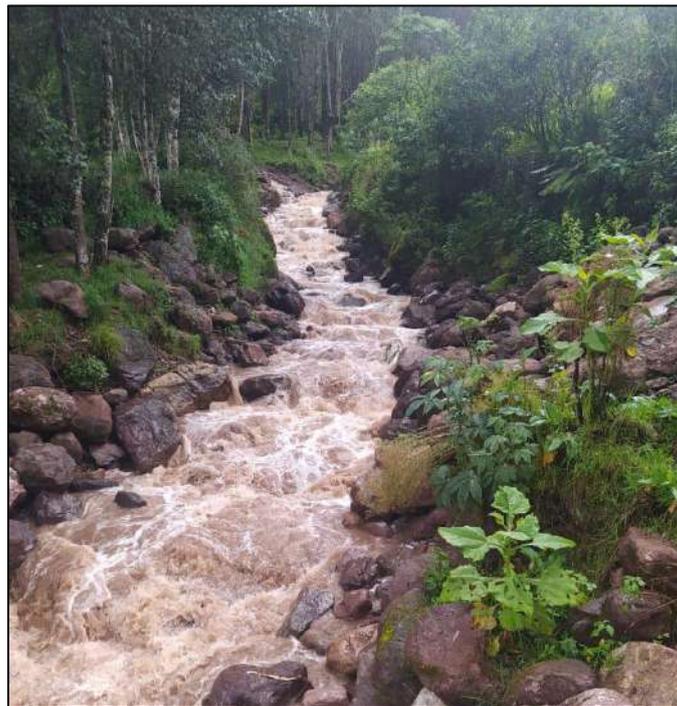


3.2.5. DEPOSITOS ALUVIALES

Estos depósitos coluviales se distribuyen a lo largo de ambas márgenes del río Huaychaumarca y están constituidos por una variedad de materiales, incluyendo bloques de rocas volcanosedimentarias, así como bancos de gravas y arenas, que juntos forman terrazas

aluviales. Esta formación geológica ha creado un entorno propicio para el asentamiento humano, y en particular, se observa que algunas viviendas de los sectores Pucyura y Habaspata se han construido sobre estos depósitos. Sin embargo, es importante señalar que la ubicación de estas estructuras sobre un terreno que presenta características de inestabilidad puede aumentar el riesgo de deslizamientos y otros movimientos en masa, especialmente en condiciones climáticas adversas o tras eventos sísmicos. La interacción entre la geología de la zona y el desarrollo urbano plantea desafíos significativos en términos de planificación y gestión del riesgo.

Fotografía 9. *Depósitos aluviales, depositados y conformado por bloques con diámetros que varían de 0.2 a 1.3 m, distribuidos en ambas márgenes del río Huaychaumarca, Parte media y baja de la quebrada.*



Fotografía 10. *Depósitos aluviales, depositados y conformado por bloques con diámetros que varían de 0.2 a 1.3 m, distribuidos en ambas márgenes del río Huaychaumarca, Parte media y baja de la quebrada*



3.2.6. DEPOSITOS ALUVIALES - FLUVIALES

Se encuentran dispuestos en el fondo de los valles, en forma de conos de deyección hacia la confluencia del río Vilcabamba. Estos depósitos están compuestos por bloques y gravas de rocas volcánicas sedimentarias y metamórficas, de formas subangulosas a subredondeadas, con diámetros que varían de 0.2 a 1.3 m, envueltos en una matriz areno-arcillosa. Se encuentran medianamente consolidados y saturados. Actualmente, sobre este depósito se ubica en la parte baja del centro poblado de Habaspata y Pucyura. Y en el margen izquierdo del río Vilcabamba.

Fotografía 11. *Depósitos aluviales – fluviales están conformados por bloques con diámetros que varían de 0.2 a 1.3 m, envueltos en matriz areno-arcillosa. Se observa que los centros poblados de Pucyura y Habaspata están asentados sobre estos depósitos.*



Fotografía 12. *Depósitos aluviales – fluviales están conformado por bloques con diámetros que varían de 0.2 a 1.3 m, envueltos en matriz areno-arcillosa. Se observa que los centros poblados de Pucyura y Habaspata están asentados sobre estos depósitos.*



Figura 11. *Mapa Geológico Regional de la zona de estudio.*

CAPITULO IV: CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS

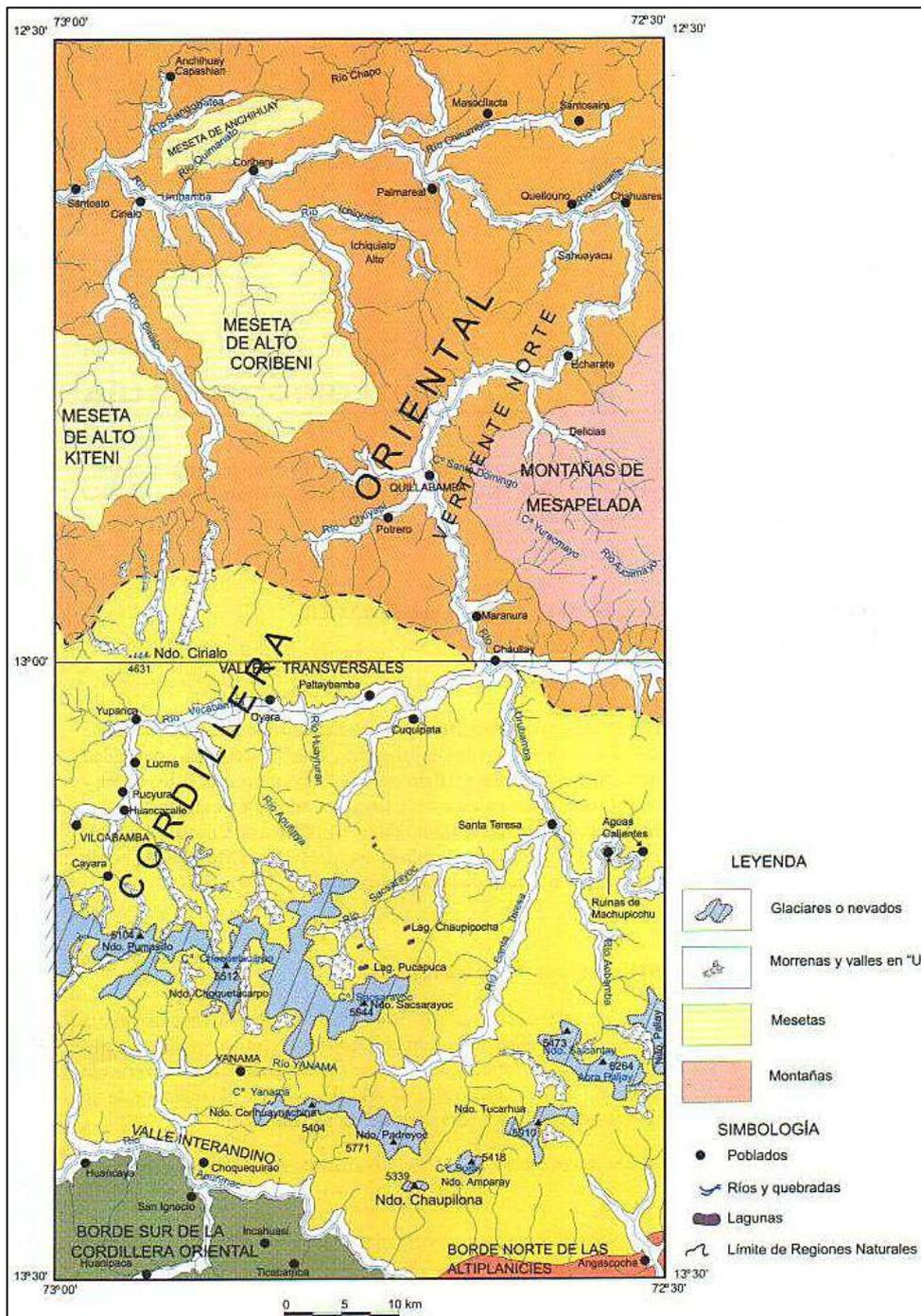
4.1. GEOMORFOLOGIA REGIONAL

4.1.1. CORDILLERA DE VILCABAMBA

La Cordillera de Vilcabamba ocupa una vasta región dentro del cuadrángulo de Machupicchu y se extiende hacia el suroeste del cuadrángulo de Quillabamba. Su límite suroccidental está marcado por el río Apurímac, donde la topografía se torna abrupta y empinada, caracterizando una vertiente extremadamente escarpada. Hacia el norte, la transición es mucho más gradual, conectando suavemente con la vertiente septentrional de la Cordillera Oriental. La extensión de esta cadena montañosa continúa hacia el este, abarcando el cuadrángulo de Urubamba (27-r), y se desplaza hacia el oeste hasta alcanzar el cuadrángulo de Pacaypata (27-p), cubriendo una importante franja geológica.

Desde una perspectiva morfológica, la Cordillera de Vilcabamba se distingue por su terreno elevado y accidentado, con picos nevados que superan los 5,000 msnm, destacándose el imponente nevado Salcantay, que alcanza los 6,264 msnm. Litoestratigráficamente, esta cordillera está compuesta por las rocas más antiguas y profundamente deformadas de la región. Entre las estructuras geológicas prominentes figuran fallas orientadas en dirección este-oeste y el anticlinal de Yanama, también orientado en ese eje. Las principales formas de relieve observadas en esta unidad incluyen circos y valles glaciares, junto con extensas morrenas, que son depósitos de materiales glaciares distribuidos a lo largo de las cadenas montañosas. Los valles en U, de longitud moderada, reciben agua de los deshielos durante todo el año, destacándose las cuencas de Aobamba, Sacsara y Santa Teresa como fuentes importantes. Las zonas altas de los nevados corresponden a las cumbres más prominentes y presentan pendientes pronunciadas a extremadamente inclinadas, propensas a desencadenar aludes en ciertas ocasiones.

Figura 13. Mapa geomorfológico de los cuadrángulos de Machupicchu y Quillabamba.



Fuente: Cuadrángulos de Machupicchu y Quillabamba.

4.1.2. VERTIENTE NORTE DE LA CORDILLERA DE VILCABAMBA

La vertiente norte de la Cordillera de Vilcabamba ocupa en su totalidad el cuadrángulo de Quillabamba, iniciando su transición de manera gradual desde el flanco septentrional de esta cordillera y extendiéndose hasta alcanzar el cuadrángulo de Timpia (25-q). Esta vertiente se

caracteriza por su topografía elevada, con zonas de gran altura que están controladas predominantemente por la presencia de rocas intrusivas pertenecientes al macizo de Quillabamba. Conforme la vertiente se dirige hacia el norte, el relieve disminuye de forma paulatina, revelando áreas donde afloran formaciones de rocas antiguas del Paleozoico, que aportan una complejidad geológica particular a la zona.

A). VALLES TRANSVERSALES

La Cordillera Oriental está profundamente esculpida por una red de valles que se orientan en múltiples direcciones, creando una topografía diversa y un relieve muy pronunciado. Estos valles han sido formados y modelados a lo largo del tiempo por una erosión fluvial constante, que ha desgastado los terrenos y conformado un sistema de colectores naturales que canalizan el flujo de aguas descendentes provenientes de las montañas.

B). VALLE DEL RÍO VILCABAMBA

Este valle se localiza al norte y noroeste del cuadrángulo de Machupicchu y destaca por su profundidad y su configuración encañonada. Sus nacientes se ubican a una altitud aproximada de 4,400 msnm, en los nevados Pumasillo y Choquetacarpo. En sus primeros tramos, el curso del río sigue una orientación norte-sur, cambiando luego a una dirección este-oeste hasta unirse con el río Urubamba. Este valle, de características juveniles, se ha formado principalmente sobre formaciones de rocas intrusivas y metamórficas del Paleozoico inferior.

4.2. GEOMORFOLOGIA LOCAL

La zona de estudio se emplaza en la cordillera oriental, se han identificado varias unidades geomorfológicas. En el presente estudio, la morfología del sector se caracteriza por presentar montañas sedimentarias y volcánicas (cerros Huaychaumarca – 3600 msnm, colpa – 3700 msnm, salinas 3900 msnm), así mismo laderas con una pendiente promedio de 30° disectadas, que forman valles fluviales profundos y quebradas, la población en la zona de estudio en su mayoría está asentada sobre un cono de deyección.

4.2.1. UNIDAD DE MONTAÑAS

Tienen una altura de más de 3910 msnm con respecto al nivel de base local; según el tipo de rocas que las conforma y los procesos que han originado su forma actual, se diferencia las siguientes subunidades.

4.2.1.1. SUBUNIDAD DE MONTAÑAS MODELADAS EN ROCAS VOLCANO SEDIMENTARIAS (RMRVS)

Relieve modelado en afloramientos del grupo Mitu, compuestas por areniscas, conglomerados, brechas, lavas y tobas de ceniza. por el lado suroeste, las montañas cubren gran parte la margen derecha de la quebrada Huaychaumarca, con laderas de pendientes moderadas a empinadas (20° a 60°), sus cimas son subredondeadas a alargadas.

Fotografía 13. Vista de las unidades geomorfológicas en la quebrada Huaychaumarca montañas modeladas en rocas volcansedimentarias (rm-rvs), vertiente de deslizamiento (v-dd) y vertiente coluvio deluvial (v-cd).



a). **Laderas abruptas (Ld-A):** Corresponde a laderas de pendiente elevada (mayor a 50%) correspondiente a montañas y colinas que se encuentran hacia el norte, junto a las geoformas glaciares.

Fotografía 14. *Geoformas montañosas de laderas abruptas y crestas presentes en la Microcuenca de Huaychaamarca.*



b). **Colinas:** Suelen tener una forma suave y redondeada, y se forman por la acción de procesos geológicos como la erosión y la sedimentación.

Fotografía 15. *Geoformas montañosas de colinas presentes en la Microcuenca de Huaychaamarca.*



c). **Ladera Onduladas (Ld - O):** Una ladera ondulada presenta un pendiente ligeramente inclinado de una montaña o colina pueden y estar cubiertas por vegetación y rocas. En la Microcuenca de Huaychaumarca estas áreas representan el 35.8% del total del área.

Fotografía 16. *Geoformas de laderas onduladas presentes en la Microcuenca de Huaychaumarca.*



d). **Cauce de Quebrada (C-Que):** El cauce de una quebrada se refiere al lecho o canal por el que fluye un arroyo o una corriente de agua. Puede variar en tamaño desde pequeñas quebradas hasta valles fluviales más grandes. Se encuentra a lo largo de las partes más bajas de la Microcuenca Huaychaumarca.

Fotografía 17. *Geoformas de cauce de Quebrada presentes en la Microcuenca de Huaychaumarca.*



e). Terraza aluvial (Ab-al): Son plataformas que se forman por los sedimentos que el río va depositando a los lados de su cauce. En la zona de estudio, esta geoforma se formó por el aluvión en la Quebrada Huaychaamarca y por ello se encuentra en las márgenes izquierda y derecha, conformando el piso del valle.

Fotografía 18. *Geoformas de terraza aluvial presentes en la Microcuenca de Huaychaamarca.*



f). Terraza fluvial - aluvial (T-fl-al): Es una plataforma elevada que se forma a lo largo de un río Vilcabamba en conjunto con sedimentos aluviales del río Huaychaamarca debido a la acumulación de sedimentos.

Fotografía 19. *Geoformas de terraza fluvial - aluvial presentes en la Microcuenca de Huaychaamarca, parte del río Vilcabamba.*



Figura 14. Mapa Geomorfológico Regional de la zona de estudio.

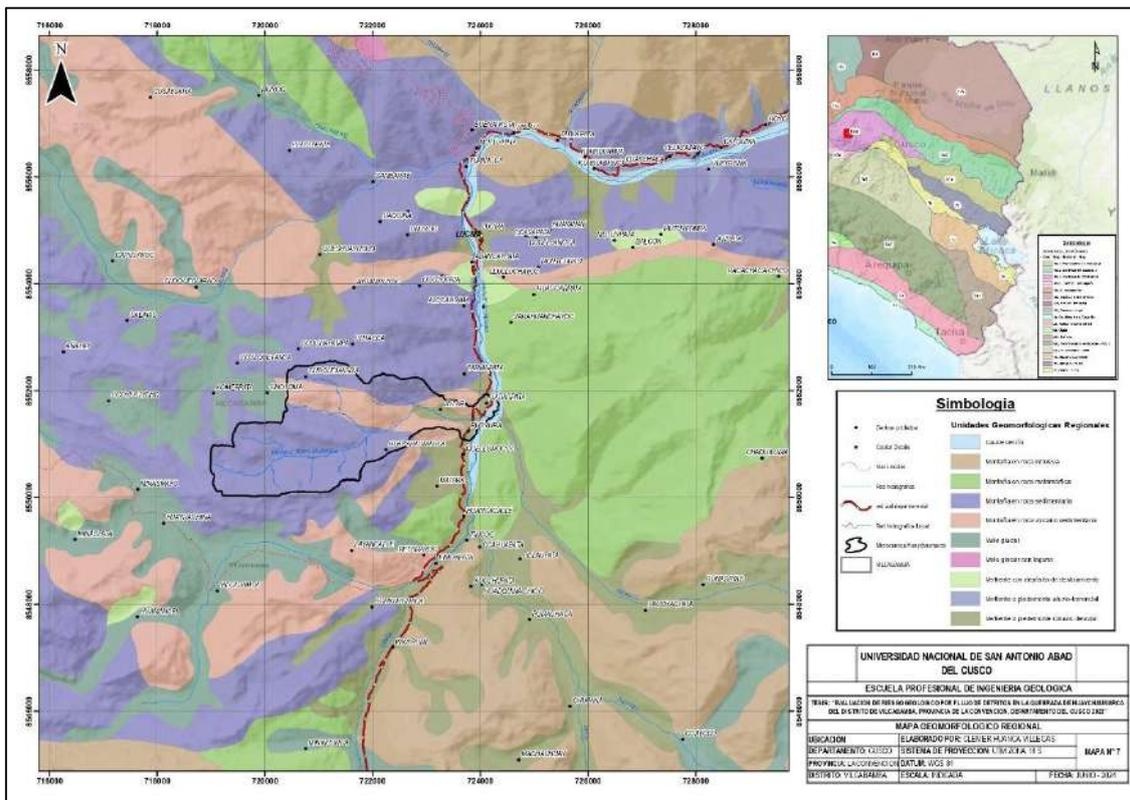
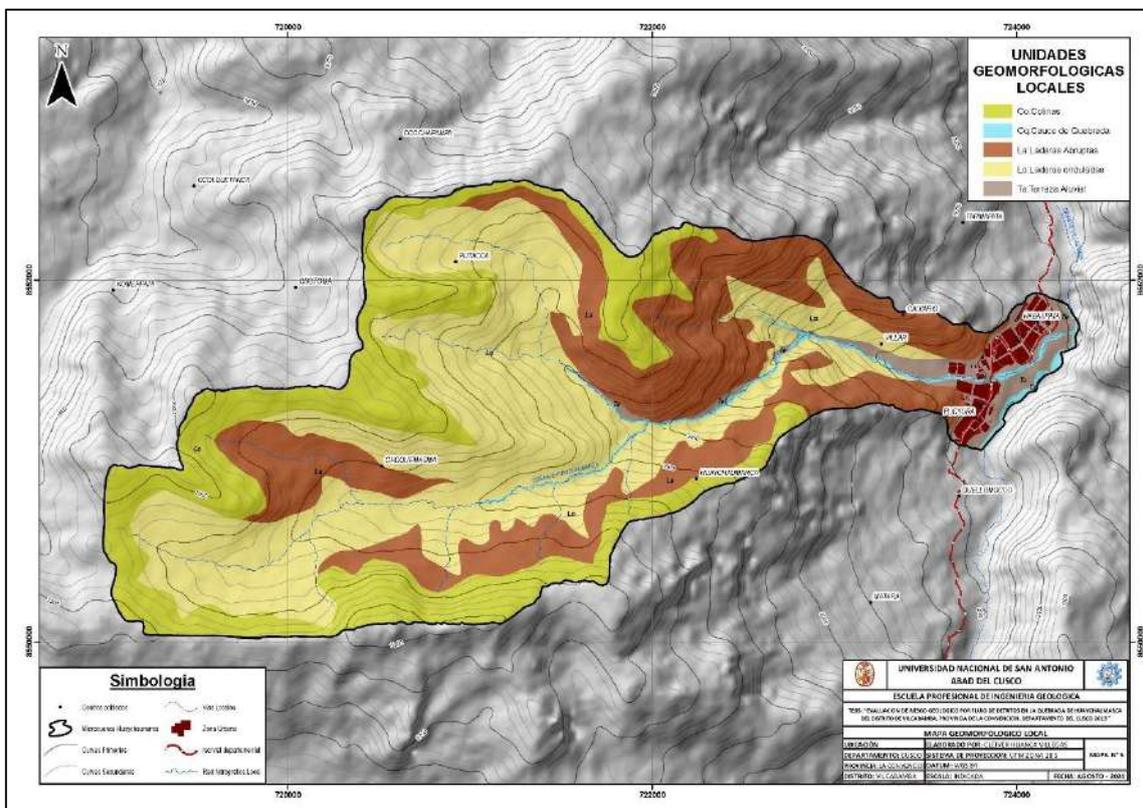


Figura 15. Mapa Geomorfológico Local de la quebrada Huaychaumarca.



CAPITULO V: TOPOGRAFIA Y PENDIENTE

5.1. TOPOGRAFIA

5.1.1. ALTITUD MEDIA DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio para esta investigación, la microcuenca de Huaychaamarca, está situada entre una cota máxima de 3910 m.s.n.m y una cota mínima de 2770 m.s.n.m. En esta área, las pendientes varían desde superficies llanas de 0° a 15° hasta inclinaciones pronunciadas que superan los 50° .

5.1.2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Para el desarrollo del estudio se ha recopilado información cartográfica de las siguientes instituciones:

- Vista Satelital Mediante el Programa Google Earth.
- Carta Geológica Nacional, Escala 1:50000.
- Sas Planet
- Dem de 12m
- Trabajo De Campo
- Punto Geodésico Nacional Centro Poblado De Habaspata

Figura 16. *Ámbito de levantamiento topográfico del C. P. Habaspata.*



Fuente: *Google Heart*

5.1.3. RED DE CONTROL HORIZONTAL

Para los trabajos de campo, se establecen puntos de control denominados BM-01, BM-02 y BM-03, ubicados en zonas estratégicos dentro de la zona urbana de los centros poblados de Habaspata y Pucyura, y marcados con pintura látex sobre rocas fijas. El levantamiento topográfico se realizó usando coordenadas absolutas, comenzando con lecturas en el punto BM-01 mediante un GPS de navegación. Posteriormente, en gabinete, se ajustaron estos dos puntos, así como todos los demás puntos del levantamiento, con información secundaria más precisa. Al punto BM-01 se le asignan coordenadas UTM en el dato horizontal WGS-84, obtenidas con un GPS Garmin para el levantamiento del eje de la carretera trazada. Luego, se estacionó en este punto y se orientó la Estación Total hacia el segundo punto de control, BM-02, ubicado sobre una roca fija.

Fotografía 20. *Vista del estacionamiento del MB 01 de la estación total para el levantamiento topográfico.*



Con la estación inicial ya orientada y la base poligonal claramente definida, se procedió a realizar el levantamiento topográfico general de la zona del proyecto. Se registraron detalles como la ubicación de las carreteras existentes y las características topográficas del terreno

destinadas para la apertura del camino vecinal, considerando rellenos de entre 3 y 10 metros a ambos lados, de acuerdo con la topografía y el acceso del personal. El trabajo comenzó en áreas accesibles como ríos, caminos de herradura, rocas y otros elementos presentes en la zona de trabajo.

Fotografía 21. *Punto de Cambio del levantamiento topográfico BM 02.*



Fotografía 22. *Punto de Cambio del levantamiento topográfico BM 03.*



5.1.4. RED DE CONTROL VERTICAL

El objetivo de la red de control vertical en un levantamiento topográfico es establecer puntos de referencia estratégicamente ubicados en el terreno. Estos puntos actúan como posiciones iniciales y finales para los circuitos de nivelación necesarios para recolectar los detalles topográficos. Además, sirven como una base estable y coherente para futuras actividades en la zona levantada. La "Estación Total" permite el levantamiento de puntos con coordenadas y el control de la altitud de cada cota. Gracias a esto, se desarrollan las curvas de nivel y, durante las lecturas, se pueden identificar y corregir variaciones de altitud directamente con una segunda lectura en el mismo punto.

5.1.5. PUNTOS DE CONTROL

Los puntos de control o BM's iniciales "BM 01", "BM 02" y "BM 03" han sido colocados en piedras fijas en el punto de control, debidamente demarcadas con pintura para su identificación.

Tabla 18. *Cuadro de Puntos de cambio dados*

ESTACION	NORTE	ESTE	COTA
MB 01	8551744.29 m S	724203.95 m E	2789 msnm
MB 02	8551756.05 m S	723991.41 m E	2832 msnm
BM 03	8551495.00 m S	723877.18 m E	2852 msnm

Fotografía 26. *Armado de la estación total para el inicio de la toma de datos, para el cambio de BM 03.*



5.1.6. TRABAJOS EN GABINETE

5.1.6.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Al finalizar el trabajo de campo de levantamiento topográfico a detalle, se llevó a cabo el procesamiento de la información en gabinete para posteriormente elaborar los planos topográficos a la escala adecuada, con una equidistancia de curvas de nivel de 1.0 metros. Los trabajos de gabinete incluyeron principalmente:

a). Procesamiento de la información topográfica capturada en campo: Se procesaron los datos obtenidos con la estación total, que comprendieron un total de 165 puntos, para luego elaborar el plano topográfico y ubicar el eje del camino vecinal.

b). Elaboración de planos topográficos a escalas adecuadas: Con los datos obtenidos, se generó el plano topográfico a partir del levantamiento realizado, incluyendo un perfil de altitudes del camino vecinal, donde se reflejan las variaciones de altitud observadas.

5.1.6.2. PUNTOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

Figura 17. Se exporta los puntos de la estación total al software AutoCAD versión 2022.

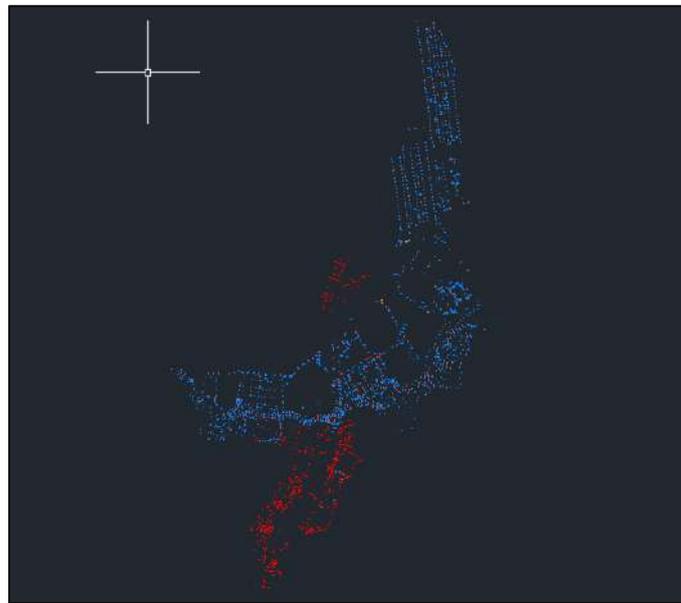


Figura 18. Generación de curvas de nivel con software AutoCAD 2022.

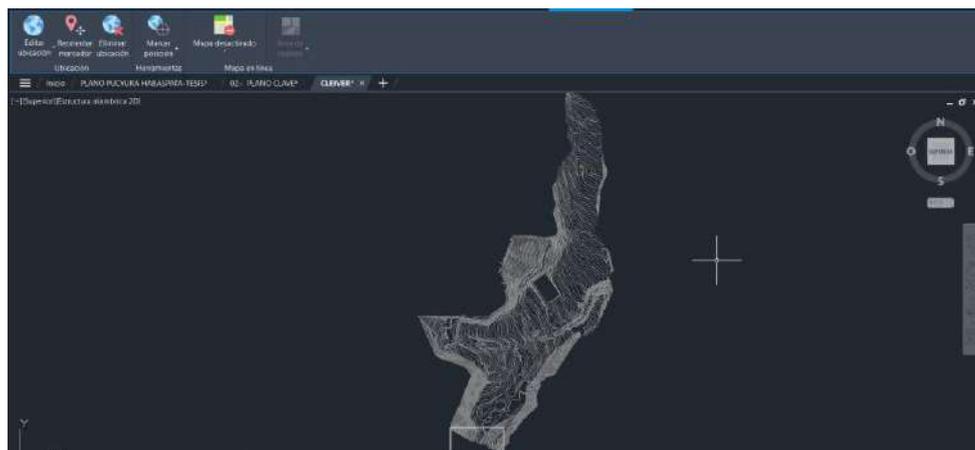


Figura 19. Interpolación de puntos de levantamiento topográfico.

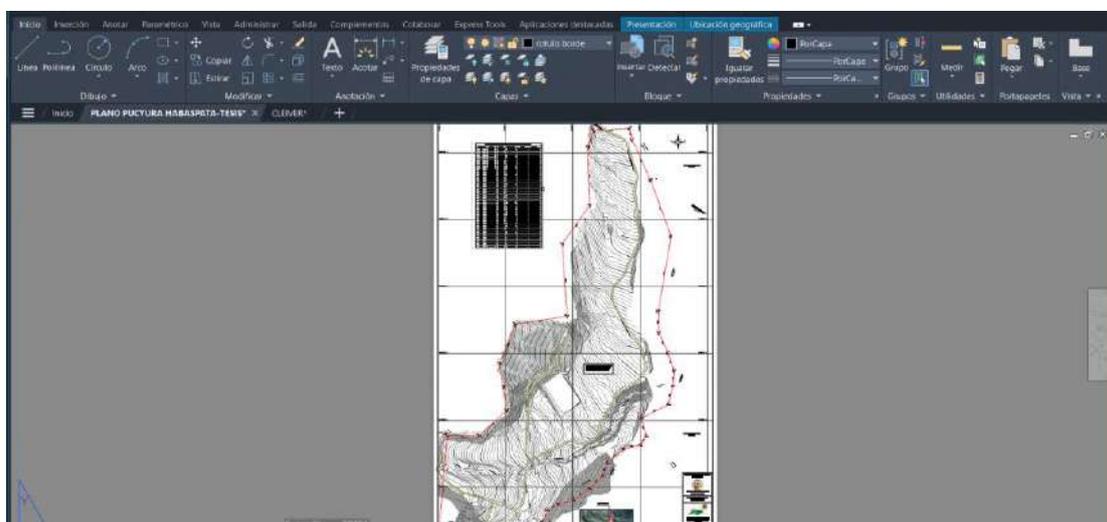
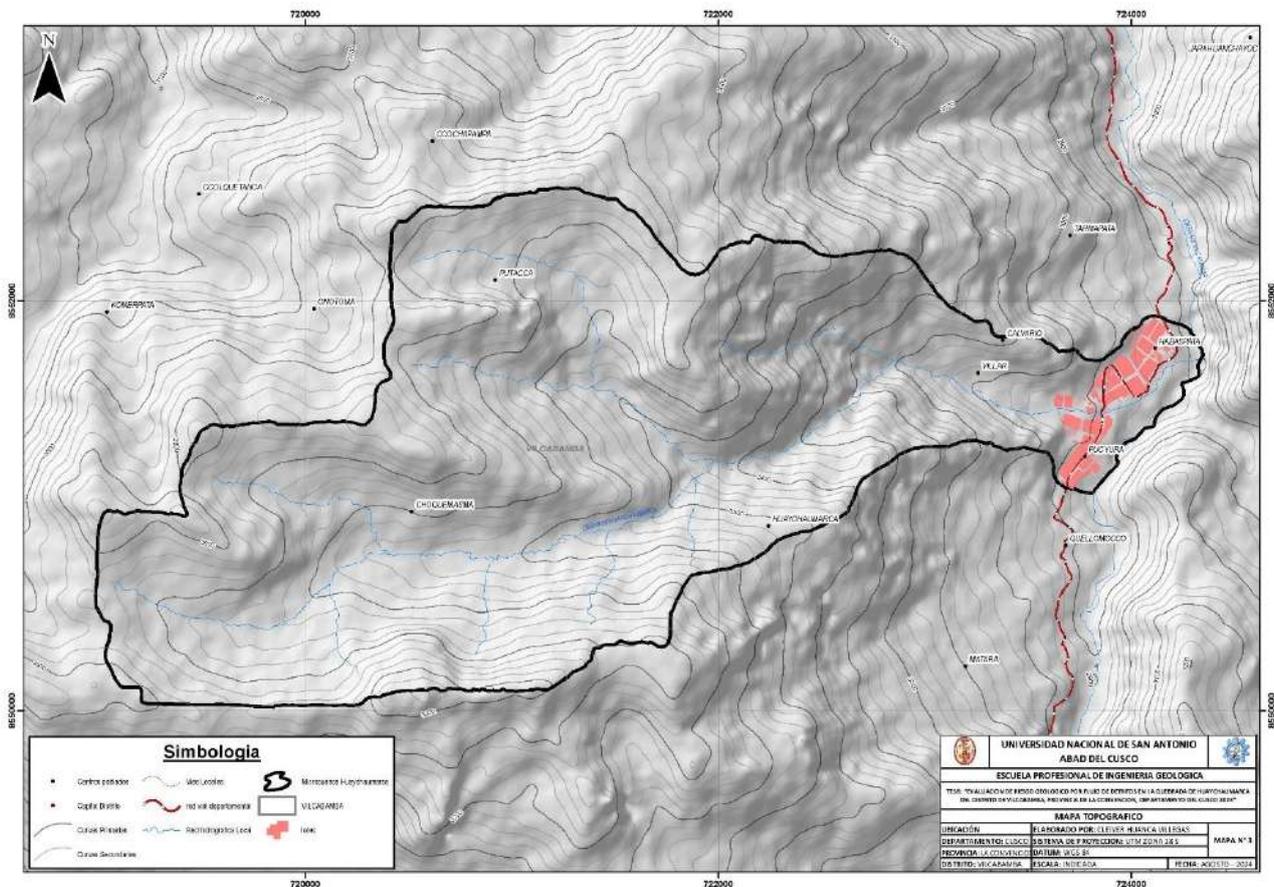


Figura 20. Mapa topográfico de la Microcuenca de Huaychaumarca.



5.2. PENDIENTE

Las pendientes en nuestra zona de estudio, varían entre pendientes de un relieve llanos extensos, atravesado por quebradas anchas de fondo plano y poco profundas, la mayor parte del área de estudio se encuentra planicies y material cuaternario cuenta con pendientes bajas que no superan los 25° , y la zona de montañas en la parte norte y sur de la microcuenca tienen una predominancia de pendientes altas entre 25° a 40° , la zona más baja donde hay una profundización de cause de tiene pendiente mayor a 35° . en el mapa se muestra el mapa de pendientes que fue elaborado considerando el cuadro que determinó las morfologías características por cada clasificación de pendiente.

Figura 21. Mapa de pendiente de la Microcuenca de Huaychaumarca.

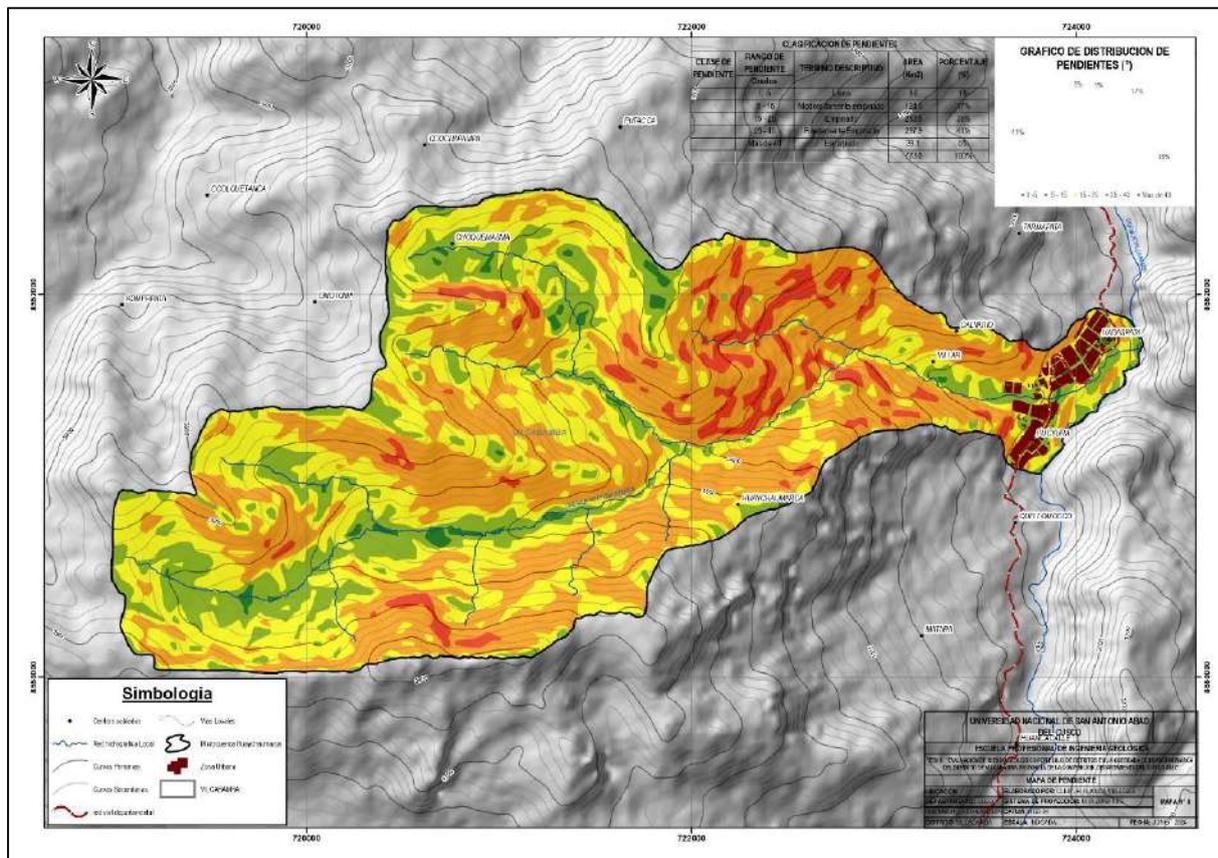
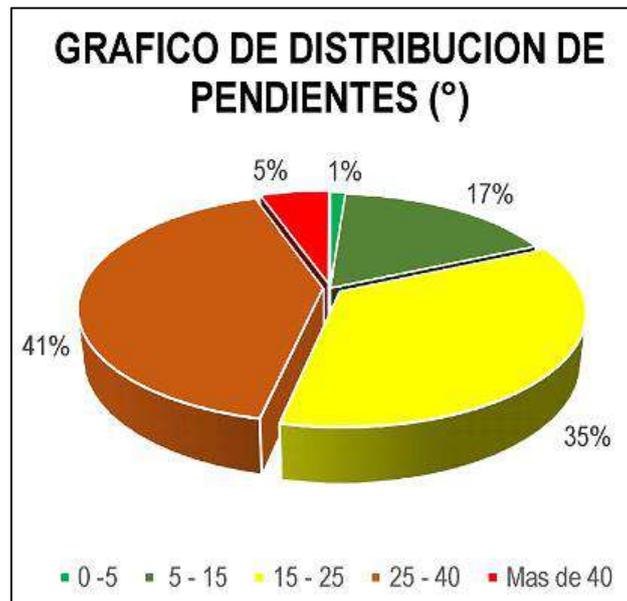


Tabla 19. Clasificación de pendientes en función de la gradiente de las diferentes formas de relieve.

Rango	Descripción
0 ° - 5 °	Llano a inclinado
5 ° - 15°	Moderadamente empinado
15 ° - 25°	Empinado
15 ° - 40 °	Fuertemente empinado
Mayor a 40 °	Escarpa

Gráfico 10. *Distribución de las pendientes en la Quebrada de Huaychaumarca.*



CAPITULO VI. GEOTECTONICA Y GEOLOGIA ESTRUCTURAL

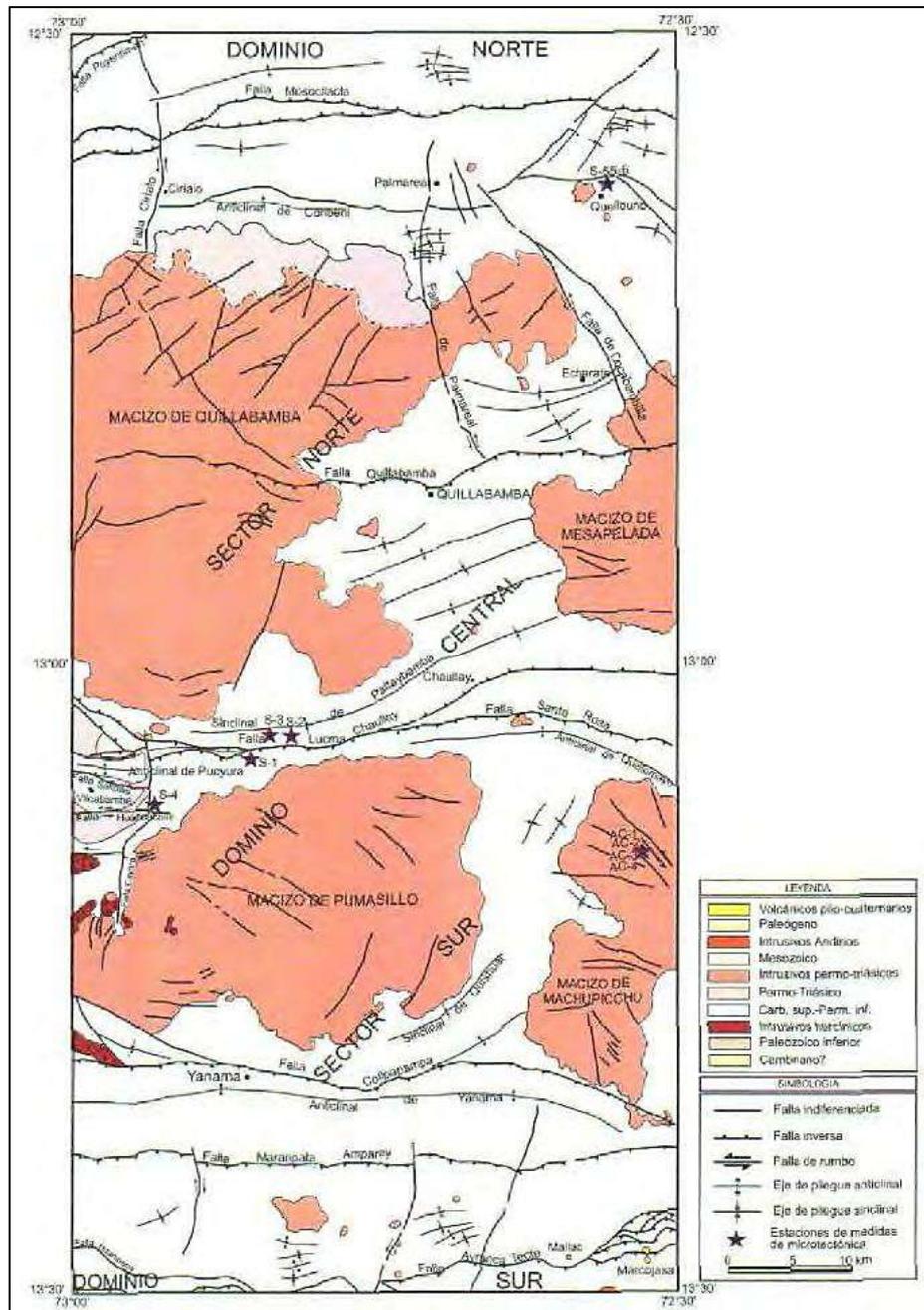
6.1. GENERALIDADES

El territorio peruano se ubica en la parte centro-occidental de América del Sur. Cerca de sus costas, la Placa Tectónica de Nazca subduce bajo la Placa Sudamericana, lo que convierte al territorio peruano en una zona de alta actividad tectónica, manifestada en una compleja red de fallas y pliegues que se extienden a lo largo del país. En la zona de estudio se destacan importantes fallas normales y pliegues, entre ellos el sistema de fallas Ollantaytambo-Vilcabamba-Quimbiri.

6.1.1. GEOTECTONICA ESTRUCTURAL REGIONAL

Carlotto (2006), al analizar las regiones de Cusco y Abancay, explica que existe una superposición de dominios estructurales o bloques, cada uno con sus propias características de evolución sedimentaria, estructural y magmática. Estos grandes dominios están delimitados por complejos sistemas de fallas. Igualmente, en su estudio sobre el cuadrángulo de Cusco (hoja 28-s), Carlotto et al. (2011) divide esta área en cuatro dominios estructurales, los cuales se describen a continuación, ya que nuestra área de interés se encuentra en uno de ellos.

Figura 22. Mapa Estructural Regional, tomado de boletín *Quillabamba (26q)* y *Machupicchu (27q)*.



Fuente: Boletín del cuadrángulo de *Quillabamba (26q)* y *Machupicchu (27q)*.

6.1.2. GEOTECTÓNICA ESTRUCTURAL LOCAL

Dentro del área de trabajo de investigación se aprecian fallas que afectan a las rocas desde el Paleozoico hasta el Cenozoico, donde se presentan pliegues y fallas de dirección E-O. Se resalta el Sinclinal de Vilcabamba, el Anticlinas de Pucyura (Carlotto et al., 1999). La

presencia de fallas y pliegues en la zona, los cuales permiten mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas.

6.1.2.1. SISTEMA DE FALLAS OLLANTAYTAMBO-VILCABAMBA-QUIMBIRI

El sistema de fallas Ollantaytambo-Vilcabamba-Quimbiri, que atraviesa la quebrada Huaychaamarca (ello permite mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en el talud).

Geomecanicamente estas rocas están afectados por el fracturamiento de diversos sistemas e influido por el intemperismo y la meteorización de las mismas que han dejado zonas de desprendimiento de bloques para formar depósitos coluviales. La zona de estudio, está controlada por fallas noroeste-sureste y noreste-suroeste. Las que afectan el flanco Noreste del anticlinal del Vilcanota. Localmente la falla inversa que saca al afloramiento las rocas de la formación Mitu y formación Muñani.

a). Falla inferida.

Que atraviesa los depósitos coluviales de la microcuenca huaychaamarca, donde están asentados los centros poblados de Habaspata y pucyura.

b). Falla inversa

La falla inversa que atraviesa la parte media de la quebrada de huaychaamarca afloramientos de rocas del grupo Mitu. Que atraviesa el grupo Mitu, formación Muñani, depósitos aluviales de la microcuenca huaychaamarca.

Fotografía 27. *Falla de tipo inversa en la parte media de la quebrada Huaychaamarca. Parte del sistema de fallas Ollantaytambo-Vilcabamba-Quimbiri.*



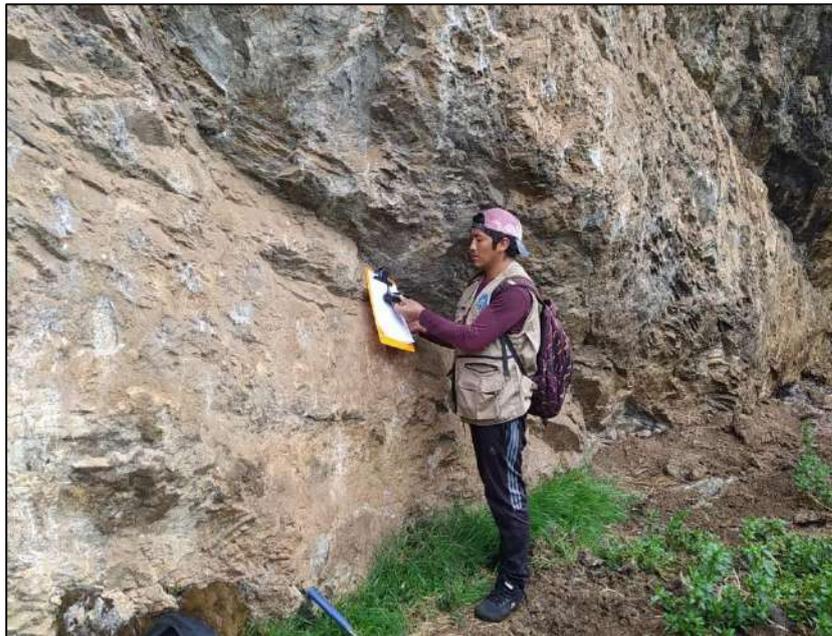
Fotografía 28. Vista de la falla geológica inversa en la cabecera del deslizamiento activo en la Quebrada Huaychaamarca. Parte del sistema de fallas Ollantaytambo-Vilcabamba-Quimbiri.



Fotografía 29. Toma de Rumbo y Buzamiento del afloramiento rocoso de areniscas alteradas del grupo Mitu.



Fotografía 30. *Toma de Rumbo y Buzamiento del afloramiento rocoso de calizas alteradas del Grupo Copacabana.*



Fotografía 31. *Toma de Rumbo y Buzamiento del deslizamiento activo en la Quebrada Huaychaumarca.*



Fotografía 32. *Toma de Rumbo y Buzamiento del afloramiento rocoso de areniscas alteradas de la Formación Muñani.*



Fotografía 33. *Toma de Rumbo y Buzamiento del afloramiento rocoso de calizas alteradas del Grupo Copacabana.*

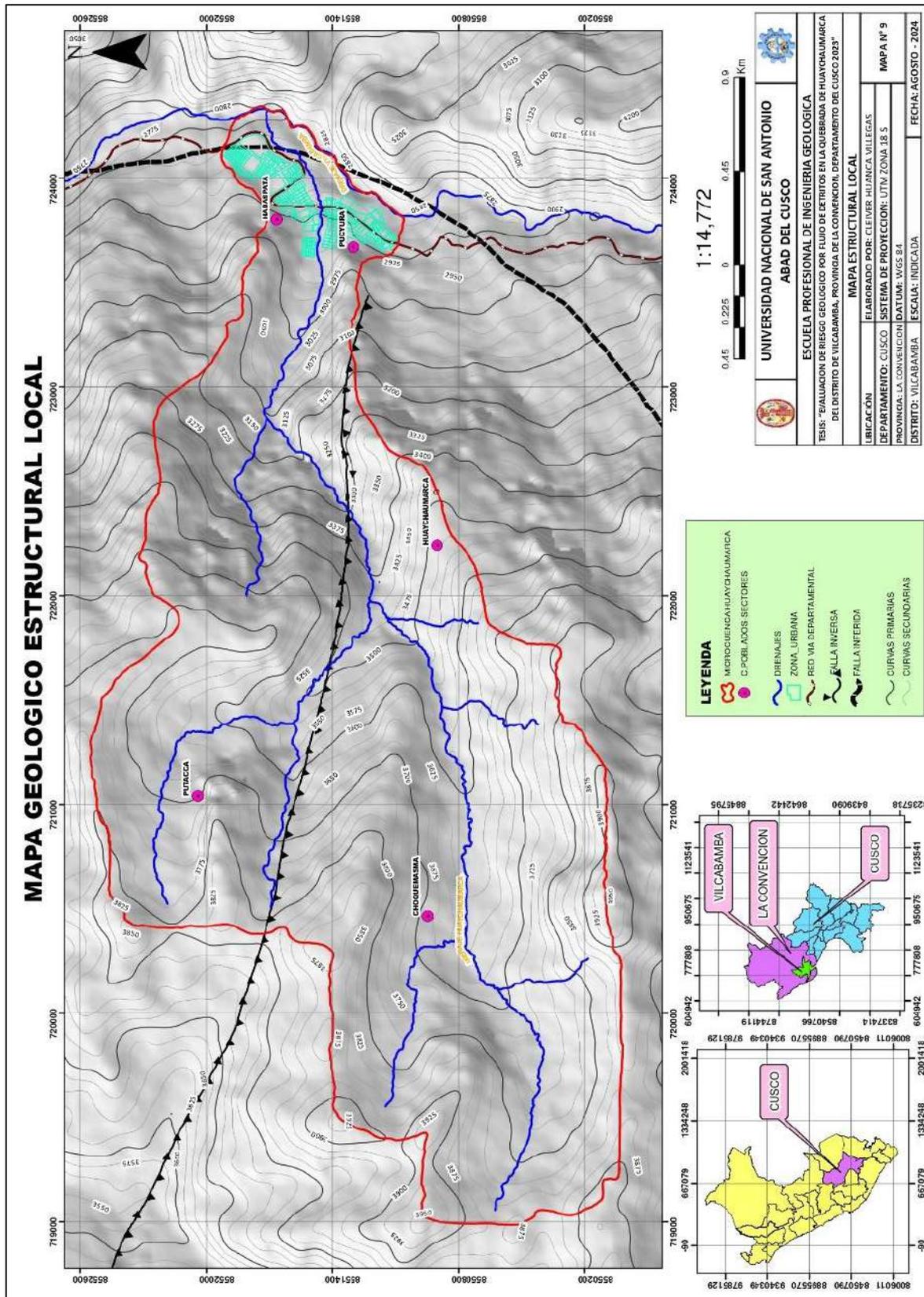


De acuerdo a la evaluación en campo realizada se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 20. *Datos de Rumbo y Buzamiento de Geología estructural.*

ITEM	COORDENADAS UTM			AZIMUT	BUZAMIENTO	DESCRIPCION
	ESTE	SUR	ALTITUD			
1	720981.09 m E	8551826.10 m S	3715 msnm	N 290	14 NW	Presencia de areniscas cuarzosas
2	721027.44 m E	8551205.07 m S	3695 msnm	N 310	12 NW	Presencia de calizas alteradas
3	720286.23 m E	8551313.27 m S	3826 msnm	N 302	16 NW	Presencia de areniscas cuarzo-feldespáticas alteradas
4	722553.28 m E	8551196.19 m S	3298 msnm	N275	19 NW	Falla inversa

Figura 24. Mapa estructural Local de la Quebrada Huaychaumarca.



CAPITULO VII. HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA

7.1. GENERALIDADES

Este capítulo tiene como fin explicar cómo se comporta el agua al llegar a la superficie y cómo se distribuye en el suelo y el subsuelo. Su objetivo principal es evaluar su impacto en el medio ambiente y en las laderas de la cuenca, las cuales son afectadas por fenómenos naturales y están conectadas con los seres vivos.

Para el análisis hidrológico, se emplearon metodologías convencionales ampliamente aceptadas, utilizando datos de tres estaciones proporcionados por el SENAMHI. Es relevante mencionar que los datos abarcan un período de 47 años, lo que ofrece una cobertura suficiente para comprender el comportamiento de las lluvias en el área en estudio.

La hidrogeología, se dedica a investigar el origen y la formación de las aguas subterráneas, así como las características de los acuíferos, su dinámica, régimen, reservas y su interacción con el suelo y las rocas. También examina el estado físico del agua (en sus fases líquida, sólida y gaseosa) y sus propiedades (físicas, químicas, bacteriológicas y radiactivas). Asimismo, analiza las condiciones que influyen en la explotación, regulación y evacuación de estas aguas subterráneas.

7.1.1. HIDROLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO

7.1.1.1. REGIONALIZACIÓN DE PARÁMETROS CLIMÁTICOS

Para analizar el ciclo hidrológico de la microcuenca de Huaychaumarca, es necesario reunir datos meteorológicos sobre la cantidad de precipitaciones y las temperaturas. Los datos empleados provienen de estaciones meteorológicas situadas en los distritos de Santa Ana, Machupicchu y Yanatile – Quebrada.

En cuanto al sistema de drenaje en el ámbito de estudio, este presenta una orientación predominante de suroeste a noreste, con todos los riachuelos y quebradas dirigiéndose hacia la afluencia del río Vilcabamba.

La quebrada de Huaychaumarca, que constituye el foco de este estudio, recibe aportes de agua de las microquebradas de Choquemasma y Putacca, ambas ubicadas en la cabecera de la quebrada. Cabe señalar que estas fuentes de agua muestran un notable aumento de caudal durante los meses de lluvias intensas (noviembre a marzo), mientras que, en los meses secos, el caudal disminuye moderadamente y el flujo de escorrentía mantiene su dirección de suroeste a noreste.

7.1.1.2. REGIONALIZACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

Aplicar el método determinístico entre dos variables, en este caso precipitación y temperatura, permitirá prever la precipitación en función de la altitud con un nivel determinado de aproximación. Este análisis de la precipitación en relación con la altitud generará estimaciones de las precipitaciones en áreas o puntos de interés específicos a distintas altitudes.

Tabla 21. Estaciones seleccionadas para realizar la regionalización de precipitación.

Nombre de la Estacion	Altitud media	Precipitación media anual
	msnm	mm
Quillabamba	1055	1243.0
Quebrada -Yanatile	1143	1440.7
Machupicchu	2556	2163.6
Suma	4754	4547.3
Promedio	1584.7	1515.8

En la Tabla 21 se presentan las estaciones empleadas en el análisis regional, a partir de las cuales se generaron las ecuaciones de regresión entre precipitación y altitud. Así, se obtuvieron las constantes y el coeficiente de correlación (r) resultante del procesamiento de las tres estaciones, las cuales se ilustran en las figuras siguientes.

Gráfico 11. Ecuación de regresión lineal simple.

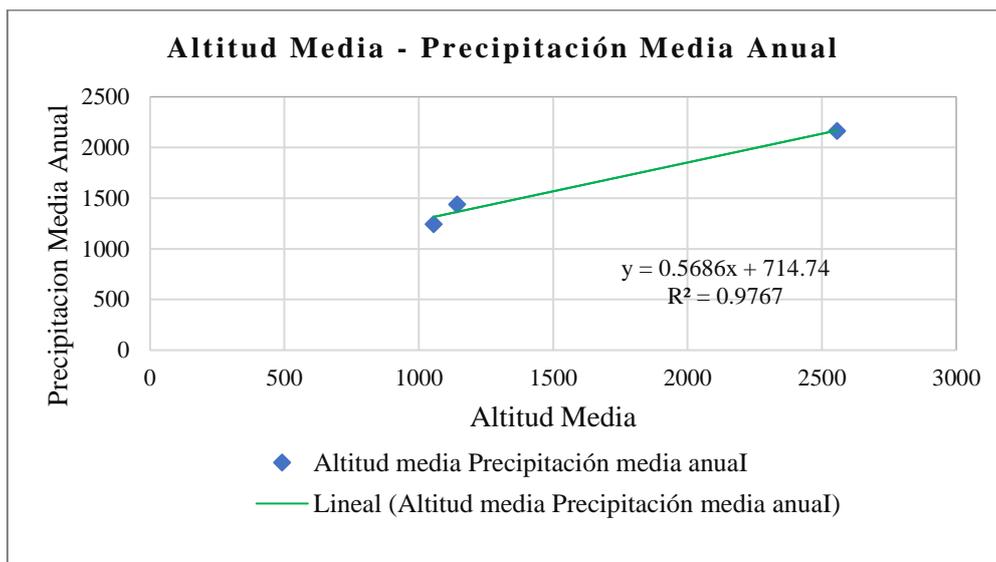


Gráfico 12. Ecuación de regresión exponencial.

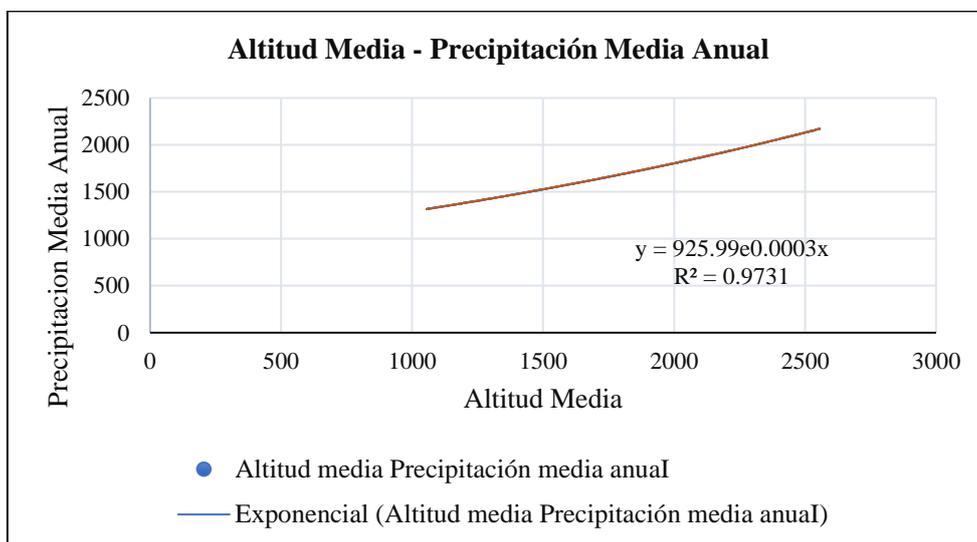


Gráfico 13. Ecuación de regresión logarítmica.

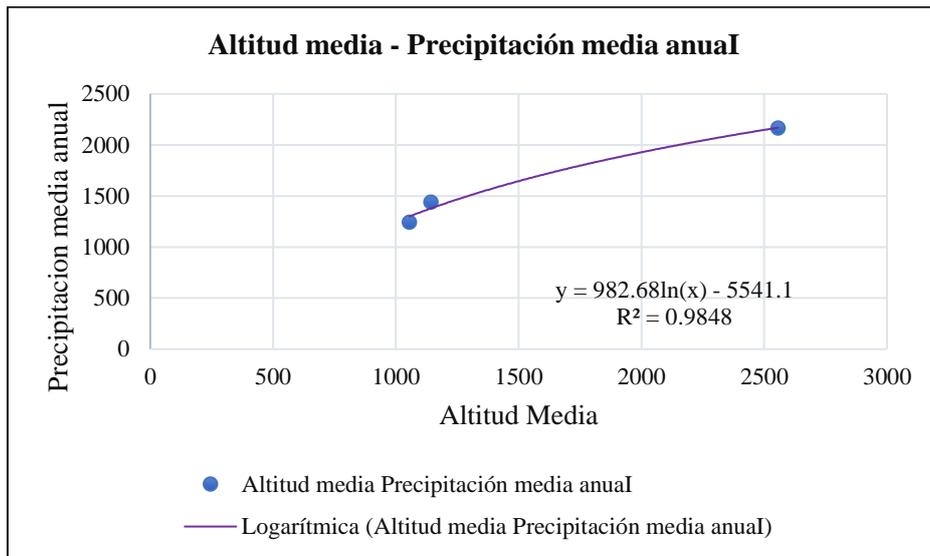


Gráfico 14. Ecuación de regresión polinómica.

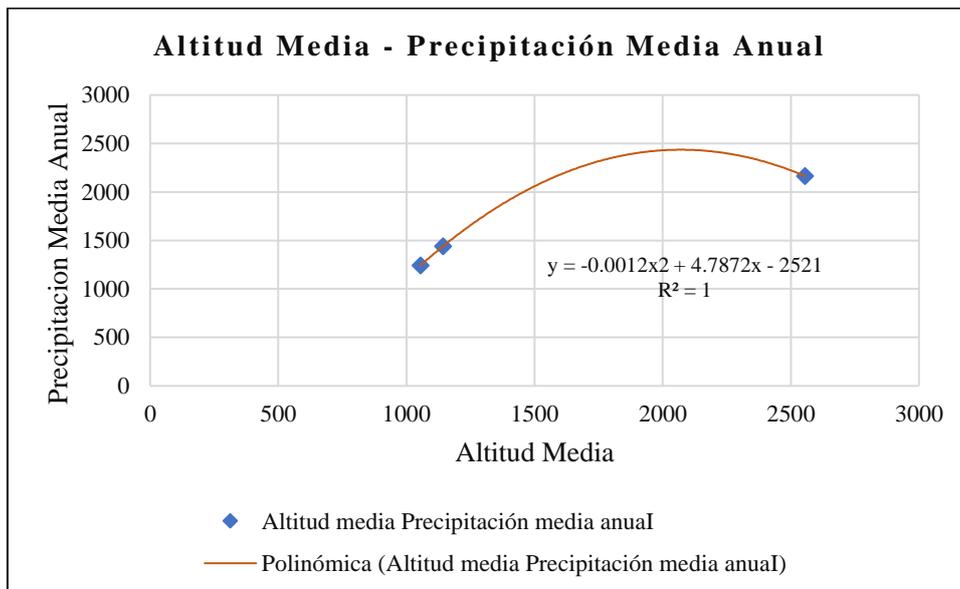
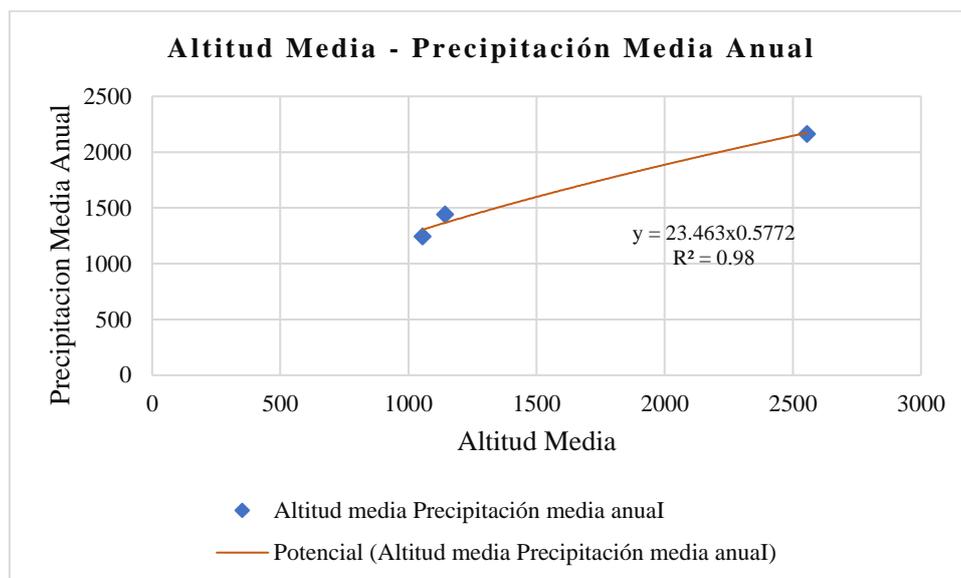


Gráfico 15. Ecuación de regresión potencial.



De la figura anterior se tiene la ecuación de regresión potencial, ecuación de regionalización.

$$Y = 23.463x^{0.5772}$$

Considerando el factor de proporcionalidad de la precipitación, el factor de transporte de precipitación, así como la influencia de la altitud y la distancia de las estaciones respecto al punto de interés, se obtuvo un factor de influencia total, como se muestra en la siguiente tabla. Este valor permitió determinar las precipitaciones regionalizadas para el punto de interés. Se ha considerado una altitud media de la microcuenca de 3536 m.s.n.m., obteniéndose así la precipitación regionalizada para la microcuenca Huaychaumarca, la cual se presenta en la tabla siguiente. Asimismo, en la figura posterior se observa el comportamiento de la precipitación media mensual de la microcuenca Huaychaumarca.

7.1.1.3. CÁLCULO DE FACTOR DE INFLUENCIA TOTAL DE TRES ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Tabla 22. Estaciones seleccionadas para cálculo de factor de influencia.

N°	Nombre de la Estacion	Altitud media	Precipitación media anual
		msnm	mm
1	Quillabamba	1055	1243.0
2	Quebrada - Yanatile	1143	1440.7
3	Machupicchu	2556	2163.6
	Suma	4754	4547.3
	Promedio	1584.7	1515.8

Paso 1: Cálculo del gradiente de precipitación por altitud

Primero calcularemos el gradiente de precipitación en relación con la altitud entre las estaciones.

Entre Quillabamba y Quebrada - Yanatile:

$$G_{12} = \frac{1440.7 - 1243.0}{1143 - 1055} = 2.245 \text{ mm/m}$$

Entre Quebrada - Yanatile y Machupicchu:

$$G_{23} = \frac{2163.6 - 1440.7}{2556 - 1143} = 0.511 \text{ mm/m}$$

El gradiente promedio entre las tres estaciones sería:

$$G_{pro} = \frac{2.245 \text{ mm/m} - 0.511 \text{ mm/m}}{2} = 0.867 \text{ mm/m}$$

El valor de 0.867 mm/m obtenido para G_{pro} representa la variación promedio de la precipitación por cada metro de aumento en la altitud en la zona de estudio.

Paso 2: Estimación de la precipitación en una nueva altitud

Se ha considerado una altitud media de la microcuenca Huaychaamarca de 3536 m.s.n.m. Utilizaremos el gradiente promedio para hacer este ajuste, tomando como referencia una estación (Quebrada - Yanatile, por ejemplo):

$$G_{pro} = 1440.7 + 0.867 \times (3536 - 1143) = 3215.43 \text{ mm/año}$$

El valor de 3516.17 mm/año para la precipitación regionalizada (G_{pro}) indica la cantidad total de precipitación anual estimada para un punto de la microcuenca Huaychaumarca a una altitud de 3536 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

Hemos calculado el gradiente de precipitación por altitud usando tres estaciones meteorológicas y hemos estimado la precipitación para una nueva altitud utilizando este gradiente promedio. Este mismo procedimiento puede aplicarse para otras altitudes o ubicaciones cercanas, teniendo en cuenta la variación de la precipitación con la altitud.

A continuación, te presento los datos y cálculos en un cuadro que muestra el gradiente de precipitación por altitud entre las estaciones meteorológicas y una estimación de la precipitación para una altitud de 3536 m.s.n.m.

Tabla 23. Resumen de cálculo de factor de influencia total de tres estaciones meteorológicas.

Estación	Altitud (m)	Precipitación (mm/año)	Gradiente de Precipitación (mm/m)
Quillabamba	1055	1243	
Quebrada - Yanatile	1143	1440.7	2.245
Machupicchu	2556	2163.6	0.511
Promedio Gradiente			0.867
Estimación a 3536 m.s.n.m	3536	3215.43	

7.1.1.4. PARÁMETROS FÍSICOS DE LA MICROCUENCA HUAYCHAUMARCA

Para calcular el área y el perímetro del área de estudio, se delimitó la quebrada de Huaychaumarca utilizando las líneas de divisoria de aguas superficiales (Divortium Acuarium). Estas líneas corresponden a los puntos más altos que separan una quebrada de otra. Este enfoque permite definir con precisión los límites de la cuenca o microcuenca de

Huaychaamarca, considerando las áreas de drenaje que aportan agua a la quebrada y asegurando una representación adecuada de su superficie y perímetro.

A). ÁREA DEL DRENAJE DE LA MICROCUENCA HUAYCHAUMARCA (KM²)

El área de drenaje se define como la proyección horizontal del territorio que recolecta la escorrentía de un sistema hídrico, dirigida de manera directa o indirecta hacia un mismo cauce natural. El punto donde se concentra toda la escorrentía producida en la cuenca se denomina punto de concentración o punto de fuga.

La delimitación de esta cuenca se llevó a cabo utilizando restituciones cartográficas y fotogramétricas, técnicas que permitieron representar con precisión la forma y extensión del área de drenaje, considerando las líneas de divisoria de aguas que separan los diferentes sistemas de drenaje dentro de la zona de estudio.

Figura 25. Área de drenaje típica de la Microcuenca Huaychaamarca.

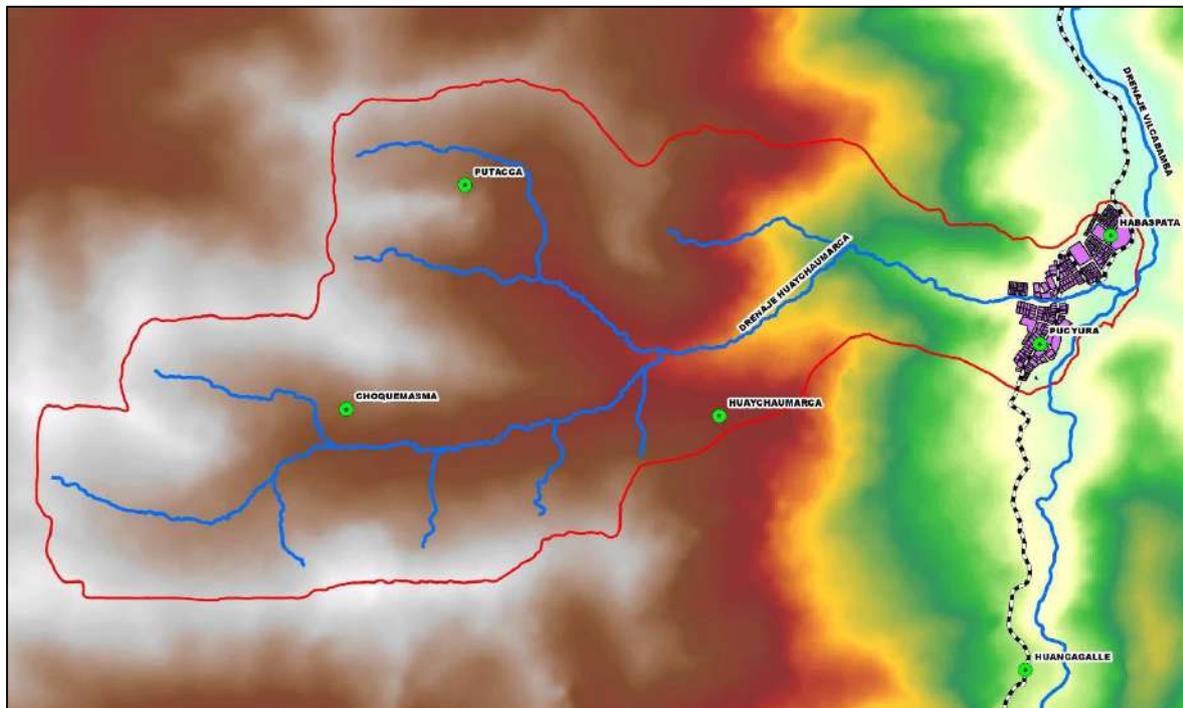


Figura 26. Área del drenaje de la microcuenca vista en 3D.

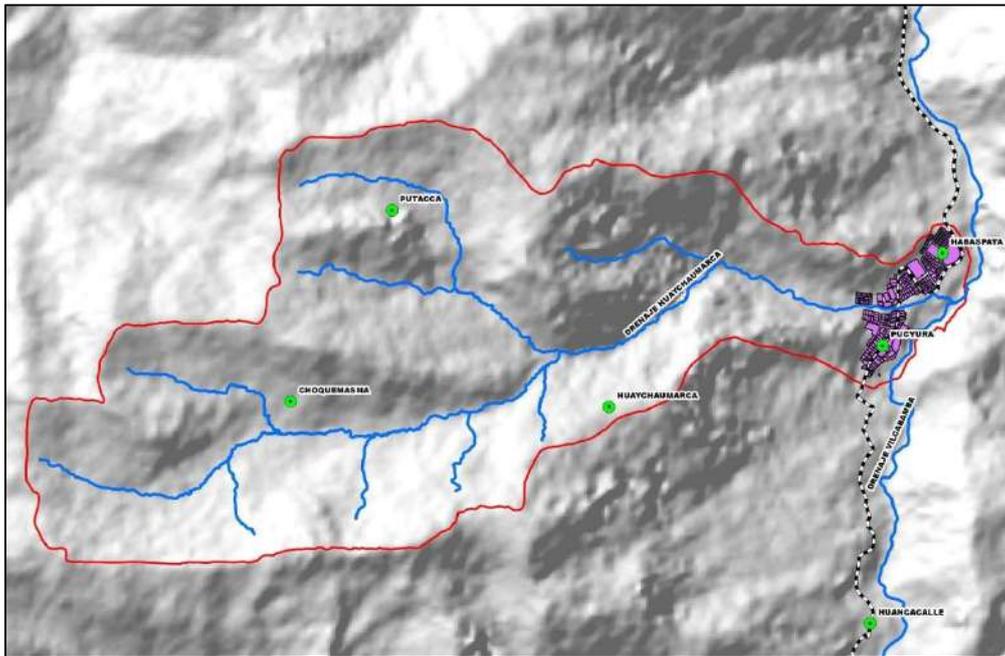


Tabla 24. Área del drenaje de la microcuenca de huaychaumarca.

Microcuenca Área	Área (km ²)
Microcuenca de huaychaumarca	7.34

B). PERÍMETRO DEL DRENAJE DE LA MICROCUENCA

El perímetro P se utiliza para describir la configuración geométrica de la cuenca, lo cual es importante en el análisis hidrológico, ya que influye en el comportamiento del flujo de agua, la escorrentía y otros factores relacionados con la dinámica de las cuencas hidrográficas.

Tabla 25. Perímetro Cuenca de la microcuenca de huaychaumarca.

Microcuenca Perímetro	Perímetro (km)
Microcuenca de huaychaumarca	14.9

C). LONGITUD RECTA DE LA MICROCUENCA

La longitud recta del cauce principal se refiere a la longitud de la microcuenca medida a lo largo del eje principal de drenaje, es decir, la distancia a lo largo del cauce principal de la cuenca.

Tabla 26. Longitud recta de la Microcuenca de la Quebrada de huaychaumarca.

Microcuenca longitud	Longitud (km)
Microcuenca de huaychaumarca	5.42

D). ANCHO PROMEDIO DE LA MICROCUENCA (W)

Es la medida promedio de la distancia transversal de la cuenca, es decir, el ancho de la cuenca medido de un lado al otro, perpendicular al cauce principal o a lo largo de su eje.

Tabla 27. Ancho Promedio de la Microcuenca de huaychaumarca.

Microcuenca ancho promedio	Ancho promedio (km)
Microcuenca de huaychaumarca	1.36

$$w = \frac{7,34}{5,42} = 1,36$$

E). PARÁMETROS DE FORMA DE LA MICROCUENCA

Las medidas geométricas se utilizan para describir la configuración y morfología de un área de drenaje o cuenca hidrográfica. Entre estos parámetros esenciales se incluyen la longitud del cauce principal, el área de la cuenca, la pendiente media, y el perímetro de la cuenca, entre otros valores que ayudan a caracterizar su forma y comportamiento hidrológico.

E.1). ÍNDICE DE COMPACIDAD O ÍNDICE DE GRAVELIUS (Kc)

Es un parámetro geométrico utilizado en hidrología para describir cuán compacta es la forma de una cuenca en comparación con una circunferencia, que es la forma más compacta posible para un área dada. Este índice se calcula con la siguiente fórmula:

$$Kc = \frac{P}{2\pi\sqrt{\frac{A}{\pi}}}$$

Dónde:

Kc: Índice de compacidad

P: Perímetro de la cuenca (Km)

A: Área de la cuenca (Km²)

El valor de compacidad de la cuenca es adimensional, y que, tiene valor de 1 para una cuenca ideal con forma circular. Este valor nunca debe ser inferior a 1, y mientras el valor sea más próximo a la unidad, indicará que la cuenca posee mayor capacidad de concentrar aguas de escurrimiento.

$$Kc = \frac{P}{2\pi \sqrt{\frac{A}{\pi}}}$$
$$Kc = \frac{14.9 \text{ km}}{2\pi \sqrt{\frac{7.36 \text{ km}^2}{\pi}}}$$
$$Kc = 1.54$$

Tabla 28. Clasificación del índice de compacidad para la evaluación de morfología.

Índice de compacidad (Kc)	Descripción
1 a 1,25	Casi redonda a Oval - Redonda
1,25 a 1,50	Oval redonda a oval – Oblonga
1,50 a 1,75	Oval oblonga a rectangular
>1,75	Rectangular

Tabla 29. Índice de Gravelius para Microcuenca de huaychaumarca.

Microcuenca	Índice de Gravelius	Descripción
Microcuenca de huaychaumarca	1.54	Forma Oval oblonga a rectangular

E.2). FACTOR DE FORMA (KF)

Es una relación geométrica utilizada para analizar la tendencia de una cuenca a generar crecidas de distinta intensidad y velocidad. Este parámetro se calcula como la relación entre el área de la cuenca (A) y el cuadrado de la longitud de la cuenca (L):

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

Dónde:

Kf: Factor de forma

A: área de la cuenca

L: Longitud de la cuenca

$$Kf = \frac{7.34 \text{ km}^2}{(5.42 \text{ km})^2}$$

$$Kf = 0.25$$

Tabla 30. Clasificación del factor de forma.

Factor de forma (Kf)	Característica
<1	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas
1	Cuadrada
>1	Tiende a ser achatada, tendencia a ocurrencia de avenidas

Un factor de forma de 0.25 indica que la cuenca es alargada y, por lo tanto, no tiene una forma circular compacta. Este valor implica que la cuenca presenta una baja susceptibilidad a las crecidas rápidas o repentinas, ya que su forma alargada favorece un tiempo de concentración más prolongado.

E.3). ÍNDICE DE ALARGAMIENTO

Es un parámetro geométrico que mide el grado en que una cuenca se desvía de una forma circular ideal. Este índice se utiliza para analizar la forma de la cuenca y evaluar la rapidez con la que puede responder a eventos de precipitación.

$$IA = \frac{L}{Am}$$

Dónde:

IA: índice de alargamiento

L: Longitud de la cuenca

Am: ancho de la cuenca

$$IA = \frac{5.42 \text{ km}}{1.36 \text{ km}}$$

$$IA = 3.985$$

Tabla 31. Índice de alargamiento.

Índice de alargamiento	característica
IA >1	Microcuenca alargada
IA <1	Microcuenca achatada

Haciendo el análisis respectivo para la cuenca, resulta un valor de 3.985, lo cual indica que es una cuenca alargada.

F). CARACTERÍSTICAS DE RELIEVE DE LA CUENCA

El relieve de la cuenca, especialmente su pendiente, tiene una mayor influencia hidrológica que la forma de la cuenca, ya que determina la velocidad y el tiempo de concentración de la esorrentía. En cuencas con pendientes pronunciadas, el agua fluye más rápidamente hacia los cauces, lo que reduce el tiempo de concentración y aumenta el riesgo de crecidas rápidas. Por el contrario, en cuencas con pendientes suaves, el flujo de agua es más lento, favoreciendo la infiltración y disminuyendo la probabilidad de crecidas repentinas.

F.1). PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA

Este parámetro se estimó utilizando datos provenientes de un plano topográfico que incluye curvas de nivel o un modelo de elevación con intervalos de 01 metros entre cada curva. Esta información es crucial para comprender el comportamiento del suelo en relación con fenómenos como los movimientos en masa, ya que, a mayor pendiente, mayor es la probabilidad de que ocurran estos eventos naturales debido a la menor estabilidad del terreno.

Tabla 32. Clasificación de cuencas según la pendiente.

Pendiente Media (%)	Tipo de relieve
0-3	Plano
3-7	Suave
7-12	Medianamente accidentado
12-20	Accidentado
20-35	Fuertemente accidentado
35-50	Muy fuertemente accidentado
50-75	Escarpado
>75	Muy escarpado

La determinación de la pendiente media se realizó siguiendo método de Alvord, que está determinada por la siguiente ecuación que pondera la pendiente en función del área.

$$Sm = \frac{Hmax - Hmin}{L} * 100$$

Dónde:

Sm: Pendiente media de la cuenca.

E: Diferencia entre elevación máxima y mínima de la cuenca.

L: Longitud de la cuenca más larga

A: Área de la cuenca.

$$Sm = \frac{1,80 \text{ km}}{5.52 \text{ km}} * 100 = 32.60 \%$$

$$Emax = 3855 \text{ m}$$

$$Emin = 2775 \text{ m}$$

$$E = 3855 \text{ m} - 2775 \text{ m} = 1080 \text{ m} = 1,80 \text{ km}$$

$$L=5.52 \text{ km}$$

$$A = 7.34 \text{ km}$$

Siguiendo los procedimientos establecidos se encontró una pendiente de 32.60 %, por tanto, la microcuenca huaychaamarca, se clasifica como una cuenca con pendiente fuertemente accidentada.

Tabla 33. *Pendiente Media de la Microcuenca de huaychaumarca.*

Microcuenca	Pendiente media	%
Microcuenca de huaychaumarca		32.60

F.2). AREAS PARCIALES Y ACUMULADAS SEGÚN ALTITUD

Utilizando el software ArcGIS 10.8 obtenemos el área según la altitud entre curvas de nivel.

Figura 27. *Microcuenca de huaychaumarca y clasificación de áreas parciales.*

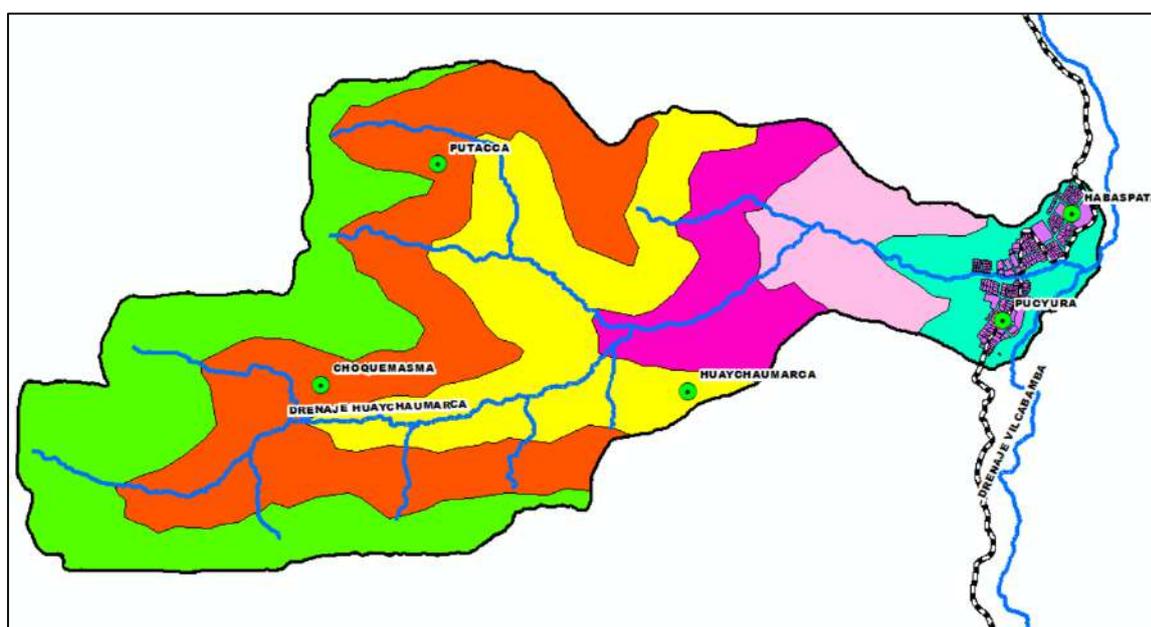
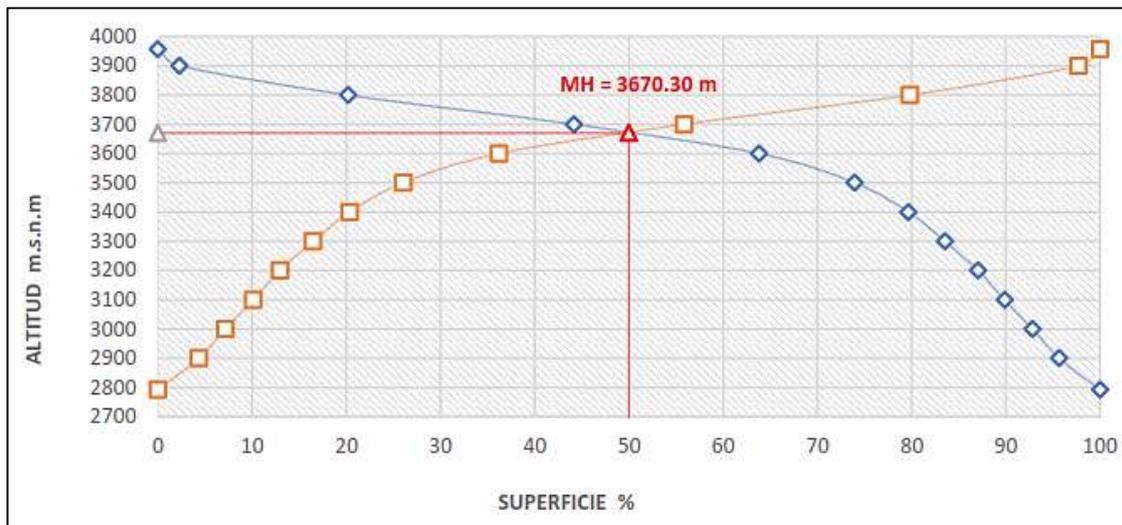


Tabla 34. *Áreas parciales y acumuladas según altitud.*

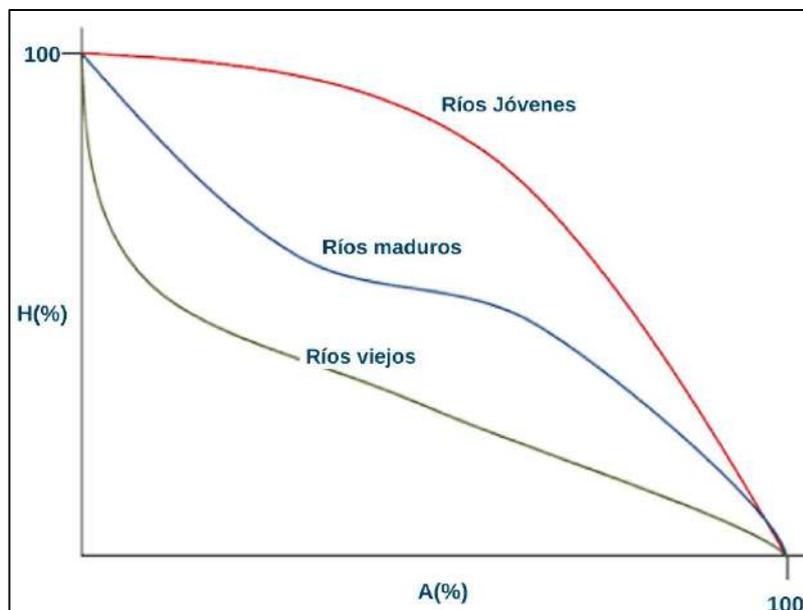
ALTITUD	AREAS PARCIALES		AREAS ACUMULADAS	
msnm	Km2	%	Km2	%
2775	0.56	7.63	0.56	7.63
2991	0.55	7.50	1.11	15.13
3207	0.67	9.14	1.78	24.27
3423	1.51	20.60	3.29	44.87
3639	1.91	26.07	5.20	70.94
3855	2.14	29.06	7.33	100
Total	7.34	100		

Gráfico 16. Curva hipsométrica de la Microcuenca Huaychaamarca.



De acuerdo a la curva hipsométrica de la Quebrada huaychaamarca, se puede decir que la cuenca está en una fase de juventud, el cual refleja una microcuenca con gran potencial erosivo.

Figura 19. Cambio de forma en curva hipsométrica con la edad del río.



Fuente: Ibáñez. *Morfología de las cuencas hidrográficas*

G). CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE DRENAJE

G.1). LONGITUD DEL CAUCE (L) KM

La longitud del cauce principal se mide desde el punto de concentración hasta el tramo más largo de este. En general, los caudales medios, máximos y mínimos tienden a aumentar conforme crece la longitud de los cauces. De acuerdo con Londoño (2001), esto se debe a la relación natural entre la longitud de los cauces y el tamaño de las áreas de las cuencas hidrográficas correspondientes, de modo que el área de captación aumenta junto con la longitud. Además, los tiempos medios de incremento y las duraciones promedio de los picos torrenciales estarán directamente relacionados con la longitud de los cauces.

Tabla 35. *Longitud del cauce principal de la cuenca mayor del río Huaychaumarca.*

Longitud del cauce principal	Longitud (km)
Microcuenca	5.52

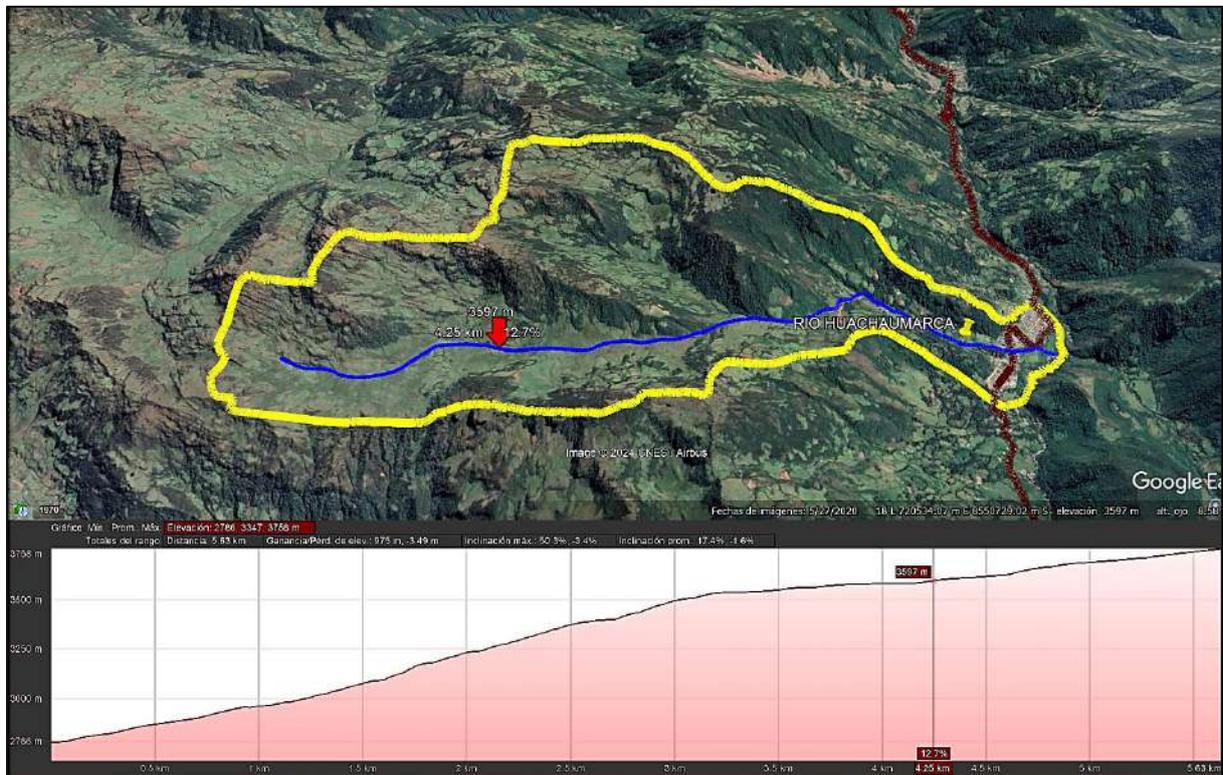
G.2). PERFIL LONGITUDINAL DEL DRENAJE DE HUAYCHAUMARCA.

Es una característica que refleja la evolución de la pendiente y del flujo desde su nacimiento hasta su desembocadura. Este perfil se representa típicamente como una curva exponencial cóncava, que empieza en la cabecera del río con una inclinación pronunciada y se suaviza hacia la desembocadura, a nivel de base. Esta forma curva se debe a la variación en la pendiente y la energía del flujo a lo largo del cauce.

Gráfico 17. *Perfil longitudinal del drenaje de huaychaumarca.*



Figura 28. Perfil longitudinal del drenaje de huaychaumarca.



Fuente: Google heart

G.3). COTA DE NACIMIENTO (M.S.N.M.)

Se muestra la cota del punto más elevado del cauce principal.

Tabla 36. Cota de nacimiento de la microcuenca de Huaychaumarca.

Microcuenca	Cota de nacimiento msnm
Huaychaumarca	3855

G.4). COTA FINAL (M.S.N.M.)

Se presenta la cota del punto más bajo de la microcuenca.

Tabla 37. *Cota del punto más bajo de la Microcuenca Huaychaamarca.*

Microcuenca	Cota Final msnm
huaychaamarca	2775

G.5). TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de viaje de una gota de agua de lluvia en una cuenca, conocido como tiempo de concentración, representa el tiempo que tarda el agua en escurrir superficialmente desde el punto más alejado de la cuenca hasta su punto de salida (o concentración). Este concepto es fundamental en hidrología, ya que permite estimar los tiempos de respuesta de una cuenca ante eventos de precipitación, lo cual es esencial para evaluar los riesgos de inundaciones y diseñar sistemas de drenaje adecuados.

Fórmula de Kirpich

Calcula el tiempo de concentración, T_c , en horas, según la ecuación:

$$T_c = 0.066 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$$

Dónde:

L: Longitud del cauce principal de la cuenca (m)

S: Diferencia entre las dos elevaciones extremas de la microcuenca (m) dividida entre la pendiente media del recorrido principal en m/m).

$$L = 5.52 \text{ km} = 5520 \text{ m}$$

$$S = 3855 - 2775 = 1080 \text{ m}$$

$$S = \frac{1080 \text{ m}}{32.60} = 33.12 \text{ m}$$

$$Tc = 0.066 \left(\frac{5520 \text{ m}}{\sqrt{33.12 \text{ m}}} \right)^{0.77}$$

$$Tc = 14.14 \text{ horas}$$

7.1.1.5. REGIONALIZACION DE DATOS

A). ESTACION DE MACHUPICCHU

Tabla 38. Registro de precipitación en 24 horas de la estación de Machupicchu.

N° DATOS	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1965	45.50	36.20	30.40	20.80	0.00	15.20	25.70	9.80	27.20	30.00	17.50	27.00
2	1966	38.50	23.80	22.00	11.00	20.20	2.20	6.70	7.90	13.20	20.60	42.50	41.30
3	1967	49.20	35.30	37.20	13.30	12.40	7.00	28.10	16.10	15.60	41.40	21.80	40.00
4	1968	51.40	55.00	33.00	28.00	17.00	10.10	42.00	20.00	9.40	25.20	29.70	49.20
5	1971	42.50	28.00	33.40	35.00	6.20	12.20	7.20	19.20	12.00	21.20	20.20	27.50
6	1972	37.00	26.00	59.40	25.80	47.30	1.20	7.80	16.60	17.60	19.60	36.20	45.20
7	1973	24.70	55.00	47.00	63.00	10.20	7.00	18.30	25.20	38.00	19.00	34.00	34.80
8	1974	22.60	32.00	26.80	55.00	10.20	8.60	21.20	19.20	30.00	39.60	20.00	17.00
9	1975	20.60	40.00	30.20	52.00	25.00	20.00	9.00	12.30	19.60	24.80	36.20	47.00
10	1999	39.40	57.60	27.80	30.30	32.60	23.80	12.80	22.10	34.00	31.00	30.50	34.30
11	2000	48.00	27.90	43.30	25.10	28.00	32.60	9.20	36.20	38.10	31.00	30.50	34.30
12	2001	57.40	33.60	50.30	13.60	26.40	41.10	15.80	11.40	13.00	26.10	25.30	41.20
13	2002	33.20	72.60	72.90	30.40	8.40	22.60	25.90	12.50	17.10	38.50	22.00	46.80
14	2003	68.50	54.90	55.10	34.10	19.10	22.20	12.90	17.20	22.00	24.20	22.40	30.10
15	2004	38.10	43.90	28.00	30.60	18.00	11.50	31.60	20.40	22.20	22.60	20.40	22.80
16	2005	30.10	44.40	33.40	64.20	22.80	1.00	11.60	8.00	35.80	32.00	21.90	46.70
17	2006	46.60	23.40	48.10	31.50	15.80	36.10	14.40	20.90	14.90	34.60	33.90	43.80
18	2007	57.80	41.40	46.60	69.20	38.60	6.80	29.00	10.20	27.20	19.70	43.70	29.40
19	2008	51.50	34.70	40.00	29.90	17.80	6.60	4.90	27.60	4.60	33.60	46.50	36.70
20	2009	45.50	34.40	41.60	29.90	20.40	25.50	8.00	20.20	17.50	28.00	23.60	47.10
21	2010	35.00	40.50	45.00	33.50	12.60	25.50	8.00	20.20	17.50	28.00	23.60	47.10
22	2011	41.00	43.20	33.50	42.30	22.50	39.80	22.60	23.20	14.70	37.10	48.00	50.20
23	2012	50.60	36.30	49.80	41.60	33.30	19.30	35.80	18.20	24.40	29.00	29.70	45.00
24	2013	39.10	39.80	36.50	8.50	28.30	26.30	12.90	22.50	16.90	20.10	29.30	48.00
25	2014	66.30	34.10	23.80	33.40	29.30	6.10	12.80	17.20	18.80	39.20	24.00	35.40
26	2015	53.80	40.00	59.30	51.80	30.30	40.40	14.60	13.80	13.60	22.20	33.30	43.30
27	2016	39.40	47.50	82.30	24.90	13.30	14.00	18.40	21.60	22.00	25.90	35.40	28.90
SUMATORIA		1173.30	1081.50	1136.70	928.70	566.00	484.70	467.20	489.70	556.90	764.20	802.10	1040.10
MEDIA ARITMETICA		43.46	40.06	42.10	34.40	20.96	17.95	17.30	18.14	20.63	28.30	29.71	38.52
V.MAX		68.50	72.60	82.30	69.30	47.30	41.10	42.00	36.20	38.10	41.10	48.00	50.20
V.MIN		20.60	23.80	22.00	8.50	6.20	1.00	6.70	7.90	4.60	19.00	17.50	17.00

VARIANZA	137.96	126.73	206.24	317.39	108.09	148.93	151.27	54.54	73.47	45.60	71.34	78.63
DESVIACION ESTANDAR	11.75	11.26	14.36	17.82	10.40	12.20	12.30	7.39	8.57	6.75	8.45	8.87
COEFICIENTE DE VARIACION	27.03	28.10	34.11	51.79	49.60	67.98	71.08	40.72	41.56	23.86	28.43	23.02

Gráfico 18. Histograma de precipitación máxima por meses estacion Machupicchu.

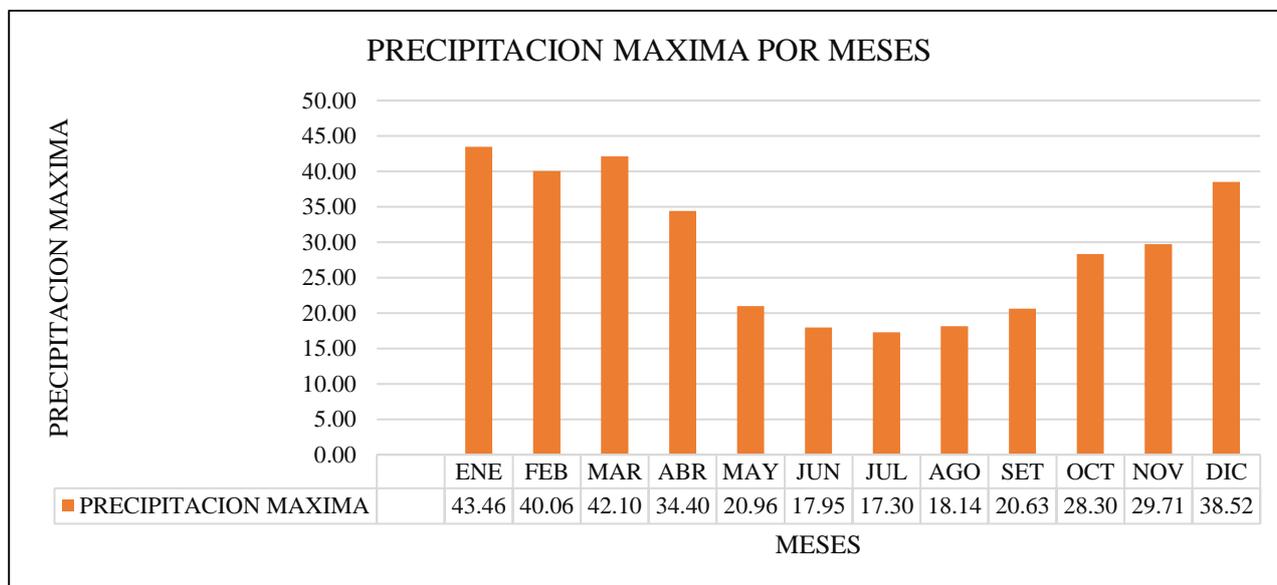
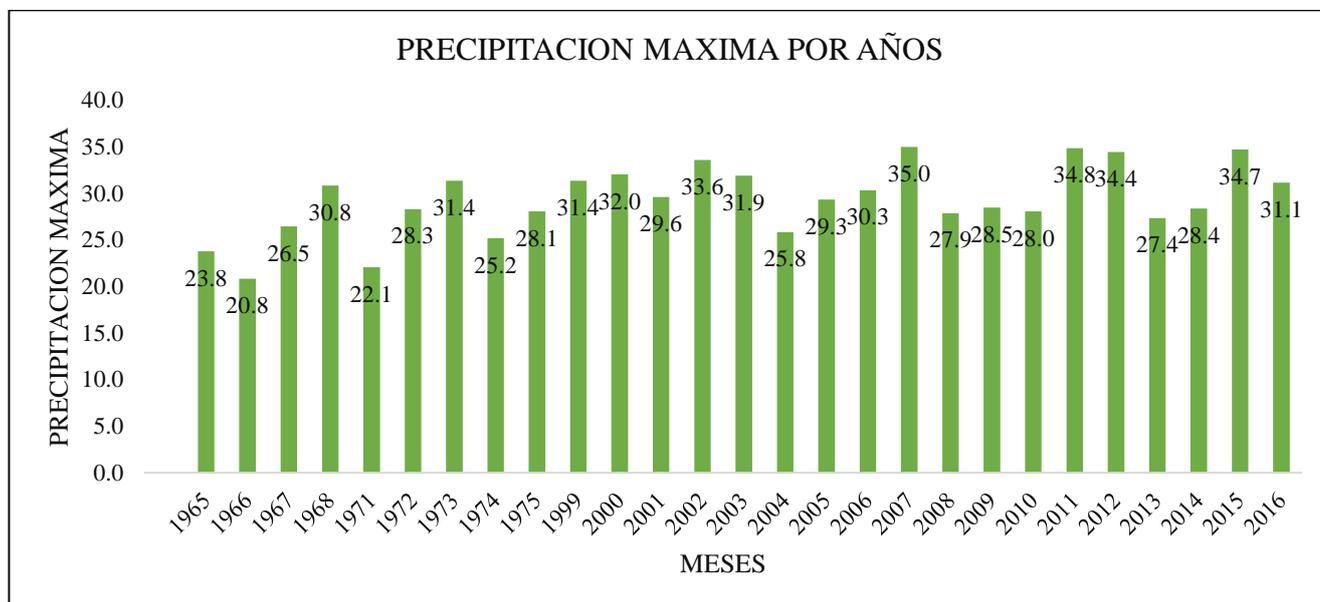


Gráfico 19. Histograma de precipitación máxima por años estacion Machupicchu.



B). ESTACION DE MACHUPICCHU

Tabla 39. Registro de precipitación en 24 horas de la estación de Quillabamba.

N° DATOS	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1965	89.00	119.00	177.00	195.00	4.00	2.00	46.40	18.40	119.90	115.10	74.40	183.00
2	1966	94.20	140.20	96.80	21.70	49.20	5.50	14.70	13.30	39.40	136.60	112.40	132.10
3	1967	97.60	124.00	211.60	34.00	17.20	16.60	51.30	21.20	45.80	83.90	62.50	119.70
4	1968	224.70	168.10	153.00	60.20	8.80	4.10	25.60	50.60	37.80	76.80	116.40	137.30
5	1969	149.00	100.40	153.70	103.00	47.20	72.30	14.00	9.20	34.90	53.50	110.30	143.50
6	1970	207.70	63.80	202.30	116.60	60.30	23.50	20.40	8.60	36.30	86.20	57.40	205.20
7	1971	151.50	187.20	123.30	58.00	35.30	56.70	2.50	12.00	72.10	45.70	70.40	86.80
8	1972	185.60	137.50	126.40	51.80	27.40	5.70	7.60	84.20	24.90	40.20	158.10	136.70
9	1973	206.90	162.00	149.80	123.00	52.10	12.60	37.20	62.80	57.90	84.40	140.60	222.70
10	1974	185.10	191.90	88.00	120.90	10.20	11.90	26.60	67.30	28.70	50.90	39.90	64.30
11	1975	122.70	207.00	131.90	66.40	45.00	20.80	14.80	22.80	31.70	68.30	102.10	191.00
12	1976	201.60	194.40	110.20	94.30	25.30	4.00	3.80	61.30	120.70	26.70	26.30	125.00
13	1977	127.90	195.70	151.50	32.20	43.30	2.00	42.60	3.20	51.20	29.80	113.20	135.90
14	1978	277.70	103.90	127.00	68.40	88.70	11.10	0.00	0.00	0.00	96.70	63.80	228.50
15	1979	106.20	99.60	109.70	47.30	20.80	0.00	25.40	2.80	6.90	23.70	103.20	121.50
16	1980	125.60	169.50	175.40	84.80	26.20	10.40	47.30	30.70	53.60	119.40	51.10	49.10
17	1981	178.60	155.70	139.20	91.80	27.70	5.70	15.80	10.00	25.50	35.40	53.40	58.70
18	1982	236.00	216.00	87.00	76.00	34.00	0.00	27.00	8.00	89.00	53.00	50.00	134.00
19	1983	127.00	202.00	111.00	95.00	59.00	48.00	52.00	1.00	81.00	127.00	51.00	129.00
20	1984	176.00	216.00	126.00	44.00	8.00	3.00	15.00	3.00	88.00	80.00	78.00	37.00
21	1985	177.00	207.00	141.00	62.00	12.00	14.00	19.00	13.00	7.00	73.00	84.00	171.00
22	1986	149.00	101.00	141.00	51.00	27.00	40.00	6.00	20.00	61.00	118.00	73.00	116.00
23	1987	286.00	129.00	151.00	84.00	64.00	1.00	43.00	45.00	75.00	148.00	122.00	216.00
24	1988	160.00	166.00	187.00	122.00	40.00	60.00	28.00	61.00	51.00	79.00	50.00	146.00
25	1989	110.00	145.00	138.00	113.00	32.00	10.00	1.00	65.00	31.00	80.00	110.00	222.00
26	1990	157.00	184.00	112.00	87.00	29.00	59.00	31.00	39.00	90.00	49.00	40.00	242.00
27	1991	175.00	190.00	179.00	56.00	20.00	37.00	8.00	42.00	56.00	63.00	107.00	83.00
28	1992	211.00	174.00	246.00	61.00	38.00	4.00	25.00	13.00	12.00	35.00	89.00	137.00
29	1993	205.00	156.00	76.00	30.00	23.00	35.00	59.00	5.00	78.00	63.00	69.00	114.00
30	1994	123.00	118.00	162.00	131.00	6.00	3.00	0.00	50.00	29.00	85.00	112.00	103.00
31	1995	182.00	159.00	158.00	84.00	15.00	4.00	11.00	48.00	42.00	140.00	111.00	84.00
32	1996	194.58	178.90	103.00	76.70	36.20	6.50	8.60	37.30	40.80	70.10	86.90	75.20
33	1997	214.50	271.90	138.20	89.60	39.60	23.10	4.20	62.00	92.80	101.30	123.10	146.60
34	1998	171.50	152.40	244.90	90.50	4.20	6.00	0.00	1.80	88.10	107.20	59.00	173.50
35	1999	271.80	538.00	272.00	271.30	60.40	10.60	21.10	0.00	22.70	67.00	52.90	132.90
36	2000	315.40	243.70	180.40	74.20	20.10	56.30	1.40	37.20	35.30	50.30	34.70	85.00
37	2001	288.40	246.60	222.90	48.10	42.10	8.20	39.10	30.10	25.80	118.00	89.70	110.60
38	2002	119.20	195.40	200.20	45.30	32.40	15.60	69.30	71.90	36.80	89.00	108.50	219.90
39	2003	163.10	185.30	199.10	109.00	18.60	8.30	5.90	113.50	71.60	47.30	49.40	176.40
40	2004	179.70	153.40	125.70	83.80	43.00	19.70	59.40	44.30	55.10	122.80	119.80	94.36
41	2005	115.20	133.20	186.30	95.90	24.00	7.40	56.10	10.50	42.30	70.80	21.50	181.40
42	2006	173.90	157.00	198.80	121.10	7.60	28.90	4.50	28.20	17.80	98.90	102.00	189.40
43	2007	279.70	94.70	187.20	151.20	31.70	16.30	12.80	3.70	12.60	169.70	55.60	107.00

44	2008	241.40	162.50	153.90	85.10	14.20	1.80	13.00	19.20	36.60	135.90	92.50	108.60
45	2009	170.90	207.30	138.30	68.00	23.30	5.50	26.80	4.50	14.90	111.60	209.90	182.20
46	2010	121.70	236.30	263.90	59.30	20.80	21.80	15.70	23.70	33.30	188.20	77.70	151.60
47	2011	201.00	260.90	275.50	108.40	41.50	21.40	50.90	79.60	29.40	155.20	146.00	205.30
48	2012	193.60	273.30	114.70	116.20	37.20	17.88	18.50	20.40	5.70	112.00	76.80	239.60
SUMATORIA		8621.18	8573.70	7646.80	4159.10	1492.60	858.18	1128.30	1479.30	2238.90	4181.60	4107.50	6854.56
MEDIA ARITMETICA		179.61	178.62	159.31	86.65	31.10	17.88	23.51	30.82	46.64	87.12	85.57	142.80
V.MAX		315.40	538.00	275.50	271.30	88.70	72.30	69.30	113.50	119.90	188.20	209.90	242.00
V.MIN		89.00	100.40	87.00	30.00	4.00	1.00	1.00	1.00	5.70	35.00	50.00	37.00
VARIANZA		3063.42	5110.18	2426.07	1894.50	319.70	334.52	351.13	712.51	841.38	1518.68	1360.28	2763.02
DESVIACION ESTANDAR		55.35	71.49	49.26	43.53	17.88	18.29	18.74	26.69	29.01	38.97	36.88	52.56
COEFICIENTE DE VARIACION		30.82	40.02	30.92	50.23	57.50	102.30	79.72	86.61	62.19	44.73	43.10	36.81

Gráfico 20. Histograma de precipitación máxima por meses estacion Quillabamba.

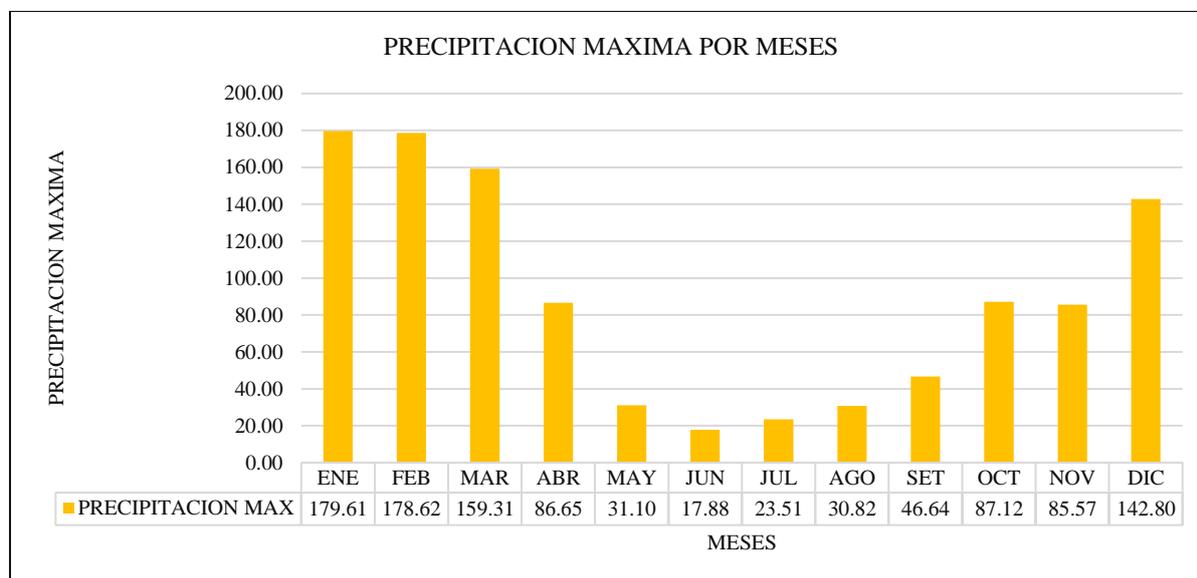
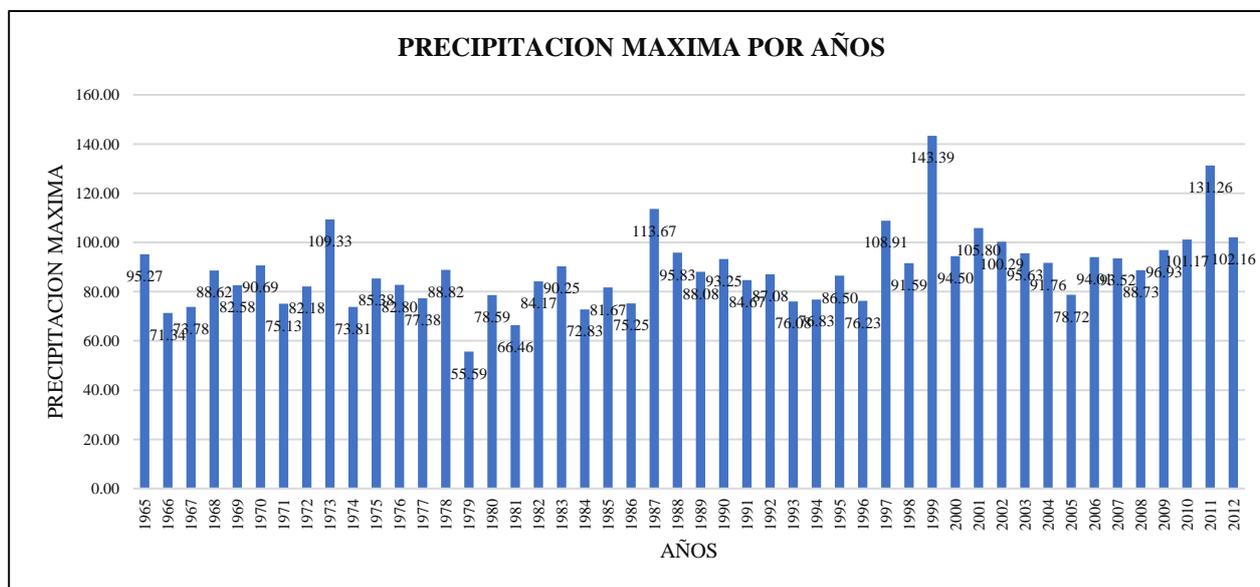


Gráfico 21. Histograma de precipitación máxima por años estacion Quillabamba.



C). ESTACION DE MACHUPICCHU

Tabla 40. Registro de precipitación en 24 horas de la estación de Yanatile - Quebrada.

N° DATOS	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1999	25.70	36.40	32.10	29.00	18.00	7.00	53.30	0.00	10.20	20.40	41.20	35.70
2	2000	20.30	34.60	29.40	23.00	11.00	14.50	12.60	8.20	21.90	10.00	30.30	38.30
3	2001	31.00	38.10	34.70	16.80	26.20	29.50	19.30	6.20	22.20	24.80	13.60	34.70
4	2002	51.60	32.50	26.00	25.80	26.50	9.80	24.00	12.00	13.60	46.50	30.00	29.70
5	2003	27.30	53.50	42.20	21.00	33.00	7.00	2.80	29.30	19.20	78.70	22.30	64.50
6	2004	63.20	50.40	49.80	30.90	17.80	3.90	2.70	26.50	23.40	46.20	24.20	50.50
7	2005	58.10	39.40	48.60	35.40	2.60	0.80	2.50	23.60	27.50	13.60	26.00	36.40
8	2006	68.20	61.30	51.00	26.50	20.30	14.00	10.50	26.70	10.30	31.50	30.90	41.40
9	2007	48.00	17.50	46.20	44.20	33.20	6.50	23.50	3.10	24.00	41.60	52.00	26.00
10	2008	48.60	35.40	45.50	40.00	13.50	2.10	4.60	5.80	43.20	51.00	48.50	25.80
11	2009	22.30	49.00	43.30	31.40	8.80	7.90	9.20	16.90	18.80	72.70	36.40	57.40
12	2010	52.30	30.90	49.90	39.20	10.70	9.20	12.80	14.20	15.90	38.00	14.90	33.80
13	2011	29.70	26.00	34.20	37.20	56.60	3.20	18.20	24.50	30.80	61.40	54.00	46.60
14	2012	15.90	37.70	19.40	26.80	31.50	11.60	7.90	9.10	5.70	28.90	27.00	44.30
15	2013	53.50	29.30	38.00	24.70	6.90	8.20	14.50	20.20	16.80	52.10	38.50	51.20
SUMATORIA		615.70	572.00	590.30	451.90	316.60	135.20	218.40	226.30	303.50	617.40	489.80	616.30
MEDIA ARITMETICA		41.05	38.13	39.35	30.13	21.11	9.01	14.56	15.09	20.23	41.16	32.65	41.09
V.MAX		68.20	61.30	49.90	44.20	56.60	29.50	53.30	29.30	43.20	78.70	48.50	64.50
V.MIN		15.90	17.50	19.40	16.80	6.90	0.80	2.50	3.10	5.70	10.00	13.60	25.80
VARIANZA		272.39	120.08	88.53	56.22	179.72	44.90	155.04	91.98	86.50	411.93	153.64	127.82
DESVIACION ESTANDAR		16.50	10.96	9.41	7.50	13.41	6.70	12.45	9.59	9.30	20.30	12.40	11.31
COEFICIENTE DE VARIACION		40.21	28.74	23.91	24.89	63.52	74.34	85.52	63.57	45.97	49.31	37.96	27.52

Fuente: Propio

Gráfico 22. Histograma de precipitación máxima por meses estación Yanatile - Quebrada.

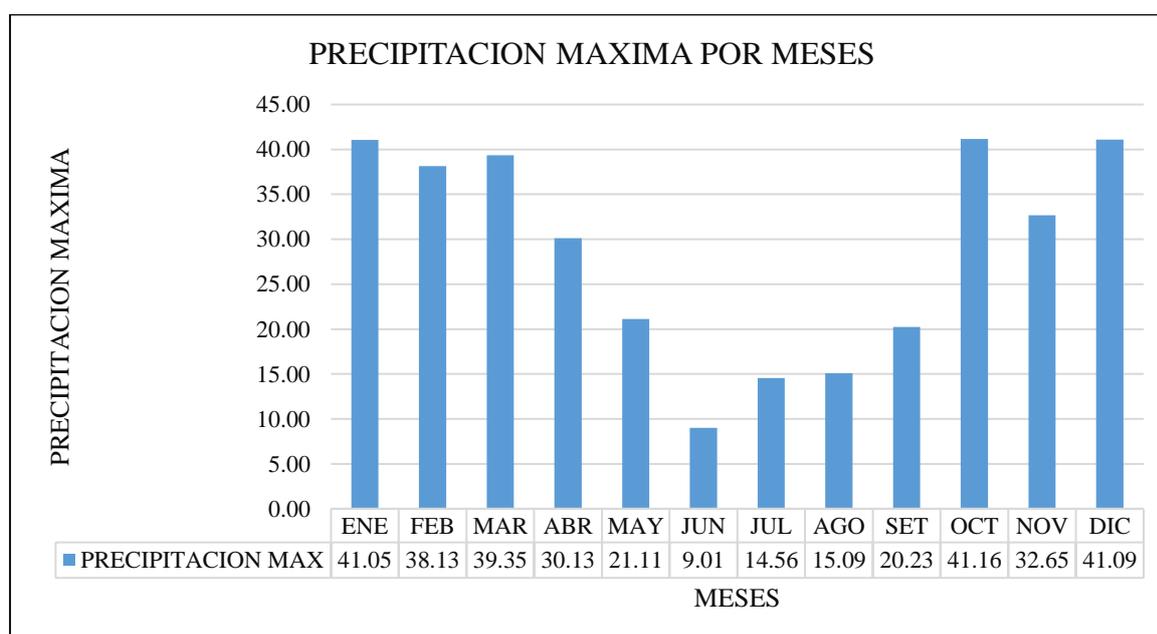
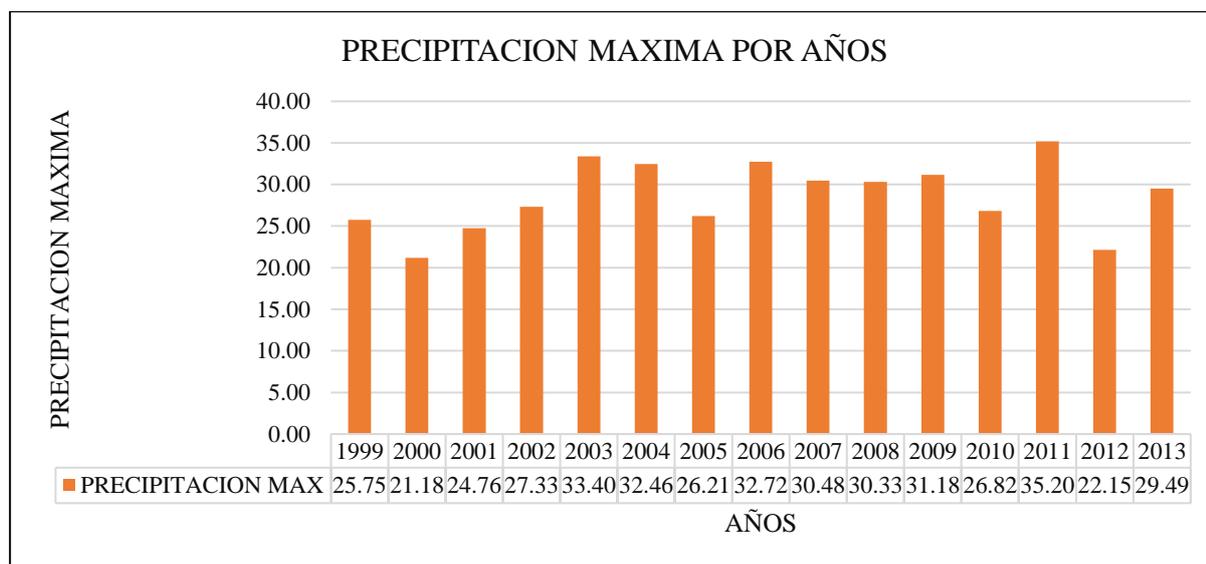


Gráfico 23. Histograma de precipitación máxima por años estacion Yanatile – Quebrada.



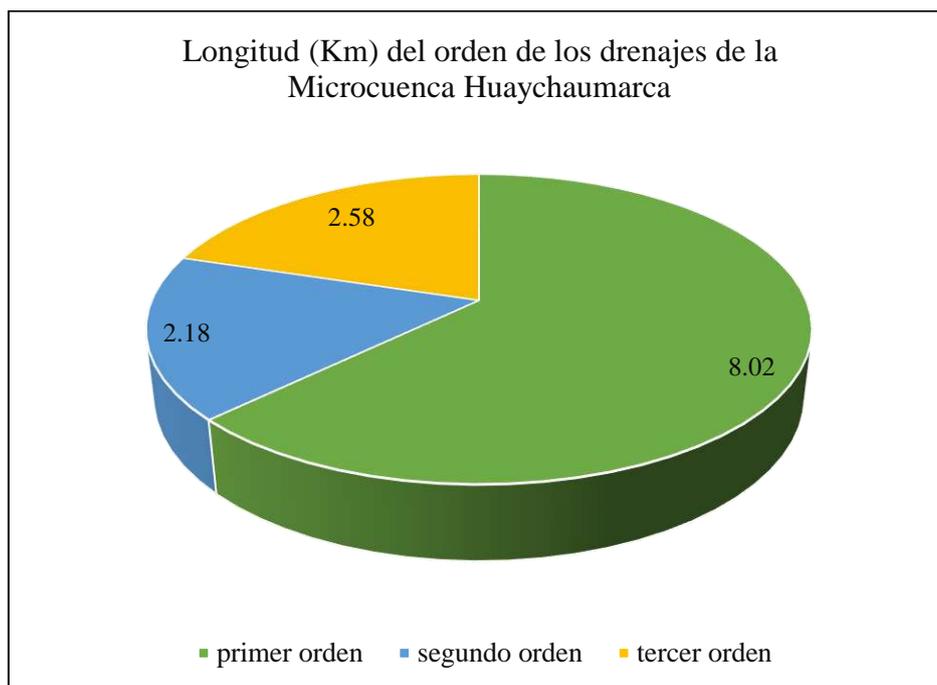
7.1.1.7. ORDEN Y TIPO DEL DRENAJE DE LA MICROCUENCA HUAYCHAUMARCA

El drenaje de la zona de investigación está conformado por una sucesión de quebradas pequeñas de tipo dendrítico y paralelo siendo el principal el río de Huaychaumarca. Comprendiendo quebradas discontinuas; donde la escorrentía de las aguas es temporal (en menor cantidad con respecto a las continuas) y quebradas continuas; donde las escorrentías de las aguas son escasas y permanentes en época de estiaje.

Tabla 41. Orden de los drenajes afluentes mediante el Método Strahler de la Quebrada Huaychaumarca.

Simbología	Orden	Longitud (Km)
1	Primer orden	8.02
2	Segundo orden	2.18
3	Tercer orden	2.58
Total		12.78

Gráfico 24. Longitud del orden de los drenajes de la Microcuenca de Huaychaamarca.



A). AFOROS DE AGUAS SUPERFICIALES

En esta parte de estudio hidrológico se ha tomado muy en cuenta dentro de la microcuenca de Huaychaamarca, los principales afluentes de las aguas escurrentes superficiales, considerando los riachuelos encontrados. Las aguas superficiales son caudales del escurrimiento de las lluvias estos determinan la cantidad del caudal dentro del área.

A.1). RIACHUELO

El proceso hidrométrico se ha realizado por dos métodos uno por el método volumétrico que a continuación se ve en la foto y los datos obtenidos en la tabla en la Microcuenca de Huaychaamarca.

Fotografía 34 y 35. Toma de aforo de agua en la parte media y alta de la Microcuenca Huaychaumarca

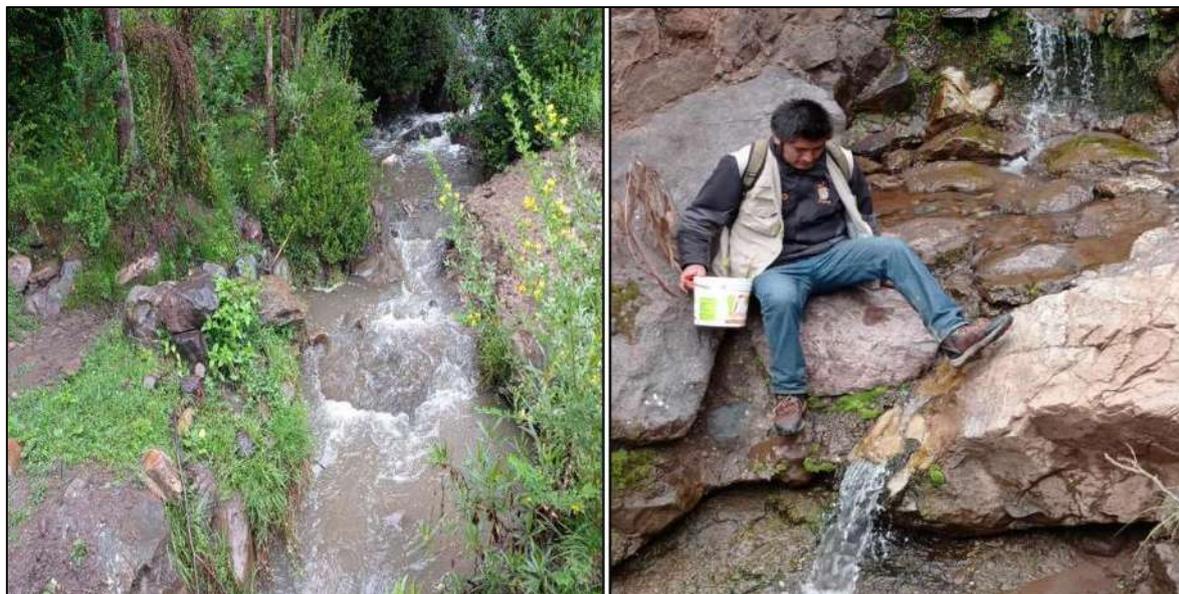
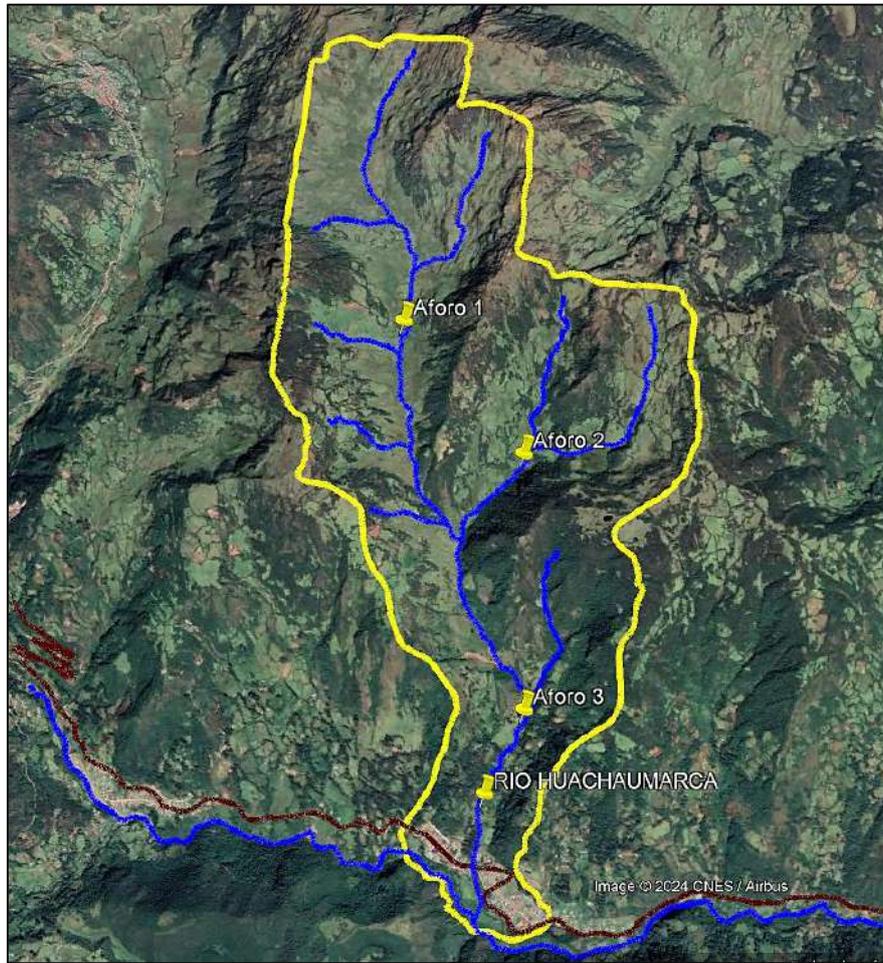


Tabla 42. Puntos de aforo de aguas superficiales en la microcuenca de huaychaumarca

N° AFORO	COORDENADAS UTM			FECHA	HORA	CAUDAL	MODELO
	Este	Norte	Altitud				
Aforo 01	720798.61mE	8550730.12 m S	3586 msnm	20/07/2024	10:50 am	8.5 Lt/s	Volumétrico
Aforo 02	721517.09 m E	8551517.60 m S	3476 msnm	20/07/2024	11:15 am	14.8 Lt/s	Volumétrico
Aforo 03	722997.79 m E	8551649.61 m S	3030 msnm	20/07/2024	11:30 am	21.5 Lt/s	Volumétrico

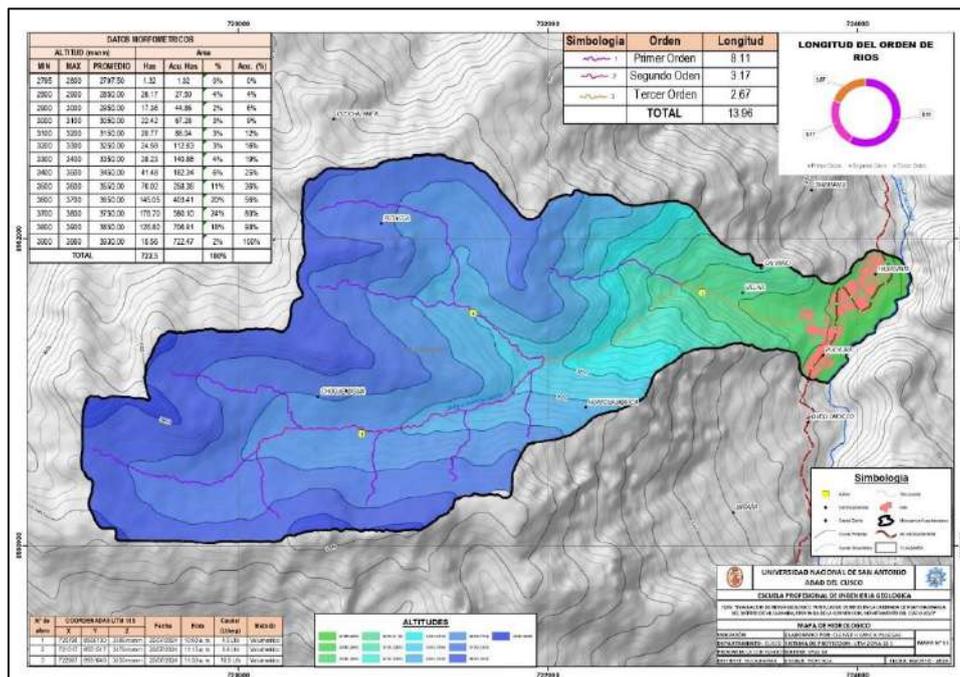
Fuente: Propio

Figura 32. Mapa de ubicación de aforos



Fuente: Google Heart

Figura 33. Mapa hidrológico



7.1.2. HIDROGEOLOGIA DE LA ZONA DE ESTUDIO

La Hidrogeología se puede definir como la ciencia que estudia las aguas subterráneas en la Naturaleza y sus relaciones con las aguas superficiales y con otras partes del ciclo hidrológico. Analizando los resultados, aunque el caudal se dice que ha venido bajando mucho en los últimos 20 años; 16.67% cambiaron de régimen de permanentes a intermitentes (se dice a los manantes que mantiene su régimen de agua hasta por lo menos el mes de octubre) y el 25 % de los manantes, cambiaron de régimen de intermitentes a temporales (pasando la época de lluvia, duran solo hasta mayo), y el 5.56 % de los manantes inventariados, pasaron a la extinción.

En líneas generales los acuíferos se clasifican desde el punto de vista de su porosidad primaria. La zona de investigación está constituida por rocas sedimentarias como areniscas, conglomerados, que para el caso de acuíferos está clasificada como Acuífero propiamente dicho; reiterando desde el punto de vista de porosidad primaria intergranular. Para el caso de la presencia de lutitas y calizas está clasificada como Acuífero; reiterando desde el punto de vista de porosidad primaria intergranular. Pero por la presencia de alto grado de fracturamiento en especial de rocas sedimentarias, esta unidad geo hídrica se convierte en permeable por fisuración o porosidad secundaria (fracturas), se califica a este como un acuífero fisurado.

Este aspecto se enfoca en la investigación de la hidrología subterránea, lo que implica principalmente analizar las características de las rocas y suelos según su porosidad y permeabilidad que se encuentran bajo la superficie terrestre. En esta investigación, se lleva a cabo la caracterización hidrogeológica de las unidades geológicas más relevantes en términos de la generación de aguas subterráneas.

7.1.2.1. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

7.1.2.1.1. ACUIFEROS

Capaces de almacenar y transmitir el agua (gravas, arenas, materiales calizos, etc.); son formaciones con capacidad de drenaje alta, productores de agua subterránea para satisfacer las necesidades humanas de abastecimiento, agricultura, industria, ganadería, etc. Este tipo de acuífero se ha determinado en las zonas bajas en el ámbito de estudio, específicamente en las laderas de montaña y planicies laterales al río Urubamba, estos acuíferos se ubican entre los 520 y 740 msnm, donde predomina la existencia de material coluvial y aluvial.

En el presente estudio se tiene 3 tipos de acuíferos:

a). Acuíferos Porosos no consolidados: para este tipo de acuíferos en la se identificó los depósitos fluviales que está compuesta principalmente de gravas y arenas gruesas y los depósitos fluvioglaciares que están compuestas por bloques redondeados a subredondeados con matriz limo arcillosa.

b). Acuíferos sedimentarios: en este tipo de acuíferos encontramos la arenisca cuarzosa de medios fluviales y eólicas de la formación Huancané.

c). Acuíferos fisurados volcánicos: en este grupo se tiene la formación Pisac y la parte basal de la formación Pachatusan, está conformado principalmente por materiales volcanosedimentarias muy fracturados.

7.1.2.1.2. ACUITARDOS

Capaces de almacenar el agua en cantidades muy importantes, pero la transmiten con dificultad; se suelen denominar con frecuencia formaciones semipermeables (limos, arenas limosas, arenas arcillosas, etc.), y su capacidad de drenaje es media a baja; no son de interés para la obtención de caudales que puedan servir a alguna necesidad hídrica, pero en la

naturaleza juegan un papel muy importante como elementos transmisores del agua en recargas verticales a través de grandes superficies.

7.1.2.1.2.1. ACUITARDOS POROSOS NO CONSOLIDADOS

está conformado por depósitos coluviales y depósito aluviales, estos depósitos contienen grava en matriz limo arcillosa que se ubican en las laderas, estos depósitos son Acuitardos porque son de pequeños espesores.

7.1.2.1.2.2. ACUITARDOS SEDIMENTARIO

Está conformado por la formación Paucarbamba, que contiene areniscas calcáreas intercaladas con niveles finos de lutitas.

7.1.2.1.2.3. ACUITARDOS VOLCÁNICO

Está formado por las formaciones del grupo Mitu, principalmente por la formación Pachatusan que contiene basaltos andesíticos muy fracturados.

7.1.2.1.2.4. ACUITARDOS METAMORFICO

Este Acuitardo está formado por las cuarcitas fracturadas de la formación Ccatcca.

7.1.2.1.3. ACUICLUDOS

Pueden almacenar el agua en grandes cantidades, pero no tienen la capacidad de transmitirla y se drenan con mucha dificultad; el agua se encuentra encerrada en los poros de la formación y no puede ser liberada (arcillas plásticas, limos arcillosos, etc.); se asumen como formaciones impermeables. Dentro de esta clasificación también podría clasificarse a aquellos materiales de roca sedimentarias compactadas como las intercalaciones de areniscas y lutitas micáceas, intercalaciones de pizarras y micro conglomerados, que se evidencian en la Fm. Sandia y Grupo San José.

Este Acuícludo está conformado por las pizarras fracturadas de la formación de Ccatca, estas pizarras son muy fracturadas, pero al ser de un material muy fino, no deja la libre circulación del agua.

Tabla 43. Unidades Hidrogeológicas

UNIDAD HIDROGEOLO GICA	CLASIFICACION		CLASIFICACION		DESCRIPCION LITOLOGICA	DESCRIPCION HIDROGEOLOGICA
	TIPO	SIMBOLO GIA	CODIGO	NOMBRE		
ACUIFEROS	Poroso no consolidada	Acf-pon	Acf-pon	Deposito fluvio-glacial, fluvial	Material arenoso gravoso con matriz arcilloso	Acuíferos de alta permeabilidad
	sedimentario	Acf-s	Acf-s	Fm. huancane	Areniscas cuarzosas y eólicas	Tiene porosidad primaria y secundaria
	Fisurado volcánico	Acf-vf	Acf-vf	Grp. mitu	Aglomerados y rocas volcánicas sedimentarias	Acuífero fisurado de potencia considerable
ACUITARDOS	Fisurado volcánico	Act-pon	Act-pon	Depositos aluviales coluviales	Gravas en matriz limo arcillosa	En laderas de mínimo espesor
	sedimentario	Act-s	Act-s	Fm. paucarbamba	Areniscas calcáreas	Escaso interés hidrogeológico por materiales finos
	volcánico	Act-v	Act-v	Gp. Mitu	Basaltos andesíticos	Material con alto fracturamiento superficial
	metamórfico	Act-m	Act-m	Fm. Ccatca	Cuarcitas fracturadas	Presenta fracturamiento
ACUICLUDOS	metamórfico	Acl-m	Acl-m	Fm. Ccatca	pizarras	Escasa capacidad de almacenamiento

Tabla 44. Comportamiento hidráulico de las formaciones geológicas.

ACIONES	CAPACIDAD DE ALMACENAR	CAPACIDAD DE DRENAR	CAPACIDAD DE TRANSMITIR	FORMACIONES CARACTERÍSTICAS
ACUIFEROS	Alta	Alta	Alta	Arenas, gravas, calizas
ACUITARDO	Alta	Media/baja	Baja	Limos, arenas limosas y arcillosas, con estratos medianos a delgados
ACUICLUDOS	Alta	Muy baja	Nula	Arcillas, lutitas, pizarras y microconglomerados
ACUIFUGOS	Nula	Nula	Nula	Granitos, gneises, mármoles

Fuente: Ingeniería Geológica. Luis Gonzales de Vallejo

7.1.2.2. ENSAYO DE PERMEABILIDAD

Para los ensayos de permeabilidad, se perfora la roca, luego se impermeabiliza las paredes de los pozos con tubos PVC, posteriormente se hecha agua en los pozos construidos hasta saturar en un determinado tiempo ver las fotos. Luego con los datos obtenidos se determina la permeabilidad con la siguiente formula ver la tabla 42.

Fotografía 36. *Ensayo de permeabilidad en rocas areniscas alteradas.*



Tabla 45. *Datos de ensayos de permeabilidad en la formación Pachatusan.*

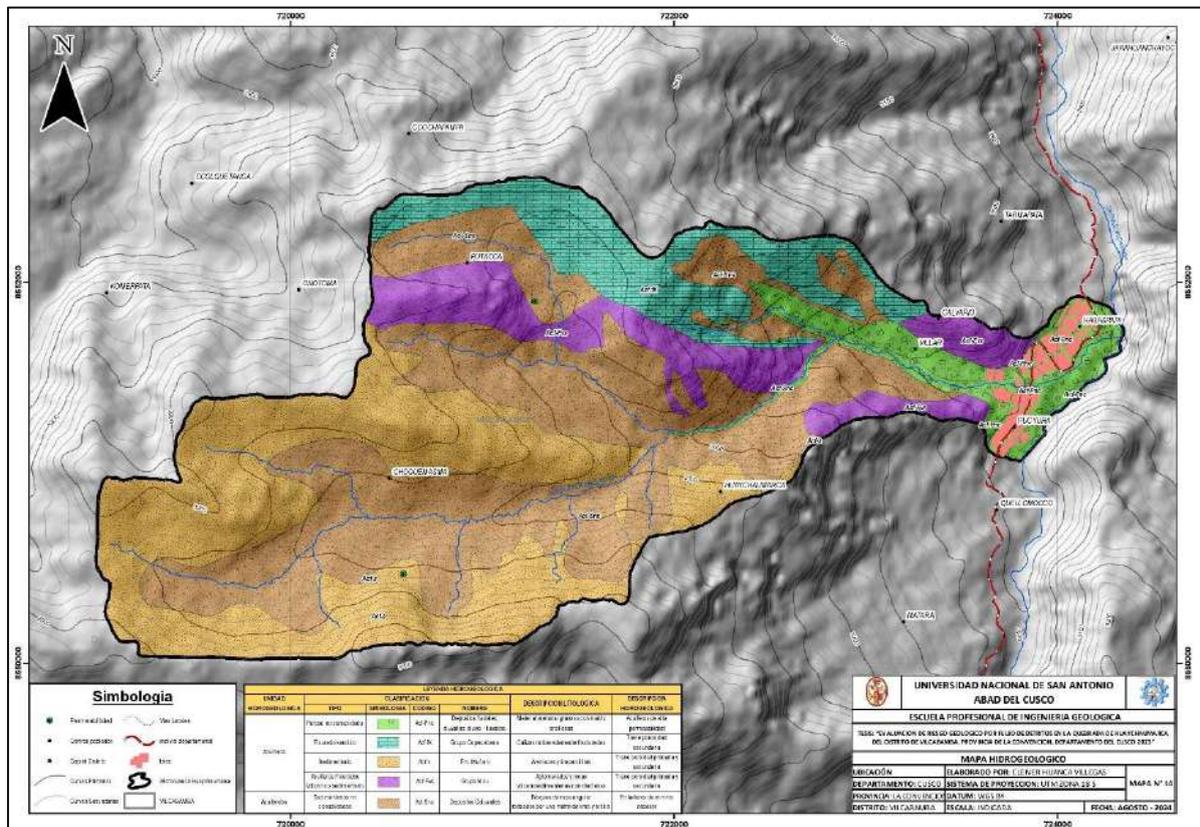
Forma. Geológica	Formación Pachatusan						
Descripción	Afloramiento de rocoso de cuarcita se encuentra en la superficie.						
Conductividad hidráulica: $K=Q/S$							
Donde:	$Q = \text{Caudal (cm}^3/\text{seg)}$, $S = \text{Sección (cm}^2)$						
Fecha de ensayo	13/09/2024		Hora de ensayo			10:40 a. m.	
Hora de ensayo	09:56:01						
Nro de Ensayo	Interv. Tiempo (min)	Descenso (cm)	V = AxDesc (cm ³)	Q (Infiltrado cm ³ /seg)	Q (Infiltrado lt/seg)	K (cm/seg)	K (m/día)
1	40	4	590.0688	0.245862	0.00024586	0.0016667	1.44

Tabla 46. *Datos de ensayos de permeabilidad en el grupo Mitu.*

Formación Geológica	Grupo Mitu
---------------------	------------

Descripción		Afloramiento de rocoso de arenisca de grano fino se encuentra en la superficie.					
Conductividad hidráulica: $K=Q/S$							
Donde:		$Q = \text{Caudal (cm}^3/\text{seg)}, S = \text{Sección (cm}^2)$					
Fecha de ensayo		13/09/2024		Hora del ensayo		12:14:00	
Número de Ensayo	intervalo de Tiempo (min.)	Descenso (cm)	$V = A \times \text{Descenso (cm}^3)$	Q (infiltrado) (cm³/seg)	Q (infiltrado) (lt/seg)	K (cm/seg)	K (m/día)
2	5	1	164.4732	0,548244	0,000548244	0,003333333	2.88

Figura 34. Mapa hidrogeológico



CAPITULO VIII: GEOTECNIA

8.1. GENERALIDADES

Es crucial identificar las propiedades geomecánicas de los materiales geológicos en el área de estudio para lograr una descripción precisa de las laderas. Esta caracterización “geomecánica” ayudará a encontrar, con una mayor precisión, las causas de la inestabilidad de los taludes y o laderas, esto nos ayudará a conocer las propiedades geomecánicas que favorecen

al movimiento deflujo de detritos, con los análisis necesarios en la quebrada de Muji se podrá plantear soluciones adecuadas para cada fenómeno geodinámico. (Juárez & Rico, 2006).

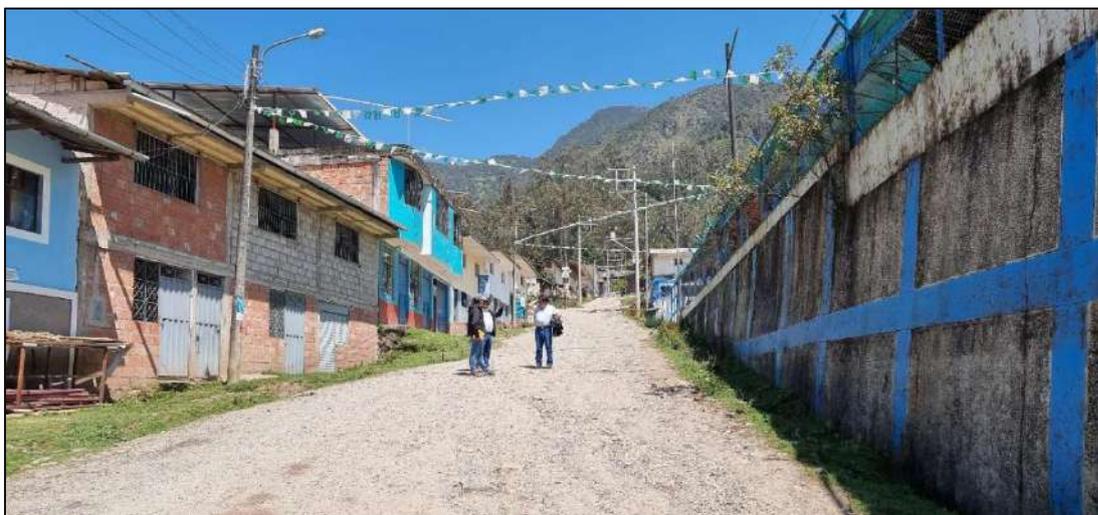
8.1.6. ESTUDIO DE SUELOS DEL CENTRO POBLADO DE HABASPATA

Se realizó las excavaciones manuales de 03 calicatas a lo largo del borde del centro poblado de Habaspata para muros de contención, 06 calicatas para subrasante en las intersecciones de las calles según la norma del MTC y de igual manera estas excavaciones se realizaron según la norma técnica ASTM D420. Estas excavaciones son a cielo abierto de 1.5 metros de profundidad, para dicha excavación se utilizó las siguientes herramientas como picos, palas, barretas y combas) y también se realizó auscultaciones con Penetrómetro Dinámico ligero (PDI –DIN 4094).

8.1.6.1. CONSIDERACIONES DEL ESTUDIO

Se pudo observar que en los terrenos adyacentes no presentan fisuras o fallas en su estructura lo que demuestra que el suelo en estudio tiene buenas propiedades físico mecánicas.

Fotografía 38. *Calle principal del Centro Poblado de Habaspata.*



8.1.6.2. AGRESIVIDAD DEL SUELO

De acuerdo a los resultados de los ensayos químicos efectuados sobre el suelo de fundación, se afirma que el suelo presenta cantidades mínimas de elementos químicos nocivos

para la cimentación, por lo que no se empleara cementos especiales distintos al cemento Portland de uso general.

Tabla 47. *Análisis Químico de suelos*

N° CALICATA	S.S.T. (P.P.M.)	CLORUROS (P.P.M.)	SULFATOS (P.P.M.)	CONCLUSIONES
C-01	511.74	488.47	319.25	no es perjudicial
C-02	466.71	371.49	578.37	no es perjudicial
C-03	347.25	601.75	386.53	no es perjudicial
C-04	647.01	540.49	388.42	no es perjudicial
C-05	418.25	601.47	551.75	no es perjudicial
C-06	331.22	387.19	126.57	no es perjudicial
C-07	523.84	440.21	388.41	no es perjudicial
C-08	521.45	300.77	418.25	no es perjudicial
C-09	485.24	383.28	347.91	no es perjudicial
C-10	387.29	511.24	487.21	no es perjudicial

Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento De La Transpirabilidad Peatonal Y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito De Vilcabamba – La Convención – Cusco”

8.1.6.3. PARÁMETROS DE SUB RASANTE Y CANTERA PARA BASE

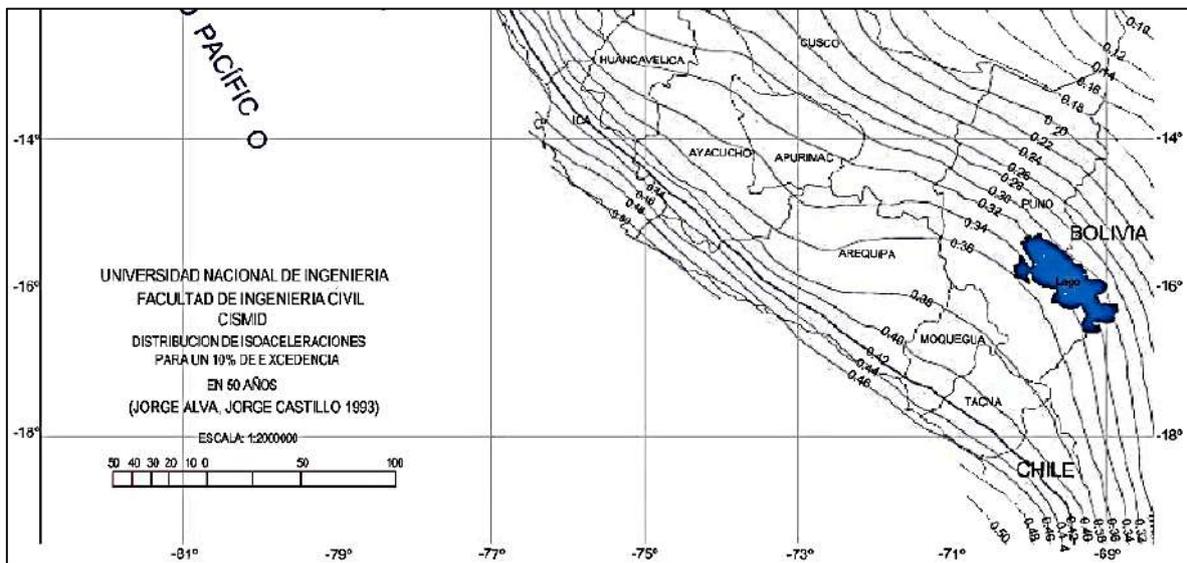
En los ensayos de CBR a nivel de Sub rasante se pudo determinar que el terreno es de calidad Excelente en su estado natural obteniendo los siguientes parámetros, así mismo el material de cantera también tiene una buena calidad obteniendo una clasificación de Excelente.

Tabla 48. *Cuadro resumen de parámetros CBR.*

CAL	ESTRATO	PROF.	O.H.%	M.D.S. 100%	M.D.S. 95%	C.B.R. 100%	C.B.R. 95%	CLASIFICACIÓN CBR AL 95%	CLASIFICACIÓN CBR AL 100%
C - 01 (Subrasante)	E-02	1.50 m	8.2	1.98	1.78	53.44	38.09	Excelente	---
C - 02 (Subrasante)	E-02	1.50 m	9.85	1.83	1.65	43.37	32.12	Excelente	---
C - 03 (Subrasante)	E-02	1.50 m	10.1	1.79	1.61	54.12	40.53	Excelente	---
C - 04 (Subrasante)	E-02	1.50 m	8.1	1.99	1.79	44.69	30.8	Excelente	---
C - 05 (Subrasante)	E-02	1.50 m	10.1	1.86	1.67	44.69	31.49	Excelente	---
C - 06 (Subrasante)	E-02	1.50 m	10.68	1.87	1.68	47.08	34.37	Excelente	---

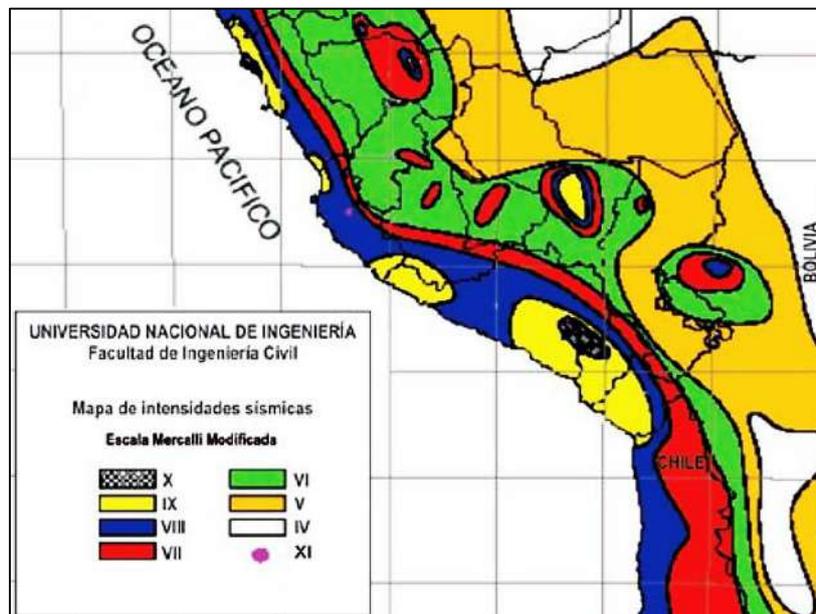
Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento De La Transpirabilidad Peatonal Y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito De Vilcabamba – La Convención – Cusco”

Figura 36. Mapa de Distribución de Isoaceleraciones para 10% de excedencia en 50 años.



Fuente: UNI-CISMID

Figura 37. Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas.



Fuente: UNI-CISMID

Figura 38. Mapa de Zonificación Sísmica Perú.



8.2. ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS (EMS)

Figura 39. Ubicación de la excavación de las calicatas en el Centro Poblado de Habaspata



Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento de la Transpirabilidad Peatonal y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito De Vilcabamba – La Convención – Cusco”

8.2.1. POZOS O CALICATAS Y TRINCHERAS (ASTM D 420).

Las calicatas y trincheras realizadas según la Norma Técnica ASTM D 420 son aplicables a todos los EMS en los cuales sea posible su ejecución. Estos sondajes se ubicaron de tal forma que permitan establecer una información estratigráfica adecuada para adoptar los criterios de cimentación para la estructura, considerando un perfil en diagonal que cubra la mayor parte del área estudiada.

Se tomaron muestras disturbadas a lo largo de las excavaciones, en cantidad suficiente para su análisis. Previamente se identificaron los suelos, mediante procedimientos manuales de campo, tales como la dilatancia (reacción de agitación), la resistencia en estado seco (característica de rompimiento). También se extrajeron muestras representativas para los ensayos Químicos de laboratorios. Las características físicas y mecánicas del material extraído se pueden ver en los registros correspondientes de los perfiles estratigráficos.

8.2.2. DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE SUELOS (ASTM D2488)

En los puntos de exploración se realizó un perfil estratigráfico minucioso, el cual incluyó el registro cuidadoso de las características físicas – mecánicas de los suelos que conforman en cada calicata excavada, la clasificación visual de los materiales encontrados de acuerdo con los procedimientos del sistema unificado de clasificación de suelos.

8.2.3. ENSAYO DE DENSIDAD NATURAL (MTC E117-AASHTO T 191-93, ASTM D1556)

Se realiza con la finalidad de saber la compactación natural del terreno.

8.2.4. CORRELACIÓN ENTRE ENSAYOS Y PROPIEDADES DE LOS SUELOS

En base a los parámetros obtenidos en los ensayos "in situ" y mediante correlaciones debidamente comprobadas, se pueden obtener valores de resistencia al corte no drenado, ángulo de fricción interna, relación de preconsolidación, relación entre asentamientos y carga, coeficiente de balasto, módulo de elasticidad, entre otros.

8.2.5. TIPOS DE MUESTRAS

Se consideran los cuatro tipos de muestras que se indican en la Tabla 40, en función de las exigencias que deberán atenderse en cada caso, respecto del terreno que representan.

Figura 40. *Tipos de muestras*

TIPO DE MUESTRA	FORMAS DE OBTENER Y TRANSFORMAR	ESTADO DE LA MUESTRA	CARACTERÍSTICAS
Mib	Bloques	Inalterada	Deben mantenerse inalteradas las propiedades físicas y mecánicas del suelo en su estado natural al momento del muestreo. (Aplicable solamente a suelos cohesivos, rocas blandas o suelos granulares suficientemente cementados para permitir su obtención).
Mit	Tubos de pared delgada		
Mab	Con Bolsas de plástico	Alterada	Debe mantener inalterada la granulometría del suelo en su estado natural al momento del muestreo.
Maw	En lata sellada	Alterada	Debe mantener inalterado el contenido de agua

Fuente: *E.050 Suelos y cimentaciones MTC*

Las Muestras Extraídas en el Presente EMS son del Tipo Mab (Alteradas con bolsas de plástico) para mantener inalterada la granulometría y humedad de la muestra.

8.2.6. TRABAJOS DE LABORATORIO.

Se realizarán de acuerdo a las normas que se indican en la Tabla 49 siguiente. Adicionalmente de los ensayos de corte directo, se realizaron ensayos en laboratorio para determinar algunas propiedades de los suelos.

8.2.6.1. ENSAYOS DE LABORATORIO

- Ensayo Granulométrico Metodo Mecánico (Tamizado) ASTM D 422
- Ensayo de Límites de Consistencia ASTM D 4318
- Límite Líquido ASTM D 4318
- Límite Plástico ASTM D 4318
- Contenido de Humedad Natural ASTM D 2216
- Clasificación de Suelos (SUCS) ASTM D 2487
- Peso Específico ASTM D 854
- Corte Directo ASTM D 080
- CBR ASTM D 1883

8.2.6.2. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO Y GABINETE

Procesamiento de los datos obtenida en campo y laboratorio. Se interpretaron los resultados obtenidos de los ensayos realizados a los materiales muestreados de las calicatas. Se clasificaron los suelos según el sistema de clasificación de SUCS (según la norma ASTM D – 2487).

Cuadro 49. Resultados de obtenidos de laboratorio y Gabinete.

CAL.	ESTRATO	PROF.	H %	Y	% Grava	% Arena	% Finos	L.L. %	L.P. %	I.P. %	SUCS	AASHTO
C - 01 (Subrasante)	E-02	1.50 m	6.94	---	89.36	3.22	7.42	14.46	7.25	7.20	GW GC	A-2-4(0)

C - 02 (Subrasante)	E-02	1.50 m	7.12	---	82.05	4.30	13.65	14.56	8.09	6.47	GW GC	A-2-4(0)
C - 03 (Subrasante)	E-02	1.50 m	6.80	---	85.53	6.15	8.32	13.52	6.50	7.02	GP GC	A-2-4(0)
C - 04 (Subrasante)	E-02	1.50 m	6.58	---	90.31	4.47	5.22	14.53	6.88	7.65	GW GC	A-2-4(0)
C - 05 (Subrasante)	E-02	1.50 m	6.87	---	83.45	2.67	13.88	14.07	7.68	6.39	GC-GM	A-1-a(0)
C - 06 (Subrasante)	E-02	1.50 m	7.36	---	88.21	4.67	7.12	13.52	6.95	7.02	GP GC	A-2-4(0)
C - 07 (Muro de Contención)	E-02	1.50 m	8.59	1.43	87.17	4.83	8.01	20.10	11.67	8.43	GP GC	A-2-4(0)
C - 08 (Muro de Contención)	E-02	1.50 m	8.05	1.38	81.03	11.38	19.12	19.44	7.75	7.25	GC-GM	A-2-4(0)
C - 09 (Muro de Contención)	E-02	1.50 m	8.62	1.44	65.50	12.05	22.44	15.62	6.65	6.14	GC-GM	A-1-b (0)
C - 10 (Cantera)	Homogéneo	1.50 m	6.35	---	72.52	15.35	12.13	9.27	4.77	9.37	GC-GM	A-2-4(0)

Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento De La Transpirabilidad Peatonal Y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito De Vilcabamba – La Convención – Cusco”

8.3. PERFIL ESTATIGRAFICO DE LOS SUELOS C.P. HABASPATA

El perfil del suelo se detalla a continuación:

a. Calicata 01.

E-01 de 0.00 – 0.30 m.

Presencia de suelo agrícola con material orgánico con arcilla y grava aluvial – antrópico.

E-02 de 0.30 – 1.50 m.

En el segundo estrato está constituido por grava arcillosa limosa formación aluvial y fluvial con bloques y bolonería de roca, el material fino tiene una plasticidad baja y tienen una clasificación S.U.C.S de GW GC una clasificación AASTHO de A-2-4 (0).

Figura 41. Perfil Estratigráfico de calicata 01.

Código de Muestra : ---		Profundidad Total: 3.00 m			
Sondaje / Calicata : C-1		Norte: ---			
N° de Muestras : 01		Este: ---			
Progresiva : ---		Cota: ---			
REGISTRO DE SONDAJES					
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACIÓN	
				SUCS	AASHTO
0.10	—	Presencia de suelo de relleno o antropico con material organico	E-1	---	---
0.20					
0.30					
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
1.60		En el primero estrato está constituido por grava arcillosa limosa formación aluvial y fluvial, el material fino tiene una plasticidad media y tienen una clasificación S.U.C.S de GW-GC una clasificación AASTHO de A-2-4(0), con presencia de fragmentos y bolonería de roca.	E-2	GW-GC	A-2-4 (0)
1.70					
1.80					
1.90					
2.00					
2.10					
2.20					
2.30					
2.40					
2.50					
2.60					
2.70					
2.80					
2.90					
3.00		***** Fin de excavación *****			

Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento De La Transpirabilidad Peatonal Y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito De Vilcabamba – La Convención – Cusco”

Fotografía 39. *Trabajos de excavación de Calicata -01 Sub Rasante.*



Fuente: Expediente técnico *“Mejoramiento de la Transpirabilidad Peatonal y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito de Vilcabamba – La Convención – Cusco”*

b. Calicata 02.

E-01 de 0.00 – 0.30 m.

Presencia de suelo agrícola con material orgánico con arcilla y grava aluvial – antrópico.

E-02 de 0.30 – 1.50 m.

En el segundo estrato está constituido por grava arcillosa limosa formación aluvial y fluvial con bloques y bolonería, el material fino tiene una plasticidad baja y tienen una clasificación S.U.C.S de GW GC una clasificación AASTHO de A-2-4 (0).

Figura 42. Perfil Estratigráfico de calicata 02.

Código de Muestra	: --	Profundidad Total:	3.00 m
Sondaje / Calicata	: C-2	Norte:	--
Nº de Muestras	: 02	Este:	--
Progresiva	: --	Cota:	--

REGISTRO DE SONDAJES					
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACIÓN	
				SUCS	AASHTO
0.10	—	Presencia de suelo de relleno o antropico con material organico	E-1	—	—
0.20					
0.30		<p>En el primero estrato está constituido por grava arcillosa limosa formación aluvial y fluvial, el material fino tiene una plasticidad media y tienen una clasificación S.U.C.S de GW-GC una clasificación AASTHO de A-2-4(0), con presencia de fragmentos y bolonería de roca.</p>	E-2	GW-GC	A-2-4 (0)
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
1.60					
1.70					
1.80					
1.90					
2.00					
2.10					
2.20					
2.30					
2.40					
2.50					
2.60					
2.70					
2.80					
2.90					
3.00	**** Fin de excavación ****				

Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento de la Transpirabilidad Peatonal y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito de Vilcabamba – La Convención – Cusco”.

Fotografía 40. *Trabajos de excavación de Calicata -02 Sub Rasante*



Fuente: Expediente técnico *“Mejoramiento de la Transpirabilidad Peatonal y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito de Vilcabamba – La Convención – Cusco”*.

c. Calicata 03.

E-01 de 0.00 – 0.30 m.

Presencia de suelo agrícola con material orgánico con arcilla y grava aluvial – antrópico.

E-02 de 0.30 – 1.50 m.

En el segundo estrato está constituido por grava arcillosa limosa con arena de formación aluvial y fluvial con bloques y bolonería, el material fino tiene una plasticidad baja y tienen una clasificación S.U.C.S de GP GC una clasificación AASTHO de A-2-4 (0).

Figura 43. Perfil Estratigráfico de calicata 03.

Código de Muestra	:—	Profundidad Total:	3.00 m
Sondaje / Calicata	:C-3	Norte:	---
N° de Muestras	:03	Este:	---
Progresiva	:—	Cota:	---

REGISTRO DE SONDAJES					
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACIÓN	
				SUCS	AASHTO
0.10	—	Presencia de suelo de relleno o antropico con material organico	E-1	---	---
0.20					
0.30					
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
1.60					
1.70					
1.80					
1.90					
2.00					
2.10					
2.20					
2.30					
2.40					
2.50					
2.60					
2.70					
2.80					
2.90					
3.00		***** Fin de excavación *****			

Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento de la Transpirabilidad Peatonal y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito de Vilcabamba – La Convención – Cusco”

Fotografía 41. Trabajos de excavación de Calicata -03 Sub Rasante



Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento de la Transpirabilidad Peatonal y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito de Vilcabamba – La Convención – Cusco”

d. Calicata 04.

E-01 de 0.00 – 0.30 m.

Presencia de suelo agrícola con material orgánico con arcilla y grava aluvial – antrópico.

E-02 de 0.30 – 1.50 m.

En el segundo estrato está constituido por grava arcillosa limosa formación aluvial y fluvial con bloques y bolonería, el material fino tiene una plasticidad baja y tienen una clasificación S.U.C.S de GW GC una clasificación AASTHO de A-2-4 (0).

Figura 44. Perfil Estratigráfico de calicata 04.

Código de Muestra	: --	Profundidad Total:	3.00 m
Sondaje / Calicata	: C-4	Norte:	--
Nº de Muestras	: 04	Este:	--
Progresiva	: --	Cola:	--

REGISTRO DE SONDAJES					
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACIÓN	
				SUCS	AASHO
0.10	---	Presencia de suelo de relleno o antropico con material organico	E-1	--	--
0.20					
0.30	---	En el primero estrato está constituido por grava arcillosa limosa formación aluvial y fluvial, el material fino tiene una plasticidad media y tienen una clasificación S.U.C.S de GW-GC una clasificación AASTHO de A-2-4(0), con presencia de fragmentos y bolonería de roca.	E-2	GW-GC	A-2-4 (0)
0.40					
0.50	---	***** Fin de excavación *****			
0.60					
0.70	---				
0.80					
0.90	---				
1.00					
1.10	---				
1.20					
1.30	---				
1.40					
1.50	---				
1.60					
1.70	---				
1.80					
1.90	---				
2.00					
2.10	---				
2.20					
2.30	---				
2.40					
2.50	---				
2.60					
2.70	---				
2.80					
2.90	---				
3.00					

Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento de la Transpirabilidad Peatonal y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito de Vilcabamba – La Convención – Cusco”

Fotografía 42. Trabajos de excavación de Calicata -04 Sub Rasante



Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento de la Transpirabilidad Peatonal y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito de Vilcabamba – La Convención – Cusco”

e. Calicata 05.

E-01 de 0.00 – 0.30 m.

Presencia de suelo agrícola con material orgánico con arcilla y grava aluvial – antrópico.

E-02 de 0.30 – 1.50 m.

En el segundo estrato está constituido por grava arcillosa limosa formación aluvial y fluvial con bloques y bolonería, el material fino tiene una plasticidad baja y tienen una clasificación S.U.C.S de GC GM una clasificación AASTHO de A-1-a (0).

Figura 45. Perfil Estratigráfico de calicata 05.

Código de Muestra	: --	Profundidad Total:	3.00 m
Sondaje / Calicata	: C-5	Norte:	--
Nº de Muestras	: 05	Este:	--
Progresiva	: --	Cota:	--

REGISTRO DE SONDAJES					
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACIÓN	
				SUCS	AASHTO
0.10	—	Presencia de suelo de relleno o antropico con material organico	E-1	---	---
0.20					
0.30	—				
0.40					
0.50	—				
0.60					
0.70	—				
0.80					
0.90	—				
1.00					
1.10	—				
1.20					
1.30	—				
1.40					
1.50	—				
1.60					
1.70	—	En el primero estrato está constituido por grava arcillosa limosa formación aluvial y fluvial, el material fino tiene una plasticidad media y tienen una clasificación S.U.C.S de GC-GM una clasificación AASTHO de A-1-a(0), con presencia de fragmentos y bolonería de roca.	E-2	GC-GM	A-1-a (0)
1.80					
1.90	—				
2.00					
2.10	—				
2.20					
2.30	—				
2.40					
2.50	—				
2.60					
2.70	—				
2.80					
2.90	—				
3.00					
***** Fin de excavación *****					

Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento De La Transpirabilidad Peatonal Y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito De Vilcabamba – La Convención – Cusco”

Fotografía 43. Trabajos de excavación de Calicata -05 Sub Rasante



Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento de la Transpirabilidad Peatonal y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito de Vilcabamba – La Convención – Cusco”

f. Calicata 06.

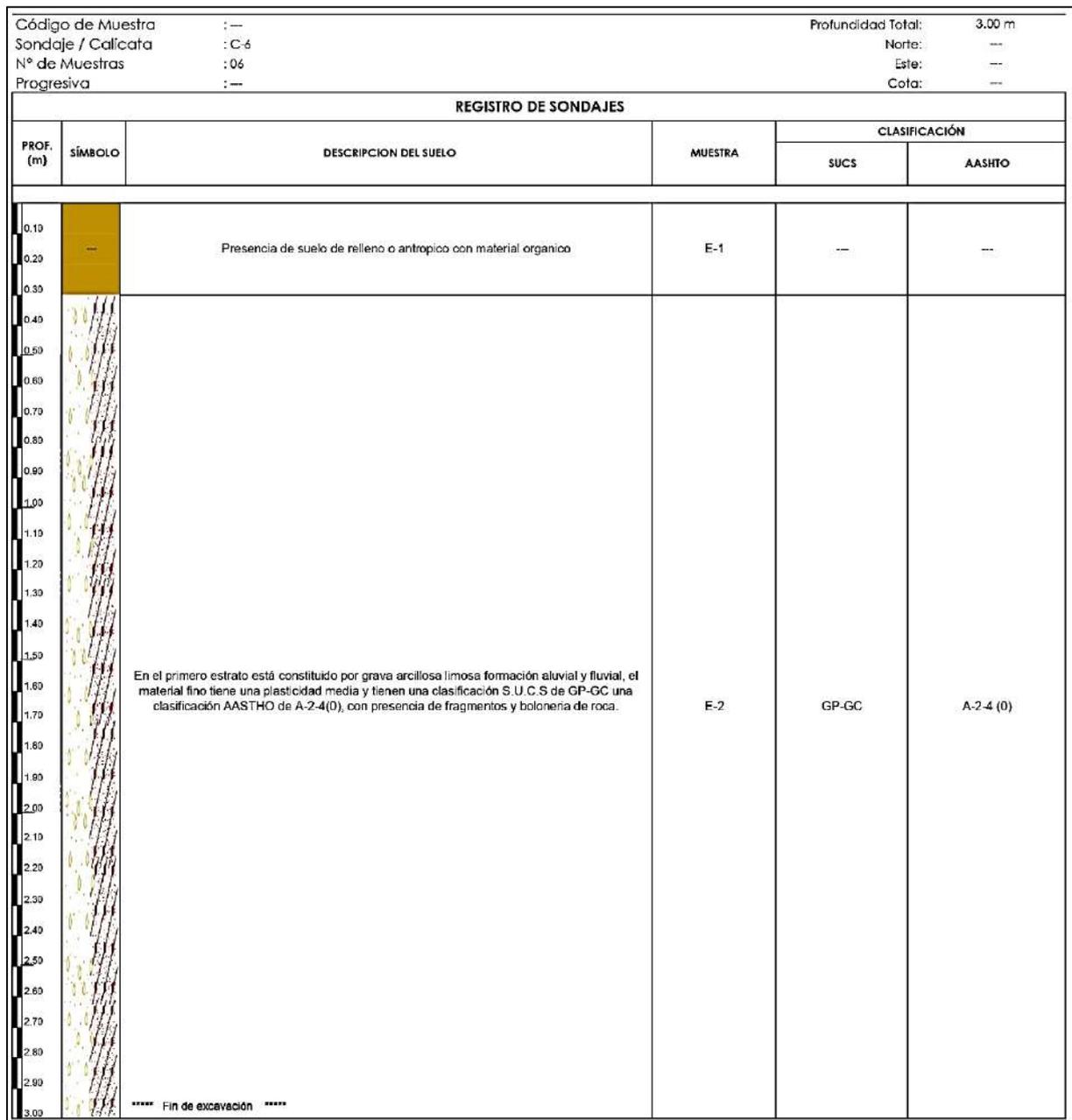
E-01 de 0.00 – 0.30 m.

Presencia de suelo agrícola con material orgánico con arcilla y grava aluvial – antrópico.

E-02 de 0.30 – 1.50 m.

En el segundo estrato está constituido por grava arcillosa limosa con arena de formación aluvial y fluvial con bloques y bolonería, el material fino tiene una plasticidad baja y tienen una clasificación S.U.C.S de GP GC una clasificación AASTHO de A-2-4(0).

Figura 46. Perfil Estratigráfico de calicata 06.



Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento de la Transpirabilidad Peatonal y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito de Vilcabamba – La Convención – Cusco”

Fotografía 44. Trabajos de excavación de Calicata -06 Sub Rasante.



Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento de la Transpirabilidad Peatonal y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito de Vilcabamba – La Convención – Cusco”.

g. Calicata 07.

E-01 de 0.00 – 0.60 m.

Presencia de suelo con cobertura vegetal con material orgánico con arcilla y grava aluvial

E-02 de 0.60 – 1.50 m.

En el segundo estrato está constituido por grava arcillosa limosa con arena formación aluvial y fluvial con presencia de bolonería de roca, el material fino tiene una plasticidad media y tienen una clasificación S.U.C.S de GPGC una clasificación AASTHO de A-2-4 (0).

Figura 47. Perfil Estratigráfico de calicata 07.

Código de Muestra	:—	Profundidad Total:	3.00 m
Sondaje / Calicata	:C-7	Norte:	--
Nº de Muestras	:07	Este:	--
Progresiva	:—	Cota:	--

REGISTRO DE SONDAJES					
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACIÓN	
				SUCS	AASHTO
0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60	—	Presencia de suelo con cobertura vegetal con material orgánico con arcilla y grava aluvial	E-1	—	—
0.70 0.80 0.90 1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50 1.60 1.70 1.80 1.90 2.00 2.10 2.20 2.30 2.40 2.50 2.60 2.70 2.80 2.90 3.00		En el primero estrato está constituido por grava arcillosa limosa formación aluvial y fluvial, el material fino tiene una plasticidad media y tienen una clasificación S.U.C.S de GP-GC una clasificación AASHTO de A-2-4(0), con presencia de fragmentos y botones de roca.	E-2	GP-GC	A-2-4 (0)
		**** Fin de excavación ****			

Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento de la Transpirabilidad Peatonal y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito de Vilcabamba – La Convención – Cusco”

Fotografía 45. Trabajos de excavación de Calicata -07 Sub Rasante



Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento de la Transpirabilidad Peatonal y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito de Vilcabamba – La Convención – Cusco”

h. Calicata 08.

E-01 de 0.00 – 0.75 m.

Presencia de suelo con cobertura vegetal con material orgánico con arcilla y grava aluvial

E-02 de 0.75 – 1.50 m.

En el segundo estrato está constituido por grava arcillosa limosa con arena formación aluvial y fluvial con presencia de bolonería de roca, el material fino tiene una plasticidad media y tienen una clasificación S.U.C.S de GWGC una clasificación AASTHO de A-2-4 (0).

Figura 48. Perfil Estratigráfico de calicata 08.

Código de Muestra	: —	Profundidad Total:	3.00 m
Sondaje / Calicata	: C-8	Norte:	—
Nº de Muestras	: 08	Este:	—
Progresiva	: —	Cota:	—

REGISTRO DE SONDAJES					
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACIÓN	
				SUCS	AASHTO
0.10	—	Presencia de suelo con cobertura vegetal con material orgánico con arcilla y grava aluvial	E-1	—	—
0.20					
0.30					
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90		<p>En el primero estrato está constituido por grava arcillosa limosa formación aluvial y fluvial, el material fino tiene una plasticidad media y tienen una clasificación S.U.C.S de GW-GC una clasificación AASTHO de A-2-4(0), con presencia de fragmentos y bolonera de roca.</p>	E-2	GW-GC	A-2-4 (0)
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
1.60					
1.70					
1.80					
1.90					
2.00					
2.10					
2.20					
2.30					
2.40					
2.50					
2.60					
2.70					
2.80					
2.90					
3.00	***** Fin de excavación *****				

Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento de la Transpirabilidad Peatonal y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito de Vilcabamba – La Convención – Cusco”

Fotografía 46. Trabajos de excavación de Calicata -08 Sub Rasante



Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento de la Transpirabilidad Peatonal y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito de Vilcabamba – La Convención – Cusco”

i. Calicata 09.

E-01 de 0.00 – 0.95 m.

Presencia de suelo con cobertura vegetal con material orgánico con arcilla y grava aluvial.

E-02 de 0.95 – 1.50 m.

En el primero estrato está constituido por grava arcillosa limosa con arena formación aluvial y fluvial con presencia de bolonería de roca, el material fino tiene una plasticidad media y tienen una clasificación S.U.C.S de GCGM una clasificación AASTHO de A-1-b (0).

Figura 49. Perfil Estratigráfico de calicata 09.

Código de Muestra	:---	Profundidad Total:	3.00 m
Sondaje / Calicata	:C-9	Norte:	---
N° de Muestras	:09	Este:	---
Progresiva	:---	Cota:	---

REGISTRO DE SONDAJES					
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACIÓN	
				SUCS	AASHTO
0.10 0.20 0.30 0.40 0.50 0.60 0.70 0.80 0.90		Presencia de suelo con cobertura vegetal con material orgánico con arcilla y grava aluvial	E-1	---	---
1.00 1.10 1.20 1.30 1.40 1.50 1.60 1.70 1.80 1.90 2.00 2.10 2.20 2.30 2.40 2.50 2.60 2.70 2.80 2.90 3.00		En el primero estrato está constituido por grava arcillosa limosa formación aluvial y fluvial, el material fino tiene una plasticidad media y tienen una clasificación S U C S de GC-GM una clasificación AASTHO de A-1-b(0), con presencia de fragmentos y bolonería de roca. **** Fin de excavación ****	E-2	GC-GM	A-1-b(0)

Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento de la Transpirabilidad Peatonal y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito de Vilcabamba – La Convención – Cusco”

Fotografía 47. Trabajos de excavación de Calicata -08 Muro de contención.



Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento de la Transpirabilidad Peatonal y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito de Vilcabamba – La Convención – Cusco”

j. Calicata 10. (Cantera)

E-01 de 0.00 – 3.00 m.

Estrato Homogéneo está constituido por grava arcillosa arenosa con limo formación aluvial y fluvial, el material fino tiene una plasticidad media y tienen una clasificación S.U.C.S de GC-GM una clasificación AASTHO de A1-a (0).

8.4. NIVEL FREÁTICO.

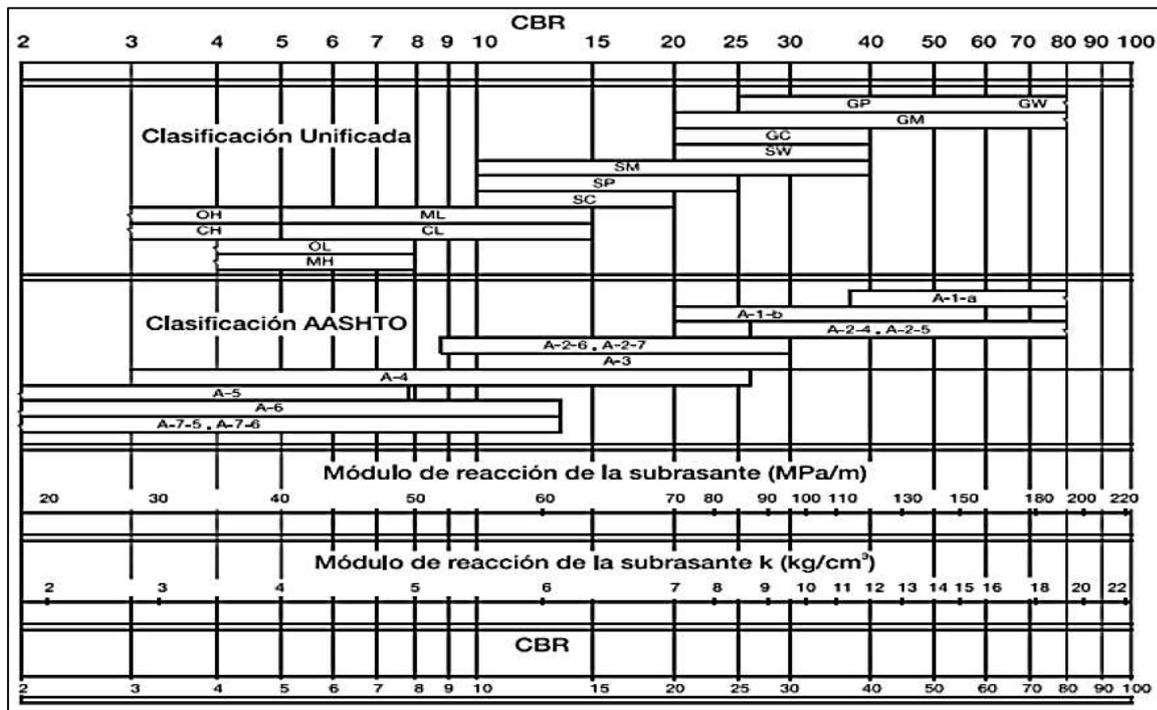
Bajo la superficie del proyecto y en los alrededores de éste, no se halló el nivel freático hasta la profundidad de exploración (1.50 m.) por lo que no habrá modificaciones en las ecuaciones de capacidad de carga en el cálculo de la carga de rotura.

8.5. DETERMINACION DE CBR DE TERRENO.

La clasificación de suelos en las zonas planteadas por el ingeniero proyectista, están formado por grava arcillosa arenosa con fragmentos de roca aluvial, medianamente húmedo; a la profundidad 1.50m considerado desde el nivel de la rasante. La clasificación de suelos de

los accesos, está formado por arcilla inorgánica pobremente gradada de color negro, medianamente Húmedo; a la profundidad de 1.50 considerado desde el nivel de la rasante.

Figura 50. Correlación aproximada entre a clasificación de los suelos y CBR.



Fuente: AASHTO-T193-63

De acuerdo a la tabla anterior, y el tipo de suelo clasificado en la zona de estudio es GC-GM grava arcillosa limosa con arena de diferentes diámetros, tiene un CBR promedio de 20% mínimo a 80% máximo en las 06 calicatas.

Se relazo el ensayo de 06 muestras referencial de la zona de estudios a nivel de subrasante y 01 muestra de cantera para conformación de base de pavimento obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 50. Resultados obtenidos en ensayo de CBR.

CAL.	ESTRAT O	PRO F.	O.H . %	M.D. S. 100%	M.D. S. 95%	C.B. R. 100%	C.B. R. 95%	CLASIFIC ACION CBR AL 95%	CLASIFI CACION CBR AL 100%
C - 01 (Subrasante)	E-02	1.50 m	8.20	1.98	1.78	53.44	38.09	Excelente	---
C - 02 (Subrasante)	E-02	1.50 m	9.85	1.83	1.65	43.37	32.12	Excelente	---
C - 03 (Subrasante)	E-02	1.50 m	10.1 0	1.79	1.61	54.12	40.53	Excelente	---
C - 04 (Subrasante)	E-02	1.50 m	8.10	1.99	1.79	44.69	30.80	Excelente	---
C - 05 (Subrasante)	E-02	1.50 m	10.1 0	1.86	1.67	44.69	31.49	Excelente	---
C - 06 (Subrasante)	E-02	1.50 m	10.6 8	1.87	1.68	47.08	34.37	Excelente	---
C - 10 (Cantera)	Homogé o	1.50 m	6.40	2.01	1.81	95.88	64.54	---	Excelente

Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento de la Transpirabilidad Peatonal y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito de Vilcabamba – La Convención – Cusco”

a). El material predominante en la zona, es el material Aluvial Coluvial, grava arcillosa limosa con arena de plasticidad media a baja con fragmentos de rocas, micaesquistos con cobertura orgánica y sus características físicas son:

Tabla 51. Resultados obtenidos de las características físicas mecánicas de las calicatas.

CAL.	ESTRATO	PROF.	H %	Y	% Grava	% Arena	% Finos	L.L. %	L.P. %	I.P. %	SUCS	AASHTO
C - 01 (Subrasante)	E-02	1.50 m	6.94	---	89.36	3.22	7.42	14.46	7.25	7.2	GW GC	A-2-4(0)
C - 02 (Subrasante)	E-02	1.50 m	7.12	---	82.05	4.3	13.65	14.56	8.09	6.47	GW GC	A-2-4(0)
C - 03 (Subrasante)	E-02	1.50 m	6.8	---	85.53	6.15	8.32	13.52	6.5	7.02	GP GC	A-2-4(0)
C - 04 (Subrasante)	E-02	1.50 m	6.58	---	90.31	4.47	5.22	14.53	6.88	7.65	GW GC	A-2-4(0)
C - 05 (Subrasante)	E-02	1.50 m	6.87	---	83.45	2.67	13.88	14.07	7.68	6.39	GC- GM	A-1-a(0)

C - 06 (Subrasante)	E-02	1.50 m	7.36	---	88.21	4.67	7.12	13.52	6.5	7.02	GP GC	A-2-4(0)
C - 07 (Muro de Contención)	E-02	1.50 m	8.59	1.43	87.17	4.83	8.01	20.1	11.67	8.43	GP GC	A-2-4(0)
C - 08 (Muro de Contención)	E-02	1.50 m	8.05	1.38	81.03	11.38	7.59	19.44	11.49	7.95	GC- GM	A-2-4(0)
C - 09 (Muro de Contención)	E-02	1.50 m	8.62	1.44	65.5	12.05	22.44	15.62	9.48	6.14	GC- GM	A-1-b(0)
C - 10 (Cantera)	Homogéneo	1.50 m	6.35	---	72.52	15.35	12.13	9.27	4.77	9.37	GC- GM	A-2-a(0)

Fuente: Expediente técnico “*Mejoramiento De La Transpirabilidad Peatonal Y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito De Vilcabamba – La Convención – Cusco*”

b). En la zona predominan suelos gravosos del tipo GC-GW y GP-GC, los cuales están conformados por una capa delgada de entre 0.20 a 0.40 m de material de relleno o antrópico, pero a partir de los 0.40 m de profundidad en promedio hasta los 1.50 m ya se puede distinguir el afloramiento de estrato de suelo semirocoso el que está compuesto por grava arcillosa limosa con arena en su mayoría con fragmentos y bolonería de roca por lo cual se puede concluir que el suelo a nivel de subrasante es muy bueno.

c). Los esfuerzos admisibles calculados se pueden observar en las hojas de cálculo adjuntadas en Anexos al presente informe, se determinó la capacidades de carga de 03 calicatas para muros de contención, en lo punto planteado según el proyectista, realizando los ensayos necesarios para saber si a dicha profundidad el suelo garantiza el buen comportamiento de las estructuras ante las fuerzas de volteo y asentamiento que podrían suscitarse en futuras construcciones, así como otros fenómenos en el sub suelo y también determinar la altura del nivel freático y estos son los resultados de Laboratorio y descripción del sub suelo obtenidos:

Tabla 52. Cuadro Resumen de Condiciones de Terreno

	C-01	C-02	C-03
Capacidad Portante (Qa) RECOMENDADA	1.75 Kg/cm ²	1.55 Kg/cm ²	1.50 Kg/cm ²
Cimentación	Superficial	Superficial	Superficial
Factor de Suelo (Tipo S2 Intermedios)	1.2	1.2	1.2
Factor de Zona (Zona 2)	0.25	0.25	0.25
Periodo Vibración del Suelo TS	0.6 seg.	0.6 seg.	0.6 seg.
Profundidad de Cimentaciones Mínima (DF)	1.50 m	1.50 m	1.50 m
Asentamiento	0.62 cmt.	0.57 cmt.	0.65 cmt.
Tipo de Cemento	IP	IP	IP
Análisis de Suelos - Sales Cloruros y Sulfatos			
Cl (promedio)	488.47 p.p.m.	371.49 p.p.m.	601.75 p.p.m.
So4 (promedio)	319.25 p.p.m.	578.37 p.p.m.	386.53 p.p.m.
Coef. empuje activo Ka	0.41	0.39	0.39
Coef. empuje pasivo Kp	2.46	2.54	2.59

Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento De La Transpirabilidad Peatonal Y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito De Vilcabamba – La Convención – Cusco”

d). Se recomienda compactar muy bien los niveles de fundación y sellarlas con solados de concreto pobre antes de ejecutar las cimentaciones para una mejor interacción de las cimentaciones con el sub suelo, se deja abierta la posibilidad de que el ingeniero proyectista pueda mejorar dicha recomendación.

e). Ya que los niveles de fundación para los cimientos contienen concentraciones despreciables de sulfatos, sales solubles totales y cloruros, que no podrían atacar al concreto y la armadura de la cimentación, por lo cual se recomienda utilizar CEMENTO PORTLAND Tipo IP.

f). Según los resultados de los ensayos de CBR se determinan que los materiales extraídos de SUBRASANTE y material de CANTERA tienen los siguientes parámetros:

Tabla 53. Resultados de ensayo de CBR de subrasante y cantera.

CAL	ESTRATO	PRO F.	O.H. %	M.D. S. 100%	M.D. S. 95%	C.B. R. 100 %	C.B. R. 95%	CLASIFI CACION CBR AL 95%	CLASIFIC ACION CBR AL 100%
C - 01 (Subrasante)	E-02	1.50 m	8.20	1.98	1.78	53.44	38.09	Excelente	---
C - 02 (Subrasante)	E-02	1.50 m	9.85	1.83	1.65	43.37	32.12	Excelente	---
C - 03 (Subrasante)	E-02	1.50 m	10.10	1.79	1.61	54.12	40.53	Excelente	---
C - 04 (Subrasante)	E-02	1.50 m	8.10	1.99	1.79	44.69	30.80	Excelente	---
C - 05 (Subrasante)	E-02	1.50 m	10.10	1.86	1.67	44.69	31.49	Excelente	---
C - 06 (Subrasante)	E-02	1.50 m	10.68	1.87	1.68	47.08	34.37	Excelente	---
C - 10 (Cantera)	Homogéneo	1.50 m	6.40	2.01	1.81	95.88	64.54	---	Excelente

Fuente: Expediente técnico “Mejoramiento de la Transpirabilidad Peatonal y Vehicular del Sector de Habaspata, Distrito de Vilcabamba – La Convención – Cusco”

g). Para las obras de muros de contención se recomienda una profundidad máxima de 3.00 m y una profundidad mínima de 1.50 m para sus niveles de fundación de las cimentaciones correspondientes, para los cuales también se recomienda compactarlas muy bien y usar solados.

h). Se recomienda utilizar el material propio del terreno para las conformaciones de rasantes y rellenos, por tener buenas características físicas, de deberá de eliminar 0.30 mts de la superficie (suelo sucio), y proceder a conformar las rasantes de los pisos las cuales tendrán 0.20 mts de espesor con material propio libre de material orgánico.

i). Durante el proceso constructivo se recomienda realizar las verificaciones respectivas de los sellos de fundación, y también realizar verificaciones de cualquier variación en la estratigrafía o de encontrar suelos o bolsones de material que no preste las condiciones resistivas.

j). El resultado de los ensayos in situ y de laboratorio es puntual y puede variar ligeramente en otro punto, sin embargo, no es de esperarse mayores cambios dado que los resultados de capacidad de carga están dentro de los valores para la clasificación del suelo de fundación.

k). Los ensayos realizados y datos obtenidos para determinar la capacidad de carga admisible del terreno fueron calculadas para una superficie de falla general.

l). Hasta la profundidad prospeccionada (1.50 m) en las calicatas no se detectó la presencia de Nivel Freático.

8.1.7. ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS DEL CENTO POBLADO DE PUCYURA

8.1.7.1. PROSPECCIONES: Se realizaron los muestreos a partir de calicatas a cielo abierto (04 Calicatas) hasta los 1,50m. de profundidad para la subrasante, según nos muestra el diagrama de presiones inducidas en el suelo (Boussinesq) en función a la carga crítica del proyecto.

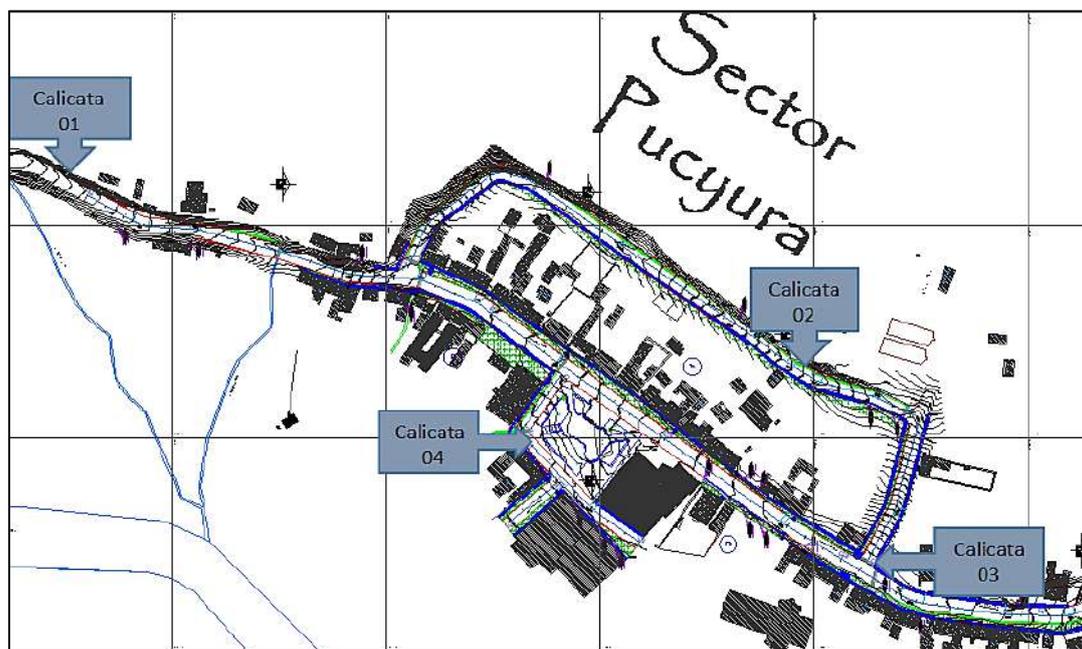
Tabla 54. *Prospección de calicatas*

SONDEOS	UBICACION	SUELO DE SUBRASANTE
Calicata 01	Subrasante	Grava arcillosa limosa con arena GC - GM
Calicata 02	Subrasante	Grava arcillosa limosa con arena GC - GM
Calicata 03	Subrasante	Grava arcillosa limosa con arena GC - GM
Calicata 04	Subrasante	Grava arcillosa limosa con arena GC - GM

Fuente: Expediente técnico “Ampliación y Mejoramiento de los Servicios de Transitabilidad Vehicular y Peatonal del Sector de Pucyura del Distrito de Vilcabamba- La Convención – Cusco”

8.1.7.2. MUESTREO: Se tomaron muestras alteradas por estrato identificado para determinar sus propiedades índices, y a una profundidad de 1,50 m. muestras para determinar su resistencia (CBR).

Figura 51. Ubicación de la excavación de las calicatas en el Centro Poblado de Habaspata



Fuente: Expediente técnico “Ampliación y Mejoramiento de los Servicios de Transitabilidad Vehicular y Peatonal del Sector de Pucyura del Distrito de Vilcabamba- La Convención – Cusco”

8.1.7.3. PERFIL ESTRATIGRAFICO DE LOS SUELOS C.P. PUCYURA

a. Calicata 01.

E-01 de 0.00 – 0.30 m.

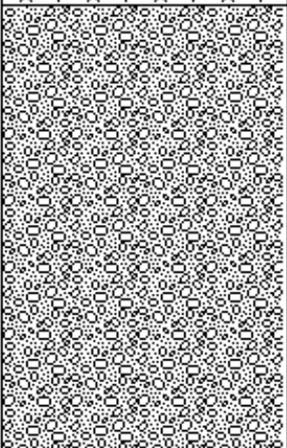
Material granular de relleno constituido por piedras, gravas y arenas en matriz arcillosa.

E-02 de 0.30 – 1.50 m.

Material de color marrón claro ha sido identificado como una GRAVA Y ARENA ARCILLOSA O LIMOSA A-2-4-(0) según AASHTO y como una GRAVA ARCILLOSA

LIMOSA CON ARENA GC - GM según SUCS. No se ha evidenciado un Nivel Freático superficial.

Figura 52. Perfil Estratigráfico de calicata 01.

ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
		RELLENO ANTROPICO CONSTITUIDO POR PIEDRAS, GRAVAS Y ARENAS EN MATRIZ ARCILLOSA LIMOSA	-0.30		
-0.50		GRAVA ARCILLOSA LIMOSA CON ARENA GC - GM CBR = 31%			MARRON CLARO
-1.00			-1.50		

Fuente: Expediente técnico “Ampliación y Mejoramiento de los Servicios de Transitabilidad Vehicular y Peatonal del Sector de Pucyura del Distrito de Vilcabamba- La Convención – Cusco”

Fotografía 48. Trabajos de excavación de Calicata -01 Sub Rasante.



Fuente: Expediente técnico “Ampliación y Mejoramiento de los Servicios de Transitabilidad Vehicular y Peatonal del Sector de Pucyura del Distrito de Vilcabamba- La Convención – Cusco”

a. Calicata 02.

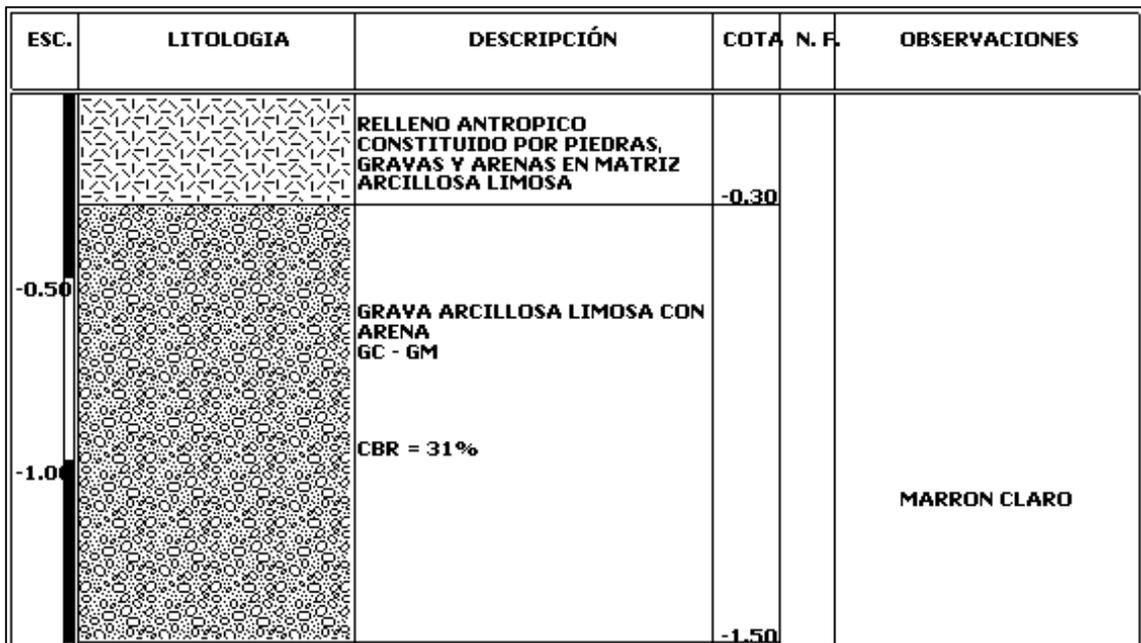
E-01 de 0.00 – 0.30 m.

Material granular de relleno constituido por piedras, gravas y arenas en matriz arcillosa.

E-02 de 0.30 – 1.50 m.

Material de color marrón claro ha sido identificado como una GRAVA Y ARENA ARCILLOSA O LIMOSA A-2-4-(0) según AASHTO y como una GRAVA ARCILLOSA LIMOSA CON ARENA GC - GM según SUCS. Presenta abundante bolonería. No se ha evidenciado un Nivel Freático superficial.

Figura 53. Perfil Estratigráfico de calicata 02.



Fuente: Expediente técnico “Ampliación y Mejoramiento de los Servicios de Transitabilidad Vehicular y Peatonal del Sector de Pucyura del Distrito de Vilcabamba- La Convención – Cusco”.

Fotografía 49. Trabajos de excavación de Calicata -02 Sub Rasante.



Fuente: Expediente técnico “Ampliación y Mejoramiento de los Servicios de Transitabilidad Vehicular y Peatonal del Sector de Pucyura del Distrito de Vilcabamba- La Convención – Cusco”

a. Calicata 03.

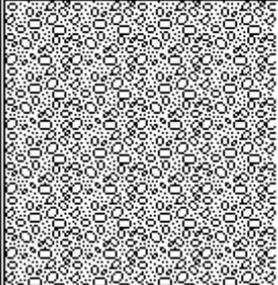
E-01 de 0.00 – 0.30 m.

Material granular de relleno constituido por piedras, gravas y arenas en matriz arcillosa.

E-02 de 0.30 – 1.50 m.

Material de color marrón claro ha sido identificado como una GRAVA Y ARENA ARCILLOSA O LIMOSA A-2-4-(0) según AASHTO y como una GRAVA ARCILLOSA LIMOSA CON ARENA GC - GM según SUCS. Presenta abundante bolonería. No se ha evidenciado un Nivel Freático superficial.

Figura 54. Perfil Estratigráfico de calicata 03.

ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
		RELLENO ANTROPICO CONSTITUIDO POR PIEDRAS, GRAVAS Y ARENAS EN MATRIZ ARCILLOSA LIMOSA	-0.30		
-0.50		GRAVA ARCILLOSA LIMOSA CON ARENA GC - GM CBR = 31%			
-1.00					MARRON CLARO
			-1.50		

Fuente: Expediente técnico “Ampliación y Mejoramiento de los Servicios de Transitabilidad Vehicular y Peatonal del Sector de Pucyura del Distrito de Vilcabamba- La Convención – Cusco”

Fotografía 50. Trabajos de excavación de Calicata -03 Sub Rasante.



Fuente: Expediente técnico “Ampliación y Mejoramiento de los Servicios de Transitabilidad Vehicular y Peatonal del Sector de Pucyura del Distrito de Vilcabamba- La Convención – Cusco”

a. Calicata 04.

E-01 de 0.00 – 0.30 m.

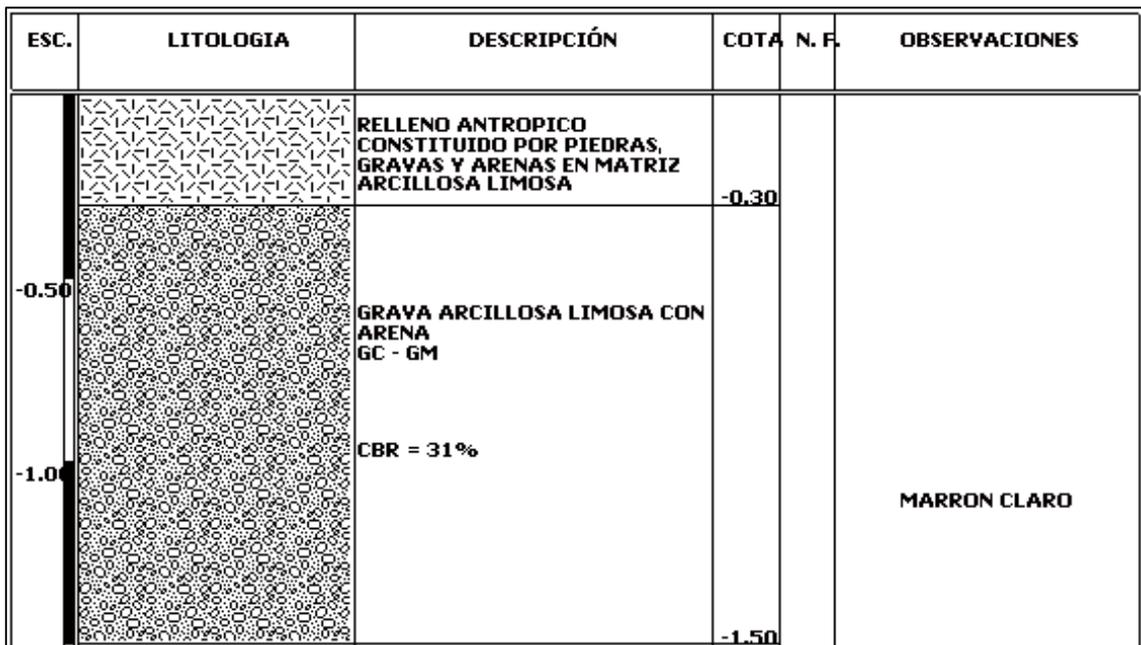
Material granular de relleno constituido por piedras, gravas y arenas en matriz arcillosa.

E-02 de 0.30 – 1.50 m.

Material de color marrón claro ha sido identificado como una GRAVA Y ARENA ARCILLOSA O LIMOSA A-2-4-(0) según AASHTO y como una GRAVA ARCILLOSA LIMOSA CON ARENA GC - GM según SUCS. Presenta abundante bolonería.

No se ha evidenciado un Nivel Freático superficial.

Figura 55. Perfil Estratigráfico de calicata 04.



Fotografía 51. Trabajos de excavación de Calicata -04 Sub Rasante.



Fuente: Expediente técnico “Ampliación y Mejoramiento de los Servicios de Transitabilidad Vehicular y Peatonal del Sector de Pucyura del Distrito de Vilcabamba- La Convención – Cusco”

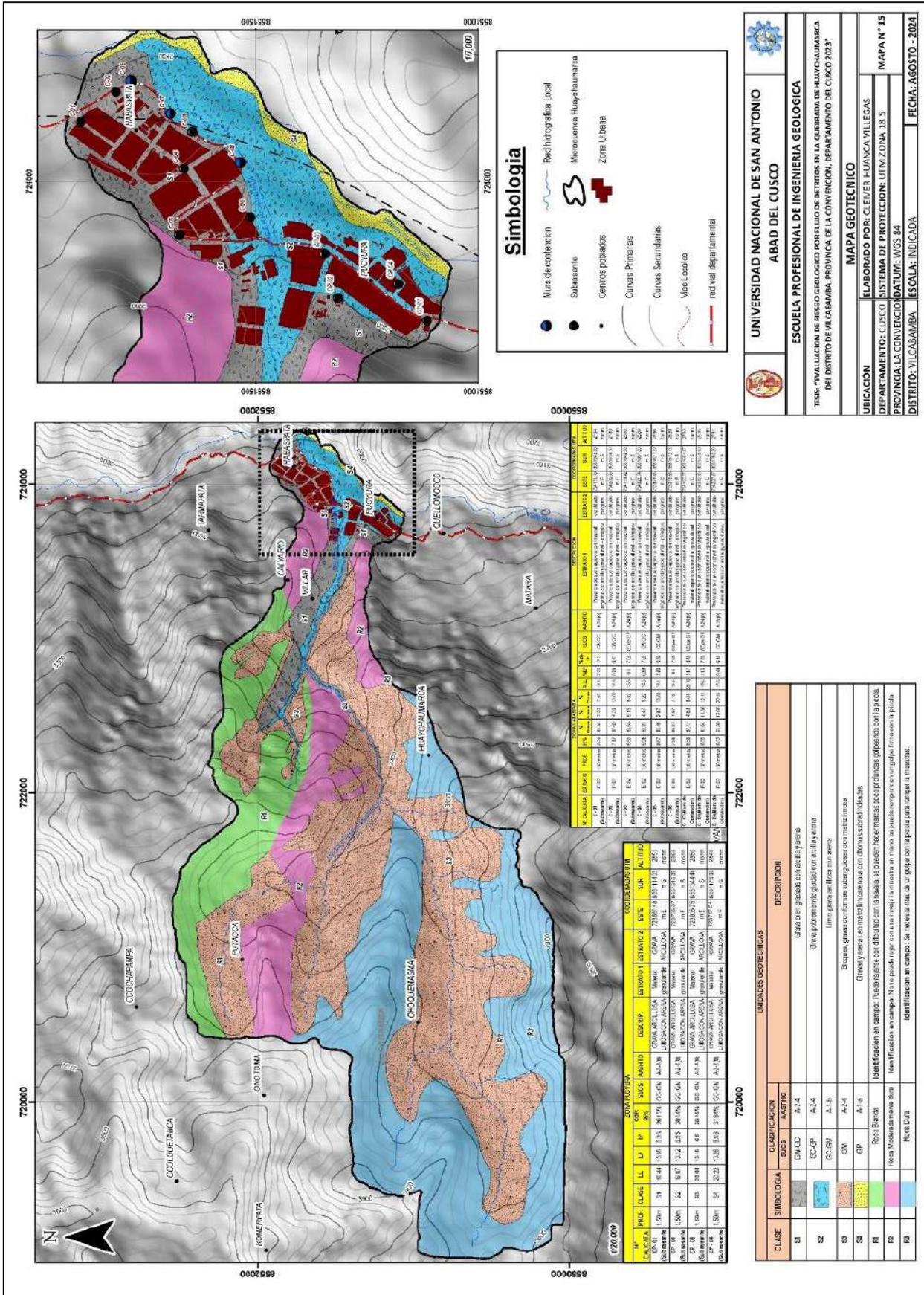
Tabla 55. Resultados obtenidos de las características físicas mecánicas de las calicatas.

N° CALICATA	PROFUNDIDAD	CLASE	LL	LP	IP	CBR AL 95%	SUCS	AASHTO	DESCRIPCION
C - 01 (Subrasante)	1.50 m	S1	19.44	13.08	6.36	26.15%	GC-GM	A-2-4(0)	Grava Arcillosa Limosa con Arena
C - 02 (Subrasante)	1.50 m	S2	19.67	13.12	6.55	30.44%	GC-GM	A-2-4(0)	Grava Arcillosa Limosa con Arena
C - 03 (Subrasante)	1.50 m	S3	20.08	13.18	6.9	33.45%	GC-GM	A-2-4(0)	Grava Arcillosa Limosa con Arena
C - 04 (Subrasante)	1.50 m	S4	20.22	13.26	6.96	31.64%	GC-GM	A-2-4(0)	Grava Arcillosa Limosa con Arena

Fuente: Expediente técnico “Ampliación y Mejoramiento de los Servicios de Transitabilidad Vehicular y Peatonal del Sector de Pucyura del Distrito de Vilcabamba- La Convención – Cusco”

Consecuentemente el valor considerado para la vía será: CBR DE DISEÑO = 26.0 %

Figura 56. Mapa Geotécnico



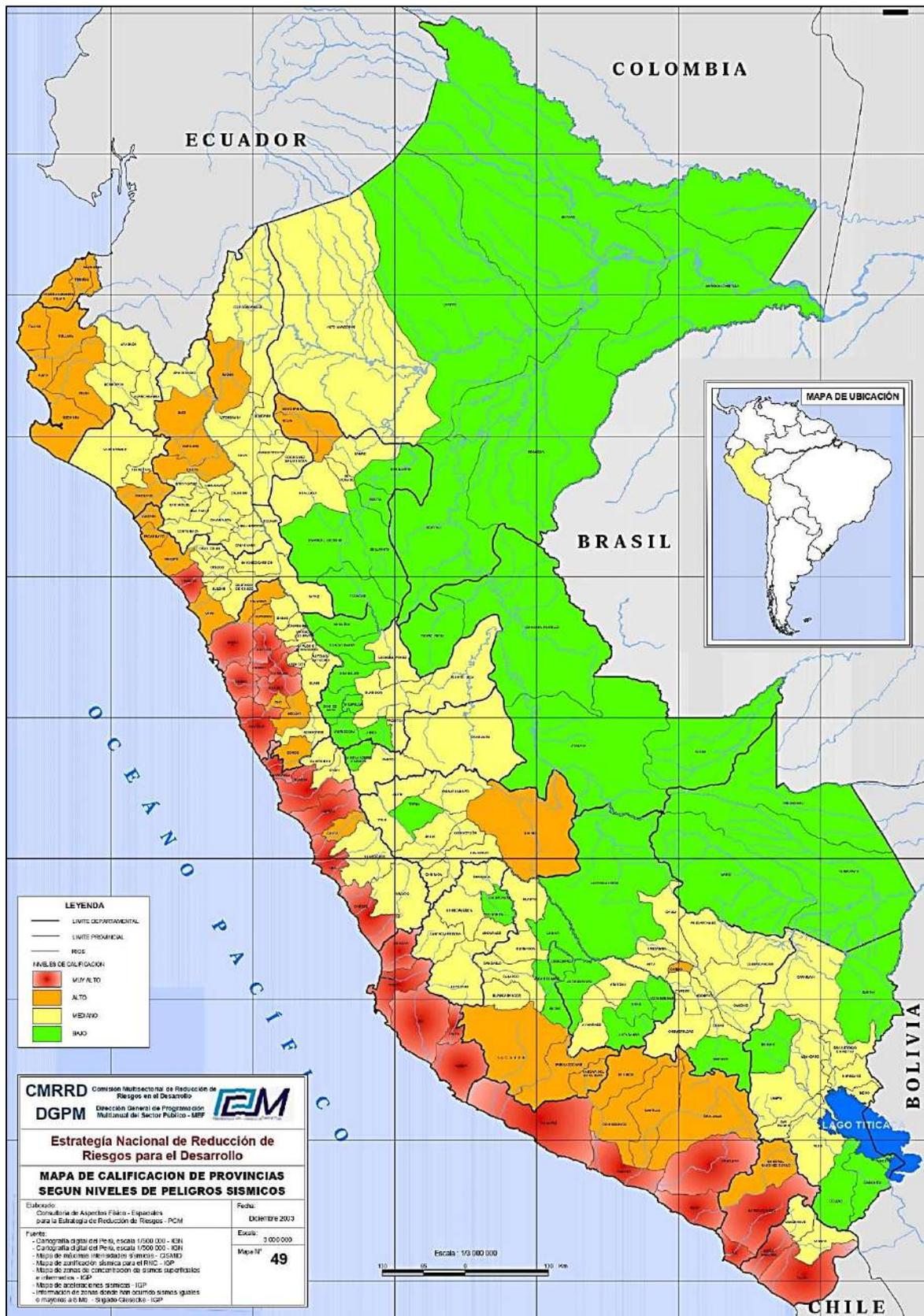
CAPITULO XI: GEODINAMICA

En el estudio la ONERN dice: “Los fenómenos geodinámicos externos se producen a consecuencia de los procesos morfo dinámicos a través del desgaste, transporte acumulaciones de los materiales físicos por acción de los agentes hídricos (agua, hielo) eólicos y gravitacionales, que al actuar sobre la superficie terrestre alteran las características físicas y/o químicas de los materiales que la componen, modificando el relieve topográfico. Entre los fenómenos geodinámicos externos más frecuentes e importantes, por los efectos que ocasionan, se menciona a los aluviones, deslizamientos, caída de rocas, derrumbes, reptaciones, inundaciones, etc.”. Para realizar el diagnóstico se hicieron las delimitaciones e identificamos el área de fenómenos externos, factores que la desencadenan, si están activos e inactivos y presencia de manantes

9.1. GEODINAMICA INTERNA (SISMICIDAD)

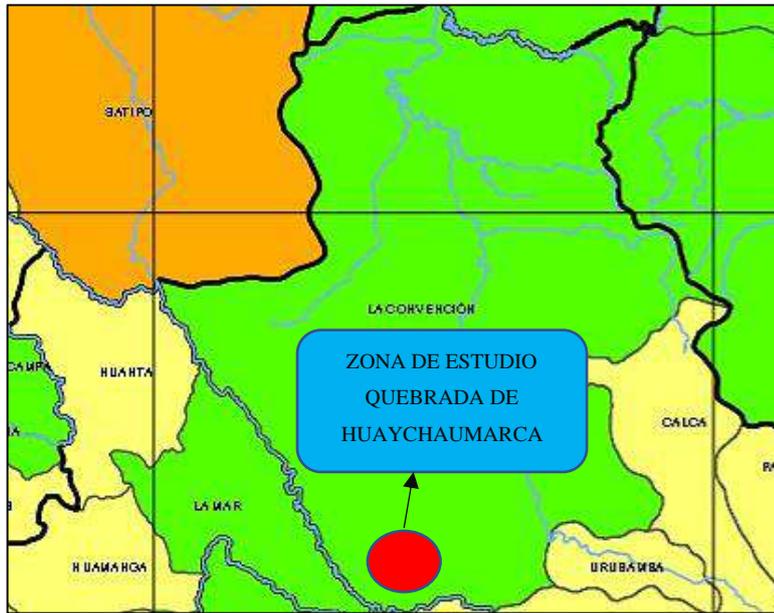
La sismicidad en el Perú, es ocasionada por la subducción de la placa tectónica de Nazca bajo la placa tectónica Sudamericana. Las fuentes sismogénicas son zonas que presentan las mismas características geológicas, geofísicas y sísmicas, de tal manera que se puede suponer que poseen un potencial sísmico homogénea, pueden ser líneas, áreas o volúmenes. Tavera et al. (2014) propone la existencia de 33 fuentes sismogénicas distribuidas en 3 grupos, las asociadas al proceso de subducción (interface), las asociadas a los sistemas de fallas (deformaciones corticales) y las asociadas a la geometría de la placa de Nazca, por debajo del continente (intraplaca).

Figura 56. Mapa de calificación de provincias según niveles de peligros sísmicos.



Fuente: DGPM

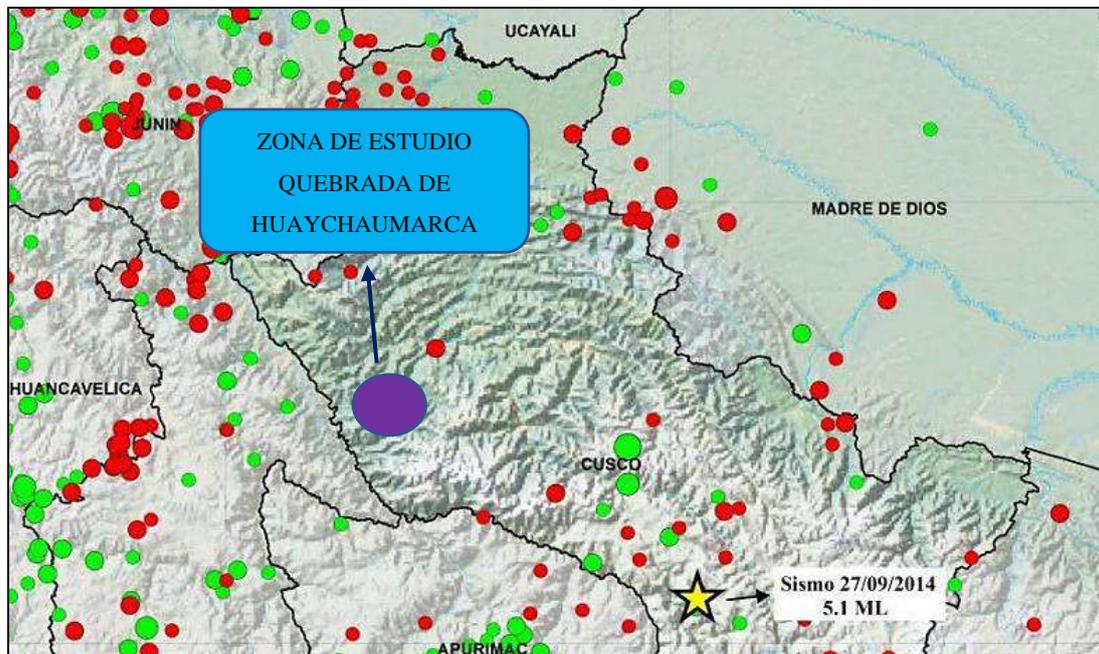
Figura 57. Mapa sísmico de nuestra de estudio.



Fuente: DGPM

Según el Mapa sísmico nuestra zona de investigación presenta un nivel de peligro de sismos BAJO a nivel de todo el distrito de Vilcabamba, Quebrada de Huaychaumarca.

Figura 58. Distribución espacial de la actividad sísmica presente en la región del Cusco entre los años 2011 y 2013.



Fuente: IGP

Según Mapa sísmico del Perú 1960 – 2023, nuestra zona de estudio presenta sismos mayores a 60 km de profundidad superficial, con magnitudes de mayores a 4 Mw hasta 8 Mw.

9.1.1. ANTECEDENTES SÍSMICOS EN LA REGIÓN DEL CUSCO

En la región del Cusco han sucedido varios eventos sísmicos debido a procesos de deformación de la corteza a niveles superficiales, que han producido daños considerables, el último evento importante ocurrió el 5 de abril de 1986 con una magnitud de 5.7 Mw y origen en la falla de Qoricocha ubicado a aproximadamente 20 km de la ciudad del Cusco en donde se evaluaron intensidades de VII (MM). El sismo produjo importantes daños en estructuras de adobe con la muerte de 7 personas y el colapso de 30 viviendas; además de importantes procesos de deslizamientos y hundimientos en suelos poco compactados (IGP, .2014).

Tabla 56. *Antecedentes sísmicos de la región del Cusco, Tomado del IGP.*

Fecha	Magnitud	Nombre	Epicentro	Zonas Afectadas
12 de mayo, 1650	7.5	Terremoto del Cuzco de 1650	Cerca del Cuzco, actual Departamento de Cuzco	Sur y centro del Perú
19 de noviembre, 1744	6	Cuzco de 1744	Cuzco	Departamento del Cuzco
11 de febrero, 1746	7	Urcos de 1746	Cuzco	Cuzco
5 de marzo, 1938	6	Acopía de 1938	Acopía, provincia de Acomayo, departamento del Cuzco	Pueblo de Acopía
8 de noviembre, 1961	6	Acos de 1961	Distrito de Acos, provincia de Acomayo, departamento de Cuzco	Pueblos de Acos
21 de abril, 2012	5.2	Cuzco	A 53 km norte de Chumbivilcas	Chumbivilcas - Cuzco
27 de septiembre, 2014	5.1	Cuzco	A 4 km al oeste de Paruro	Paruro - Cuzco

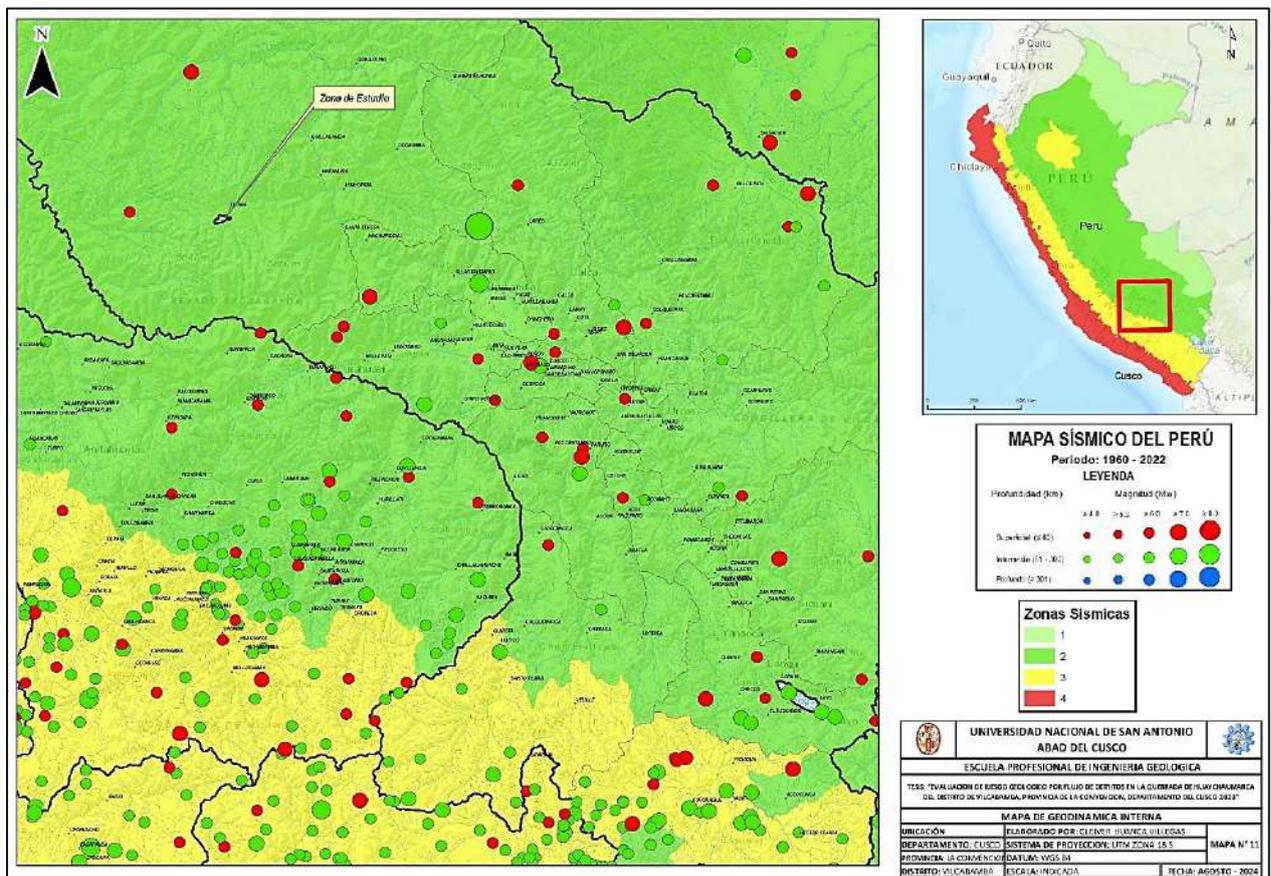
Fuente: *Dr. Ing. Jorge E. Alva Hurtado UNI*

Fotografía 52. Viviendas e iglesia afectadas por el sismo de Paruro en la localidad de Misca.



Fuente: Repositorio Andina Noticias

Figura 59. Mapa de Geodinámica Interna.



9.2. GEODINAMICA EXTERNA

Los movimientos de laderas, comúnmente conocidos como deslizamientos, son procesos geológicos altamente destructivos. A lo largo de la historia de la humanidad han provocado pérdidas cuantiosas, muertes de personas, animales, pérdidas económicas, etc. Muestra zona de estudio también ha sido víctima de deslizamientos, flujo de detritos, uno de los recientes es el actual deslizamiento en la quebrada de huaychaumarca, inundación por flujo de detritos a los centros poblados de Habaspata y pucyura.

9.2.1. GEODINAMICA EXTERNA REGIONAL

Los peligros geológicos reconocidos, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamiento y flujos de detritos o huaycos (Proyecto Multinacional Andino: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en la Cordillera de los Andes, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos.

9.2.1. GEODINAMICA EXTERNA LOCAL

En la zona de estudio (Quebrada de Huaychaumarca), los procesos geodinámicos que afectan a la superficie terrestre dan lugar a movimientos del terreno de diferente magnitud y características, que pueden constituir riesgos geológicos al afectar, de una forma directa o indirecta, a las poblaciones de Habaspata y Pucyura que se encuentran en la parte baja de la Quebrada. Fenómenos tan variados como la erosión y las precipitaciones pluviales intensos producen deslizamientos y desprendimientos en las laderas, coladas de tierra, hundimientos, subsidencias, asentamientos diferenciales etc.

9.2.1.1. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA

Los peligros geológicos por movimientos en masa de la quebrada de Huaychaumarca, se identificaron procesos de reactivación de deslizamiento antiguos y recientes en la ladera

derecha de la parte media – alta de la quebrada, lo que concluyó en un represamiento de la quebrada con consiguiente desembalse que generó un flujo de detritos.

9.2.1.2. ANTECEDENTES DE FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA HUAYCHAUMARCA

Entre los meses de febrero y marzo del año 2020, 2021 y 2022 la quebrada se activó y desencadenó flujo de detritos, cuyo material acarreado sobrepasó el muro de contención de 4 m de altura, construido de forma longitudinal a la quebrada. Además, el flujo desvió su recorrido por la carretera construido de manera transversal debido a que el material transportado obstruyó el paso, llegando a las viviendas asentadas en la margen derecha e izquierda de los poblados de Pucyura y Habaspata. Este proceso determina que cada año en temporada de lluvias intensas la quebrada se activa en flujo de detritos, transportando bloques de hasta 4 m de diámetro (fotografía 49 y 50).

Fotografía 53. *Transporte de material caótico en la quebrada de huaychauamarca, ocasionado por el flujo de detritos.*



Fotografía 54. Transporte de material caótico en la quebrada de huaychaumarca de los centros poblados de Habapasta y pucyura, ocasionado por el flujo de detritos.



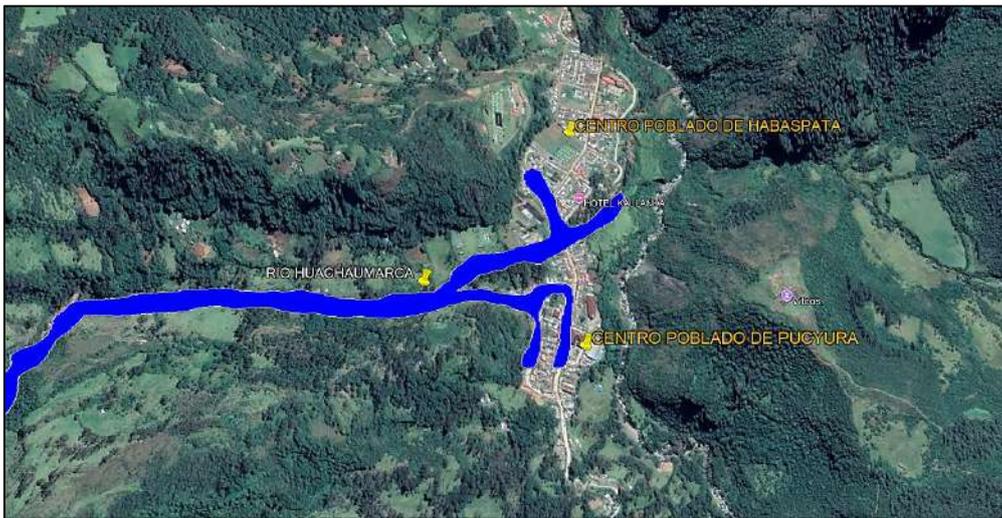
Fotografía 55. Transporte de material caótico en la quebrada de huaychaumarca de los centros poblados de Habapasta y pucyura, ocasionado por el flujo de detritos.



En el mes de marzo del año 2017 se generó este flujo de detritos a consecuencia de una reactivación de deslizamiento en la parte alta de la quebrada Huaychaumarca, el flujo trasladó el material removido por el canal de la quebrada del mismo nombre, donde, llegando al pueblo

cambio la dirección y entro a la zona urbana, esto afectó a la piscigranja municipal, la comisaria, viviendas y parte de las vías del poblado de Pucyura. El depósito está conformado por gravas y bolones de 40 cm a 50 cm de diámetro con bloques erróneos de hasta 1 m de diámetro.

Figura 60. Se aprecia la bifurcación del flujo de detritos, el cual ingresó a la zona urbana del poblado de Pucyura.



Fuente: Google heart

Fotografía 56. Se aprecia la zona por donde bifurco la quebrada Huaychaumarca.



Fuente: INGEMMET

Además, por la reactivación del deslizamiento y la erosión en cárcava al pie del deslizamiento, en el año 2020 se generó otro flujo con nuevas acumulaciones de materiales en la quebrada. Los materiales discurrieron solo por el canal de la quebrada Huaychaamarca, afectando la infraestructura de la toma de agua de la piscigranja municipal, donde había pozas de sedimentación y un trabajo de mejoramiento del canal de la quebrada, el cual tiene aproximadamente una longitud de 30 m, ancho del canal de 4 m y una altura de 1 m (fotografía 53), según los pobladores, la composición del flujo de detritos fue gravas y bolones de hasta 40 cm de diámetro envueltas en matriz limo arenosa.

Fotografía 57. *Se aprecia la canalización del cauce del río y la toma de agua para la piscigranja, los cuales fueron afectados por el flujo.*



Fuente: INGEMMET

Fotografía 58. *Transporte de material caótico en la quebrada de huaychaamarca de los centros poblados de Habapasta y pucyura, ocasionado por el flujo de detritos.*



Fotografía 59. *Transporte de Bolones de rocas de hasta 70 cm de diámetros de angulosos a subangulosos en la parte media de la quebrada huaychaumarca.*



Fotografía 60. *Bolones de roca de hasta 60 cm de diámetro en la parte media de la quebrada de huaychaumarca.*



9.2.1.3. DESCRIPCIÓN DEL DESLIZAMIENTO EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA.

La reactivación del deslizamiento del año 2019 en el sector Huaychaumarca, se ubica en la margen derecha de la quebrada del mismo nombre en coordenadas UTM: 722632 E, 8551326 N, a 3257 m s.n.m. Los materiales removidos pertenecen a las del Grupo Mitu, compuestos por areniscas y conglomerados de color rojizo, este deslizamiento tiene un ancho de 50 m y una altura de la escarpa al pie del deslizamiento de 160 m, con una escarpa principal de 2 m, además, la pendiente del terreno es de 32° y en laderas adyacentes se aprecian pendientes del terreno de hasta 19° . También se aprecia erosión en cárcava que se presenta en el pie del deslizamiento, por donde se trasladó estos materiales hasta llegar al canal de la quebrada (fotografías 57, 58).

Fotografía 61. *Se aprecia el escarpe del deslizamiento.*



Fuente: *INGEMMET*

Fotografía 62. *Se aprecia la reactivación del deslizamiento con ancho de 50 m y una altura de 160 m.*



Fuente: *INGEMMET*

Fotografía 63. Se aprecia la reactivación del deslizamiento con ancho de 50 m y una altura de 160 m.



Fotografía 64. Escarpa de deslizamiento antiguo de 1.20 m de altura en la quebrada de huaychaumarca.



Fuente: INGEMMET

Fotografía 65. Se aprecia el deslizamiento de color azul y la erosión tipo cárcava en color verde que presenta en la parte baja, trasladando los materiales hasta el canal de la quebrada.



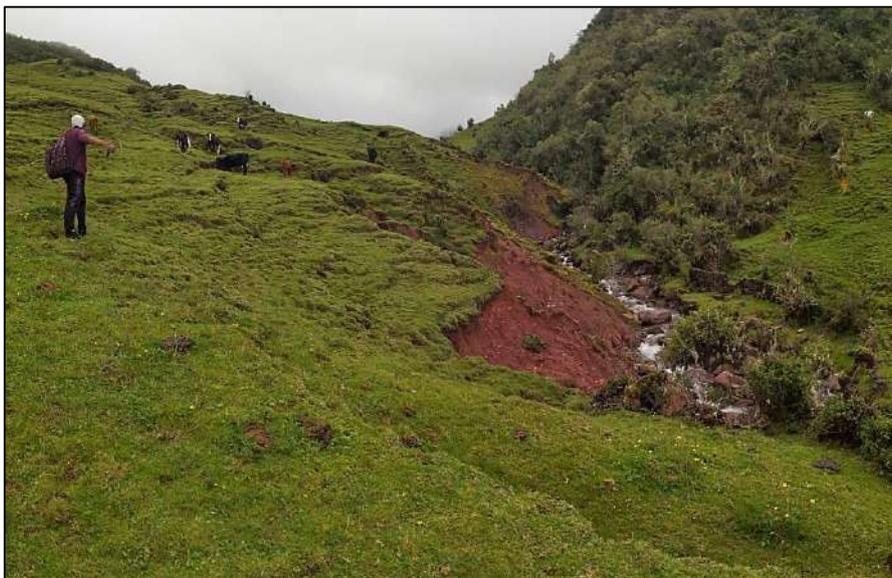
Fotografía 66. Ancho del deslizamiento reciente y activo de 30 m en la parte media de la quebrada de huaychaamarca.



Fotografía 67. Ancho del deslizamiento antiguo de 50 m de largo en la parte media de la quebrada de huaychaumarca.



Fotografía 68. Largo del deslizamiento antiguo de 100 m de largo en la parte media de la quebrada de huaychaumarca



Fotografía 69. *Deslizamientos antiguos y activos en la quebrada huaychaamarca, parte media.*



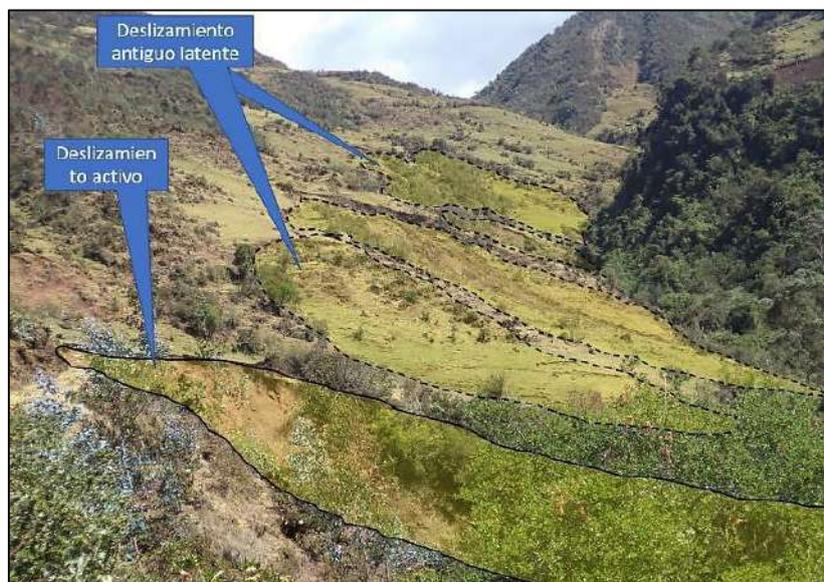
Fotografía 70. *Deslizamiento activo con ancho de 20 m y largo de 60 m en la quebrada de huaychaamarca.*



También, en la margen izquierda del deslizamiento, en zonas más altas de la quebrada, se aprecian deslizamientos antiguos, en condición latentes, la generación de estos eventos

trasladará materiales hasta el canal de la quebrada, siendo posible otras reactivaciones de flujos de detritos en la quebrada (fotografía 60).

Fotografía 71. *Se aprecia el deslizamiento activo y los latentes que pueden obstruir también el cauce de la quebrada.*



Fuente: INGEMMET

9.2.1.4. DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA HUAYCHAUMARCA.

El flujo de detritos se generó a causa de la acumulación y obstrucción del canal de la quebrada, el desembalse trasladó los materiales del canal hasta llegar al poblado de Pucyura, la composición del flujo fue principalmente por bloques de hasta 40 cm de diámetro, con gravas envueltas en una matriz limo arenosa, además generó una incisión de 1 m de altura y tuvo un recorrido de 1.5 km de distancia.

El evento del 2017 evidenció que el cauce de la quebrada puede pasar por la población, siendo una amenaza para las viviendas e infraestructuras que se ubican cerca a la quebrada del centro poblado (fotografía 68).

Fotografía 72. *Se aprecia los bloques que arrastró el flujo en el canal de la quebrada Huaychaumarca en coordenadas.*



Fuente: *INGEMMET*

La quebrada Huaychaamarca presenta una geodinámica muy activa, representada por deslizamientos activos recientes (6), deslizamientos antiguos (5) y flujo de detritos (3), cárcavas (1) y flujo de detritos (2).

Tabla 57. *Tipos de peligro de la quebrada de Huaychaamarca.*

TIPO DE PELIGRO	ANCHO	LARGO	DESCRIPCION
Deslizamiento	50 m	150 m	Recientes
Deslizamiento	50 m	20 m	Antiguos
Cárcavas	10 m	20 m	Antiguos-Recientes
Flujo de detritos	450 m	740 m	Antiguo-reciente

9.2.1.5. FACTORES CONDICIONANTES DE GEODINAMICA EXTERNA

9.2.1.5.1. FACTOR LITOLÓGICO - ESTRUCTURAL

Substrato rocoso compuesto por areniscas y limolitas rojas que se presentan muy fracturadas y altamente meteorizadas debido a la presencia de fallas y pliegues en la zona, los cuales permiten mayor infiltración y retención de agua de lluvia al terreno, originando inestabilidad en las laderas.

Los suelos inconsolidados (depósitos coluviales), adosados a las laderas que delimitan la quebrada Huaychaamarca, compuestos principalmente por bloques de formas angulosas a

subangulosas, inmersos en una matriz limo arenosa, los cuales son de fácil erosión y remoción ante precipitaciones intensas.

9.2.1.5.2. FACTOR GEOMORFOLÓGICO

La zona evaluada se encuentra circundada por montañas modeladas en rocas volcánico sedimentarias y sedimentarias, cuyas laderas presentan pendientes muy fuertes (25° - 45°); ello permite la generación de deslizamientos y que el material suelto disponible se erosione y se remueva fácilmente pendiente abajo por efecto de la gravedad y acción de las aguas de escorrentía.

El canal de la quebrada presenta unidades de piedemonte aluvio-torrenciales y coluvio-deluviales, cuyas laderas presentan pendientes que varían de moderadas (5° - 15°) a fuertes (15° - 25°), ello permite la generación de flujos de detritos como consecuencia de acumulaciones de materiales en el canal.

9.2.1.5.3. FACTOR HIDROLÓGICO - HIDROGEOLÓGICO

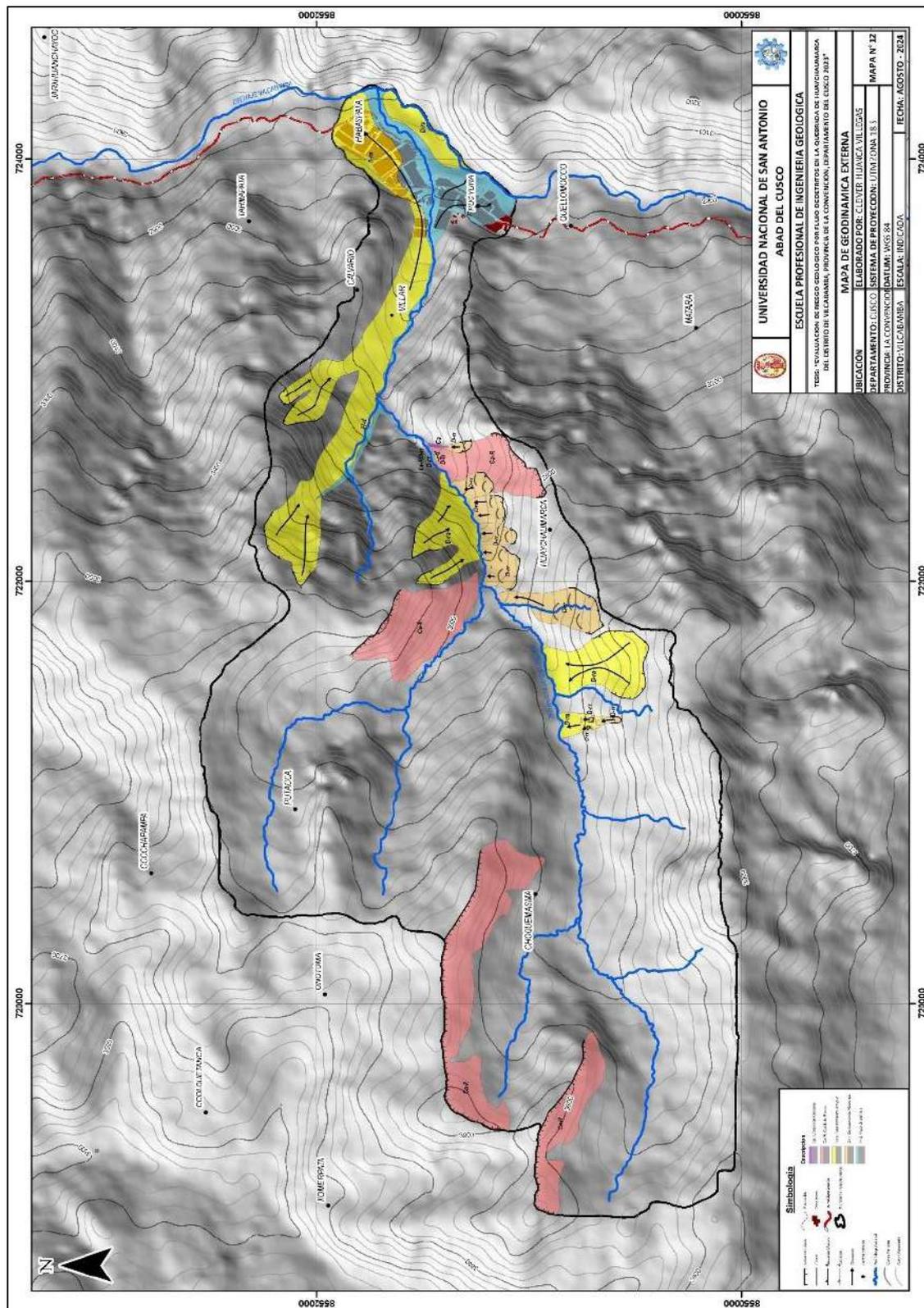
Acción de las aguas de escorrentía sobre las laderas y montañas que circunscriben la quebrada.

9.2.1.6. FACTORES DETONANTES O DESENCADENANTES DE GEODINAMICA EXTERNA

Las lluvias extremas y periódicas que se dan normalmente en los meses de diciembre a marzo, estas saturan y sobrecargan los taludes al punto de desestabilizarlos, además de generar escorrentía y remueven el material de la base de los cauces en quebradas.

DESCRIPCION: Para elaborar el mapa de geodinámica externa de evaluó desde un punto de vista geomorfológico.

Figura 61. Mapa de geodinámica externa de la quebrada Huaychaumarca.



CAPITULO X: DETERMINACION DEL PELIGRO

10.1. GENERALIDADES

Para determinar los niveles de peligro, se utilizó la metodología propuesta por el CENEPRED en el manual EVAR (Versión 2) (2015) siendo necesario estimar la peligrosidad (parámetros de evaluación, la susceptibilidad en función de los factores condicionantes y desencadenantes y los elementos expuestos y susceptibles). El modo de determinar es considerando parámetros y para cada parámetro sus descriptores, ponderándolos mediante el método SAATY.

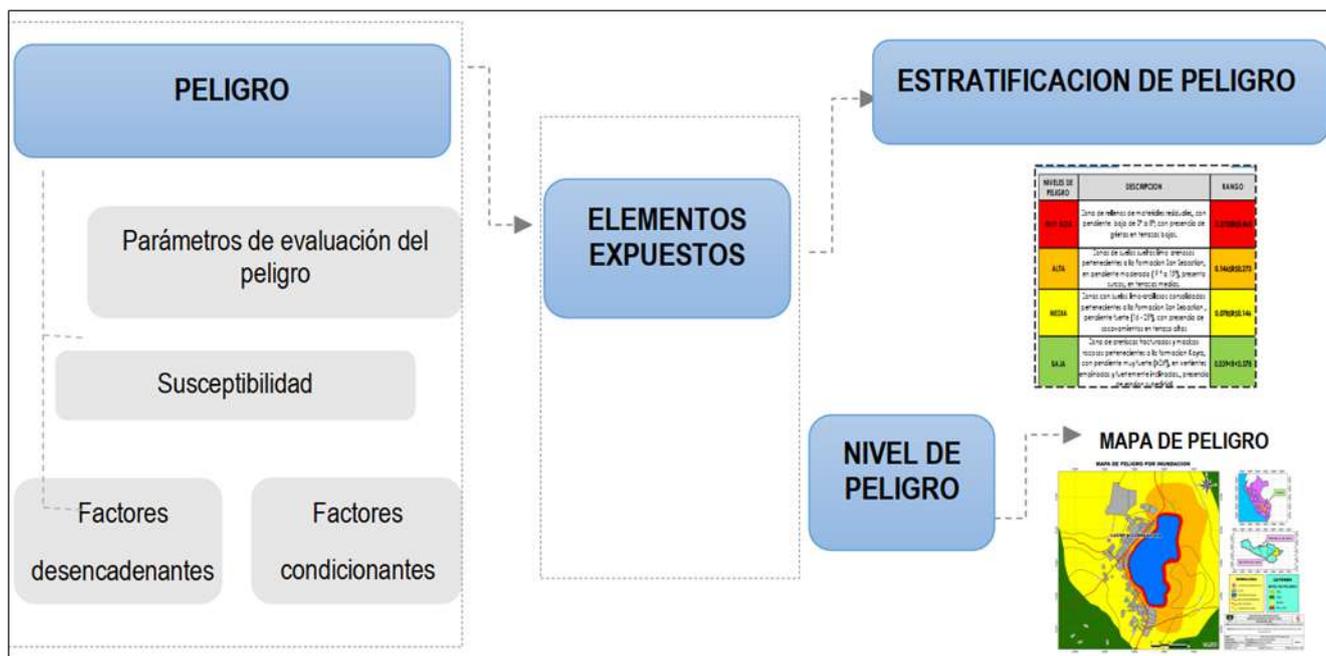
Para identificar y caracterizar el peligro, no sólo se ha considerado informaciones anteriores de las instituciones competentes (INGEMMET, CENEPRED, OGRD-MDV), Sino también, un reconocimiento in situ de la zona de estudio, luego hacer un cartografiado detallado de los depósitos de flujos antiguos y recientes en el área evaluada. Asimismo, se han identificado los depósitos coluvio - deluviales correspondientes a los flujos de detritos y a los depósitos residuales movilizados por la escorrentía. El recurso hídrico en la zona de estudio es proveniente de las lluvias intensas, sino también, un reconocimiento in situ, para luego hacer un cartografiado detallado de los depósitos de flujos antiguos y recientes en el área evaluada.

Asimismo, se han identificado los depósitos coluvio - deluviales correspondientes a los flujos de detritos y a los depósitos residuales movilizados por la escorrentía. Recurso hídrico en la zona de estudio es proveniente de las lluvias, es decir una época de altas precipitaciones de diciembre a marzo y otra de baja de abril a noviembre, este régimen climático mantiene la cobertura vegetal y fauna variada ecosistemas de la sierra, y los principales receptores de estas precipitaciones y que mantienen los ríos y riachuelos de régimen permanentes de características caudalosas y tormentosas, y su propia topografía.

10.2. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL PELIGRO.

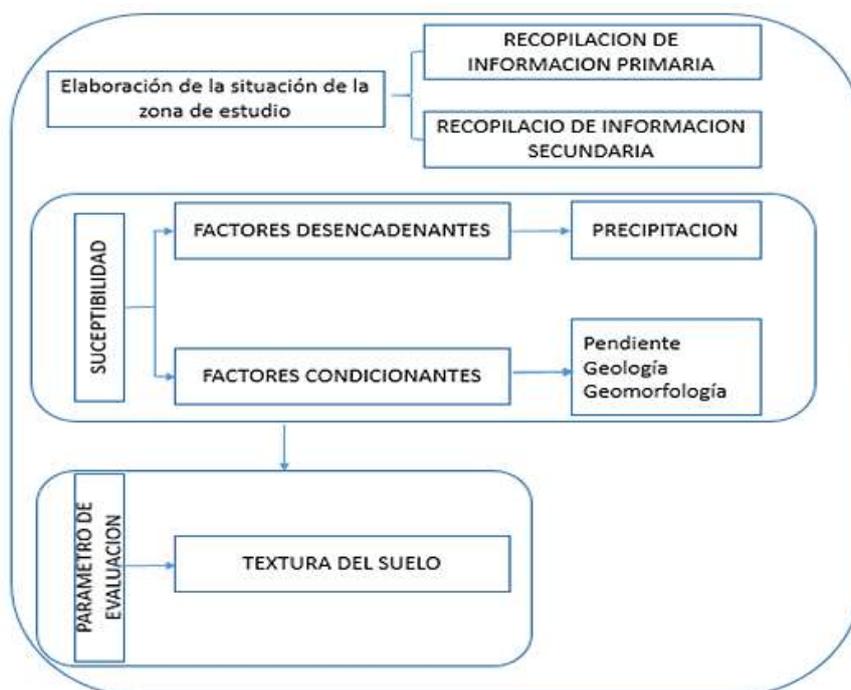
Para determinar el nivel de peligrosidad se utilizó la metodología mencionada en el gráfico:

Figura 62. Metodología para determinar la peligrosidad.



Fuente: Cenepred

Figura 63. Metodología para determinar la peligrosidad.



Fuente: Cenepred

Figura 64. Metodología para determinar la peligrosidad.

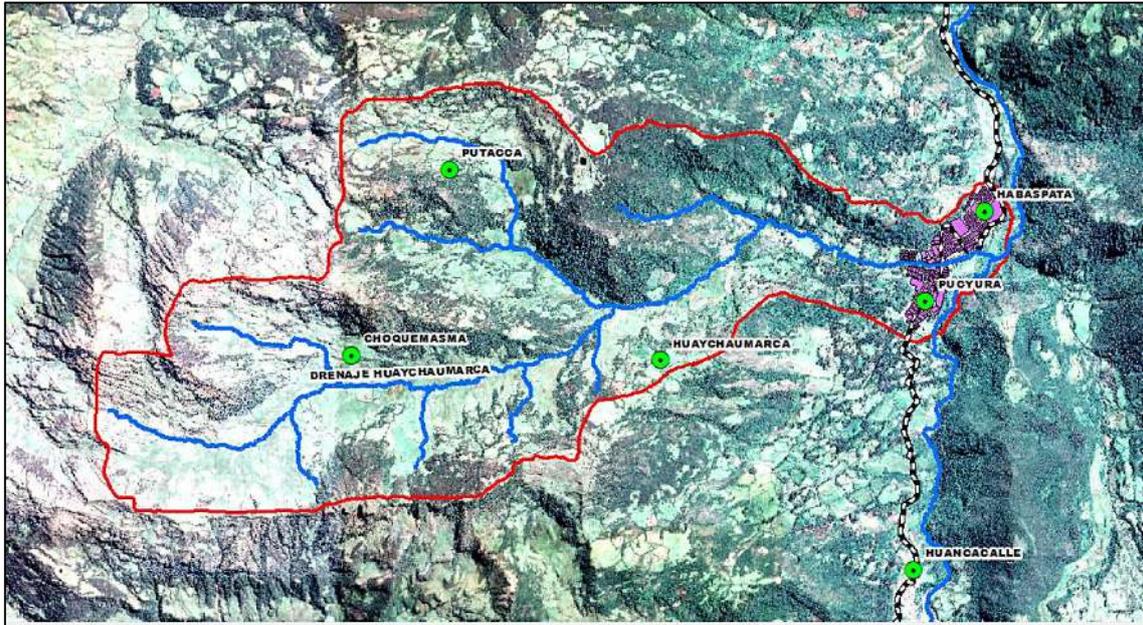


Fuente: Cenepred

10.3. DETERMINACION DEL AMBITO DE ESTUDIO

Para este caso del ámbito de estudio se tomó en cuenta la delimitación según la divisoria de aguas (Divortium Aquarium) de la microcuenca y la delimitación de los elementos expuestos como son los Centros Poblados de Habaspata Y Pucyura, sectores homogéneos de ocupación urbana y, por otra parte, áreas determinantes configuradas como límites, a partir de lo cual se ha identificado en la quebrada de huaychaumarca en ámbito de ocurrencia.

Figura 65. Mapa de Ámbito de ocurrencia de la Microcuenca Huaychaumarca.



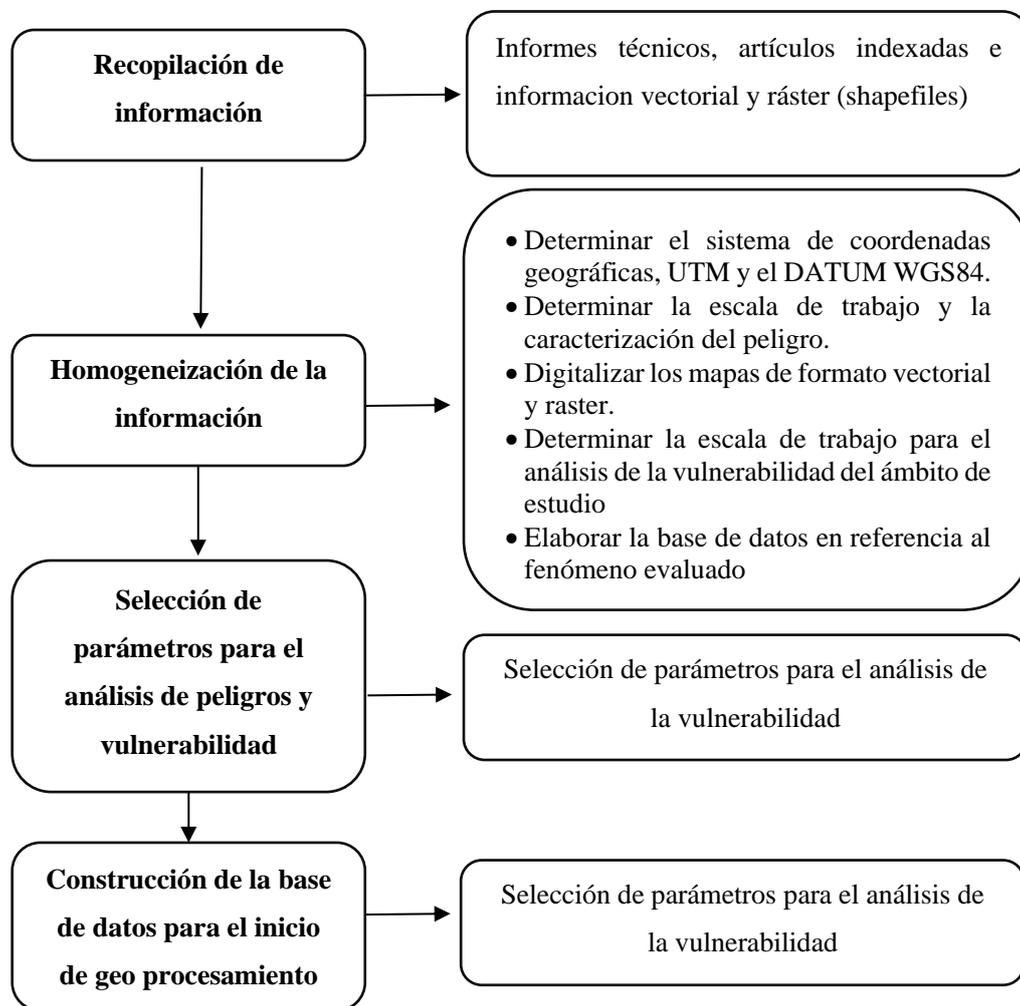
Fuente: *Google Heart*

10.4. RECOPIACION Y ANALISIS DE LA INFORMACION

Se ha realizado la recopilación de estudios anteriores publicados por entidades técnico científicas competentes como INGEMMET, CENEPRED, PREDES con información de estudio de peligros, topografía, geología del distrito de Vilcabamba. Así también, se ha realizado el análisis de la información que nos proporcionó la Municipalidad Distrital de Vilcabamba, así como esquemas de ordenamiento urbano. También se utilizó datos históricos de tres estaciones de precipitaciones pluviales anuales máximas en 24 horas más cercas a mi zona de estudio (SENAMHI), la Estación de Quillabamba, ubicada en el Distrito de Santa Ana, estacion de Machupicchu, ubicado en el distrito de Machupicchu y estacion de Yanatile quebrada, ubicado en el distrito de Yanatile. Además de ha utilizado el mapa geológico a escala 1: 50,000, del cuadrángulo de Quillabamba y Machupicchu (26-q y 27-q), de INGEMMET, Imágenes satelitales disponibles en el Google Earth de diferentes años (hasta el 2019). Informe Técnico N° A7256 Evaluación de Peligros Geológicos por Deslizamiento y Flujo de Detritos en la Quebrada Huaychaumarca, Distrito Vilcabamba, Provincia La Convención, Departamento Cusco, Informe Técnico N° A7177 Evaluación de Peligros Geológicos por

Movimientos en Masa en la quebrada Abancahuaycco-Lucma, Distrito De Vilcabamba, Provincia De La Convención, Departamento Cusco.

Figura 66. *Flujograma general del Proceso de análisis de información.*



Fuente: *Cenepred.*

10.5. IDENTIFICACION Y EVALUACION DEL PELIGRO

El Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres, SINAGERD, dentro de la ley N° 29664, definen peligro como la probabilidad de que ocurra un evento físico en un lugar que pueda ser dañino debido a factores humanos o naturales Específico, con una cantidad de tiempo y frecuencia determinada

El manual de evaluación de fenómenos naturales 02 versión del CENEPRED define los peligros como los que surgen de fenómenos geodinámicos externos, incluidos terremotos,

movimientos de masas, rocas, flujos y deslizamientos de tierra, y los causados por eventos hidrometeorológicos como flujo de detritos.

El peligro más recurrente con más frecuencia y de gran potencial es el flujo de detritos que ha sido identificado principalmente en la quebrada de huaychaumarca durante nuestra investigación. El proceso de análisis jerárquico, que propone el cenepred, es fundamental para identificar los fenómenos más comunes y significativos en el área de estudio para evaluar los riesgos

10.5.1. PRECIPITACIÓN

Un factor de análisis importante, para los fenómenos identificados, son las precipitaciones, en este caso es necesario establecer una relación lluvia - deslizamientos, en esta medida es conveniente mencionar que SENAMHI ya determino los umbrales para cada estación meteorológica a partir de registros históricos y las características básicas de la lluvia, como la cantidad de precipitación diaria, se proponen unos umbrales mínimos a partir de los cuales se pueden desencadenar fenómenos de remoción en masa. Cabe precisar que esta clasificación no pretende brindar umbrales de intensidad de lluvias y sus impactos específicos respecto de alguna actividad económica u otros que deben ser objeto de estudios específicos.

Se ha tomado los Umbrales de precipitación de las estaciones que contienen datos completos y más cercanas a la quebrada de Huaychaumarca, en este caso se utilizó tres estaciones meteorológicas como son: la Estación de Quillabamba, ubicada en el Distrito de Santa Ana, estación de Machupicchu, ubicado en el distrito de Machupicchu y estación de Yanatile quebrada, ubicado en el distrito de Yanatile todos de la provincia de la convención por tener datos según SENAMHI de umbrales de precipitación y ser más cercanos a mi zona de estudio.

Tabla 58. *Umbrales de precipitación de la estación Quillabamba*

Umbrales de Precipitación	Caracterización de lluvias extremas	Umbrales calculados para la Estación: Quillabamba
RR/día>99p	Extremadamente lluvioso	RR>44,8 mm
95p<RR/día≤99p	Muy lluvioso	26,6 mm<RR≤44,8 mm
90p<RR/día≤95p	Lluvioso	19,8 mm<RR≤26,6 mm
75p<RR/día≤90p	Moderadamente lluvioso	10,7 mm<RR≤19,8 mm

Fuente: SENAMHI

Tabla 59. *Umbrales de precipitación de la estación Machupicchu*

Umbrales de Precipitación	Caracterización de lluvias extremas	Umbrales calculados para la Estación: Machupicchu
RR/día>99p	Extremadamente lluvioso	RR>43,8 mm
95p<RR/día≤99p	Muy lluvioso	28,0 mm<RR≤43,8 mm
90p<RR/día≤95p	Lluvioso	21,4 mm<RR≤28,0mm
75p<RR/día≤90p	Moderadamente lluvioso	12,7 mm<RR≤21,4 mm

Fuente: SENAMHI

Tabla 60. *Umbrales de precipitación de la estación Yanatile quebrada.*

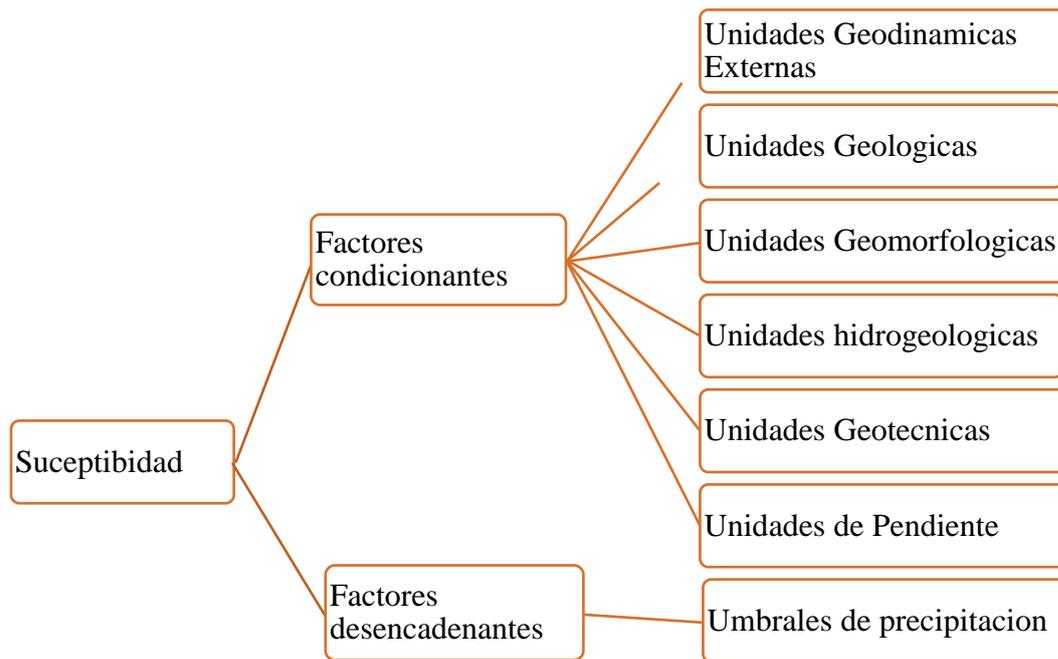
Umbrales de Precipitación	Caracterización de lluvias extremas	Umbrales calculados para la Estación: Quebrada Yanatile
RR/día>99p	Extremadamente lluvioso	RR>48,2 mm
95p<RR/día≤99p	Muy lluvioso	28,1 mm<RR≤48,2 mm
90p<RR/día≤95p	Lluvioso	20,8 mm<RR≤28,1 mm
75p<RR/día≤90p	Moderadamente lluvioso	10,5 mm<RR≤20,8 mm

Fuente: SENAMHI

10.6. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE PELIGRO

Para poder estimar de los niveles de peligro por flujo de detritos, se consideran los siguientes parámetros condicionantes y desencadenantes, así como sus descriptores para establecer la susceptibilidad del territorio.

Gráfico 25. *Determinación de la susceptibilidad*



10.6.1. FLUJO DE DETRITOS

Este fenómeno geodinámico se localiza en la zona baja del área de estudio y corresponde a flujos antiguos que constituyen una terraza aluvio-fluvial. Estos aluviones se distinguen por contener bloques rocosos angulosos de diferentes tamaños, acumulados al pie de pendientes pronunciadas en forma de conos. Los fragmentos más grandes y angulosos tienden a concentrarse en la base, mientras que los de menor tamaño se distribuyen progresivamente hacia el vértice.

10.6.1.1. EVALUACIÓN DE PELIGRO POR FLUJO DE DETRITOS

Este Proceso de Análisis Jerárquico fue desarrollado por Thomas L. Saaty para resolver el tratado de reducción de armamento estratégico entre los Estados Unidos y la antigua URSS, actualmente utilizado por tener características de un sistema flexible de metodología de análisis de decisión multicriterio discreta (número finito de alternativas u opciones de elección). Permite a los actores tomar decisiones y estructurar el problema de la forma visual, en esta parte se utiliza bastante el criterio personal, Luego de construir la estructura del problema se realiza la evaluación de los parámetros o elementos.

Dentro de la evaluación se realiza por una comparación del otro elemento basado en factores cuantitativos o cualitativos en escala del 2 al 9, según la propuesta de Saaty. De esta forma cuando dos elementos sean igualmente preferidos o importantes se asigna lo siguiente que observan en figura 62.

Figura 67. Escala de juicios de valor propuesta por SAATY (1980).

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con 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 otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más 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: Saaty 1980

10.6.1.2. SUSCEPTIBILIDAD DEL ÁMBITO DE ESTUDIO ANTE PELIGRO DE FLUJO DETRITOS

Tabla 61. Clasificación de la susceptibilidad ante flujo de detritos

PARAMETRO DE EVALUACION	FACTORES CONDICIONANTES	FACTORES DESENCADENANTES
Velocidad de Flujo Altura de Flujo	Unidades Geodinámicas Externas	
	Unidades Geológicas Unidades Geomorfológicas Unidades de Hidrogeológicas Unidades Geotécnicas Unidades de Pendiente	Unidades Hidrológicas Umbral de precipitación en 24 horas

10.6.1.3. PARAMETROS DE EVALUACION DEL PELIGRO POR FLUJO DE DETRITOS

Los parámetros que son más rescatables consideramos para la evaluación los niveles de peligro en la zona de estudio son valores de suma importancia, a continuación, se desarrolla la matriz de comparación de pares, matriz de normalización, índice de consistencia y los pesos ponderados de cada descriptor.

Tabla 62. *Parámetros generales.*

PARAMETRO	DESCRIPTOR	N° DE DESCRIPTORES	PESO
Velocidad de Flujo (m/s)	P1	2	0.5
Altura de Flujo (m)	P2		0.5

A) PONDERACION DE LOS DESCRIPTORES DEL PARAMETRO GENERAL VELOCIDAD DEL FLUJO PARA UN PERIODO DE 50 AÑOS

Tabla 63. *Descriptores de velocidad de flujo*

PARAMETRO	DESCRIPTOR	N° DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
Velocidad de Flujo	D1	5	Mayor a 1.50 m/s
	D2		1.20 m/s a 1.50 m/s
	D3		0.80 m/s a 1.20 m/s
	D4		0.40 m/s a 0.80 m/s
	D5		Menor a 0.40 m/s

Tabla 64. *Matriz de comparación de pares de descriptores de velocidad de flujo*

DESCRIPTOR	Mayor a 1.50m/s	1.20m/s a 1.50m/s	0.80m/s a 1.20m/s	0.40m/s a 0.80m/s	Menor a 0.40m/s
Mayor a 1.0m/s	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
0.6m/s a 1.0m/s	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
0.4m/s a 0.6m/s	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
0.20m/s a 0.40m/s	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Menor a 0.20m/S	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 65. Matriz de normalización de descriptores de velocidad de flujo.

DESCRIPTOR	Mayor a 1.50m/s	1.20m/s a 1.50m/s	0.80m/s a 1.20m/s	0.40m/s a 0.80m/s	Menor a 0.40m/s	Vector de Priorización
Mayor a 1.0m/s	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
0.6m/s a 1.0m/s	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
0.4m/s a 0.6m/s	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
0.20m/s a 0.40m/s	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Menor a 0.20m/S	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 66. Índice de consistencia y relación de consistencia de descriptores de velocidad de flujo.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0607
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.04	RC	0.0544
El valor de RC, debe ser menor a 0.1, RC < 0.1		

B) PONDERACION DE LOS DESCRIPTORES DEL PARAMETRO GENERAL ALTURA DEL FLUJO PARA UN PERIODO DE 50 AÑOS

Tabla 67. Descriptores de altura de flujo.

PARAMETRO	DESCRIPTOR	N° DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
ALTURA DE FLUJO	D1	5	Mayor a 2.00 m
	D2		1.50 m a 2.00m
	D3		1.00 m a 1.50 m
	D4		0.50 m a 1.00 m
	D5		Menor a 0.50 m

Tabla 68. Matriz de comparación de pares del parámetro de altura de flujo.

DESCRIPTOR	Mayor a 2.00 m	1.50 m a 2.00m	1.00 m a 1.50m	0.50m a 1.00m	Menor a 0.50m
Mayor a 1.00 m	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
0.60m a 1.00m	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
0.4m a 0.6m	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
0.20m a 0.40m	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Menor a 0.20m	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 69. Matriz de normalización de descriptores del parámetro de altura de flujo.

DESCRIPTOR	Mayor a 2.00 m	1.50 m a 2.00m	1.00 m a 1.50m	0.50m a 1.00m	Menor a 0.50m	Vector de Priorización
Mayor a 1.00 m	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
0.60m a 1.00m	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
0.4m a 0.6m	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
0.20m a 0.40m	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Menor a 0.20m	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 70. Índice de consistencia y relación de consistencia de descriptores de altura de flujo.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.0607
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.04	RC	0.0544
El valor de RC, debe ser menor a 0.1, RC < 0.1		

10.6.1.4. FACTORES CONDICIONANTES

Para calcular los pesos ponderados de los parámetros de los factores condicionantes, se utiliza el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP). Este método se basa en la comparación entre los distintos criterios o factores, permitiendo asignar un valor relativo a cada uno de ellos según su importancia dentro del estudio.

Tabla 71. Parámetros de susceptibilidad.

ITEM	PARAMETROS	DESCRIPTORES
I	UNIDADES GEODINAMICAS EXTERNAS	P1
II	UNIDADES GEOLOGICAS	P2
III	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	P3
IV	UNIDADES DE HIDROGEOLOGICAS	P4
V	UNIDADES GEOTECNICAS	P5
VI	UNIDADES DE PENDIENTE	P6

Tabla 72. Matriz de comparación de pares de Parámetros de susceptibilidad.

PARÁMETRO	UNIDADES GEODINAMICAS EXTERNAS	UNIDADES GEOLOGICAS	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	UNIDADES DE PENDIENTES	UNIDADES GEOTECNICAS	UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

UNIDADES GEODINAMICAS EXTERNAS	1.00	2.00	4.00	6.00	7.00	9.00
UNIDADES GEOLOGICAS	0.50	1.00	3.00	4.00	6.00	7.00
UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	0.25	0.33	1.00	2.00	4.00	6.00
UNIDADES DE PENDIENTES	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
UNIDADES GEOTECNICAS	0.14	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00
UNIDADES HIDROGEOLOGICAS	0.11	0.14	0.17	0.25	0.50	1.00
SUMA	2.17	3.89	8.92	13.75	20.50	29.00
1/SUMA	0.46	0.26	0.11	0.07	0.05	0.03

Tabla 73. Matriz de normalización de pares de Parámetros de susceptibilidad.

PARÁMETRO	UNIDADES GEODINAMICAS EXTERNAS	UNIDADES GEOLOGICAS	UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	UNIDADES DE PENDIENTES	UNIDADES GEOTECNICAS	UNIDADES HIDROGEOLOGICAS	Vector Priorización
UNIDADES GEODINAMICAS EXTERNAS	0.461	0.514	0.449	0.436	0.341	0.310	0.419
UNIDADES GEOLOGICAS	0.230	0.257	0.336	0.291	0.293	0.241	0.275
UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	0.115	0.086	0.112	0.145	0.195	0.207	0.143
UNIDADES DE PENDIENTES	0.077	0.064	0.056	0.073	0.098	0.138	0.084
UNIDADES GEOTECNICAS	0.066	0.043	0.028	0.036	0.049	0.069	0.048
UNIDADES HIDROGEOLOGICAS	0.051	0.037	0.019	0.018	0.024	0.034	0.031
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 74. Índice De Consistencia y Relación De Consistencia de Parámetros de susceptibilidad.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.047
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.04	RC	0.038

10.6.1.4.1. PONDERACION DE DESCRIPTORES DE PARAMETROS

I. PARAMETRO: UNIDADES GEODINAMICAS EXTERNAS

Tabla 75. *Descriptorios de Susceptibilidad de Unidades Geodinámicas externas*

PARAMETRO	DESCRIPTOR	Nº DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
UNIDADES GEODINAMICAS EXTERNAS	D1	5	Flujo de detritos
	D2		Deslizamiento reciente
	D3		Erosión de cárcavas
	D4		Deslizamiento antiguo
	D5		Caída de rocas

Tabla 76. *Matriz de comparación de pares del parámetro de Unidades Geodinámicas externas.*

DESCRIPTORES	Flujo de detritos	Deslizamiento reciente	Erosión de cárcavas	Deslizamiento antiguo	Caída de rocas
Flujo de detritos	1.00	3.00	6.00	7.00	9.00
Deslizamiento reciente	0.33	1.00	2.00	4.00	6.00
Erosión de cárcavas	0.17	0.50	1.00	2.00	5.00
Deslizamiento antiguo	0.14	0.25	0.50	1.00	2.00
Caída de rocas	0.11	0.17	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.75	4.92	9.70	14.50	23.00
1/SUMA	0.57	0.20	0.10	0.07	0.04

Tabla 77. *Matriz de normalización de pares del parámetro Susceptibilidad de Unidades Geodinámicas externas.*

DESCRIPTORES	Flujo de detritos	Deslizamiento reciente	Erosión de cárcavas	Deslizamiento antiguo	Caída de rocas	Vector Priorización
Flujo de detritos	0.570	0.610	0.619	0.483	0.391	0.535
Deslizamiento reciente	0.190	0.203	0.206	0.276	0.261	0.227
Erosión de carvacas	0.095	0.102	0.103	0.138	0.217	0.131
Deslizamiento antiguo	0.081	0.051	0.052	0.069	0.087	0.068
Caída de rocas	0.063	0.034	0.021	0.034	0.043	0.039
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 78. Índice de consistencia y relación de consistencia de descriptores de Unidades Geodinámicas

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.032
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.04	RC	0.029
El valor de RC, debe ser menor a 0.1, RC < 0.1		

II. PARAMETRO: UNIDADES GEOLOGICAS

Tabla 79. Descriptores de Unidades Geológicas

PARAMETRO	DESCRIPTOR	Nº DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
UNIDADES GEOLOGICAS	D1	5	Depósitos aluviales fluvial, fluvial
	D2		Depósitos Aluvial
	D3		Depósitos coluviales
	D4		Formación Muñani
	D5		Grupo Mitu y grupo Copacabana

Tabla 80. Matriz de comparación de pares de Unidades Geológicas.

DESCRIPTOR	Depósitos aluviales fluvial, fluvial	Depósitos Aluvial	Depósitos coluviales	Formación Muñani	Grupo Mitu y grupo Copacabana
Depósitos aluvial -fluvial	1.00	2.00	3.00	4.00	6.00
Depósitos Aluvial	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Depósitos coluviales	0.33	0.33	1.00	3.00	5.00
Formación Muñani	0.25	0.20	0.33	1.00	3.00
Grupo Mitu y grupo Copacabana	0.17	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.25	3.68	7.53	13.33	22.00
1/SUMA	0.44	0.27	0.13	0.08	0.05

Tabla 81. Matriz de normalización de pares de Unidades Geológicas.

DESCRIPTOR	Depósitos aluviales fluvial, fluvial	Depósitos Aluviales	Depósitos coluviales	Formación Muñani	Grupo Mitu y grupo Copacabana	Vector Priorización
Depósitos aluviales fluvial	0.444	0.544	0.398	0.300	0.273	0.392
Depósitos Aluvial	0.222	0.272	0.398	0.375	0.318	0.317
Depósitos coluviales	0.148	0.091	0.133	0.225	0.227	0.165
Formación Muñani	0.111	0.054	0.044	0.075	0.136	0.084
Grupo Mitu y grupo Copacabana	0.074	0.039	0.027	0.025	0.045	0.042
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 82. Índice De Consistencia y Relación De Consistencia de Unidades Geológicas.

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.060
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054

III. PARAMETRO: UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

Tabla 83. Descriptores de Unidades Geomorfológicas

PARAMETRO	DESCRIPTOR	Nº DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	D1	5	Cauce de quebrada
	D2		Terraza aluvial
	D3		Laderas onduladas
	D4		laderas abruptas
	D5		Colinas

Tabla 84. Matriz de comparación de pares de Unidades Geomorfológicas.

DESCRIPTOR S	Cauce de quebrada	Terraza aluvial, Terraza fluvio aluvial	Laderas onduladas	Laderas abruptas	colinas
Cauce de quebrada	1.00	4.00	6.00	8.00	9.00
Terraza aluvial, Terraza fluvio aluvial	0.25	1.00	3.00	5.00	7.00
Laderas onduladas	0.17	0.33	1.00	3.00	5.00
Laderas abruptas	0.13	0.20	0.33	1.00	3.00
colinas	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.65	5.68	10.53	17.33	25.00
1/SUMA	0.61	0.18	0.09	0.06	0.04

Tabla 85. Matriz de normalización de pares de Unidades Geomorfológicas.

DESCRIPTORES	Cauce de quebrada	Terraza aluvial	Laderas onduladas	Laderas abruptas	colinas	Vector Priorización
Cauce de quebrada	0.605	0.705	0.570	0.462	0.360	0.540
Terraza aluvial, Terraza fluvio aluvial	0.151	0.176	0.285	0.288	0.280	0.236
Laderas onduladas	0.101	0.059	0.095	0.173	0.200	0.126
Laderas abruptas	0.076	0.035	0.032	0.058	0.120	0.064
colinas	0.067	0.025	0.019	0.019	0.040	0.034
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 86. Índice De Consistencia y Relación De Consistencia de Unidades Geomorfológicas.

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.079
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.071

IV. PARAMETRO: UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

Tabla 87. Descriptores de Unidades Hidrogeológicas

PARAMETRO	DESCRIPТО R	N° DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
UNIDADES HIDROGEOLOGICAS	D1	5	Acuíferos poroso no consolidado
	D2		Acuitardo sedimentario no consolidado
	D3		Acuífero fisurado volcánico sedimentario
	D4		Acuífero sedimentario
	D5		Acuífero fisurado kárstico

Tabla 88. Matriz de comparación de pares de Unidades Hidrogeológicas.

DESCRIPTORES	Acuíferos poroso no consolidado	Acuitardos sedimentario no consolidado	Acuífero fisurado volcánico sedimentario	Acuífero sedimentario	Acuífero fisurado kárstico
Acuíferos poroso no consolidado	1.00	3.00	6.00	7.00	9.00
Acuitardos sedimentario no consolidado	0.33	1.00	2.00	4.00	6.00
Acuíferos fisurados volcánico sedimentario	0.17	0.50	1.00	2.00	5.00

Acuífero sedimentario	0.14	0.25	0.50	1.00	2.00
Acuífero fisurado kárstico	0.11	0.17	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.75	4.92	9.70	14.50	23.00
1/SUMA	0.57	0.20	0.10	0.07	0.04

Fuente: *Propio*

Tabla 89. Matriz de normalización de pares de Unidades Hidrogeológicas

DESCRIPTORES	Acuíferos poroso no consolidado	Acuitardos sedimentario no consolidado	Acuífero fisurado volcánico sedimentario	Acuífero sedimentario	Acuífero fisurado kárstico	Vector Priorización
Acuíferos poroso no consolidado	0.570	0.610	0.619	0.483	0.391	0.535
Acuitardos sedimentario no consolidado	0.190	0.203	0.206	0.276	0.261	0.227
Acuíferos fisurados volcánico sedimentario	0.095	0.102	0.103	0.138	0.217	0.131
Acuífero sedimentario	0.081	0.051	0.052	0.069	0.087	0.068
Acuífero fisurado kárstico	0.063	0.034	0.021	0.034	0.043	0.039
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 90. Índice De Consistencia y Relación de Consistencia de Unidades Hidrogeológicas.

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.032
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.029

V. PARAMETRO: UNIDADES GEOTECNICAS

Tabla 91. Descriptores de Unidades Geotécnicas

PARAMETRO	DESCRIPTOR	N° DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
UNIDADES GEOTECNICAS	D1	5	Grava pobremente gradada con arcilla y arena, limo con grava arcillosa con arena, Gravas y arenas en matriz limoarenosa con formas subredondeadas
	D2		Grava bien gradada con arcilla y arena
	D3		Bloques, gravas con formas subangulosas con matriz limosa
	D4		Roca moderadamente dura
	D5		Roca dura, Roca blanda

Tabla 92. Matriz de comparación de pares de Unidades Geotécnicas

DESCRIPTORES	Grava pobremente gradada con arcilla y arena, limo con grava arcillosa con arena, Gravas y arenas en matriz limoarenosa con formas subredondeadas	Grava bien gradada con arcilla y arena	Bloques, gravas con formas subangulosas con matriz limosa	Roca moderadamente dura	Roca dura, Roca blanda
Grava pobremente gradada con arcilla y arena, limo con grava arcillosa con arena, Gravas y arenas en matriz limoarenosa con formas subredondeadas	1.00	2.00	5.00	7.00	9.00
Grava bien gradada con arcilla y arena	0.50	1.00	2.00	5.00	7.00
Bloques, gravas con formas subangulosas con matriz limosa	0.20	0.50	1.00	2.00	5.00
Roca moderadamente dura	0.14	0.20	0.50	1.00	2.00
Roca dura, Roca blanda	0.11	0.14	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.95	3.84	8.70	15.50	24.00
1/SUMA	0.51	0.26	0.11	0.06	0.04

Tabla 93. Matriz de normalización de pares de Unidades Geotécnicas

DESCRIPTORES	Grava pobremente gradada con arcilla y arena, limo con grava arcillosa con arena, Gravas y arenas en matriz limoarenosa con formas subredondeadas	Grava bien gradada con arcilla y arena	Bloques, gravas con formas subangulosas con matriz limosa	Roca moderadamente dura	Roca dura, Roca blanda	Vector Priorización
Grava pobremente gradada con arcilla y arena, limo con grava	0.512	0.520	0.575	0.452	0.375	0.487

arcillosa con arena, Gravas y arenas en matriz limoarenosa con formas subredondeadas	0.256	0.260	0.230	0.323	0.292	0.272
Grava bien gradada con arcilla y arena	0.102	0.130	0.115	0.129	0.208	0.137
Bloques, gravas con formas subangulosas con matriz limosa	0.073	0.052	0.057	0.065	0.083	0.066
Roca moderadamente dura	0.057	0.037	0.023	0.032	0.042	0.038
Roca dura, Roca blanda	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 94. Índice De Consistencia y Relación de Consistencia de Unidades Geotécnicas

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.021
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.019

VI. PARAMETRO: UNIDADES DE PENDIENTES

Tabla 95. Descriptores de Unidades de Pendiente

PARAMETRO	DESCRIPTOR	N° DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
PENDIENTES	D1	5	Pendiente Llano (0-5°)
	D2		Pendiente Moderado (5-15°)
	D3		Pendiente Pronunciado (15-25°)
	D4		Pendiente Escarpada (25-40°)
	D5		Pendiente muy Escarpada (>40°)

Tabla 96. Matriz de comparación de pares de Unidades de Pendiente.

DESCRIPTORES	Pendiente Llano (0-5°)	Pendiente Moderado (5-15°)	Pendiente Pronunciado (15-25°)	Pendiente Escarpada (25-40°)	Pendiente muy Escarpada (>40°)
Llano a inclinado (0-5°)	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Moderadamente empinado (5-15°)	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Empinado (15-25°)	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Fuertemente empinada (25-40°)	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Escarpado (>40°)	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00

SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 97. Matriz de normalización de pares de Unidades de Pendiente.

DESCRIPTOR ES	Pendien te Llano (0-5°)	Pendiente Moderado (5-15°)	Pendiente Pronuncia do (15-25°)	Pendiente Escarpad a (25-40°)	Pendient e muy Escarpad a (>40°)	Vector Priorizaci ón
Llano a inclinado (0-5°)	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Moderadament e empinado (5- 15°)	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Empinado (15- 25°)	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Fuertemente empinada (25- 40°)	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Escarpado (>40°)	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 98. Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Unidades De Pendiente.

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.061
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054

10.6.1.4. FACTORES DESENCADENANTES.

10.6.1.4.1. PONDERACION DE DESCRIPTORES DEL PARAMETRO DE UMBRALES DE PRECIPITACIONES PLUVIALES EN 24 HORAS.

Tabla 99. Matriz de comparación de pares de Umbrales de Precipitaciones Pluviales.

DESCRIPTORES	Extremadamente lluvioso RR > 31,8 mm	Muy lluvioso 22,4 mm < RR ≤ 31,8 mm	Lluvioso 17,4 mm < RR ≤ 22,4 mm	Moderadamente lluvioso 10,8 mm < RR ≤ 17,4 mm	Escasamente Lluvioso RR ≤ 10,8 mm
Extremadamente lluvioso RR > 31,8 mm	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Muy lluvioso 22,4 mm < RR ≤ 31,8 mm	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Lluvioso 17,4 mm < RR ≤ 22,4 mm	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Moderadamente lluvioso 10,8 mm < RR ≤ 17,4 mm	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00

Escasamente Lluvioso RR ≤ 10,8 mm	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 100. Matriz de normalización de pares de Umbrales de Precipitaciones Pluviales.

DESCRIPTORES	Extremadamente lluvioso RR > 31,8 mm	Muy lluvioso 22,4 mm < RR ≤ 31,8 mm	Lluvioso 17,4 mm < RR ≤ 22,4 mm	Moderadamente lluvioso 10,8 mm < RR ≤ 17,4 mm	Escasamente Lluvioso RR ≤ 10,8 mm	Vector Priorización
Extremadamente lluvioso RR > 31,8 mm	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Muy lluvioso 22,4 mm < RR ≤ 31,8 mm	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Lluvioso 17,4 mm < RR ≤ 22,4 mm	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Moderadamente lluvioso 10,8 mm < RR ≤ 17,4 mm	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Escasamente Lluvioso RR ≤ 10,8 mm	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 101. Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Umbrales de Precipitaciones Pluviales.

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.061
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054

Tabla 102. Ponderación de los Parámetros de Susceptibilidad Ante Flujo de Detritos

																		UMBRALES DE PRECIPITACIÓN				
UNIDADES GEODINAMICAS EXTERNAS			UNIDADES GEOLOGICAS			UNID. GEOMORFOLOGICAS			UNIDADES DE HIDROGEOLOGICAS			UNIDADES GEOTECNICAS			UNIDADES DE PENDIENTES			VALOR	PESO			
Descriptores	D_gmf	P_gmf	Descriptores	D_gmf	P_gmf	Descriptores	D_gmf	P_gmf	Descriptores	D_gmf	P_gmf	Descriptores	D_pen	P_pen	Descriptores	D_pen	P_pen			Descriptores	Pd	PESO
Flujo de detritos	0.535	0.419	Depósitos aluviales fluvial	0.392	0.275	Cauce de quebrada	0.540	0.143	Acuiferos porosos o no consolidados	0.535	0.084	Grava pobremente gradada con arcilla y arena, limo con grava arcillosa con arena, Gravillas y arenas en matriz limoarenosa con formas subredondeadas	0.487	0.048	Llano a inclinado (0-5°)	0.503	0.031	0.493	0.600	Extremadamente lluvioso RR>44.8 mm	0.503	0.400

Deslizamiento reciente	0.27	0.419	Depósitos Aluvial	0.317	0.275	Terraza aluvial, Terraza fluvio aluvial	0.236	0.143	Acuíferos sedimentarios o no consolidados	0.227	0.084	Gravilla bien gradada con arcilla y arena	0.272	0.048	Moderadamente empinado (5-15°)	0.260	0.031	0.256	0.600	Muy lluvioso 26.6 mm < RR ≤ 4.8 mm	0.260	0.400
Erosión de cárcavas	0.131	0.419	Depósitos coluviales	0.165	0.275	Laderas onduladas	0.126	0.143	Acuíferos fisuras volcánicas sedimentarios	0.131	0.084	Bloques, gravas con formas subangulosas con matriz limosa	0.137	0.048	Empinado (15-25°)	0.134	0.031	0.140	0.600	Lluvioso 19.8 mm < RR ≤ 6.6 mm	0.134	0.400
Deslizamiento antiguo	0.068	0.419	Formación muñani	0.084	0.275	Laderas abruptas	0.064	0.143	Acuífero sedimentario	0.068	0.084	Roca moderadamente dura	0.066	0.048	Fuertemente empinado (25-40°)	0.068	0.031	0.072	0.600	Moderadamente lluvioso 10.7 mm < RR ≤ 9.8 mm	0.068	0.400
Caida de rocas	0.039	0.419	Grupo mitu y grupo copacabana	0.042	0.275	colinas	0.034	0.143	Acuífero fisura do karstico	0.039	0.084	Roca dura, Roca blanda	0.038	0.048	Escarpado (>40°)	0.035	0.031	0.039	0.600	Normal RR ≤ 10.7 mm	0.035	0.400

10.6.1.5. DEFINICION Y ESTRATIFICACION DEL NIVEL DE PELIGRO POR FLUJO DE DETRITOS

Tabla 103. Determinación del peligro por flujo de detritos

SUSCEPTIBILIDAD (S)		PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (PE)									
VALOR	PESO	VELOCIDAD DE FLUJO (m/s)		ALTURA DE FLUJO (m)		VALOR	PESO				
(VALOR FC*PESO FC) + (VALOR FD*PESO FD)		Descriptor	D _v	P _v	Descriptor	D _{cal}	P _{cal}				
0.497	0.40	Mayor a 1.0m/s	0.50	0.50	Mayor a 1.00 m	0.5	0.50	0.503	0.60		
0.258	0.40	0.6m/s a 1.0m/s	0.26	0.50	0.60m a 1.00m	0.2	0.50	0.260	0.60		
0.138	0.40	0.4m/s a 0.6m/s	0.13	0.50	0.4m a 0.6m	0.1	0.50	0.134	0.60		
0.070	0.40	0.20m/s a 0.40m/s	0.06	0.50	0.20m a 0.40m	0.0	0.50	0.068	0.60		
0.037	0.40	Menor a 0.20m/S	0.03	0.50	Menor a 0.20m	0.0	0.50	0.035	0.60		

Tabla 104. Valor del peligro.

VALOR DEL PELIGRO
(VALOR S*PESO S+ (VALOR PE*PESO PE)
0.500
0.259
0.136
0.069
0.036

Tabla 105. *Rango de peligros.*

NIVEL	RANGO			
MUY ALTO	0.259	<	P	≤ 0.500
ALTO	0.136	<	P	≤ 0.259
MEDIO	0.069	<	P	≤ 0.136
BAJO	0.036	≤	P	≤ 0.069

10.6.1.6. IDENTIFICACION DE ELEMENTOS EXPUESTOS

Dentro del área de estudio en los centros poblados de Habaspata y Pucyura, se encuentran expuestos diversos elementos como la población, la infraestructura de predios, así como los sistemas de energía eléctrica y telefonía. Estos elementos se encuentran en diferentes niveles de riesgo, tales como muy alto, alto, medio y bajo, lo que implica que, ante un evento de flujo de detritos, la población y las infraestructuras de cada nivel de peligro serían directamente afectadas, experimentando los efectos correspondientes a la intensidad de dicho riesgo

a). Población: Los centros poblados de Habaspata y Pucyura, ubicados en el distrito de Vilcabamba, en el departamento de Cusco, cuentan con una población total de 1,030 habitantes, distribuidos en 553 varones y 477 mujeres. Estos elementos, que incluyen tanto a la población como a las infraestructuras, están expuestos a diversos niveles de peligro, que van desde muy alto hasta bajo.

b). Predios: Existen 258 viviendas (lotes) dentro ámbito de estudio.

c). La infraestructura de alumbrado público de energía eléctrica y telefónica: Está compuesta por redes eléctricas domiciliarias que se extienden a través de postes. Estas redes son fundamentales tanto para el alumbrado público como para las comunicaciones telefónicas.

10.6.1.7. ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD POR FLUJO DE DETRITOS

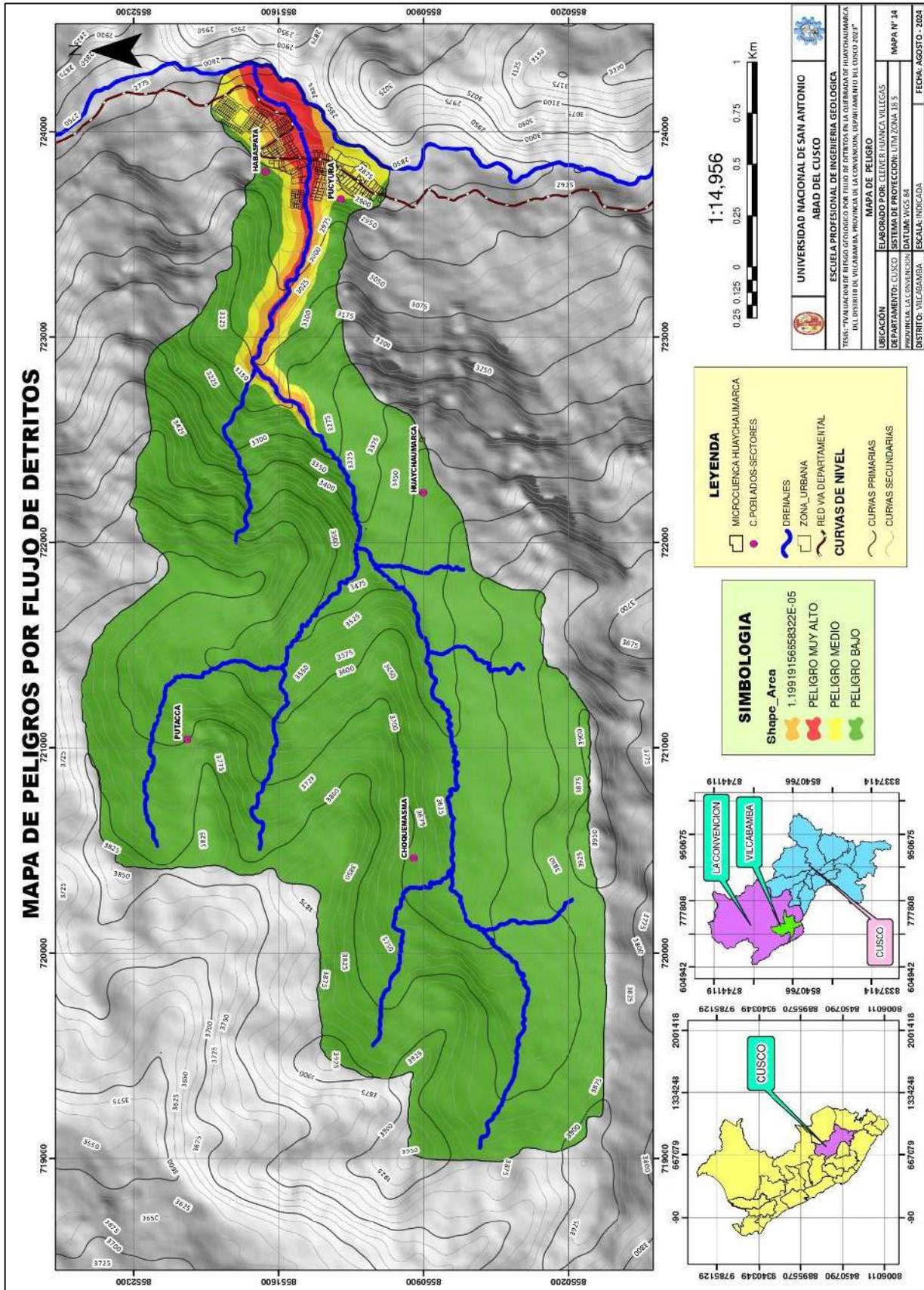
Tabla 106. Descripción del nivel de peligrosidad por flujo de detritos.

NIVELES DE PELIGRO	DESCRIPCION	RANGO
MUY ALTA	Zona con terrenos de pendiente llano a ligeramente inclinado de 0° a 5°, geomorfológicamente se encuentra en terrazas aluviales recientes, cauces de quebradas con acumulación de material orgánico de materiales heterogéneos, áreas de humedales, con precipitaciones muy lluviosos, con una altura de inundación mayor de 1.00 m. En total 16.7 (Ha).	0.262≤R≤0.486
ALTA	Zona con pendiente llano a ligeramente inclinado – moderadamente empinado con rangos de 5° a 15°, geomorfológicamente se encuentra en terrazas de suelos cuaternarios en zonas de depósitos sedimentarios. Áreas con intervención antrópica, con precipitaciones muy lluviosas, con una altura de inundación de 0.60 m a 1.0 m. En total 31.1 (Ha).	0.139≤R<0.262
MEDIO	Zona con pendientes de 15° a 25°, geomorfológicamente pertenecen a laderas onduladas, geológicamente están sobre el grupo Copacabana y grupo Mitu, formación Muñani y áreas agrícolas, con una altura de inundación de 0.40 m a 0.60 m. En total 53.8 (Ha).	0.073≤R<0.139
BAJO	Zona con pendientes mayores a 25°, geomorfológicamente se encuentra en laderas abruptas y pertenecientes al grupo Copacabana y grupo Mitu. Áreas sin vegetación y bosques de eucaliptos, con una altura de inundación de 0.20 m a 0.40 m. En total 632.4 (Ha).	0.040≤R<0.073

Tabla 107. Porcentajes de áreas de los niveles de peligro por flujo de detritos

Nivel	Área (Ha)	Porcentaje
Muy alta	16.7	2.23 %
Alta	31.1	4.26 %
Media	53.8	7.35 %
Baja	632.4	86.16 %
Total	734	100 %

Figura 68. Mapa de Peligro por Flujo de detritos



CAPITULO XI: ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD

Según la Ley N° 29664 del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres, la vulnerabilidad se define como la susceptibilidad de la población, la infraestructura física y las actividades socioeconómicas a sufrir daños debido a la acción de un peligro o amenaza. Este concepto es esencial dentro del enfoque de gestión de riesgos, ya que permite calcular el nivel de riesgo de una determinada área o comunidad. La vulnerabilidad se considera un parámetro clave en el análisis de riesgo, ya que mide qué tan expuestos están los elementos humanos, materiales y económicos ante posibles eventos peligrosos.

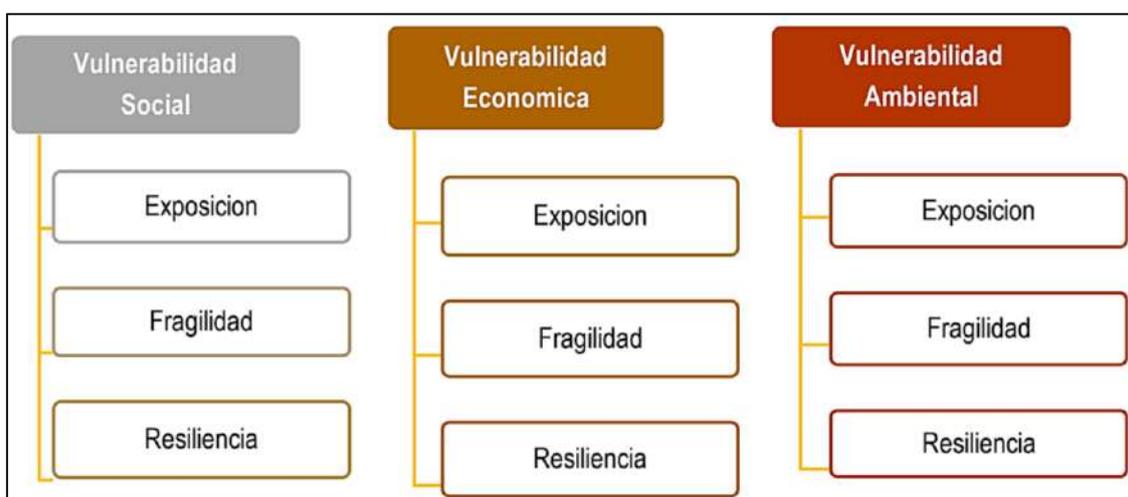
11.1. METODOLOGIA PARA EL ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD

Para la estimación de los niveles de vulnerabilidad del ámbito de estudio de los centros poblados de Pucyura y Habaspata, se empleó la metodología de evaluación de riesgos originado por fenómenos naturales (CENEPRED). Este enfoque considera aspectos sociales, económicos y ambientales en su evaluación. Además, se recurrió a información cartográfica obtenida en mediante encuestas realizadas en unidades de predios.

La identificación de los factores de exposición, fragilidad y resiliencia que intervienen en la determinación de la vulnerabilidad permiten identificar que variable tiene mayor incidencia reflejando en la mayor vulnerabilidad de la población y sus actividades.

El análisis de la vulnerabilidad en el ámbito de estudio, se ha realizado a nivel de vivienda, donde los datos serán estratificados de acuerdo al grado de importancia con respecto a la vulnerabilidad específica; asimismo, la vulnerabilidad total está en función a la sumatoria de cada una de las vulnerabilidades (social, económica y ambiental) con un peso considerando la relevancia en caso de un evento extraordinario. La metodología se basa en el siguiente diagrama:

Figura 69. Esquema del análisis de la Vulnerabilidad.



Fuente: Cenepred

11.2. DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD

Tabla 108. Matriz de comparación de pares de Vulnerabilidad

PARAMETROS DE ANALISIS DE VULNERABILIDAD	DIMENSION SOCIAL	DIMENSION ECONOMICA	DIMENSION AMBIENTAL
DIMENSION SOCIAL	1.00	3.00	5.00
DIMENSION ECONOMICA	0.33	1.00	2.00
DIMENSION AMBIENTAL	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.53	4.50	8.00
1/SUMA	0.65	0.22	0.13

Tabla 109. Matriz de Normalización de pares de Vulnerabilidad.

PARAMETROS DE ANALISIS DE VULNERABILIDAD	DIMENSION SOCIAL	DIMENSION ECONOMICA	DIMENSION AMBIENTAL	Vector Priorización
DIMENSION SOCIAL	0.652	0.667	0.625	0.648
DIMENSION ECONOMICA	0.217	0.222	0.250	0.230
DIMENSION AMBIENTAL	0.130	0.111	0.125	0.122
	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 110. Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Vulnerabilidad.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.002
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.04	RC	0.004

11.3. ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD

11.3.1. VULNERABILIDAD SOCIAL

Consiste en la incapacidad de una comunidad para adaptarse a los efectos de un determinado cambio extremo, repentino o gradual en su medio físico. Abarca dimensiones demográficas, culturales, sociales y políticas.

Se identificó a la población expuesta dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando a la población vulnerable y no vulnerable, para posteriormente incorporar el análisis de la exposición, fragilidad y resiliencia social en la población vulnerable.

11.3.1.1. ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL

Tabla 111. Matriz de comparación de pares de Vulnerabilidad social.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SOCIAL			
COMPARACIÓN DE PARES			
V - SOCIAL	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.00	2.00	4.00
Fragilidad	0.50	1.00	3.00
Resiliencia	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.75	3.33	8.00
1/SUMA	0.57	0.30	0.13

Tabla 112. Matriz de Normalización de pares de Vulnerabilidad social.

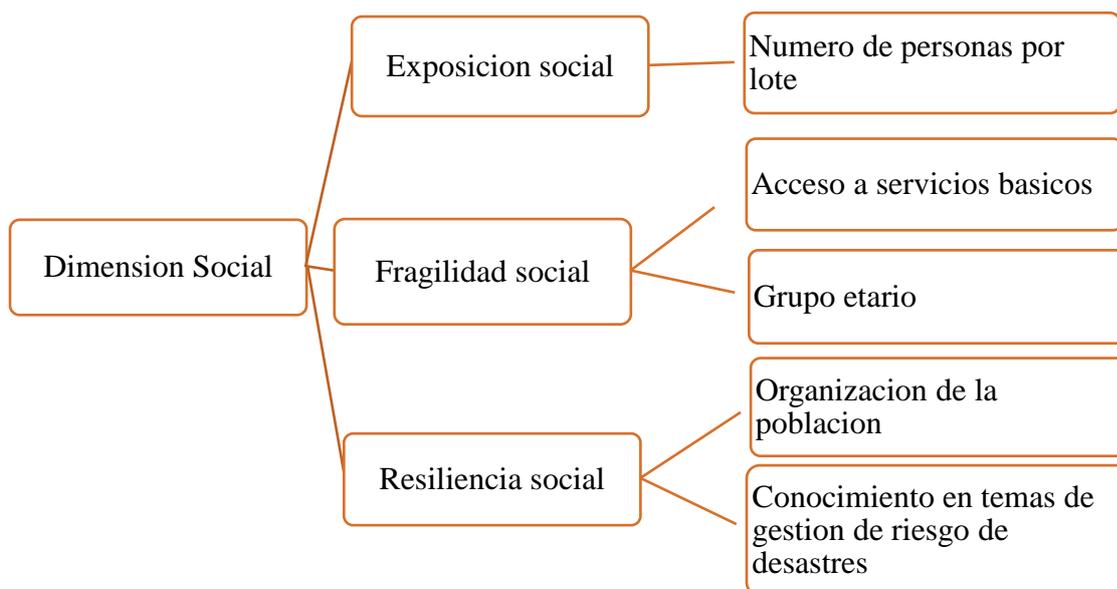
MATRIZ DE NORMALIZACIÓN					
V - SOCIAL	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización	Porcentaje
Exposición	0.571	0.600	0.500	0.557	53.9
Fragilidad	0.286	0.300	0.375	0.320	32.0
Resiliencia	0.143	0.100	0.125	0.123	12.3
	1.000	1.000	1.000	1.000	100

Tabla 113. Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Vulnerabilidad social.

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.009
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.017

Se consideró las siguientes variables dentro de la dimensión social:

Gráfico 26. Esquema del análisis de la dimensión social.



Para el análisis se aplicó la siguiente metodología con el fin de determinar los pesos y ponderaciones de las variables y descriptores.

11.3.1.1.1. ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN SOCIAL

El parámetro considerado para el análisis de exposición social es:

a). Número de personas a nivel de lote:

Este parámetro se relaciona con la densidad de población, que indica la cantidad de personas o habitantes que viven en una zona determinado.

Tabla 114. Descriptores del parámetro número de personas a nivel de lote.

NUMERO DE PERSONAS A NIVEL DE LOTE	DESCRIPCIÓN
Mayor a 8 Hab	Este descriptor es el más crítico pues abarca a mayor número de personas que se encuentran en una vivienda y por ende la vulnerabilidad se incrementa. En estas pueden existir más de 03 familias.
6 a 8 Hab	Este descriptor es también crítico pues abarca un número de personas considerables que se encuentran en una vivienda y por ende la vulnerabilidad se incrementa. En estas pueden existir 03 familias.
4 a 6 Hab	Este descriptor es menos crítico, pero abarca un número de personas que se encuentran en una vivienda y por ende la vulnerabilidad se incrementa
2 a 4 Hab	Este descriptor es más tolerable pues abarca menos número de personas considerables que se encuentran en una vivienda y por ende la vulnerabilidad disminuye. En estas puede existir al menos 02 familias.
Menos de 2 Hab	Este descriptor es el menos vulnerable por la cantidad de personas que se encuentran en una vivienda.

Tabla 115. Matriz de comparación de pares N° personas a nivel de lotes.

DIMENSION SOCIAL - EXPOSICION					
N° PERSONAS A NIVEL DE LOTES					
MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
N° PERSONAS A NIVEL DE LOTES	Mayor a 8 Hab	6 - 8 Hab	4 - 6 Hab	2 - 4 Hab	Menos a 2 Hab
Mayor a 8 Hab	1.00	3.00	4.00	5.00	6.00
6 - 8 Hab	0.33	1.00	3.00	4.00	5.00
4 - 6 Hab	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
2 - 4 Hab	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
Menos a 2 Hab	0.17	0.20	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.95	4.78	8.58	13.33	19.00
1/SUMA	0.51	0.21	0.12	0.08	0.05

Tabla 116. Matriz de Normalización de pares N° personas a nivel de lotes.

MATRIZ DE NORMALIZACION						
N° PERSONAS A NIVEL DE LOTES	Mayor a 8 Hab	6 - 8 Hab	4 - 6 Hab	2 - 4 Hab	Menos a 2 Hab	Vector Priorización
Mayor a 8 Hab	0.513	0.627	0.466	0.375	0.316	0.459
6 - 8 Hab	0.171	0.209	0.350	0.300	0.263	0.259
4 - 6 Hab	0.128	0.070	0.117	0.225	0.211	0.150
2 - 4 Hab	0.103	0.052	0.039	0.075	0.158	0.085

Menos a 2 Hab	0.085	0.042	0.029	0.025	0.053	0.047
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 117. *Índice de Consistencia y Relación de Consistencia N° personas a nivel de lote.*

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.012
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.011

11.3.1.1.2. ANÁLISIS DE LA FRAGILIDAD SOCIAL

Los parámetros considerados en la fragilidad social son:

a). Grupo Etario:

Este parámetro caracteriza al grupo de personas por edades, de acuerdo a cada lote, vale decir identificar las personas más frágiles de acuerdo a un grupo de edad, considerando la base de datos obtenidas en campo (encuestas). para esto se identifica los siguientes descriptores:

Tabla 118. *Descriptores del parámetro grupo etario.*

GRUPO ETAREO	DESCRIPCIÓN
0 a 5 y >65 años	Se refiere a las personas más vulnerables por la condición de su edad, ya que en el momento que se desencadene cualquier evento, ellos serían probablemente los primeros que sufran lesiones si no tienen ayuda instantánea, porque ellos no pueden trasladarse fácilmente y también porque les afectaría más la pérdida de cualquier infraestructura en su medio de vida.
6 a 12 y 61 a 64 años	Se refiere a personas que tienen algún tipo de dependencia con otras personas de la familia por la edad que poseen, estas personas tendrían la posibilidad de escapar con dificultades al desencadenarse un desastre, pero también sufrirían mucho por la pérdida de cualquier infraestructura de su medio de vida.
13 a 15 y 51 a 60 años	Se refiere a personas que por su edad podrían escapar al desencadenarse un Inundación, pero sufrirían mucho la pérdida de cualquier infraestructura de su medio de vida además que por su edad podrían ser de poca ayuda para reponerse del desastre.
13 a 15 y 51 a 60 años	Se refiere a personas que por su edad podrían escapar fácilmente al desencadenarse una inundación, como también sufrirían poco la pérdida de cualquier infraestructura de su medio de vida, además que por su edad podrían ayudar para reponerse del desastre.
31 a 50 años	Se refiere a personas que por su edad podrían escapar fácilmente al desencadenarse una inundación, como también sufrirían poco la pérdida de cualquier infraestructura de su medio de vida, además que por su edad ayudarían y hasta dirigir las tareas de reconstrucción y de ayuda de primeros auxilios para reponerse del desastre.

Tabla 119. *Matriz de comparación de pares grupo etario.*

DIMENSION SOCIAL - FRAGILIDAD SOCIAL					
GRUPO ETARIO					
MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
GRUPO ETARIO	0 a 5 y >65 años	6 a 12 y 61 a 64 años	13 a 15 y 51 a 60 años	16 a 30 años	31 a 50 años
0 a 5 y >65 años	1.00	3.00	5.00	6.00	8.00
6 a 12 y 61 a 64 años	0.33	1.00	3.00	5.00	6.00
13 a 15 y 51 a 60 años	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
16 a 30 años	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00
31 a 50 años	0.13	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.83	4.70	9.53	15.33	23.00
1/SUMA	0.55	0.21	0.10	0.07	0.04

Tabla 120. *Matriz de Normalización de pares de grupo etario.*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
GRUPO ETARIO	0 a 5 y >65 años	6 a 12 y 61 a 64 años	13 a 15 y 51 a 60 años	16 a 30 años	31 a 50 años	Vector Priorización
0 a 5 y >65 años	0.548	0.638	0.524	0.391	0.348	0.490
6 a 12 y 61 a 64 años	0.183	0.213	0.315	0.326	0.261	0.259
13 a 15 y 51 a 60 años	0.110	0.071	0.105	0.196	0.217	0.140
16 a 30 años	0.091	0.043	0.035	0.065	0.130	0.073
31 a 50 años	0.068	0.035	0.021	0.022	0.043	0.038
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 121. *Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de grupo etario.*

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.073
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.066

b). Acceso a servicios básicos:

Para este parámetro se ha considerado el número de lotes que no cuentan con los servicios básicos, como energía eléctrica, agua, desagüe, otros servicios. Para este parámetro se tomó los siguientes descriptores.

Tabla 122. Descriptores del parámetro: Acceso a servicios básicos.

ACCESO A SERVICIOS BÁSICOS	DESCRIPCIÓN
NINGUNO	Se refiere a viviendas que no cuentan con servicios básicos y son los más vulnerables ante cualquier evento de peligro ya que esa condición indica que tiene una vivienda en el lugar muy difícil de instalar o no tienen ningún interés o conocimiento de gestionar sus servicios
SOLO UN SSBB	Se refiere a viviendas que cuentan con un servicio básico (agua, luz o desagüe) y son vulnerables ante cualquier evento de peligro ya que esa condición indica que tiene una vivienda en el lugar muy difícil de instalar o tiene poco interés o conocimiento de gestionar los demás servicios.
DOS SSBB	Se refiere a personas que por su edad podrían escapar al desencadenarse un peligro, pero sufrirían mucho la pérdida de cualquier infraestructura de su medio de vida además que por su edad podrían ser de poca ayuda para reponerse del desastre.
TRES SSBB	Se refiere a viviendas que cuentan con todos los servicios básicos (agua, luz y desagüe) y son menos vulnerables ante cualquier evento de peligros ya que esa condición indica que tiene una vivienda en el lugar con buena accesibilidad para instalar los servicios además de las economías para mantenerlas.
TODOS LOS SSBB/TELEFONO, INTERNET	Se refiere a viviendas que cuentan con todos los servicios básicos (agua, luz y desagüe) además de algún otro como seguridad, teléfono fijo, etc. y son mucho menos vulnerables ante cualquier evento de peligros ya que esa condición indica que tiene una vivienda en el lugar con buena accesibilidad para instalar los servicios además de las economías para mantenerlas.

Tabla 123. Matriz de comparación de pares de Servicios Básicos.

DIMENSION SOCIAL - FRAGILIDAD SOCIAL					
ACCESO A SERVICIOS BASICOS					
MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
ACCESO A SERVICIOS BASICOS	NINGUNO	SOLO UN SSBB	DOS SSBB	TRES SSBB	TODOS LOS SSBB/TELEFONO, INTERNET
NINGUNO	1.00	3.00	4.00	5.00	6.00

SOLO UN SSBB	0.33	1.00	3.00	4.00	5.00
DOS SSBB	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
TRES SSBB	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
TODOS LOS SSBB/TELEFONO, INTERNET	0.17	0.20	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.95	4.78	8.58	13.33	19.00
1/SUMA	0.51	0.21	0.12	0.08	0.05

Tabla 124. *Matriz de Normalización de pares de Servicios Básicos.*

ACCESO A SERVICIOS BASICOS	NINGUNO	SOLO UN SSBB	DOS SSBB	TRES SSBB	TODOS LOS SSBB/TELEFONO, INTERNET	Vector Priorización
NINGUNO	0.513	0.627	0.466	0.375	0.316	0.459
SOLO UN SSBB	0.171	0.209	0.350	0.300	0.263	0.259
DOS SSBB	0.128	0.070	0.117	0.225	0.211	0.150
TRES SSBB	0.103	0.052	0.039	0.075	0.158	0.085
TODOS LOS SSBB/TELEFONO, INTERNET	0.085	0.042	0.029	0.025	0.053	0.047
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 125. *Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Servicios Básicos.*

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.080
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.072

11.3.1.1.3. ANÁLISIS DE LA RESILIENCIA SOCIAL

Los parámetros considerados para el análisis de resiliencia social son:

a). Organización de la Población:

Este parámetro se refiere a la forma de organización social que se tiene en las agrupaciones urbanas, frente a un desastre y diferentes actividades sociales que se realiza en el sector. Se ha identificado los siguientes descriptores. Muy mala, Mala, Media, Bueno, Muy Bueno.

Tabla 126. Descriptores del parámetro: Organización de la Población

ORGANIZACIÓN DE LA POBLACIÓN	DESCRIPCIÓN
MUY MALA / NUNCA	<p>Menos del 25% de los socios participan en las reuniones y faenas, se han realizado menos de 3 reuniones y/o faenas por año y no se promueven las acciones relacionadas a conocer el riesgo.</p> <p>No realiza coordinaciones con otras agrupaciones vecinales.</p> <p>No se reúne con frentes de defensa, tampoco con municipalidad, gobierno regional ni empresas prestadoras de servicios</p> <p>Menos del 50% de los socios participan en las reuniones y faenas, se han realizado menos de 4 reuniones y/o faenas por año y no se promueven las acciones relacionadas a conocer y prevenir el riesgo.</p>
MALA / CASI NUNCA	<p>Se han realizado coordinaciones con otras agrupaciones vecinales en solo una oportunidad en el último año.</p> <p>Se reúnen con frentes de defensa, municipalidad, gobierno regional y/o empresas prestadoras de servicios en solo una oportunidad en el último año.</p> <p>Más del 70% de los socios participan en las reuniones y faenas, se han realizado 9 reuniones y/o faenas por año y se promueven las acciones relacionadas a conocer y prevenir el riesgo.</p>
MEDIA / A VECES	<p>Se han realizado coordinaciones con otras agrupaciones vecinales en menos de 3 oportunidades o motivos en el último año.</p> <p>Se reúnen con frentes de defensa, municipalidad, gobierno regional y/o empresas prestadoras de servicios en menos de 3 oportunidades o motivos en el último año.</p> <p>Más del 85% de los socios participan en las reuniones y faenas, se han realizado 12 reuniones y/o faenas por año y se promueven las acciones relacionadas a conocer y prevenir el riesgo.</p>
BUENA / CASI SIEMPRE	<p>Se han realizado coordinaciones con otras agrupaciones vecinales en menos de 6 de oportunidades o motivos en el último año.</p> <p>Se reúnen con frentes de defensa, municipalidad, gobierno regional y/o empresas prestadoras de servicios en menos de 6 oportunidades o motivos en el último año.</p> <p>1 100% de los socios participan en las reuniones y faenas, se han realizado más de 12 reuniones y/o faenas por año y se promueven las acciones relacionadas a conocer y prevenir el riesgo.</p>
MUY BUENO / SIEMPRE	<p>Se han realizado coordinaciones con otras agrupaciones vecinales en más de 6 oportunidades o motivos en el último año.</p> <p>Capital: Se reúnen con frentes de defensa, municipalidad, gobierno regional y/o empresas prestadoras de servicios en más de 6 oportunidades o motivos en el último año.</p>

Tabla 127. Matriz de comparación de pares de Organización de la Población.

DIMENSION SOCIAL - RESILIENCIA SOCIAL					
ORGANIZACIÓN DE LA POBLACION					
MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
ORGANIZACION SOCIAL	MUY MALA / NUNCA	MALA / CASI NUNCA	MEDIA / A VECES	BUENA / CASI SIEMPRE	MUY BUENO / SIEMPRE
MUY MALA / NUNCA	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
MALA / CASI NUNCA	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
MEDIA / A VECES	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
BUENA / CASI SIEMPRE	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
MUY BUENO / SIEMPRE	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.28	4.08	6.83	10.50	15.00
1/SUMA	0.44	0.24	0.15	0.10	0.07

Tabla 128. Matriz de Normalización de pares de Organización de la Población.

MATRIZ DE NORMALIZACION						
ORGANIZACION SOCIAL	MUY MALA / NUNCA	MALA / CASI NUNCA	MEDIA / A VECES	BUENA / CASI SIEMPRE	MUY BUENO / SIEMPRE	Vector Priorización
MUY MALA / NUNCA	0.438	0.490	0.439	0.381	0.333	0.416
MALA / CASI NUNCA	0.219	0.245	0.293	0.286	0.267	0.262
MEDIA / A VECES	0.146	0.122	0.146	0.190	0.200	0.161
BUENA / CASI SIEMPRE	0.109	0.082	0.073	0.095	0.133	0.099
MUY BUENO / SIEMPRE	0.088	0.061	0.049	0.048	0.067	0.062
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 129. Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Organización de la Población.

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.017
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.015

b). Conocimiento en Temas de Gestión de Riesgos de Desastres:

Este parámetro se refiere al nivel de conocimiento sobre la ocurrencia de peligros y desastres, en los pobladores de la asociación. Se ha identificado los siguientes descriptores:

Tabla 130. *Descriptores del parámetro: Conocimiento en temas de GRD.*

CONOCIMIENTO EN TEMAS DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES	DESCRIPCIÓN
SIN CONOCIMIENTO	No conoce los peligros que pueden afectar su barrio o vivienda, así como el origen de estos, actúa de forma errónea al tratar de mitigar el riesgo de manera anti técnica y seguir ocupando las zonas de riesgo muy alto asumiendo que nunca ocurrirá un desastre en la zona donde habita
CONOCIMIENTO ERRONEO	Tiene un conocimiento erróneo sobre los peligros que pueden afectar su barrio o vivienda, así como el origen de estos, actúa de forma errónea al tratar de mitigar el riesgo de manera anti técnica y seguir ocupando las zonas de riesgo muy alto
CONOCIMIENTO LIMITADO	Tiene un conocimiento aproximado sobre el peligro que puede afectar su barrio o vivienda, no conoce exactamente a que institución acudir en caso de emergencia y desastre, así mismo no sabe cómo prevenir el riesgo ni responder en caso de ocurrir una emergencia.
CONOCIMIENTO SIN INTERES	Conoce de forma lógica los peligros que pueden afectar su barrio y vivienda, conoce la institución a cuál acudir en caso de emergencia y desastres, pero no muestra interés en tomar acciones sobre la prevención y preparación ante riesgos.
CON CONOCIMIENTO	Conoce de forma precisa los peligros que pueden afectar su barrio y vivienda, conoce la institución a cuál acudir en caso de emergencia y desastres, así mismo muestra interés sobre la prevención y preparación ante riesgos ya que conoce el origen de los peligros y desastres, así como de las consecuencias.

Tabla 131. *Matriz de comparación de pares en Conocimiento en temas de GRD.*

DIMENSION SOCIAL - RESILIENCIA SOCIAL					
CONOCIMIENTO EN TEMAS DE GRD					
MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
CONOCIMIENTO EN TEMAS DE GRD	SIN CONOCIMIENTO	CONOCIMIENTO ERRONEO	CONOCIMIENTO LIMITADO	CONOCIMIENTO SIN INTERES	CONOCIMIENTO
SIN CONOCIMIENTO	1.00	3.00	4.00	5.00	6.00
CONOCIMIENTO ERRONEO	0.33	1.00	3.00	4.00	5.00

CONOCIMIENTO LIMITADO	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
CONOCIMIENTO SIN INTERES	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
CONOCIMIENTO	0.17	0.20	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.95	4.78	8.58	13.33	19.00
1/SUMA	0.51	0.21	0.12	0.08	0.05

Tabla 132. Matriz de Normalización de pares en Conocimiento en temas de GRD.

MATRIZ DE NORMALIZACION						
CONOCIMIENTO EN TEMAS DE GRD	SIN CONOCIMIENTO	CONOCIMIENTO ERRONEO	CONOCIMIENTO LIMITADO	CONOCIMIENTO SIN INTERES	CONOCIMIENTO	Vector Priorización
SIN CONOCIMIENTO	0.513	0.627	0.466	0.375	0.316	0.459
CONOCIMIENTO ERRONEO	0.171	0.209	0.350	0.300	0.263	0.259
CONOCIMIENTO LIMITADO	0.128	0.070	0.117	0.225	0.211	0.150
CONOCIMIENTO SIN INTERES	0.103	0.052	0.039	0.075	0.158	0.085
CONOCIMIENTO	0.085	0.042	0.029	0.025	0.053	0.047
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 133. Índice de Consistencia y Relación de Consistencia en Conocimiento en temas de GRD.

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.080
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.072

Tabla 134. Resumen de la determinación de la vulnerabilidad en la dimensión social.

VULNERABILIDAD SOCIAL									
EXPOSICION		FRAGILIDAD				RESILIENCIA			
N° DE PERSONAS A NIVEL DE LOTE	GRUPO ETAREO	ACCESO A SERVICIOS BASICOS		CONOCIMIENTO EN TEMAS DE GRD		ORGANIZACIÓN DE LA POBLACION			
1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		
Mayor a 8 hab	0.459	0 a 5 y >65 años	0.490	NINGUNO	0.459	SIN CONOCIMIENTO	0.459	MUY MALA / NUNCA	0.416
6 - 8 hab	0.259	6 a 12 y 61 a 64 años	0.259	SOLO UN SSBB	0.259	CONOCIMIENTO ERRONEO	0.259	MALA / CASI NUNCA	0.262
4 - 6 hab	0.150	13 a 15 y 51 a 60 años	0.140	DOS SSBB	0.150	CONOCIMIENTO LIMITADO	0.150	MEDIA / A VECES	0.161
2 - 4 hab	0.085	16 a 30 años	0.073	TRES SSBB	0.085	CONOCIMIENTO SIN INTERES	0.085	BUENA / CASI SIEMPRE	0.099

11.3.2. VULNERABILIDAD ECONÓMICA

Es la fragilidad del sistema económico local para ejecutar acciones preventivas que aseguren la calidad de la infraestructura pública y privada, lo que luego de un desastre se traduce en la reducción de los activos físicos, financieros y naturales. Ha sido elaborada en función a los datos INEI 2017 y la información levantada en campo usando una ficha identificando variables a utilizar.

11.3.2.1. ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD ECONOMICA

Tabla 135. *Matriz de comparación de pares de Vulnerabilidad Económica.*

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ECONOMICA			
COMPARACIÓN DE PARES			
V - SOCIAL	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.00	3.00	5.00
Fragilidad	0.33	1.00	3.00
Resiliencia	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.53	4.33	9.00
1/SUMA	0.65	0.23	0.11

Tabla 136. *Matriz de Normalización de pares de Vulnerabilidad Económica.*

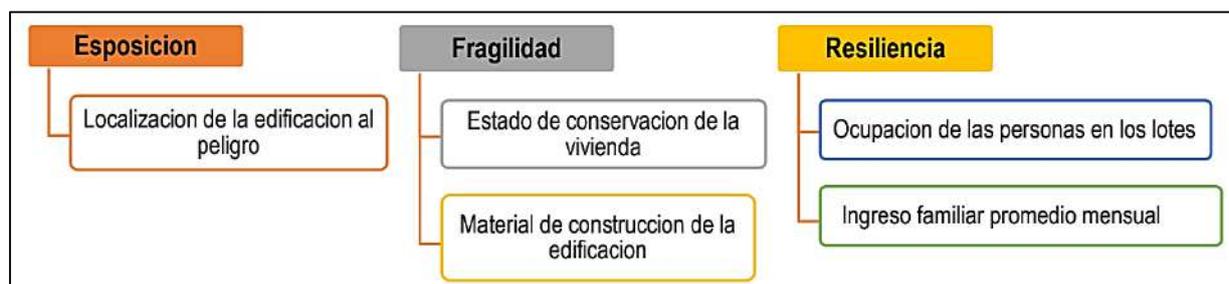
V - SOCIAL	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización
Exposición	0.652	0.692	0.556	0.633
Fragilidad	0.217	0.231	0.333	0.260
Resiliencia	0.130	0.077	0.111	0.106
	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 137. *Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Vulnerabilidad Económica.*

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.019
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.037

Se consideró las siguientes variables en la dimensión económica:

Figura 70. Esquema del análisis de la dimensión económica.



Fuente: Cenepred

Para el análisis se aplicó la siguiente metodología con el fin de determinar los pesos y ponderaciones de las variables y descriptores.

11.3.2.1.1. ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN ECONÓMICA

El parámetro considerado para el análisis de exposición económica es:

a). Localización de la edificación al peligro:

En este parámetro se consideró la cercanía a zonas de peligro muy alto, según los siguientes descriptores.

Tabla 138. Descriptores de la localización de la edificación al peligro.

LOCALIZACIÓN DE LA EDIFICACION	DESCRIPCIÓN
Muy cercana (<5m)	Muy Cercana (Hasta 05m del área de inundación)
Cercana (5m - 10m)	Cercana (Hasta 10m del área de inundación)
Medianamente cerca (10m - 20m)	Medianamente cerca (Hasta 15m del área inundación)
Alejada (20m - 30m)	Alejada (Hasta 20m del área de inundación)
Muy alejada (>30m)	Muy alejada (Mayor a 20m del área de inundación)

Tabla 139. Matriz de comparación de pares de Localización de la edificación.

DIMENSION ECONOMICA - EXPOSICION					
LOCALIZACIÓN DE LA EDIFICACIÓN					
MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
LOCALIZACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	Muy cercana (<5m)	Cercana (5m - 10m)	Medianamente cerca (10m - 20m)	Alejada (20m - 30m)	Muy alejada (>30m)
Muy cercana (<5m)	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Cercana (5m - 10m)	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Medianamente cerca (10m - 20m)	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Alejada (20m - 30m)	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Muy alejada (>30m)	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 140. Matriz de Normalización de pares de Localización de la edificación.

MATRIZ DE NORMALIZACION						
LOCALIZACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	Muy cercana (<5m)	Cercana (5m - 10m)	Medianamente cerca (10m - 20m)	Alejada (20m - 30m)	Muy alejada (>30m)	Vector Priorización
Muy cercana (<5m)	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Cercana (5m - 10m)	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Medianamente cerca (10m - 20m)	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Alejada (20m - 30m)	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Muy alejada (>30m)	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 141. Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Localización de la edificación.

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.061
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.054

11.3.2.1.2. ANÁLISIS DE LA FRAGILIDAD ECONÓMICA

a). Estado de conservación de la edificación:

Refiere al estado de conservación de las viviendas en los lotes.

Tabla 142. Descriptores del parámetro de Estado de conservación de la edificación.

ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
PRECARIO	Viviendas con antigüedad de más de 50 años
MALO	Viviendas con antigüedad de más de 35 años
REGULAR	Viviendas con antigüedad de más de 20 años
BUENO	Viviendas con antigüedad de más de 5 años
CONSERVADO	Viviendas nuevas, construidas en el año

Tabla 143. Matriz de comparación de pares de Estado de conservación de la edificación.

DIMENSION ECONOMICA - FRAGILIDAD ECONOMICA					
ESTADO DE CONSERVACION DE LA EDIFICACIÓN					
MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
ESTADO DE CONSERVACION DE LA EDIFICACIÓN	PRECARIO	MALO	REGULAR	BUENO	CONSERVADO
PRECARIO	1.00	2.00	4.00	5.00	6.00
MALO	0.50	1.00	2.00	4.00	5.00
REGULAR	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
BUENO	0.20	0.25	0.50	1.00	3.00
CONSERVADO	0.17	0.20	0.25	0.33	1.00
SUMA	2.12	3.95	7.75	12.33	19.00
1/SUMA	0.47	0.25	0.13	0.08	0.05

Tabla 144. Matriz de Normalización de pares de Estado de conservación de la edificación.

MATRIZ DE NORMALIZACION						
ESTADO DE CONSERVACION DE LA EDIFICACIÓN	PRECARIO	MALO	REGULAR	BUENO	CONSERVADO	Vector Priorización
PRECARIO	0.472	0.506	0.516	0.405	0.316	0.443
MALO	0.236	0.253	0.258	0.324	0.263	0.267
REGULAR	0.118	0.127	0.129	0.162	0.211	0.149
BUENO	0.094	0.063	0.065	0.081	0.158	0.092
CONSERVADO	0.079	0.051	0.032	0.027	0.053	0.048
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 145. Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Estado de conservación de la edificación.

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.038
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.034

b). Material de Construcción de la Edificación:

Tabla 146. *Descriptores del parámetro de Material de construcción de la edificación.*

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE LA EDIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
MIXTO PRECARIO	Refiere a los materiales con mayor predominancia en la construcción sean plástico, palos, calamina en las viviendas.
ACERO - DRYWALL	Refiere a los materiales con mayor predominancia en la construcción sea acero y/o drywall en las viviendas.
ADOBE	Refiere a los materiales con mayor predominancia en la construcción sea adobe en las viviendas.
LADRILLO BLOQUETA	Refiere a los materiales con mayor predominancia en la construcción sea ladrillo en las viviendas.
CONCRETO	Refiere a los materiales con mayor predominancia en la construcción sea concreto en las viviendas.

Tabla 147. *Matriz de comparación de pares de Material de construcción de la edificación.*

DIMENSION ECONOMICA - FRAGILIDAD ECONOMICA					
MATERIAL DE CONSTRUCCION					
MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
MATERIAL DE CONSTRUCCION	MIXTO PRECARIO	ACERO - DRYWALL	ADOBE	LADRILLO BLOQUETA	CONCRETO
MIXTO PRECARIO	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
ACERO - DRYWALL	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
ADOBE	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
LADRILLO BLOQUETA	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
CONCRETO	0.14	0.20	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.18	4.03	6.83	11.50	18.00
1/SUMA	0.46	0.25	0.15	0.09	0.06

Tabla 148. *Matriz de Normalización de pares de Material de construcción de la edificación.*

MATERIAL DE CONSTRUCCION	MIXTO PRECARIO	ACERO - DRYWALL	ADOBE	LADRILLO BLOQUETA	CONCRETO	Vector Priorización
MIXTO PRECARIO	0.460	0.496	0.439	0.435	0.389	0.444
ACERO - DRYWALL	0.230	0.248	0.293	0.261	0.278	0.262
ADOBE	0.153	0.124	0.146	0.174	0.167	0.153
LADRILLO BLOQUETA	0.092	0.083	0.073	0.087	0.111	0.089
CONCRETO	0.066	0.050	0.049	0.043	0.056	0.053
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 149. Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Material de construcción de la edificación.

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.007
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.006

11.3.2.1.3. ANÁLISIS DE LA RESILIENCIA ECONÓMICA

Los parámetros considerados para el análisis de resiliencia económica son:

a). Ocupación de las personas en los lotes:

Tabla 150. Descriptores del parámetro de Ocupación de las personas en los lotes.

OCUPACIÓN DE LAS PERSONAS EN LOS LOTES	DESCRIPCIÓN
DESEMPLEADO	Personas que no encuentran trabajo
DEDICADO AL HOGAR	Personas dedicadas al hogar
OCUPADO DE 14 AÑOS A MAS	Personas menores de edad que aporta económicamente al hogar
TRABAJADOR INDEPENDIENTE	Trabajar que no depende del estado
TRABAJADOR DEPENDIENTE	Trabajador para del estado

Tabla 151. Matriz de comparación de pares de Ocupación de las personas en los lotes.

DIMENSION ECONOMICA - RESILIENCIA ECONOMICA					
OCUPACION DE LAS PERSONAS EN LOS LOTES					
MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
OCUPACION DE LAS PERSONAS EN LOS LOTES	DESEMPLEADO	DEDICADO AL HOGAR	OCUPADO DE 14 AÑOS A MAS	TRABAJADOR INDEPENDIENTE	TRABAJADOR DEPENDIENTE
DESEMPLEADO	1.00	3.00	4.00	6.00	8.00
DEDICADO AL HOGAR	0.33	1.00	3.00	4.00	6.00
OCUPADO DE 14 AÑOS A MAS	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
TRABAJADOR INDEPENDIENTE	0.17	0.25	0.33	1.00	3.00
TRABAJADOR DEPENDIENTE	0.13	0.17	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.88	4.75	8.58	14.33	22.00
1/SUMA	0.53	0.21	0.12	0.07	0.05

Tabla 152. *Matriz de Normalización de pares Ocupación de las personas en los lotes.*

MATRIZ DE NORMALIZACION						
OCUPACION DE LAS PERSONAS EN LOS LOTES	DESEMPLEADO	DEDICADO AL HOGAR	OCUPADO DE 14 AÑOS A MAS	TRABAJADOR INDEPENDIENTE	TRABAJADOR DEPENDIENTE	Vector Priorización
DESEMPLEADO	0.533	0.632	0.466	0.419	0.364	0.483
DEDICADO AL HOGAR	0.178	0.211	0.350	0.279	0.273	0.258
OCUPADO DE 14 AÑOS A MAS	0.133	0.070	0.117	0.209	0.182	0.142
TRABAJADOR INDEPENDIENTE	0.089	0.053	0.039	0.070	0.136	0.077
TRABAJADOR DEPENDIENTE	0.067	0.035	0.029	0.023	0.045	0.040
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 153. *Índice de Consistencia y Relación de Consistencia Ocupación de las personas en los lotes.*

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.059
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.053

b). Ingreso Familiar Promedio Mensual

Este parámetro refiere al ingreso económico mensual de las familias.

Tabla 154. *Descriptores del Parámetro Ingreso familiar promedio mensual.*

INGRESO FAMILIAR PROMEDIO MENSUAL	DESCRIPCIÓN
Menor a 200	Se refiere a la cantidad de ingresos mensuales, en este caso es menor a 200 soles monto menor a la canasta básica familiar. en este caso sería la población menos resiliente y por consiguiente muy vulnerable.
Entre 200 y 750	Se refiere a la cantidad de ingreso mensual que varía entre 200 y 750 soles monto menor a la canasta básica familiar. en este caso sería la población menos resiliente y por consiguiente muy vulnerable.
Entre 750 y 1500	Se refiere a la cantidad de ingreso mensual que varía entre 750 y 1500 soles monto que se ajusta a la canasta básica familiar. en este caso sería la población resiliente muy vulnerable y variaría según la cantidad de ingresos económicos mensuales.
Entre 1500 y 3000	Se refiere a la cantidad de ingreso mensual que varía entre 1500 y 3000 soles monto que supera la canasta básica familiar. en este caso sería la población resiliente muy vulnerable y variaría según la cantidad de ingresos económicos mensuales.
Mayor a 3000	Se refiere a la cantidad de ingreso mensual mayor 3000 soles monto que supera la canasta básica familiar. En este caso sería la población

resiliente y variaría según la cantidad de ingresos económicos mensuales.

Tabla 155. *Matriz de comparación de pares de Ingreso familiar promedio mensual.*

DIMENSION ECONOMICA - RESILIENCIA ECONOMICA					
INGRESO FAMILIAR PROMEDIO MENSUAL (MES)					
MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
INGRESO FAMILIAR PROMEDIO MENSUAL (MES)	Menor a 200	Entre 200 y 750	Entre 750 y 1500	Entre 1500 y 3000	Mayor a 3000
Menor a 200	1.00	2.00	4.00	5.00	7.00
Entre 200 y 750	0.50	1.00	2.00	4.00	5.00
Entre 750 y 1500	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Entre 1500 y 3000	0.20	0.25	0.50	1.00	2.00
Mayor a 3000	0.14	0.20	0.25	0.50	1.00
SUMA	2.09	3.95	7.75	12.50	19.00
1/SUMA	0.48		0.13	0.08	0.05
		0.25			

Tabla 156. *Matriz de Normalización de pares de Ingreso familiar promedio mensual*

MATRIZ DE NORMALIZACION						
INGRESO FAMILIAR PROMEDIO MENSUAL (MES)	Menor a 200	Entre 200 y 750	Entre 750 y 1500	Entre 1500 y 3000	Mayor a 3000	Vector Priorización
Menor a 200	0.478	0.506	0.516	0.400	0.368	0.454
Entre 200 y 750	0.239	0.253	0.258	0.320	0.263	0.267
Entre 750 y 1500	0.119	0.127	0.129	0.160	0.211	0.149
Entre 1500 y 3000	0.096	0.063	0.065	0.080	0.105	0.082
Mayor a 3000	0.068	0.051	0.032	0.040	0.053	0.049
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 157. *Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Ingreso familiar promedio mensual.*

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.018
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.017

Tabla 158. Resumen de la determinación de la vulnerabilidad en la dimensión económica.

EXPOSICIÓN		FRAGILIDAD			RESILIENCIA				
LOCALIZACIÓN DE LA EDIFICACIÓN		MATERIAL DE CONSTRUCCION	ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA EDIFICACIÓN		OCUPACION DE LAS PERSONAS EN LOS LOTES		INGRESO FAMILIAR PROMEDIO MENSUAL		
1		0.5	0.5		0.5		0.5		
Muy cercana (<5m)	0.503	MIXTO PRECARIO	0.444	PRECARIO	0.443	DESEMPLEADO	0.483	Menor a 200	0.454
Cercana (5m - 10m)	0.260	ACERO - DRYWALL	0.262	MALO	0.267	DEDICADO AL HOGAR	0.258	Entre 200 y 750	0.267
Medianamente cerca (10m - 20m)	0.134	ADOBE	0.153	REGULAR	0.149	OCUPADO DE 14 AÑOS A MAS	0.142	Entre 750 y 1500	0.149
Alejada (20m - 30m)	0.068	LADRILLO BLOQUETA	0.089	BUENO	0.092	TRABAJADOR INDEPENDIENTE	0.077	Entre 1500 y 3000	0.082
Muy alejada (>30m)	0.035	CONCRETO	0.053	CONSERVADO	0.048	TRABAJADOR DEPENDIENTE	0.040	Mayor a 3000	0.049

11.3.3. VULNERABILIDAD AMBIENTAL

Es el grado de resistencia del medio natural y de los seres vivos que conforman un determinado ecosistema.

Para el área de estudio del Centro Poblado de Lucre Acconhuaylla se consideró variables con respecto al sistema local de manejo y recojo de RR. SS que afectan directamente a la población y sus medios de vida, asimismo se efectuó el análisis según la importancia y relevancia de las variables en cada dimensión para determinar las características ambientales del ámbito de estudio.

11.3.3.1. ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD AMBIENTAL

Tabla 159. Matriz de comparación de pares de Vulnerabilidad Ambiental.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD AMBIENTAL			
COMPARACIÓN DE PARES			
V - AMBIENTAL	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.00	3.00	5.00
Fragilidad	0.33	1.00	3.00
Resiliencia	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.53	4.33	9.00
1/SUMA	0.65	0.23	0.11

Tabla 160. *Matriz de Normalización de pares de Dimensión Ambiental.*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN				
V - AMBIENTAL	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización
Exposición	0.652	0.692	0.556	0.633
Fragilidad	0.217	0.231	0.333	0.260
Resiliencia	0.130	0.077	0.111	0.106
	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 161. *Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Dimensión Ambiental.*

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.019
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.037

Figura 71. *Esquema del análisis de la dimensión ambiental.*



Fuente: *Cenepred*

Para el análisis se aplicó la siguiente metodología con el fin de determinar los pesos y ponderaciones de las variables y descriptores.

11.3.3.1.1. ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN AMBIENTAL

a). Cercanía de las edificaciones a los residuos sólidos:

Tabla 162. Descriptores de parámetro de Cercanía de las edificaciones a los residuos sólidos.

CERCANÍA DE LAS EDIFICACIONES A LOS RESIDUOS SÓLIDOS	DESCRIPCIÓN
Menos de 25 m.	Se refiere a las edificaciones que se encuentran muy cerca de los puntos de residuos sólidos.
De 25 a 50 m	Se refiere a las edificaciones que se encuentran cerca de los puntos de residuos sólidos
De 50 a 100 m.	Se refiere a las edificaciones que se encuentran medianamente cerca de los puntos de residuos sólidos.
De 100 a 250 m	Se refiere a las edificaciones que se encuentran alejada de los puntos de residuos sólidos.
Mayor a 250 m	Se refiere a las edificaciones que se encuentran muy alejada de los puntos de residuos sólidos

Tabla 163. Matriz de comparación de pares de Cercanía de las edificaciones a los residuos sólidos.

DIMENSION AMBIENTAL - EXPOSICION AMBIENTAL					
CERCANÍA DE LAS EDIFICACIONES A LOS RESIDUOS SOLIDOS					
MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
CERCANÍA DE LAS EDIFICACIONES A LOS RESIDUOS SOLIDOS	Menos de 25 m.	De 25 a 50 m	De 50 a 100 m.	De 100 a 250 m	Mayor a 250 m
Menos de 25 m.	1.00	3.00	4.00	5.00	6.00
De 25 a 50 m	0.33	1.00	3.00	4.00	5.00
De 50 a 100 m.	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
De 100 a 250 m	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
Mayor a 250 m	0.17	0.20	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.95	4.78	8.58	13.33	19.00
1/SUMA	0.51	0.21	0.12	0.08	0.05

Tabla 164. *Matriz de Normalización de pares de Cercanía de las edificaciones a los residuos sólidos.*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
CERCANÍA DE LAS EDIFICACIONES A LOS RESIDUOS SÓLIDOS	Menos de 25 m.	De 25 a 50 m	De 50 a 100 m.	De 100 a 250 m	Mayor a 250 m	Vector Priorización
Menos de 25 m.	0.513	0.627	0.466	0.375	0.316	0.459
De 25 a 50 m	0.171	0.209	0.350	0.300	0.263	0.259
De 50 a 100 m.	0.128	0.070	0.117	0.225	0.211	0.150
De 100 a 250 m	0.103	0.052	0.039	0.075	0.158	0.085
Mayor a 250 m	0.085	0.042	0.029	0.025	0.053	0.047
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 165. *Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Cercanía de las edificaciones a los residuos sólidos.*

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.037
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.033

11.3.3.1.2. ANÁLISIS DE LA FRAGILIDAD AMBIENTAL

Los parámetros considerados en la fragilidad ambiental son:

a). Tipo de disposición de excretas:

Tabla 166. *Descriptor del parámetro de Tipo de disposición de excretas.*

TIPO DE DISPOSICIÓN DE EXCRETAS	DESCRIPCIÓN
SIN SERVICIO HIGIENICO	Este descriptor es el más crítico puesto que la eliminación de excretas no tiene un tratamiento adecuado, más susceptible a convertirse en focos de contaminación
CON LETRINA SECA	Sanitariamente es lo mínimo recomendable para la disposición de excretas en zonas donde no se puede conectar a una red de desagüe
CON LETRINA Y ARRASTRE HIDRAULICO	Este descriptor es sanitariamente adecuado, pero no ambientalmente puesto que estas aguas residuales son descargadas en quebradas sin un tratamiento afectando la calidad de cuerpos de agua naturales.

**CON INSTALACION
SANITARIA Y TANQUE
SEPTICO
CON INTALACION
SANITARIA CONECTADA A
LA RED**

Es lo adecuado ya que el tanque séptico es una forma de tratamiento y las aguas residuales son descargadas a los cuerpos de agua natural con características adecuadas
Es el óptimo puesto que las aguas residuales son tratadas en una planta de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 167. *Matriz de comparación de pares de Tipo de disposición de excretas.*

DIMENSION AMBIENTAL - FRAGILIDAD AMBIENTAL					
TIPO DE DISPOSICION DE EXCRETAS					
MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
TIPO DE DISPOSICION DE EXCRETAS	SIN SERVICIO HIGIENICO	CON LETRINA SECA	CON LETRINA Y ARRASTRE HIDRAULICO	CON INSTALACION SANITARIA Y TANQUE SEPTICO	CON INTALACION SANITARIA CONECTADA A LA RED
SIN SERVICIO HIGIENICO	1.00	2.00	4.00	5.00	6.00
CON LETRINA SECA	0.50	1.00	2.00	4.00	5.00
CON LETRINA Y ARRASTRE HIDRAULICO	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
CON INSTALACION SANITARIA Y TANQUE SEPTICO	0.20	0.25	0.50	1.00	2.00
CON INTALACION SANITARIA CONECTADA A LA RED	0.17	0.20	0.25	0.50	1.00
SUMA	2.12	3.95	7.75	12.50	18.00
1/SUMA	0.47	0.25	0.13	0.08	0.06

Tabla 168. *Matriz de Normalización de pares de Tipo de disposición de excretas.*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
TIPO DE CONEXIÓN DE RED DE DESEGUE	SIN SERVICIO HIGIENICO	CON LETRINA SECA	CON LETRINA Y ARRASTRE HIDRAULICO	CON INSTALACION SANITARIA Y TANQUE SEPTICO	CON INTALACION SANITARIA CONECTADA A LA RED	Vector Priorización
SIN SERVICIO HIGIENICO	0.472	0.506	0.516	0.400	0.333	0.446
CON LETRINA SECA	0.236	0.253	0.258	0.320	0.278	0.269
CON LETRINA Y ARRASTRE HIDRAULICO	0.118	0.127	0.129	0.160	0.222	0.151
CON INSTALACION SANITARIA Y TANQUE SEPTICO	0.094	0.063	0.065	0.080	0.111	0.083

CON INTALACION SANITARIA CONECTADA A LA RED	0.079	0.051	0.032	0.040	0.056	0.051
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 169. *Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Tipo de disposición de excretas.*

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.035
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.031

b). Disposición de residuos sólidos:

Este parámetro está referido a la fragilidad ambiental en cuanto a la disposición y recolección inadecuada de los residuos sólidos, puesto que en un eventual fenómeno natural este se convertiría en un foco de contaminación y proliferación de vectores y por lo tanto afectaría directamente a la salud de la población.

Tabla 170. *Descriptores del parámetro de disposición de residuos sólidos.*

DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	DESCRIPCIÓN
DESECHAR EN QUEBRADAS Y CAUSES	Más crítico puesto que generaría focos de contaminación y proliferación de vectores.
DESECHAR EN VIAS Y CALLES	Crítico genera focos de contaminación y proliferación de vectores, pero al estar en las vías y calles pueden ser recogidas por el servicio de limpieza.
DESECHAR EN BOTADEROS (puntos críticos)	Genera focos de contaminación, pero al ser puntos focalizados son de rápida recolección por el servicio de limpieza.
CARRO RECOLECTOR	Es el tipo de disposición adecuada que no genera ningún daño a la salud de la población ni al medio ambiente.
CARRO RECOLECTOR EN FORMA SEGREGADA	Es el óptimo ya que hay conocimiento de las características de los residuos sólidos, genera ningún daño a la salud de la población ni al medio ambiente.

Tabla 171. Matriz de comparación de pares de disposición de residuos sólidos.

DIMENSION AMBIENTAL - FRAGILIDAD AMBIENTAL					
DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS					
MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS	DESECHAR EN QUEBRADAS Y CAUSES	DESECHAR EN VIAS Y CALLES	DESECHAR EN BOTADEROS (puntos críticos)	CARRO RECOLECTOR	CARRO RECOLECTOR EN FORMA SEGREGADA
DESECHAR EN QUEBRADAS Y CAUSES	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
DESECHAR EN VIAS Y CALLES	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
DESECHAR EN BOTADEROS (puntos críticos)	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
CARRO RECOLECTOR	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00
CARRO RECOLECTOR EN FORMA SEGREGADA	0.13	0.17	0.25	0.50	1.00
SUMA	2.04	3.92	7.75	13.50	21.00
1/SUMA	0.49	0.26	0.13	0.07	0.05

Tabla 172. Matriz de Normalización de pares de disposición de residuos sólidos.

MATRIZ DE NORMALIZACION						
IMPACTO EN CAUCE NATURAL	DESECHAR EN QUEBRADAS Y CAUSES	DESECHAR EN VIAS Y CALLES	DESECHAR EN BOTADEROS (puntos críticos)	CARRO RECOLECTOR	CARRO RECOLECTOR EN FORMA SEGREGADA	Vector Priorización
DESECHAR EN QUEBRADAS Y CAUSES	0.490	0.511	0.516	0.444	0.381	0.468
DESECHAR EN VIAS Y CALLES	0.245	0.255	0.258	0.296	0.286	0.268
DESECHAR EN BOTADEROS (puntos críticos)	0.122	0.128	0.129	0.148	0.190	0.144
CARRO RECOLECTOR	0.082	0.064	0.065	0.074	0.095	0.076
CARRO RECOLECTOR EN FORMA SEGREGADA	0.061	0.043	0.032	0.037	0.048	0.044
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 173. Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de disposición de residuos sólidos.

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.012
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.010

11.3.3.1.3. ANÁLISIS DE LA RESILIENCIA AMBIENTAL

Los parámetros considerados para el análisis de resiliencia ambiental son:

a). Manejo de residuos sólidos.

Tabla 174. Descriptores del parámetro de manejo de residuos sólidos.

MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS	DESCRIPCIÓN
SIN MANEJO	Es el más crítico hay desconocimiento total de la normatividad y buenas prácticas ambientales.
DEPOSITA EN SOLO EMBASES	Ya hay conocimiento, pero no garantiza la aplicación normatividad y buenas prácticas ambientales.
SELECCIONA ORGANICO E INORGANICO	Se evidencia el conocimiento de normatividad y buenas prácticas ambientales.
REUSO Y COMPOSTAJE	Ya se evidencia la aplicación de la normatividad y buenas prácticas ambientales.
CLASIFICACION POR MATERIAL	Se garantiza la sostenibilidad de la aplicación de la normatividad y buenas prácticas ambientales.

Tabla 175. Matriz de comparación de pares de Manejo de Residuos Sólidos.

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS					
MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS	SIN MANEJO	DEPOSITA EN SOLO EMBASES	SELECCIONA ORGANICO E INORGANICO	REUSO Y COMPOSTAJE	CLASIFICACION POR MATERIAL
SIN MANEJO	1.00	3.00	4.00	5.00	6.00
DEPOSITA EN SOLO EMBASES	0.33	1.00	3.00	4.00	5.00
SELECCIONA ORGANICO E INORGANICO	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
REUSO Y COMPOSTAJE	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
CLASIFICACION POR MATERIAL	0.17	0.20	0.25	0.33	1.00

SUMA	1.95	4.78	8.58	13.33	19.00
1/SUMA	0.51	0.21	0.12	0.08	0.05

Tabla 176. *Matriz de Normalización de pares de Manejo de Residuos Sólidos.*

MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS	SIN MANEJO	DEPOSITA EN SOLO EMBASES	SELECCIONA ORGANICO E INORGANICO	REUSO Y COMPOSTAJE	CLASIFICACION POR MATERIAL	Vector Priorización
SIN MANEJO	0.513	0.627	0.466	0.375	0.316	0.459
DEPOSITA EN SOLO EMBASES	0.171	0.209	0.350	0.300	0.263	0.259
SELECCIONA ORGANICO E INORGANICO	0.128	0.070	0.117	0.225	0.211	0.150
REUSO Y COMPOSTAJE	0.103	0.052	0.039	0.075	0.158	0.085
CLASIFICACION POR MATERIAL	0.085	0.042	0.029	0.025	0.053	0.047
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 177. *Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Manejo de Residuos Sólidos.*

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.080
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.072

b). Conocimiento en Temas Ambientales.

Este parámetro está referido a la obtención de información y tener conocimiento de la normatividad y buenas prácticas ambientales, lo cual influirá positivamente para un proceso de resiliencia después de ocurrido un fenómeno natural.

Tabla 178. *Descriptores del Parámetro de Conocimiento en temas ambientales.*

CONOCIMIENTO EN TEMAS AMBIENTALES	DESCRIPCIÓN
NINGUNA	Es el más crítico hay desconocimiento total de la normatividad y buenas prácticas ambientales.
POR OTRAS PERSONAS	Ya hay conocimiento, pero no garantiza la aplicación normatividad y buenas prácticas ambientales.
POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN RADIO Y TV.	Se evidencia el conocimiento de normatividad y buenas prácticas ambientales.

POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN INTERNET	Ya se evidencia la aplicación de la normatividad y buenas prácticas ambientales.
CAPACITACION POR INSTITUCIONES	Se garantiza la sostenibilidad de la aplicación de la normatividad y buenas prácticas ambientales.

Tabla 179. Matriz de comparación de pares de Conocimiento en temas ambientales.

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
CONOCIMIENTOS EN TEMAS AMBIENTALES					
MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
CONOCIMIENTOS EN TEMAS AMBIENTALES	NINGUNO	POR OTRAS PERSONAS	POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN RADIO Y TV.	POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN INTERNET	CAPACITACION POR INSTITUCIONES
NINGUNA	1.00	3.00	4.00	5.00	6.00
POR OTRAS PERSONAS	0.33	1.00	3.00	4.00	5.00
POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN RADIO Y TV.	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN INTERNET	0.20	0.25	0.33	1.00	3.00
CAPACITACION POR INSTITUCIONES	0.17	0.20	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.95	4.78	8.58	13.33	19.00
1/SUMA	0.51	0.21	0.12	0.08	0.05

Tabla 180. Matriz de Normalización de pares de Conocimiento en temas ambientales.

CONOCIMIENTOS EN TEMAS AMBIENTALES	NINGUNA	POR OTRAS PERSONAS	POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN RADIO Y TV.	POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN INTERNET	CAPACITACION POR INSTITUCIONES	Vector Priorización
NINGUNA	0.513	0.627	0.466	0.375	0.316	0.459
POR OTRAS PERSONAS	0.171	0.209	0.350	0.300	0.263	0.259
POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN RADIO Y TV.	0.128	0.070	0.117	0.225	0.211	0.150
POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN INTERNET	0.103	0.052	0.039	0.075	0.158	0.085
CAPACITACION POR INSTITUCIONES	0.085	0.042	0.029	0.025	0.053	0.047
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 181. Índice de Consistencia y Relación de Consistencia de Conocimiento en temas ambientales.

INDICE DE CONSISTENCIA	IC	0.080
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1	RC	0.072

Tabla 182. Resumen de la determinación de la vulnerabilidad en la dimensión ambiental.

EXPOSICION		FRAGILIDAD			RESILIENCIA				
CERCANÍA DE RESIDUOS SOLIDOS		DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS		TIPO DE DISPOSICION DE EXCRETAS		MANEJO DE RR.SS.		CONOCIMIENTO EN TEMAS AMBIENTALES	
1		0.5		0.5		0.5		0.5	
Menos de 25 m.	0.459	DESECHAR EN QUEBRADAS Y CAUSES	0.468	SIN SERVICIO HIGIENICO	0.446	SIN MANEJO	0.459	NINGUNA	0.459
De 25 a 50 m	0.259	DESECHAR EN VIAS Y CALLES	0.268	CON LETRINA SECA	0.269	DEPOSITA EN SOLO EMBASES	0.259	POR OTRAS PERSONAS	0.259
De 50 a 100 m.	0.150	DESECHAR EN BOTADEROS (puntos criticos)	0.144	CON LETRINA Y ARRASTRE HIDRAULICO	0.151	SELECCIONA ORGANICO E INORGANICO	0.150	POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN RADIO Y TV.	0.150
De 100 a 250 m	0.085	CARRO RECOLECTOR	0.076	CON INSTALACION SANITARIA Y TANQUE SEPTICO	0.083	REUSO Y COMPOSTAJE	0.085	POR MEDIOS DE COMUNICACIÓN INTERNET	0.085
Mayor a 250 m	0.047	CARRO RECOLECTOR EN FORMA SEGREGADA	0.044	CON INTALACION SANITARIA CONECTADA A LA RED	0.051	CLASIFICACION POR MATERIAL	0.047	CAPACITACION POR INSTITUCIONES	0.047

Tabla 183. Ponderación de los Parámetros de la Vulnerabilidad Social.

VULNERABILIDAD SOCIAL											
EXPOSICIÓN		FRAGILIDAD				RESILENCIA					
Nº DE PERSONAS A NIVEL DE LOTE		GRUPO ETAREO		ACCESO A SERVICIOS BASICOS		CONOCIMIENTO EN TEMAS DE GRD		ORGANIZACIÓN DE LA POBLACION		VAL ORES	Peso V. Social
Ppar_E xp	Des c	Ppar_Frg	Des c	Ppar_Frg	Des c	Ppar_Rsl	Desc	Ppar_Rsl	Des c		
0.539		0.149		0.149		0.082		0.082			
Mayor a 8 hab	0.459	0 a 5 y >65 años	0.490	NINGUNO	0.459	SIN CONOCIMIENTO	0.459	MUY MALA / NUNCA	0.416	0.460	0.648

6 - 8 hab	0.2 59	6 a 12 y 61 a 64 años	0.2 59	SOLO UN SSBB	0.25 9	CONOCIMIENTO ERRONEO	0.259	MALA / CASI NUNCA	0.26 2	0.259	0.648
4 - 6 hab	0.1 50	13 a 15 y 51 a 60 años	0.1 40	DOS SSBB	0.15 0	CONOCIMIENTO LIMITADO	0.150	MEDIA / A VECES	0.16 1	0.149	0.648
2 - 4 hab	0.0 85	16 a 30 años	0.0 73	TRES SSBB	0.08 5	CONOCIMIENTO SIN INTERES	0.085	BUENA / CASI SIEMPRE	0.09 9	0.085	0.648
Menos a 2 hab	0.0 47	31 a 50 años	0.0 38	TODOS LOS SSBB/TELEFONO, INTERNET	0.04 7	CONOCIMIENTO	0.047	MUY BUENO / SIEMPRE	0.06 2	0.047	0.648

Tabla 184. Estratificación de la vulnerabilidad Social.

VULNERABILIDAD SOCIAL					
NIVEL			RANGO		
MUY ALTO	0.259	<	V	≤	0.460
ALTO	0.149	<	V	≤	0.259
MEDIO	0.085	<	V	≤	0.149
BAJO	0.047	≤	V	≤	0.085

Tabla 185. Ponderación de los Parámetros de la Vulnerabilidad Económica.

VULNERABILIDAD ECONÓMICA											
EXPOSICIÓN		FRAGILIDAD				RESILIENCIA				VALOR	Peso V. Económica
LOCALIZACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	MATERIAL DE CONSTRUCCION	ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA EDIFICACIÓN		OCUPACION DE LAS PERSONAS EN LOS LOTES		INGRESO FAMILIAR PROMEDIO MENSUAL		ES			
Ppar_Exp	Desc	Ppar_Frg	Desc	Ppar_Frg	Desc	Ppar_Rsl	Desc	Ppar_Rsl	Desc		
0.633		0.130		0.130		0.053		0.053			
Muy cercana (<5m)	0.50 3	MIXTO PRECARIO	0.44 4	PRECARIO	0.44 3	DESEMPLEADO	0.483	Menor a 200	0.45 4	0.484	0.230
Cercana (5m - 10m)	0.26 0	ACERO - DRYWALL	0.26 2	MALO	0.26 7	DEDICADO AL HOGAR	0.258	Entre 200 y 750	0.26 7	0.262	0.230
Medianamente cerca (10m - 20m)	0.13 4	ADOBE	0.15 3	REGULAR	0.14 9	OCUPADO DE 14 AÑOS A MAS	0.142	Entre 750 y 1500	0.14 9	0.140	0.230
Alejada (20m - 30m)	0.06 8	LADRILLO BLOQUETA	0.08 9	BUENO	0.09 2	TRABAJADOR INDEPENDIENTE	0.077	Entre 1500 y 3000	0.08 2	0.075	0.230
Muy alejada (>30m)	0.03 5	CONCRETO	0.05 3	CONSERVADO	0.04 8	TRABAJADOR DEPENDIENTE	0.040	Mayor a 3000	0.04 9	0.040	0.230

Tabla 186. Estratificación de la vulnerabilidad Económica.

VULNERABILIDAD ECONÓMICA					
NIVEL		RANGO			
MUY ALTO	0.262	<	V	≤	0.484
ALTO	0.140	<	V	≤	0.262
MEDIO	0.075	<	V	≤	0.140
BAJO	0.040	≤	V	≤	0.075

Tabla 187. Ponderación de los Parámetros de la Vulnerabilidad Ambiental.

VULNERABILIDAD AMBIENTAL											
EXPOSICIÓN		FRAGILIDAD				RESILIENCIA				VALORES	Peso V. Ambiental
CERCANÍA DE RESIDUOS SOLIDOS		DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS		TIPO DE DISPOSICION DE EXCRETAS		MANEJO DE RR.SS.		CONOCIMIEN TO EN TEMAS AMBIENTALES			
Ppar_E xp	Pdesc	Ppar_Frg	Pdesc	Ppar_Frg	Pdesc	Ppar_Rsl	Pdesc	Ppar_Rs l	Pdesc		
0.633		0.130		0.130		0.053		0.053			
Menos de 25 m.	0.459	DESECHAR EN QUEBRADAS Y CAUSES	0.468	SIN SERVICIO HIGIENICO	0.446	SIN MANEJO	0.459	NINGUNA	0.459	0.459	0.122
De 25 a 50 m	0.259	DESECHAR EN VIAS Y CALLES	0.268	CON LETRINA SECA	0.269	DEPOSITA EN SOLO EMBASES	0.259	POR OTRAS PERSONAS	0.259	0.261	0.122
De 50 a 100 m.	0.150	DESECHAR EN BOTADEROS (puntos criticos)	0.144	CON LETRINA Y ARRASTRE HIDRAULICO	0.151	SELECCIONA ORGANICO E INORGANICO	0.150	POR MEDIOS DE COMUNICACION RADIO Y TV.	0.150	0.149	0.122
De 100 a 250 m	0.085	CARRO RECOLECTOR	0.076	CON INSTALACION SANITARIA Y TANQUE SEPTICO	0.083	REUSO Y COMPOSTAJE	0.085	POR MEDIOS DE COMUNICACION INTERNET	0.085	0.084	0.122
Mayor a 250 m	0.047	CARRO RECOLECTOR EN FORMA SEGREGADA	0.044	CON INSTALACION SANITARIA CONECTADA A LA RED	0.051	CLASIFICACION POR MATERIAL	0.047	CAPACITACION POR INSTITUCIONES	0.047	0.047	0.122

Tabla 188. Estratificación de la vulnerabilidad Económica.

VULNERABILIDAD AMBIENTAL					
NIVEL		RANGO			
MUY ALTO	0.261	<	V	≤	0.459
ALTO	0.149	<	V	≤	0.261
MEDIO	0.084	<	V	≤	0.149
BAJO	0.047	≤	V	≤	0.084

Tabla 189. Síntesis de los niveles de Vulnerabilidad en la Microcuenca de Huaychaumarca.

SÍNTESIS DE VULNERABILIDAD					
NIVEL		RANGO			
MUY ALTO	0.274	<	V	≤	0.461
ALTO	0.146	<	V	≤	0.274
MEDIO	0.078	<	V	≤	0.146
BAJO	0.042	≤	V	≤	0.078

11.4. ESTRATIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD.

Tabla 190. Estratificación de los niveles de vulnerabilidad.

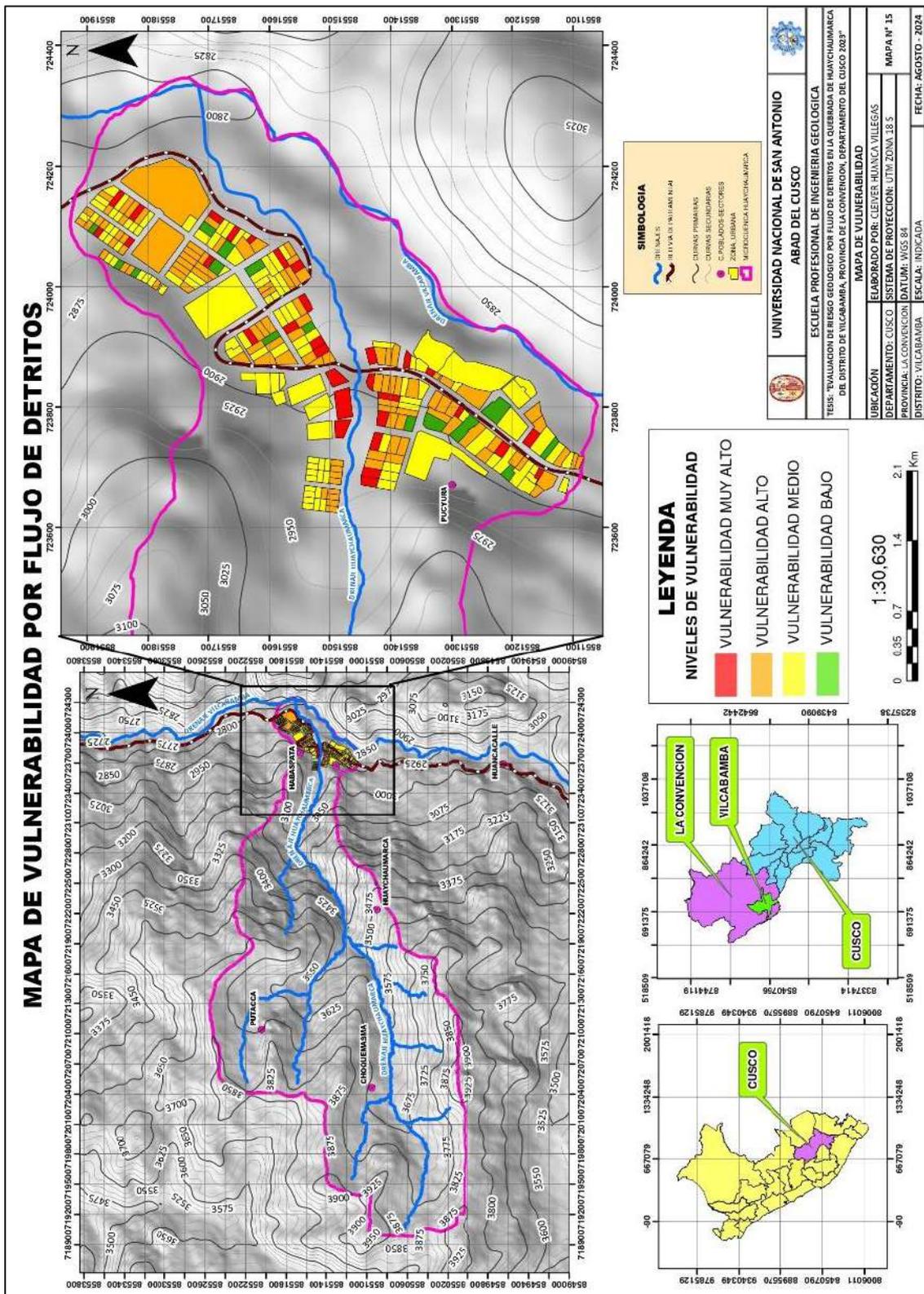
NIVELES DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCION	RANGO
VULNERABILIDAD MUY ALTA	En estos sectores se encuentran viviendas con material de construcción predominantemente de adobe y/o madera y su estado de conservación es malo sin servicios básicos, existe población con número de personas a nivel de lote de 8 habitantes a más, así mismo predomina la población menores a 5 años y mayores a 65, no tienen ningún tipo de organización social, así mismo no tienen conocimiento en temas de Gestión de Riesgos de Desastres, la localización de la edificación al peligro es muy cercana, la actividad económica del hogar es de otros usos la familia sólo tiene un ingreso económico y de un sólo miembro menor a 200 nuevos soles; la familia y la población no realizan prácticas ambientales adecuadas. En total 31 lotes.	0.274 < V ≤ 0.461
VULNERABILIDAD ALTA	En estos sectores se encuentran viviendas con material de construcción predominantemente de adobe y su estado de conservación es malo / regular un servicios básicos, existe población con número de personas a nivel de lote de 6 a 8 habitantes ,así mismo predomina la población con edades entre 6-12 y 61-64, tienen mala organización social, así mismo tienen un conocimiento	0.146 < V ≤ 0.274

	erróneo en temas de Gestión de Riesgos de Desastres, la localización de la edificación al peligro es cercana, la actividad económica del hogar es de vivienda, la familia tiene un ingreso económico que varía entre 200 y 750 nuevos soles; la familia y la población realizan prácticas ambientales de manera erróneo. En total 103 lotes.	
VULNERABILIDAD MEDIA	En estos sectores se encuentran viviendas con material de construcción predominantemente de ladrillo y su estado de conservación es regular / bueno con dos servicios básicos, existe población con número de personas a nivel de lote de 4 a 6 habitantes ,así mismo predomina la población con edades entre 13-15, 51-60, tienen poca organización social, así mismo tienen conocimiento limitado en temas de Gestión de Riesgos de Desastres, la localización de la edificación al peligro es mediana, la actividad económica del hogar es de vivienda / restaurante, la familia tiene un ingreso económico que varía entre 750 a 1500 nuevos soles; la familia y la población realizan prácticas ambientales de manera limitada. En total 109 lotes.	0.078 < V ≤ 0.146
VULNERABILIDAD BAJA	En estos sectores se encuentran viviendas con material de construcción predominantemente de bloqueta y su estado de conservación es bueno con tres a más servicios básicos, existe población con número de personas a nivel de lote menores a 4 habitantes ,así mismo predomina la población con edades entre 16 y 50 años, tienen buena organización social, así mismo tienen conocimiento sin interés y con conocimiento en temas de Gestión de Riesgos de Desastres, la localización de la edificación al peligro es alejada a muy alejada, la actividad económica del hogar es de alcen/tienda, la familia tiene un ingreso económico más de 1500 nuevos soles; la familia y la población realizan prácticas ambientales de manera adecuada sin interés. En total 15 lotes.	0.042 ≤ V ≤ 0.078

Tabla 191. Cantidad de unidades de vivienda por niveles de vulnerabilidad.

Nivel	Número de viviendas (lotes)	Porcentaje
Muy alta	31	12.02 %
Alta	103	39.99 %
Media	109	42.17 %
Baja	15	5.82 %
Total	258	100 %

Figura 72. Mapa de vulnerabilidad por flujo de detritos



CAPÍTULO XII: CÁLCULO DE LOS NIVELES DE RIESGO

12.1. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE RIESGO

Luego de haber identificado el nivel de peligro y el nivel de vulnerabilidad del ámbito de estudio podemos hallar el riesgo que es el resultado de la relación de peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, para luego poder determinar los posibles efectos y consecuencia asociado a un desastre producido por lluvias intensas en la zona de evaluación.

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

Dónde:

R= Riesgo.

f= En función

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

V_e = Vulnerabilidad de un elemento expuesto

En el caso del ámbito de estudio del centro poblado de Lucre Acconhuaylla, se han determinado los niveles de riesgo de acuerdo a los pesos y ponderaciones obtenidas en el análisis, determinándose los niveles, según el cálculo determinado.

12.2. DEFINICIÓN Y ESTRATIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS

En el siguiente Cuadros se muestran los niveles de riesgo y sus respectivos rangos obtenidos a través de utilizar el proceso de análisis jerárquico. Para estratificar el nivel de riesgo se hará uso de la matriz de doble entrada: matriz del grado de peligro y matriz del grado de vulnerabilidad.

Tabla 192. Nivel de aceptabilidad y/o tolerancia.

Nivel de aceptabilidad y/o Tolerancia			
Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inadmisible	Riesgo Inadmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inadmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable
Riesgo Aceptable	Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable

Tabla 193. Rangos para identificación del nivel de Riesgo.

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

Tabla 194. Cálculo de los Niveles de Riesgo.

MATRIZ DE RIESGO					
PMA	0.500	0.039	0.073	0.137	0.231
PA	0.260	0.020	0.038	0.071	0.120
PM	0.136	0.011	0.020	0.037	0.063
PB	0.069	0.005	0.010	0.019	0.032
		0.078	0.146	0.274	0.461
		VB	VM	VA	VMA

Tabla 195. Niveles de Riesgo.

NIVELES DE RIESGO			
NIVEL	RANGO		
MUY ALTO	0.071	< R ≤	0.231
ALTO	0.020	< R ≤	0.071
MEDIO	0.005	< R ≤	0.020
BAJO	0.002	≤ R ≤	0.005

La prevención y reducción del riesgo de desastre son las principales condiciones para garantizar el desarrollo territorial sostenible como base para un crecimiento económico y el mejoramiento de la calidad de la vida de la población, estos parámetros al menos los de riesgo muy alto y alto, se deben reducirse con la prevención y la reducción al menos a riesgo medio para que los pobladores de la zona puedan tener mejor calidad de vida y si puedan desarrollarse sosteniblemente.

12.3. ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS

Tabla 196. *Estratificación del nivel de riesgo por flujo de detritos*

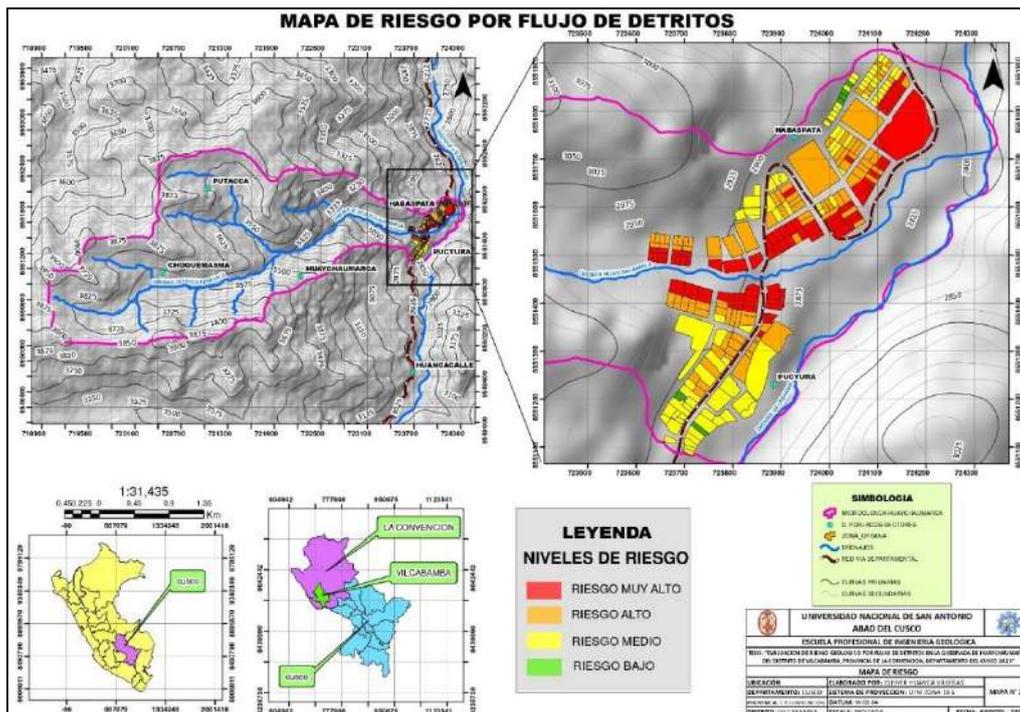
NIVELES DE RIESGO	DESCRIPCION	RANGO
RIESGO MUY ALTA	Zona con terrenos de pendiente llano a ligeramente inclinado de 0° a 5°, geomorfológicamente se encuentra en terrazas aluviales recientes con suelos de reciente formación de materiales orgánicos heterogéneos, áreas de humedales, con precipitaciones muy lluviosos. En estos sectores se encuentran viviendas con material de construcción predominantemente de adobe y/o madera y su estado de conservación es malo sin servicios básicos, existe población con número de personas a nivel de lote de 8 habitantes a más, así mismo predomina la población menores a 5 años y mayores a 65, no tienen ningún tipo de organización social, así mismo no tienen conocimiento en temas de Gestión de Riesgos de Desastres, la localización de la edificación al peligro es muy cercana, la actividad económica del hogar es de otros usos la familia sólo tiene un ingreso económico y de un sólo miembro menor a 200 nuevos soles; la familia y la población no realizan prácticas ambientales adecuadas. En total 81 lotes.	0.071 < R ≤ 0.231
RIESGO ALTA	Zona con pendiente llano a ligeramente inclinado – moderadamente empinado con rangos de 5° a 15°, geomorfológicamente se encuentra en terrazas de material cuaternario y deluviales en zonas de depósitos sedimentarios. Áreas con intervención antrópica, con precipitaciones muy lluviosas. En estos sectores se encuentran viviendas con material de construcción predominantemente de adobe y su estado de conservación es malo / regular un servicios básicos, existe población con número de personas a nivel de lote de 6 a 8 habitantes, así mismo predomina la población con edades entre 6-12 y 61-64 , tienen mala organización social, así mismo tienen un conocimiento erróneo en temas de Gestión de Riesgos de Desastres, la localización de la edificación al peligro es cercana, la actividad económica del hogar es de vivienda, la familia tiene un ingreso económico que varía entre 200 y 750 nuevos soles; la familia y la población realizan prácticas ambientales de manera erróneo. En total 90 lotes.	0.020 < R ≤ 0.071
RIESGO MEDIA	Zona con pendientes de 15° a 25°, geomorfológicamente a laderas onduladas y geológicamente están sobre el grupo Copacabana y grupo Mitu, formación Muñani. En estos sectores se encuentran viviendas con material de construcción predominantemente de ladrillo y su estado de conservación es regular / bueno con dos servicios básicos, existe población con número de personas a nivel de lote de 4 a 6 habitantes ,así mismo predomina la población con edades entre 13-15, 51-60, tienen poca organización social, así mismo	0.005 <R≤ 0.020

	tienen conocimiento limitado en temas de Gestión de Riesgos de Desastres, la localización de la edificación al peligro es mediana, la actividad económica del hogar es de vivienda / restaurante, la familia tiene un ingreso económico que varía entre 750 a 1500 nuevos soles; la familia y la población realizan prácticas ambientales de manera limitada. En total 81 lotes.	
RIESGO BAJA	Zona con pendientes mayores a 25°, geomorfológicamente encuentra en laderas abruptas y pertenecientes al grupo Copacabana y grupo Mitu. Áreas sin vegetación y bosques de eucaliptos. En estos sectores se encuentran viviendas con material de construcción predominantemente de bloqueta y su estado de conservación es bueno con tres a más servicios básicos, existe población con número de personas a nivel de lote menores a 4 habitantes, así mismo predomina la población con edades entre 16 y 50 años, tienen buena organización social, así mismo tienen conocimiento sin interés y con conocimiento en temas de Gestión de Riesgos de Desastres, la localización de la edificación al peligro es alejada a muy alejada, la actividad económica del hogar es de alcen/tienda, la familia tiene un ingreso económico más de 1500 nuevos soles; la familia y la población realizan prácticas ambientales de manera adecuada sin interés. En total 06 lotes.	0.002 ≤ R ≤ 0.005

Tabla 197. Cantidad de lotes por niveles de riesgo por flujo de detritos

Nivel	Número de viviendas	Porcentaje
Muy alta	81	31.47 %
Alta	90	34.73 %
Media	81	31.47 %
Baja	6	2.33%
Total	258	100 %

Figura 73. Mapa de Riesgo por flujo de detritos



CAPITULO XIII: CONTROL DEL RIESGO

En la gestión y control de riesgos, es fundamental reconocer que las medidas preventivas, aunque reduzcan significativamente la probabilidad de ocurrencia y el impacto de eventos adversos, no eliminan completamente el riesgo inherente. Esto se debe a que el riesgo, por naturaleza, no puede reducirse a un valor nulo; siempre persiste una probabilidad residual de ocurrencia. Este valor residual de riesgo, por mínimo que sea, se evalúa hasta un umbral que se considera manejable o controlable.

El concepto de riesgo admisible o riesgo tolerable se refiere al nivel de riesgo residual que la sociedad o una organización está dispuesta a aceptar, dadas las limitaciones técnicas, económicas y sociales para su control. Este umbral se determina mediante análisis cuantitativos y cualitativos, considerando factores como el costo-beneficio de las intervenciones, la gravedad de las posibles consecuencias y la frecuencia esperada del evento.

Cualquier nivel de riesgo que exceda este límite se clasifica como riesgo incontrolable, ya que sobrepasa las capacidades razonables de mitigación y podría requerir una inversión desproporcionada en comparación con los beneficios esperados de su reducción. Los riesgos incontrolables están asociados generalmente a eventos de ocurrencia muy baja, pero de consecuencias extremas, que, aunque son improbables, no justifican una asignación de recursos significativa para su mitigación total debido a su escasa probabilidad.

Este enfoque reconoce la presencia de riesgos residuales en cualquier sistema y permite asignar los recursos de manera óptima, enfocando las medidas de prevención en aquellos riesgos que se encuentran dentro de un rango manejable y económicamente justificable. Así, la toma de decisiones en la gestión de riesgos considera el balance entre los costos de mitigación y los beneficios de reducir el riesgo a un nivel tolerable, optimizando la efectividad de las medidas de control y mejorando la resiliencia del sistema ante posibles eventos adversos.

La implementación de medidas preventivas, aunque reduce significativamente el riesgo, no garantiza una eliminación total de las consecuencias, ya que siempre persiste un riesgo residual que no puede reducirse a cero. Por ello, existe un umbral específico hasta el cual el riesgo se considera manejable o controlable. Más allá de este límite, el riesgo se clasifica como incontrolable, pues el costo de reducirlo aún más no estaría justificado. Este riesgo residual se conoce como riesgo admisible o aceptable, y representa el nivel de riesgo que se considera tolerable dada su baja probabilidad de ocurrencia y el alto costo de mitigación adicional.

Para definir las medidas de control necesarias, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de diversas variables que permiten cuantificar y priorizar el riesgo, detalladas a continuación:

a). Niveles de Consecuencia del Impacto: Se evalúan los efectos potenciales de un evento en diversos aspectos (personas, infraestructura, medio ambiente), clasificando la gravedad de las consecuencias en caso de ocurrencia. Esto permite identificar qué tan severas podrían ser las repercusiones de un evento y, por ende, la urgencia de tomar medidas.

b). Frecuencia de Ocurrencia: Analizar la probabilidad de ocurrencia en un período específico permite clasificar los riesgos según su frecuencia, diferenciando entre aquellos que son frecuentes y los de baja probabilidad. Esto es crucial para asignar recursos de manera estratégica y priorizar los riesgos más probables.

c). Matriz de Consecuencia y Daño: Esta matriz cruza los niveles de consecuencia con la frecuencia de ocurrencia, proporcionando una visión integral del riesgo al clasificarlo por su gravedad y probabilidad. Permite identificar los riesgos con mayor impacto y ajustar las estrategias de mitigación en función de esta combinación.

d). Medidas de Consecuencias y Daño: Se refieren a las acciones concretas para mitigar el impacto de los eventos adversos. Esto puede incluir tanto la preparación y respuesta ante eventos como la implementación de infraestructura y procedimientos que minimicen los efectos.

e). Aceptabilidad y/o Tolerancia del Daño: Define el umbral hasta el cual el daño es considerado tolerable. Este valor se establece teniendo en cuenta factores técnicos, económicos y sociales, y permite decidir hasta qué punto las medidas preventivas son justificables.

f). Matriz de Aceptabilidad y/o Tolerancia del Riesgo: Al cruzar los valores de consecuencia y frecuencia, esta matriz clasifica los riesgos en categorías de aceptabilidad (aceptables, tolerables e inaceptables). Así, facilita la identificación de riesgos que requieren atención prioritaria y permite descartar aquellos que, debido a su baja gravedad y frecuencia, no justifican acciones adicionales.

g). Nivel de Priorización: Con base en el análisis de las variables anteriores, se asigna un nivel de prioridad a cada riesgo identificado. Los riesgos con mayores consecuencias, frecuencia y baja aceptabilidad reciben alta prioridad, lo que indica que deben abordarse de inmediato.

Estas variables proporcionan una estructura sólida para el diseño y la implementación de medidas de control del riesgo, optimizando los recursos y asegurando que se atiendan de manera prioritaria aquellos riesgos más críticos.

13.1. ACEPTABILIDAD O TOLERANCIA DE RIESGOS

- Tipo de Fenómeno: Geodinámica externa (movimiento de masa).
- Tipo de Peligro: Flujo de detritos

13.1.1. VALORACION DE LAS CONSECUENCIAS

13.1.1.1. NIVELES DE CONSECUENCIA

Tabla 198. *Niveles de consecuencia*

VALOR	NIVELES	DESCRIPCION
4	MUY ALTO	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas.
3	ALTO	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo.
2	MEDIO	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con los recursos disponibles
1	BAJO	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad

Fuente: *Cenepred, 2014*

De acuerdo con la información de la tabla, un evento de precipitaciones extraordinarias y anómalas podría aumentar significativamente el caudal del flujo de detritos en la quebrada Huaychaumarca, representando una amenaza considerable para las propiedades cercanas. Sin embargo, este riesgo, clasificado con un NIVEL 3 - ALTO, puede ser gestionado mediante el apoyo de recursos externos, lo que implica la necesidad de colaboración con entidades especializadas y la implementación de medidas de mitigación adicionales. Este nivel indica un alto grado de exposición al riesgo, pero con el respaldo de recursos externos, es posible reducir sus impactos y fortalecer la resiliencia de las zonas vulnerables.

13.1.2. VALORACION DE LA FRECUENCIA DE RECURRENCIA

Tabla 199. *Valoración de frecuencia de recurrencia*

VALOR	NIVELES	DESCRIPCION
4	MUY ALTO	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias.
3	ALTO	Puede ocurrir en periodos de tiempos largos según las circunstancias.
2	MEDIO	Puede ocurrir en periodos de tiempos largos según las circunstancias.
1	BAJO	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales

Fuente: *Cenepred, 2014*

De acuerdo con la información extraída de la tabla anterior, se concluye que las consecuencias derivadas del impacto por flujo de detritos, provocados por precipitaciones, indican que estos eventos pueden manifestarse en intervalos prolongados, dependiendo de las circunstancias ambientales y climáticas. Por lo tanto, este riesgo se clasifica con un NIVEL 2 - MEDIO. Esto sugiere que, aunque el potencial de ocurrencia es significativo, la naturaleza esporádica de estos eventos permite una gestión y mitigación más efectivas, enfocándose en el monitoreo y la preparación de las comunidades para minimizar los posibles daños.

13.1.3. NIVEL DE CONSECUENCIA Y DAÑO (MATRIZ)

Tabla 200. *Nivel de consecuencia y daño*

CONSECUENCIAS	NIVELES	ZONA DE CONSECUENCIAS Y DAÑOS			
MUY ALTO	4	ALTO	MEDIO	MUY ALTO	MUY ALTO
ALTO	3	MEDIO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
MEDIO	2	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
BAJO	1	BAJO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	NIVEL	1	2	3	4
	FRECUENCIA	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO

Fuente: *Manual Para La Evaluación De Riesgos Originados Por Fenómenos Naturales, 2da. Versión – 2015*

A partir del análisis de la consecuencia y frecuencia del fenómeno natural de flujo de detritos, se determina que, en los Centros Poblados de Pucyura y Habaspata, los predios catalogados con riesgo alto y medio presentan un nivel de consecuencia y daño clasificado como NIVEL ALTO. Esta clasificación indica que, en caso de ocurrir un evento de flujo de detritos, se anticipan impactos severos en estas áreas, lo que resalta la necesidad de implementar medidas urgentes de mitigación y gestión del riesgo para proteger a las

comunidades y sus activos. La alta consecuencia y daño asociado a este fenómeno requiere una atención prioritaria para prevenir y reducir los efectos adversos que podrían resultar de tales eventos naturales.

13.1.4. MEDIDAS CUALITATIVAS DE CONSECUENCIAS Y DAÑOS

Tabla 201. *Medidas cualitativas de consecuencia y daño*

VALOR	NIVELES	DESCRIPCION
4	MUY ALTO	Muerte de personas, enorme pérdida y bienes y financieros
3	ALTO	Lesiones grandes en las personas, pérdida de la capacidad de producción, pérdida de bienes y financieras importante
2	MEDIO	Requiere tratamiento médico en las personas, pérdidas de bienes y financieras altas
1	BAJO	Tratamiento de primeros auxilios a las personas, pérdidas de bienes y financieras altas

Fuente: *Cenepred, 2014*

Del análisis de las medidas cualitativas relacionadas con las consecuencias y daños causados por el fenómeno de flujo de detritos, se concluye que las viviendas situadas dentro del área de riesgo potencial de los Centros Poblados de Pucyura y Habaspata presentan un NIVEL 3 - ALTO. Esta clasificación implica que existe una alta probabilidad de que, en caso de que se produzca un evento de flujo de detritos, las consecuencias para las viviendas sean severas. Esto subraya la necesidad urgente de implementar estrategias efectivas de mitigación y prevención, así como de fortalecer la preparación de la comunidad ante la posibilidad de tales eventos, para salvaguardar tanto la integridad de las estructuras habitacionales como la seguridad de sus ocupantes.

13.1.5. ACEPTABILIDAD Y TOLERANCIA DEL RIESGO

Tabla 202. *Aceptabilidad y/o tolerancia*

VALOR	NIVELES	DESCRIPCION
4	INADMISIBLE	Se debe aplicar inmediatamente medidas de control físico y de ser posible transferir inmediatamente recursos económicos para reducir los riesgos
3	INACEPTABLE	Se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgos
2	TOLERABLE	Requiere tratamiento médico en las personas, pérdidas de bienes y financieras altas
1	ACEPTABLE	El riesgo no presenta un peligro significativo

Fuente: *Cenepred, 2014*

A partir del análisis realizado, se establece que la aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo asociado al flujo de detritos, en los centros Poblados de Pucyura y Habaspata, Provincia La Convención, Departamento de Cusco, se clasifica como NIVEL 3 - INACEPTABLE. Esta categorización indica que el nivel de riesgo identificado es extremadamente alto y no es tolerable para la comunidad afectada. Por lo tanto, se requiere la implementación inmediata de medidas de mitigación y prevención adecuadas para reducir el riesgo de inundaciones y proteger a la población y sus bienes frente a eventos de esta naturaleza. La identificación de este nivel de riesgo subraya la urgencia de actuar para salvaguardar la seguridad y la integridad de los habitantes de la zona.

13.1.6. MATRIZ DE ACEPTABILIDAD Y/O TOLERANCIA DEL RIESGO

Tabla 203. *Nivel de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo.*

Nivel de aceptabilidad y/o Tolerancia			
Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inadmisible	Riesgo Inadmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inadmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable
Riesgo Aceptable	Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable

Fuente: *Cenepred, 2014*

Del análisis detallado de la matriz de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo, se determina que el riesgo asociado a las viviendas situadas en el área de riesgo potencial de los Centros Poblados de Pucyura y Habaspata es considerado INACEPTABLE. Esta clasificación indica que las condiciones actuales representan una amenaza significativa para la seguridad de los ocupantes y la integridad de las estructuras. La identificación de este nivel de riesgo sugiere la necesidad urgente de desarrollar e implementar medidas efectivas de mitigación y respuesta que aborden esta situación crítica, priorizando la protección de las viviendas y la salvaguarda de la comunidad ante potenciales eventos adversos, como flujos de detritos e inundaciones.

13.1.6.1. PRIORIDAD DE INTERVENCIÓN

13.1.6.1.1. NIVEL DE PRIORIDAD

Tabla 204. *Nivel de prioridad.*

VALOR	NIVELES	NIVEL DE PRIORIDAD
4	INADMISIBLE	I
3	INACEPTABLE	II
2	TOLERABLE	III
1	ACEPTABLE	IV

Fuente: *Cenepred, 2014*

Del análisis realizado, se establece que el nivel de priorización es II, lo cual proporciona una base sólida para la priorización de actividades, acciones y proyectos de inversión destinados a la prevención y/o reducción del riesgo de desastres. Este nivel sugiere que las intervenciones en esta área deben ser consideradas de alta importancia, lo que permite dirigir recursos y esfuerzos hacia iniciativas que mejoren la resiliencia de la comunidad frente a eventos adversos. La priorización en este contexto asegura que las acciones se alineen con las necesidades más críticas, promoviendo una gestión del riesgo más efectiva y proactiva en los Centros Poblados de Pucyura y Habaspata.

13.2. MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS DESASTRES

13.2.1. MEDIDAS DE ORDEN ESTRUCTURAL

Las medidas estructurales de prevención de riesgos ante flujos de detritos se enfocan en implementar acciones que eviten o minimicen la ocurrencia de estos fenómenos y reduzcan su impacto en las comunidades y la infraestructura. Algunas de estas medidas incluyen:

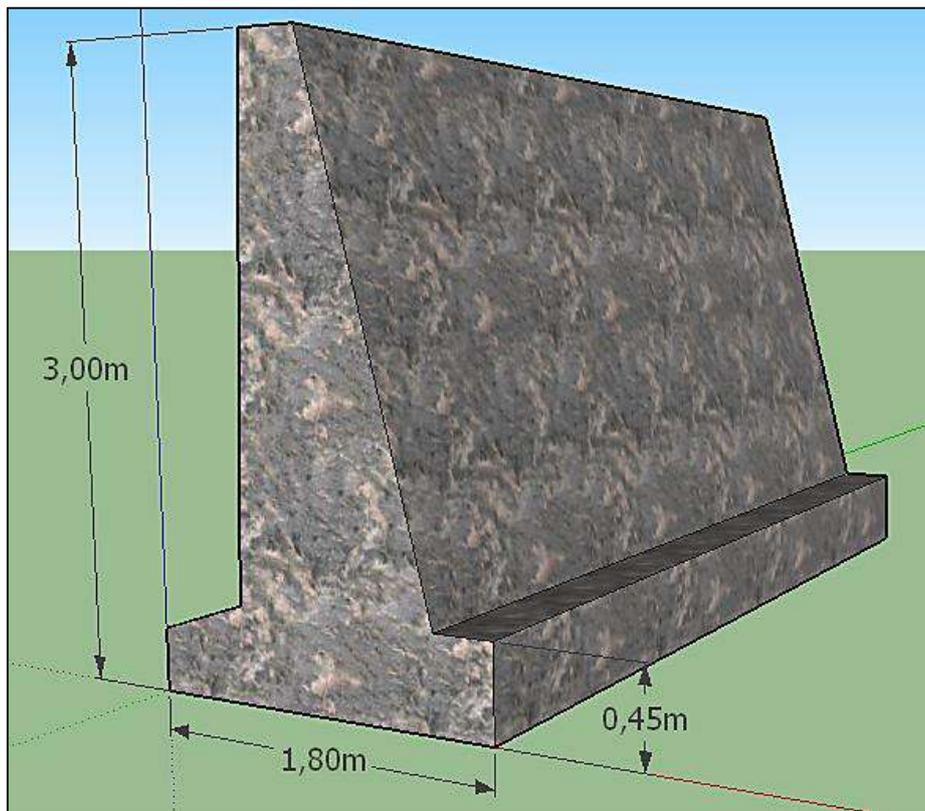
Según lo analizado se proponen las siguientes medidas estructurales de estabilización.

a). Muro de Gravedad

Son muros de contención bastante robustos que trabajan por su propio peso y el del suelo para generar mayor estabilidad. Es por esto que son menos propensos a sufrir esfuerzos de flexión y no requieren ser reforzados con acero. Los muros de gravedad suelen construirse en concreto u hormigón simple o en mampostería de piedras.

Se propone la construcción de un muro de concreto ciclópeo con una resistencia de $f'c$: 2010 kg/cm² en puntos estratégicos, incluyendo el inicio del abanico aluvial. Este muro servirá como una defensa ribereña con el objetivo de prevenir el desbordamiento de agua y las posteriores afectaciones a las viviendas y terrenos de cultivo adyacentes al canal y lecho de la Quebrada Huaychaumarca. La implementación de esta estructura es crucial para proteger la infraestructura y la agricultura en la zona, contribuyendo a la seguridad de la comunidad frente a eventos de inundación. Dimensiones, 3.00 m de altura, 1.80 m de ancho de la base del muro y 0.45 m de altura de la base del muro.

Figura 73. *Diseño de muro de gravedad.*



Fuente: (ARCUXC). *clasificación de muros de contención*

b). Disipadores de Energía

Se propone la construcción de dos disipadores de energía ubicados en la parte alta del abanico aluvial, específicamente en tramos donde el curso de la quebrada no está canalizado. El objetivo de estas estructuras es reducir el exceso de energía cinética del flujo de agua, que se manifiesta en velocidades elevadas.

b.1). Funciones y Beneficios de los Disipadores de Energía:

b.1.1). Reducción de Velocidades del Flujo: Los disipadores de energía están diseñados para disminuir las altas velocidades del flujo. Esto se logra mediante la generación de turbulencias y la creación de saltos hidráulicos, que dispersan la energía del agua.

b.1.2). Control de Presiones Hidráulicas: Al reducir la velocidad del agua, se minimizan las presiones hidráulicas que podrían causar daños en la infraestructura y erosionar los bancos de la quebrada. La disminución de estas presiones contribuye a la estabilidad de las estructuras circundantes.

b.1.3). Prevención de Erosión: Con el control de la energía del flujo, se espera que el impacto erosivo del agua en las áreas aguas abajo se reduzca considerablemente. Esto protege tanto el lecho del río como las áreas adyacentes de la erosión severa.

Figura 74. *Disipadores de energía*



Fuente: *prezi.com*

c). Implementar un Programa Integral de Forestación y Reforestación

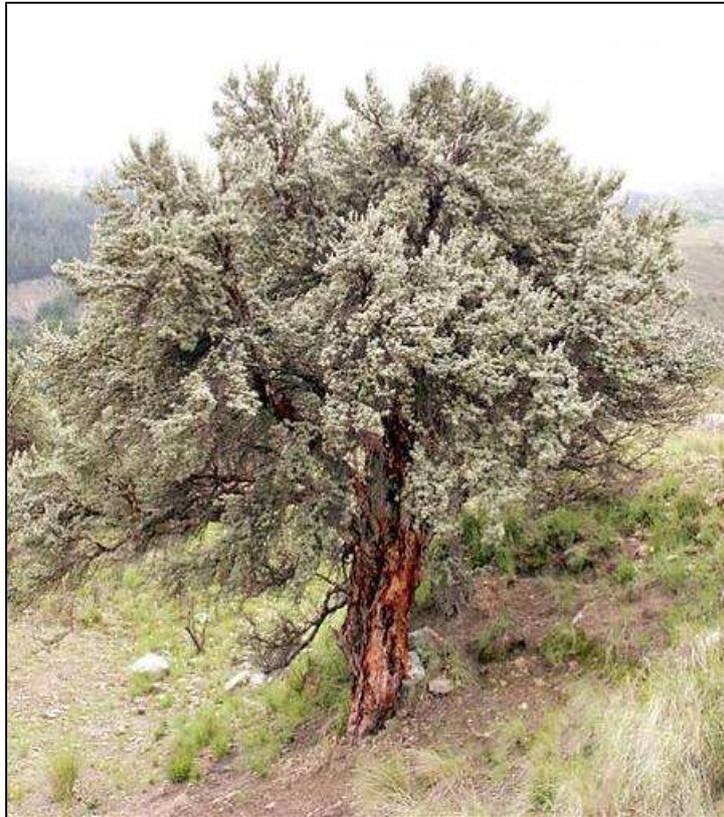
Se propone implementar un programa de reforestación en las zonas elevadas de la cuenca Chicón, priorizando el uso de especies vegetales nativas, en particular Queuña (*Polylepis* spp). Esta especie ha demostrado ser altamente efectiva para adaptarse a las condiciones climáticas específicas de la región, lo que la convierte en una opción idónea para proyectos de restauración ecológica y conservación de suelos.

c.1). Beneficios de la Queuña en la Reforestación:

Contribución a la Retención de Agua Subterránea: Las raíces profundas y extensas de la Queuña ayudan a mejorar la infiltración del agua en el suelo, lo que favorece la recarga de los acuíferos subterráneos.

Prevención de la Erosión del Suelo: La cobertura vegetal proporcionada por la Queuña ayuda a estabilizar el suelo, reduciendo el riesgo de erosión y deslizamientos, que son problemas comunes en las cuencas montañosas.

Figura 75. *Planta de Queuña (Polylepis spp)*



Fuente: *Diario opinión nacional*

13.2.2. MEDIDAS DE ORDEN NO ESTRUCTURALES

a). Capacitación sobre el Sistema de Alertas Tempranas (SAT)

Se propone el desarrollo de programas de capacitación orientados a aumentar el conocimiento y la comprensión del Sistema de Alertas Tempranas (SAT) tanto en las instituciones gubernamentales como en la población local. Esta capacitación incluirá:

a.1). Conocimiento del SAT: Explicar el funcionamiento del SAT, sus componentes y procedimientos para asegurar que todos los actores involucrados comprendan su importancia en la mitigación del riesgo.

a.2). Socialización del SAT: Realizar talleres, charlas y actividades comunitarias para dar a conocer la existencia del SAT, su propósito y cómo se activa en situaciones de emergencia.

a.3). Simulacros: Implementar simulacros periódicos para familiarizar a la población con el SAT y su operatividad en caso de emergencias, garantizando que todos sepan cómo actuar cuando se emitan alertas.

b). Sistematización y Análisis de Escenarios de Riesgo

Para mejorar la gestión del riesgo, es esencial sistematizar y analizar diferentes escenarios históricos de flujos de detritos. Esto incluye:

b.1). Recopilación de Datos: Reunir información sobre eventos pasados, sus impactos y las respuestas dadas, creando una base de datos que permita evaluar patrones y tendencias.

b.2). Presupuesto para la Sistematización: Definir un presupuesto que contemple el proceso de sistematización, actualización, edición y publicación de estudios de riesgo, asegurando que estos sean accesibles para la población y autoridades.

b.3). Divulgación de Resultados: Asegurar que los hallazgos de estos estudios sean compartidos con la comunidad y las autoridades, fomentando la transparencia y la toma de decisiones informadas.

c). Gestión del Desarrollo Urbano con Enfoque en Cuenca

Es fundamental gestionar el desarrollo urbano de la zona con un enfoque de cuenca, lo que implica:

c.1). Articulación de Actores Sociales: Fomentar la colaboración entre todos los actores sociales del centro poblado, incluyendo gobiernos locales, ONGs, empresas y la comunidad, para abordar los desafíos del desarrollo sostenible.

c.2). Planeación Participativa: Involucrar a la población en la planificación del desarrollo urbano para que sus necesidades y preocupaciones sean consideradas, garantizando que se implementen medidas que reduzcan el riesgo.

d). Señalización y Regulación de la Faja Marginal de la Microcuenca Huaychaumarca

Es crucial:

d.1). Aprobación y Señalización Inmediata: Acelerar la aprobación de la señalización de la faja marginal de la quebrada de Chicón para advertir sobre los riesgos asociados a esta área vulnerable.

d.2). Control de Ocupación: Implementar medidas estrictas por parte de la municipalidad provincial de Urubamba para regular y controlar la ocupación de la faja marginal, evitando asentamientos y actividades que puedan aumentar el riesgo.

e). Elaboración y Actualización del Plan de Prevención y Reducción del Riesgo

Finalmente, se sugiere:

e.1). Desarrollo de un Plan Integral: Elaborar y actualizar un Plan de Prevención y Reducción del Riesgo que contemple los resultados del estudio de evaluación de riesgos, asegurando que sea un documento vivo y adaptativo.

e.2). Programación de Actividades: Establecer un cronograma de actividades, programas o proyectos que corrijan la situación de riesgo identificada en la zona de estudio, garantizando que las autoridades locales y regionales estén comprometidas con su implementación.

Estas acciones integradas buscan no solo reducir el riesgo asociado a los flujos de detritos en la cuenca Chicón, sino también empoderar a la comunidad a través de la educación y la participación activa en la gestión del riesgo, asegurando un futuro más seguro y resiliente para todos.

f). Realización de Estudios Hidrológicos y Modelado Hidráulico

La implementación de estudios hidrológicos y modelado hidráulico de forma periódica es crucial para mantener una base de datos actualizada sobre el comportamiento hídrico en la cuenca de Huaychaamarca. Esto permitirá anticipar y planificar intervenciones futuras que aseguren la mitigación del riesgo de flujos de detritos. Estas actividades deben incluir:

f.1). Recopilación de Datos Hidrológicos: Monitoreo continuo de precipitaciones, caudales, y niveles de agua en cuerpos hídricos para evaluar variaciones estacionales y fenómenos extremos.

f.2). Modelado Hidráulico: Utilizar software especializado para simular el comportamiento del flujo de agua en diferentes escenarios, considerando variables como topografía, uso del suelo y condiciones climáticas.

g). Estudios Geofísicos para la Detección de Unidades Hidrogeológicas

La realización de estudios geofísicos, específicamente mediante sondeos eléctricos verticales (SEV), es fundamental para identificar unidades hidrogeológicas dentro de la quebrada de Huaychaamarca. Estos estudios permitirán:

g.1). Detección de Acuíferos, Acuicludos y Acuitardos: Obtener información precisa sobre la disposición y características de las unidades de agua subterránea, lo que es esencial para la gestión del recurso hídrico.

g.2). Evaluación de Anomalías Geológicas: Identificar posibles anomalías que puedan influir en el comportamiento del flujo de detritos, como fallas o zonas de debilidad en el subsuelo.

g.3). Estimación de Recursos Hídricos: Calcular la cantidad de agua subterránea disponible, lo que permitirá determinar si esta puede ser un factor desencadenante de flujos de detritos en eventos de precipitación intensa.

COCLUSIONES

1. Contexto General.

En la Microcuenca de Huaychaumarca, según el informe elaborado por la entidad como es INGEMMET, y se ha determinado que el área de estudio es altamente susceptible a fenómenos de flujo de detritos, comúnmente conocidos como huaycos. Esta afirmación se ha corroborado mediante trabajos de campo y gabinete, donde se han identificado características geológicas y geomorfológicas, topográficas, pendientes, hidrológicas relevantes.

2. Características Geológicas, Geomorfológicas y Pendiente.

El ámbito de estudio presenta una notable diversidad geológica, destacándose la presencia de depósitos fluvioaluviales, depósitos fluviales y depósitos coluviales, así como afloramientos de rocas areniscas cuarzo feldespáticas intercaladas con limoarcillitas rojizas, medianamente fracturadas y ligeramente meteorizadas de la formación Muñani, calizas bioclásticas, areniscas y lutitas negras muy fracturados y medianamente alteradas del grupo Copacabana, secuencia conglomerádica polimíctica con clastos de roca volcánica y sedimentarias englobadas en matriz arenosa muy fracturadas y altamente meteorizadas.

El ámbito de estudio presenta una notable diversidad geomorfológica, destacándose la presencia de terrazas aluviales, cauce de Quebradas, laderas onduladas, laderas abruptas y colinas.

Las pendientes del terreno varían significativamente, desde inclinaciones suaves (0° - 5°) hasta pendientes extremadamente escarpadas ($>40^{\circ}$), lo que contribuye a la dinámica del riesgo asociado a flujos de detritos.

3. Evaluación del Peligro por Flujo de Detritos

Para determinar la susceptibilidad al peligro de flujos de detritos, se han considerado factores condicionantes como:

a). Unidades Geológicas: Diversidad de formaciones geológicas que influyen en el comportamiento del agua y el suelo.

b). Pendientes: Inclinaciones del terreno que afectan la velocidad y la cantidad de material movilizado.

c). Unidades Geomorfológicas: Unidad de geoformas del paisaje que impactan en la acumulación y el movimiento de flujo de detritos.

d). Factor Desencadenante: Fue considerado el Umbral de Precipitación Máxima en 24 horas, mientras que como parámetro de evaluación se tomó la altura del flujo (m) y velocidad de flujo (m/s).

4. Elementos Expuestos al Peligro

Se han identificado varios elementos en riesgo en la zona, que incluyen:

a). Población: Un total de 1030 habitantes, de los cuales 553 son varones y 477 son mujeres distribuidos entre áreas urbanas (91.25 %) y rurales (08.75 %).

b). Infraestructura: 258 viviendas, 01 institución educativa (Primaria y Secundaria - Colegio Manco Inca), 01 institución educativa Inicial (Inicial Manco Inca). 01 centro de salud de Habaspata, 1 instalación cultural (Casa Lavañau – Ministerio de Cultura), 01 Municipalidad de Vilcabamba, 01 Puesto Policial de Pucyura, 02 espacios recreativos (Estadio Municipal de Vilcabamba, 01 Parque de la plaza principal de pucyura), 01 Iglesia de Pucyura, 01 Taller Don Bosco (Italianos).

c). Infraestructura Vial y alumbrado eléctrico: Se registran 3276 metros lineales de vías expuestas al peligro, 08 buzones, 36 postes de alumbrado público.

5. Análisis de Vulnerabilidad

La evaluación de la vulnerabilidad se llevó a cabo considerando dimensiones sociales, económicas y ambientales. Se identificaron:

a). Predios con Vulnerabilidad Muy Alta: 31 predios (lotes), son viviendas construidas con material predominantemente de adobe y/o madera y su estado de conservación es malo sin servicios básicos, existe población con número de personas a nivel de lote de 8 habitantes a más, así mismo predomina la población menores a 5 años y mayores a 65, no tienen ningún tipo de organización social, así mismo no tienen conocimiento en temas de Gestión de Riesgos de Desastres, la localización de la edificación al peligro es muy cercana, la actividad económica del hogar es de otros usos la familia sólo tiene un ingreso económico y de un sólo miembro menor a 200 nuevos soles; la familia y la población no realizan prácticas ambientales adecuadas. 01 cancha deportiva y 01 casa cultura de Lavañau del ministerio de cultura.

b). Predios con Vulnerabilidad Alta: 103 predios (lotes), son viviendas construidas con material predominantemente de adobe y su estado de conservación es malo / regular un servicios básicos, existe población con número de personas a nivel de lote de 6 a 8 habitantes ,así mismo predomina la población con edades entre 6-12 y 61-64, tienen mala organización social, así mismo tienen un conocimiento erróneo en temas de Gestión de Riesgos de Desastres, la localización de la edificación al peligro es cercana, la actividad económica del hogar es de vivienda, la familia tiene un ingreso económico que varía entre 200 y 750 nuevos soles; la familia y la población realizan prácticas ambientales de manera erróneo. 01 institución educativa primaria y secundaria (Colegio Manco Inca), 01 Institución Inicial Manco Inca, 01 Puesto de Salud de Habaspata, 01 Puesto Policial de Pucyura.

c). Predios con Vulnerabilidad Media: 109 predios (lotes), estas viviendas están construidas con material predominantemente de ladrillo y su estado de conservación es regular / bueno con dos servicios básicos, existe población con número de personas a nivel de lote de 4 a 6 habitantes ,así mismo predomina la población con edades entre 13-15, 51-60, tienen poca organización social, así mismo tienen conocimiento limitado en temas de Gestión de Riesgos de Desastres, la localización de la edificación al peligro es mediana, la actividad económica del hogar es de vivienda / restaurante, la familia tiene un ingreso económico que varía entre 750 a 1500 nuevos soles; la familia y la población realizan prácticas ambientales de manera limitada. 01 Municipalidad Distrital de Vilcabamba, 01 Estadio Municipal de Vilcabamba, 01 Iglesia de Pucyura, 01 Taller don Bosco (Italianos).

d). Predios con Vulnerabilidad Baja: 15 predios (lotes), Estas viviendas están construidas con material predominantemente de bloqueta y su estado de conservación es bueno con tres a más servicios básicos, existe población con número de personas a nivel de lote menores a 4 habitantes ,así mismo predomina la población con edades entre 16 y 50 años, tienen buena organización social, así mismo tienen conocimiento sin interés y con conocimiento en temas de Gestión de Riesgos de Desastres, la localización de la edificación al peligro es alejada a muy alejada, la actividad económica del hogar es de alcen/tienda, la familia tiene un ingreso económico más de 1500 nuevos soles; la familia y la población realizan prácticas ambientales de manera adecuada sin interés. 01 hospedaje Manco Inca.

6. Cálculo del Riesgo por Flujo de Detritos

El riesgo por flujo de detritos fue calculado considerando el nivel de peligro y la vulnerabilidad de los predios. Los resultados indican:

a). Viviendas con Riesgo Muy Alto: 81 predios (Lotes), son zonas con terrenos de pendiente llano a ligeramente inclinado de 0° a 5°, geomorfológicamente se encuentra en terrazas aluviales recientes con suelos de reciente formación de materiales orgánicos heterogéneos, áreas de humedales, con precipitaciones muy lluviosos. En estos sectores se encuentran viviendas con material de construcción predominantemente de adobe y/o madera y su estado de conservación es malo sin servicios básicos, existe población con número de personas a nivel de lote de 8 habitantes a más, así mismo predomina la población menores a 5 años y mayores a 65, no tienen ningún tipo de organización social, así mismo no tienen conocimiento en temas de Gestión de Riesgos de Desastres, la localización de la edificación al peligro es muy cercana, la actividad económica del hogar es de otros usos la familia sólo tiene un ingreso económico y de un sólo miembro menor a 200 nuevos soles; la familia y la población no realizan prácticas ambientales adecuadas. 01 institución educativa primaria y secundaria (Colegio Manco Inca), 01 Institución Inicial Manco Inca, 01 Puesto Policial de Pucyura.

b). Viviendas con Riesgo Alto: 90 predios (Lotes), Zona con pendiente llano a ligeramente inclinado – moderadamente empinado con rangos de 5° a 15°, geomorfológicamente se encuentra en terrazas de material cuaternario y deluviales en zonas de depósitos sedimentarios. Áreas con intervención antrópica, con precipitaciones muy lluviosas. En estos sectores se encuentran viviendas con material de construcción predominantemente de adobe y su estado de conservación es malo / regular un servicios básicos, existe población con número de personas a nivel de lote de 6 a 8 habitantes, así mismo predomina la población con edades entre 6-12 y 61-64 , tienen mala organización social, así mismo tienen un conocimiento erróneo en temas de Gestión de Riesgos de Desastres, la localización de la edificación al peligro

es cercana, la actividad económica del hogar es de vivienda, la familia tiene un ingreso económico que varía entre 200 y 750 nuevos soles; la familia y la población realizan prácticas ambientales de manera errónea. 01 Estadio Municipal de Vilcabamba, 01 Puesto de Salud de Habaspata, 01 Taller don Bosco (Italianos). 01 Municipalidad distrital de Vilcabamba. 01 Casa cultural de Lavañau (Ministerio de Cultura).

c). Viviendas con Riesgo Medio: 81 predios (Lotes), son zonas con pendientes de 15° a 25°, geomorfológicamente a laderas onduladas y geológicamente están sobre el grupo Copacabana y grupo Mitu, formación Muñani. En estos sectores se encuentran viviendas con material de construcción predominantemente de ladrillo y su estado de conservación es regular / bueno con dos servicios básicos, existe población con número de personas a nivel de lote de 4 a 6 habitantes, así mismo predomina la población con edades entre 13-15, 51-60, tienen poca organización social, así mismo tienen conocimiento limitado en temas de Gestión de Riesgos de Desastres, la localización de la edificación al peligro es mediana, la actividad económica del hogar es de vivienda / restaurante, la familia tiene un ingreso económico que varía entre 750 a 1500 nuevos soles; la familia y la población realizan prácticas ambientales de manera limitada. 01 Iglesia de Pucyura.

d). Viviendas con Riesgo Medio: 06 predios (Lotes), son zonas con pendientes mayores a 25°, geomorfológicamente encuentra en laderas abruptas y pertenecientes al grupo Copacabana y grupo Mitu. Áreas sin vegetación y bosques de eucaliptos.

En estos sectores se encuentran viviendas con material de construcción predominantemente de bloqueta y su estado de conservación es bueno con tres a más servicios básicos, existe población con número de personas a nivel de lote menores a 4 habitantes ,así mismo predomina la población con edades entre 16 y 50 años, tienen buena organización social, así mismo tienen conocimiento sin interés y con conocimiento en temas de Gestión de Riesgos de Desastres, la localización de la edificación al peligro es alejada a muy alejada, la actividad económica del hogar es de alcen/tienda, la familia tiene un ingreso económico más de 1500 nuevos soles; la familia y la población realizan prácticas ambientales de manera adecuada sin interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asencios, J., & Ato, M. (2015). Propuesta Metodológica para la Evaluación Semicuantitativa de Riesgo de Desastres con fines de Ordenamiento Territorial, en el Distrito de San Marcos, Provincia de Huari, Departamento de Ancash. Repositorio de Tesis - UNMSM. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/4400>.
- CENEPRED. (2014). Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales. Versión 02. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/257>.
- Huamán, E. S. T., Zamalloa, W. P., Revilla, R. F. P., Chuman, A. B. R., Rojas, D. S., & Pilares, W. W. (2018). Evaluación de riesgos por flujo de detritos en la quebrada Qorimachaq huayniyoq Sector APV San Antonio-APV Dignidad Nacional, Santiago-Cusco. <https://revistas.uandina.edu.pe/index.php/mastariy/article/view/177>.
- INGEMMET. (2020). Evaluación de peligros geológicos en las quebradas del Diablo y Caramolle en Tacna. Región Tacna, provincia Tacna, Alto de la Alianza y Ciudad Nueva. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET. <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2780>.
- Maldonado, F., Agüero, L., Mendoza, G. (2018). “Evaluación de Riesgo por Flujo de Detrito en la ciudad de Calca – Cusco”. Centro “Guamán Poma de Ayala”, Cusco. <https://www.revistas.unah.edu.pe/index.php/puriq/article/view/16>.
- Meza, M., Rodríguez, A., Corvacho, O., & Tapia, A. (2014). Análisis Morfométrico de Microcuencas Afectadas por Flujos de Detritos Bajo Precipitación Intensa en la Quebrada de Camiña, Norte Grande de Chile. *Diálogo andino*, 44, 15-24. <https://doi.org/10.4067/S0719-26812014000200003>.

Pagaza Castillo, E. M. (2021). Evaluación de riesgos por sismo, flujo de detritos e inundación en el asentamiento humano 03 de octubre, en Chosica, Distrito de Lurigancho, Lima. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4552>.

Pagaza, E. (2021). Evaluación de riesgos por sismo, flujo de detritos e inundación en el asentamiento humano 03 de octubre, en Chosica, Distrito de Lurigancho, Lima. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4552>.

Sepúlveda Bello, A., & Patiño Franco, J. (2016). Metodología para la evaluación de riesgo por flujo de detritos detonados por lluvia. https://www.lareferencia.info/vufind/Record/CO_b676a3a79852a061bb86b53743bea9cb.

Sepúlveda, A., Patiño Franco, J., & Rodríguez Pineda, C. E. (2016). Metodología para evaluación de riesgo por flujo de detritos detonados por lluvia: caso Útica, Cundinamarca, Colombia. Obras y proyectos, (20), 31-43. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-28132016000200003&script=sci_arttext.

Ingenmet (1999). Boletín N° 127 Serie A Carta Geológica Nacional de geología de los Cuadrángulos de Quillabamba y Machupicchu (1999). <https://repositorio.ingenmet.gob.pe/handle/20.500.12544/3116>

Ingenmet (2020). Evaluación de Riesgos por Flujo de Detritos en el Margen Derecho e Izquierdo de la Quebrada Chaquihuaycco en la Localidad de Chilcas del Distrito de Chilcas - Provincia de la Mar – Departamento de Ayacucho”. https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//9711_evaluacion-de-riesgos-por-flujo-de-detritos-en-el-margen-izquierdo-y-derecho-de-la-quebrada-chaquihuaycco-en-la-localidad-de-chilca-distrito-de-chilca.pdf

ANEXOS

Fotografía 73. *Vista del cauce de quebrada huaychaumarca en la parte alta*

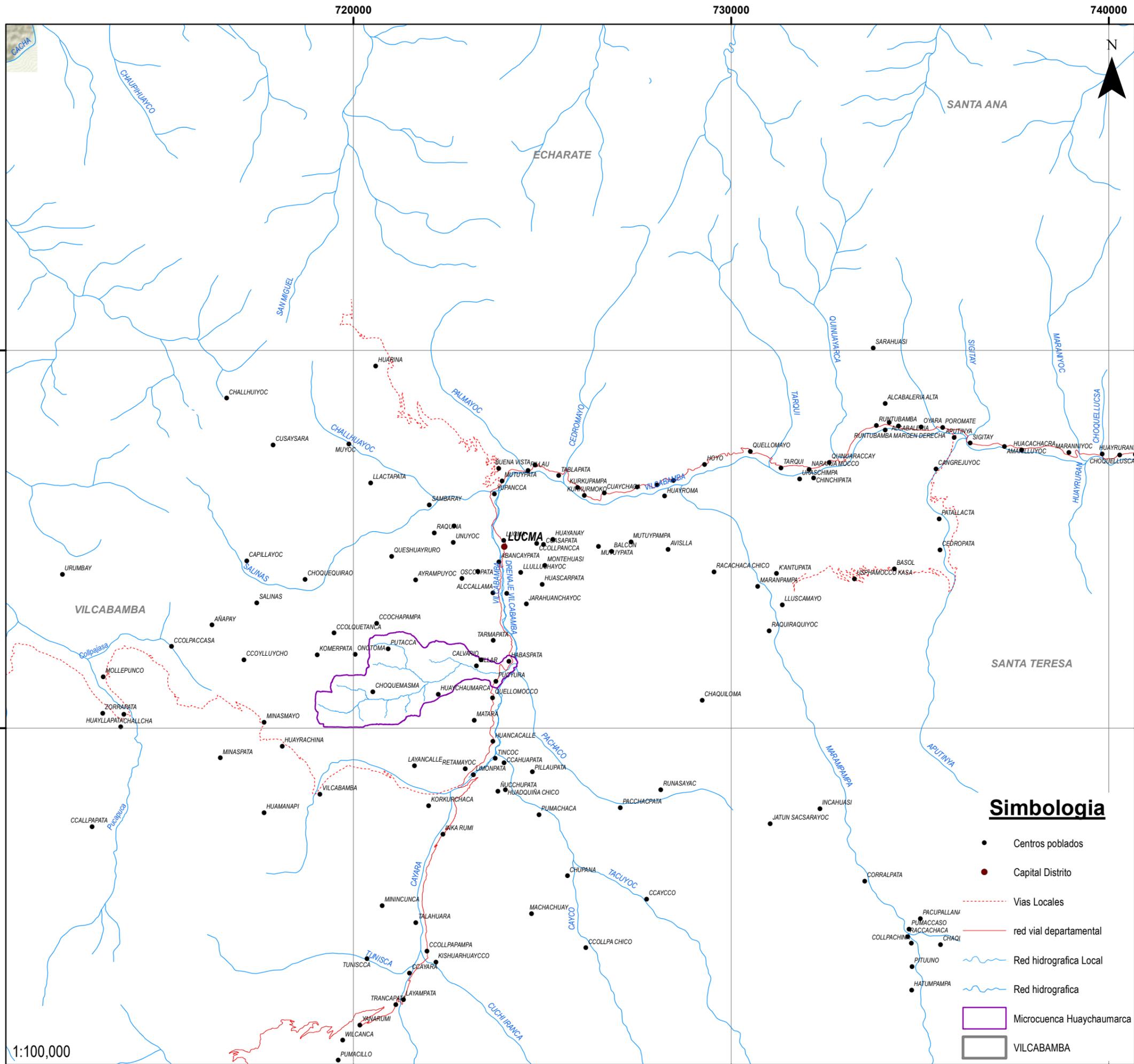


Fotografía 74. *Vista del cauce de quebrada huaychaumarca en la parte media*



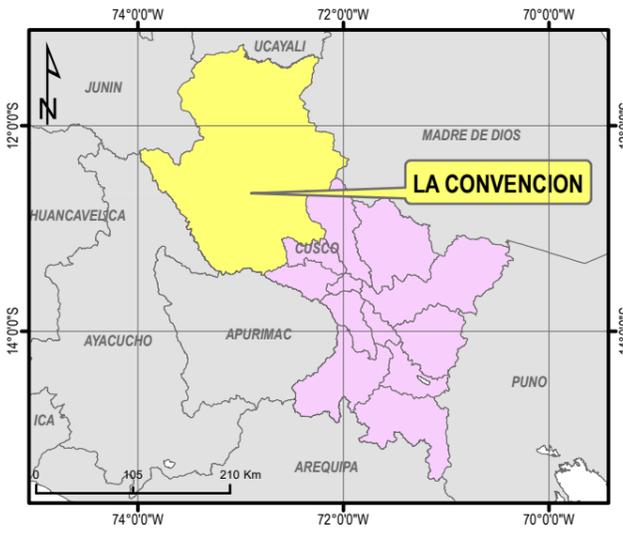
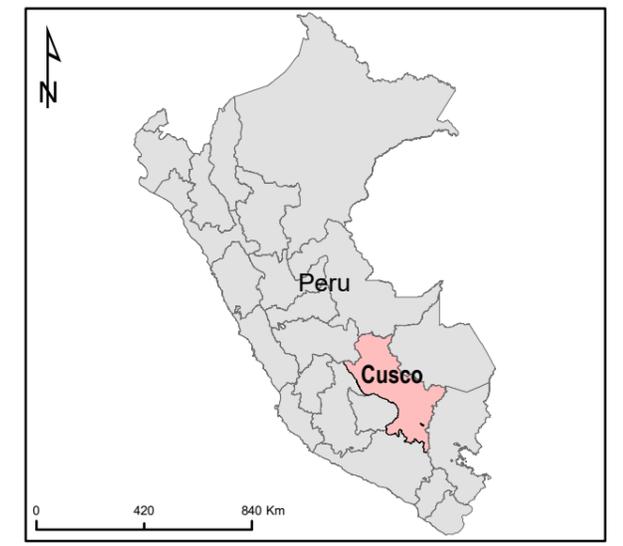
Fotografía 75. *Vista del cauce de quebrada huaychaumarca en la parte baja.*



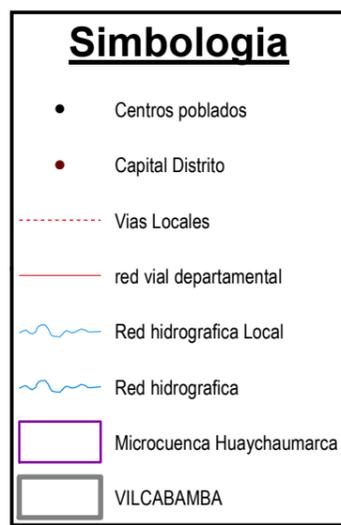
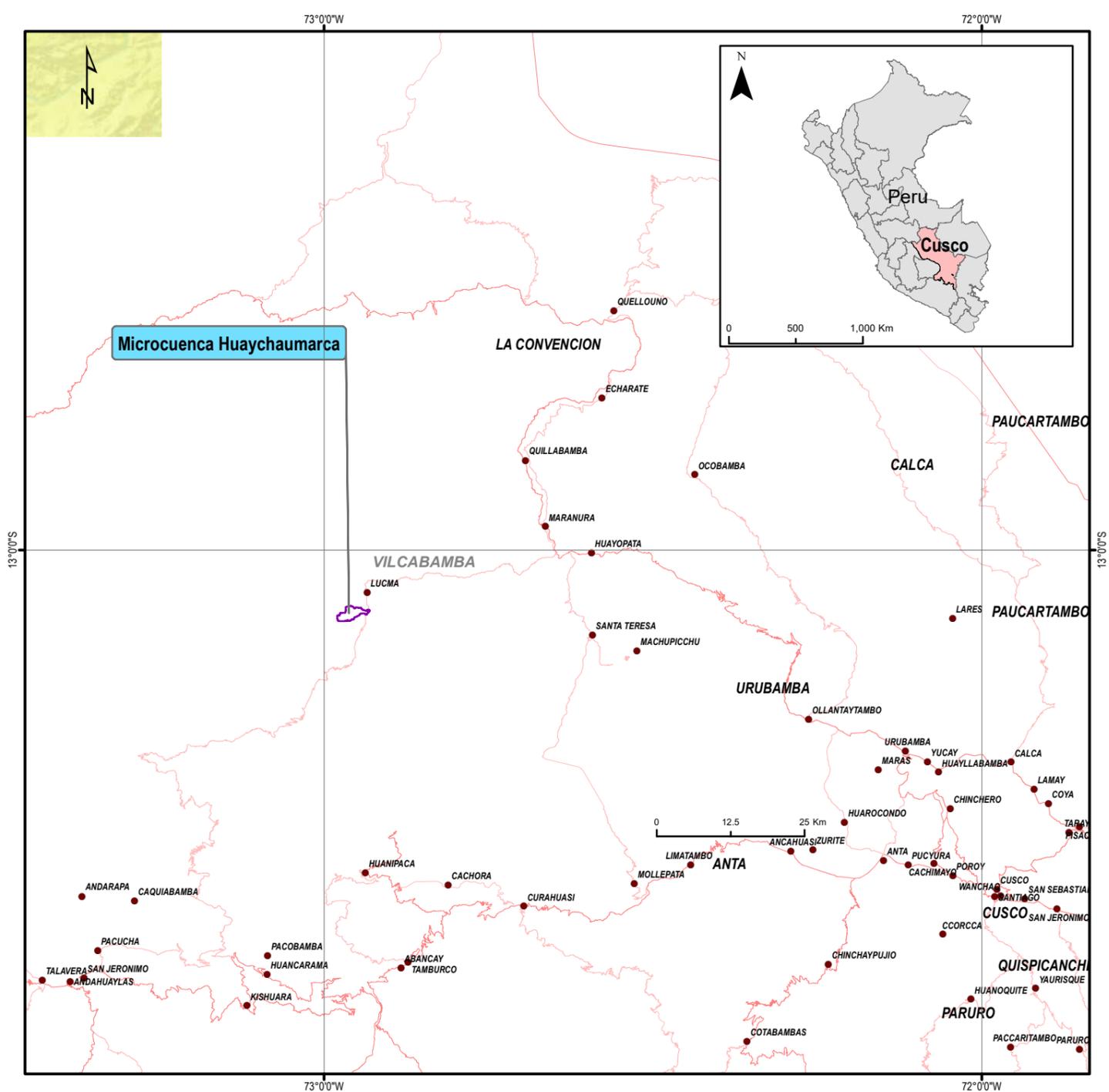
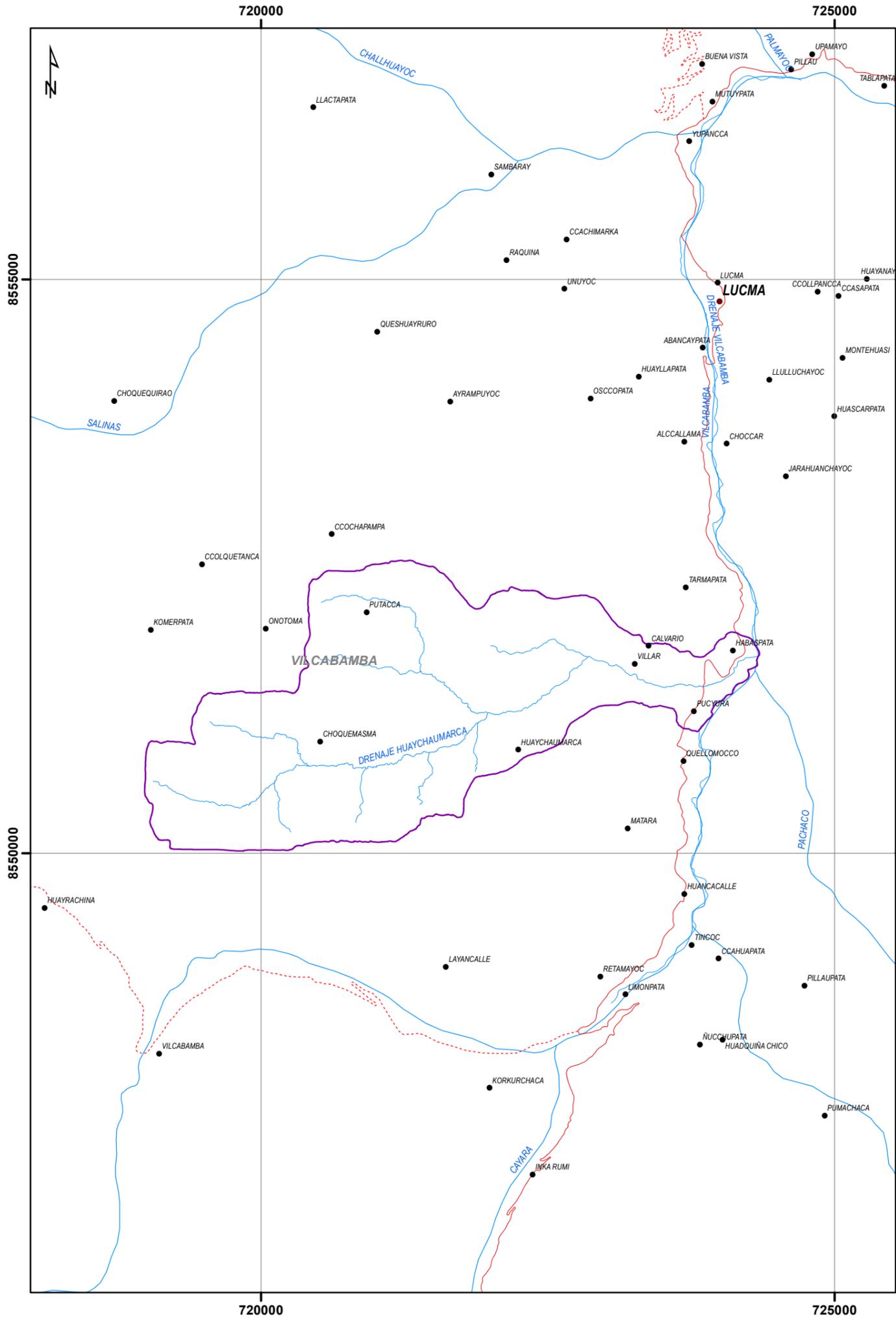


Simbología

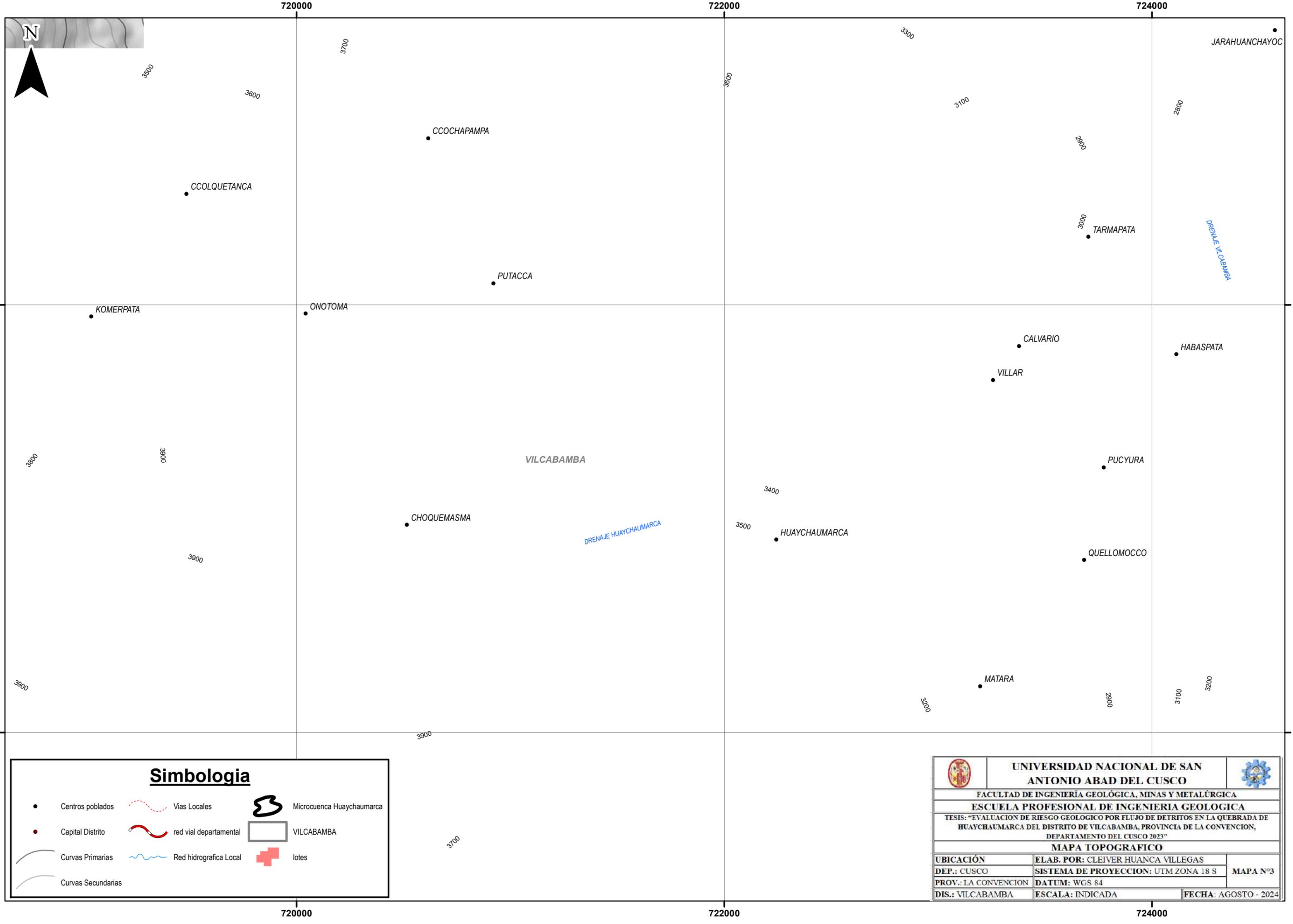
- Centros poblados
- Capital Distrito
- Vias Locales
- red vial departamental
- ~ Red hidrografica Local
- ~ Red hidrografica
- ▭ Microcuenca Huaychaumarca
- ▭ VILCABAMBA



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO 	
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
TESIS: "EVALUACION DE RIESGO GEOLOGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023"	
MAPA DE UBICACIÓN	
UBICACIÓN	ELAB. POR: CLEIVER HUANCA VILLEGAS
DEP.: CUSCO	SISTEMA DE PROYECCION: UTM ZONA 18 S
PROV.: LA CONVENCION	DATUM: WGS 84
DIS.: VILCABAMBA	ESCALA: INDICADA
MAPA Nº 1 FECHA: AGOSTO - 2024	



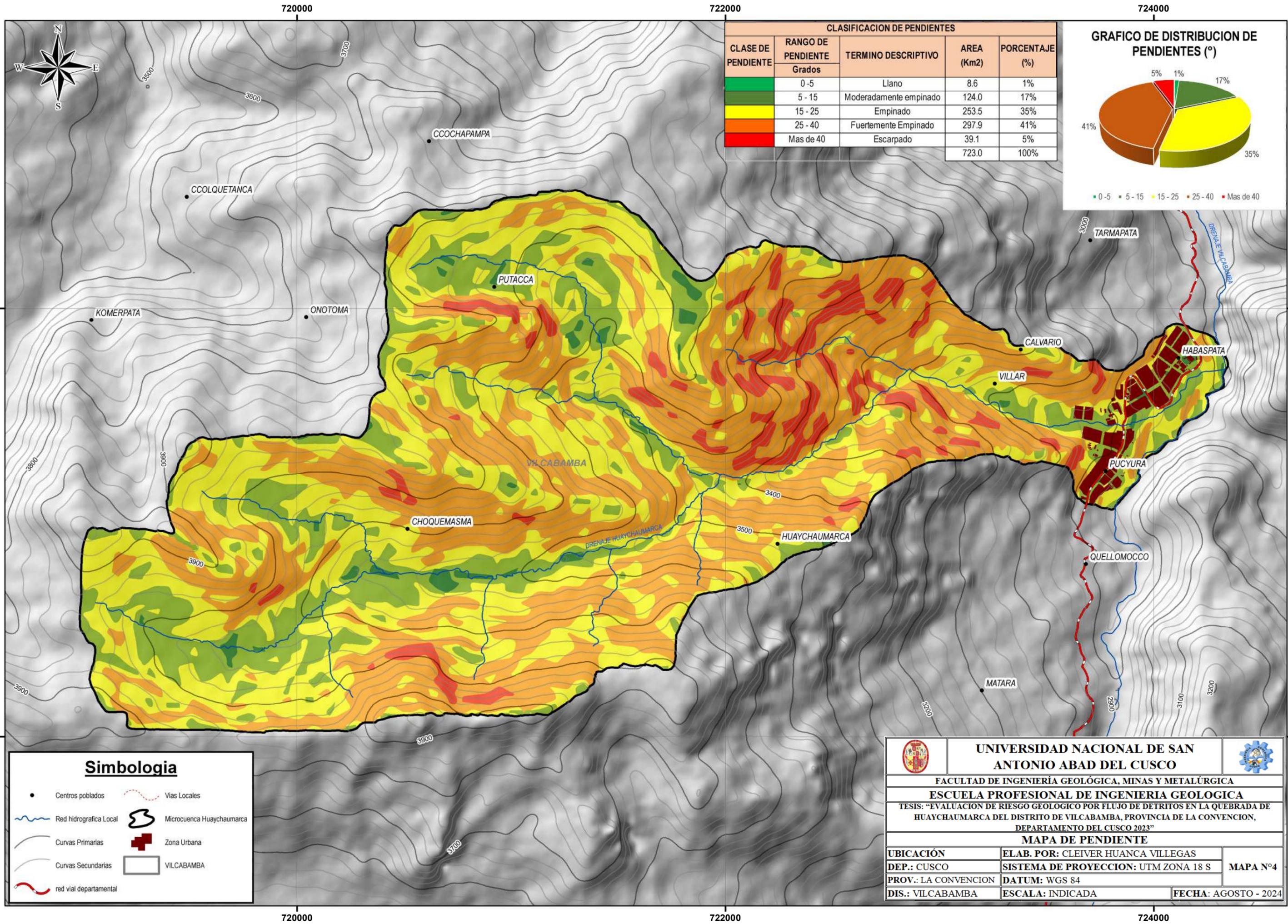
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
TESIS: "EVALUACION DE RIESGO GEOLOGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023"		
MAPA DE ACCESIBILIDAD		
UBICACIÓN	ELAB. POR: CLEIVER HUANCA VILLEGAS	MAPA N°2
DEP.: CUSCO	SISTEMA DE PROYECCION: UTM ZONA 18 S	
PROV.: LA CONVENCION	DATUM: WGS 84	
DIS.: VILCABAMBA	ESCALA: INDICADA	FECHA: AGOSTO - 2024



Simbologia

- Centros poblados
- Capital Distrito
- Curvas Primarias
- Curvas Secundarias
- Vias Locales
- red vial departamental
- Red hidrografica Local
- Microcuenca Huaychaumarca
- VILCABAMBA
- lotes

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TESIS: "EVALUACION DE RIESGO GEOLOGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023"			
MAPA TOPOGRAFICO			
UBICACIÓN	ELAB. POR: CLEIVER HUANCA VILLEGAS		
DEP.: CUSCO	SISTEMA DE PROYECCION: UTM ZONA 18 S	MAPA N°3	
PROV.: LA CONVENCIÓN	DATUM: WGS 84		
DIS.: VILCABAMBA	ESCALA: INDICADA	FECHA: AGOSTO - 2024	



CLASIFICACION DE PENDIENTES				
CLASE DE PENDIENTE	RANGO DE PENDIENTE	TERMINO DESCRIPTIVO	AREA (Km2)	PORCENTAJE (%)
	Grados			
	0 - 5	Llano	8.6	1%
	5 - 15	Moderadamente empinado	124.0	17%
	15 - 25	Empinado	253.5	35%
	25 - 40	Fuertemente Empinado	297.9	41%
	Mas de 40	Escarpado	39.1	5%
			723.0	100%



Simbologia

- Centros poblados
- Vias Locales
- Red hidrografica Local
- Microcuenca Huaychaumarca
- Curvas Primarias
- Zona Urbana
- Curvas Secundarias
- VILCABAMBA
- red vial departamental

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

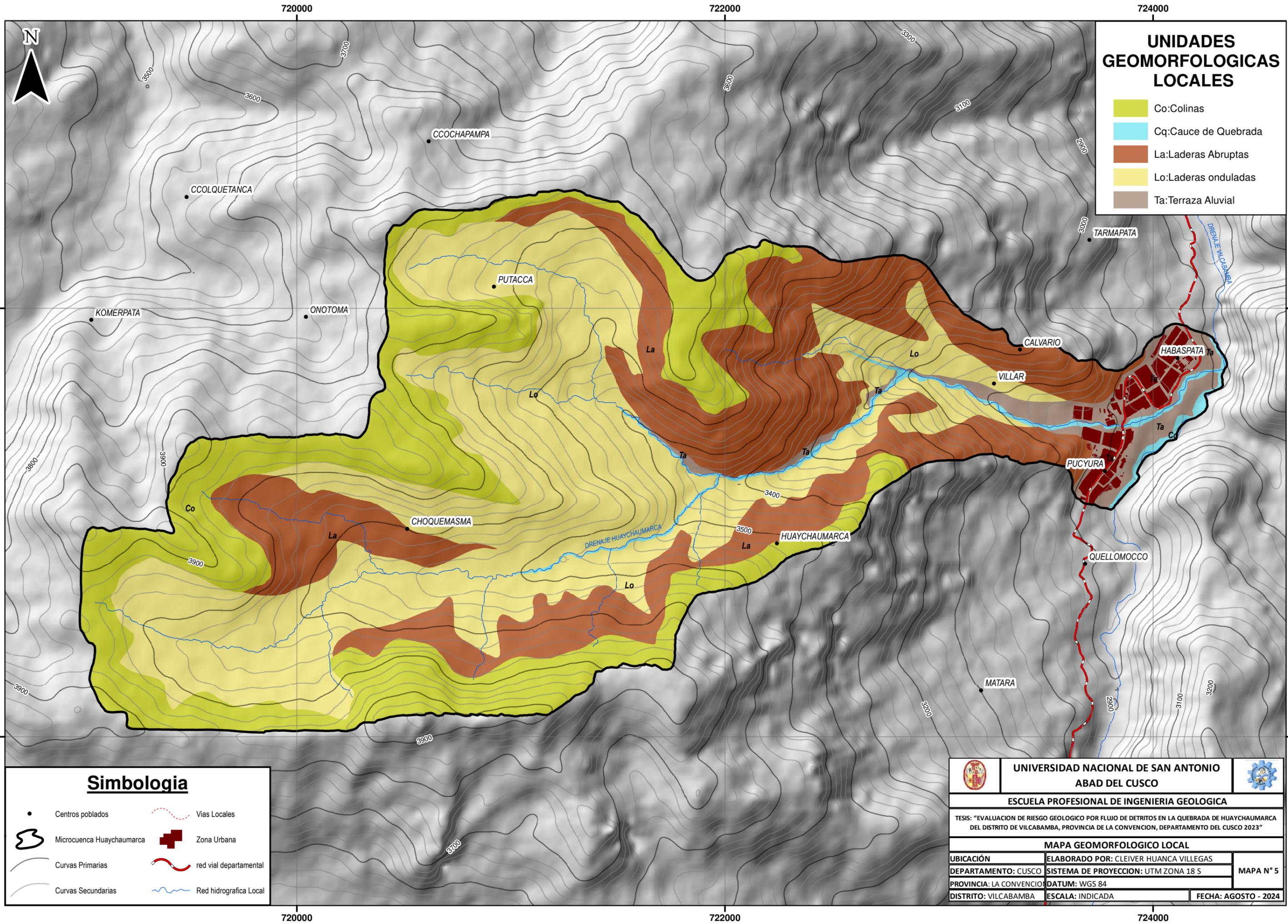
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS: "EVALUACION DE RIESGO GEOLOGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023"

MAPA DE PENDIENTE

UBICACIÓN	ELAB. POR: CLEIVER HUANCA VILLEGAS	MAPA N°4
DEP.: CUSCO	SISTEMA DE PROYECCION: UTM ZONA 18 S	
PROV.: LA CONVENCIÓN	DATUM: WGS 84	
DIS.: VILCABAMBA	ESCALA: INDICADA	FECHA: AGOSTO - 2024



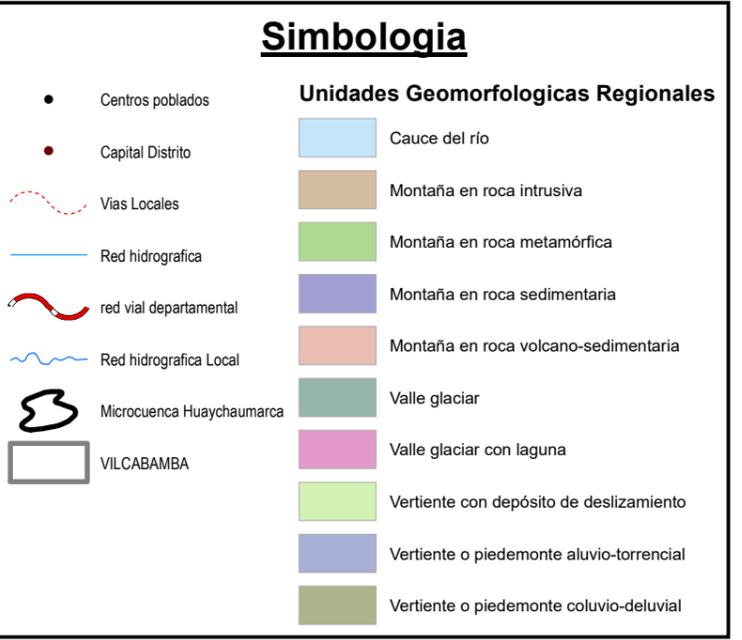
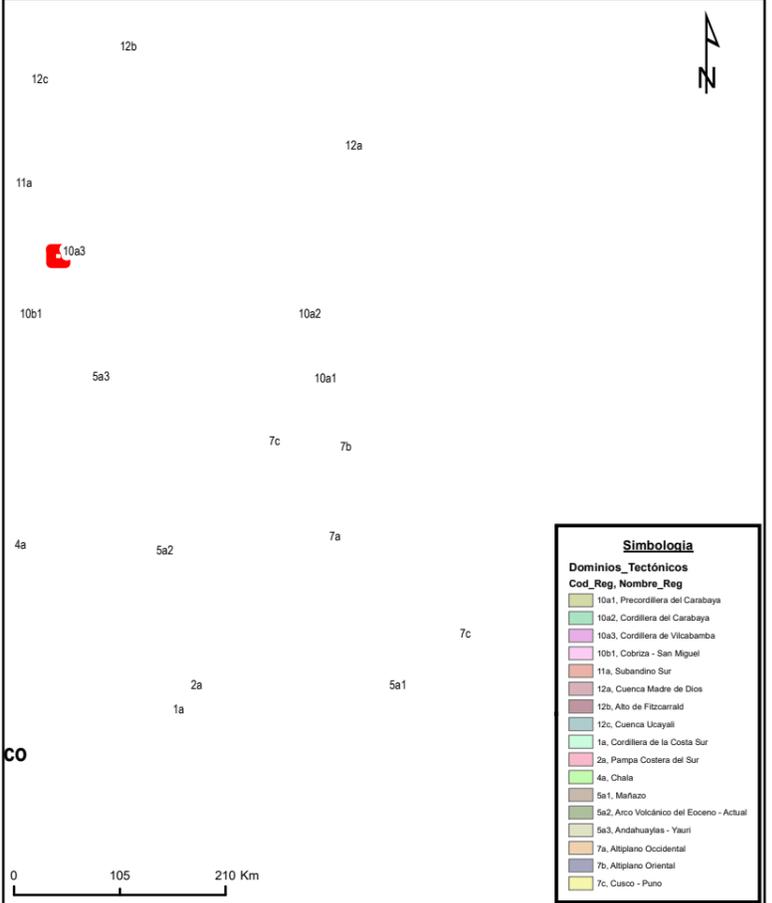
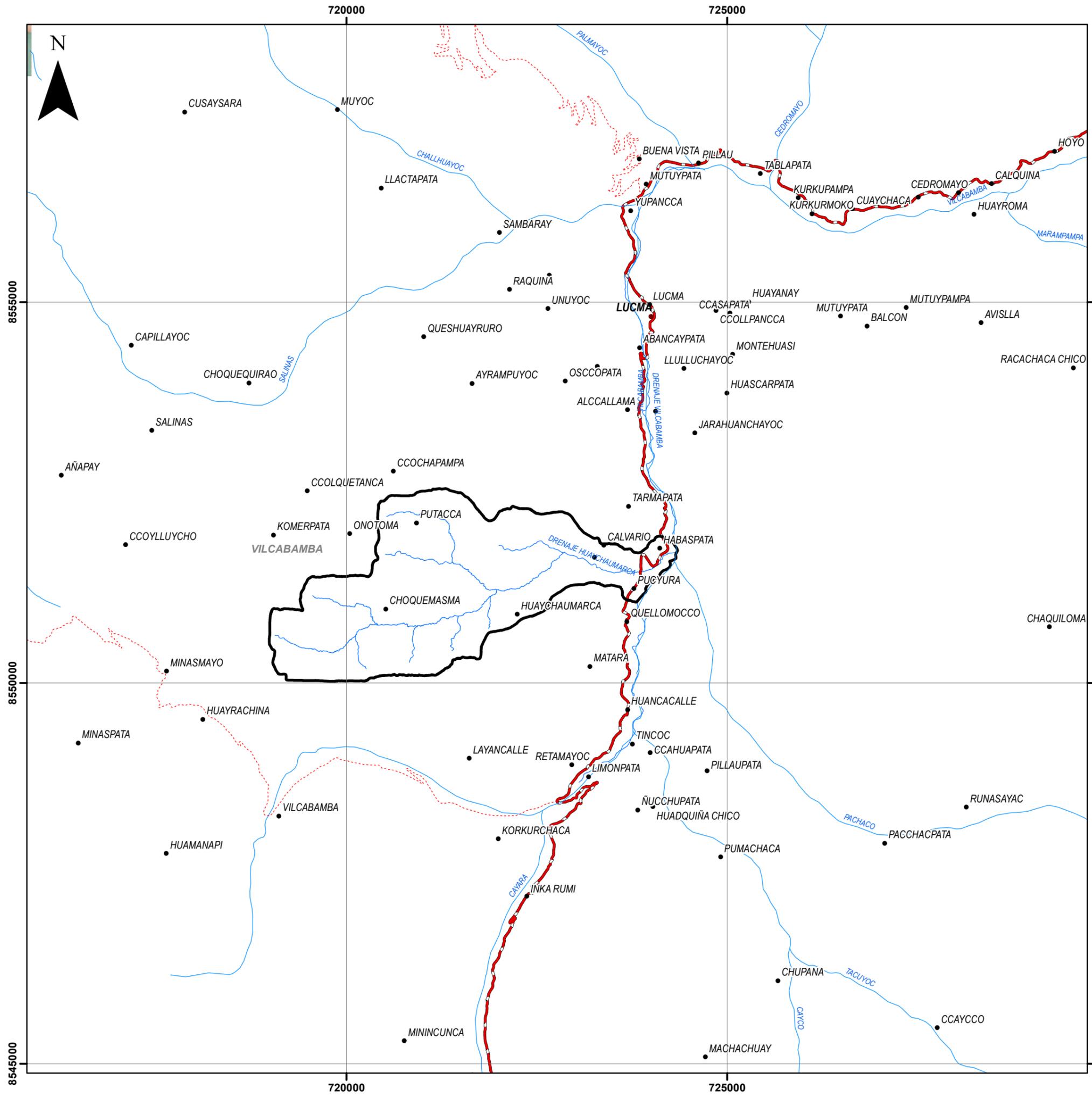
UNIDADES GEOMORFOLOGICAS LOCALES

- Co:Colinas
- Cq:Cauce de Quebrada
- La:Laderas Abruptas
- Lo:Laderas onduladas
- Ta:Terraza Aluvial

Simbologia

- Centros poblados
- Vias Locales
- Zona Urbana
- red vial departamental
- Red hidrografica Local
- Curvas Primarias
- Curvas Secundarias

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
TESIS: "EVALUACION DE RIESGO GEOLOGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023"		
MAPA GEOMORFOLOGICO LOCAL		
UBICACIÓN	ELABORADO POR: CLEIVER HUANCA VILLEGAS	MAPA N° 5
DEPARTAMENTO: CUSCO	SISTEMA DE PROYECCION: UTM ZONA 18 S	
PROVINCIA: LA CONVENCION	DATUM: WGS 84	
DISTRITO: VILCABAMBA	ESCALA: INDICADA	FECHA: AGOSTO - 2024



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TESIS: "EVALUACION DE RIESGO GEOLOGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023"			
MAPA GEOMORFOLOGICO REGIONAL			
UBICACIÓN	ELAB. POR: CLEIVER HUANCA VILLEGAS		
DEP.: CUSCO	SISTEMA DE PROYECCION: UTM ZONA 18 S		MAPA N°6
PROV.: LA CONVENCION	DATUM: WGS 84		
DIS.: VILCABAMBA	ESCALA: INDICADA	FECHA: AGOSTO - 2024	

720000

722000

724000

LEYENDA GEOLOGICA

EONOTEMA	ERATEMA	SISTEMA	SERIE	GRUPO	FORMACION	SIMBOLOGIA	CODIGO	LITOLOGIA
FANEROZOICO	MESOZOICO	TRIASICO-JURASICO	INFERIOR-SUPERIOR	GRUPO MITU			PET-m	Conformado por una secuencia conglomerádica polimictica con clastos de roca volcánica y sedimentarias englobadas en una matriz arenosa. En la zona evaluada se aprecia areniscas y limolitas rojas muy fracturadas y altamente meteorizadas
FANEROZOICO	PALEOZOICO	PERMICO	CISURALIANO	GRUPO COPACABANA			Pec-c	Conformado por intercalaciones de calizas
DEPOSITOS CUATERNARIOS								



JARAHUA... AYOC

8552000

8552000

8550000

8550000

CCOCHAPAMPA

Q-co

PUTACCA

Pec-c

PET-m

Q-co

CALVARIO

VILLAR

PET-m

HABASPATA

Q-al

Q-al

Q-flal

Q-fl

Q-al

PUCYURA

QUELLOMOCCO

CHOQUEMASMA

DRENAJE HUAYCHAUMARCA

Q-co

HUAYCHAUMARCA

KsP-mu

KsP-mu

3400

3500

MATARA

2900

3100

3200

3900

3700

Simbologia

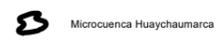
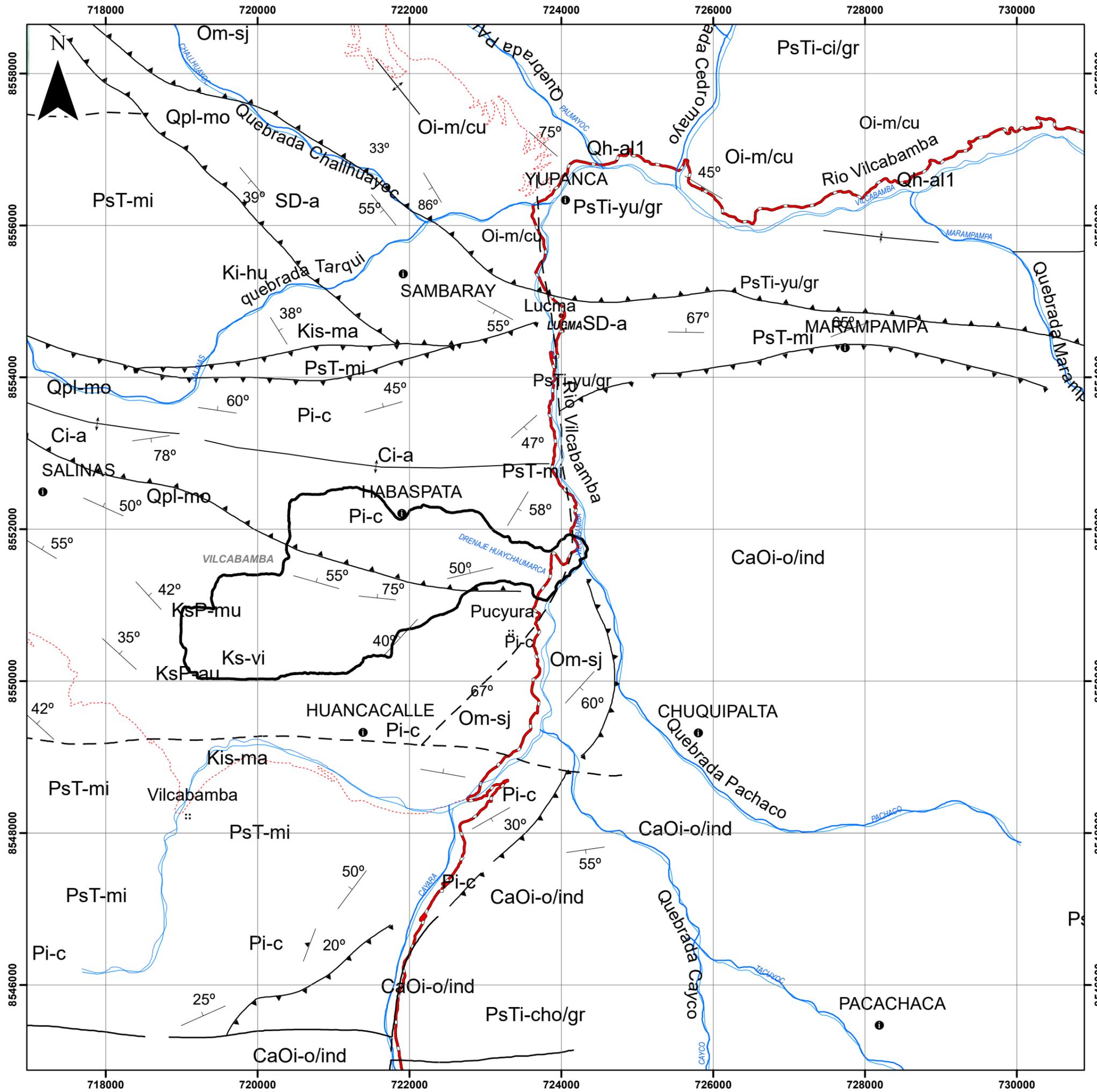
- Centros poblados
- Curvas Primarias
- Curvas Secundarias
- Microcuenca Huaychaamarca
- Vias Locales
- red vial departamental
- Red hidrografica Local

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA					
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA					
TESIS: "EVALUACION DE RIESGO GEOLOGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023"					
MAPA GEOLOGICO LOCAL					
UBICACIÓN		ELAB. POR: CLEIVER HUANCA VILLEGAS		MAPA N°7	
DEP.: CUSCO		SISTEMA DE PROYECCION: UTM ZONA 18 S			
PROV.: LA CONVENCIÓN		DATUM: WGS 84			
DIS.: VILCABAMBA		ESCALA: INDICADA			
				FECHA: AGOSTO - 2024	

720000

722000

724000

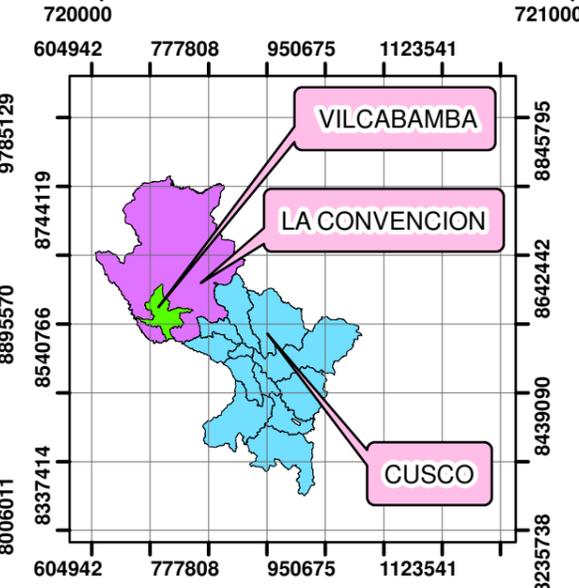
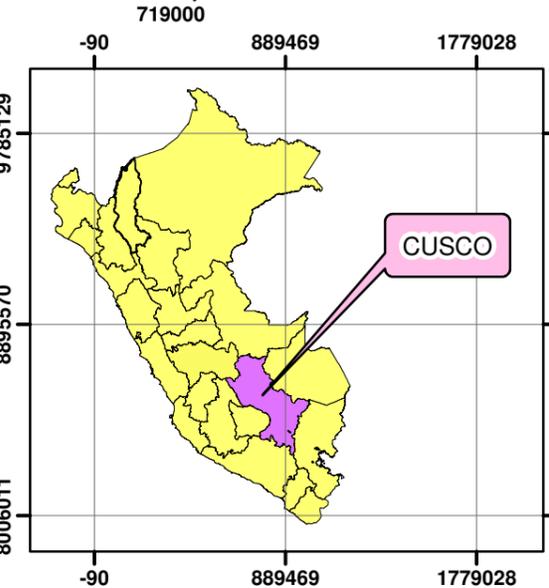
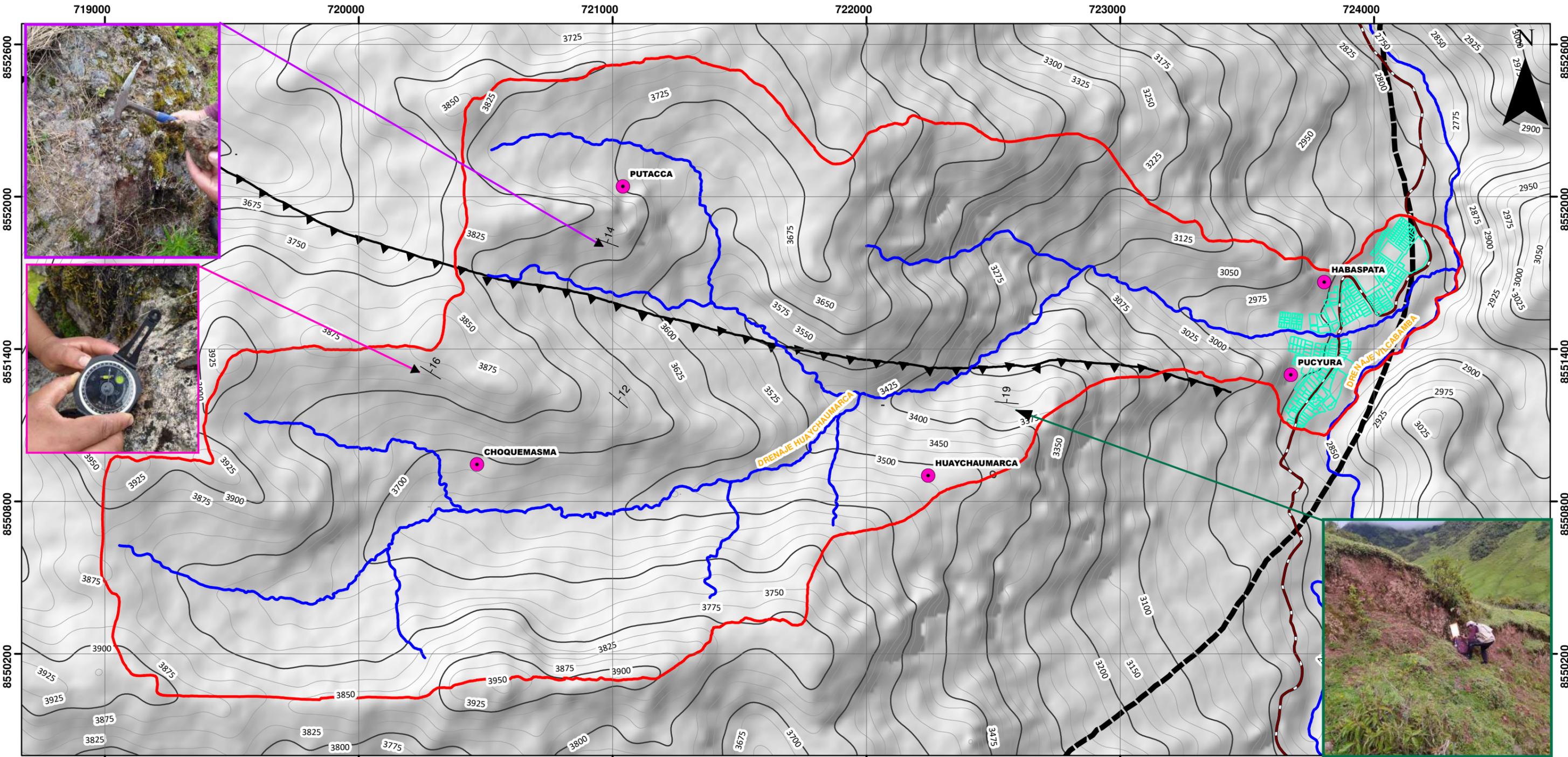


Simbologia

■	Qa : Conos aluviales
■	La : Poligono de Laguna
■	CaOi-o/ind : Gpo. Ollantaytambo
■	Ci-a : Grupo Ambo.
■	D-chu/md : I. Chucuito Taparayo, monzodiorita
■	Ki-hu : Grupo Yura - Fm. Huancane, Huallhuani.
■	Kis-ma : Gpo. Moho, Fm. Maras.
■	Ks-vi : Fm. Vilquechico
■	KsP-au : Fm. Auzangate
■	KsP-mu : Fm. Muñani, areniscas y limoarcillitas
■	Oi-m/cu : Fm. Malaga, cuarcitas, areniscas
■	Om-sj : Grupo San Jose.
■	Pi-c : Gpo. Copacabana
■	PsT-mi : Gpo. Mitu
■	PsTi-cho/gr : I. Choquetacarpó, granito
■	PsTi-ci/gr : I. Cirialo, granito
■	PsTi-yu/gr : I. Yupanca, granito
■	Qh-al1 : Dep. Aluviales 1.
■	Qh-al2 : Dep. Aluviales 2.
■	Qh-fg : Depositos Fluvioglaciares.
■	Qpl-mo : Depositos Morrenicos.
■	SD-a : Fm. Ananea

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA		
TESIS: "EVALUACION DE RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO DE DÉTRITOS EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023"		
MAPA GEOLÓGICO REGIONAL		
UBICACIÓN	ELAB. POR: CLEIVER HUANCA VILLEGAS	MAPA N°8
DEP.: CUSCO	SISTEMA DE PROYECCION: UTM ZONA 18 S	
PROV.: LA CONVENCIÓN	DATUM: WGS 84	
DIS.: VILCABAMBA	ESCALA: INDICADA	
FECHA: AGOSTO - 2024		

MAPA GEOLOGICO ESTRUCTURAL LOCAL



LEYENDA

- BUZAMIENTOS
- MICROCUENCA HUAYCHAUMARCA
- C. POBLADOS-SECTORES
- DRENAJES
- ZONA_URBANA
- RED VIA DEPARTAMENTAL
- FALLA INVERSA
- FALLA INFERIDA
- CURVAS PRIMARIAS
- CURVAS SECUNDARIAS

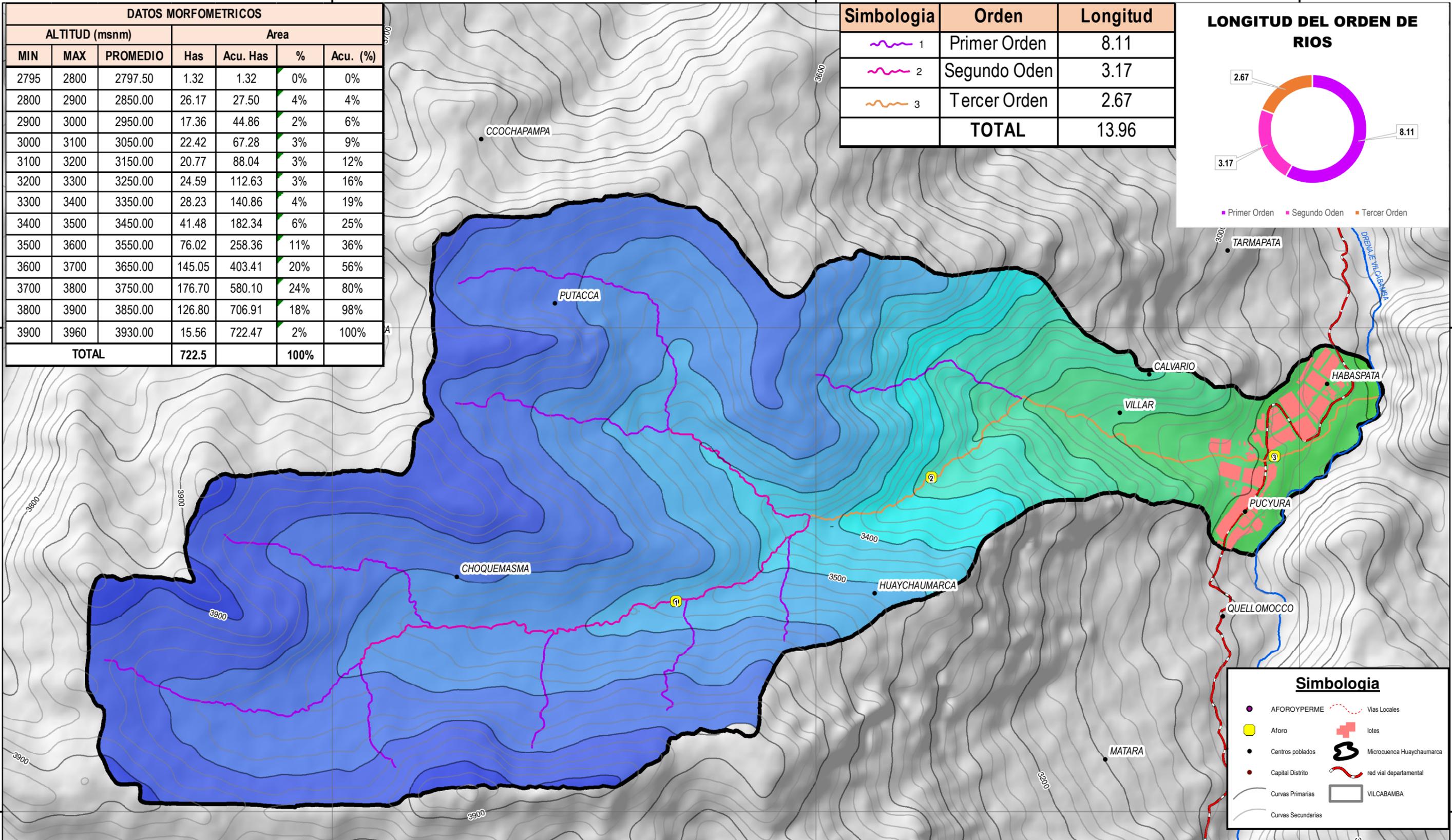
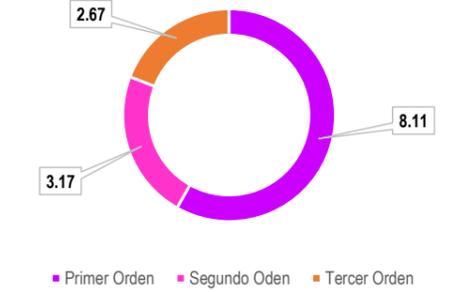


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
TESIS: "EVALUACION DE RIESGO GEOLOGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023"	
MAPA ESTRUCTURAL LOCAL	
UBICACIÓN	ELABORADO POR: CLEIVER HUANCA VILLEGAS
DEPARTAMENTO: CUSCO	SISTEMA DE PROYECCION: UTM ZONA 18 S
PROVINCIA: LA CONVENCION	DATUM: WGS 84
DISTRITO: VILCABAMBA	ESCALA: INDICADA
MAPA N° 9	
FECHA: AGOSTO - 2024	

DATOS MORFOMETRICOS						
ALTITUD (msnm)			Area			
MIN	MAX	PROMEDIO	Has	Acu. Has	%	Acu. (%)
2795	2800	2797.50	1.32	1.32	0%	0%
2800	2900	2850.00	26.17	27.50	4%	4%
2900	3000	2950.00	17.36	44.86	2%	6%
3000	3100	3050.00	22.42	67.28	3%	9%
3100	3200	3150.00	20.77	88.04	3%	12%
3200	3300	3250.00	24.59	112.63	3%	16%
3300	3400	3350.00	28.23	140.86	4%	19%
3400	3500	3450.00	41.48	182.34	6%	25%
3500	3600	3550.00	76.02	258.36	11%	36%
3600	3700	3650.00	145.05	403.41	20%	56%
3700	3800	3750.00	176.70	580.10	24%	80%
3800	3900	3850.00	126.80	706.91	18%	98%
3900	3960	3930.00	15.56	722.47	2%	100%
TOTAL			722.5		100%	

Simbologia	Orden	Longitud
1	Primer Orden	8.11
2	Segundo Orden	3.17
3	Tercer Orden	2.67
TOTAL		13.96

LONGITUD DEL ORDEN DE RIOS

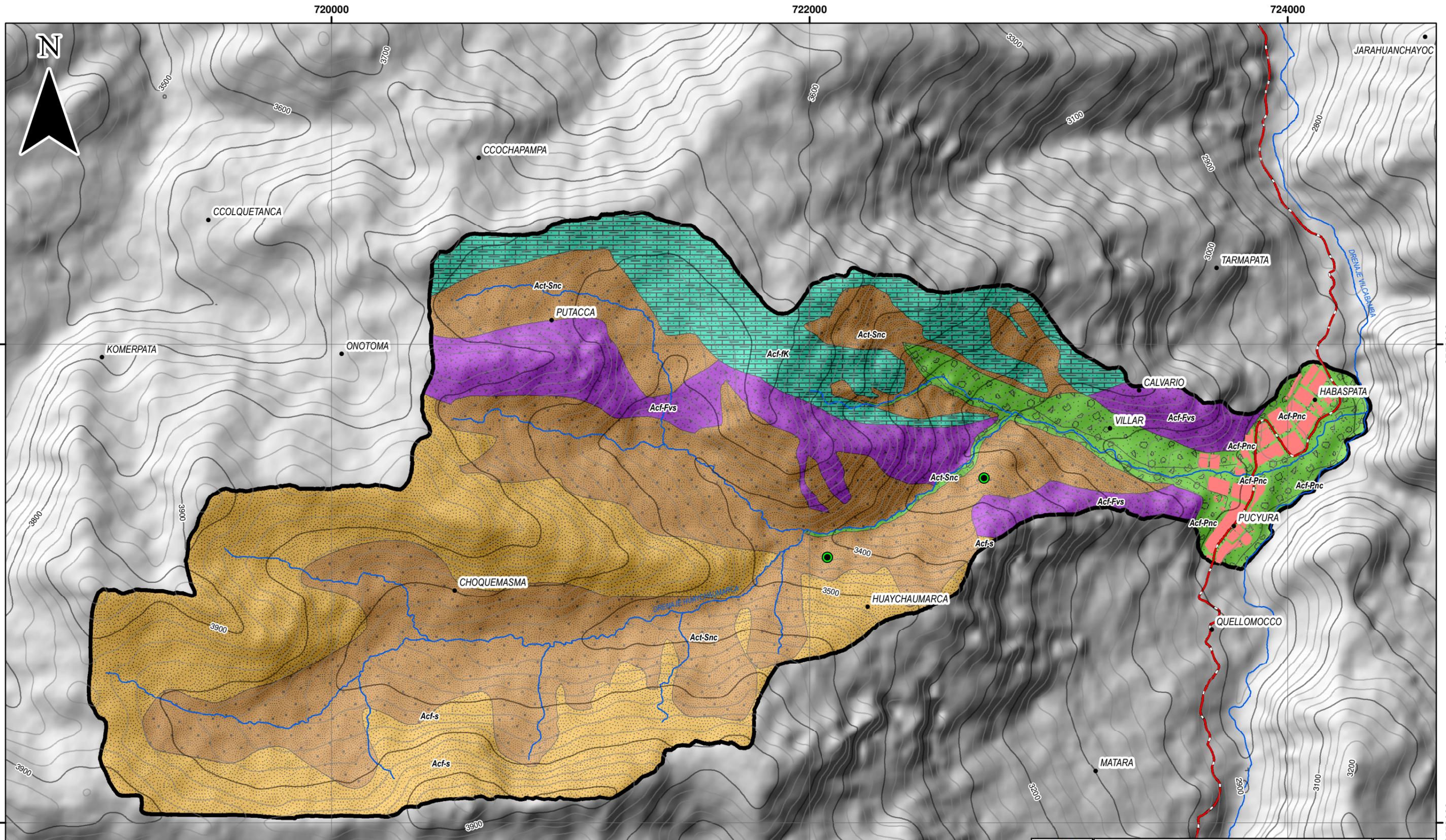


Simbologia	
	AFOROYPERME
	Aforo
	Centros poblados
	Capital Distrito
	Curvas Primarias
	Curvas Secundarias
	Vías Locales
	lotes
	Microcuenca Huaychaumarca
	red vial departamental
	VILCABAMBA

N° AFORO	COORDENADAS UTM			FECHA	HORA	CAUDAL	MODELO
	X	Y	Z				
Aforo 01	720798.61m E	8550730.12 m S	3586 msnm	20/07/2024	10:50 a. m.	2.14 m3/s	Volumétrico
Aforo 02	721517.09 m E	8551517.60 m S	3476 msnm	21/07/2024	11:15 a. m.	4.89 m3/s	Volumétrico
Aforo 03	722997.79 m E	8551649.61 m S	3030 msnm	22/07/2024	11:30 a. m.	7.83 m3/s	Volumétrico

ALTITUDES			
	AFOROYPERME		2900-3000
	2795-2800		3000-3100
	2800-2900		3100-3200
	3200-3300		3300-3400
	3500-3600		3400-3500
	3600-3700		3500-3600
	3700-3800		3600-3700
	3800-3900		3700-3800
	3900-3960		3800-3900

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
TESIS: "EVALUACION DE RIESGO GEOLOGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023"	
MAPA DE HIDROLOGICO	
UBICACIÓN	ELABORADO POR: CLEIVER HUANCA VILLEGAS
DEPARTAMENTO: CUSCO	SISTEMA DE PROYECCION: UTM ZONA 18 S
PROVINCIA: LA CONVENCIÓN	DATUM: WGS 84
DISTRITO: VILCABAMBA	ESCALA: INDICADA
FECHA: AGOSTO - 2024	



Simbología

- Permeabilidad
- Centros poblados
- Capital Distrito
- Curvas Primarias
- Curvas Secundarias
- Vias Locales
- red vial departamental
- lotes
- Microcuenca Huaychaumarca
- VILCABAMBA

LEYENDA HIDROGEOLOGICA						
UNIDAD HIDROGEOLOGICA	CLASIFICACION			DESCRIPCION LITOLOGICA	DESCRIPCION HIDROGEOLOGICA	
	TIPO	SIMBOLOGIA	CODIGO			
Acuíferos	Poroso no consolidado		Acf-Pnc	Depositos fluviales, aluviales, aluvio - fluviales.	Acuíferos de alta permeabilidad	
	Fisurado karstico		Acf-FK	Calizas moderadamente fracturadas	Tiene porosidad secundaria	
	Sedimentario		Acf-s	Fm. Muñani	Tiene porosidad primaria y secundaria	
	Acuíferos Fisurados Volcánico sedimentario		Acf-Fvs	Grupo Mitu	Tiene porosidad primaria y secundaria	
Acuitados	Sedimentarios no consolidados		Act-Snc	Depositos Coluviales	En laderas de mínimo espesor	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS: "EVALUACION DE RIESGO GEOLOGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023"

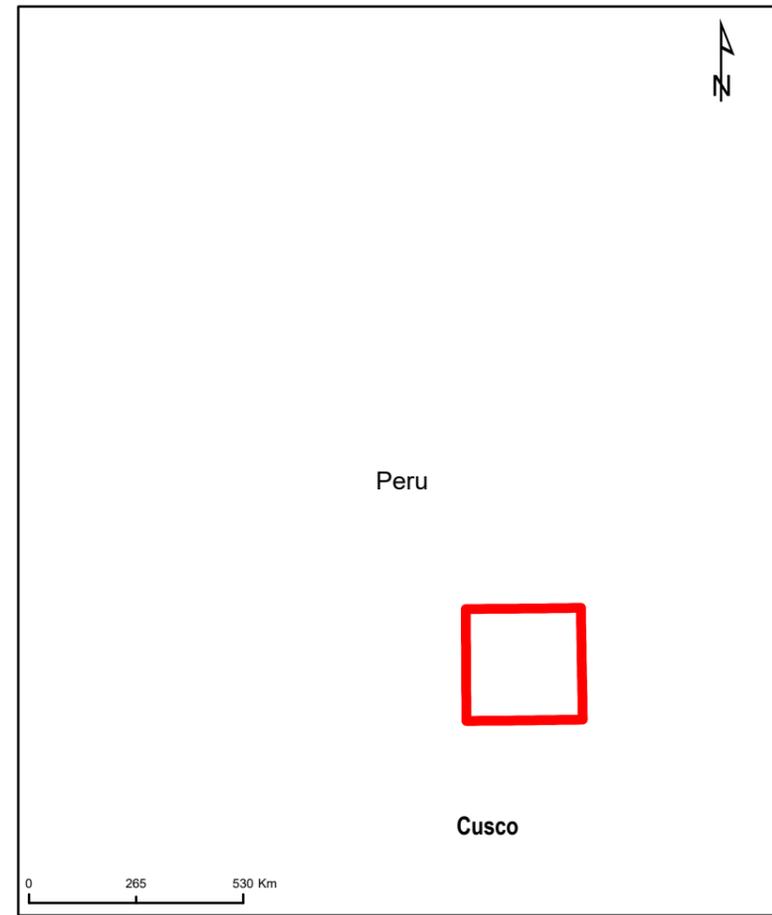
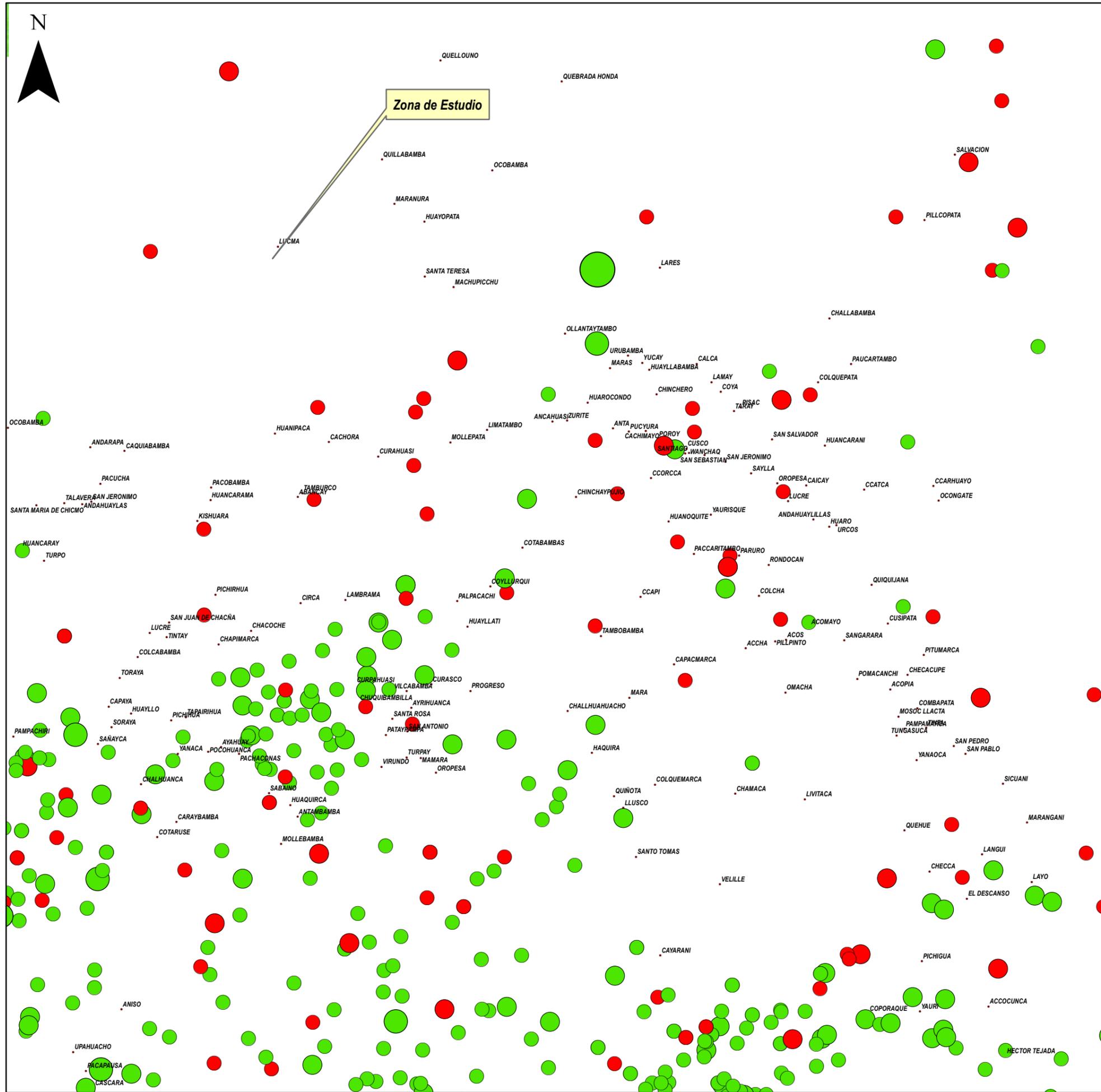
MAPA HIDROGEOLOGICO

UBICACIÓN	ELABORADO POR: CLEIVER HUANCA VILLEGAS	MAPA N° 14
DEPARTAMENTO: CUSCO	SISTEMA DE PROYECCION: UTM ZONA 18 S	
PROVINCIA: LA CONVENCIÓN	DATUM: WGS 84	
DISTRITO: VILCABAMBA	ESCALA: INDICADA	FECHA: AGOSTO - 2024

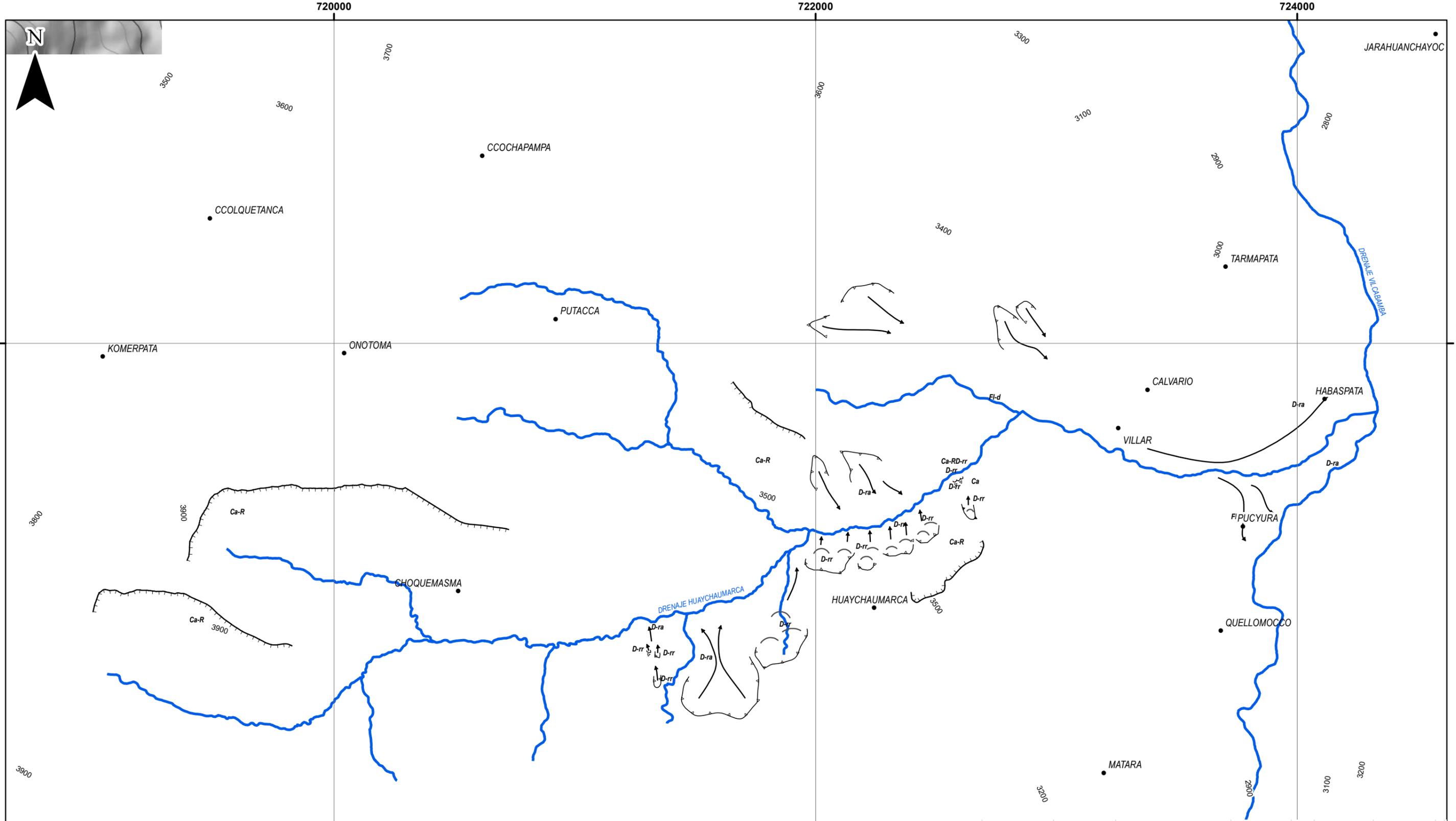
72000

722000

724000



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA		
TESIS: "EVALUACION DE RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023"		
MAPA DE GEODINAMICA INTERNA		
UBICACIÓN	ELAB. POR: CLEIVER HUANCA VILLEGAS	MAPA N°11
DEP.: CUSCO	SISTEMA DE PROYECCION: UTM ZONA 18 S	
PROV.: LA CONVENCION	DATUM: WGS 84	
DIS.: VILCABAMBA	ESCALA: INDICADA	
		FECHA: AGOSTO - 2024

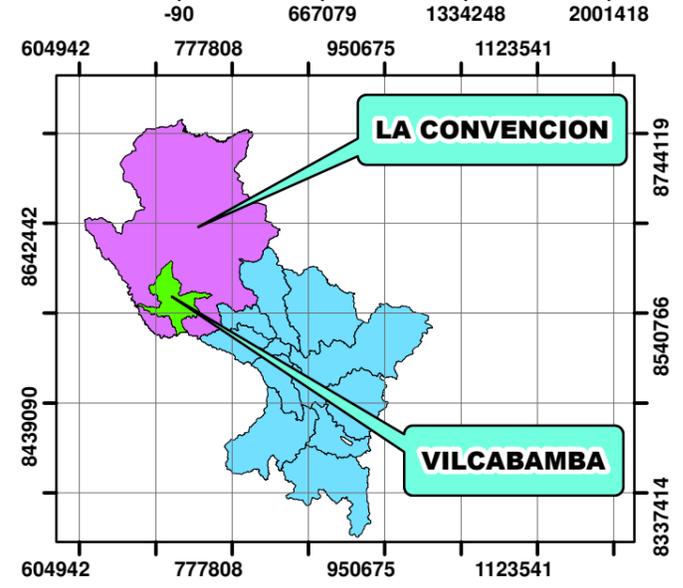
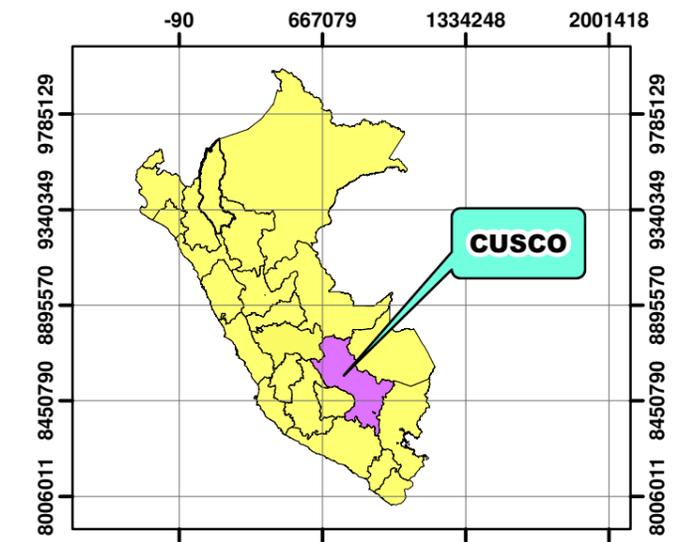
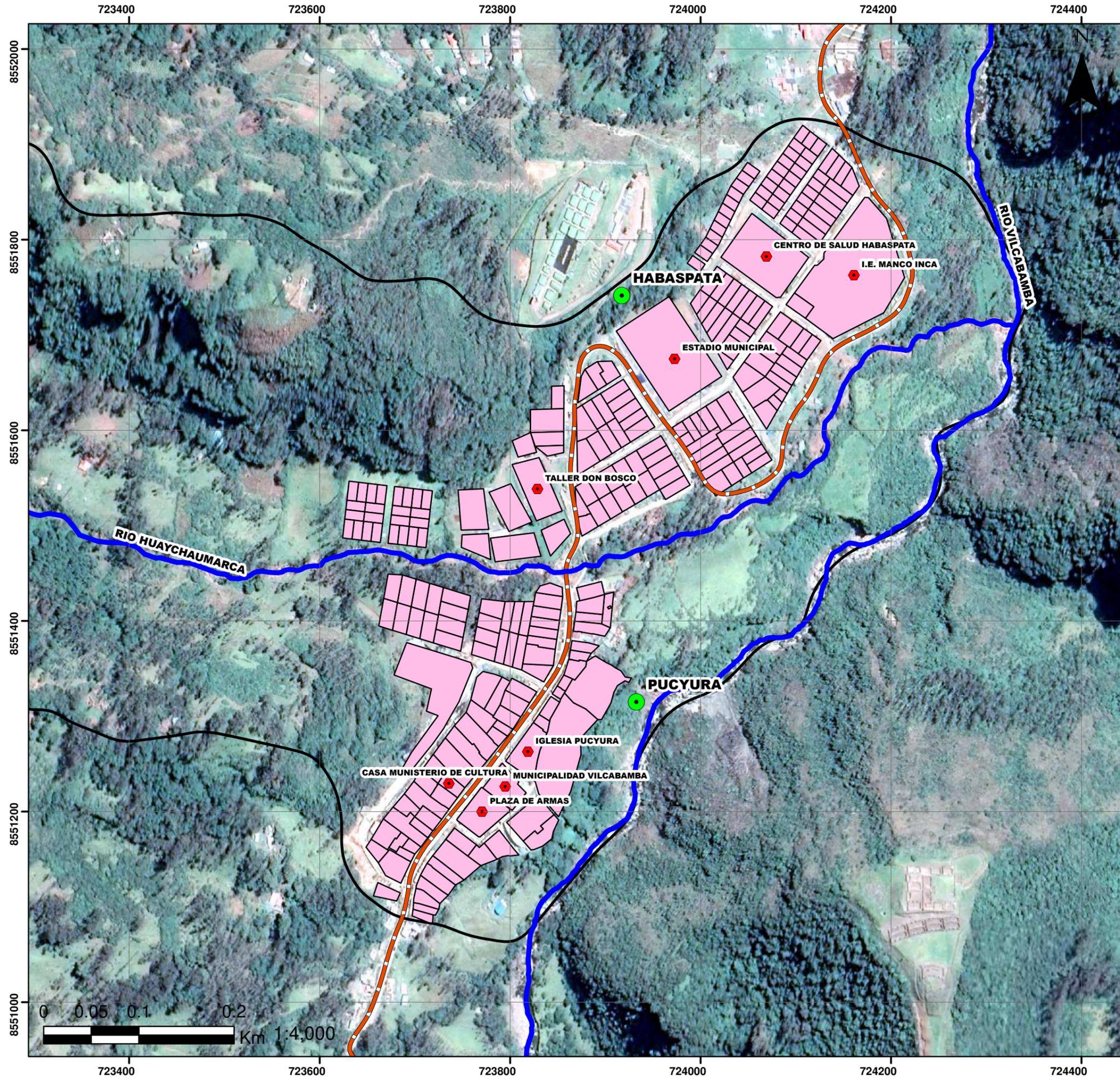


Simbología

- caida de rocas
- Grieta
- Escarpa (Activo)
- Escarpa
- Dirección
- Centros poblados
- Red hidrográfica Local
- Curvas Primarias
- Curvas Secundarias
- Vías Locales
- Zona Urbana
- red vial departamental
- Microcuenca Huaychaumarca
- Ca, Erosion de Carcava
- Ca-R, Caida de Rocas
- D-ra, Deslizamiento
- Antiguo D-rr, Deslizamiento
- Reciente FI-d, Flujo de detritos

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TESIS: "EVALUACION DE RIESGO GEOLOGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023"			
MAPA DE GEODINAMICA EXTERNA			
UBICACIÓN	ELAB. POR: CLEIVER HUANCA VILLEGAS		MAPA N°12
DEP.: CUSCO	SISTEMA DE PROYECCION: UTM ZONA 18 S		
PROV.: LA CONVENCIÓN	DATUM: WGS 84		
DIS.: VILCABAMBA	ESCALA: INDICADA	FECHA: AGOSTO - 2024	

MAPA DE ELEMENTOS EXPUESTOS



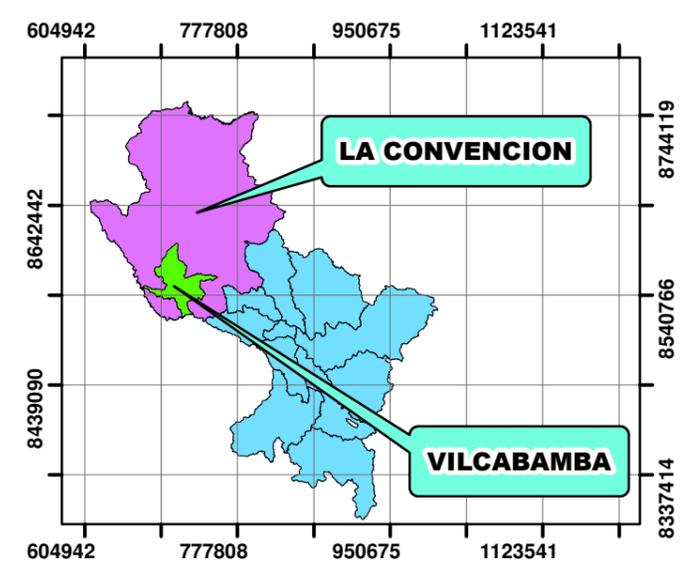
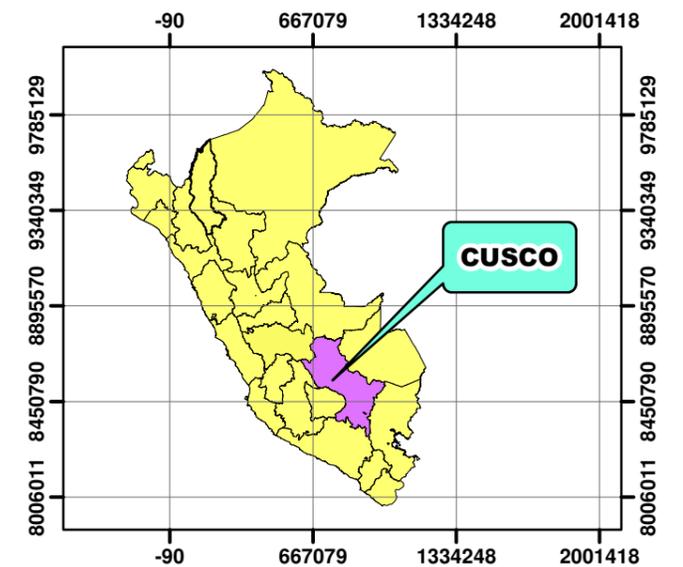
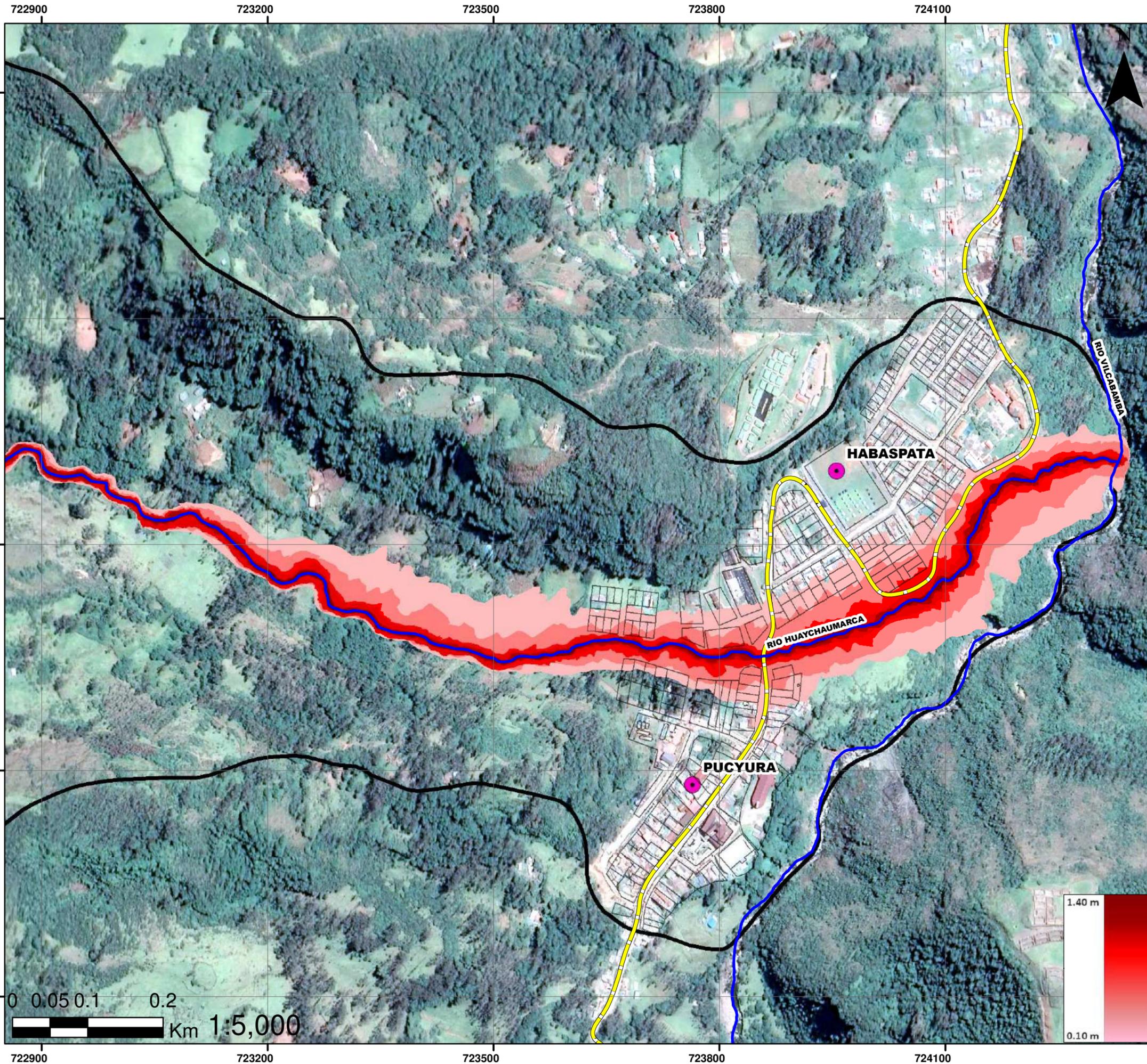
LEYENDA

-  DRENAJES
-  RED VIA DEPARTAMENTAL
-  I.E, C.S. Y OTROS
-  LOTES, PREDIOS
-  C. POBLADOS
-  MICROCUENCA

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA					
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA					
TESIS: "EVALUACION DE RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023"					
MAPA DE ELEMENTOS EXPUESTOS					
UBICACIÓN	ELAB. POR: CLEIVER HUANCA VILLEGAS				
DEP.: CUSCO	SISTEMA DE PROYECCION: UTM ZONA 18 S		MAPA N° 17		
PROV.: LA CONVENCION	DATUM: WGS 84				
DIS.: VILCABAMBA	ESCALA: INDICADA		FECHA: AGOSTO - 2024		



MAPA DE ALTURA DE FLUJO

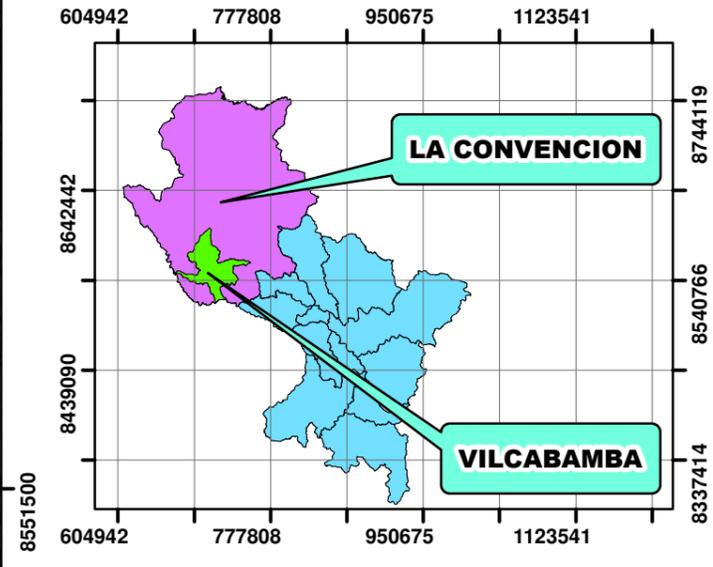
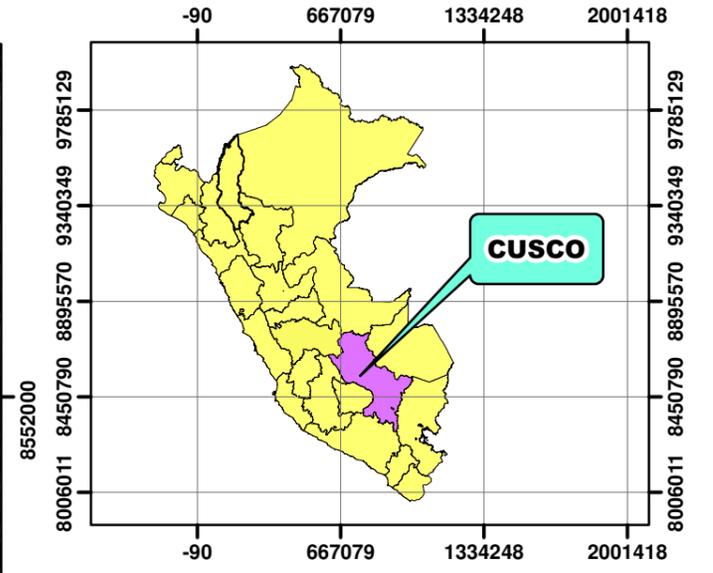
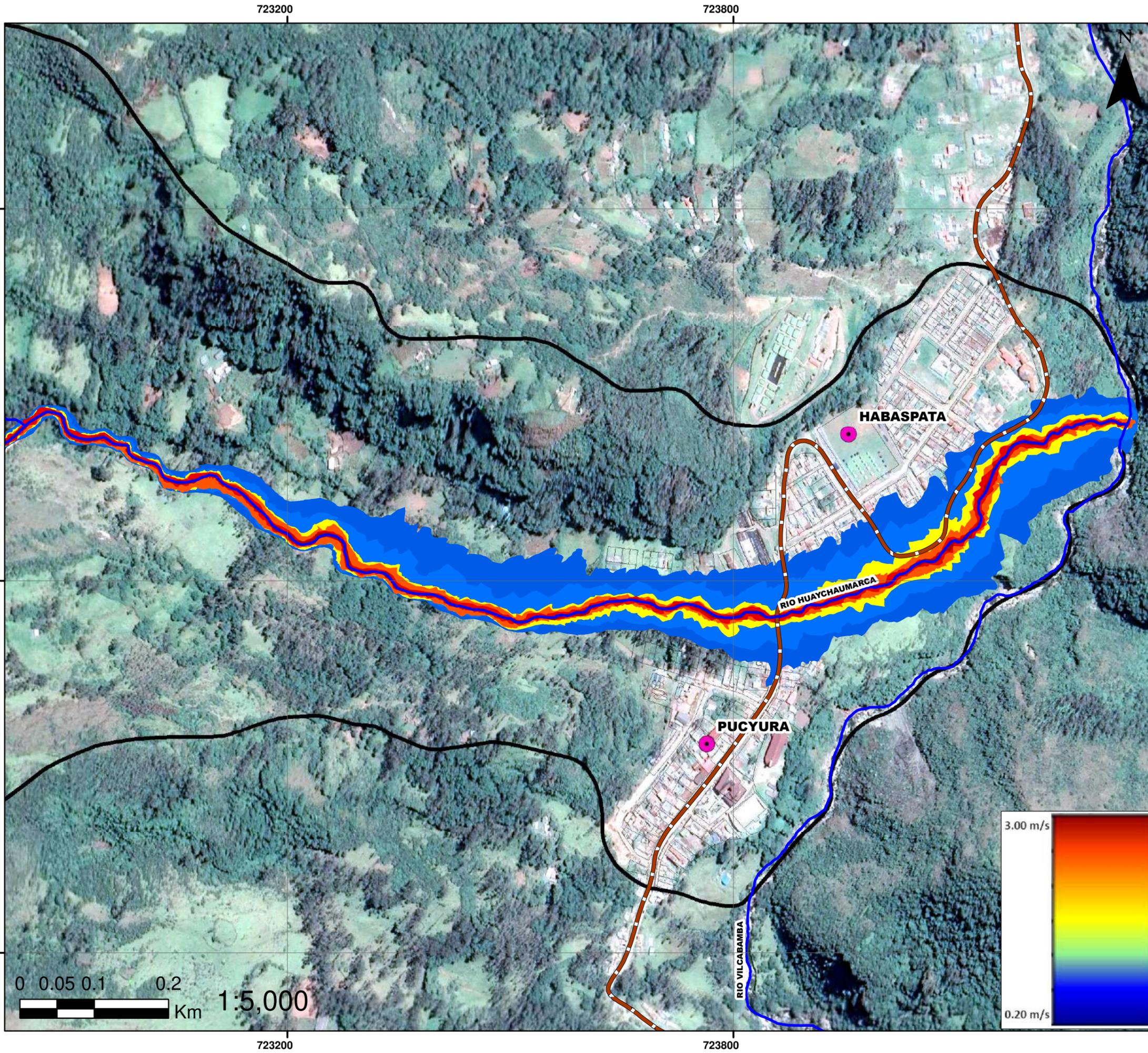


LEYENDA

- C. POBLADOS
- MICROCUENCA
- LOTES, PREDIOS
- ~ DRENAJES
- ~ RED VIAL DEPARTAMENTAL

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA		
TESIS: "EVALUACION DE RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023"		
MAPA DE ALTURA DE FLUJO		
UBICACIÓN		ELAB. POR: CLEIVER HUANCA VILLEGAS
DEP.: CUSCO	SISTEMA DE PROYECCION: UTM ZONA 18 S	MAPA N° 19
PROV.: LA CONVENCION	DATUM: WGS 84	
DIS.: VILCABAMBA	ESCALA: INDICADA	FECHA: AGOSTO - 2024

MAPA DE VELOCIDAD DE FLUJO

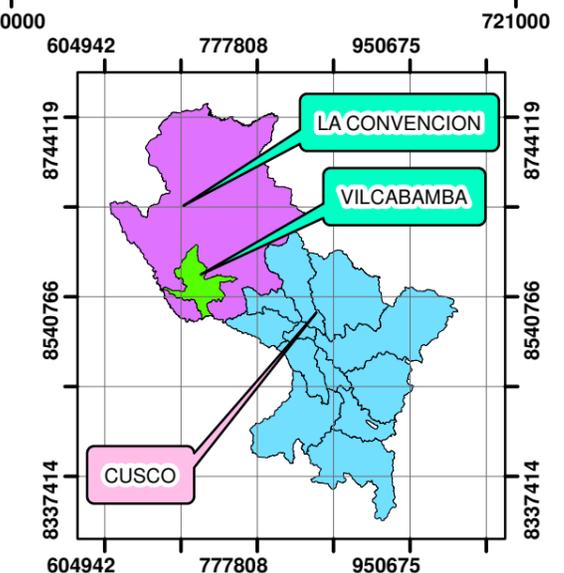
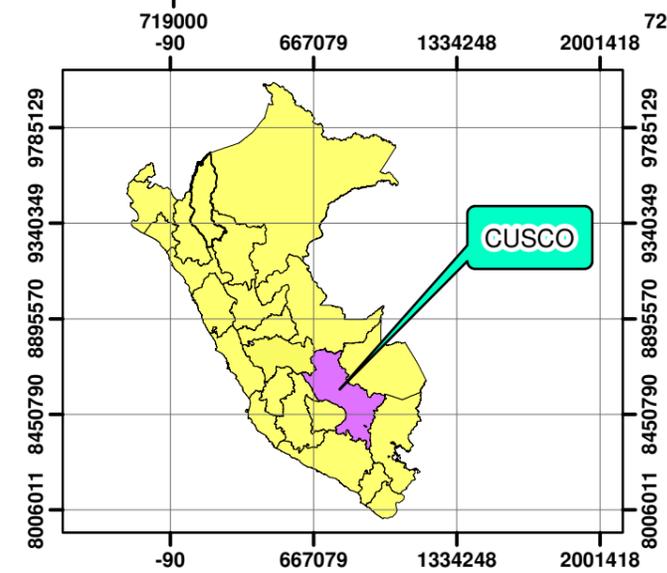
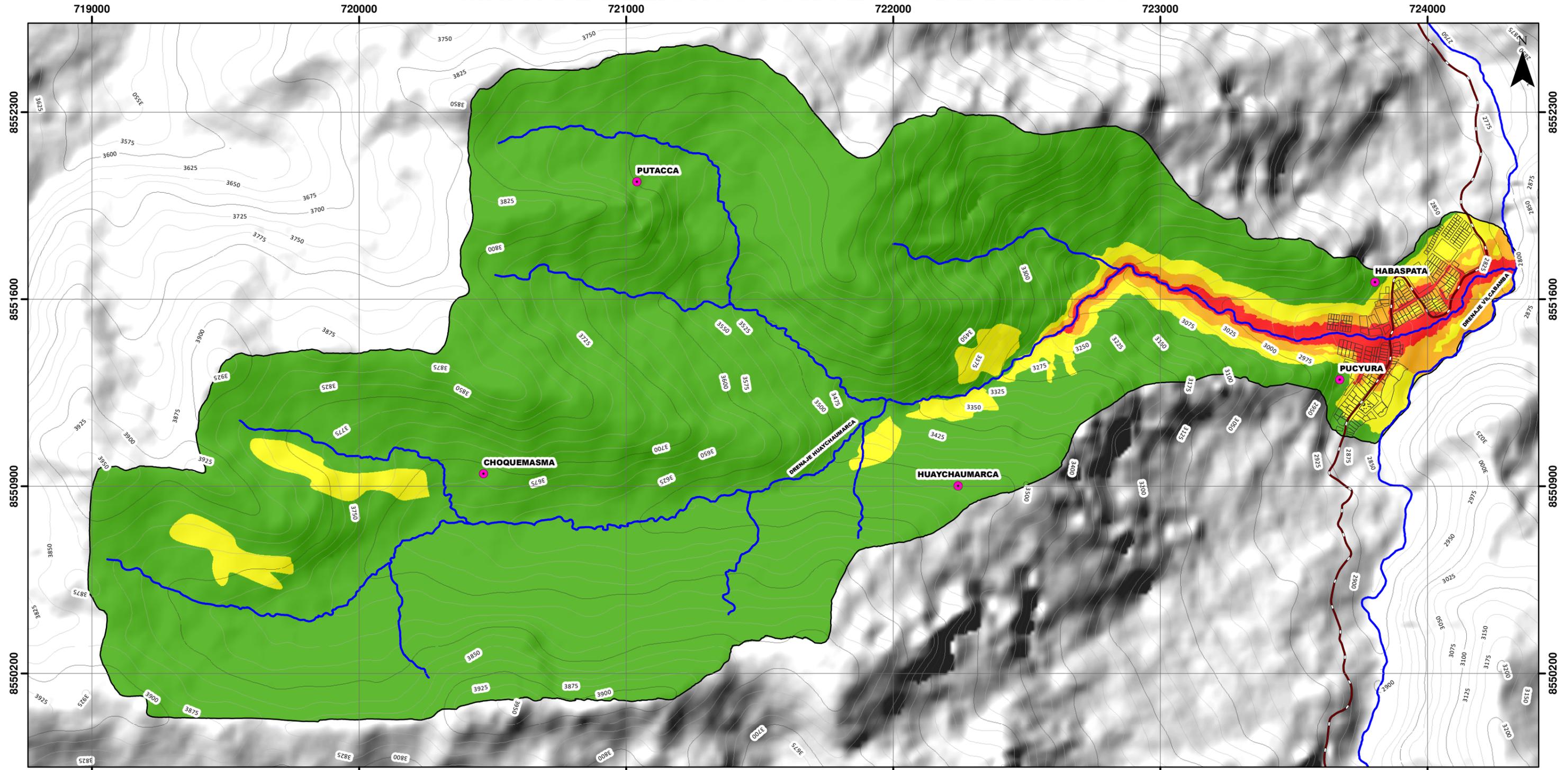


LEYENDA

- C. POBLADOS
- LOTES, PREDIOS
- MICROCUENCA
- RED VIAL DEPARTAMENTAL
- DRENAJES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
TESIS: "EVALUACION DE RIESGO GEOLOGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023"	
MAPA DE VELOCIDAD DE FLUJO	
UBICACIÓN	ELAB. POR: CLEIVER HUANCA VILLEGAS
DEP.: CUSCO	SISTEMA DE PROYECCION: UTM ZONA 18 S
PROV.: LA CONVENCIÓN	DATUM: WGS 84
DIS.: VILCABAMBA	ESCALA: INDICADA
MAPA N° 18 FECHA: AGOSTO - 2024	

MAPA DE PELIGROS POR FLUJO DE DETRITOS



SIMBOLOGIA

NOMBRE

- PELIGRO BAJO
- PELIGRO MEDIO
- PELIGRO ALTO
- PELIGRO MUY ALTO

LEYENDA

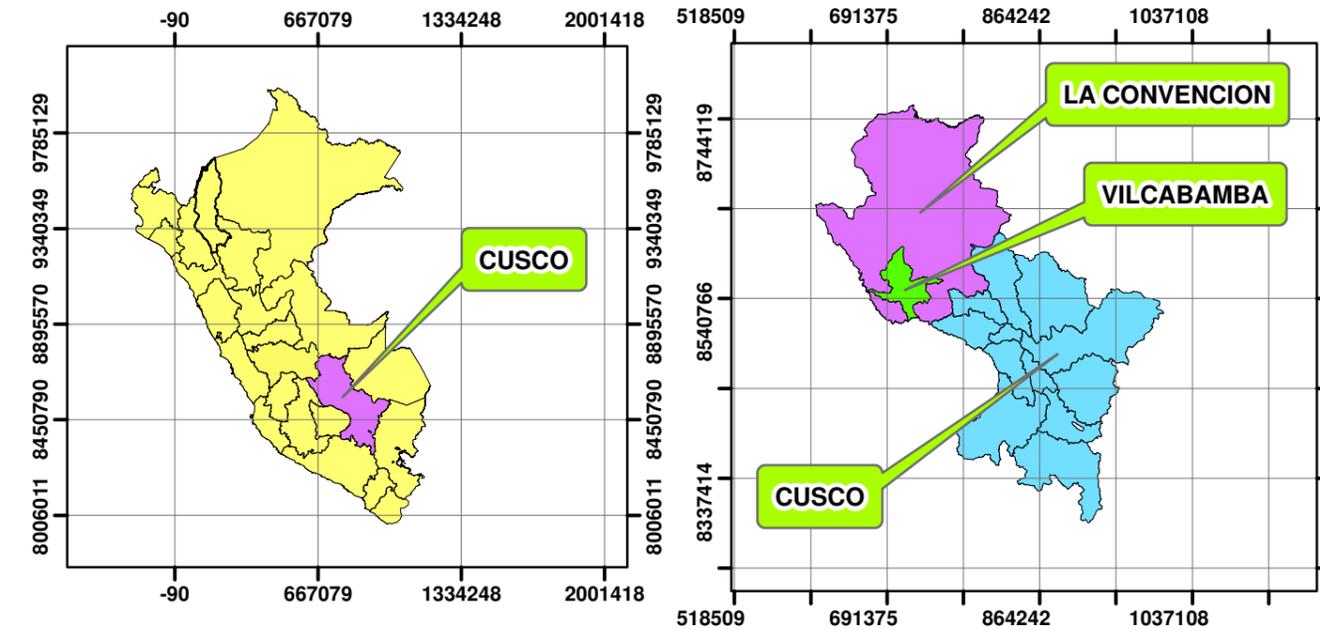
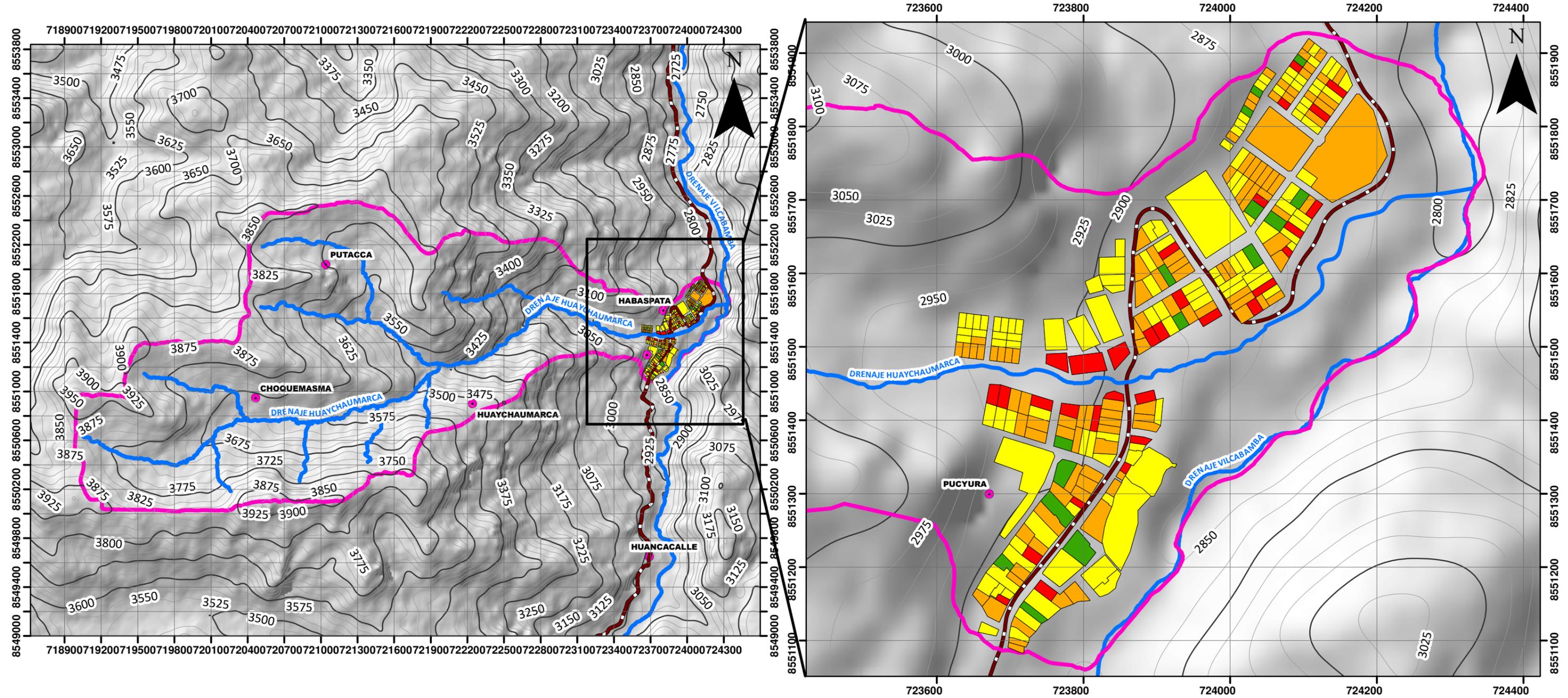
- C. POBLADOS-SECTORES
- MICROCUENCA HUAYCHAUMARCA
- ZONA URBANA
- RED VIAL DEPARTAMENTAL
- DRENAJES
- CURVAS PRIMARIAS
- CURVAS SECUNDARIAS

1:14,000

0.35 0.175 0 0.35 Km

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
TESIS: "EVALUACION DE RIESGO GEOLOGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023"	
MAPA DE PELIGRO	
UBICACIÓN	ELABORADO POR: CLEIVER HUANCA VILLEGAS
DEPARTAMENTO: CUSCO	SISTEMA DE PROYECCION: UTM ZONA 18 S
PROVINCIA: LA CONVENCION	DATUM: WGS 84
DISTRITO: VILCABAMBA	ESCALA: INDICADA
FECHA: AGOSTO - 2024	

MAPA DE VULNERABILIDAD POR FLUJO DE DETRITOS



LEYENDA

NIVELES DE VULNERABILIDAD

- VULNERABILIDAD MUY ALTO
- VULNERABILIDAD ALTO
- VULNERABILIDAD MEDIO
- VULNERABILIDAD BAJO

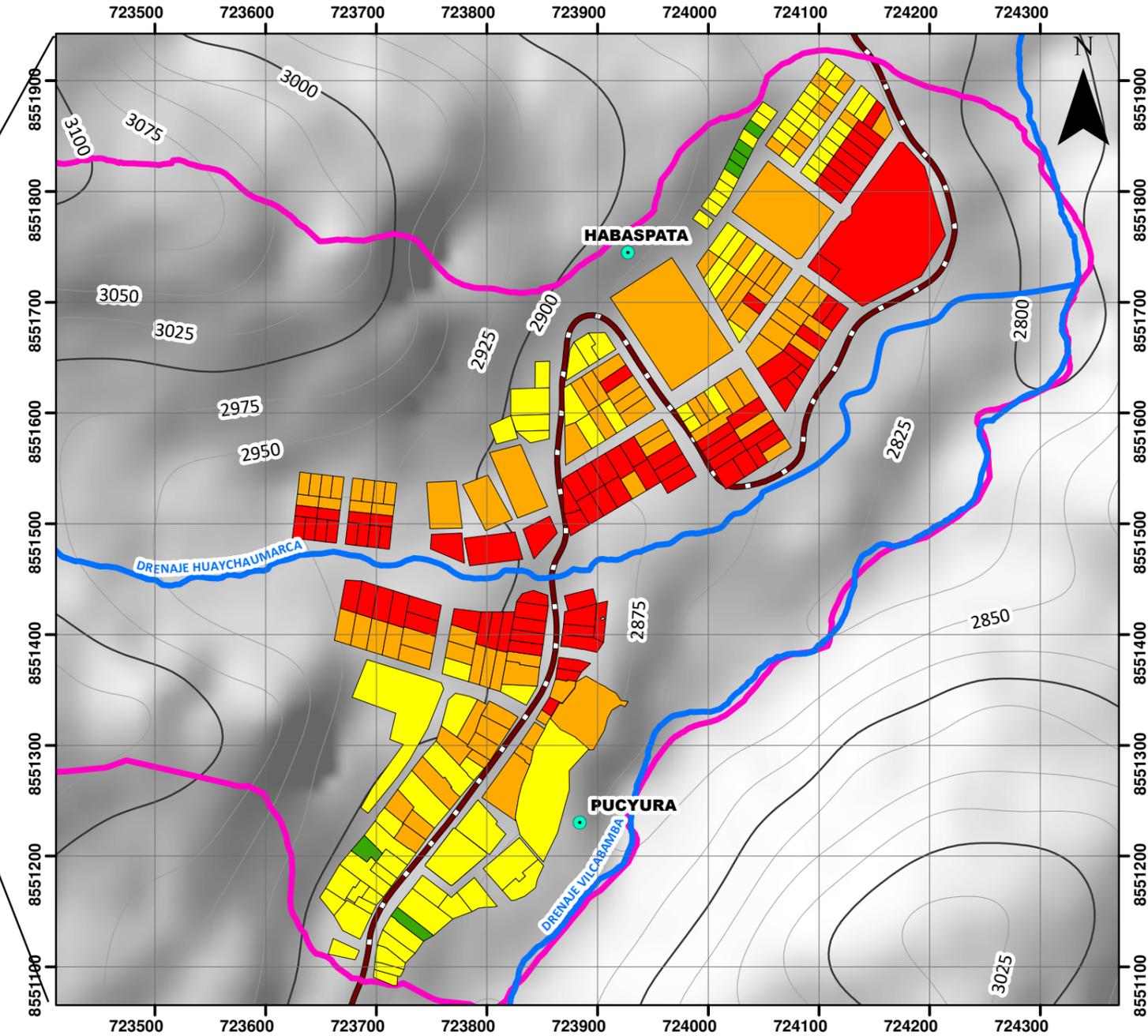
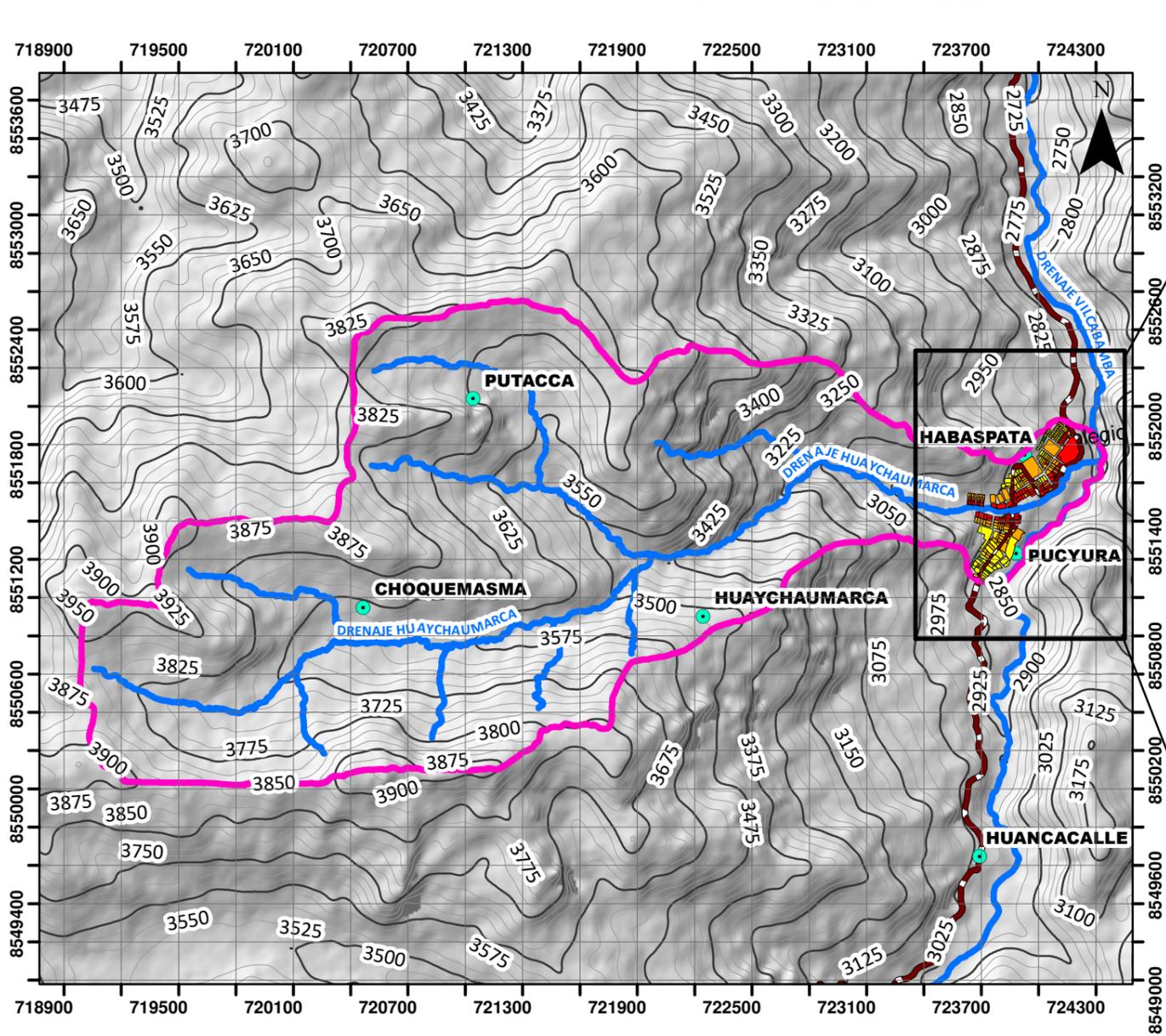


SIMBOLOGIA

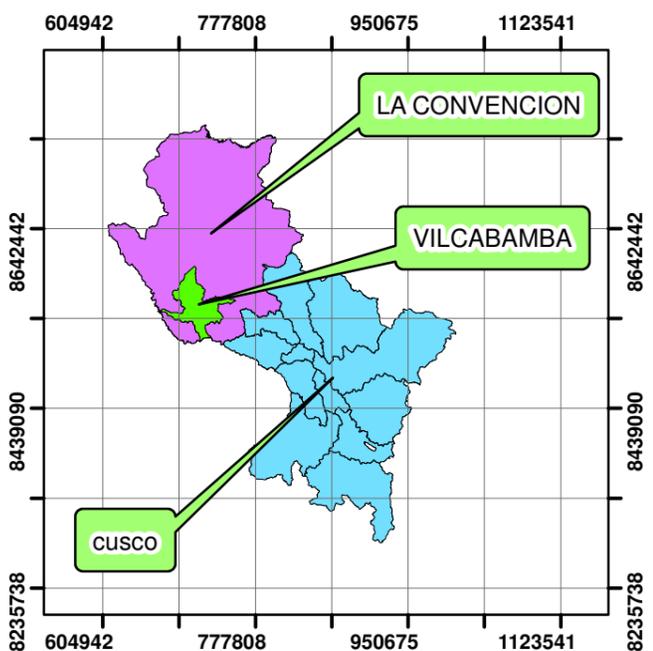
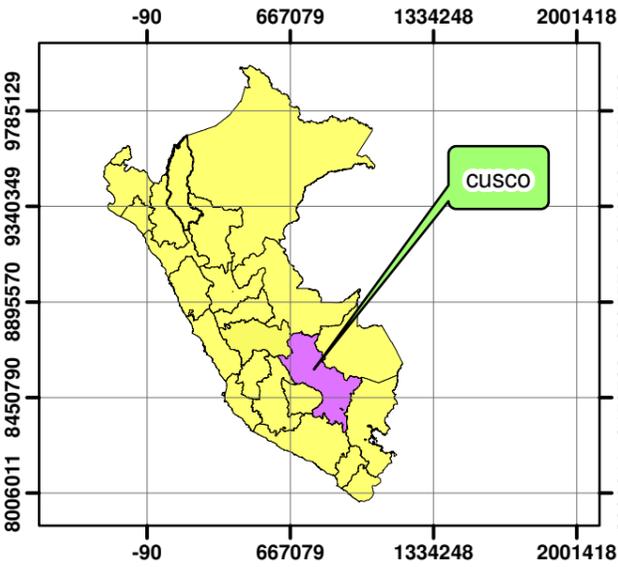
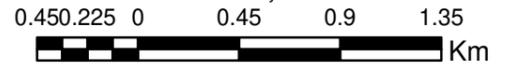
- ~ DRENAJES
- ~ RED VIA DEPARTAMENTAL
- ~ CURVAS PRIMARIAS
- ~ CURVAS SECUNDARIAS
- C. POBLADOS-SECTORES
- ZONA URBANA
- MICROCUENCA HUAYCHAUMARCA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
TESIS: "EVALUACION DE RIESGO GEOLOGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023"	
MAPA DE VULNERABILIDAD	
UBICACIÓN	ELAB. POR: CLEIVER HUANCA VILLEGAS
DEP.: CUSCO	SISTEMA DE PROYECCION: UTM ZONA 18 S
PROV.: LA CONVENCIÓN	DATUM: WGS 84
DIS.: VILCABAMBA	ESCALA: INDICADA
MAPA N°17	
FECHA: AGOSTO - 2023	

MAPA DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS



1:31,435



LEYENDA

NIVELES DE RIESGO

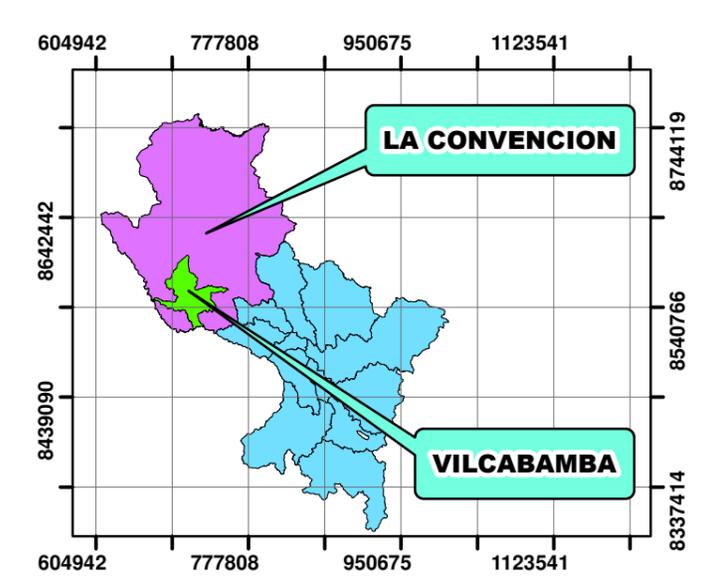
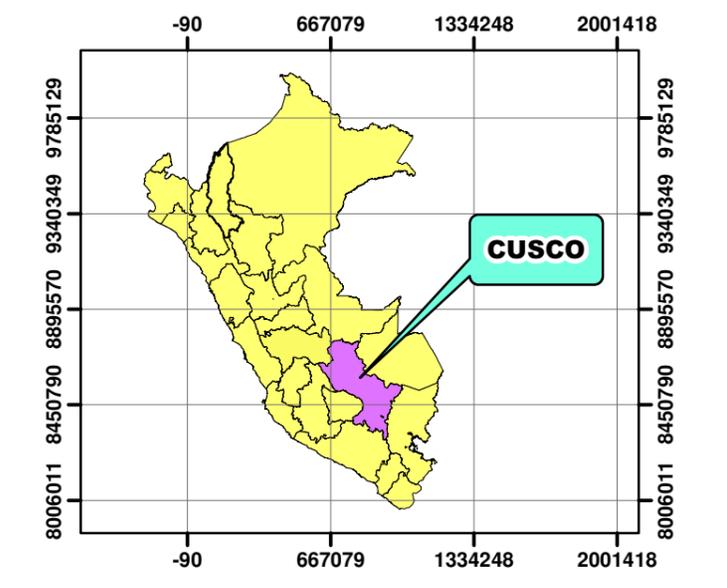
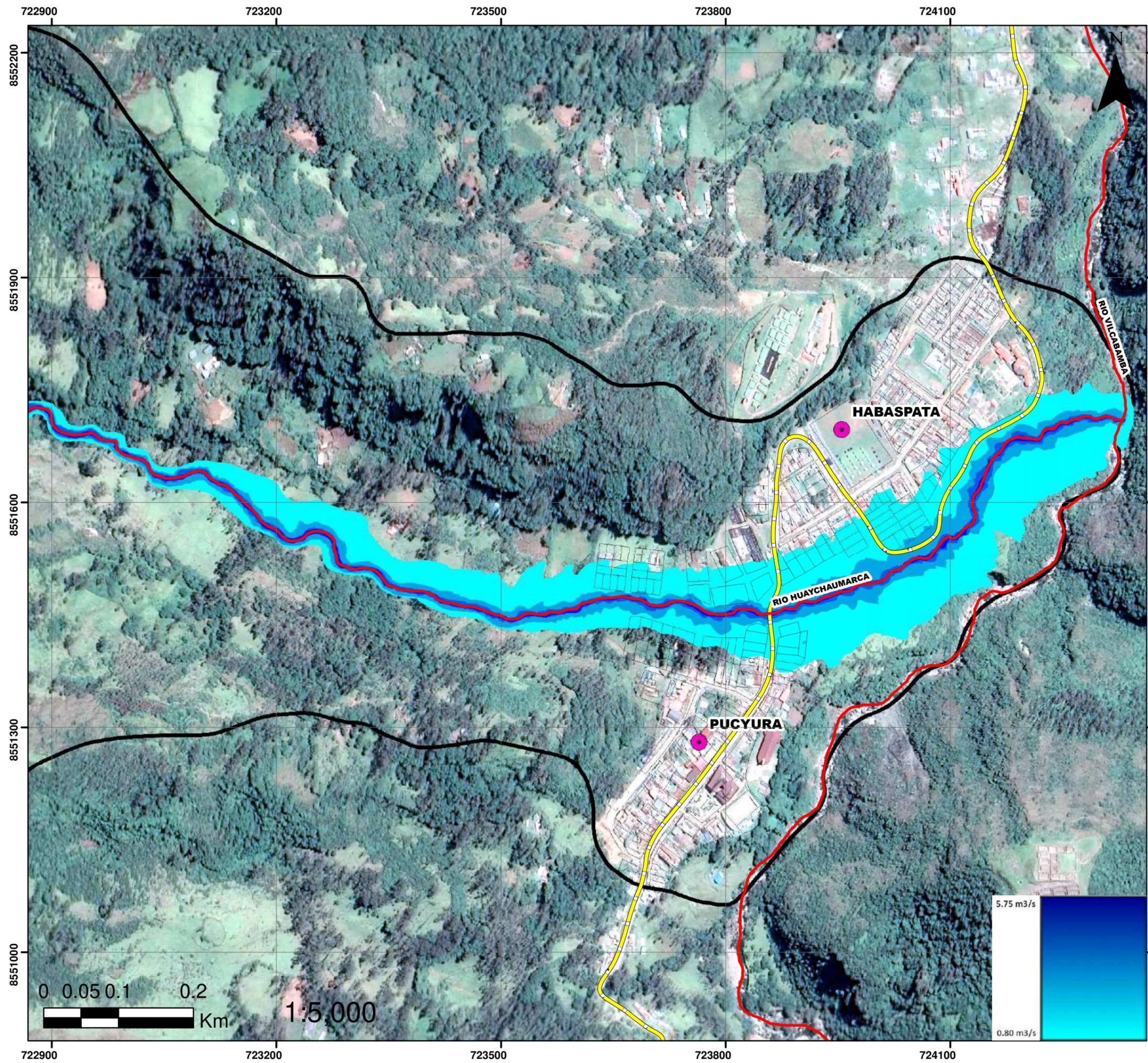
- RIESGO MUY ALTO
- RIESGO ALTO
- RIESGO MEDIO
- RIESGO BAJO

SIMBOLOGIA

- MICROCUENCA HUAYCHAUMARCA
- C. POBLADOS-SECTORES
- ZONA_URBANA
- DRENAJES
- RED VIA DEPARTAMENTAL
- CURVAS PRIMARIAS
- CURVAS SECUNDARIAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
TESIS: "EVALUACION DE RIESGO GEOLOGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023"	
MAPA DE RIESGO	
UBICACIÓN	ELAB. POR: CLEIVER HUANCA VILLEGAS
DEP.: CUSCO	SISTEMA DE PROYECCION: UTM ZONA 18 S
PROV.: LA CONVENCIÓN	DATUM: WGS 84
DIS.: VILCABAMBA	ESCALA: INDICADA
FECHA: AGOSTO - 2024	

MAPA DE SIMULACION DE FLUJO DE DETRITOS



LEYENDA

- C. POBLADOS
- LOTES, PREDIOS
- MICROCUENCA
- DRENAJES
- RED VIAL DEPARTAMENTAL

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO 	
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
TESIS: "EVALUACION DE RIESGO GEOLOGICO POR FLUJO DE DETRITOS EN LA QUEBRADA DE HUAYCHAUMARCA DEL DISTRITO DE VILCABAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DEL CUSCO 2023"	
MAPA DE SIMULACION DE FLUJO DE DETRITOS	
UBICACIÓN	ELAB. POR: CLEIVER HUANCA VILLEGAS
DEP.: CUSCO	SISTEMA DE PROYECCION: UTM ZONA 18 S
PROV.: LA CONVENCIÓN	DATUM: WGS 84
DIS.: VILCABAMBA	ESCALA: INDICADA
MAPA N° 20 FECHA: AGOSTO - 2024	