

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



TESIS:

**Análisis de riesgo por inundación del centro poblado de
Huayao - Tambo - La Mar - Ayacucho 2023**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÍCOLA

PRESENTADO POR:

Bach. Yoser CRUZ QUISPE

ASESOR:

Ing. Efraín CHUCHÓN PRADO

AYACUCHO - PERÚ

2024

DEDICATORIA

A mi madre Prudencia Quispe Acevedo, que Dios lo tiene en su gloria, quien fue el principal frente de apoyo y motivación, quien me ha forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros le debo entre los que se incluye este en toda mi trayectoria.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente y por acogerme en sus aulas a lo largo de mi carrera profesional.

A la Facultad de Ciencias Agrarias, principalmente a la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola; a los docentes de esta magnífica escuela, quienes con su gran sabiduría y estima me llevaron a expandir mis conocimientos.

Al Ing. Efraín Chuchón Prado, asesor de la presente tesis, por su paciencia, orientación e indicaciones en la elaboración de esta tesis.

A mis amigos por su apoyo y consejos que me han ayudado a superar momentos difíciles, y que han hecho de los buenos momentos sean aún mejores.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ACRÓNIMOS	xi
RESUMEN	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes	3
1.1.1. Internacionales	3
1.1.2. Nacionales	4
1.1.3. Regionales	4
1.2. Conceptos básicos	5
1.2.1. Fenómeno natural	5
1.2.2. Amenaza	5
1.2.3. Desastre	5
1.2.4. Riesgo de desastre	5
1.2.5. Cuenca	6
1.2.6. Red de drenaje	8
1.2.7. Ciclo hidrológico	9
1.2.8. Precipitación	10
1.2.9. Análisis de tormenta de diseño	14
1.2.10. Estimación de caudales	15
1.2.11. Software HEC-HMS 4.10	18
1.2.12. Inundación	20
1.2.13. Modelo hidráulico	20
1.2.14. Software HEC-RAS 6.3	22
1.2.15. Google Earth Pro	23
1.2.16. Topografía	23
1.2.17. Sistemas de información geográfica	24

1.2.18. Análisis jerárquico	25
1.2.19. Elementos expuestos	26
1.2.20. Peligro	26
1.2.21. Vulnerabilidad	27
1.2.22. Exposición	27
1.2.23. Fragilidad	28
1.2.24. Resiliencia	28
1.2.25. Riesgo	28
1.2.26. Gestión correctiva	29
1.2.27. Gestión prospectiva	29
1.2.28. Gestión reactiva	29
1.2.29. Control de riesgos	29
CAPÍTULO II	31
METODOLOGÍA	31
2.1. Ubicación	31
2.1.1. Ubicación política	31
2.1.2. Ubicación geográfica	31
2.1.3. Ubicación administrativa	31
2.1.4. Vías de acceso	32
2.2. Problema general	32
2.3. Problemas específicos	32
2.4. Materiales, equipos e información	33
2.4.1. Materiales	33
2.4.2. Equipos	33
2.4.3. Software	33
2.4.4. Información requerida	34
2.5. Metodología	34
2.5.1. Estimación de peligro	34
2.5.2. Estimación de vulnerabilidad	48
2.5.3. Estimación de riesgo	54
2.5.4. Control de riesgo por inundación	57
CAPÍTULO III	60
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
3.1. Riesgo por inundación	60

3.2. Vulnerabilidad	62
3.3. Peligro	63
3.4. Susceptibilidad	65
3.5. Control de riesgo por inundación	67
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES.....	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXOS	75

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Valor de K_n para el análisis de datos dudosos.....	13
Tabla 2 Valor de CN por grupo hidrológico.....	18
Tabla 3 Coeficientes de Manning (n).....	21
Tabla 4 Ecuaciones de Saint-Venant.....	22
Tabla 5 Evaluación de parámetros y susceptibilidad	27
Tabla 6 Ubicación Administrativa	31
Tabla 7 Vías de acceso a la zona de estudio	32
Tabla 8 Coordenadas del punto de desfogue	36
Tabla 9 Influencias de las estaciones en las cuencas de estudio	38
Tabla 10 Análisis de datos dudosos	38
Tabla 11 Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolgomorov para la estación San Miguel	39
Tabla 12 Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolgomorov de la estación Luricocha	40
Tabla 13 Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno	40
Tabla 14 Resumen de estimación de peligro.....	47
Tabla 15 Estimación de peligrosidad.....	47
Tabla 16 Estratificación de los niveles de peligro	47
Tabla 17 Parámetros de evaluación del aspecto social.....	49
Tabla 18 Estimación de la vulnerabilidad de la dimensión social.....	50
Tabla 19 Parámetros de evaluación de la dimensión social.....	50
Tabla 20 Estimación de vulnerabilidad de la dimensión económico.....	51
Tabla 21 Parámetros de evaluación de la dimensión ambiental	52
Tabla 22 Estimación de vulnerabilidad de la dimensión ambiental	52
Tabla 23 Estratificación de la vulnerabilidad.....	53
Tabla 24 Estimación de riesgo por inundación.....	54
Tabla 25 Cuantificación de riesgo por inundación.....	55
Tabla 26 Nivel de tolerancia y aceptación del riesgo de inundación	55
Tabla 27 Estratificación del riesgo por inundación.....	55
Tabla 28 Niveles de riesgo por inundación.....	60
Tabla 29 Niveles de vulnerabilidad.....	62
Tabla 30 Niveles de peligro por inundación	63
Tabla 31 Niveles de susceptibilidad	65

Tabla 32	<i>Identificación de puntos críticos en el río Tojoromayo</i>	<i>68</i>
Tabla 33	<i>Identificación de puntos críticos en el río Chapismayo</i>	<i>68</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 <i>Cuenca hidrológica e hidrográfica.....</i>	6
Figura 2 <i>Rectángulo equivalente de una cuenca.....</i>	8
Figura 3 <i>Ciclo hidrológico</i>	10
Figura 4 <i>Polígonos de Thiessen.....</i>	11
Figura 5 <i>Calculadora de tiempo de concentración en el entorno de HEC-HMS.....</i>	14
Figura 6 <i>Hietograma de diseño</i>	15
Figura 7 <i>Diagrama de flujos para estimación de caudales.....</i>	16
Figura 8 <i>Flujograma para la determinación de curva número (CN).....</i>	17
Figura 9 <i>HEC-geoHMS para curva número (CN)</i>	17
Figura 10 <i>Diagrama de flujo del HEC-RAS.....</i>	23
Figura 11 <i>Representación de un modelo Raster.....</i>	24
Figura 12 <i>Representación de un modelo vectorial.....</i>	25
Figura 13 <i>Proceso de análisis hidrológico.....</i>	25
Figura 14 <i>Flujograma para la estimación de peligro</i>	26
Figura 15 <i>Actores de la vulnerabilidad: exposición, fragilidad y resiliencia.....</i>	27
Figura 16 <i>Actores de análisis de riesgo por desastres naturales.....</i>	28
Figura 17 <i>Componentes de la gestión de riesgo de desastres</i>	29
Figura 18 <i>Mapa de Ubicación del lugar del proyecto de investigación</i>	31
Figura 19 <i>Identificación del área de estudio.....</i>	34
Figura 20 <i>Identificación de elementos expuestos en SIGRID</i>	35
Figura 21 <i>Descarga del DEM de la EOS Land Viewer.....</i>	35
Figura 22 <i>Delimitación de las cuencas Tojoro y Chapismayo.....</i>	36
Figura 23 <i>Cálculo del tiempo de concentración de las cuencas</i>	37
Figura 24 <i>Estaciones meteorológicas disponibles</i>	37
Figura 25 <i>Datos pluviométricos confiables de la estación Luricocha</i>	38
Figura 26 <i>Datos pluviométricos confiables de la estación San Miguel</i>	39
Figura 27 <i>Hietogramas de precipitación de diseño para un TR=100 años.....</i>	41
Figura 28 <i>Modelamiento hidrológico para un Tr=100 años de la cuenca Tojoromayo</i>	42
Figura 29 <i>Modelamiento hidrológico para un Tr=100 años de la cuenca Chapismayo</i>	42
Figura 30 <i>Proceso de obtención MDE y ortoimagen.....</i>	43

Figura 31	<i>Coeficiente de Manning del área de estudio.....</i>	<i>43</i>
Figura 32	<i>Modelamiento Hidraulico para un TR=100 años</i>	<i>44</i>
Figura 33	<i>Mapa de geomorfología de la zona de estudio</i>	<i>45</i>
Figura 34	<i>Mapa de geología de la zona de estudio.....</i>	<i>45</i>
Figura 35	<i>Mapa de pendientes de la zona de estudio.....</i>	<i>46</i>
Figura 36	<i>Flujograma para la obtención de la vulnerabilidad.....</i>	<i>48</i>
Figura 37	<i>Elementos expuestos a la inundación</i>	<i>53</i>
Figura 38	<i>Modelamiento hidráulico Tr=100 años, sin medidas de reducción de peligro</i>	<i>57</i>
Figura 39	<i>Modelo digital de terreno con muros de control – río Chapismayo.....</i>	<i>57</i>
Figura 40	<i>Modelo digital de terreno con muros de control – río Chapismayo.....</i>	<i>58</i>
Figura 41	<i>Diseño de muros de protección en los puntos de desbordamiento de rio ...</i>	<i>58</i>
Figura 42	<i>Modelamiento hidráulico Tr=100 años, con medidas de reducción de peligro</i>	<i>59</i>
Figura 43	<i>Cuantificación de los niveles de riesgo por inundación.....</i>	<i>60</i>
Figura 44	<i>Mapa de riesgo por inundación del centro poblado de Huayao</i>	<i>61</i>
Figura 45	<i>Cuantificación de los niveles de vulnerabilidad por vivienda.....</i>	<i>62</i>
Figura 46	<i>Mapa de vulnerabilidad del centro poblado de Huayao</i>	<i>63</i>
Figura 47	<i>Cuantificación de los niveles de peligro por inundación</i>	<i>64</i>
Figura 48	<i>Mapa de peligro por inundación del centro poblado de Huayao.....</i>	<i>65</i>
Figura 49	<i>Cuantificación de los niveles de peligro por inundación</i>	<i>66</i>
Figura 50	<i>Mapa de susceptibilidad del centro poblado de Huayao.....</i>	<i>67</i>
Figura 51	<i>Cuantificación de los niveles de reducción riesgo por inundación.....</i>	<i>67</i>
Figura 52	<i>Mapa de reducción de riesgo.....</i>	<i>69</i>

ACRÓNIMOS

ANA	: Autoridad Nacional del Agua
CENEPRED	: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres
COEN	: Centro de Operaciones de Emergencia Nacional
DEM	: Modelo Digital de Elevación
IGME	: Instituto Geológico y Minero de España
IGN	: Instituto Geográfico Nacional
INDECI	: Instituto Nacional de Defensa Civil
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Información
MTC	: Ministerio de Transportes y Comunicaciones
OMM	: Organización Meteorológica Mundial
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
SGR	: Secretaría de Gestión de Riesgos
SIG	: Sistema de Información Geográfica
SIGRID	: Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres
UNISDR	: Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres
USACE	: Cuartel general del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU

RESUMEN

Esta investigación tiene la finalidad de estimar los niveles de riesgo por inundación del centro poblado de Huayao. Para la obtención primeramente se determinó los niveles de peligro mediante los factores condicionantes dadas por la pendiente, unidades geomorfológicas y geológicas intersecando estas con el factor desencadenantes (precipitación anómala) que al intersecar estas se obtiene la susceptibilidad del peligro, cuando se interseca la susceptibilidad con la altura de inundación se obtuvo el peligro por inundación; la determinación del parámetro de evaluación se obtuvo mediante un estudio hidrológico e hidráulico donde para la parte hidrológico se hizo el uso del software HEC-HMS 4.10 para la determinación de caudales para diferentes periodos de retorno y la parte hidráulica con el software HEC-RAS 6.3 con el fin de identificar las áreas inundables y las alturas alcanzadas para un caudal de periodo de retorno de 100 años. Seguidamente se estimó los niveles de vulnerabilidad, se analizó 114 familias a nivel de la dimensión social, ambiental y económica teniendo en cuenta los factores de exposición, fragilidad y resiliencia para cada dimensión, se realizó con el método multicriterio análisis jerárquico. Finalmente, mediante geoprocesamiento de intersección en el ArcGIS Pro se obtuvo los niveles de riesgo multiplicando los valores de peligro y vulnerabilidad. Obteniendo no se obtuvo ningún lote con nivel de riesgo bajo, 58 lotes con riesgo medio, 46 lotes con riesgo alto y 10 lotes con riesgo muy Alto y con la propuesta de las estructuras de contención los niveles de riesgo por inundación se reducen a niveles medios 67 viviendas (58.77%), 47 viviendas (41.23%) con un nivel de riesgo alto y ninguno con riesgo muy alto.

Palabras clave: *Análisis de riesgo, inundación y centro poblado de Huayao.*

INTRODUCCIÓN

Las inundaciones son desastres naturales con gran impacto socioeconómico, superados solo por las sequías a nivel mundial. Los recientes impactos y catastróficos que se registraron fueron en Mozambique, Filipinas, China, Venezuela, Estados Unidos y Myanmar, así como las grandes inundaciones de 2002 en Europa central, que impulsaron la preocupación institucional. En España, un estudio del IGME y el Consorcio de Compensación de Seguros en 2004 reveló que las pérdidas por inundaciones entre 1987 y 2002 ascendieron a casi 12.000 millones de euros, con un costo humano de más de 200 muertes en la última década (Diez-Herrero et al., 2008).

Las inundaciones en Perú son una de las principales catástrofes naturales que afectan al país en pérdidas de infraestructura, flujos económicos, vidas humanas y personas afectadas (Sardon et al., 2022) durante el año 2017 el Perú enfrentó un fenómeno natural denominado el Niño costero. Este evento se caracterizó por lluvias intensas y prolongadas que activaron quebradas en las regiones norte y centro del país, provocando deslizamientos de tierra e inundaciones registrándose según informes oficiales 136 fallecidos, 17 236 personas damnificadas y un total de 1 075 932 afectados (COEN, 2017).

La región de Ayacucho es una de las regiones más afectadas por las inundaciones entre los meses de noviembre a mayo, las poblaciones que son altamente susceptibles; por tal la elección de la zona de estudio es debido a que este centro poblado del distrito de Tambo es el más afectado por las inundaciones debido a la pendiente mínima con la que cuenta y las precipitaciones que se dan año tras año son torrenciales generando desbordamiento de los ríos ocasionando la inundación de viviendas donde resultaron 06 viviendas y 30 personas afectadas en el año 2003, así mismo, en el año 2022 fue declarado en estado de emergencia según el Decreto Supremo N° 032-2022-PCM a nivel distrital y según el informe técnico de emergencia N° 920-2022 COEN – INDECI, del mismo modo el desbordamiento de los ríos afecta las áreas agrícolas así como la producción agrícola.

La presente investigación tiene por objetivo principal la estimación del nivel de riesgo por inundación del centro poblado de Huayao por desbordamiento de los ríos Tojoromayo y Chapismayo, para lo cual fue necesario el software HEC-HMS 4.10 para el cálculo de los caudales de máximas avenidas para diferente periodo de retorno, HEC-RAS 6.3 para el modelamiento hidráulico para la determinación de las llanuras de inundación y las profundidades alcanzadas y ArcGIS Pro para la generación de mapas de vulnerabilidad, peligro, susceptibilidad y el riesgo por inundación; acorde a los objetivos específicos planteados:

1. Determinar los niveles de vulnerabilidad utilizando la metodología del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Desastres.
2. Determinar los niveles de peligro por inundación utilizando la metodología del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Desastres.
3. Determinar los niveles de susceptibilidad utilizando la metodología del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Desastres.
4. Proponer estructuras de mitigación a fin de reducir el riesgo por inundación generado por los ríos Tojoro y Chapismayo.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

1.1.1. Internacionales

Cristina et al. (2024) en su estudio “evolución de los episodios de inundación en la comunidad de Madrid: factores territoriales y sinópticos” indique que, aunque el riesgo de inundaciones en la Comunidad de Madrid es bajo, se han registrado 138 eventos entre 1836 y 2021. Estos reflejan factores físicos y humanos, destacando la relación entre pendientes, redes hidrográficas y densidad urbana. Históricamente, las áreas más afectadas fueron Aranjuez y Madrid, mientras que hoy destacan municipios del sur y este. Las inundaciones antiguas, causadas por lluvias prolongadas en invierno, han dado paso a eventos puntuales asociados a DANA y pantanos barométricos, influenciados por mejoras en infraestructuras hidráulicas.

Bucogen et al. (2021) analizaron la susceptibilidad ante inundaciones del río Negro, Argentina utilizando las variables meteorológicos y los factores condicionantes que conforman una cuenca ante inundaciones mediante una evaluación multicriterio que pondera variables como la extensión de agua máxima, cobertura, orden y drenaje del suelo, entre otras, integradas en un SIG; los resultados reflejaron que el 46.7% de área estudiada presenta una susceptibilidad baja o media y las zonas de Viedma, Zanjón de Oyuela, La Boca y Primera Angostura son mayor susceptibles debido que presentan gradientes topográficas mayor al 1%, las mismas que fueron validadas por eventos históricos.

Reyna G. et al. (2020) indican que el crecimiento urbano desordenado ha exacerbado estos problemas al ocupar zonas de alto riesgo, ignorando regulaciones y adecuaciones necesarias, el estudio en Portoviejo utilizando imágenes satelitales del 2017 para identificar asentamientos humanos en áreas vulnerables a inundaciones y deslizamientos, mediante SIG, se mapearon las áreas urbanas con mayor vulnerabilidad, revelando que en 2017 los asentamientos ocupaban 3150 hectáreas, incluyendo 15.35

hectáreas en áreas protegidas y con riesgo alto de inundación extendido sobre 427.69 hectáreas.

1.1.2. Nacionales

Según Ccopi-Trucios et al. (2023) en su investigación las inundaciones fluviales causadas por las precipitaciones intensas, tuvieron un impacto grave en Perú en 2010, afectando a más de 5000 personas y cobrando 25 vidas en los andes, en la investigación evaluaron el riesgo de inundaciones fluviales en comunidades andinas peruanas mediante un enfoque semicuantitativo, utilizando datos espaciales, aplicando análisis multicriterio para mapear la amenaza y vulnerabilidad. Los resultados revelan que casi toda el área estudiada en un 99,26% están en alto riesgo, con un pequeño porcentaje (0,74%) en riesgo muy alto. Este fenómeno representa un riesgo significativo debido a factores sociales, económicos y ambientales en las comunidades altoandinas.

Mauricio Q. (2023) en su investigación titulado “Evaluación del perfil de riesgo por inundación del río Omayá - localidad de Omayá - distrito Pichari - provincia La Convención - Cusco, 2023” mediante el modelo hidráulico Iber para simular el flujo y evaluar áreas propensas a inundación, resaltando las características físico-geomorfológicas de una cuenca con 29.81 km², teniendo como resultado la identificación de riesgo de inundación en la zona estudiada.

Contreras (2019) en su tesis “Gestión de Riesgo de Inundación por la Quebrada Cujaca en la localidad de Cuyca, Distrito de Choros - Cutervo - Cajamarca, 2019” estimó un caudal máximo de 139.92 m³/s con un período de retorno de 200 años, usando el método racional modificado y precipitaciones máximas horarias, evaluó áreas inundables y el peligro basado en la profundidad del agua mediante el modelo hidráulico Iber 2.5.2 a si mismo analizó la vulnerabilidad de 22 edificaciones cercanas y se propusieron dos estrategias de gestión de riesgos, proponiendo que la defensa ribereña reducirá en un 81.8% el riesgo de inundación, mientras que la limpieza periódica del cauce en un 45.5% mostrando efectividad mitigando el riesgo en algunas edificaciones.

1.1.3. Regionales

Ramos (2023) en su tesis de investigación “Simulación hidrológica e hidráulica del río Yucay con fines de diseño de estructuras de control de inundaciones y defensas ribereñas en el sector Pamparque, distrito de Acos Vinchos - Huamanga - Ayacucho, 2020” logró la simulación hidrológica e hidráulicamente para diseñar estructuras de

control de inundaciones en las progresivas a 0+000 a 0+820, para períodos de retorno de 50, 100, y 200 años, basadas en parámetros geomorfológicos, curvas IDF y hietogramas de diseño obtenidos con HEC-HMS 4.2.1, y las áreas de inundación con el modelo hidráulico HEC-RAS 6.1 para un período de retorno de 100 años, determinando alturas de socavación para el dimensionamiento de las estructuras de contención gaviones tipo I.

Mauricio, (2018) en su trabajo de tesis “Evaluación del riesgo por inundación empleando técnicas fotogramétricas en la quebrada Islachayoq de la ciudad de Huamanga - Ayacucho, 2022” indica que debido a las precipitaciones intensa que se presenta en la ciudad de Ayacucho la zona evaluada presenta niveles altos de riesgo, con presencia inminente de peligro a inundaciones por el factor de topografía que presenta pendientes pronunciadas y las afectadas son las zonas más bajas por la acumulación del caudal descargado por la cuenca en estudio, además indica que el área en estudio es altamente vulnerable debido a la exposición y estados de las viviendas.

1.2. Conceptos básicos

1.2.1. Fenómeno natural

Es un evento o proceso que ocurre en la naturaleza sin intervención humana directa, como terremotos, huracanes, inundaciones, erupciones volcánicas, entre otros (Wikipedia, 2019)

1.2.2. Amenaza

Presencia de un fenómeno o actividad humana que pueden generar muertes, lesiones, daños a la salud, propiedad, medios de subsistencia, servicios, con repercusiones sociales, económicas y ambientales significativas (UNISDR, 2009, p. 9)

1.2.3. Desastre

Es un evento grave que afecta el funcionamiento de una comunidad debido a un riesgo natural o causado por humanos, resultando en pérdidas humanas y materiales significativas, daños ambientales y culturales, y la necesidad de asistencia externa nacional o internacional para la recuperación (INDECI, 2006, p. 11)

1.2.4. Riesgo de desastre

Indica la probabilidad de que suceda un evento catastrófico capaz de generar daños significativos a personas, medio ambiente o infraestructuras, puede ser evaluado

considerando varios factores como probabilidad, vulnerabilidad e impacto (SGR, 2018, p. 17)

1.2.5. Cuenca

Cuenca hidrológica

Delimitado por divisiones hidrológicas, sus parámetros de investigación las aguas continentales, todo el entorno tridimensional con las interacciones de la superficie con la profundidad del suelo (Aparicio, 1989, p.).

Cuenca hidrográfica

Aparicio (1989) define como cualquier área de tierra que afecta el flujo de agua en un río o arroyo, cuyo parámetro de investigación es el agua superficial, el límite está dado por la línea hidrográfica.

Figura 1

Cuenca hidrológica e hidrográfica



Nota: Hidrogis (2021)

1.2.5.1. Parámetros de la cuenca

Área

Superficie limitada con características geomorfológicas, clima y cobertura propia, por donde drenan las aguas superficiales y continentales (Villón, 2002, p. 25)

Perímetro

Longitud total de su contorno o borde exterior de la cuenca, donde se considera la cresta de las montañas o elevaciones que delimitan y separan las aguas que fluyen hacia ella de las que fluyen hacia otras cuencas (Villón, 2002, p. 32).

Coefficiente de Compacidad (Gravelius)

Índice adimensional que proporciona la geometría de la cuenca, relacionando el perímetro con la longitud de una circunferencia con área igual al de la cuenca (Monsalve, 1999, p. 39)

$K_c=1$ (Circular)

$K_c>1$ (alargada)

$$K_c = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}} \dots\dots\dots \text{Ec. (1)}$$

Donde: P y A son el perímetro y área respectivamente

Ancho medio

Es la distancia horizontal entre los márgenes opuestos de la cuenca, tomada perpendicularmente al curso principal del río o arroyo que la atraviesa, está

$$A_m = \frac{A}{L} \dots\dots\dots \text{Ec. (2)}$$

Donde: A y L son el área (km²) y longitud del río principal (km) respectivamente.

Radio de circularidad

Parámetro para caracterizar la forma de una cuenca, proporciona una medida de qué tan cercana es la forma de la cuenca a la de un círculo perfecto (Reyes, 2017, p. 8)

$$R_c = 4\pi \frac{A}{P^2} \dots\dots\dots \text{Ec. (3)}$$

Donde: P y A son el perímetro y área respectivamente

Factor de forma

Parámetro geométrico que divide el área y su longitud del cauce principal elevado al cuadrado, indica que si la cuenca es alargada el agua tarda más tiempo en llegar al punto de desfogue. (Reyes, 2017, p. 8)

$$F_f = \frac{A}{L^2} \dots\dots\dots \text{Ec. (4)}$$

Donde: A y L son el área (km²) y longitud del río principal (km) respectivamente

Rectángulo equivalente

Se refiere a una representación simplificada de la forma de una cuenca, consiste en proyectar un cuadrilongo que posea la misma superficie y la misma de dimensión del contorno que la cuenca original. Esta aproximación facilita el análisis comparativo de cuencas, ya que reduce la complejidad de su forma a una forma geométrica más simple y fácil de manejar matemáticamente (Villón, 2002, p. 42).

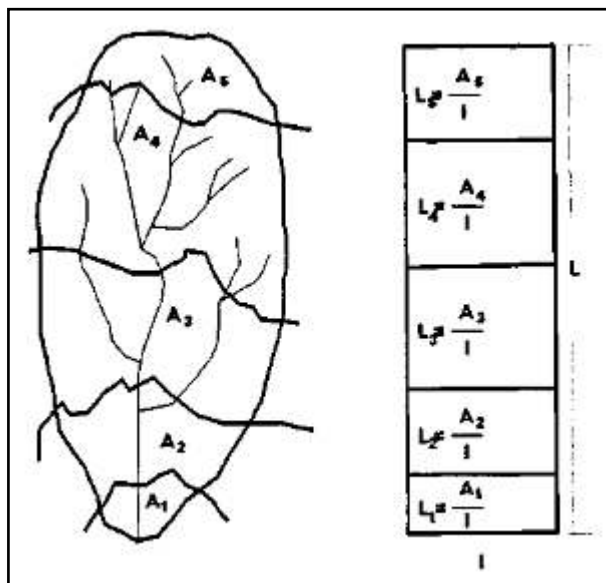
$$\text{Lado mayor: } L = \frac{K_c \sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right) \dots\dots\dots \text{Ec. (5)}$$

$$\text{Lado menor: } l = \frac{K_c \sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right) \dots\dots\dots \text{Ec. (6)}$$

Donde: A y k_c son el área (km^2) y coeficiente de Gravelius respectivamente

Figura 2

Rectángulo equivalente de una cuenca



Nota: (Villón, 2002, p. 46)

Pendiente de una cuenca

Es la inclinación o pendiente del terreno dentro de la área delimitada por el parte aguas. Es la medida de cuán abrupta o gradual es la inclinación del terreno desde los puntos más altos hasta los más bajos dentro del área de drenaje de una cuenca, es parámetro es fundamental ya que afecta la velocidad y la dirección del flujo de agua, así como la erosión del suelo y la distribución de la vegetación dentro de la cuenca (Villón, 2002, p.50)

Para la estimación se tiene los criterios de Alvord, Horton, Nash y rectángulo equivalente.

1.2.6. Red de drenaje

Son el sistema de canales que transporta el agua de lluvia y escorrentía desde las áreas más altas hacia las más bajas de manera organizada y estructurada de cursos de agua

naturales dentro de una cuenca que se entrelazan y convergen hacia puntos comunes, como ríos, lagos o mares (Villón, 2002, p. 60).

Orden de las corrientes

Es una clasificación que describe la jerarquía o posición relativa de un curso de agua dentro de una red de drenaje. Indica la posición de un río o arroyo en función de su ubicación en la red de ríos y arroyos que forman una cuenca hidrográfica (Villón, 2002, p. 61)

Pendiente media del río

Es el ángulo que forma el curso de agua principal dentro de una cuenca hidrográfica. Representa la medida de la variación de altura por unidad de distancia a lo largo del río dominante o de mayor recorrido, del origen hasta su desembocadura o desfogue de la cuenca (Monsalve, 1999, p. 47)

$$S = \frac{h_1 - h_0}{L} \dots\dots\dots \text{Ec. (7)}$$

Donde: h_1 , h_0 y L son cota más alta, cota más baja y la longitud (m) del río principal

Densidad de Drenaje

Se refiere a la cantidad de corrientes de agua como ríos y arroyos presentes en una unidad de área de la cuenca, para el cálculo de este valor se debe relacionar la longitud de drenaje y el área en la que se encuentran, proporcionando información sobre la eficiencia de drenaje y la estructura de la red hidrográfica (Reyes, 2017, p. 5)

$$D_d = \frac{L}{A} \dots\dots\dots \text{Ec. (8)}$$

Donde: A y L son el área (km^2) y longitud del río principal (km) respectivamente

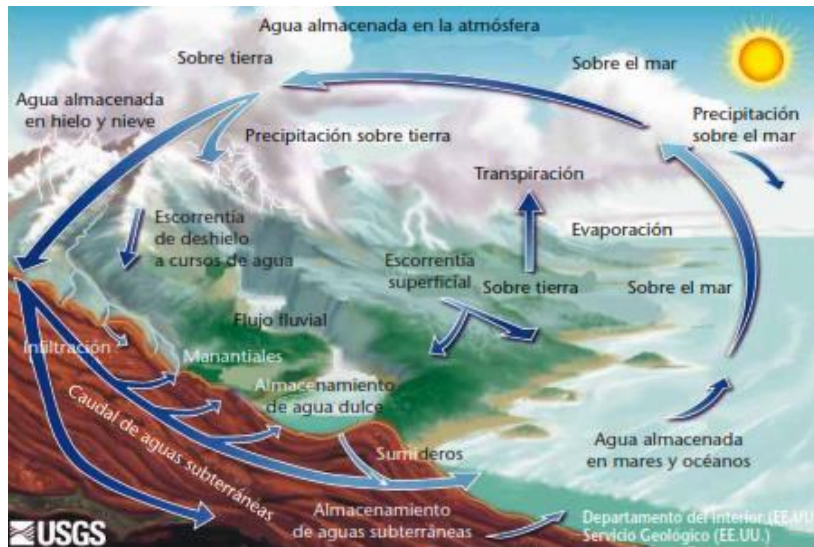
Si $0.6 \leq D_d < 3 \text{ km}/\text{km}^2$ la cuenca es bien drenada

1.2.7. Ciclo hidrológico

La OMM (2020) expresa que el agua en la tierra existe en cantidades significativas en sus tres estados físicos: líquido, sólido y gaseoso, distribuido en la atmósfera, mares, océanos y continentes. El ciclo hidrológico es un proceso continuo donde el agua circula dentro de un sistema cerrado, que opera debido al exceso de radiación solar que llega a la tierra y es absorbida por la superficie; incluye varios subsistemas: la atmósfera, el flujo superficial y el flujo subterráneo, todos interactuando para el movimiento y almacenamiento del agua en la tierra.

Figura 3

Ciclo hidrológico



Nota: (OMM, 2020, p. 27)

1.2.8. Precipitación

Para Cedeño (1997) es la principal entrada de agua en el ciclo hidrológico superficial, manifestándose como granizo, lluvia o nieve, se da debido a la humedad atmosférica, para que ocurra, el aire húmedo debe elevarse, enfriarse, condensarse y formar gotas de agua. Además, considera tres tipos de precipitación según el comportamiento de cómo se eleva el aire húmedo.

Convectiva

En el trópico, debido al calor intenso el aire húmedo asciende y se evapora en masas exuberantes.

Ciclónica

Ocurre por el movimiento de masas de aire desde áreas de alta a baja presión, causado por el calentamiento desigual de la tierra.

Orográfica

Se produce cuando el aire húmedo asciende mecánicamente sobre montañas.

1.2.8.1. Mediciones de las precipitaciones

Es la cuantificación del agua que cae en una región determinada en forma de lluvia, nieve, granizo u otras formas de precipitación, (Villón, 2002) indica que “se determina en términos de altura de lámina de agua (hp) donde la unidad es en milímetros (mm) en un área acumulable en un superficie plana” (p.73).

1.2.8.2. Precipitación media

Según Villón (2002) es la “altura de precipitación que cae en un sitio específico, que difiere de las zonas adyacentes, aunque sea sitios cercanos” (p. 76).

La estimación de la precipitación media de interés en el presente estudio se realizó mediante el método:

Polígonos de Thiessen

Para Villón (2002) es un método geométrico utilizada en hidrología para dividir un área en regiones alrededor de estaciones de medición. Cada región contiene una estación y cualquier punto dentro de ella está más cerca de esa estación que de cualquier otra. Para crearlos, se ubican las estaciones en un mapa, se conectan puntos vecinos con líneas rectas, se dibujan líneas perpendiculares desde los puntos medios de estas líneas, y las intersecciones forman los límites de los polígonos. Esto facilita la estimación precisa de la precipitación.

$$P_m = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i P_i \quad \dots\dots\dots \text{Ec. (9)}$$

Donde:

P_m : precipitación media

A_T : Área total

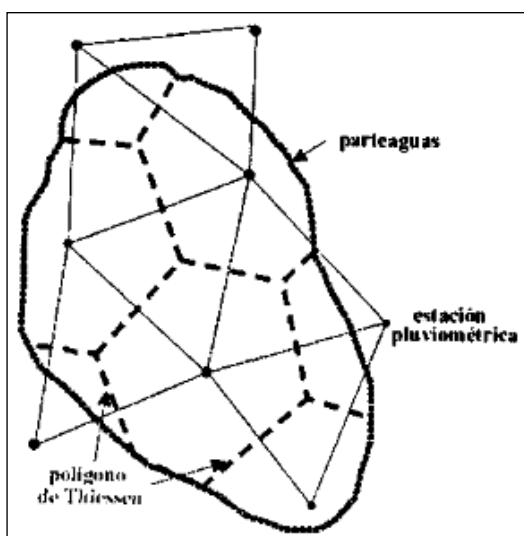
A_i : Área de influencia que corresponde a un observatorio meteorológico i

P_i : precipitación registrada en un observatorio meteorológico i

n: cantidad de observatorios meteorológicos

Figura 4

Polígonos de Thiessen



Nota: (Villón, 2002, p. 79)

1.2.8.3. Análisis de precipitación

Chow et al. (1994) indica que “los procesos hidrológicos cambian en el espacio y el tiempo de manera parcialmente predecible y parcialmente aleatoria, lo que se denomina proceso estocástico, en ocasiones, la variabilidad aleatoria es tan grande que se considera el proceso como puramente aleatorio, En estos casos, los valores de las observaciones no están correlacionados entre sí y sus propiedades estadísticas son uniformes. La salida de un sistema hidrológico se trata como estocástica e independiente del espacio y tiempo, lo que es adecuado para eventos extremos y datos promediados en largos periodos. Estos procesos aleatorios se analizan usando parámetros y funciones estadísticas, enfocándose en las observaciones más que en los procesos físicos” (p. 361).

Periodo de retorno

Según Villón (2016) indica como la cantidad promedio de años que transcurren entre la ocurrencia de eventos que superan un cierto umbral de intensidad, está en función del riesgo de ocurrencia y la vida útil (n) de las obras. Se expresa en unidades de tiempo, como años o décadas.

$$T = \frac{1}{1 - (1 - R)^{\frac{1}{n}}} \dots\dots\dots \text{Ec. (10)}$$

Modelos de distribución

Villón (2016) define como herramientas matemáticas utilizadas para representar la probabilidad de ocurrencia de diferentes valores en un conjunto de datos. Se utilizan para analizar y predecir comportamientos en diversas áreas como hidrología; (MTC, 2008) indican que se deben usar las distribuciones teóricas Normal, Log-Normal de 2 parámetros, Log-Normal de 3 parámetros, Gamma de 2 parámetros, Gamma de 3 parámetros, Log-Pearson tipo III, Gumbel y Log-Gumbel.

Prueba de datos dudosos

Chow et al. (1994) indica que la metodología de WRC sugiere ajustar los datos dudosos, los puntos significativamente desviados de la tendencia general, la inclusión o exclusión de estos puntos puede alterar considerablemente los parámetros estadísticos, especialmente en muestras pequeñas. Si la asimetría de la estación supera el valor de 0.4, primero se deben llevar a cabo pruebas para identificar datos de alta incertidumbre caso contrario si el valor es inferior a -0.4, se deben considerar pruebas para identificar datos de baja incertidumbre.

Mediante la ec. (11) se determina el umbral de dato dudoso alto.

$$y_H = \bar{y} + K_n S_y \dots\dots\dots \text{Ec. (11)}$$

Donde:

y_H : umbral de dato dudoso alto

K_n : valores de la Tabla 1

n : tamaño de la muestra

$\bar{y}$: media

S_y : desviación estándar

De la misma manera los datos dudosos bajos se detectan mediante la siguiente ecuación:

$$y_L = \bar{y} - K_n S_y \dots\dots\dots \text{Ec. (12)}$$

Donde:

y_L : umbral de dato dudoso bajo

Tabla 1

Valor de K_n para el análisis de datos dudosos

Cantidad de datos n	K_n	Cantidad de datos n	K_n
18	2.335	36	2.639
19	2.361	37	2.650
20	2.385	38	2.661
21	2.408	39	2.671
22	2.429	40	2.682
23	2.448	41	2.692
24	2.467	42	2.700
25	2.486	43	2.710
26	2.502	44	2.719
27	2.519	45	2.727
28	2.534	46	2.736
29	2.549	47	2.744
30	2.563	48	2.753
31	2.577	49	2.76

Nota: Tomada de (Chow et al., 1994, p. 416)

Tiempo de concentración

Es el tiempo que tarda el agua en escurrir desde el punto más distante de una cuenca hasta el punto de salida o desagüe, (USACE, 2022) indica que dentro del entorno del software HEC-HMS 4.10 viene incorporado la ecuación que se derivó para un Estudio

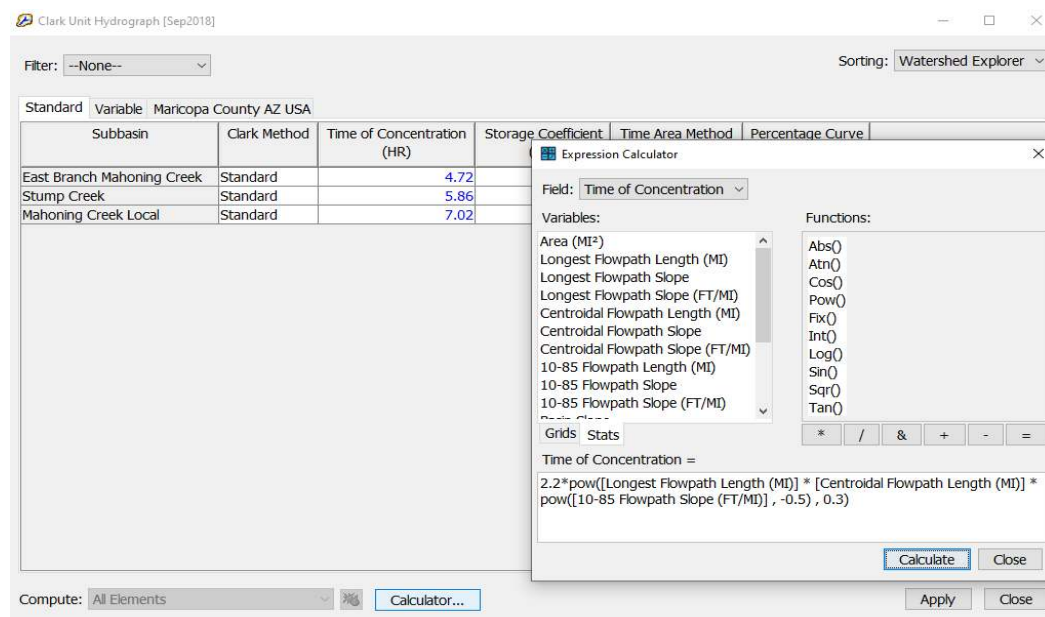
de Seguridad de Presas en Pennsylvania, con el cual se determinó para la cuencas en estudio.

$$T_c = 2.2x \left(\frac{LxL_c}{\sqrt{S_{10-85}}} \right) \dots\dots\dots \text{Ec. (13)}$$

T_c: tiempo de concentración (hrs); L: longitud de la línea principal del cauce (m); L_c: longitud al centroide de la cuenca (m); S₁₀₋₈₅: pendiente promedio del cauce principal representada por el 10% a 85% (m/m).

Figura 5

Calculadora de tiempo de concentración en el entorno de HEC-HMS



Nota: (USACE, 2022, p. 1455)

1.2.9. Análisis de tormenta de diseño

MTC (2008) indica como un patrón de precipitación utilizado en el diseño de sistemas hidrológicos, pueden basarse en datos históricos de precipitación o en características generales de regiones adyacentes, esta tormenta sirve como entrada al sistema, y los caudales resultantes se determinan a través de métodos de precipitación-escorrentía y tránsito de caudales. Se puede determinar una tormenta de diseño a través de la profundidad de las precipitaciones en un lugar específico o a través de un hietograma de diseño que detalle la repartición temporal de las precipitaciones durante la tormenta.

1.2.9.1. Modelos de curvas I-D-F

Aparicio (1989) define como representaciones gráficas de la relación entre la intensidad de la lluvia (mm/h), la duración de la lluvia (min) y la frecuencia de la lluvia

(años). La frecuencia se refiere al período de retorno de un evento de lluvia de determinada intensidad y duración

Reyes (2017) encontró para la estación de Yanacocha (mina Antamina – Ancash – Perú) logró expresar la intensidad como:

$$I_{D,T} = \frac{170.24 - 13.35 \left(\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right)}{(D - 0.707)^{0.651}} \dots\dots\dots \text{Ec. (14)}$$

Con $R^2 = 0.999$

Donde:

$I_{D,T}$: Intensidad de la tormenta de duración D y período de retorno T

D: Duración de la tormenta (minutos)

T: Período de retorno de la tormenta (año)

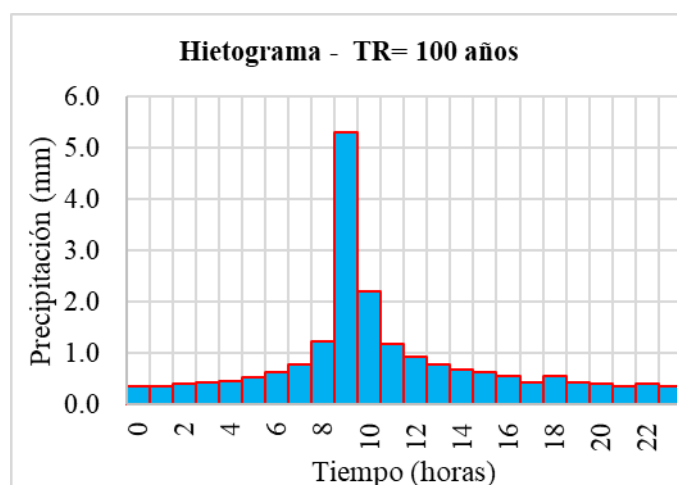
R^2 : Coeficiente de determinación

1.2.9.2. Hietograma

“Gráfico de forma escalonada, que representa la variación de la intensidad expresada en mm/hora de la tormenta, en el transcurso de la misma expresada en minutos u horas. Se puede ver esta relación que corresponde a una tormenta registrada por un pluviograma” (Villón, 2002, p. 89)

Figura 6

Hietograma de diseño



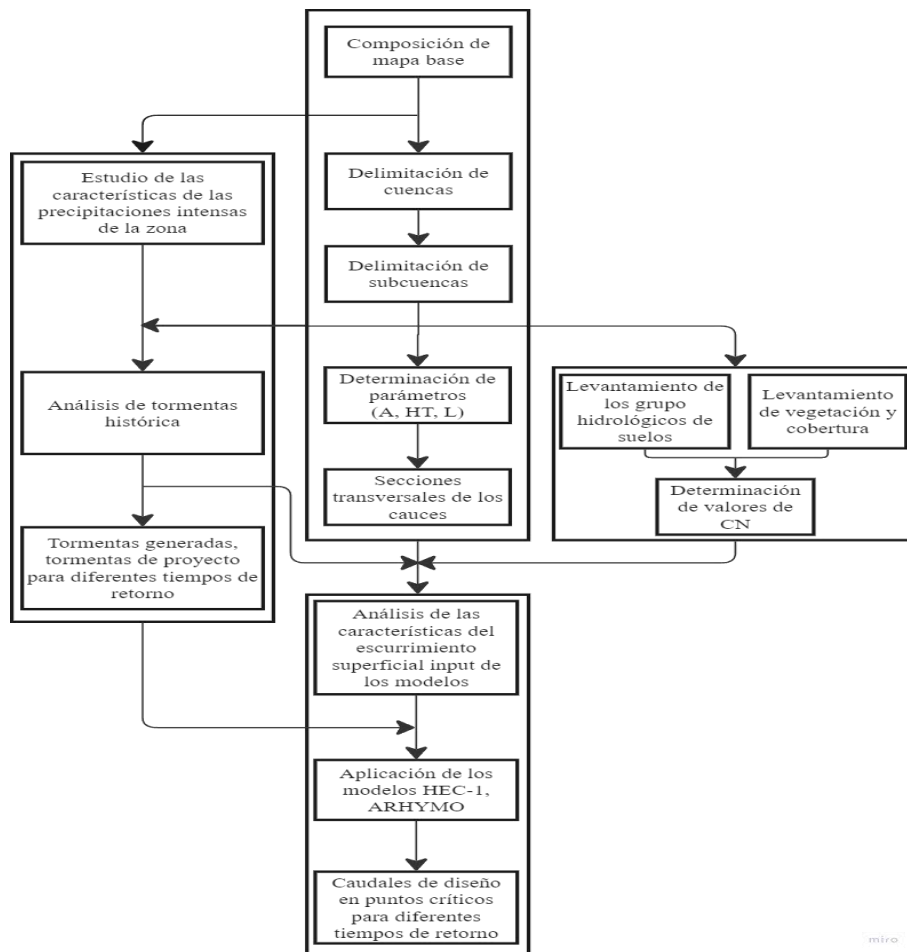
1.2.10. Estimación de caudales

Fattorelli y Fernandez (2011) considera tres bloques dinámicos temáticos como indica la figura 7, para la estimación de caudales como Composición del mapa base,

delimitación de cuencas y la red de drenaje, obtención de los parámetros de la cuenca, características de suelo y cobertura vegetal, estimación de CN, identificación del área en estudio y la elección de lluvias históricas, análisis y determinación de tormenta de diseño, determinación de las curvas I-D-F para diversos periodos de retorno, generación de hietogramas para su posterior estimación de caudal sea manual o mediante softwares de modelado hidrológico y finalmente la calibración para validar los resultados obtenidos.

Figura 7

Diagrama de flujos para estimación de caudales



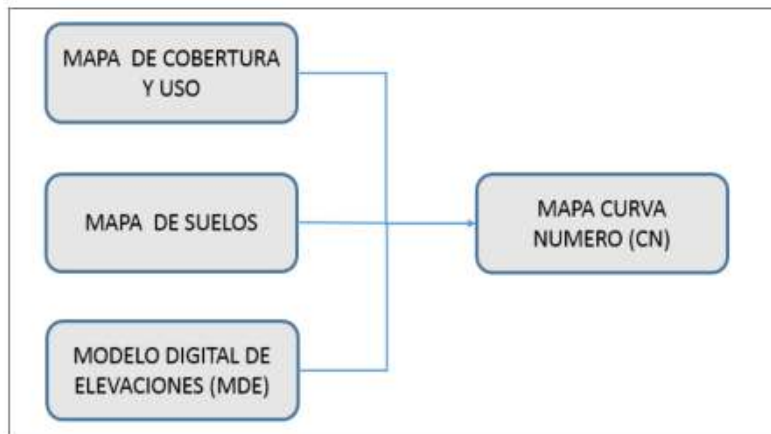
Nota: (Fattorelli & Fernandez, 2011, p. 223)

1.2.10.1. Curva número (CN)

MTC (2008) define como un valor numérico adimensional donde el rango de valores varían de 0 a 100, para suelos impermeable y cuerpos de agua el CN=100; y suelos naturales el CN<100; (ANA, 2015) indica que para la determinación del CN se procede según el modelo conceptual.

Figura 8

Flujograma para la determinación de curva número (CN)



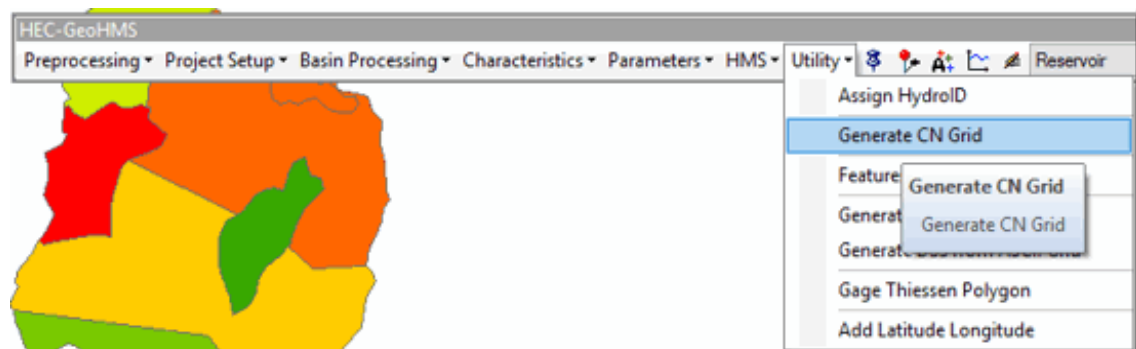
Nota: (ANA, 2015, p. 5)

Donde datos de cobertura de vegetal se puede obtener de los servidores del Ministerio del Ambiente estudio elaborado en el 2009 a una escala de 1/100000 u otras fuentes como estudios de zonificación económica y ecológica (ZEE) realizadas por los gobiernos regionales o locales a escalas mayores. La obtención de los datos se suelos se realiza de medios como la FAO información disponible a una escala 1/5000000, INGEMMET información disponible en la plataforma de GEOCATMIN a una escala 1/100000 y en otras fuentes de estudios locales.

Según ANA (2015) los valores de los grupos hidrológicos para diferentes tipos de uso de la tierra, fueron utilizados mediante la extensión de HEC-geoHMS 10.1, acondicionando la información de cobertura vegetal y suelo, seguido se cargó el MDE reacondicionado mediante la herramienta Fill de la extensión para luego finalmente utilizar la herramienta Generate CN GRID indicando los valores adecuados organizadas en una tabla.

Figura 9

HEC-geoHMS para curva número (CN)



Nota: (USACE, 2022)

Tabla 2*Valor de CN por grupo hidrológico*

Tipos de Coberturas	Grupo hidrológico			
	A	B	C	D
Cuerpos de agua	100	100	100	100
Nevados	98	98	98	98
Centros poblados	77	85	90	92
Cultivos/Áreas intervenidas	62	71	78	81
Matorral arbustivo abierto	45	66	77	83
Pradera en zona de clima frío	68	79	86	89
Sabana de árboles leñosos	45	66	77	83
Sabana hidromórfica	25	55	70	77
Selva lluviosa tropical	25	55	70	77
Selva lluviosa tropical con bambúes	25	55	70	77
Selva temporal de hojas anchas	25	55	70	77
Selva hidrográfica	39	61	74	80
Desierto en zona de clima árido	72	81	88	91

Nota: tomada de (ANA, 2015, p. 12)

1.2.10.2. Modelo hidrológico

Pascual y Díaz (2016) indican como una ilustración reducida del mundo auténtico, permitiendo comprender lo que ocurre bajo ciertas circunstancias. Los modelos hidrológicos representan los procesos dentro de una cuenca que convierten la precipitación en escorrentía. Si consideramos el mundo real como un sistema complejo, un modelo es una versión simplificada de este sistema, destacando sus componentes esenciales. En una cuenca de drenaje, conceptualizada como un sistema hidrológico, las condiciones límite están definidas por las divisorias de aguas. La precipitación es la entrada y el caudal es la salida, producto de la interacción dentro de la cuenca. La evaporación y el flujo subsuperficial son salidas adicionales, consideradas pérdidas si no contribuyen al caudal modelado, para el modelado recomienda los softwares Mike She, HEC-HMS y Tetis.

1.2.11. Software HEC-HMS 4.10

USACE (2022) indica que el software enfocado a simular los procesos hidrológicos en sistemas de cuencas donde los tributarios fluyen hacia un cauce principal

comprende procesos convencionales como infiltración de eventos, hidrogramas unitarios y enrutamiento hidrológico, así como simulación continua que abarca evapotranspiración, deshielo y gestión de la humedad del suelo. HEC-HMS ofrece procesos eficientes para el modelamiento de escorrentía. Incorpora instrumentos para mejorar el modelo, estimar el flujo, disminuir la zona de profundidad, valorar la incertidumbre, erosión, traslado de sedimentos y calidad del agua. La interfaz gráfica permite un uso fluido entre sus diferentes funciones. Los resultados se almacenan en HEC-DSS y pueden emplearse junto a otros softwares para estudios de disponibilidad de agua, drenaje urbano, previsión de flujos, impactos de urbanización, diseño de vertederos, reducción de daños por inundaciones, regulación de llanuras de inundación y operación de sistemas.

La versión 4.10 del software dentro de los métodos de pérdida por filtración cuenta con:

- Gridded Grem and Ampt
- Gridded SCS Curve Number
- Gridded Soil Moisture Accounting
- Initial and Constant
- Layered Green and Ampt
- SCS Curve Number
- Smith Parlange
- Soil Moisture Accounting

Y los hidrogramas de transformación que cuenta son:

- Clark Unit Hydrograph
- Cinematic Wave
- ModClark (Clark modificado)
- SCS Unit Hydrograph
- Snyder Unit Hydrograph
- S-Hydrograph
- Unit Hydrograph
- 2D Diffusion Wave

1.2.12. Inundación

CENEPRED (2014) indica que se genera por lluvias intensas o prolongadas que superan la capacidad de absorción del suelo y el volumen máximo de transporte del río, causando que el cauce se desborde e inunde las zonas adyacentes. Las planicies inundables situadas junto a arroyos, son áreas susceptibles a desbordamientos repetitivos.

1.2.12.1. Inundaciones pluviales

(CENEPRED, 2014) manifiesta que ocurre debido a la acumulación de agua de lluvia en una zona específica, sin que necesariamente haya un desbordamiento de un río. Se genera después de lluvias intensas y persistentes, ya sea debido a la excesiva precipitación en un corto tiempo o por lluvias moderadas y constantes en un intervalo de tiempo prolongado sobre un suelo poco permeable.

1.2.12.2. Inundaciones fluviales

CENEPRED (2014) indica que son provocadas por el desbordamiento de ríos ocurren cuando el volumen de agua aumenta repentinamente más allá de la capacidad del cauce, resultando en desbordes durante lo que se conoce como una crecida, generalmente debido a lluvias excesivas.

1.2.13. Modelo hidráulico

La modelación matemática del flujo de agua busca determinar variables hidráulicas como tirante, velocidad, caudal, régimen resolviendo ecuaciones numéricas basadas en ciertas hipótesis. Esta modelación es una aproximación a la realidad y es más precisa cuanto mejor se adapten las ecuaciones y el esquema numérico al fenómeno estudiado, para la propagación de caudales máximos en ríos, utilizando modelos bidimensionales y unidimensionales en régimen permanente gradualmente variado, útiles cuando la evolución temporal del flujo no es relevante y el flujo es unidimensional. Para flujos no permanentes, se emplean las ecuaciones unidimensionales de Saint-Venant y, si es necesario, esquemas bidimensionales para fenómenos más complejos (Guarniz, 2014, p. 58).

1.2.13.1. Coeficiente de rugosidad de Manning

Chow (1994) indica que se refiere a un coeficiente numérico adimensional que se contrapone a al movimiento del flujo debido a la rugosidad de la superficie del canal o

tubería, los valores varían según el tipo de superficie y las condiciones del terreno, canal o tubería.

Tabla 3

Coefficientes de Manning (n)

Clasificación de canales y descripción	Mín.	Regular	Máx.
Corriente natural			
1. Ríos en planicie.			
a. Limpio, recta, nivel máximo, sin montículo ni cavidades profundas.	0.025	0.030	0.033
b. Igual que a, pero presenta más presencia de maleza y piedra	0.030	0.035	0.040
c. Limpio, meandrónico, poca presencia de pozos y acumulación de arena	0.033	0.040	0.045
d. Equivalente a c, pero con poca presencia de matorrales y piedras	0.035	0.045	0.050
e. Similar al d, con abundancia de piedras	0.045	0.050	0.060
f. Zonas con abundantes especies vegetales, pozos profundos o canales con numerosos árboles con matorrales de baja altura.	0.075	0.100	0.150
2. Planicie de desbordamiento			
a. Pastizal, sin matorral			
Pastizal con tallo corto	0.025	0.030	0.035
Pastizal con tallo alto	0.030	0.035	0.050
b. Área cultivada			
No cultivado	0.020	0.030	0.040
Cultivo maduro alineado	0.025	0.035	0.045
Campo con sembríos maduro	0.030	0.040	0.050
c. Árboles			
Sauces densos, rectos y en verano	0.110	0.150	0.200
Terreno libre, con tronco sin retoño	0.030	0.040	0.050
Similar que el anterior, con abundante cantidad de retoños	0.050	0.060	0.080
Cantidad considerable de árboles, algunos troncos desplomados, con escaso desarrollo de matorrales, nivel de agua bajo las ramas.	0.080	0.100	0.120
Igual al anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas	0.100	0.120	0.160

Nota: adaptada de (Chow, 1994, p. 111).

1.2.13.2. Ecuación de Saint-Venant

También conocidas como ecuaciones de aguas poco profundas, son un conjunto de ecuaciones diferenciales parciales que describen el flujo unidimensional de un fluido en un canal abierto. Estas ecuaciones son fundamentales en la modelación hidrológica y se utilizan para simular la dinámica de ríos y corrientes (Chow et al., 1994).

Dentro de las ecuaciones principales se tiene:

Tabla 4

Ecuaciones de Saint-Venant

Ecuación de continuidad

Forma conservativa

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

Forma no conservativa

$$V \frac{\partial y}{\partial x} + y \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} = 0$$

Ecuación de momentum

Forma conservativa

$$\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + g \frac{\partial y}{\partial x} - g(S_o - S_f) = 0$$

Término de
aceleración
local

Término de
aceleración
convectiva

Término
de fuerza
de presión

Término
de fuerza
gravitacional

Término
de fuerza
de fricción

Forma no conservativa (elemento de ancho unitario)

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V \frac{\partial V}{\partial x} + g \frac{\partial y}{\partial x} - g(S_o - S_f) = 0$$

Onda cinemática

Onda de difusión

Onda dinámica

* Despreciando flujo lateral, cortante por viento, pérdidas por corrientes de *eddy* y suponiendo que $\beta = 1$.

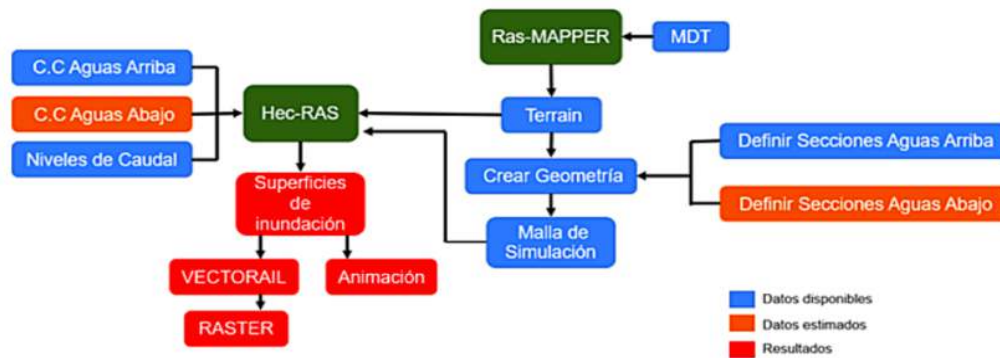
Nota: (Chow et al., 1994, p. 290)

1.2.14. Software HEC-RAS 6.3

Software elaborado por Centro de Ingeniería Hidrológica, realiza cálculos hidráulicos de ríos en 1D y flujos no estacionarios en 1D y 2D. Es un sistema integrado diseñado para el uso interactivo en redes multiusuario y multitarea. Incluye una interfaz gráfica de usuario (GUI), componentes de análisis hidráulico separados, almacenamiento y gestión de datos, además de herramientas para gráficos e informes (Córdova et al., 2022).

Figura 10

Diagrama de flujo del HEC-RAS



Nota: (Córdova et al., 2022)

1.2.15. Google Earth Pro

Es una herramienta avanzada de visualización geográfica que permite a los usuarios explorar imágenes satelitales, mapas y terrenos en 3D de cualquier parte del mundo, tiene funciones adicionales como la capacidad de medir áreas y distancias, imprimir imágenes de alta resolución, importar y exportar datos GIS y crear tours virtuales. Es usada en campos como la planificación urbana, la gestión ambiental y la educación; proporciona acceso a datos históricos y permite superponer capas de información personalizadas.

1.2.16. Topografía

MTC (2008) recomienda que: Para la toma de datos geométricos del terreno en campo es necesario que se deba abarcar el tramo del estudio proyectado, considerando:

- En ríos con amplias llanuras de inundación: 12 veces el ancho del cauce principal aguas arriba y 6 veces aguas abajo.
- En ríos con pendiente pronunciada: 8 veces en río arriba y 4 veces río abajo, con un mínimo de 150 m en ambos sentidos.
- Cerca de desembocaduras: incluir la zona de confluencia.

El levantamiento debe incluir las estructuras existentes, niveles y marcas de agua actuales, perfil longitudinal, secciones transversales espaciadas no más de 0.5 veces el ancho del cauce, y otras singularidades relevantes. Debe representar adecuadamente la zona en estudio para identificar puntos altos, bajos e irregularidades del lecho.

1.2.17. Sistemas de información geográfica

Olaya (2020) describe como un componente para examinar, exponer e interpretar suceso relacionados con la superficie de la tierra, manejo de datos referenciados espacial o geográficamente. Actúa como una base de datos georreferenciada y un conjunto de operaciones para manipular esos datos. Concretamente, se trata de un grupo de softwares y equipos diseñados para la obtención, conservación y utilización de datos de cartografía.

1.2.17.1. Formato ráster

La información se representa en la malla ráster de elevaciones, donde los límites de las celdas son evidentes y se puede asignar un valor específico a cada celda. Aunque la malla puede contener datos sobre múltiples variables, generalmente se enfoca en una sola variable, con cada celda teniendo un único valor. La característica distintiva del modelo ráster es su sistematicidad, ya que las celdas están dispuestas siguiendo un patrón uniforme, sin solapamientos y contiguas entre sí, formando una malla regular. Las celdas suelen ser cuadradas, pero también pueden ser rectangulares, triangulares o hexagonales. Sin embargo, los sistemas de información geográfica (SIG) usan principalmente celdas cuadradas o rectangulares, siendo otras formas menos comunes y con aplicaciones muy específicas. En los SIG, las representaciones ráster con celdas de tamaños variados son raras, aunque son frecuentes en representaciones tridimensionales (Olaya, 2020, p. 67).

Figura 11

Representación de un modelo Raster

132.90	133.90	135.60	139.20	140.60	144.40
126.80	128.50	131.40	133.90	135.90	139.90
122.30	124.10	125.80	128.50	131.80	135.60
118.70	119.90	121.90	124.30	128.20	131.50

Nota: (Olaya, 2020, p. 67)

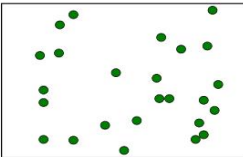
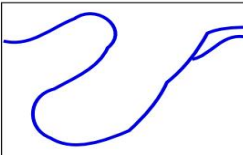
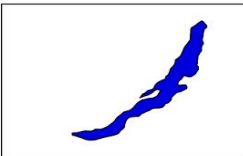
1.2.17.2. Formato vectorial

Este modelo no depende de las unidades básicas para dividir el área estudiada; en cambio, se capturan sus características a través de entidades geométricas con propiedades constantes. La forma de estas entidades se codifica explícitamente, a diferencia del modelo ráster, donde la estructura de la malla implícitamente define las fronteras. Similar

al modelo conceptual de entidades discretas, el vectorial representa el espacio geográfico con primitivas geométricas: puntos, líneas y polígonos. Las formas geométricas básicas, como líneas y polígonos, se reducen a puntos interconectados. Así, cada elemento del espacio se define por una serie de puntos que determinan sus propiedades espaciales y valores asociados (Olaya, 2020, p. 71).

Figura 12

Representación de un modelo vectorial

Primitiva	Entidad espacial	Representación	Atributos																					
Puntos			<table><thead><tr><th>ID</th><th>Altura</th><th>Diámetro Normal</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>17,5</td><td>35</td></tr><tr><td>2</td><td>22</td><td>45,6</td></tr><tr><td>3</td><td>15</td><td>27,2</td></tr><tr><td>4</td><td>19,7</td><td>36,1</td></tr><tr><td>...</td><td></td><td></td></tr><tr><td>...</td><td></td><td></td></tr></tbody></table>	ID	Altura	Diámetro Normal	1	17,5	35	2	22	45,6	3	15	27,2	4	19,7	36,1	...			...		
ID	Altura	Diámetro Normal																						
1	17,5	35																						
2	22	45,6																						
3	15	27,2																						
4	19,7	36,1																						
...																								
...																								
Líneas			<table><thead><tr><th>Ancho máx(m)</th><th>Calado máx(m)</th><th>Longitud(km)</th></tr></thead><tbody><tr><td>15</td><td>4,3</td><td>35</td></tr><tr><td>6,3</td><td>3,9</td><td>5,2</td></tr></tbody></table>	Ancho máx(m)	Calado máx(m)	Longitud(km)	15	4,3	35	6,3	3,9	5,2												
Ancho máx(m)	Calado máx(m)	Longitud(km)																						
15	4,3	35																						
6,3	3,9	5,2																						
Polígonos			<table><thead><tr><th>Superficie(km)²</th><th>Profundidad máx(m)</th></tr></thead><tbody><tr><td>31494</td><td>1637</td></tr></tbody></table>	Superficie(km) ²	Profundidad máx(m)	31494	1637																	
Superficie(km) ²	Profundidad máx(m)																							
31494	1637																							

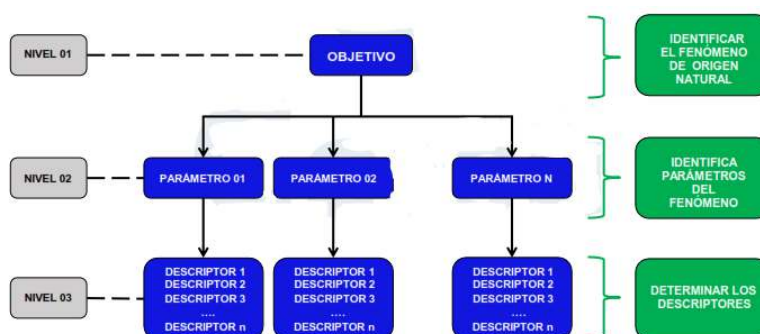
Nota: (Olaya, 2020, p. 72)

1.2.18. Análisis jerárquico

Este método prioriza elementos usando una matriz de comparación entre pares que mide la preferencia de un parámetro sobre otro, empleando la escala de Saaty (de 9 a 1/9). Descompone problemas complejos en jerarquías y permite al decisor estructurar visualmente problemas multicriterio, creando un modelo jerárquico de al menos tres niveles (CENEPRED, 2014, p. 203).

Figura 13

Proceso de análisis jerárquico



Nota: tomada del manual de estimación de riesgos (CENEPRED)

1.2.19. Elementos expuestos

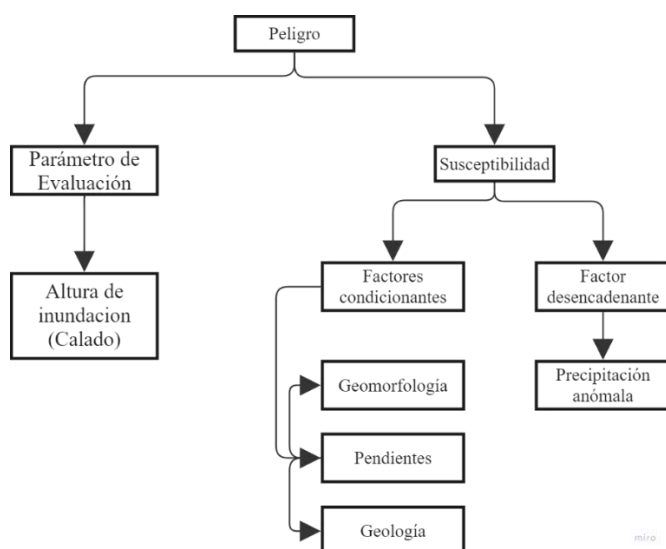
INDECI (2006) define como toda aquella población, viviendas, infraestructuras, vías de acceso que se encuentran dentro de una determinada área geográfica, expuestas a un peligro.

1.2.20. Peligro

CENEPRED (2014) define como la posibilidad de que un evento natural, que podría causar daño, suceda en un sitio específico, con intensidad específica y dentro de un lapso de tiempo y habitualidad determinado.

Figura 14

Flujograma para la estimación de peligro



Nota: Adaptada de (CENEPRED, 2020)

1.2.20.1. Parámetros de evaluación

Es la expresión de la amenaza en el área influenciada por el peligro evaluado, provocada por la envergadura del factor provocador, que simboliza la severidad del suceso. Los aspectos de evaluación tienen que ser unidades cartografiables identificadas en la zona del proyecto, lo que permite describir la magnitud con la que un peligro impacta en una zona geográfica concreta. Estos parámetros hacen referencia a pruebas del peligro como huella hídrica, volúmenes o zonas afectadas (CENEPRED, 2020).

Tabla 5*Evaluación de parámetros y susceptibilidad*

Peligro	Parámetro de evaluación		Susceptibilidad	
	Intensidad	Factores condicionantes	Factor desencadenante	
Flujo de detritos	Alturas y/o velocidades de flujo en el área de estudio.	Unidad geológica, geomorfológica y pendientes	Precipitación pluvial.	
Inundación (Pluvial, fluvial)	Alturas de agua en zonas inundables, factor de profundidad y calado de corriente.	Unidad geológica, geomorfológicas y pendientes	Precipitaciones pluviales.	
Erosión fluvial	Áreas erosionadas, velocidad de erosión.	Tipo de suelo, unidad geomorfológica, pendientes y nivel de curvatura (coeficiente de meandricidad)	Precipitaciones pluviales.	

Nota: adaptada de (CENEPRED, 2020, p. 21)

1.2.21. Vulnerabilidad

“Condición social resultante de los procesos y cambios que experimenta la sociedad. Se manifiesta en los niveles económicos y de bienestar de la población, en su grado de organización social, en su educación, y en sus características culturales e ideológicas. También se refleja en la ubicación geográfica de la población, en la gestión del entorno, en las características y capacidades propias para recuperarse, y en su adaptación al medio ambiente y a los peligros que este presenta” (CENEPRED, 2014).

Figura 15*Actores de vulnerabilidad*

Nota: tomada del manual de riesgos (CENEPRED, 2014, p. 123)

1.2.22. Exposición

CENEPRED (2014) define como las acciones y procedimientos que sitúan a las personas y sus recursos vitales en áreas de peligro. Esta situación surge por una

interacción inapropiada con el entorno, derivada de crecimiento demográfico no planificado, migración desordenada, urbanización sin gestión adecuada y políticas económicas insostenibles.

1.2.23. Fragilidad

CENEPRED (2014) hace referencia a las condiciones de desventaja o debilidad de las personas y sus medios de vida ante un peligro. Principalmente, se centra en las condiciones físicas de una comunidad, como formas de construcción y falta de cumplimiento de normativas vigentes, entre otros factores internos.

1.2.24. Resiliencia

Facultad propia de superarse ante la adversidad o frente a un peligro, para ello depende de las condiciones social, nivel de organización poblacional y potencial económico, una adecuada condición de estos factores reduce el nivel vulnerabilidad (CENEPRED, 2014).

1.2.25. Riesgo

Es la probabilidad de que se presente un evento causando pérdidas irreparables, la cual depende exposición y potencial del peligro (Ize et al., 2010).

$$R_{ie}|= f(P_i, V_e)|_t \dots\dots\dots \text{Ec. (15)}$$

R: Riesgo.

f : función

P_i : Peligro con una magnitud superior o equivalente a i durante un tiempo t

V_e : Vulnerabilidad de elementos expuestos

Figura 16

Actores de riesgo por desastres naturales



Nota: tomada del manual de estimación de riesgos (CENEPRED, 2014, p. 121)

1.2.26. Gestión correctiva

Es un enfoque de administración que se centra en identificar, analizar y mitigar los riesgos existentes, su objetivo es restaurar el funcionamiento normal y prevenir el riesgo existente.

1.2.27. Gestión prospectiva

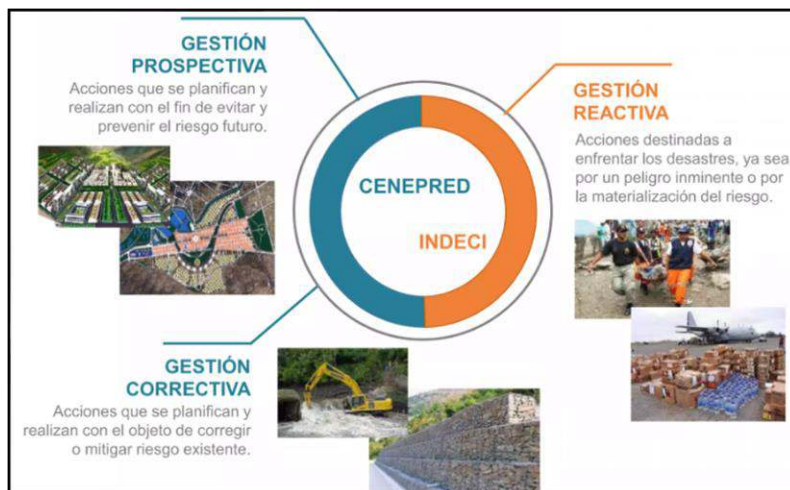
CENEPRED (2014) define como el análisis de riesgos "aún no existentes" que podrían surgir durante la ejecución de futuras iniciativas de inversión y desarrollo. Se lleva a cabo mediante regulaciones, inversiones públicas o privadas, y planes de desarrollo u ordenamiento territorial. Realizar una prospección implica evaluar los riesgos futuros tanto para la propia inversión como para terceros, y determinar el nivel de riesgo aceptable.

1.2.28. Gestión reactiva

Son las acciones de para la atención que permitan responder ante desastres ocurrido o situaciones de peligro inminente, con el objetivo de asegurar una respuesta óptima (CENEPRED, 2014, p. 191)

Figura 17

Elementos de la administración del riesgo de catástrofes



Nota: (CENEPRED)

1.2.29. Control de riesgos

CENEPRED (2015) indica que, para valorar los riesgos, es fundamental definir qué consecuencias son graves, aceptables o insignificantes, ya que influye en decisiones como las de una comunidad que, aun sabiendo del riesgo de inundaciones, opta por usar

zonas aledañas a un río para la agricultura, porque la pérdida de una cosecha es menos perjudicial que desaprovechar el terreno. En ingeniería, este concepto se aplica al diseñar obras con niveles de protección justificados por su vida útil y usando factores de seguridad para cubrir incertidumbres. La asignación de recursos para seguridad y protección del patrimonio y el ambiente requiere comparar beneficios de medidas de prevención con sus costos. Sin embargo, no es posible eliminar el riesgo por completo; siempre habrá un límite donde el riesgo se considere mitigable y más allá del cual no es justificable aplicar más medidas preventivas. Las metodologías como el análisis costo-beneficio son esenciales para tomar estas decisiones de manera informada.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación

2.1.1. Ubicación política

Políticamente el área en estudio se encuentra situada en:

Dpto. : Ayacucho

Provincia : La Mar

Distrito : Tambo

Localidad : Huayao

2.1.2. Ubicación geográfica

La ubicación geográfica del área de estudio está ubicada en las coordenadas UTM WGS 84, zona 18 L – UTM:

Este : 609899.67

Norte : 8569728.26

Cota : 2996 msnm

2.1.3. Ubicación administrativa

Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2008), el área de investigación se sitúa en la jurisdicción de:

Tabla 6

Ubicación Administrativa

Autoridad Administrativa	ALA
Pampas-Apurímac	Bajo Apurímac-Pampas

Mapa de Ubicación del lugar del proyecto de investigación

**Tabla 7**

Desde	Hasta	Distancia (Km)	Tiempo (hh:mm)	Estado vía
Ayacucho	Tambo	80.10	01:56	Asfaltado
Tambo	Huayao	6.70	00:19	Afirmado
Total		86.80	02:15	

¿Cuáles son los niveles de riesgo por inundación del centro poblado Huayao – Tambo - La Mar - Ayacucho 2023?

¿Cuáles son los niveles de vulnerabilidad estimadas utilizando la metodología del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Desastres?

¿Cuáles son los niveles de peligro por inundación que presenta el centro poblado Huayao estimadas utilizando la metodología del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Desastres?

¿Cuáles son los niveles de susceptibilidad estimadas utilizando la metodología del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Desastres?

¿Cuáles son los puntos críticos de desbordamiento de los ríos Tojoromayo y Chapismayo identificadas mediante el modelamiento hidráulico?

2.4. Materiales, equipos e información

2.4.1. *Materiales*

- 01 wincha
- 01 flexómetro
- 01 pintura esmalte
- Millar papel bond 80 gr
- 02 tableros A4

2.4.2. *Equipos*

- Dron Topográfico
- GPS diferencial más un colector de datos (Rover)
- 01 GPS navegador Garmin
- 01 cámara fotográfica
- Calculadora científica
- Computadora PC Ryzen7-5700x
- Disco sólido externo

2.4.3. *Software*

- HEC-HMS 4.10
- HEC-RAS 6.3
- AutoCAD C3D 2023
- SAS Planet
- Google Earth Pro
- ArcGIS Pro V.3.0
- PhotoScan
- Excel 2019

2.4.4. Información requerida

- Información hidrometeorológica (precipitación máxima en 24 horas) de las estaciones San Miguel y Luricocha.
- Manual de evaluación de riesgos generados por fenómenos naturales de CENEPRED
- Cuadro de empalme E=1/100 000 (26ñ, 26o y 27ñ, 27o)
- Ráster DEM del servidor de EOS Land Viewer
- Mapa de geomorfología escala 1:100 000 (MINAM)
- Mapa de Suelos escala 1:50 000 (ZEE-Ayacucho)
- Padrón poblacional del centro poblado

2.5. Metodología

2.5.1. Estimación de peligro

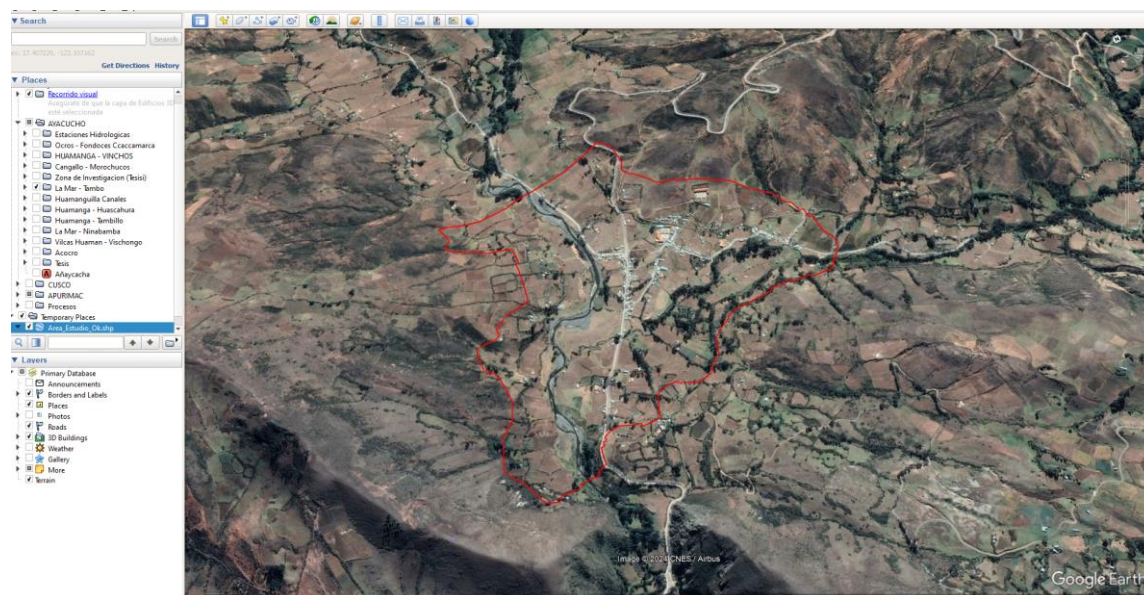
2.5.1.1. Identificación de área de estudio

(CENEPRED, 2014) indica que dentro de los parámetros es el tiempo de retorno, tiempo que se superaría un suceso basada en la estadística, el cual se obtuvo teniendo en cuenta el siguiente procedimiento.

1. El área de estudio fue delimitada mediante el software Google Earth Pro de una altura que equivale a 3 Km, para lo cual fue tomado toda la localidad del centro poblado de Huayao.

Figura 19

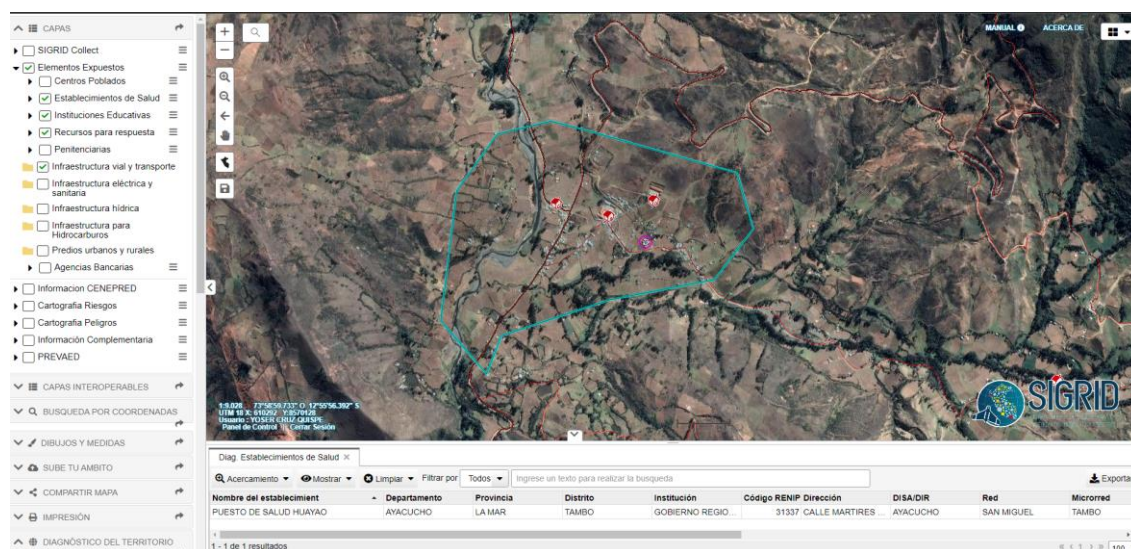
Identificación de la zona de investigación



2. Dentro del área de investigación se realizó el reconocimiento de los elementos expuestos mediante una imagen satelital y datos que brinda la plataforma [SIGRID](#) del CENEPRED.

Figura 20

Identificación de elementos expuestos en SIGRID



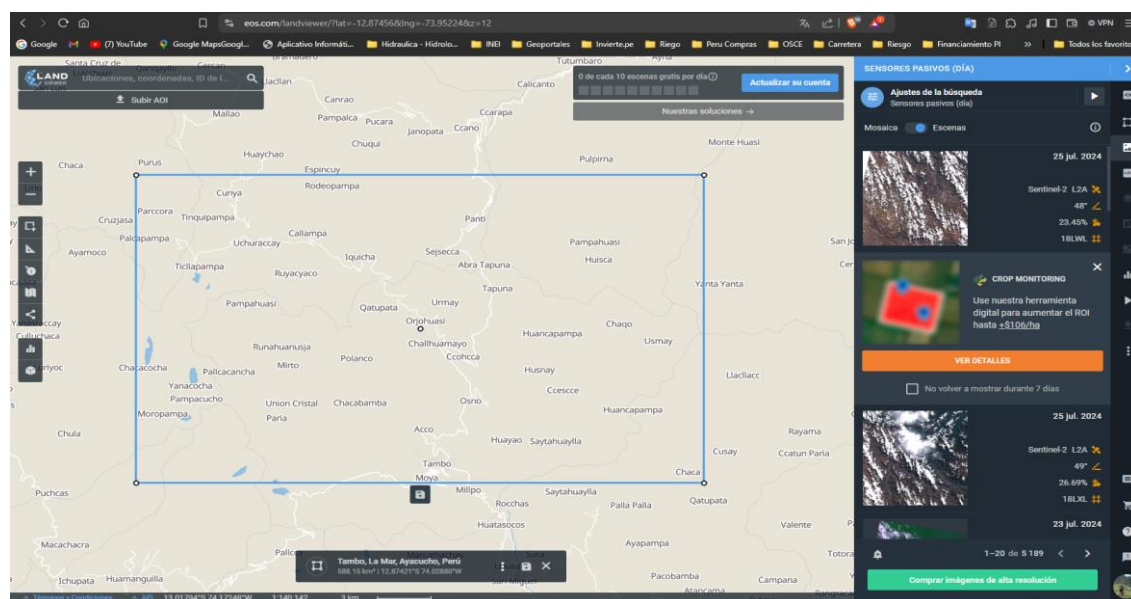
Nota: Adaptada de SIGRID – CENEPRED

2.5.1.2. Delimitación y análisis de cuenca

3. Para el análisis de las cuencas de los ríos Tojoro y Chapismayo se descargó modelos de elevación digital (DEM) de la página [EOS Land Viewer](#) el cual brinda un ráster con una resolución de 5m x 5m.

Figura 21

Descarga del DEM de la EOS Land Viewer



Nota: Adaptada de Land Viewer

- Las cuencas de los ríos Tojoro y Chapismayo se delimitaron con el software HEC-HMS 4.10, haciendo el uso de las herramientas GIS (Terrain Reconditioning > Preprocess Skins > Preprocess Drainage > Identify Streams > Break Points Manager > Delineate Elements) donde los puntos de desfogue que se tomaron son:

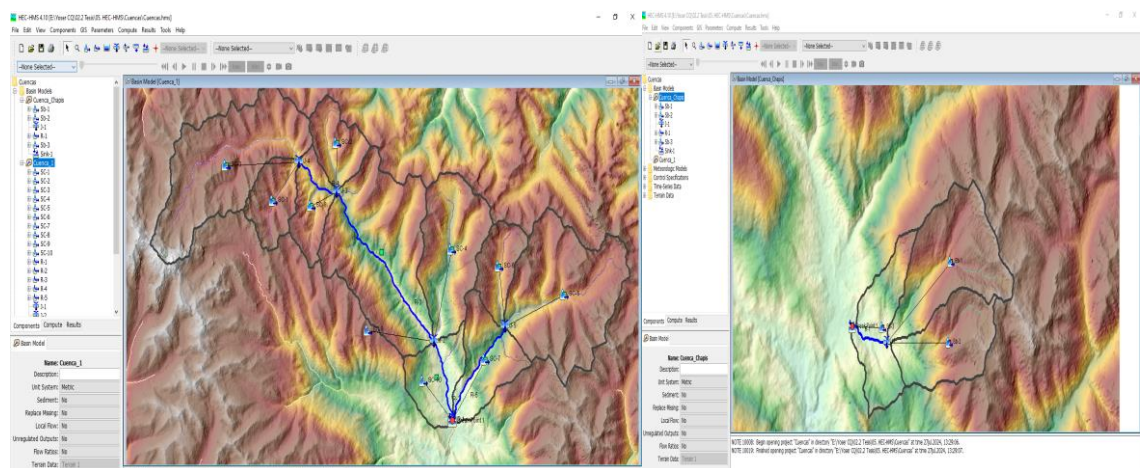
Tabla 8

Coordenadas del punto de desfogue

Descripción	Punto de desfogue		
	Este	Norte	Altitud (msnm)
Río Tojoro	609742.75	8570218.36	2999
Río Chapismayo	610516.96	8569555.32	3017

Figura 22

Delimitación de las cuencas Tojoro y Chapismayo

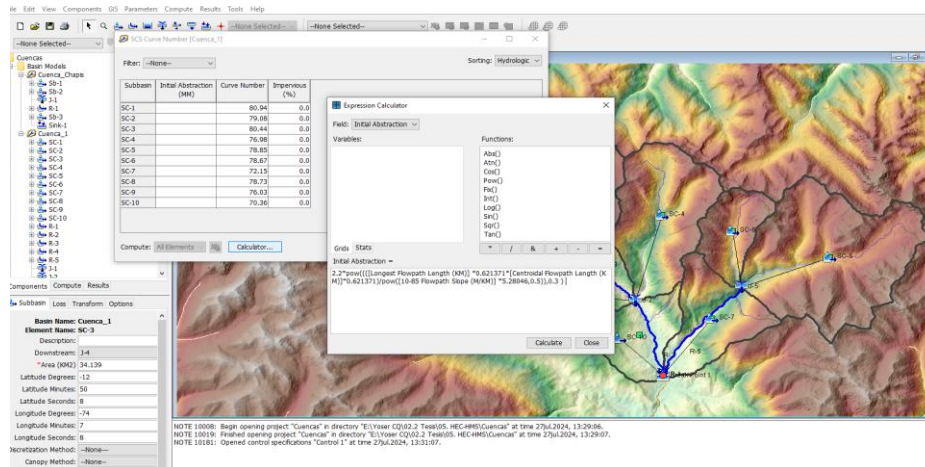


Nota: Adaptada de HEC-HMS V4.10

- De la misma manera los parámetros de la cuenca y fueron determinadas con el modelo HEC-HMS, con la herramienta de parámetros (characteristics > subbasin y characteristics > reach) los cuales brindan parámetros para cada subcuenca.
- El tiempo de concentración se determinó teniendo en utilizando la herramienta del software HEC-HMS 4.10, el cual utiliza la [ecuación \(13\)](#) para cada una de las cuencas de los ríos Tojoro y Chapismayo.

Figura 23

Cálculo del tiempo de concentración de las cuencas



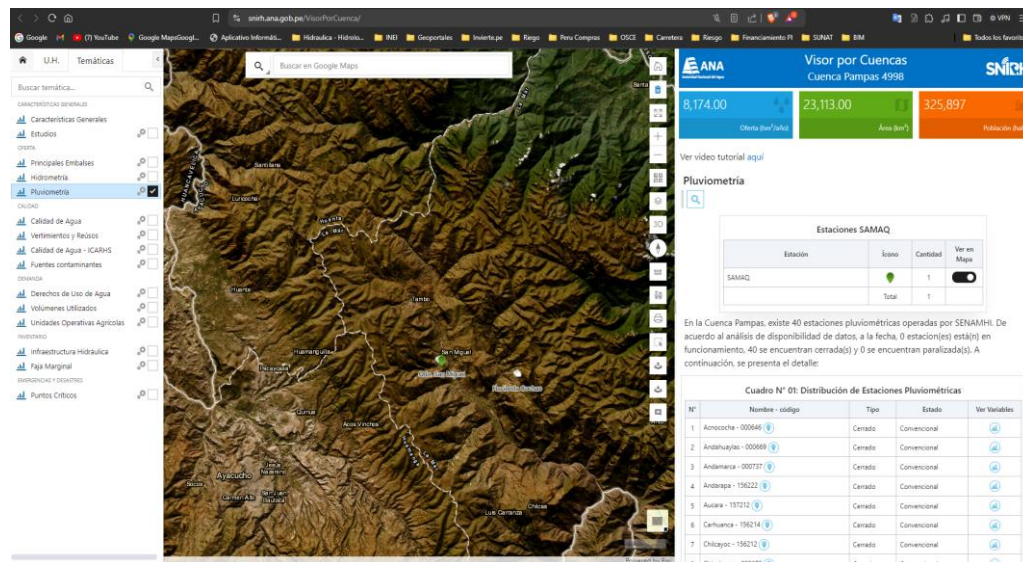
Nota: Adaptada de HEC-HMS V4.10

2.5.1.3. Análisis de datos pluviométricos

1. Para la cuenca delimitada se obtuvieron datos pluviométricos de la página del ANA-[ANDREA](#), en el geoportal de visor de cuencas del ANA.

Figura 24

Estaciones meteorológicas disponibles



Nota: Adaptada de visor de cuencas – ANA

2. Mediante el polígono de Thiessen se determinó la influencia de los observatorios meteorológicos en las cuencas de los ríos Tojoromayo y Chapismayo, donde las estaciones a considerar son las estaciones de San Miguel y Luricocha, tal como se representa en el mapa de los observatorios meteorológicos (Anexo).

Tabla 9*Influencias de las estaciones en las cuencas de estudio*

Estación	Superficie (Km ²) – (%)			
	Tojoromayo		Chapismayo	
San Miguel	126.75	68.0%	22.51	100%
Luricocha	59.55	32.0%	-	-

3. A las estaciones pluviométricas de San Miguel y Luricocha se analizó “los valores inciertos de P24h, que no se ajustan al nivel de confianza del 90% establecido por el Método Water Resources Council, serán descartados” (Chow et al., 1994, p. 415)

Tabla 10*Análisis de datos dudosos*

	Luricocha		San Miguel	
	PP Max	Log (PP Max)	PP Max	Log (PP Max)
Número de Datos (N)	34.00	34.00	17.00	17.00
Valor Máximo	44.20	1.65	38.00	1.58
Valor Mínimo	12.10	1.08	15.00	1.18
Media	24.56	1.37	24.78	1.38
Desviación Estándar	7.71	0.14	6.06	0.11
Varianza	59.42	0.02	36.76	0.01
Coef. Variación	0.31	0.10	0.24	0.08
Coef. Sesgo o asimetría	0.43	-0.17	0.50	-0.02
Kn		2.62		2.31
XH		1.73		1.63
Valor Max		54.30		42.38
		Ok		Ok
XL		1.00		1.14
Valor Min		10.07		13.70
		Ok		Ok

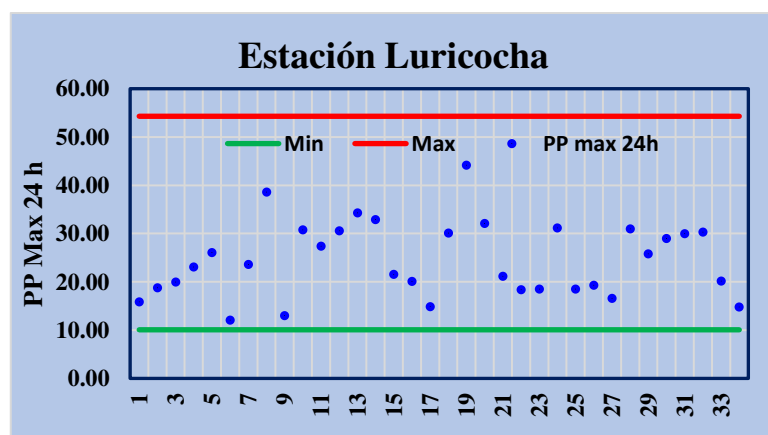
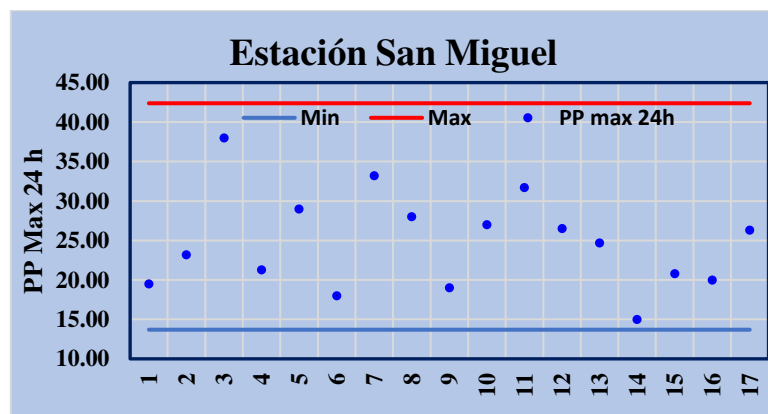
Figura 25*Datos pluviométricos confiables de la estación Luricocha*

Figura 26

Datos pluviométricos confiables de la estación San Miguel



4. Posterior a la evaluación de los datos dudosos a las precipitaciones máximas registradas en 24 horas de las estaciones influentes en la zona de estudio, se analizó la prueba de bondad de ajuste de Smirnov Kolgomorov haciendo el uso del software Hydrognomon,

Tabla 11

Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolgomorov para la estación San Miguel

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	NS=5%	Attained a	DMax
Log Pearson III	ACEPTAR	99.54%	0.08449
GEV-Max	ACEPTAR	99.51%	0.08496
Pearson III	ACEPTAR	99.37%	0.08703
Gamma	ACEPTAR	99.34%	0.08735
LogNormal	ACEPTAR	99.29%	0.08802
Galton	ACEPTAR	99.20%	0.08896
Normal (L-Moments)	ACEPTAR	97.53%	0.1004
Pareto (L-Moments)	ACEPTAR	97.52%	0.10046
EV1-Maximo (Gumbel, L-Moments)	ACEPTAR	96.65%	0.10425
EV3-Minimo (Weibull, L-Moments)	ACEPTAR	96.43%	0.10512
Normal	ACEPTAR	96.28%	0.1057
EV3-Min (Weibull)	ACEPTAR	94.62%	0.11117
Pareto	ACEPTAR	85.53%	0.13113
Exponential (L-Moments)	ACEPTAR	74.89%	0.14822
EV1-Min (Gumbel)	ACEPTAR	71.73%	0.15289
Exponential	ACEPTAR	67.99%	0.15831
EV2-Maximo	ACEPTAR	67.78%	0.15861

Nota: adaptada de Hydrognomon

Tabla 12*Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolgomorov de la estación Luricocha*

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	NS=5%	Attained a	DMax
Pareto (L-Moments)	ACEPTAR	98.77%	0.07155
Pareto	ACEPTAR	93.26%	0.08711
GEV-Min (L-Moments)	ACEPTAR	80.33%	0.10473
Normal (L-Moments)	ACEPTAR	73.83%	0.11176
Normal	ACEPTAR	71.55%	0.11412
Pearson III	ACEPTAR	71.27%	0.11441
Galton	ACEPTAR	70.41%	0.1153
Gamma	ACEPTAR	65.78%	0.12002
Log Pearson III	ACEPTAR	58.78%	0.12717
LogNormal	ACEPTAR	53.41%	0.13277
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	38.95%	0.14926
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	30.85%	0.16014
Exponential	ACCEPT	27.86%	0.16466
EV2-Max (L-Momments)	ACCEPT	23.89%	0.17121
GEV-Maximo (kappa specified)	ACCEPT	22.81%	0.17314

Nota: adaptada de Hydrognomon

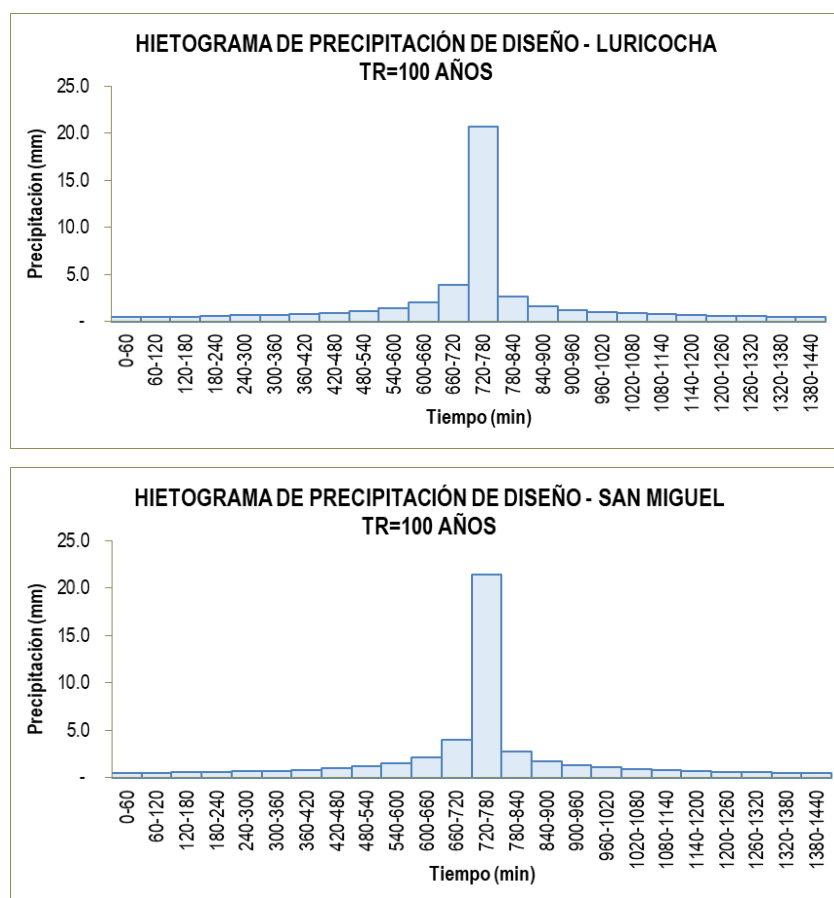
5. En las tablas 11 y 12 se presentan los resultados de las distribuciones teóricas, de los cuales se toman una de 8 las distribuciones recomendadas por (Villón, 2016 y MTC, 2008) que se ajusta para cada una de las estaciones recomendadas siendo la distribución log Pearson III para la estación San Miguel y la estación Luricocha a la distribución normal con los cuales se realizó el cálculo de la precipitación para distintos periodos de retorno, luego se determinó las curvas I-D-F haciendo el uso del método Dick y Peshcke, para finalmente obtener los hietogramas mediante la metodología de los bloques alternos.

Tabla 13*Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno*

TR (años)	PP San Miguel	PP Luricocha
	Log Pearson III Pmax24h (mm)	Normal Pmax24h (mm)
2	27.224	27.751
5	33.445	35.082
10	37.243	38.914
25	41.769	43.001
50	44.983	45.641
100	48.083	48.015
150	49.860	49.308
200	51.108	50.188
500	55.029	54.669
1000	27.224	27.751

Figura 27

Hietogramas de precipitación de diseño para un TR=100 años



La distribución temporal de la precipitación en una tormenta para un periodo de retorno de 100 años de la estación de Luricocha alcanza la intensidad máxima de 20.68 mm y 21.45 mm la estación de San Miguel según la metodología de Dyck -Peschke.

2.5.1.4. Estimación de la curva número (CN)

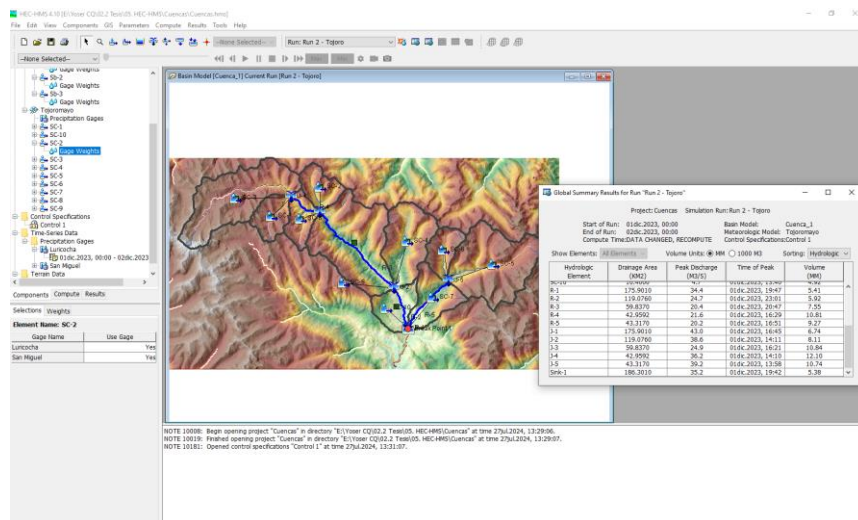
La curva número se obtuvo mediante el software ArcGIS 10.7, con la extensión HEC-GeoHMS haciendo el uso de la Generate Grid, para los parámetros de entrada se realizó teniendo en cuenta el manual de generación de mapa temática de curva número de (ANA, 2015).

2.5.1.5. Caudales máximos

Obtenido los datos de entrada para el modelo hidrológico HEC-HMS se modeló para la obtención de los caudales de las avenidas más altas haciendo el uso del “método CN del SCS se usa para estimar la escorrentía directa y el método del Hidrograma unitario se usa para el cálculo del Hidrograma de Avenida” (Mauricio Quispe, 2023, p. 52).

Figura 28

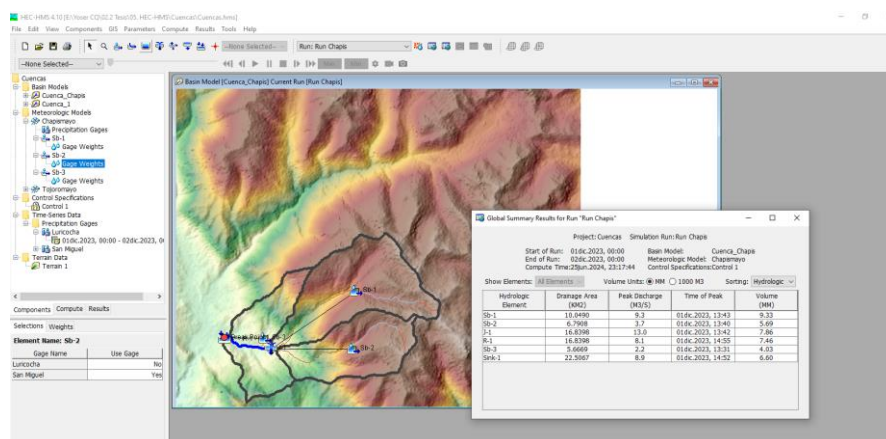
Modelamiento hidrológico para un $Tr=100$ años de la cuenca Tojoromayo



Nota: adaptada de HEC-HMS 4.10

Figura 29

Modelamiento hidrológico para un $Tr=100$ años de la cuenca Chapismayo



Nota: adaptada de HEC-HMS 4.10

2.5.1.6. Parámetros de evaluación

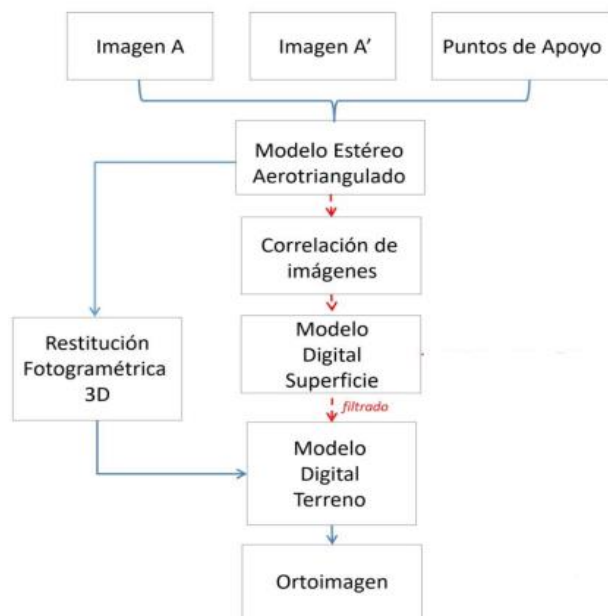
Se utilizó la altura de inundación (calado) como parámetro de evaluación, según descrito en el manual de evaluación de riesgos del (CENEPRED, 2020), para lo cual se realizó las siguientes actividades:

1. Se realizó el levantamiento topográfico con Dron para la obtención de los modelos de elevación digital (DME) en formato TIF y las ortofotosen formatos ECW. Las correcciones se realizaron mediante el software PIX4D donde se priorizaron “las correcciones de geometría por distorsión de la cámara, alineación de imágenes, corrección de balance de color y de iluminación, ortorrectificación y la mejora de

precisión GPS; para finalmente generar los modelos digitales de terreno” (IGN, 2021).

Figura 30

Proceso de obtención MDE y ortoimagen

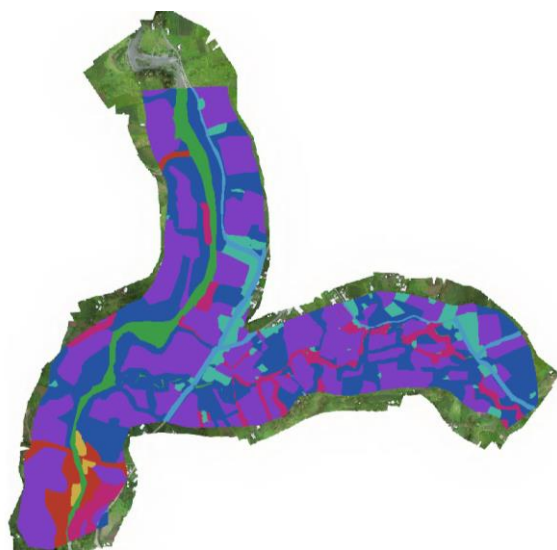


Nota: adaptada de (IGN, 2021, p. 24)

2. Los coeficientes de rugosidad fueron procesados en el software ArcGIS Pro V3, haciendo el uso de ortoimágenes obtenidas en el levantamiento y adicionando los valores según lo indicado en la [tabla 3](#), el cual fue importando al Ras mapper para el rasterizado y para posterior procesamiento.

Figura 31

Coefficiente de Manning del área de estudio

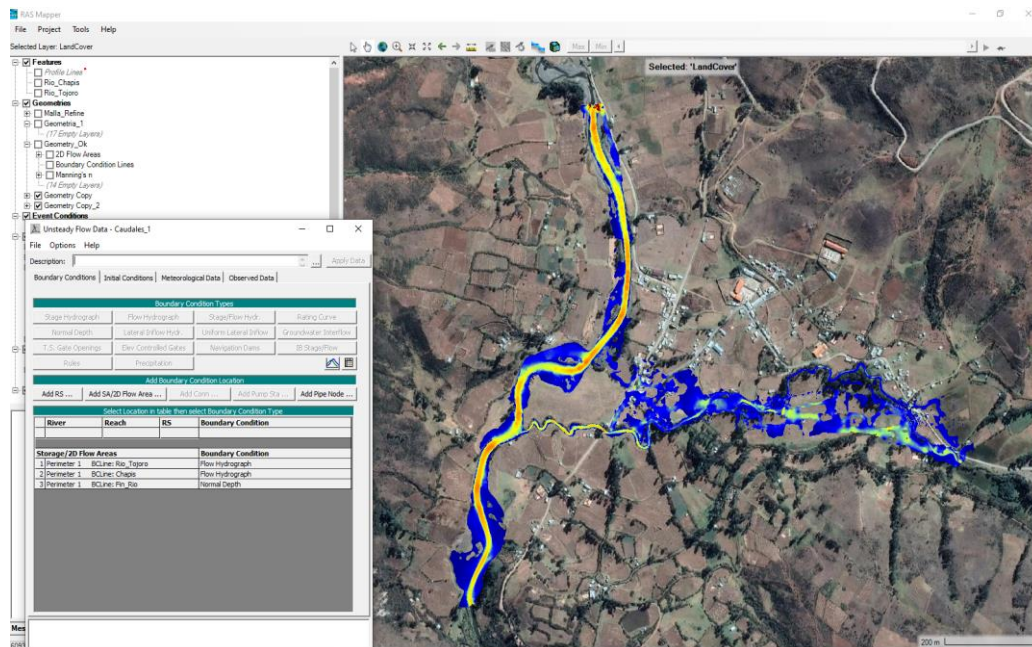


Nota: adaptada de ArcGIS Pro

- Posterior a ello se realizó el enmallado del área del estudio, donde los cauces de los ríos Tojoro y Chapismayo se realizó el refinamiento y creado las condiciones de contorno se procedió al modelado para diferentes periodos de retorno.

Figura 32

Modelamiento Hidráulico para un TR=100 años



Nota: adaptada de HEC-RAS 6.3

2.5.1.7. Factores condicionantes

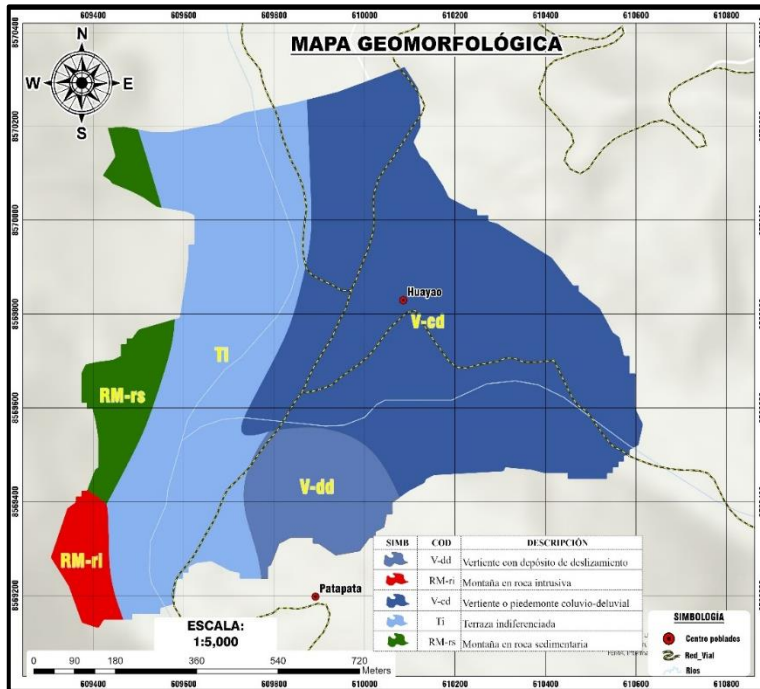
CENEPRED (2020) indica que dentro de los factores condicionantes para un tipo de peligro por inundación se considera a las unidades geológicas, pendiente y unidades geomorfológicas. Considerando lo indicado se realizó la elaboración de los mapas.

Características geomorfológicas

La zona de estudio cuenta con 0.073 km² de vertientes con depósitos de deslizamiento (V-dd), 0.027 km² Montaña en roca intrusiva (RM-ri), 0.044 km² vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd), 0.284 km² de terraza indiferenciada (Ti) y 0.052 km² de Montaña en roca sedimentaria (RM-rs).

Figura 33

Mapa de geomorfología de la zona de estudio

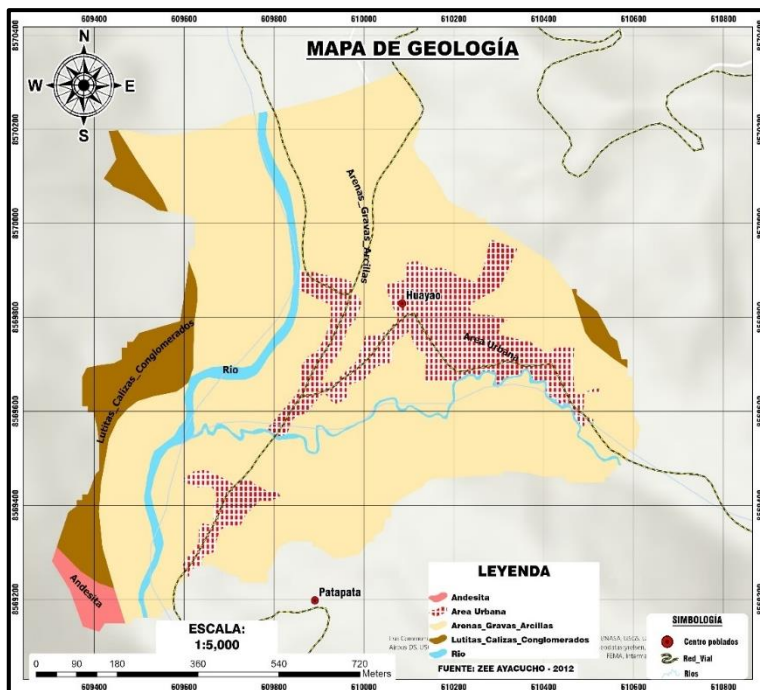


Características geológicas

El área de investigación cuenta con 0.72 km² de andesita, 0.067 km² de Lutitas-Calizas conglomerados, 0.032 km² de cauce fluvial (rio), 0.112 km² de área urbana y 0.66 km² de arenas-gravas-arcillas.

Figura 34

Mapa de geología de la zona de estudio

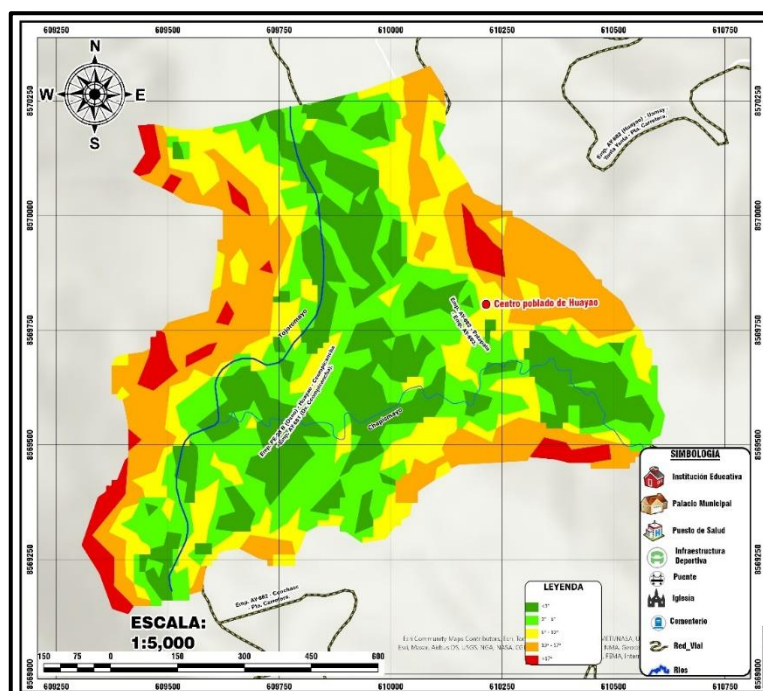


Características de pendiente

La zona de estudio dentro de las pendientes cuenta con 0.207 km² menores a 3 grados, 0.245 km² entre 3 a 6 grados, 0.181 km² entre 6 a 10 grados, 0.204 km² entre 10 a 17 grados y 0.042 km² mayores a 17 grados.

Figura 35

Mapa de pendientes de la zona de estudio



2.5.1.8. Estimación de la peligrosidad

Susceptibilidad

Haciendo el uso de las herramientas de geoprocésing del software ArcGIS Pro, uniendo los valores factores condicionantes considerando un vector de priorización de 0.5 y el factor desencadenante una priorización de 0.5 obteniendo la susceptibilidad.

Niveles de peligrosidad

Para la estimación de la peligrosidad, se realizó un geoprocésamiento de unión con ArcGIS Pro de las shapefiles de la susceptibilidad con vector de prioridad de 0.4 y parámetros de evaluación (altura de inundación) obtenida en el modelamiento hidráulico HEC-RAS para un periodo de retorno de 500 años con un vector de prioridad de 0.6 para su posterior elaboración de mapa de riesgos.

Tabla 14

Resumen de estimación de peligro

FACTOR		PARÁMETRO		DESCRIPTOR		Ppar x Pdesc
NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO	CLASIFICACIÓN	PESO	
Condicionante	50 %	Pendiente	0.533	Menor a 3°	0.503	0.268
				Entre 3° a 6°	0.260	0.139
				Entre 6° a 10°	0.134	0.072
				Entre 10° a 17°	0.068	0.036
				Mayor a 17°	0.035	0.019
		Geomorfología	0.260	Terraza indiferenciada	0.457	0.119
				Vertiente con piedemonte coluvio-deluvial	0.278	0.072
				Vertiente con depósito de deslizamiento	0.149	0.039
				Montañas en rocas intrusivas	0.077	0.020
				Montañas en rocas sedimentarias	0.039	0.010
		Geología	0.106	Río	0.485	0.051
				Arenas, Gravas y Arcillas	0.271	0.029
				Area Urbano	0.145	0.015
				Andesitas	0.061	0.006
				Lutitas, Calizas, Conglomerado	0.039	0.004
Desencadenante	50 %	Precipitación Anómala	1.000	Mayor P99-P90 (Extremadamente lluvioso)	0.434	0.434
				P90-P95 (Muy lluvioso)	0.292	0.292
				P75-P90 (Lluvioso)	0.167	0.167
				Menor a P75 (Moderadamente lluvioso)	0.071	0.071
				Normal	0.035	0.035
		Altura de Inundación	1.000	H > 0.70	0.421	0.421
				0.50 <H≤ 0.70	0.307	0.307
				0.25<H≤ 0.50	0.158	0.158
				0.10 <H≤ 0.25	0.074	0.074
				H < 0.10	0.039	0.039

Tabla 15

Estimación de peligrosidad

ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD										ANÁLISIS DEL PELIGRO					
FACTORES CONDICIONANTES						FACTOR DESENCADENANTE (FD)				SUSCEPTIBILIDAD (S)	PARÁMETRO DE EVALUACIÓN		PELIGRO		
PENDIENTE		GEOMORFOLOGIA		GEOLOGÍA		PRECIPITACIÓN									
Peso par	Peso desc	Peso par	Peso desc	Peso par	Peso desc	VALOR	Vector Prior	VAL	Vector Prior		VALOR				
0.633	0.503	0.260	0.457	0.106	0.485	0.49	0.50	0.434	0.50	0.462	0.462	0.40	0.421	0.60	0.437
0.633	0.260	0.260	0.278	0.106	0.271	0.27	0.50	0.434	0.50	0.350	0.350	0.40	0.307	0.60	0.324
0.633	0.134	0.260	0.149	0.106	0.145	0.14	0.50	0.434	0.50	0.287	0.287	0.40	0.158	0.60	0.210
0.633	0.068	0.260	0.077	0.106	0.061	0.07	0.50	0.434	0.50	0.252	0.252	0.40	0.074	0.60	0.145
0.633	0.035	0.260	0.039	0.106	0.039	0.04	0.50	0.434	0.50	0.235	0.235	0.40	0.039	0.60	0.118

Tabla 16

Estratificación de los niveles de peligro

NIVELES DE PELIGRO	DESCRIPCIÓN	RANGOS		
PELIGRO MUY ALTO	Predomina precipitaciones mayores a 18,5 mm (Demasiado lluviosas), alturas de inundación mayores 0.70 m, situadas en una Terraza indiferenciada, con pendientes menores a 3°, con tipo de suelo situadas en la zona urbana y un caudal de máxima avenida para un TR de 100 años.	0.324	≤ P ≤	0.437

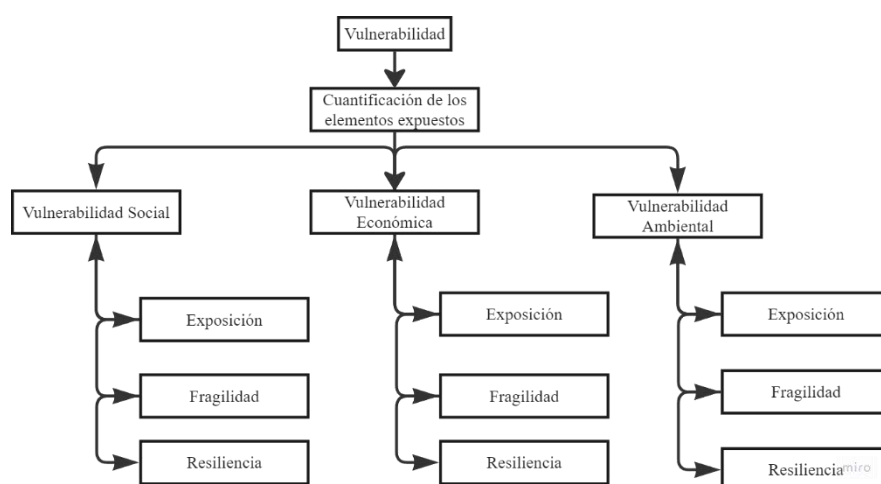
PELIGRO ALTO	Predomina precipitaciones superiores a 12.5mm y menores o iguales a 18,5 mm (Muy lluviosa), alturas de inundación de 0.50 a 70 m, situadas en Vertiente con piedemonte coluvio-deluvial, con pendientes de 3° a 6°, tipo de suelo arenas, gravas - arcillas y un caudal de máxima avenida para un TR de 100 años.	0.210	$\leq P <$	0.324
PELIGRO MEDIO	Predomina precipitaciones mayores a 9.7 mm y menores o iguales a 12.5 mm (Lluviosa), alturas de inundación de 0.25 a 0.50 m, situadas en vertiente con depósito de deslizamiento, con pendientes de 6° a 10°, tipo de suelo andesitas y un caudal de máxima avenida para un TR de 100 años.	0.145	$\leq P <$	0.210
PELIGRO BAJO	Predomina precipitaciones mayores a 6.2 mm y menores o iguales a 9.7 mm (Severamente lluviosa), alturas de inundación entre 0.10 y menores a 0.25 m, localizadas en la Montaña de Roca intrusiva, con pendiente muy empinada mayor 17°, tipo de suelo Lutitas-calizas conglomerado y un caudal de máxima avenida para un TR de 100 años.	0.118	$\leq P <$	0.145

2.5.2. Estimación de vulnerabilidad

La vulnerabilidad se estimó según indicado en el manual de estimación de riesgos de CENEPRED, como describe el flujograma:

Figura 36

Diagrama de flujo para estimar la vulnerabilidad



Nota: Adaptada de (CENEPRED, 2014).

2.5.2.1. Análisis y cuantificación de los elementos expuestos por lotes

Según el padrón realizada por el comité de autodefensa del centro poblado de Huayao para el año 2023 se cuenta con 123 familias o viviendas con un total de 476

pobladores, de los cuales 114 familias se encuentran dentro del área de estudio delimitado. El centro poblado cuenta con 1 puesto de salud, 01 I.E. inicial, 01 I.E. primaria, 01 I.E. secundario, 01 local comunal, 01 infraestructura deportiva, 01 puente y redes viales como se muestra en la figura 37.

Dimensión social

Para el análisis de esta dimensión se consideró los parámetros mostrados en la tabla 17.

Tabla 17

Parámetros de evaluación del aspecto social

Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Cantidad de individuos por casa	Grupos de edad más vulnerables en el hogar	Conocimiento sobre ocurrencias pasadas de desastres en su comunidad
	Disposición de agua potable en la casa	Formación de la población en asuntos relacionados con el GRD
	Saneamiento básico en casa	Tipo de seguro médico
	Disposición de electrificación en vivienda	Opinión de los habitantes respecto a las inundaciones

Tabla 18

Estimación de la vulnerabilidad de la dimensión social

EXPOSICIÓN				FRAGILIDAD										RESILIENCIA										VALOR DIM. SOCIAL	PESO DIM. SOCIAL
Cantidad de individuos por casa		Valor Exposición Social	Peso Exposición Social	Grupos de edad más vulnerables en el hogar		Disposición de agua potable en la casa		Saneamiento básico en casa		Disposición de electrificación en vivienda		Valor Fragilidad Social	Peso Fragilidad Social	Conocimiento sobre ocurrencias pasadas de desastres en su		Formación de la población en asuntos relacionados con el GRD		Tipo de seguro médico		Opinión de los habitantes respecto a las inundaciones		Valor Resiliencia Social	Peso Resiliencia Social		
Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc				
1.000	0.504	0.504	0.581	0.622	0.499	0.202	0.543	0.120	0.507	0.056	0.514	0.510	0.309	0.596	0.463	0.236	0.539	0.113	0.517	0.056	0.491	0.489	0.110	0.504	0.557
1.000	0.269	0.269	0.581	0.622	0.257	0.202	0.228	0.120	0.260	0.056	0.235	0.250	0.309	0.596	0.268	0.236	0.244	0.113	0.242	0.056	0.271	0.260	0.110	0.262	0.557
1.000	0.122	0.122	0.581	0.622	0.144	0.202	0.137	0.120	0.130	0.056	0.147	0.141	0.309	0.596	0.163	0.236	0.115	0.113	0.143	0.056	0.139	0.148	0.110	0.131	0.557
1.000	0.071	0.071	0.581	0.622	0.065	0.202	0.057	0.120	0.067	0.056	0.068	0.064	0.309	0.596	0.072	0.236	0.067	0.113	0.065	0.056	0.065	0.069	0.110	0.069	0.557
1.000	0.034	0.034	0.581	0.622	0.035	0.202	0.036	0.120	0.036	0.056	0.036	0.035	0.309	0.596	0.034	0.236	0.035	0.113	0.034	0.056	0.034	0.034	0.110	0.034	0.557

Dimensión económica

Tabla 19

Parámetros de evaluación de la dimensión social

Exposición		Fragilidad		Resiliencia	
Proximidad de la edificación al área de peligro		Material para la edificación de los muros de la casa		Protección de la casa	
		Material de edificación utilizado en el techo de la casa		Condiciones de trabajo del líder de hogar	
		Estado de conservación de la casa			

Tabla 20

Estimación de vulnerabilidad de la dimensión económico

DIMENSIÓN ECONÓMICA																			
EXPOSICIÓN				FRAGILIDAD								RESILIENCIA							
Proximidad de la edificación al área de peligro				Material para la edificación de los muros de la casa		Material de edificación utilizado en el techo de la casa		Estado de conservación de la casa		Val	Peso	Protección de la casa		Condiciones de trabajo del líder de hogar		Valor	Peso	VAL DIM. ECON.	Peso Dimensión Económica
Peso par	Pdesc	Val	Peso	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Frag. Econ.	Frag. Econ.	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Res. Econ.	Res. Econ.		
1.000	0.484	0.484	0.539	0.633	0.477	0.260	0.453	0.106	0.511	0.474	0.297	0.833	0.400	0.167	0.515	0.419	0.164	0.471	0.320
1.000	0.252	0.252	0.539	0.633	0.265	0.260	0.274	0.106	0.256	0.266	0.297	0.833	0.307	0.167	0.240	0.295	0.164	0.264	0.320
1.000	0.166	0.166	0.539	0.633	0.150	0.260	0.160	0.106	0.127	0.150	0.297	0.833	0.173	0.167	0.149	0.169	0.164	0.162	0.320
1.000	0.063	0.063	0.539	0.633	0.070	0.260	0.074	0.106	0.073	0.072	0.297	0.833	0.086	0.167	0.064	0.082	0.164	0.069	0.320
1.000	0.034	0.034	0.539	0.633	0.039	0.260	0.039	0.106	0.033	0.038	0.297	0.833	0.034	0.167	0.033	0.034	0.164	0.035	0.320

Dimensión ambiental

Tabla 21

Parámetros de evaluación de la dimensión ambiental

Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Proximidad de zonas agrícolas al área de peligro	Gestión y eliminación de desechos sólidos	Entendimiento sobre reciclaje y reciclado

Tabla 22

Estimación de vulnerabilidad de la dimensión ambiental

DIMENSIÓN AMBIENTAL													
EXPOSICIÓN		FRAGILIDAD						RESILIENCIA					
Proximidad de zonas agrícolas al área de peligro		Valor	Peso	Gestión y eliminación de desechos sólidos		Valor	Peso	Entendimiento sobre reciclaje y reciclado		Valor	Peso	VAL. DIM. AMBIENTAL	PESO DIM. AMBIENTAL
		Exposición Ambiental	Exposición Ambiental			Fragilidad Ambiental	Fragilidad Ambiental			Resiliencia Amb.	Resiliencia Amb.		
Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc				
1.00	0.493	0.493	0.581	1.000	0.505	0.505	0.309	1.000	0.511	0.511	0.110	0.498	0.123
1.00	0.259	0.259	0.581	1.000	0.266	0.266	0.309	1.000	0.256	0.256	0.110	0.261	0.123
1.00	0.145	0.145	0.581	1.000	0.128	0.128	0.309	1.000	0.127	0.127	0.110	0.138	0.123
1.00	0.066	0.066	0.581	1.000	0.066	0.066	0.309	1.000	0.073	0.073	0.110	0.067	0.123
1.00	0.036	0.036	0.581	1.000	0.035	0.035	0.309	1.000	0.033	0.033	0.110	0.036	0.123

Figura 37

Elementos expuestos a la inundación

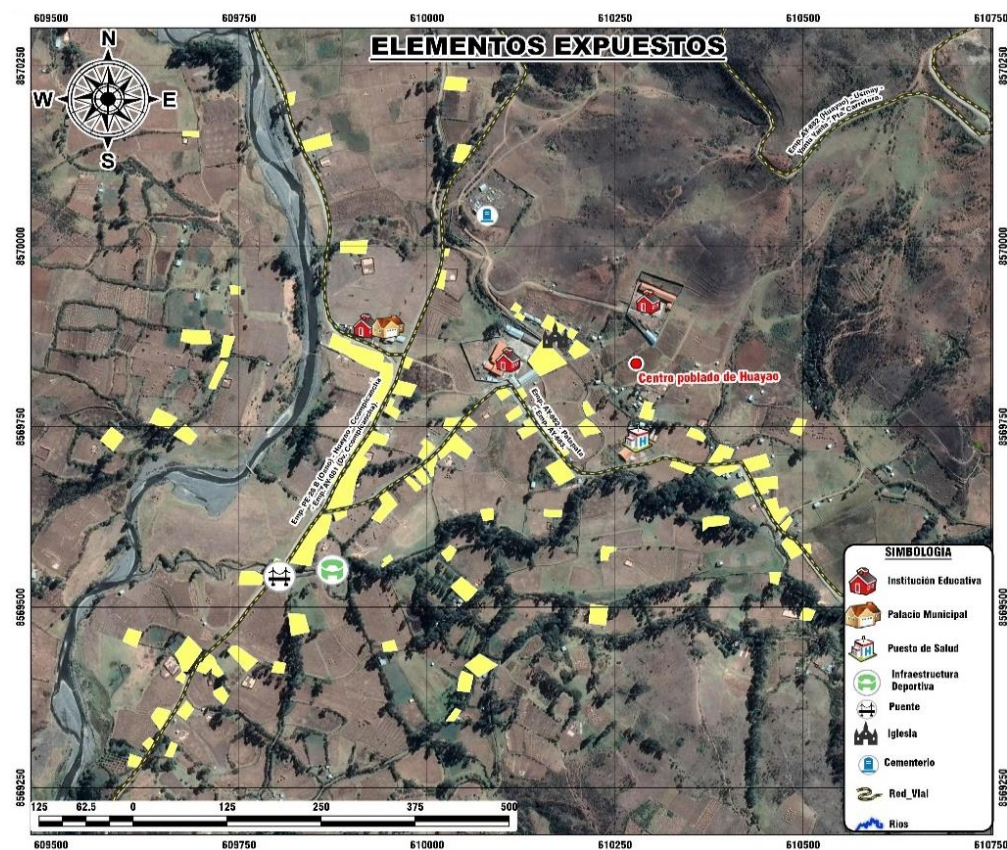


Tabla 23

Estratificación de la vulnerabilidad

NIVELES DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCIÓN	RANGOS		
MUY ALTO	Casa poblada por más de 6 individuos, prevalecen menores de 6 años y los adultos mayores a 60 años, la casa carece del servicio de agua, disposición final de excretas y electrificación; además, desconoce ocurrencias pasadas de desastres, carecen de formación en GRD, carecen de seguro médico y presentan una visión trágica de las inundaciones. La vivienda está muy próxima al área de peligro por inundaciones entre 0m a 30m, el material predominante de las paredes es el triplay, el techo está hecho de materiales frágiles y deteriorados, carece de cualquier defensa contra las inundaciones y el encargado del hogar está sin trabajo. Así mismo, las zonas agrícolas están muy próximas a la zona de peligro por inundaciones de 0 m a 30m, no disponen de recogida de desechos sólidos y se desconoce el proceso de reciclaje de RR. SS.	0.262	$\leq V \leq$	0.493
ALTO	Casa ocupada por 4 a 5 individuos y predominando los mayores de 51 años y menores de 60 años, extraen el agua del río, acequia o pozo, cuentan con una disposición sanitaria sin arrastre hidráulico y alumbrado con vela; además, poseen un conocimiento limitado de desastres anteriores, con capacitación hace 2 años a más en GRD, poseen seguros médicos SIS y perciben una actitud indiferente respecto a las inundaciones. En cambio, la casa está próxima a la zona de peligro por inundaciones entre 30m a 50m, los muros utilizan principalmente madera, el techo de estera o paja y se encuentra en proceso de deterioro; Asimismo, presenta vegetación	0.142	$\leq V <$	0.262

	riberaña frente a las inundaciones y oficio principal es obrero/peón. En cambio, las zonas agrícolas están próximas a la zona de riesgo por inundaciones de 30m a 50m, los residuos sólidos son arrojados en el cauce de las quebradas y cuenta con escaso conocimiento en reciclaje de residuos sólidos.			
MEDIO	Casa ocupada por 3 individuos en la que predominan niños de 7 a 12 años, disponen de agua suministrado con camión o cisterna, saneamiento con pozo ciego y alumbrado con petróleo o gas; asimismo cuenta con poco conocimiento en desastres históricos, han sido formadas en GRD hace un año, poseen seguro de médico ESSALUD y están preocupadas por las inundaciones en la localidad. En cambio, la casa está relativamente cerca de la área de peligro por inundaciones entre 50m a 100m, Los muros utilizan como material esencial los adobes o tapia, los techos de calaminas o tejas, las viviendas cuentan refacciones; Asimismo, tiene protección de vegetación con sacos de arena y la actividad principal es la agricultura. En cambio, las zonas agrícolas están relativamente cerca de la zona de riesgo por inundaciones, entre 50m a 100m, el recojo de los residuos sólidos se realiza por moto carga y conoce, pero no aplican el reciclaje de residuos sólidos.	0.068	$\leq V <$	0.142
BAJO	Vivienda habitado por menos 3 de individuos predominan una población entre 13 a 50 años, cuentan con servicio de agua, saneamiento de Poza séptico y alumbrado público; así mismo, conocen los desastres pasados, han sido formados en GRD hace 6 meses, cuentan con seguro médico privado y se encuentran muy positivos y optimistas ante inundaciones en el centro poblado. En cambio, la vivienda está muy lejos de la zona de riesgo por inundaciones, más de 200 metros, los muros utilizan como material esencial ladrillo o bloqueta de cemento, el techo de hormigón reforzado; Además, la vivienda está en excelente estado de conservación, cuenta con muro de protección contra inundaciones y el encargado del hogar es empleado autónomo. Por otro lado, las áreas agrícolas se encuentran muy alejadas de la zona de peligro por inundaciones, mayor a 200 m, el recojo de los residuos sólidos por la compactadora municipal y conocen, aplica y difunde el reciclaje de residuos sólidos.	0.035	$\leq V <$	0.068

2.5.3. Estimación de riesgo

Para la estimación del riesgo se utilizó la ecuación 15 en el software ArcGIS Pro, una vez intersecada los shapefiles de peligro y vulnerabilidad, para su obtención de valores de riesgos

Tabla 24

Estimación de riesgo por inundación

PELIGRO (P)	VULNERABILIDAD (V)	RIESGO (PxV)
0.437	0.493	0.215
0.324	0.262	0.085
0.210	0.142	0.030
0.145	0.068	0.010
0.118	0.035	0.004

Tabla 25

Cuantificación de riesgo por inundación

Peligrosidad	Muy alto	0.437	0.030	0.062	0.114	0.215
	Alto	0.324	0.022	0.046	0.085	0.160
	Medio	0.210	0.014	0.030	0.055	0.104
	Bajo	0.145	0.010	0.021	0.038	0.071
			0.068	0.142	0.262	0.493
			Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Vulnerabilidad						

Tabla 26

Nivel de tolerancia y aceptación del riesgo de inundación

Nivel de aceptabilidad y/o tolerancia			
RI	RI	Rid	Rid
RI	RI	RI	Rid
RT	RT	RI	RI
RA	RT	RT	RI

RA: Riesgo aceptable, RT: Riesgo tolerable, RI: Riesgo inaceptable, Rid: Riesgo Inadmisible

Tabla 27

Estratificación del riesgo por inundación

NIVELES DE RIESGO	DESCRIPCIÓN	RANGOS		
MUY ALTO	Pendiente (<3°). Unidades geomorfológicas (Terraza indiferenciada). Unidad geológica (Río). Nivel de precipitación (Mayor P99-P90 Extremadamente lluvioso). Altura de inundación (>0.70). Cantidad de individuos por casa (6 a más personas), Grupos de edad más vulnerables en el hogar (Menor de 6 años y mayor de 60 años) Disposición de agua potable en la casa (No tiene) Saneamiento básico en casa (No tiene) Disposición de electrificación en vivienda (No tiene) Conocimiento sobre ocurrencias pasadas de desastres en su comunidad (No conoce) Formación de la población en asuntos relacionados con el GRD (No tiene) Tipo de seguro médico (No tiene) Opinión de los habitantes respecto a las inundaciones (Fatalista) Proximidad de la edificación al área de peligro (Muy cercana: 0m a 30m) Material para la edificación de los muros de la casa (Triplay) Material de edificación utilizado en el techo de la casa (Otro material) Estado de conservación de la edificación (Deteriorado) Protección de la casa (Ninguna) Condición de trabajo del líder de hogar (Trabajador familiar no remunerado) Proximidad de zonas agrícolas a la área de peligro (Muy cercana: 0m a 30m) Gestión y eliminación de desechos sólidos (Sin recojo de residuos sólidos) Entendimiento sobre reciclaje y reciclado (No conoce)	0.085	≤ V ≤	0.215
ALTO	Pendiente (3° - 6°). Unidades geomorfológicas (Vertiente con piedemonte coluvio-deluvial) Unidad geológica (Arenas, Gravas y Arcillas). Nivel de precipitación (P90-P95 Muy lluvioso). Altura de inundación (0.50 <H≤ 0.70). Cantidad de individuos por casa (De 4 a 5 personas) Grupos de edad más vulnerables en el hogar (De 51 a 60 años) Disposición de agua potable en la casa (Pozo, río o acequia) Saneamiento básico en casa	0.030	≤ V <	0.085

	(Letrina) Disposición de electrificación en vivienda (Vela) Conocimiento sobre ocurrencias pasadas de desastres en su comunidad (Escaso conocimiento) Formación de la población en asuntos relacionados con el GRD (Hace 2 años o más) Tipo de seguro médico (SIS) Opinión de los habitantes respecto a las inundaciones (Desidia) Proximidad de la edificación al área de peligro (Cercana: > 30m - 50m) Material para la edificación de los muros de la casa (Madera) Material de edificación utilizado en el techo de la casa (Esteras o pajas) Estado de conservación de la vivienda (En proceso de deterioro) Protección de la casa (Vegetación ribereña) Condiciones de trabajo del líder de hogar (Obrero/peón) Proximidad de zonas agrícolas al área de peligro (Cercana: > 30m - 50m) Gestión y eliminación de desechos sólidos (Botadero en el cauce) Entendimiento sobre reciclaje y reciclado (Escaso conocimiento).			
MEDIO	Pendiente (6° - 10°). Unidad geomorfológica (Vertiente con depósito de deslizamiento). Unidades geológicas (Área Urbano). Nivel de precipitación (P75-P90 Lluvioso). Altura de inundación (0.25<H≤ 0.50). Cantidad de individuos por casa (3 personas) Grupos de edad más vulnerables en el hogar (De 7 a 12 años) Disposición de agua potable en la casa (Camión cisterna u otro) Saneamiento básico en casa (Pozo ciego/ negro) Disposición de electrificación en vivienda (Petróleo/gas) Conocimiento sobre ocurrencias pasadas de desastres en su comunidad (Poco conocimiento) Formación de la población en asuntos relacionados con el GRD (Hace 1 año) Tipo de seguro médico (ESSALUD) Opinión de los habitantes respecto a las inundaciones (Preocupado) Proximidad de la edificación al área de peligro (Medianamente cerca: > 50m - 100m) Material para la edificación de los muros de la casa (Adobe) Material de edificación utilizado en el techo de la casa (Calamina o tejas) Estado de conservación de la casa (Con refacciones) Protección de la casa (Sacos de arena) Condiciones de trabajo del líder de hogar (Agricultor) Proximidad de zonas agrícolas al área de peligro (Medianamente cerca: > 50m - 100m) Gestión y eliminación de desechos sólidos (Recojo con moto furgón reciclador) Entendimiento sobre reciclaje y reciclado (Conoce, pero no aplica).	0.010	≤ V <	0.030
BAJO	Pendiente (>10%). Unidad geomorfológica (Montañas en rocas intrusiva y sedimentaria). Unidad geológica (Andesitas y Lutitas_Calizas_Conglomerad) Nivel de precipitación (Menor a P75 Moderadamente lluvioso) Altura de inundación (≤ 0.250). Cantidad de individuos por casa (menores a 2 personas) Grupos de edad más vulnerables en el hogar (De 13 a 50 años) Disposición de agua potable en la casa (Red de agua potable) Saneamiento básico en casa (Pozo séptico) Disposición de electrificación en vivienda (Electricidad) Conocimiento sobre ocurrencias pasadas de desastres en su comunidad (Conocimiento amplio) Formación de la población en asuntos relacionados con el GRD (Hace 6 meses) Tipo de seguro médico (Privado) Opinión de los habitantes respecto a las inundaciones (Optimista) Proximidad de la edificación al área de peligro (Alejada: > 100m - 200m) Material para la edificación de los muros de la casa (Ladrillo y/o bloqueta de cemento) Material de edificación utilizado en el techo de la casa (Hormigón reforzado) Estado de conservación de la casa (Buen Estado) Protección de la casa (Drenajes) Condiciones de trabajo del líder de hogar (Empleado/Trabajador independiente) Proximidad de zonas agrícolas al área de peligro (Alejada: > 100m - 200m) Gestión y eliminación de desechos sólidos (Recojo municipal - compactadora) Entendimiento sobre reciclaje y reciclado (Conoce y aplica).	0.001	≤ V <	0.010

2.5.4. Control de riesgo por inundación

Para reducir los niveles de riesgo se identificó los puntos críticos donde se generan los desbordamientos de los ríos Tojoro y Chapismayo, para el planteamiento de la mitigación de peligro, se tomó en cuenta los parámetros hidráulicos, topográficos y el espacio para proponer una estructura adecuada.

Figura 38

Modelamiento hidráulico $Tr=100$ años, sin medidas de reducción de peligro



Identificado los puntos de desbordamiento de los ríos Tojoro y Chapismayo, en el software Hec-RAS se modeló modificando el terreno mediante la herramienta High Ground y manteniendo los demás parámetros hidráulicos se procedió a modelar para visualizar el comportamiento hidráulico y cuantificar los niveles de peligro por inundación.

Figura 39

Proyección de muros de control – río Chapismayo

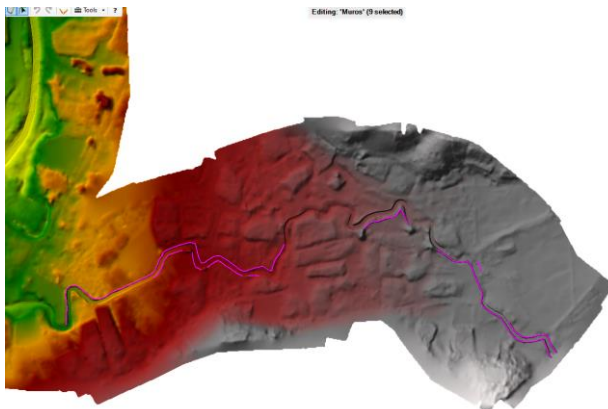


Figura 40

Proyección de muros de control – río Tojoromayo

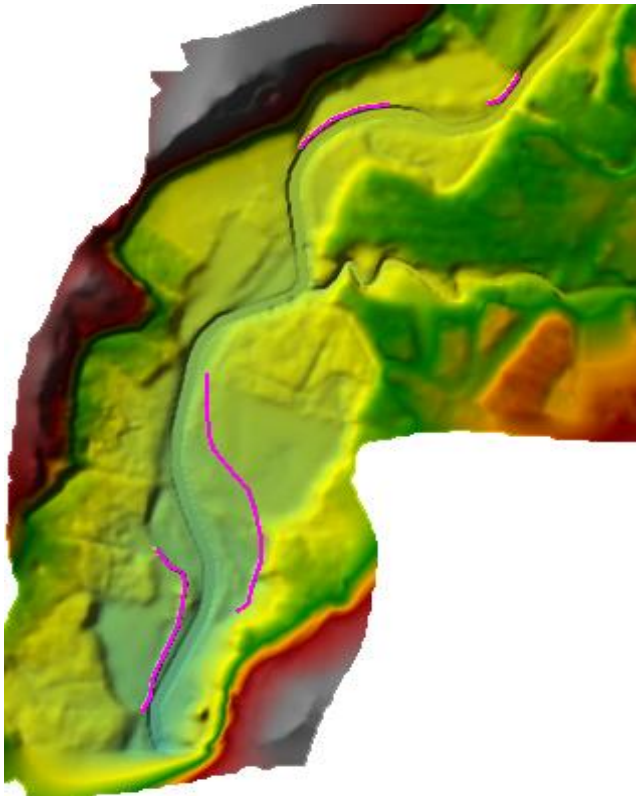
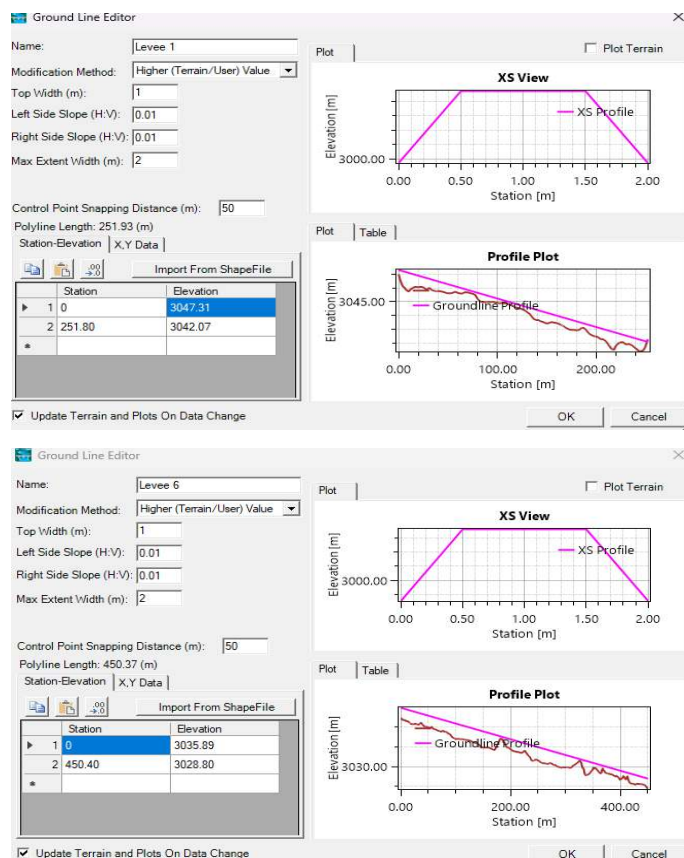


Figura 41

Diseño de muros de protección en los puntos de desbordamiento de río



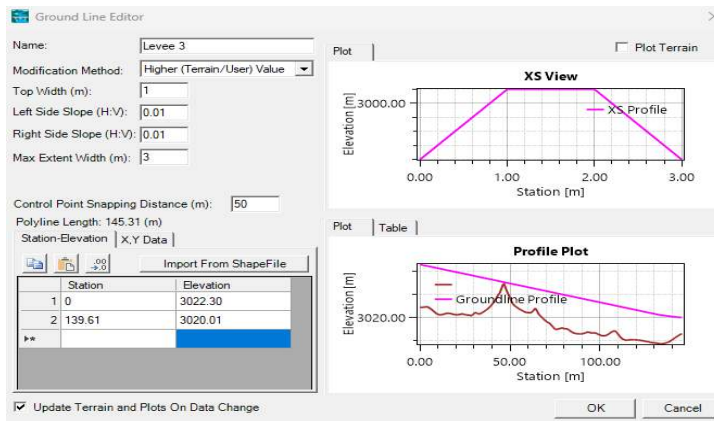


Figura 42

Modelamiento hidráulico $Tr=100$ años, con medidas de reducción de peligro



CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación del riesgo de inundación del centro ´poblado de Huayao se basó en las alturas alcanzadas por las inundaciones obtenidas mediante simulación con software de modelamiento hidráulico para un periodo de retorno de 100 años, así como en el nivel de vulnerabilidad en sus aspectos sociales, económicos y ambientales.

3.1. Riesgo por inundación

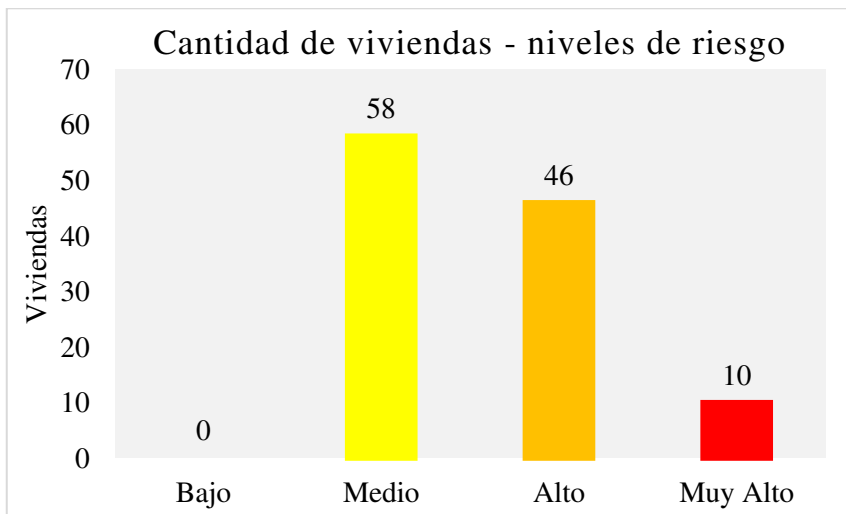
Tabla 28

Niveles de riesgo por inundación

Nivel del Riesgo	Rango
Riesgo Muy alto	0.085 ≤ R < 0.215
Riesgo Alto	0.030 ≤ R < 0.085
Riesgo Medio	0.010 ≤ R < 0.030
Riesgo Bajo	0.001 ≤ R < 0.010

Figura 43

Cuantificación de viviendas afectadas por el riesgo por inundación

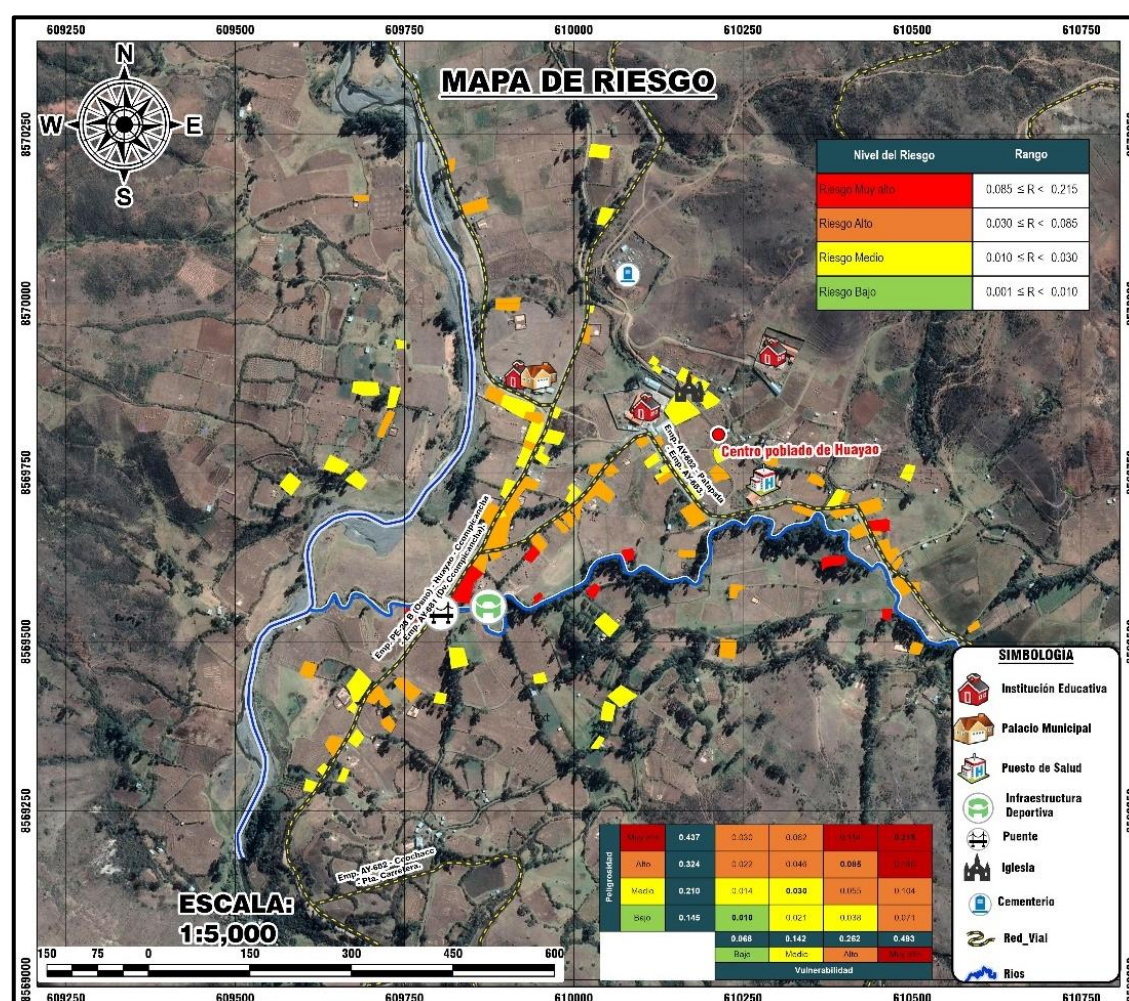


Análisis:

La tabla 28, representa los niveles de riesgos por inundación para el centro poblado de Huayao donde el nivel de riesgo bajo se sitúa en el intervalo de $(0.001 \leq R < 0.010)$, dentro del área de estudio no se halla ninguna vivienda con este nivel de riesgo; el riesgo medio está en un rango $(0.010 \leq R < 0.030)$ donde 58 viviendas se encuentran con nivel de riesgo; el riesgo Alto está en un rango $(0.030 \leq R < 0.085)$ donde 46 viviendas se encuentran con este nivel de riesgo y el riesgo muy alto está en un rango $(0.085 \leq R \leq 0.215)$ donde 10 viviendas se encuentran con este nivel de riesgo. Además de las viviendas se cuenta con infraestructuras de 03 instituciones educativas, 01 palacio municipal, 01 puesto de salud, 01 infraestructura deportiva, 01 iglesia, 01 cementerio y 01 puente los cuales están expuestas al riesgo por inundación por los ríos Tojoromayo y Chapismayo.

Figura 44

Mapa de riesgo por inundación del CP de Huayao



3.2. Vulnerabilidad

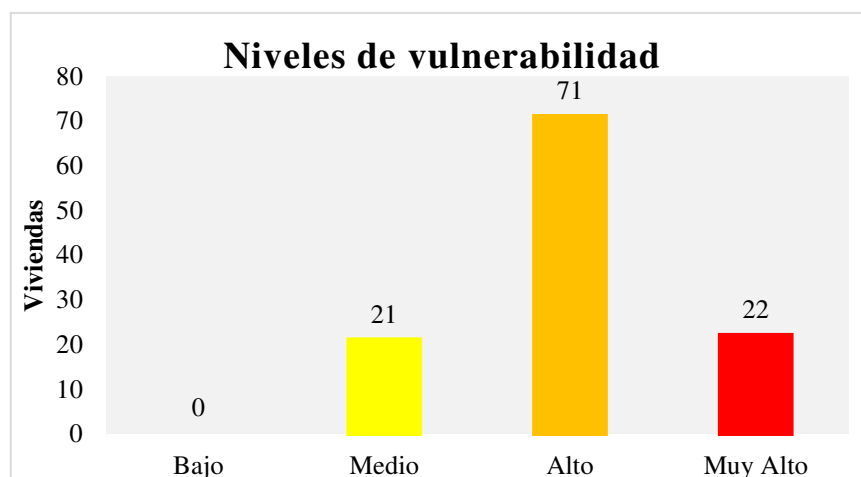
Tabla 29

Niveles de vulnerabilidad

LEYENDA		
RANGO	NIVELES DE VULNERABILIDAD	
$0.262 \leq V \leq 0.493$	MUY ALTO	
$0.142 \leq V < 0.262$	ALTO	
$0.068 \leq V < 0.142$	MEDIO	
$0.035 \leq V < 0.068$	BAJO	

Figura 45

Cuantificación de los niveles de vulnerabilidad por vivienda



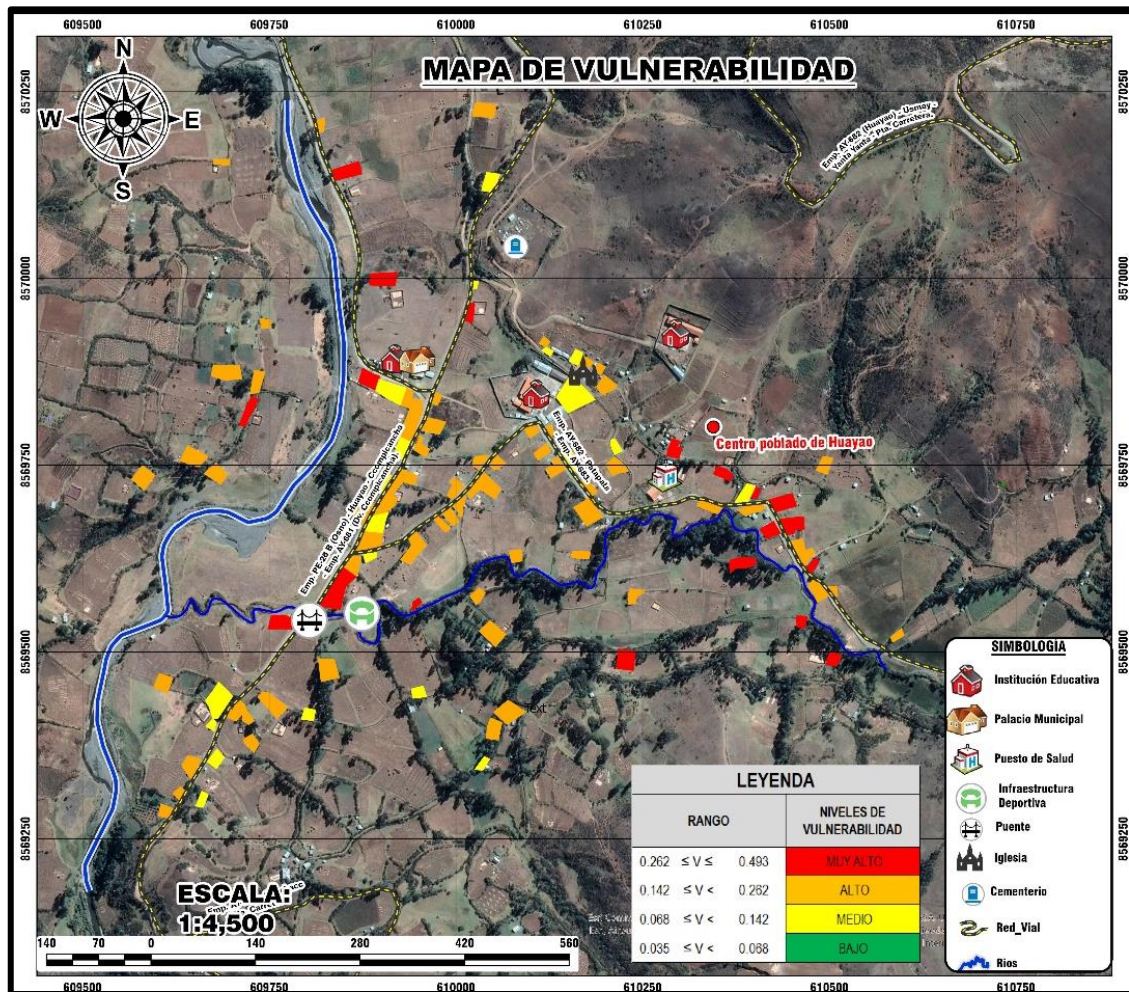
Análisis:

La tabla 29, presenta los niveles de la vulnerabilidad del centro poblado de Huayao donde 114 viviendas fueron evaluadas, el nivel de vulnerabilidad bajo se encuentra en el rango de $(0.035 \leq V < 0.068)$, dentro del área de estudio no se halla ninguna vivienda con este nivel de vulnerabilidad; la vulnerabilidad medio está en un rango $(0.068 \leq V < 0.142)$ donde 21 viviendas se encuentran con este nivel de vulnerabilidad; la vulnerabilidad alta está en un rango $(0.142 \leq V < 0.262)$ donde 71 viviendas se encuentran con este nivel de vulnerabilidad y la vulnerabilidad muy alta está en un rango $(0.262 \leq V \leq 0.493)$ donde 22 viviendas se encuentran con nivel de riesgo.

Para la determinación de la vulnerabilidad se analizó las dimensiones sociales, económicas y ambientales para los cuales se consideró los factores de exposición, fragilidad y resiliencia cada uno con sus respectivos parámetros y sus 5 descriptores.

Figura 46

Mapa de vulnerabilidad del CP de Huayao



3.3. Peligro

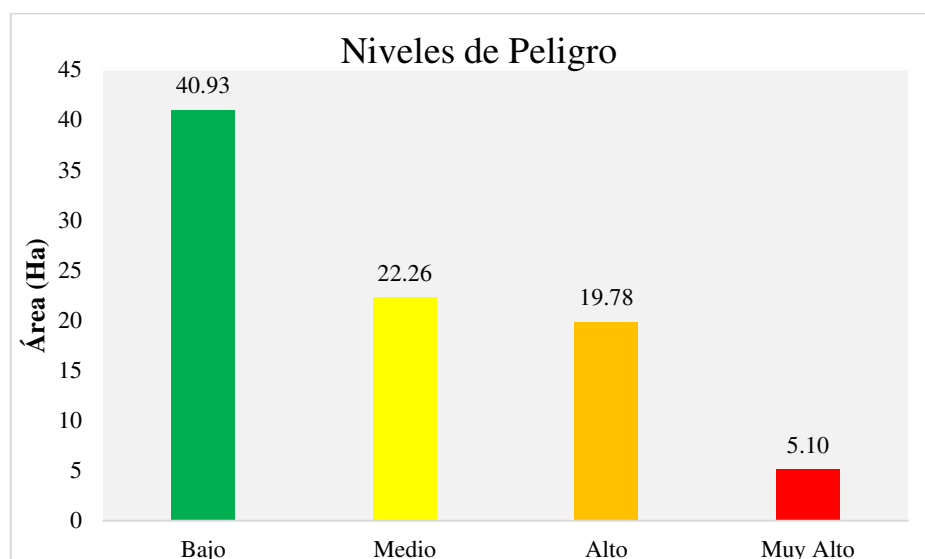
Tabla 30

Niveles de peligro por inundación

RANGO			NIVELES DE PELIGRO
0.324	$\leq P \leq$	0.437	MUY ALTO
0.210	$\leq P <$	0.324	ALTO
0.145	$\leq P <$	0.210	MEDIO
0.118	$\leq P <$	0.145	BAJO

Figura 47

Cuantificación de los niveles de peligro por inundación



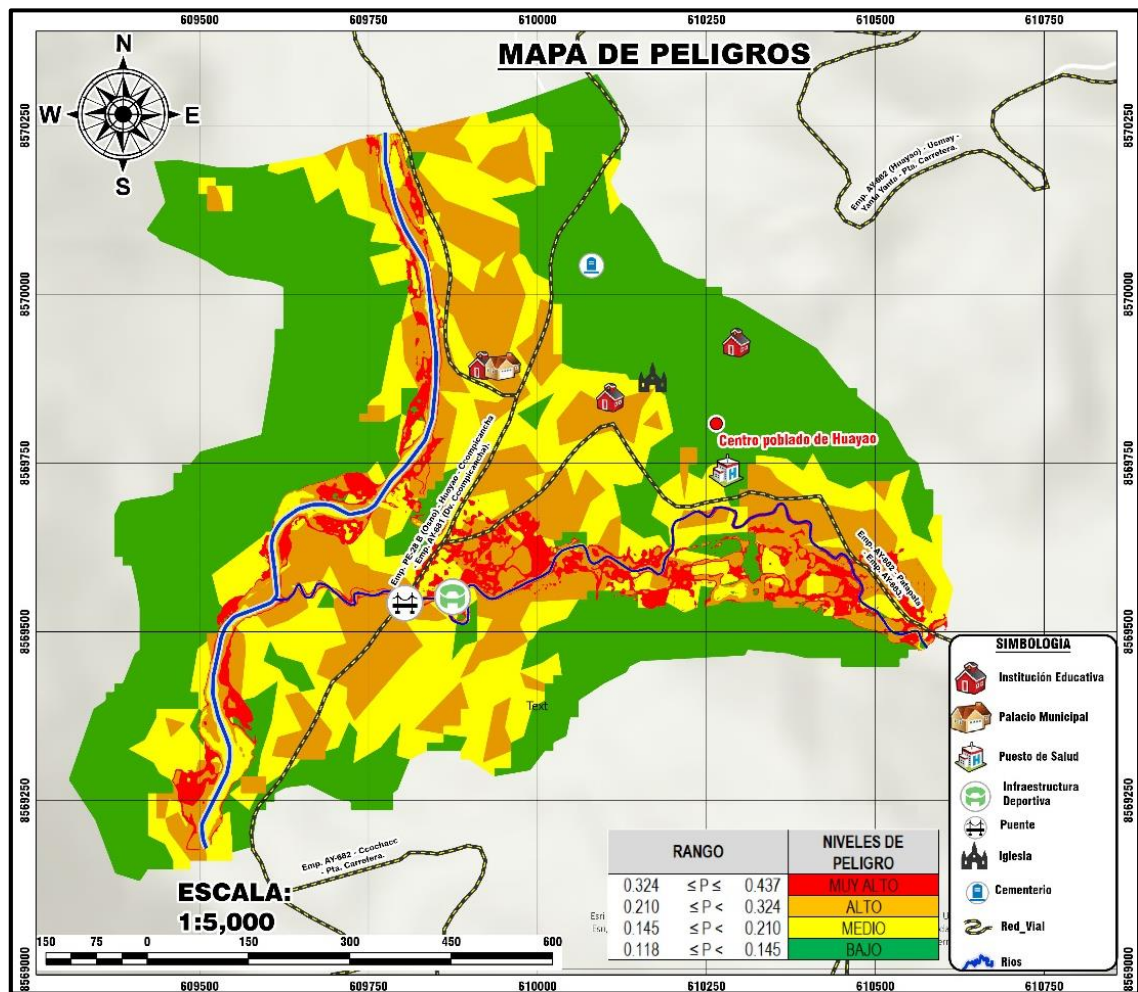
Análisis:

La tabla 30, presenta los niveles de peligro por inundaciones del centro poblado de Huayao donde 46.47% (40.93 ha) se encuentra con nivel de peligro bajo ($0.118 \leq P < 0.145$), 25.27% (22.26 ha) se encuentra con nivel de peligro medio ($0.145 \leq P < 0.210$); 22.46% (19.78 ha) se encuentra con nivel de peligro alto ($0.210 \leq P < 0.324$); 5.80% (5.10 ha) se encuentra con nivel de peligro muy alto ($0.324 \leq P \leq 0.437$).

Dentro de los elementos expuesto se identificó a 01 infraestructura deportiva y 01 puente dentro de un peligro muy alto; 01 centro educativo inicial, 01 centro educativo primario y 01 local comunal dentro del nivel de peligro alto; 01 puesto de salud, 01 iglesia dentro de peligro medio y 01 centro educativo secundario y 01 cementerio dentro del nivel de peligro bajo.

Figura 48

Mapa de peligro por inundación del centro poblado de Huayao



3.4. Susceptibilidad

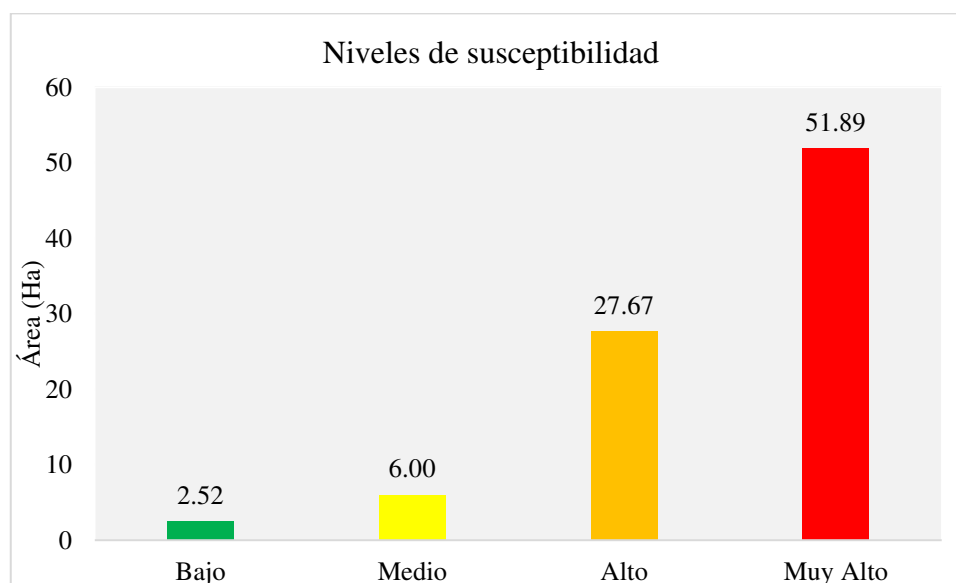
Tabla 31

Niveles de susceptibilidad

RANGO			NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD
0.350	$\leq P \leq$	0.462	MUY ALTO
0.287	$\leq P <$	0.350	ALTO
0.252	$\leq P <$	0.287	MEDIO
0.235	$\leq P <$	0.252	BAJO

Figura 49

Cuantificación de los niveles de susceptibilidad por inundación

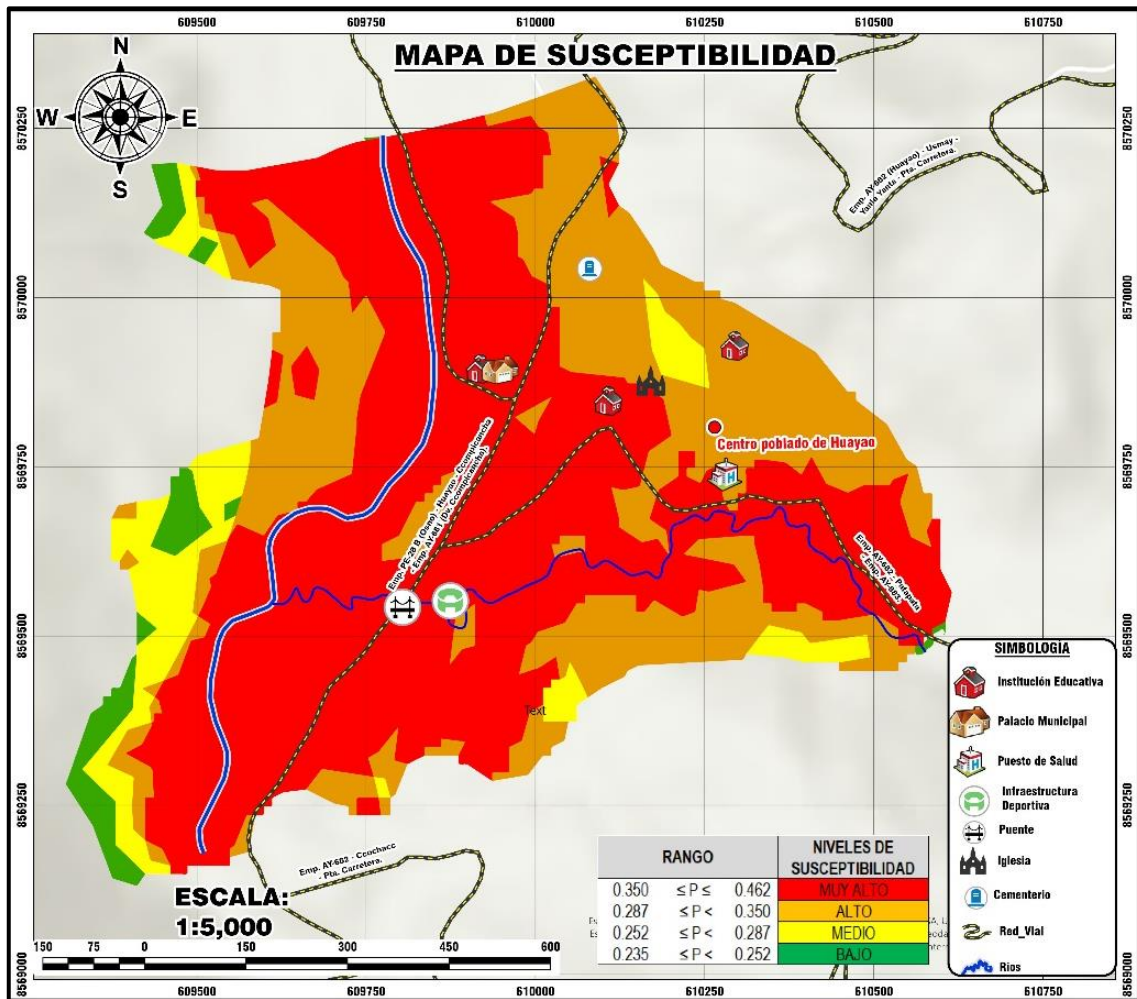


La tabla 31, se presenta los niveles de susceptibilidad teniendo en cuenta los factores condicionantes como las pendientes del terreno, unidades geomorfológicas y las unidades geológicas; y el factor desencadenante las precipitaciones anómalas que se presentan en el área de estudio. Obteniendo los niveles de susceptibilidad 2.86% (2.52 ha) se encuentra con nivel de susceptibilidad bajo ($0.235 \leq S < 0.252$), 6.81% (6.00 ha) se encuentra con nivel de susceptibilidad medio ($0.252 \leq S < 0.287$); 31.42% (27.67 ha) con nivel de susceptibilidad alto ($0.87 \leq P < 0.350$); 58.91% (51.89 ha) con nivel de susceptibilidad muy alto ($0.350 \leq P \leq 0.462$).

Dentro de los elementos expuesto se identificó a 01 infraestructura deportiva, 01 puente, 01 I.E. inicial, 01 I.E. primaria y 01 local comunal dentro de susceptibilidad muy alto; 01 puesto de salud, 01 iglesia, 01 centro educativo secundario y 01 cementerio dentro de la susceptibilidad alta a las precipitaciones anómalas con las características geomorfológicas actuales.

Figura 50

Mapa de susceptibilidad del centro poblado de Huayao



3.5. Control de riesgo por inundación

Figura 51

Cuantificación de los niveles de reducción riesgo por inundación

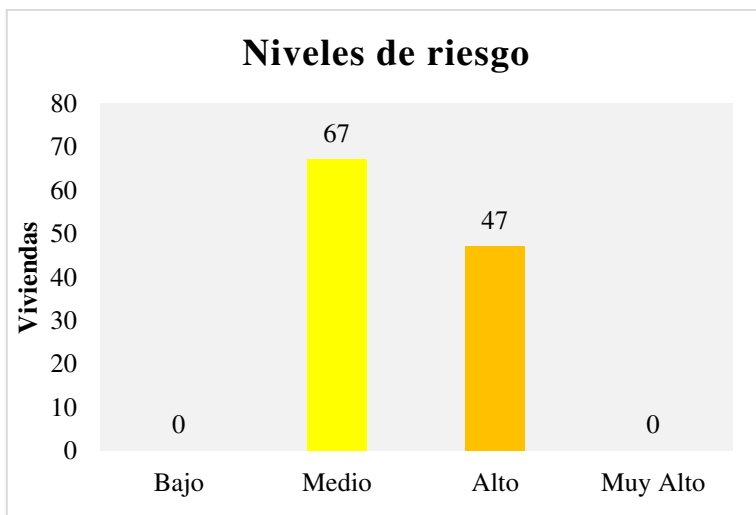


Tabla 32*Identificación de puntos críticos en el río Tojoromayo*

Rio	Margen	Progresiva		Longitud
		Inicio	Fin	
Tojoromayo	D	0+558.00	0+592.50	34.50
	D	0+675.00	0+753.80	78.80
	D	1+101.00	1+260.00	145.30
	I	0+970.00	1+165.00	209.40
Total				468.00

Tabla 33*Identificación de puntos críticos en el río Chapismayo*

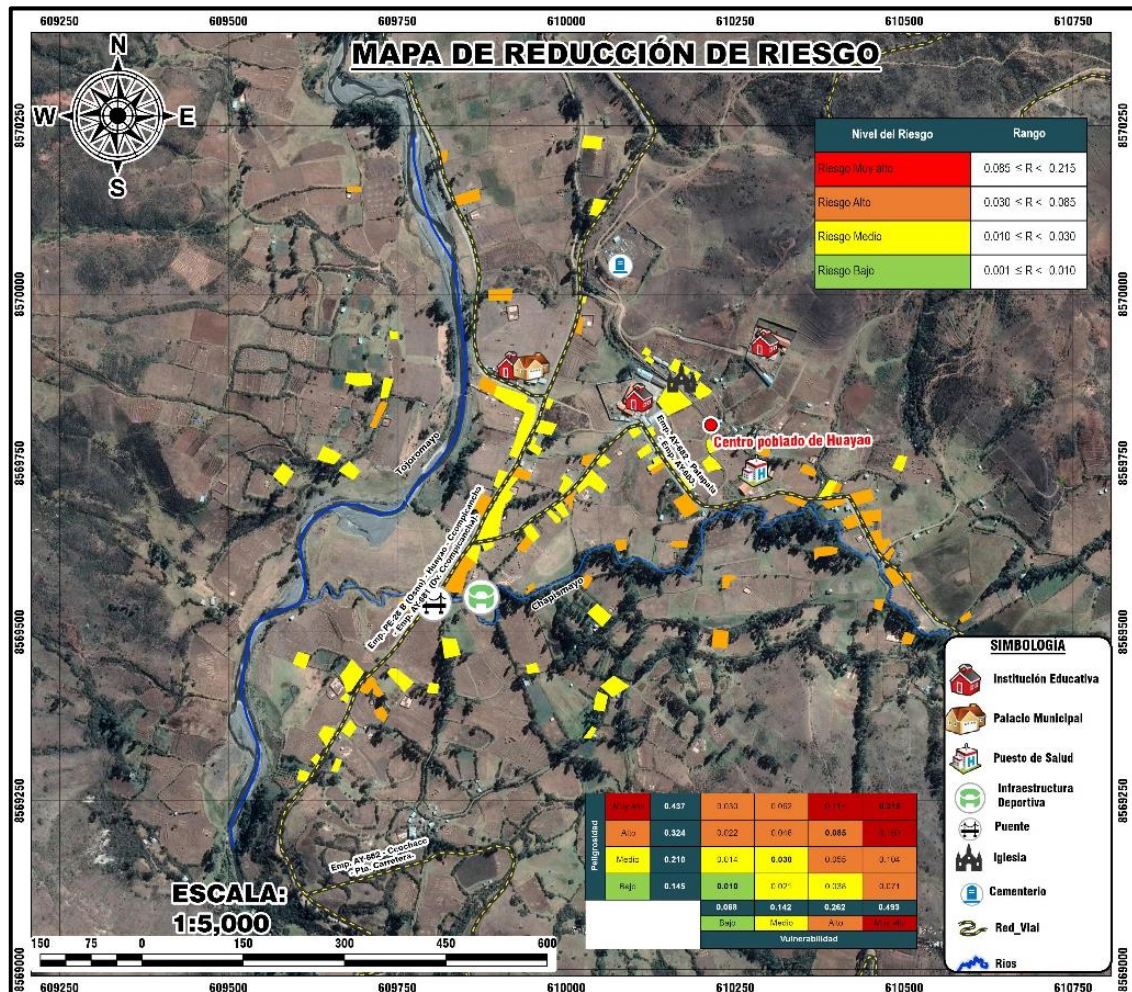
Rio	Margen	Progresiva		Longitud
		Inicio	Fin	
Chapismayo	I	0+000.00	0+251.90	251.90
	D	0+000.00	0+091.10	91.10
	D	0+182.50	0+198.50	16.00
	I	0+328.00	0+413.30	85.30
	D	0+601.50	1+051.90	450.40
	I	0+673.50	0+689.00	15.50
	I	0+696.00	0+753.90	57.90
	I	0+762.00	0+791.70	29.70
	I	0.807.50	0+866.00	58.50
Total				1056.30

Análisis:

Manteniendo los parámetros de vulnerabilidad y proponiendo muros de protección según indicada en las tablas 32 y 33, en los puntos críticos de desbordamiento de los ríos Tojoro y Chapismayo con el con el objetivo de disminuir los niveles de riesgo, logrando que los niveles de riesgo por inundación en el centro poblado de Huayao se reduzcan a un riesgo medio en 67 viviendas (58.77%) y nivel alto en 47 viviendas (41.23%) dentro del área de estudio y no hallándose viviendas con riesgo de nivel bajo y muy alto.

Figura 52

Mapa de reducción de riesgo



CONCLUSIONES

1. El centro poblado de Huayao cuenta con 58 viviendas (50.88%) con niveles de riesgo medio, 46 viviendas (40.35%) con riesgo alto y 10 viviendas (8.77%) con riesgo Muy alto; además dentro del área de estudio se encuentran expuestas al riesgo por inundación 01 institución educativa de nivel inicial, 01 institución educativa de nivel primaria, 01 grass sintético, 01 centro de salud y 01 puente.
2. El centro poblado de Huayao alberga a 123 familias con un total de 456 residentes, de los cuales 114 se encuentran dentro del área de influencia de esta investigación teniendo en cuenta la dimensión social, económica y ambiental se determinó que 21 viviendas (18.42%) tienen un nivel de vulnerabilidad medio, 71 viviendas (62.28%) con vulnerabilidad alto y 23 viviendas (19.30%) riesgo muy alto.
3. El área de estudio identificado es de 88.08 hectáreas de los cuales se identificó que 46.47% (40.93 ha) cuenta con un nivel de peligro bajo, 24.27% (22.26 ha) cuenta con un nivel de peligro medio, 22.46% (19.78 ha) cuenta con un nivel de peligro alta y 5.80% (5.10 ha) cuenta con un nivel de peligro muy alto. Los peligros con nivel muy alto se encuentran en las áreas inundadas que se identificaron con un calado mayor a 0.70 m.
4. De los 88.08 hectáreas 2.86% (2.52 ha) cuenta con un nivel de susceptibilidad bajo, 6.81% (6.00 ha) cuenta con un nivel de susceptibilidad medio, 31.41% (27.67 ha) cuenta con un nivel de susceptibilidad alta y 58.91% (51.89 ha) cuenta con un nivel de susceptibilidad muy alto. Las áreas con una pendiente $<10^\circ$ cuentan con una susceptibilidad muy alta a las inundaciones frente a precipitaciones anómalas.
5. Con la propuesta de las estructuras de contención mediante la simulación hidráulica los niveles de riesgo por inundación se reducen a niveles medios 67 viviendas (58.77%), 47 viviendas (41.23%) con un nivel de riesgo alto y ninguno de las viviendas con un nivel de riesgo muy alto.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los responsables de la administración de riesgos de catástrofes reducir el riesgo actual mediante acciones estructurales (muros de contención, gaviones, reforestación), además de proponer acciones no estructurales.
2. Fomentar la sensibilización en temas de riesgos por inundación para reducir los niveles de vulnerabilidad.
3. Contar con la delimitación faja marginal de los ríos Tojoromayo y Chapismayo para evitar el desarrollo desordenado del centro poblado, y así disminuir la exposición a riesgos por inundación.
4. Se sugiere incorporar levantamientos topográficos realizados con drones en este tipo de estudio, con el fin de proporcionar una descripción más precisa del área de estudio a través de ortoimágenes y modelos digitales de elevación (MDE) de alta resolución.
5. Para el dimensionamiento adecuado de las estructuras de contención se debe evaluar los parámetros de socavación y el transporte de sedimentos.
6. En la zona evaluada se debe plantear medidas estructurales para la mitigación de los niveles de peligro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. (2015). *Generación del mapa temático de curva número (CN)*. SNIRH-ANA. <https://www.hidrogis.com/wp-content/uploads/2024/02/Generacion-de-Curva-Numero-ANA.pdf>
- Aparicio, F. (1989). *Fundamentos de hidrología de superficie* (Limusa (ed.); Primera Ed).
- Bucogen, G. G. B., Piccolo, M. C., & Bohn, V. Y. (2021). Estimación De La Susceptibilidad a Inundaciones En La Cuenca Inferior De Río Negro, Argentina. *Finisterra*, 56(118), 51–70. <https://doi.org/10.18055/Finis21647>
- Ccopi-Trucios, D., Barzola-Rojas, B., Ruiz-Soto, S., Gabriel-Campos, E., Ortega-Quispe, K., & Cordova-Buiza, F. (2023). River Flood Risk Assessment in Communities of the Peruvian Andes: A Semiquantitative Application for Disaster Prevention. *Sustainability (Switzerland)*, 15(18). <https://doi.org/10.3390/su151813768>
- Cedeño, D. (1997). Apuntes de Hidrología. In *Apuntes de Hidrología*. Facultad de ingeniería civil - UTP.
- CENEPRED. (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales. *Cenepred*, 245. https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf
- CENEPRED. (2015). Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Inundaciones Fluviales. In *Cenepred* (pp. 1–245). http://www.sigpad.gov.co/sigpad/paginas_detalle.aspx?idp=112
- CENEPRED. (2020). *Lineamientos para la elaboración del informe de Evaluación del riesgo de desastres en proyectos de infraestructura educativa*. CENEPRED. www.cenepred.gob.pe
- Chow, V. Te. (1994). *Hidráulica de canales abiertos* (McGRAW-HILL (ed.)). Applied Hydrology International ed., McGraw Hill Higher Education.
- Chow, V. Te, R. Maidment, D., & W. Mays, L. (1994). Hidrología aplicada. In M. E. Suárez (Ed.), *McGraw Hill Higher Education*. Applied Hydrology International ed., McGraw Hill Higher Education.
- COEN. (2017). *SEGUNDO BOLETÍN N° 168/ 03-MAYO-2017*. COEN. <https://www.mindef.gob.pe/informacion/documentos/BOLETIN INFORMATIVO N-168.pdf>
- Contreras D., W. A. (2019). Gestión de Riesgo de Inundación por la Quebrada Cujaca en la localidad de Cuyca, Distrito de Choros - Cutervo - Cajamarca, 2019. In *Universidad Nacional de Cajamarca*. https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5165/Tesis_Lorena_Medina.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Córdova, P., Barrios, T. O., Zuzunaga, R., Córdova, I. C., Pardo, E. E., & Zuzunaga, E. (2022). *Análisis hidráulico del flujo de cuencas naturales y canales artificiales mediante el programa HEC-RAS*. Editorial CIDE.
- Cristina, B., Blasco, J., Eugenia, M., & González, P. (2024). *Evolución de los episodios de inundación en la comunidad de Madrid: factores territoriales y sinópticos*. 85(296).
- Díez-Herrero, A., Laín, H. L., Llorente-Isidro, M., Díez-Herrero, A., Laín, H. L., & Llorente, M. (2008). Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones Guía metodológica para su elaboración. In *Instituto Geológico y Minero de España IGME. p. 113-118. Madrid, España*. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA.
- Fattorelli, S., & Fernandez, P. (2011). Diseño Hidrológico. In Fernandez-Dorca (Ed.), *WASA-GN* (2da Edición). WASA-GN.
- Guarniz, C. K. (2014). Comparación de los modelos Hidráulicos Unidimensional (HEC-RAS) y Bidimensional (IBER) en el Análisis de Rotura en Presas de Materiales Suelos; y Aplicación a la Presa Palo Redondo Proyecto [Universidad Privada Antenor Orrego]. In *Repositorio de la Universidad Privada Antenor Orrego*. <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/634>
- IGN. (2021). Especificaciones Técnicas para la Generación de Ortoimágenes. In *Ministerio de Defensa. RESOLUCIÓN JEFATURAL N° 053-2021/IGN/DIG/SDNGC. Diario Oficial El Peruano. Lima, Perú*. <https://www.gob.pe/institucion/ign/normas-legales/1997715-052-2021-ign-dig-sdngc>
- INDECI. (2006). Manual Básico Para La Estimación Del Riesgo. In *Indeci*. http://bvpad.indec.gov.pe/doc/pdf/esp/doc319/doc319_contenido.pdf
- Ize, I., Zuk, M., & Rojas, L. (2010). *Introducción al análisis de riesgos ambientales* (Segunda Ed, Issue 1).
- Mauricio, I. (2018). *Evaluación del riesgo por inundación empleando técnicas fotogramétricas en la quebrada Islachayoq de la ciudad de Huamanga - Ayacucho, 2022*. file:///C:/Users/HP/Downloads/tesis de gestion por procesos.pdf
- Mauricio Quispe, R. (2023). *Evaluación del perfil de riesgo por inundación del río Omayá - localidad de Omayá - distrito Pichari - provincia La Convención - Cusco, 2023* [Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5786>
- Monsalve, G. (1999). *Hidrología en la ingeniería* (2da Edición (ed.); Editorial). Alfaomega.
- MTC. (2008). Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. In *Ministerio de Transporte y*

- Construccion Peru* (Vol. 0, Issue 0).
http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf
- Olaya, V. (2020). Sistemas de información geográfica. In *Universitas Nusantara PGRI Kediri* (Vol. 01).
- OMM. (2020). *Guía de Prácticas Hidrológicas, vol. I: Hidrología – De la medición a la información hidrológica OMM-N° 168*. Organización Meteorológica Mundial.
- Pascual, J., & Díaz, M. (2016). Guía Práctica sobre la modelización hidrológica y el Modelo HEC-HMS. In *Instituto IMDEA Agua* (Vol. 29, Issue 4). CIVILSCAPE.
https://www.agua.imdea.org/sites/default/files/pdf/news/20161215/Cuadernos de Geomática 4_b.pdf
- Ramos Ventura, A. (2023). *Simulación hidrológica e hidráulica del río Yucay con fines de diseño de estructuras de control de inundaciones y defensas ribereñas en el sector Pamparque, distrito de Acos Vinchos - Huamanga - Ayacucho, 2020* [Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga].
<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5869>
- Reyes, T. M. (2017). *Hidrología para ingenieros*.
- Reyna G., A., Moreira M., D., Bonilla P., A., Pisco P., J., & Macías M., C. (2020). Asentamientos humanos en zonas susceptibles a riesgos por inundación y deslizamiento de la ciudad de Portoviejo. *Revista San Gregorio*, 15.
<https://orcid.org/0000-0002-8691-545X>
- Sardon, H., Lavado-Casimiro, W., & Felipe, O. (2022). *Inventario de datos de eventos de inundaciones del Perú. Estudio Final. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú –SENAMHI*. 1–145.
<https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1786>
- SGR. (2018). *Glosario de términos de gestión de riesgos de desastres guía de consulta* (p. 29). Secretaría de Gestión de Riesgos.
- UNISDR. (2009). United Nations Office for Disaster Risk Reduction. In *International Strategy for Disaster Reduction at the United Nations*.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-87745-3_300731
- USACE. (2022). HEC-HMS Tutorials and Guides. In *US Army Corps of Engineers*.
<https://www.hec.usace.army.mil/confluence/hmsdocs/hmsguides/>
- Villón, M. (2002). *Hidrologia* (MaxSoft (ed.); 2da Edicio). MaxSoft.
- Villón, M. (2016). Hidrología Estadística. In *Instituto Tecnológico de Costa Rica* (5ta Edicio). Ediciones Villón.
- Wikipedia. (2019). *Fenómeno natural - Wikipedia, la enciclopedia libre*.
https://es.wikipedia.org/wiki/Fenómeno_natural

ANEXOS

CÁLCULO DE PARÁMETROS DE LA CUENCA

Figura 53

Parámetros de la cuenca del río Tojoro

Subbasin	Longest Flowpath Length (KM)	Longest Flowpath Slope (M/M)	Centroidal Flowpath Length (KM)	Centroidal Flowpath Slope (M/M)	10-85 Flowpath Length (KM)	10-85 Flowpath Slope (M/M)	Basin Slope (M/M)	Basin Relief (M)	Relief Ratio	Elongation Ratio	Drainage Density (KM/KM²)
SC-1	5.30050	0.11471	2.62562	0.08204	3.97538	0.09139	0.43918	708.00000	0.13357	0.63223	0.07725
SC-2	4.91293	0.11745	2.26477	0.09758	3.68469	0.08491	0.48842	672.00000	0.13678	0.67102	0.09220
SC-3	13.90616	0.08388	6.29548	0.04741	10.42962	0.04468	0.37458	1223.00000	0.08795	0.47410	0.25553
SC-4	9.16664	0.11471	4.48333	0.08955	6.87498	0.09208	0.51260	1212.00000	0.13222	0.56791	0.20878
SC-5	9.96716	0.07836	4.38997	0.08219	7.47537	0.06033	0.44985	1110.00000	0.11137	0.66865	0.14954
SC-6	6.36219	0.15624	2.93244	0.12549	4.77164	0.10574	0.48240	999.00000	0.15702	0.51501	0.09246
SC-7	8.06782	0.15878	3.83400	0.05138	6.05087	0.14143	0.49695	1285.00000	0.15927	0.51403	0.43234
SC-8	5.33105	0.11986	2.14664	0.08013	3.99829	0.11559	0.45897	703.00000	0.13187	0.61134	0.37623
SC-9	13.36653	0.07571	5.36856	0.03092	10.02490	0.06477	0.50465	1139.00000	0.08521	0.52007	0.26079
SC-10	5.47092	0.17017	2.47298	0.01132	4.10319	0.14984	0.33373	931.00000	0.17017	0.66514	0.39148

Figura 54

Parámetros de la red de drenaje del río Tojoro

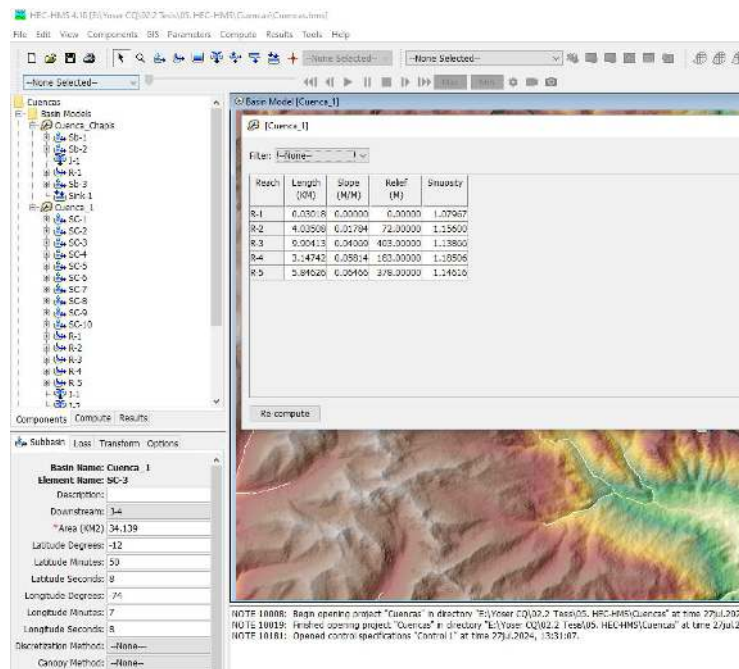


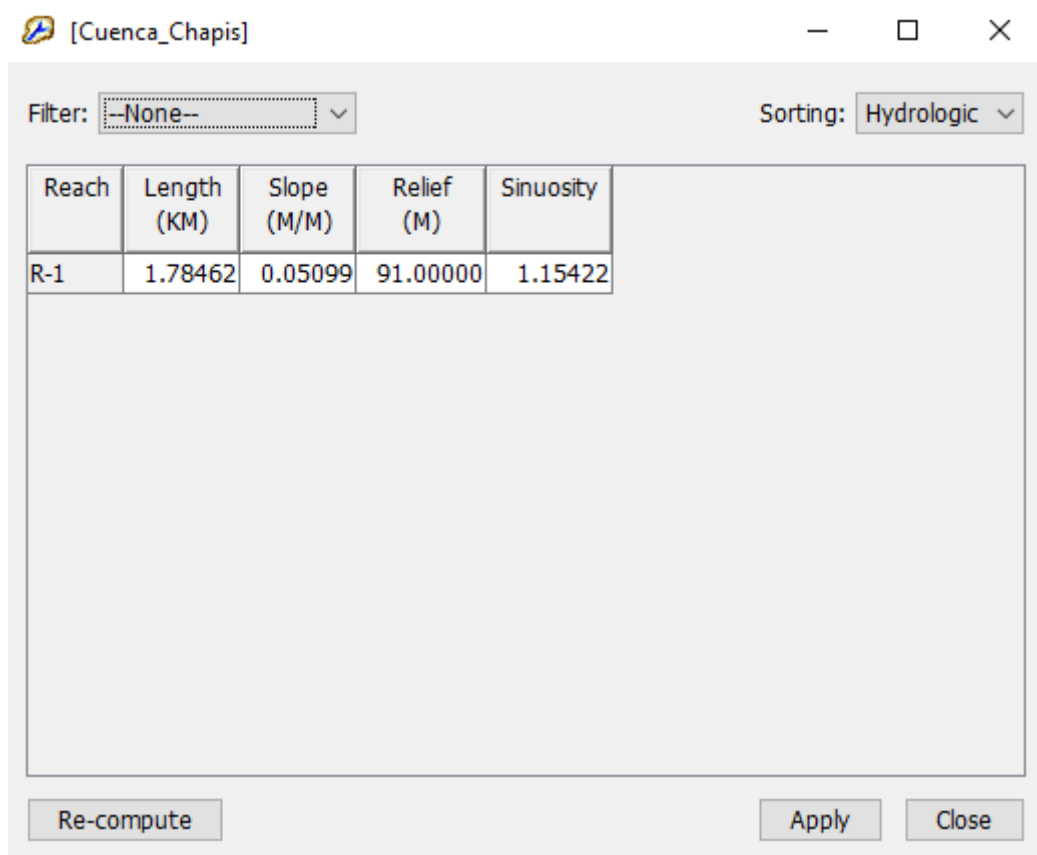
Figura 55

Parámetros de la cuenca del río Chapismayo

Subbasin	Longest Flowpath Length (KM)	Longest Flowpath Slope (M/M)	Centroidal Flowpath Length (KM)	Centroidal Flowpath Slope (M/M)	10-85 Flowpath Length (KM)	10-85 Flowpath Slope (M/M)	Basin Slope (M/M)	Basin Relief (M)	Relief Ratio	Elongation Ratio	Drainage Density (KM/KM²)
Sb-1	7.23239	0.18417	3.78643	0.20871	5.42429	0.18507	0.50422	1383.00000	0.19122	0.49457	0.29472
Sb-2	6.01020	0.22096	3.12653	0.24244	4.50765	0.23288	0.48579	1341.00000	0.22312	0.48924	0.13810
Sb-3	4.94051	0.24340	1.73939	0.06058	3.70539	0.25120	0.37564	1202.00000	0.24329	0.54369	0.31648

Figura 56

Parámetros de la red de drenaje del río Chapismayo



DATOS PLUVIOMÉTRICOS DE LAS ESTACIONES UTILIZADAS

ESTACIÓN METEOROLÓGICA SAN MIGUEL

Departamento : AYACUCHO

Provincia : LA MAR

Distrito : San Miguel



Latitud : 13° 1'0.12" S

Longitud : 73°58'58.80" W

Altitud : 2662

Tipo : Convencional - Meteorológica

Codigo : 000666

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX
1964	10.10	19.50	16.50	9.50	14.00	0.00	0.00	0.50	9.50	9.50	17.60	10.00	19.50
1965	14.20	17.40	9.90	3.80	4.10	0.00	5.00	2.20	12.00	23.20	11.70	16.50	23.20
1966	20.00	38.00	15.30	3.50	23.80	0.00	4.00	0.00	1.00	34.70	14.20	10.20	38.00
1967	20.00	20.50	21.30	21.00	S/D	6.00	4.00	3.00	4.00	7.80	6.00	10.50	21.30
1968	20.30	15.50	14.50	5.00	2.20	1.00	12.50	7.00	3.80	12.00	17.80	29.00	29.00
1969	10.00	13.00	18.00	9.60	S/D	0.50	4.20	2.00	4.20	11.70	12.00	8.20	18.00
1970	33.20	13.20	16.00	15.00	0.00	6.50	0.00	0.00	11.40	9.00	16.40	15.60	33.20
1971	23.60	14.20	14.30	0.00	2.00	7.20	0.00	0.00	2.00	8.00	12.00	28.00	28.00
1972	19.00	14.20	16.40	0.00	6.20	2.80	11.00	5.20	6.80	9.00	12.70	10.40	19.00
1973	27.00	19.40	7.60	10.80	3.00	0.00	3.00	11.20	4.60	7.00	11.00	24.00	27.00
1974	17.60	16.00	31.70	4.20	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00	10.00	9.50	31.70
1975	26.50	14.00	17.50	6.00	5.50	1.00	0.00	2.00	7.50	8.50	17.50	23.50	26.50
1976	13.50	24.70	22.50	8.60	5.60	10.50	0.00	1.00	6.50	2.00	4.00	4.00	24.70
1977	6.00	8.50	8.50	4.00	5.00	1.00	2.00	1.00	6.50	10.00	15.00	9.60	15.00
1978	8.70	9.80	8.20	5.80	3.40	6.80	4.80	4.00	5.00	20.80	9.10	5.80	20.80
1979	8.20	5.40	8.40	1.20	0.00	0.00	0.00	16.00	2.50	2.90	20.00	2.80	20.00
1980	S/D	3.00	S/D	6.00	0.00	9.80	3.80	2.50	5.40	6.40	3.70	0.00	9.80
1981	25.60	26.30	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.60	8.80	0.00	S/D	S/D	26.30

ESTACIÓN METEOROLÓGICA LURICOCHA

Departamento : AYACUCHO

Provincia : HUANTA

Distrito : LURICOCHA



Latitud : 12°54'40.8" S

Longitud : 74°16'59.66" W

Altitud : 2485 msnm.

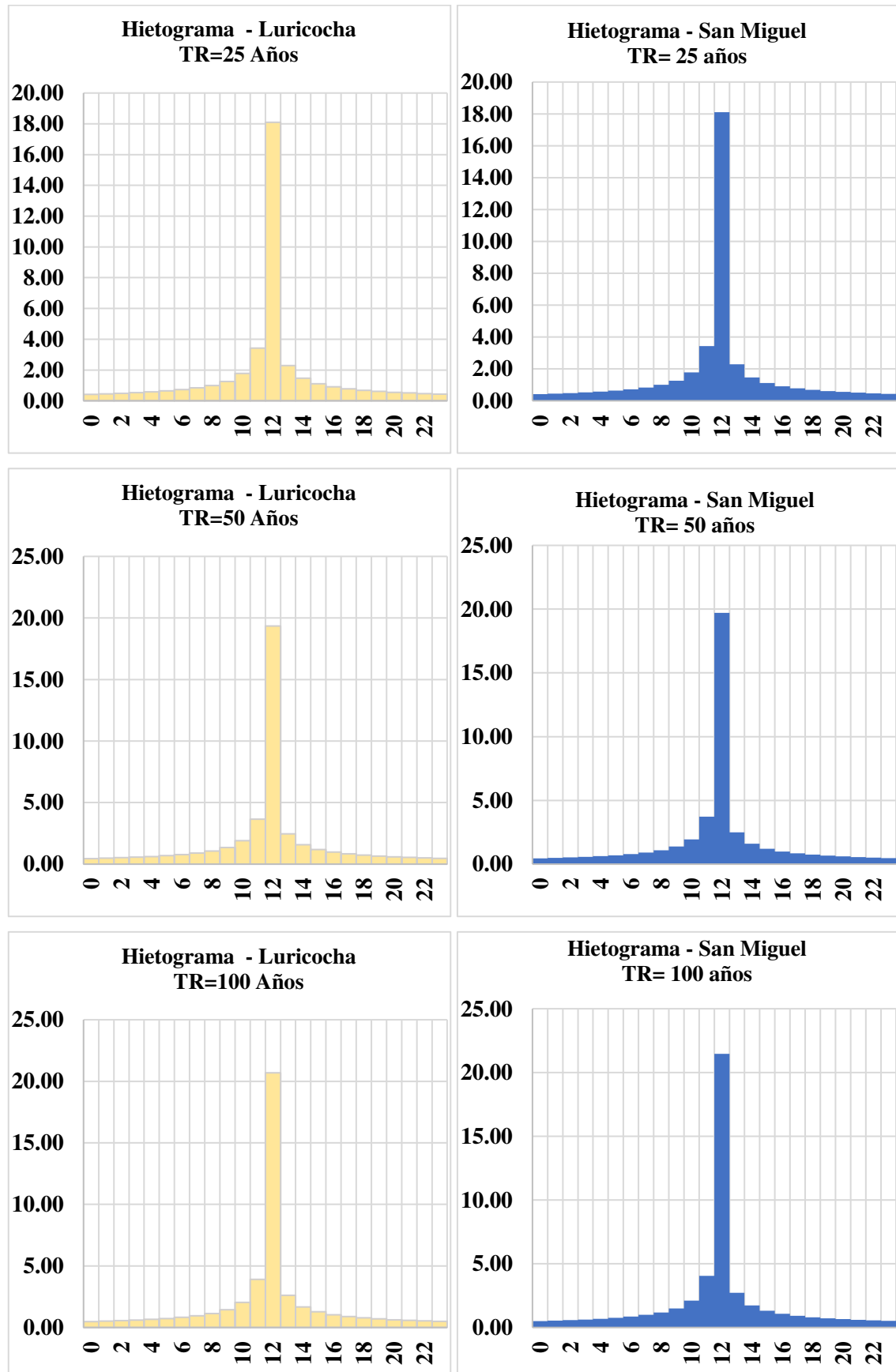
Tipo : Convencional - Meteorológica

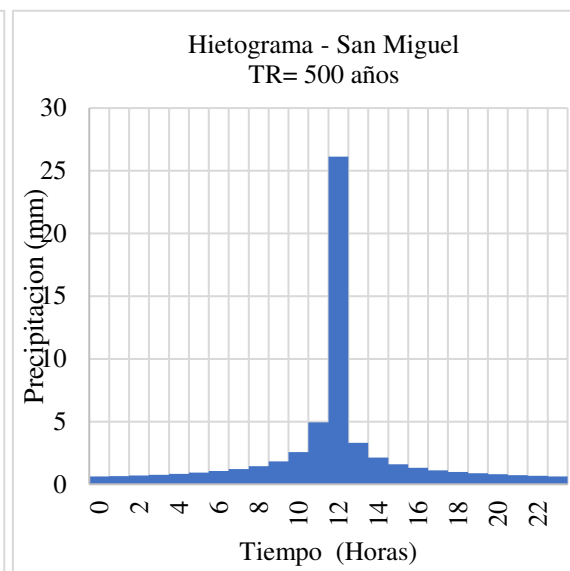
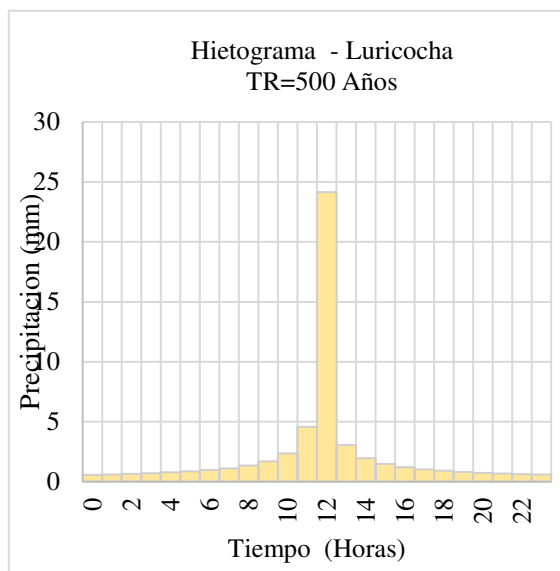
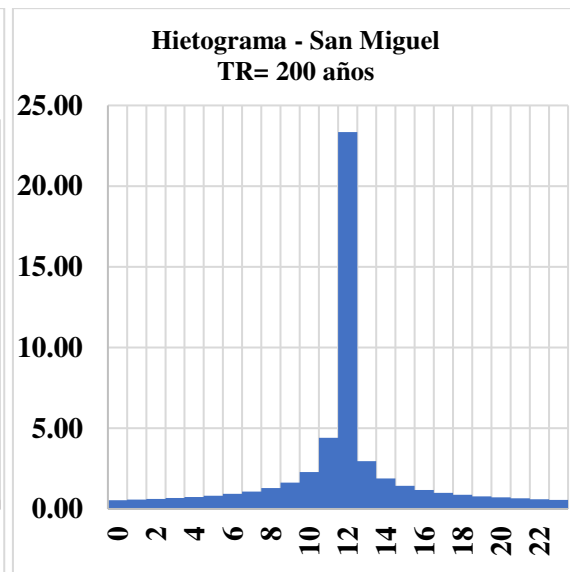
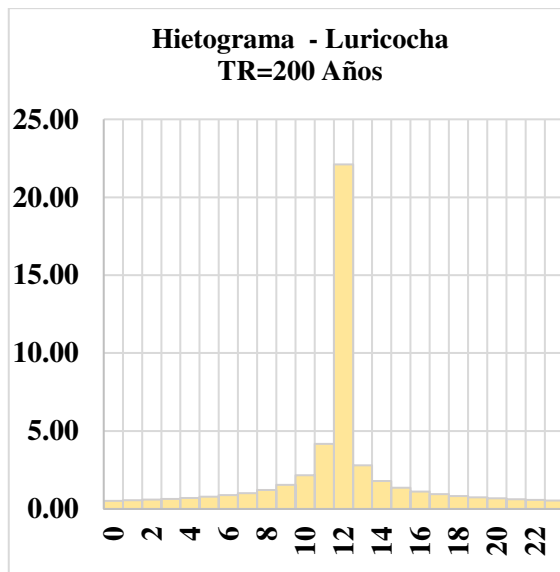
Código : 112068

AÑO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	MAX
1964	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.00	S/D	S/D	13.00	15.90	15.90
1965	S/D	S/D	16.00	9.80	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	18.80	18.80
1966	9.90	20.00	15.30	6.40	8.50	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	8.60	S/D	20.00
1967	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	6.10	4.10	23.10	4.10	6.50	10.20	23.10
1968	20.80	12.00	S/D	S/D	S/D	0.00	4.90	3.10	S/D	S/D	26.10	S/D	26.10
1969	2.10	6.30	7.40	4.10	3.10	3.20	3.10	2.10	2.10	2.10	12.10	9.40	12.10
1970	7.60	6.60	5.10	4.10	3.10	0.50	7.20	3.10	9.50	23.60	6.00	22.70	23.60
1971	17.20	21.20	11.60	15.30	3.00	3.20	0.00	6.00	0.00	8.10	8.20	38.60	38.60
1972	7.10	7.80	13.00	12.10	3.60	1.80	9.20	4.30	4.00	8.70	8.30	12.10	13.00
1973	30.80	22.10	21.30	19.50	3.10	6.20	7.20	12.70	10.20	7.00	19.40	23.20	30.80
1974	19.40	27.40	11.30	7.50	0.00	4.20	0.00	8.50	6.70	8.20	0.00	15.40	27.40
1975	17.50	14.20	10.30	4.60	7.80	0.00	0.00	3.40	8.20	8.60	9.60	30.60	30.60
1976	15.40	24.80	20.20	20.10	6.20	3.00	0.00	0.00	29.30	18.20	6.10	34.30	34.30
1977	24.60	20.10	32.90	7.10	6.10	0.00	4.20	2.00	6.20	9.80	16.90	8.20	32.90
1978	10.80	21.60	13.60	17.20	4.20	8.10	0.00	0.00	7.10	8.70	12.30	11.40	21.60
1979	17.30	12.80	20.10	10.10	8.20	0.00	0.00	0.00	10.80	5.30	15.10	14.70	20.10
1980	9.90	S/D	10.20	14.00	10.90	4.20	5.10	2.30	10.80	14.90	10.00	13.60	14.90
1981	20.10	20.70	13.70	29.50	2.30	1.20	0.00	4.10	30.10	28.30	28.30	18.10	30.10
1982	28.60	44.20	13.80	10.10	0.00	6.20	0.00	10.20	5.70	18.70	20.10	10.10	44.20
1983	32.10	10.20	31.90	20.50	0.00	17.30	7.40	4.20	14.10	9.20	10.40	8.20	32.10
1984	21.20	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	21.20
1985	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.00
1986	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.00
1987	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	18.40	18.40
1988	17.40	18.50	15.20	0.00	0.00	7.20	7.40	5.10	12.80	8.20	9.20	8.70	18.50
1989	31.20	10.20	30.80	9.20	10.50	2.30	0.00	12.20	23.40	13.70	8.20	6.70	31.20
1990	17.40	13.10	9.40	16.40	7.50	11.10	3.10	9.00	10.10	9.00	18.50	15.20	18.50
1991	17.40	7.90	15.90	7.00	4.70	9.40	2.10	0.00	19.30	6.90	14.20	10.10	19.30
1992	12.90	10.00	8.20	7.90	0.00	4.80	6.00	5.20	5.20	12.20	16.60	8.30	16.60
1993	26.00	31.00	10.00	8.10	5.00	6.00	4.20	6.90	11.10	15.10	11.10	15.30	31.00
1994	25.80	14.00	16.10	12.20	3.80	2.80	0.00	0.00	5.50	6.20	13.30	13.80	25.80
1995	29.00	13.60	21.00	5.00	7.00	2.30	6.30	0.00	3.50	13.10	18.80	12.00	29.00
1996	17.60	11.20	17.20	18.80	3.00	1.80	0.00	2.00	3.40	8.20	9.50	30.00	30.00
1997	26.00	24.50	19.30	27.40	1.70	1.00	0.00	4.90	12.10	6.60	11.50	30.30	30.30
1998	15.30	20.20	12.80	18.00	4.00	4.00	0.00	0.00	1.00	13.60	14.00	7.70	20.20
1999	13.50	12.30	14.80	6.40	0.30	0.70	1.00	0.00	5.80	4.90	S/D	S/D	14.80

Figura 57

Hietogramas de diseño para diferentes periodos de retorno





CAUDALES DE MÁXIMAS AVENIDAS

Figura 58

Caudales de máximas avenidas del río Tojoromayo para TR=25, 50, 100, 200 y 500 años

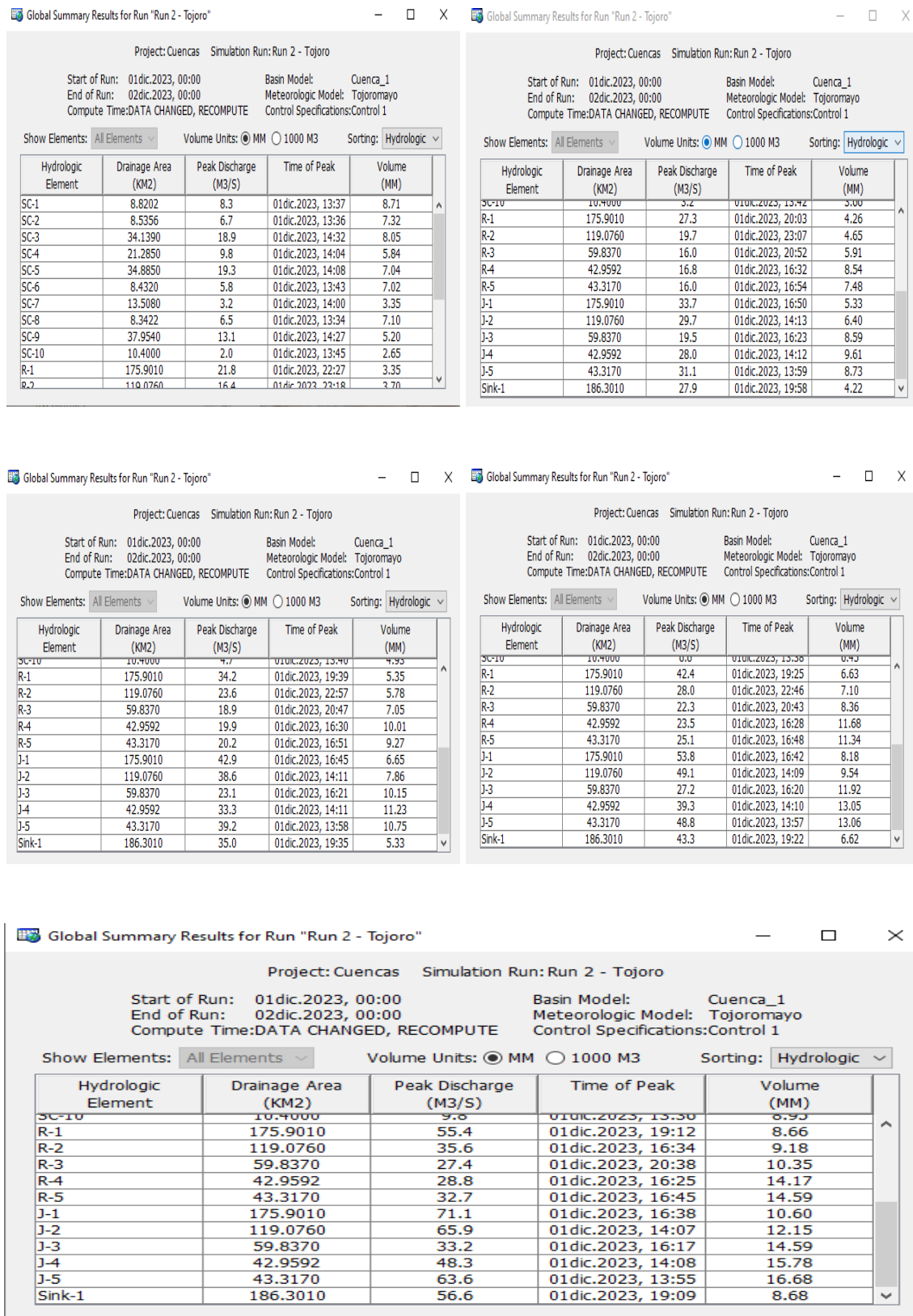


Figura 59

Caudales de máximas avenidas del río Chapismayo para TR=25, 50, 100, 200 y 500 años

Project: Cuenca Simulation Run: Run Chapis				
Start of Run: 01dic.2023, 00:00		Basin Model: Cuenca_Chapis		
End of Run: 02dic.2023, 00:00		Meteorologic Model: Chapismayo		
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE		Control Specifications: Control 1		
Show Elements:	All Elements	Volume Units:	☒ MM ☐ 1000 M3	Sorting: Hydrologic
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Sb-1	10.0490	5.5	01dic.2023, 13:46	5.93
Sb-2	6.7908	1.7	01dic.2023, 13:45	3.20
J-1	16.8398	7.2	01dic.2023, 13:46	4.83
R-1	16.8398	4.5	01dic.2023, 15:01	4.55
Sb-3	5.6669	0.8	01dic.2023, 13:37	2.03
Sink-1	22.5067	4.9	01dic.2023, 14:59	3.91

Project: Cuenca Simulation Run: Run Chapis				
Start of Run: 01dic.2023, 00:00		Basin Model: Cuenca_Chapis		
End of Run: 02dic.2023, 00:00		Meteorologic Model: Chapismayo		
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE		Control Specifications: Control 1		
Show Elements:	All Elements	Volume Units:	☒ MM ☐ 1000 M3	Sorting: Hydrologic
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Sb-1	10.0490	7.2	01dic.2023, 13:45	7.48
Sb-2	6.7908	2.6	01dic.2023, 13:42	4.31
J-1	16.8398	9.8	01dic.2023, 13:44	6.20
R-1	16.8398	6.1	01dic.2023, 14:58	5.87
Sb-3	5.6669	1.4	01dic.2023, 13:34	2.91
Sink-1	22.5067	6.7	01dic.2023, 14:55	5.12

Project: Cuenca Simulation Run: Run Chapis				
Start of Run: 01dic.2023, 00:00		Basin Model: Cuenca_Chapis		
End of Run: 02dic.2023, 00:00		Meteorologic Model: Chapismayo		
Compute Time: 29jul.2024, 13:36:16		Control Specifications: Control 1		
Show Elements:	All Elements	Volume Units:	☒ MM ☐ 1000 M3	Sorting: Hydrologic
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Sb-1	10.0490	9.3	01dic.2023, 13:43	9.33
Sb-2	6.7908	3.7	01dic.2023, 13:40	5.69
J-1	16.8398	13.0	01dic.2023, 13:42	7.87
R-1	16.8398	8.1	01dic.2023, 14:55	7.47
Sb-3	5.6669	2.2	01dic.2023, 13:31	4.03
Sink-1	22.5067	8.9	01dic.2023, 14:52	6.60

Project: Cuenca Simulation Run: Run Chapis				
Start of Run: 01dic.2023, 00:00		Basin Model: Cuenca_Chapis		
End of Run: 02dic.2023, 00:00		Meteorologic Model: Chapismayo		
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE		Control Specifications: Control 1		
Show Elements:	All Elements	Volume Units:	☒ MM ☐ 1000 M3	Sorting: Hydrologic
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Sb-1	10.0490	11.7	01dic.2023, 13:42	11.48
Sb-2	6.7908	5.0	01dic.2023, 13:38	7.34
J-1	16.8398	16.7	01dic.2023, 13:41	9.81
R-1	16.8398	10.4	01dic.2023, 14:53	9.34
Sb-3	5.6669	3.3	01dic.2023, 13:29	5.40
Sink-1	22.5067	11.5	01dic.2023, 14:49	8.35

Project: Cuenca Simulation Run: Run Chapis				
Start of Run: 01dic.2023, 00:00		Basin Model: Cuenca_Chapis		
End of Run: 02dic.2023, 00:00		Meteorologic Model: Chapismayo		
Compute Time: 29jul.2024, 13:40:01		Control Specifications: Control 1		
Show Elements:	All Elements	Volume Units:	☒ MM ☐ 1000 M3	Sorting: Hydrologic
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Sb-1	10.0490	15.6	01dic.2023, 13:41	14.88
Sb-2	6.7908	7.2	01dic.2023, 13:36	10.01
J-1	16.8398	22.8	01dic.2023, 13:39	12.91
R-1	16.8398	14.2	01dic.2023, 14:50	12.34
Sb-3	5.6669	5.0	01dic.2023, 13:27	7.68
Sink-1	22.5067	15.7	01dic.2023, 14:46	11.16

TRABAJOS EN CAMPO Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO

Figura 60

Fotografía de preparación para el despegue del DRON



Figura 61

Fotografía de estacionamiento del GPS diferencial para toma de punto de control



Figura 62

Fotografía de levantamiento topográfico de los puntos topográficos en el río Tojoromayo



Figura 63

Fotografía de levantamiento topográfico de los puntos topográficos en el río Chapismayo



Figura 64

Fotografía de identificación de la huella máxima del río Tojoromayo



Figura 65

Fotografía de identificación de huella máxima del río Chapismayo

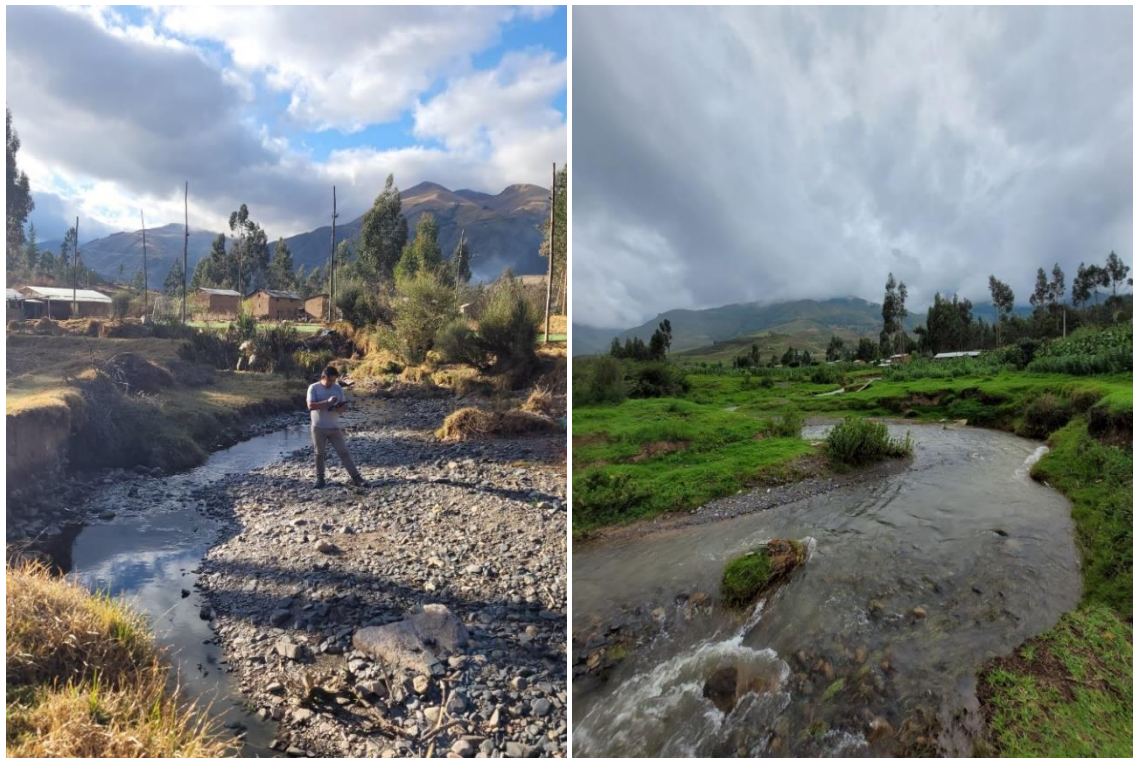


Figura 66

Fotografía de identificación de elementos expuestos



Figura 67

Fotografía de áreas inundadas del centro poblado de Huayao - 2023



Fuente: Oficina de Defensa Civil de la MDT

Figura 68

Fotografía de la encuesta para la recopilación de información de vulnerabilidad



Figura 69

Modelo digital de elevación obtenida del levantamiento topográfico

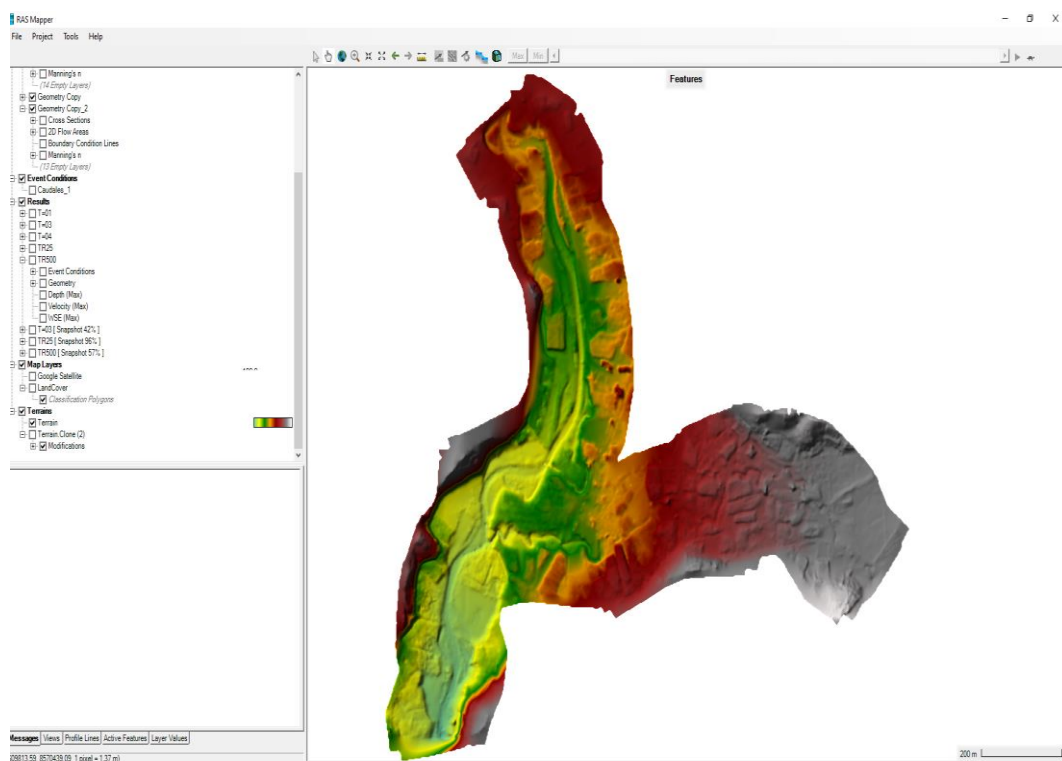


Figura 70

Coeficiente de rugosidad de Manning para el área de estudio

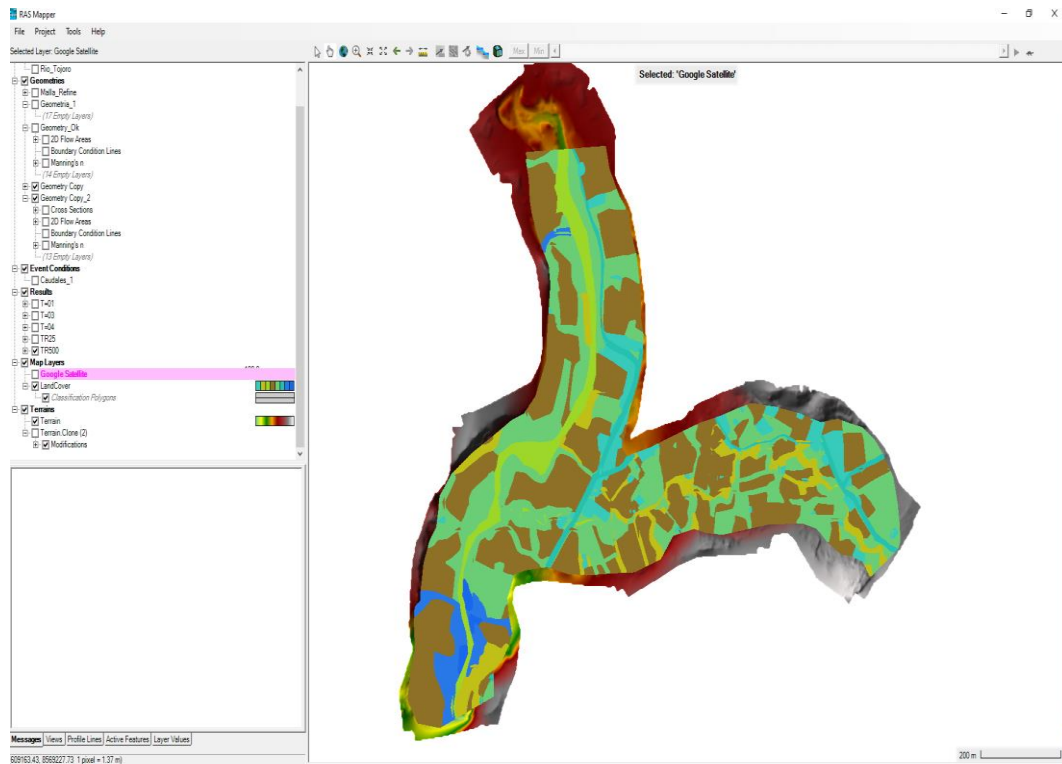


Figura 71

Mapa de inundación para TR= 25 años

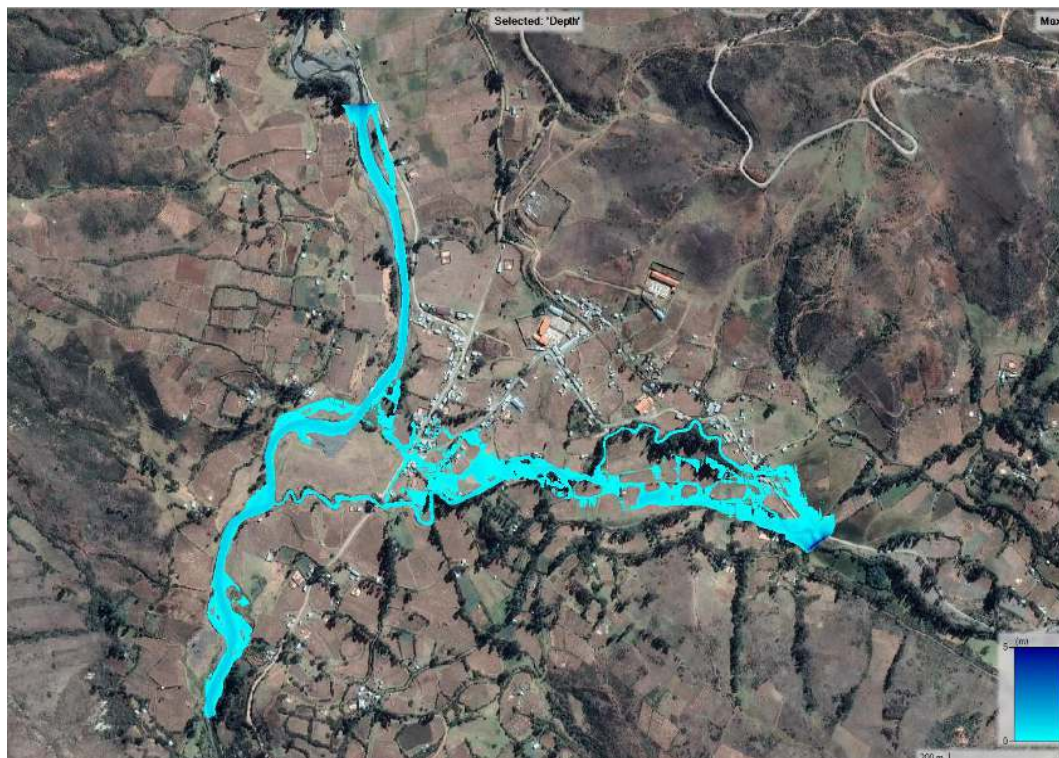


Figura 72

Mapa de inundación para TR= 100 años

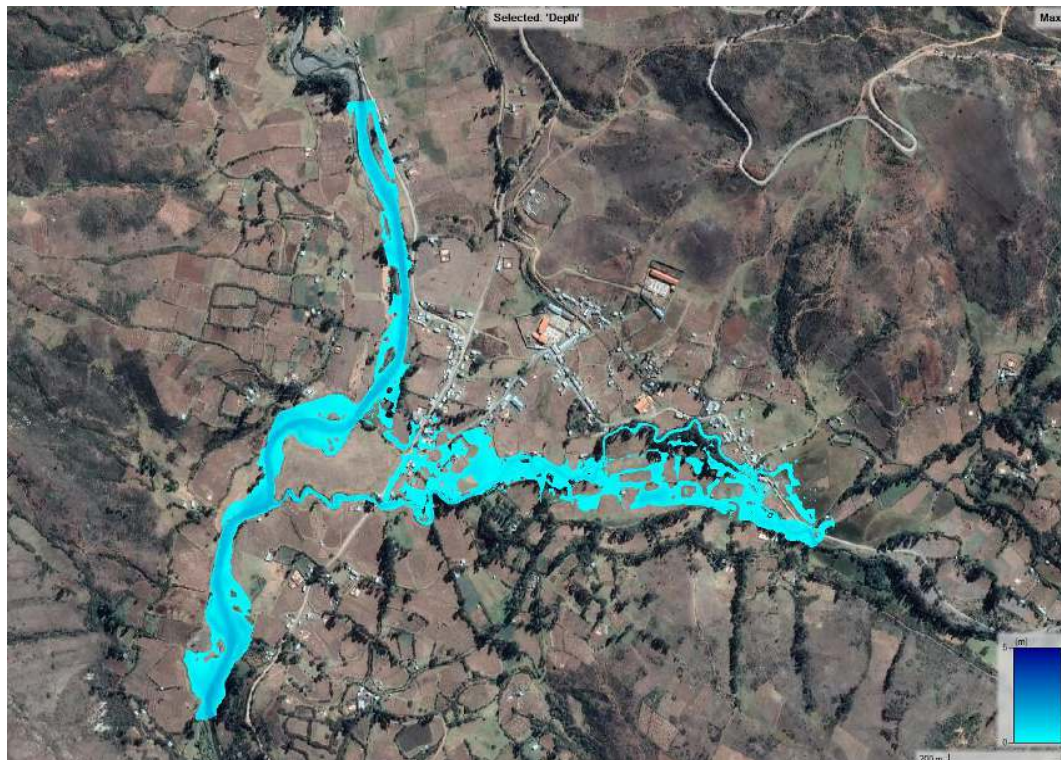
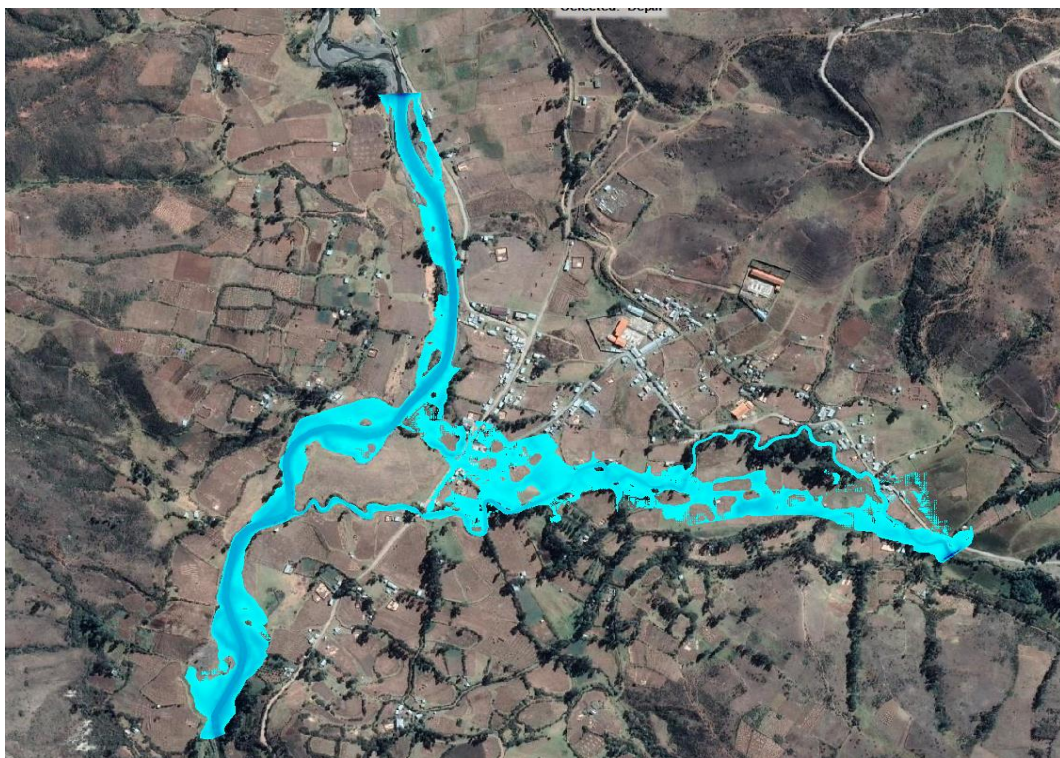


Figura 73

Mapa de inundación para TR= 500 años



HOJAS DE CÁLCULO

FACTOR CONDICIONANTE - PENDIENTE

Tabla N° 1: Matriz de comparación de pares – factores condicionantes

Parámetro	Pendiente	Peso Ponderado:
Descriptores	SL-01	< a 3°
	SL-02	Desde el 3° al 6°
	SL-03	Desde el 6° al 10°
	SL-04	Desde 10° al 17°
	SL-05	> a 17°
	P-01	0.503
	P-02	0.260
	P-03	0.134
	P-04	0.068
	P-05	0.035

Tabla N° 2: Matriz de comparación de pares

Pendiente	< a 3°	Desde el 3° al 6°	Desde el 6° al 10°	Desde 10° al 17°	> a 17°
< a 3°	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Desde el 3° al 6°	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Desde el 6° al 10°	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Desde 10° al 17°	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
> a 17°	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00

Tabla N° 3. Matriz de normalización

Pendiente	< a 3°	Desde el 3° al 6°	Desde el 6° al 10°	Desde 10° al 17°	> a 17°	Vector Priorización
< a 3°	0.56	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Desde el 3° al 6°	0.19	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Desde el 6° al 10°	0.11	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Desde 10° al 17°	0.08	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
> a 17°	0.06	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
						1.000

Paso 4.2: λ_{max}

Pendiente	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
< a 3°	2.743	0.503	5.455
Desde el 3° al 6°	1.414	0.260	5.432
Desde el 6° al 10°	0.699	0.134	5.204
Desde 10° al 17°	0.341	0.068	5.030
> a 17°	0.177	0.035	5.093
			5.243

Paso 4.3: Índice de consistencia (IC)

IC	0.061
----	-------

Paso 4.4: Relación de Consistencia (RC)

RC	5.44%
----	-------

FACTOR CONDICIONANTE - GEOMORFOLOGÍA

Tabla N° 1: Matriz de comparación de pares – factores condicionantes

Parámetro		Geomorfología	Peso Ponderado:	
Descriptores	GM1	Terraza indiferenciada	P-01	0.457
	GM2	Vertientes con piedemonte coluvio - deluvial	P-02	0.278
	GM3	Vertientes con depósitos de deslizamientos	P-03	0.149
	GM4	Montañas en rocas intrusivas	P-04	0.077
	GM5	Montañas en rocas sedimentarias	P-05	0.039

Tabla N° 2: Matriz de comparación de pares

Geomorfología	Terraza indiferenciada	Vertientes con piedemonte coluvio - deluvial	Vertientes con depósitos de deslizamientos	Montañas en rocas intrusivas	Montañas en rocas sedimentarias
Terraza indiferenciada	1.00	3.00	4.00	5.00	7.00
Vertientes con piedemonte coluvio - deluvial	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Vertientes con depósitos de deslizamientos	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00
Montañas en rocas intrusivas	0.20	0.20	0.33	1.00	3.00
Montañas en rocas sedimentarias	0.14	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.926	4.676	8.533	14.333	23.000

Tabla N° 3. Matriz de normalización

Geomorfología	Terraza indiferenciada	Vertientes con piedemonte coluvio - deluvial	Vertientes con depósitos de deslizamientos	Montañas en rocas intrusivas	Montañas en rocas sedimentarias	Vector Priorización
Terraza indiferenciada	0.52	0.642	0.469	0.349	0.304	0.457
Vertientes con piedemonte coluvio - deluvial	0.17	0.214	0.352	0.349	0.304	0.278
Vertientes con depósitos de deslizamientos	0.13	0.071	0.117	0.209	0.217	0.149
Montañas en rocas intrusivas	0.10	0.043	0.039	0.070	0.130	0.077
Montañas en rocas sedimentarias	0.07	0.031	0.023	0.023	0.043	0.039

1.000

λ_{max}

Geomorfología	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
Terraza indiferenciada	2.546	0.457	5.577
Vertientes con piedemonte coluvio - deluvial	1.536	0.278	5.519
Vertientes con depósitos de deslizamientos	0.782	0.149	5.251
Montañas en rocas intrusivas	0.391	0.077	5.063
Montañas en rocas sedimentarias	0.199	0.039	5.118
$\lambda_{max} =$			5.306

Índice de consistencia (IC)

IC	0.076
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.069
----	-------

FACTOR CONDICIONANTE - GEOLOGÍA

Tabla N° 1: Matriz de comparación de pares – factores condicionantes

Parámetro	Geología	Peso Ponderado:
Descriptores	G-01 Río	P-01 0.485
	G-02 Arenas, Gravas y Arcillas	P-02 0.271
	G-03 Area Urbano	P-03 0.145
	G-04 Andesitas	P-04 0.061
	G-05 Lutitas_Calizas_Conglomerado	P-05 0.039

Tabla N° 02: Matriz de comparación de pares

Geología	Río	Arenas, Gravas y Arcillas	Area Urbano	Andesitas	Lutitas_Calizas_Conglomerado
Río	1.00	3.00	4.00	7.00	8.00
Arenas, Gravas y Arcillas	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Area Urbano	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00
Andesitas	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00
Lutitas_Calizas_Conglomerado	0.13	0.14	0.20	0.50	1.00
Total	1.9	4.7	8.5	16.5	23.0

Tabla N° 3. Matriz de normalización – parámetro geología

Geología	Río	Arenas, Gravas y Arcillas	Area Urbano	Andesitas	Lutitas_Calizas_Conglomerado	Vector Priorización
Río	0.54	0.642	0.469	0.424	0.348	0.485
Arenas, Gravas y Arcillas	0.18	0.214	0.352	0.303	0.304	0.271
Area Urbano	0.14	0.071	0.117	0.182	0.217	0.145
Andesitas	0.08	0.043	0.039	0.061	0.087	0.061
Lutitas_Calizas_Conglomerado	0.07	0.031	0.023	0.030	0.043	0.039
						1.000

λ_{max}

Geología	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
Río	2.616	0.485	5.399
Arenas, Gravas y Arcillas	1.446	0.271	5.343
Area Urbano	0.735	0.145	5.086
Andesitas	0.311	0.061	5.071
Lutitas_Calizas_Conglomerado	0.198	0.039	5.065
			5.193

Índice de consistencia (IC)

IC	0.048
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.043
----	-------

FACTOR DESENCADENANTE - PRECIPITACIÓN

Tabla N° 1: Matriz de comparación de pares – factores desencadenantes

Parámetro	Precipitación	Peso Ponderado:
Descriptores	PP-01 > P99-P90 (Extr. lluviosa)	P-01 0.434
	PP-02 P90-P95 (Bastante lluviosa)	P-02 0.292
	PP-03 P75-P90 (Lluviosa)	P-03 0.167
	PP-04 < a P75 (Moderadamente lluviosa)	P-04 0.071
	PP-05 Regular	P-05 0.035
Nota:		RR: Precipitación acumulada diaria (mm)

Tabla N° 02: Matriz de comparación de pares

Precipitación	> P99-P90 (Extr. lluviosa)	P90-P95 (Bastante lluviosa)	P75-P90 (Lluviosa)	< a P75 (Moderadamente lluviosa)	Regular
> P99-P90 (Extr. lluviosa)	1.00	2.00	4.00	5.00	9.00
P90-P95 (Bastante lluviosa)	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
P75-P90 (Lluviosa)	0.25	0.33	1.00	5.00	5.00
< a P75 (Moderadamente lluviosa)	0.20	0.20	0.20	1.00	3.00
Regular	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
TOTAL	2.061	3.676	8.400	16.333	25.000

Tabla N° 3. Matriz de normalización

Precipitación	> P99-P90 (Extr. lluviosa)	P90-P95 (Bastante lluviosa)	P75-P90 (Lluviosa)	< a P75 (Moderadamente lluviosa)	Regular	Vector Priorización
> P99-P90 (Extr. lluviosa)	0.49	0.544	0.476	0.306	0.360	0.434
P90-P95 (Bastante lluviosa)	0.24	0.272	0.357	0.306	0.280	0.292
P75-P90 (Lluviosa)	0.12	0.091	0.119	0.306	0.200	0.167
< a P75 (Moderadamente lluviosa)	0.10	0.054	0.024	0.061	0.120	0.071
Regular	0.05	0.039	0.024	0.020	0.040	0.035

1.000

λ_{max}

Precipitación	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
> P99-P90 (Extr. lluviosa)	2.362	0.434	5.439
P90-P95 (Bastante lluviosa)	1.615	0.292	5.540
P75-P90 (Lluviosa)	0.907	0.167	5.415
< a P75 (Moderadamente lluviosa)	0.356	0.071	4.995
Regular	0.183	0.035	5.157
			5.309

Índice de consistencia (IC)

IC	0.077
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.069
----	-------

PARÁMETRO DE EVALUACION - ALTURA DE INUNDACIÓN (m)

Tabla N° 1: Matriz de comparación de pares – altura de inundación

Parámetro		ALTURA DE INUNDACIÓN (m)	Peso Ponderado:	
Descriptores	H-1	H > 0.70	P-01	0.421
	H-2	0.50 <H ≤ 0.70	P-02	0.307
	H-3	0.25 <H ≤ 0.50	P-03	0.158
	H-4	0.10 <H ≤ 0.25	P-04	0.074
	H-5	H < 0.10	P-05	0.039

Tabla N° 02: Matriz de comparación de pares

Vol. De deslizamiento	H > 0.70	0.50 <H ≤ 0.70	0.25 <H ≤ 0.50	0.10 <H ≤ 0.25	H < 0.10
H > 0.70	1.00	2.00	3.00	6.00	7.00
0.50 <H ≤ 0.70	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
0.25 <H ≤ 0.50	0.33	0.33	1.00	3.00	5.00
0.10 <H ≤ 0.25	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00
H < 0.10	0.14	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	2.143	3.676	7.533	15.333	23.000

Tabla N° 3. Matriz de normalizacion

Vol. De deslizamiento	H > 0.70	0.50 <H ≤ 0.70	0.25 <H ≤ 0.50	0.10 <H ≤ 0.25	H < 0.10	Vector Priorización
H > 0.70	0.47	0.544	0.398	0.391	0.304	0.421
0.50 <H ≤ 0.70	0.23	0.272	0.398	0.326	0.304	0.307
0.25 <H ≤ 0.50	0.16	0.091	0.133	0.196	0.217	0.158
0.10 <H ≤ 0.25	0.08	0.054	0.044	0.065	0.130	0.074
H < 0.10	0.07	0.039	0.027	0.022	0.043	0.039

1.000

λ_{max}

Vol. De deslizamiento	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
H > 0.70	2.232	0.421	5.304
0.50 <H ≤ 0.70	1.641	0.307	5.348
0.25 <H ≤ 0.50	0.822	0.158	5.186
0.10 <H ≤ 0.25	0.377	0.074	5.068
H < 0.10	0.200	0.039	5.066
			5.194

Índice de consistencia (IC)

IC	0.049
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.044
----	-------

PONDERACION DE FACTORES CONDICIONANTES

Tabla N° 01: Matriz de comparación de pares

Factores condicionantes	PENDIENTES	GEOMORF.	GEOLOGÍA
PENDIENTES	1.00	3.00	5.00
GEOMORF.	0.33	1.00	3.00
GEOLOGÍA	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.53	4.33	9.00

Tabla N° 2: Matriz de normalización

Factores condicionantes	PENDIENTES	GEOMORF.	GEOLOGÍA	Vector Priorización
PENDIENTES	0.652	0.692	0.556	0.633
GEOMORF.	0.217	0.231	0.333	0.260
GEOLOGÍA	0.130	0.077	0.111	0.106
				1.000

La importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de peligro.

	VECTOR PRIORIZACIÓN (Ponderación)	PORCENTAJE
PENDIENTES	0.633	63.33%
GEOMORF.	0.260	26.05%
GEOLOGÍA	0.106	10.62%

Tabla N° 3: Matriz Suma Ponderada

Factores condicionantes	PENDIENTES	GEOMORF.	GEOLOGÍA	Vector Suma Ponderada
PENDIENTES	0.633	0.781	0.531	1.946
GEOMORF.	0.211	0.260	0.318	0.790
GEOLOGÍA	0.127	0.087	0.106	0.320

λ_{max}

Tabla N° 4: λ_{max}

Factores condicionantes	VSP	VP	λ_{max}
PENDIENTES	1.946	0.633	3.072
GEOMORF.	0.790	0.260	3.033
GEOLOGÍA	0.320	0.106	3.011
			3.039

Índice de consistencia (IC)

IC	0.019
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	3.72%
----	-------

Cantidad de individuos por casa

Tabla N° 1: Descriptores del parámetro: Cantidad de individuos por casa

Parámetro		Cantidad de individuos por casa	Peso Ponderado:	
Descriptores	CH-01	6 a más personas	P-01	0.504
	CH-02	De 4 a 5 personas	P-02	0.269
	CH-03	3 personas	P-03	0.122
	CH-04	2 personas	P-04	0.071
	CH-05	1 persona	P-05	0.034

Tabla N° 02: Matriz de comparación de pares

Cantidad de individuos por casa	6 a más personas	De 4 a 5 personas	3 personas	2 personas	1 persona
6 a más personas	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
De 4 a 5 personas	0.33	1.00	3.00	5.00	8.00
3 personas	0.20	0.33	1.00	2.00	5.00
2 personas	0.14	0.20	0.50	1.00	3.00
1 persona	0.11	0.13	0.20	0.33	1.00
Suma	1.787	4.658	9.700	15.333	26.000

Tabla N° 3. Matriz de normalización

Cantidad de individuos por casa	6 a más personas	De 4 a 5 personas	3 personas	2 personas	1 persona	Vector Priorización
6 a más personas	0.56	0.644	0.515	0.457	0.346	0.504
De 4 a 5 personas	0.19	0.215	0.309	0.326	0.308	0.269
3 personas	0.11	0.072	0.103	0.130	0.192	0.122
2 personas	0.08	0.043	0.052	0.065	0.115	0.071
1 persona	0.06	0.027	0.021	0.022	0.038	0.034

λ_{max}

Cantidad de individuos por casa	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
6 a más personas	2.723	0.504	5.399
De 4 a 5 personas	1.429	0.269	5.316
3 personas	0.624	0.122	5.122
2 personas	0.360	0.071	5.065
1 persona	0.172	0.034	5.054
			5.191

Índice de consistencia (IC)

IC	0.048
-----------	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.043
-----------	-------

Grupos de edad más vulnerables en el hogar

Tabla N° 1: Descriptores del parámetro: Grupos etarios más vulnerables en la vivienda

Parámetro		Grupos de edad más vulnerables en el hogar	Peso Ponderado	
Descriptores	GEV-01	< de 6 años y > de 60 años	P-01	0.499
	GEV-02	mayor 51 y menor 60 años	P-02	0.257
	GEV-03	Mayor de 7 y menor a 12 años	P-03	0.144
	GEV-04	Mayor de 13 y menor a 19 años	P-04	0.065
	GEV-05	Mayor de 20 y menor a 50 años	P-05	0.035

Tabla N° 02: Matriz de comparación de pares

Grupos de edad más vulnerables en el hogar	< de 6 años y > de 60 años	mayor 51 y menor 60 años	Mayor de 7 y menor a 12 años	Mayor de 13 y menor a 19 años	Mayor de 20 y menor a 50 años
< de 6 años y > de 60 años	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
mayor 51 y menor 60 años	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Mayor de 7 y menor a 12 años	0.20	0.33	1.00	4.00	5.00
Mayor de 13 y menor a 19 años	0.14	0.20	0.25	1.00	3.00
Mayor de 20 y menor a 50 años	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.787	4.676	9.450	17.333	25.000

Tabla N° 3. Matriz de normalización

Grupos de edad más vulnerables en el hogar	< de 6 años y > de 60 años	mayor 51 y menor 60 años	Mayor de 7 y menor a 12 años	Mayor de 13 y menor a 19 años	Mayor de 20 y menor a 50 años	Vector Priorización
< de 6 años y > de 60 años	0.56	0.642	0.529	0.404	0.360	0.499
mayor 51 y menor 60 años	0.19	0.214	0.317	0.288	0.280	0.257
Mayor de 7 y menor a 12 años	0.11	0.071	0.106	0.231	0.200	0.144
Mayor de 13 y menor a 19 años	0.08	0.043	0.026	0.058	0.120	0.065
Mayor de 20 y menor a 50 años	0.06	0.031	0.021	0.019	0.040	0.035
						1.000

λ_{max}

Grupos de edad más vulnerables en el hogar	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
< de 6 años y > de 60 años	2.760	0.499	5.532
mayor 51 y menor 60 años	1.425	0.257	5.538
Mayor de 7 y menor a 12 años	0.764	0.144	5.308
Mayor de 13 y menor a 19 años	0.328	0.065	5.017
Mayor de 20 y menor a 50 años	0.177	0.035	5.123
			5.303

Índice de consistencia (IC)

IC	0.076
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.068
----	-------

Disposición de agua potable en la casa

Tabla N° 1: Descriptores del parámetro: Disposición de agua potable en la casa

Parámetro		Disposición de agua potable en la casa	Peso Ponderado:	
Descriptores	A-01	No tiene	P-01	0.543
	A-02	Río, acequia o pozo	P-02	0.228
	A-03	Camión cisterna u otro	P-03	0.137
	A-04	Pilón	P-04	0.057
	A-05	Red de agua potable	P-05	0.036

Tabla N° 02: Matriz de comparación de pares

Disposición de agua potable en la casa	No tiene	Río, acequia o pozo	Camión cisterna u otro	Pilón	Red de agua potable
No tiene	1.00	5.00	6.00	7.00	9.00
Río, acequia o pozo	0.20	1.00	3.00	5.00	7.00
Camión cisterna u otro	0.17	0.33	1.00	4.00	5.00
Pilón	0.14	0.20	0.25	1.00	2.00
Red de agua potable	0.11	0.14	0.20	0.50	1.00
Suma	1.621	6.676	10.450	17.500	24.000

Tabla N° 3. Matriz de normalización

Disposición de agua potable en la casa	No tiene	Río, acequia o pozo	Camión cisterna u otro	Pilón	Red de agua potable	Vector Priorización
No tiene	0.62	0.749	0.574	0.400	0.375	0.543
Río, acequia o pozo	0.12	0.150	0.287	0.286	0.292	0.228
Camión cisterna u otro	0.10	0.050	0.096	0.229	0.208	0.137
Pilón	0.09	0.030	0.024	0.057	0.083	0.057
Red de agua potable	0.07	0.021	0.019	0.029	0.042	0.036
						1.000

λ_{max}

Disposición de agua potable en la casa	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
No tiene	3.221	0.543	5.932
Río, acequia o pozo	1.281	0.228	5.630
Camión cisterna u otro	0.709	0.137	5.171
Pilón	0.286	0.057	5.055
Red de agua potable	0.184	0.036	5.140
			5.386

Índice de consistencia (IC)

IC	0.096
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.086
----	-------

Saneamiento básico en casa

Tabla N° 1: Descriptores del parámetro: Saneamiento básico en casa

Parámetro		Saneamiento básico en casa	Peso Ponderado	
Descriptores	SB-01	No tiene	P-01	0.507
	SB-02	Letrina	P-02	0.260
	SB-03	Pozo ciego/ negro	P-03	0.130
	SB-04	Pozo séptico	P-04	0.067
	SB-05	Red de desagüe	P-05	0.036

Tabla N° 02: Matriz de comparación de pares

Saneamiento básico en casa	No tiene	Letrina	Pozo ciego/ negro	Pozo séptico	Red de desagüe
No tiene	1.00	4.00	5.00	7.00	8.00
Letrina	0.25	1.00	4.00	5.00	7.00
Pozo ciego/ negro	0.20	0.25	1.00	3.00	5.00
Pozo séptico	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Red de desagüe	0.13	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.718	5.593	10.533	16.333	24.000

Tabla N° 3. Matriz de normalización

Saneamiento básico en casa	No tiene	Letrina	Pozo ciego/ negro	Pozo séptico	Red de desagüe	Vector Priorización
No tiene	0.58	0.715	0.475	0.429	0.333	0.507
Letrina	0.15	0.179	0.380	0.306	0.292	0.260
Pozo ciego/ negro	0.12	0.045	0.095	0.184	0.208	0.130
Pozo séptico	0.08	0.036	0.032	0.061	0.125	0.067
Red de desagüe	0.07	0.026	0.019	0.020	0.042	0.036
						1.000

λmax

Saneamiento básico en casa	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ max
No tiene	2.955	0.507	5.831
Letrina	1.493	0.260	5.736
Pozo ciego/ negro	0.678	0.130	5.227
Pozo séptico	0.343	0.067	5.087
Red de desagüe	0.185	0.036	5.151
			5.406

Índice de consistencia (IC)

IC	0.102
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.091
----	-------

Disposición de electrificación en vivienda

Tabla N° 1: Descriptores del parámetro: Disposición de electrificación en vivienda

Parámetro		Disposición de electrificación en vivienda	Peso Ponderado	
Descriptores	ELE-01	No tiene	P1	0.514
	ELE-02	Vela	P2	0.235
	ELE-03	Petróleo/gas	P3	0.147
	ELE-04	Panel solar	P4	0.068
	ELE-05	Electrificación	P5	0.036

Tabla N° 02: Matriz de comparación de pares

Disposición de electrificación en vivienda	No tiene	Vela	Petróleo/gas	Panel solar	Electrificación
No tiene	1.00	4.00	5.00	7.00	8.00
Vela	0.25	1.00	3.00	4.00	7.00
Petróleo/gas	0.20	0.33	1.00	4.00	5.00
Panel solar	0.14	0.25	0.25	1.00	3.00
Electrificación	0.13	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.718	5.726	9.450	16.333	24.000

Tabla N° 3. Matriz de normalización

Disposición de electrificación en vivienda	No tiene	Vela	Petróleo/gas	Panel solar	Electrificación	Vector Priorización
No tiene	0.58	0.699	0.529	0.429	0.333	0.514
Vela	0.15	0.175	0.317	0.245	0.292	0.235
Petróleo/gas	0.12	0.058	0.106	0.245	0.208	0.147
Panel solar	0.08	0.044	0.026	0.061	0.125	0.068
Electrificación	0.07	0.025	0.021	0.020	0.042	0.036
						1.000

λ_{max}

Disposición de electrificación en	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
No tiene	2.952	0.514	5.740
Vela	1.329	0.235	5.657
Petróleo/gas	0.780	0.147	5.319
Panel solar	0.345	0.068	5.086
Electrificación	0.186	0.036	5.140
			5.388

Índice de consistencia (IC)

IC	0.097
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.087
----	-------

PARÁMETROS DE FRAGILIDAD SOCIAL

Tabla N° 1: Descriptores del parámetros de la Fragilidad Social

Parámetro		PARÁMETROS DE FRAGILIDAD SOCIAL	Peso Ponderado	
Descriptores	FS-01	Grupos de edad más vulnerables en el hogar	P1	0.622
	FS-02	Disposición de agua potable en la casa	P2	0.202
	FS-03	Saneamiento básico en casa	P3	0.120
	FS-04	Disposición de electrificación en vivienda	P4	0.056

Tabla N° 02: Matriz de comparación de pares

PARÁMETROS DE FRAGILIDAD SOCIAL	Grupos de edad más vulnerables en el hogar	Disposición de agua potable en la casa	Saneamiento básico en casa	Disposición de electrificación en vivienda
Grupos de edad más vulnerables en el hogar	1.00	5.00	6.00	7.00
Disposición de agua potable en la casa	0.20	1.00	2.00	5.00
Saneamiento básico en casa	0.17	0.50	1.00	3.00
Disposición de electrificación en vivienda	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.510	6.700	9.333	16.000

Tabla N° 3. Matriz de normalización

PARÁMETROS DE FRAGILIDAD SOCIAL	Grupos de edad más vulnerables en el hogar	Disposición de agua potable en la casa	Saneamiento básico en casa	Disposición de electrificación en vivienda	Vector Priorización
Grupos de edad más vulnerables en el hogar	0.66	0.746	0.643	0.438	0.622
Disposición de agua potable en la casa	0.13	0.149	0.214	0.313	0.202
Saneamiento básico en casa	0.11	0.075	0.107	0.188	0.120
Disposición de electrificación en vivienda	0.09	0.030	0.036	0.063	0.056

λ_{max}

PARÁMETROS DE FRAGILIDAD SOCIAL	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
Grupos de edad más vulnerables en el hogar	2.742	0.622	4.407
Disposición de agua potable en la casa	0.845	0.202	4.179
Saneamiento básico en casa	0.492	0.120	4.100
Disposición de electrificación en vivienda	0.225	0.056	4.041
			4.182

Índice de consistencia (IC)

IC	0.061
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.069
----	-------

Conocimiento sobre ocurrencias pasadas de desastres en su comunidad

Tabla N° 1: Conocimiento sobre ocurrencias pasadas de desastres en su comunidad

Parámetro		Conocimiento sobre ocurrencias pasadas de desastres en su comunidad	Peso Ponderado:	
Descriptores	CP-01	No conoce	P01	0.463
	CP-02	Escaso conocimiento	P02	0.268
	CP-03	Poco conocimiento	P03	0.163
	CP-04	Regular conocimiento	P04	0.072
	CP-05	Conocimiento amplio	P05	0.034

Tabla N° 02: Matriz de comparación de pares

Conocimiento sobre ocurrencias pasadas de desastres en su comunidad	No conoce	Escaso conocimiento	Poco conocimiento	Regular conocimiento	Conocimiento amplio
No conoce	1.00	3.00	4.00	5.00	9.00
Escaso conocimiento	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Poco conocimiento	0.25	0.33	1.00	4.00	6.00
Regular conocimiento	0.20	0.20	0.25	1.00	3.00
Conocimiento amplio	0.11	0.14	0.17	0.33	1.00
Suma	1.894	4.676	8.417	15.333	26.000

Tabla N° 3. Matriz de normalización

Conocimiento sobre ocurrencias pasadas de desastres en su comunidad	No conoce	Escaso conocimiento	Poco conocimiento	Regular conocimiento	Conocimiento amplio	Vector Priorización
No conoce	0.53	0.642	0.475	0.326	0.346	0.463
Escaso conocimiento	0.18	0.214	0.356	0.326	0.269	0.268
Poco conocimiento	0.13	0.071	0.119	0.261	0.231	0.163
Regular conocimiento	0.11	0.043	0.030	0.065	0.115	0.072
Conocimiento amplio	0.06	0.031	0.020	0.022	0.038	0.034
						1.000

λ_{max}

Conocimiento sobre ocurrencias pasadas de desastres en su comunidad	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
No conoce	2.582	0.463	5.573
Escaso conocimiento	1.507	0.268	5.615
Poco conocimiento	0.858	0.163	5.272
Regular conocimiento	0.360	0.072	5.023
Conocimiento amplio	0.175	0.034	5.162
			5.329

Índice de consistencia (IC)

IC	0.082
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.074
----	-------

Formación de la población en asuntos relacionados con el GRD

Tabla N° 1: Descriptores del parámetro: Formación de la población en asuntos relacionados con el GRD

Parámetro		Formación de la población en asuntos relacionados con el GRD	Peso Ponderado:	
Descriptores	GRD-01	No tiene	P01	0.539
	GRD-02	Hace 2 años o más	P02	0.244
	GRD-03	Hace 1 año	P03	0.115
	GRD-04	Hace 6 meses	P04	0.067
	GRD-05	Hace 3 meses	P05	0.035

Tabla N° 02: Matriz de comparación de pares

Formación de la población en asuntos relacionados con el GRD	No tiene	Hace 2 años o más	Hace 1 año	Hace 6 meses	Hace 3 meses
No tiene	1.00	5.00	6.00	7.00	9.00
Hace 2 años o más	0.20	1.00	4.00	5.00	7.00
Hace 1 año	0.17	0.25	1.00	3.00	4.00
Hace 6 meses	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Hace 3 meses	0.11	0.14	0.25	0.33	1.00
Suma	1.621	6.593	11.583	16.333	24.000

Tabla N° 3. Matriz de normalización

Formación de la población en asuntos relacionados con el GRD	No tiene	Hace 2 años o más	Hace 1 año	Hace 6 meses	Hace 3 meses	Vector Priorización
No tiene	0.62	0.758	0.518	0.429	0.375	0.539
Hace 2 años o más	0.12	0.152	0.345	0.306	0.292	0.244
Hace 1 año	0.10	0.038	0.086	0.184	0.167	0.115
Hace 6 meses	0.09	0.030	0.029	0.061	0.125	0.067
Hace 3 meses	0.07	0.022	0.022	0.020	0.042	0.035
						1.000

λ_{max}

Formación de la población en asuntos relacionados con el	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
No tiene	3.230	0.539	5.989
Hace 2 años o más	1.390	0.244	5.707
Hace 1 año	0.605	0.115	5.243
Hace 6 meses	0.335	0.067	5.027
Hace 3 meses	0.181	0.035	5.194
			5.432

Índice de consistencia (IC)

IC	0.108
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.097
----	-------

Tipo de seguro médico

Tabla N° 1: Descriptores del parámetro: Tipo de seguro médico

Parámetro		Tipo de seguro médico	Peso Ponderado:	
Descriptores	SS-01	No tiene	P01	0.517
	SS-02	SIS	P02	0.242
	SS-03	ES SALUD	P03	0.143
	SS-04	FF.AA y PNP	P04	0.065
	SS-05	Privado	P05	0.034

Tabla N° 02: Matriz de comparación de pares

Tipo de seguro médico	No tiene	SIS	ES SALUD	FF.AA y PNP	Privado
No tiene	1.00	4.00	5.00	7.00	9.00
SIS	0.25	1.00	3.00	5.00	7.00
ES SALUD	0.20	0.33	1.00	4.00	5.00
FF.AA y PNP	0.14	0.20	0.25	1.00	3.00
Privado	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.704	5.676	9.450	17.333	25.000

Tabla N° 3. Matriz de normalización

Tipo de seguro médico	No tiene	SIS	ES SALUD	FF.AA y PNP	Privado	Vector Priorización
No tiene	0.59	0.705	0.529	0.404	0.360	0.517
SIS	0.15	0.176	0.317	0.288	0.280	0.242
ES SALUD	0.12	0.059	0.106	0.231	0.200	0.143
FF.AA y PNP	0.08	0.035	0.026	0.058	0.120	0.065
Privado	0.07	0.025	0.021	0.019	0.040	0.034
						1.000

λ_{max}

Tipo de seguro médico	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
No tiene	2.957	0.517	5.720
SIS	1.361	0.242	5.629
ES SALUD	0.756	0.143	5.303
FF.AA y PNP	0.325	0.065	5.027
Privado	0.176	0.034	5.158
			5.367

Índice de consistencia (IC)

IC	0.092
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.082
----	-------

Opinión de los habitantes respecto a las inundaciones

Tabla N° 1: Descriptores del parámetro: Opinión de los habitantes respecto a las inundaciones

Parámetro		Opinión de los habitantes respecto a las inundaciones	Peso Ponderado	
Descriptores	OP-01	Fatalista	P01	0.491
	OP-02	Desidia	P02	0.271
	OP-03	Preocupado	P03	0.139
	OP-04	Positivo	P04	0.065
	OP-05	Optimista	P05	0.034

Tabla N° 02: Matriz de comparación de pares

Opinión de los habitantes respecto a las inundaciones	Fatalista	Desidia	Preocupado	Positivo	Optimista
Fatalista	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Desidia	0.33	1.00	4.00	5.00	7.00
Preocupado	0.20	0.25	1.00	4.00	5.00
Positivo	0.14	0.20	0.25	1.00	3.00
Optimista	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.787	4.593	10.450	17.333	25.000

Tabla N° 3. Matriz de normalización

Opinión de los habitantes respecto a las inundaciones	Fatalista	Desidia	Preocupado	Positivo	Optimista	Vector Priorización
Fatalista	0.56	0.653	0.478	0.404	0.360	0.491
Desidia	0.19	0.218	0.383	0.288	0.280	0.271
Preocupado	0.11	0.054	0.096	0.231	0.200	0.139
Positivo	0.08	0.044	0.024	0.058	0.120	0.065
Optimista	0.06	0.031	0.019	0.019	0.040	0.034
						1.000

λ_{max}

Opinión de los habitantes respecto a las inundaciones	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
Fatalista	2.761	0.491	5.624
Desidia	1.554	0.271	5.734
Preocupado	0.736	0.139	5.314
Positivo	0.327	0.065	5.029
Optimista	0.177	0.034	5.156
			5.371

Índice de consistencia (IC)

IC	0.093
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.083
----	-------

PARÁMETROS DE RESILIENCIA SOCIAL

Tabla N° 1: Descriptores del parámetros de la Resiliencia Social

Parámetro		PARÁMETROS DE RESILIENCIA SOCIAL	Peso Ponderado:	
Descriptores	RS-01	Conocimiento sobre ocurrencias pasadas de desastres en su comunidad	P01	0.596
	RS-02	Formación de la población en asuntos relacionados con el GRD	P02	0.236
	RS-03	Tipo de seguro médico	P03	0.113
	RS-04	Opinión de los habitantes respecto a las inundaciones	P04	0.056

Tabla N° 02: Matriz de comparación de pares

PARÁMETROS DE RESILIENCIA SOCIAL	Conocimiento sobre ocurrencias pasadas de desastres en su comunidad	Formación de la población en asuntos relacionados con el GRD	Tipo de seguro médico	Opinión de los habitantes respecto a las inundaciones
Conocimiento sobre ocurrencias pasadas de desastres en su comunidad	1.00	4.00	6.00	7.00
Formación de la población en asuntos relacionados con el GRD	0.25	1.00	3.00	5.00
Tipo de seguro médico	0.17	0.33	1.00	3.00
Opinión de los habitantes respecto a las inundaciones	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.560	5.533	10.333	16.000

Tabla N° 3. Matriz de normalización

PARÁMETROS DE RESILIENCIA SOCIAL	Conocimiento sobre ocurrencias pasadas de desastres en su comunidad	Formación de la población en asuntos relacionados con el GRD	Tipo de seguro médico	Opinión de los habitantes respecto a las inundaciones	Vector Priorización
Conocimiento sobre ocurrencias pasadas de desastres en su comunidad	0.64	0.723	0.581	0.438	0.596
Formación de la población en asuntos relacionados con el GRD	0.16	0.181	0.290	0.313	0.236
Tipo de seguro médico	0.11	0.060	0.097	0.188	0.113
Opinión de los habitantes respecto a las inundaciones	0.09	0.036	0.032	0.063	0.056
					1.000

λmax

PARÁMETROS DE RESILIENCIA SOCIAL	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ max
Conocimiento sobre ocurrencias pasadas de desastres en su comunidad	2.606	0.596	4.375
Formación de la población en asuntos relacionados con el GRD	1.002	0.236	4.244
Tipo de seguro médico	0.458	0.113	4.055
Opinión de los habitantes respecto a las inundaciones	0.226	0.056	4.054
			4.182

Índice de consistencia (IC)

IC	0.061
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.069
----	-------

FACTORES DE LA VULN. SOCIAL

Tabla N° 1: Factores de la vulnerabilidad social

Parámetro		FACTORES DE LA VULN. SOCIAL	Peso Ponderado:
Descriptores	RE-1	Exposición social	0.581
	RE-2	Fragilidad Social	0.309
	RE-3	Resiliencia Social	0.110

Tabla N° 02: Matriz de comp. de pares

FACTORES DE LA VULN. SOCIAL	Exposición social	Fragilidad Social	Resiliencia Social
Exposición social	1.00	2.00	5.00
Fragilidad Social	0.50	1.00	3.00
Resiliencia Social	0.20	0.33	1.00
Suma	1.700	3.333	9.000

Tabla N° 3. Matriz de normaliz.

FACTORES DE LA VULN. SOCIAL	Exposición social	Fragilidad Social	Resiliencia Social	Vector Priorización
Exposición social	0.59	0.600	0.556	0.581
Fragilidad Social	0.29	0.300	0.333	0.309
Resiliencia Social	0.12	0.100	0.111	0.110
				1.000

λ_{max}

FACTORES DE LA VULN. SOCIAL	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
Exposición social	1.747	0.581	3.006
Fragilidad Social	0.929	0.309	3.004
Resiliencia Social	0.329	0.110	3.001
			3.004

Índice de consistencia (IC)

IC	0.002
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.004
----	-------

Proximidad de la edificación al área de peligro

Tabla N° 1: Descriptores del parámetro: Proximidad de la edificación al área de peligro

Parámetro		Proximidad de la edificación al área de peligro	Peso Ponderado:	
Descriptores	PE-1	Muy cercana: 0m a 30m	P1	0.484
	PE-2	Cercana: > 30m - 50m	P2	0.252
	PE-3	Medianamente cerca: > 50m - 100m	P3	0.166
	PE-4	Alejada: > 100m - 200m	P4	0.063
	PE-5	Muy alejada: > 200m	P5	0.034

Tabla N° 02: Matriz de comp. de pares

Proximidad de la edificación al área de peligro	Muy cercana: 0m a 30m	Cercana: > 30m - 50m	Medianamente cerca: > 50m - 100m	Alejada: > 100m - 200m	Muy alejada: > 200m
Muy cercana: 0m a 30m	1.00	3.00	5.00	7.00	8.00
Cercana: > 30m - 50m	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Medianamente cerca: > 50m - 100m	0.20	0.33	1.00	5.00	7.00
Alejada: > 100m - 200m	0.14	0.20	0.20	1.00	3.00
Muy alejada: > 200m	0.13	0.14	0.14	0.33	1.00
Suma	1.801	4.676	9.343	18.333	26.000

Tabla N° 3. Matriz de normaliz.

Proximidad de la edificación al área de peligro	Muy cercana: 0m a 30m	Cercana: > 30m - 50m	Medianamente cerca: > 50m - 100m	Alejada: > 100m - 200m	Muy alejada: > 200m	Vector Priorización
Muy cercana: 0m a 30m	0.56	0.642	0.535	0.382	0.308	0.484
Cercana: > 30m - 50m	0.19	0.214	0.321	0.273	0.269	0.252
Medianamente cerca: > 50m - 100m	0.11	0.071	0.107	0.273	0.269	0.166
Alejada: > 100m - 200m	0.08	0.043	0.021	0.055	0.115	0.063
Muy alejada: > 200m	0.07	0.031	0.015	0.018	0.038	0.034
						1.000

λ_{max}

Proximidad de la edificación al área de peligro	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
Muy cercana: 0m a 30m	2.787	0.484	5.754
Cercana: > 30m - 50m	1.467	0.252	5.811
Medianamente cerca: > 50m - 100m	0.901	0.166	5.421
Alejada: > 100m - 200m	0.319	0.063	5.085
Muy alejada: > 200m	0.176	0.034	5.109
			5.436

Índice de consistencia (IC)

IC	0.109
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.098
----	-------

Material para la edificación de los muros de la casa

Tabla N° 1: Descriptores del parámetro: Material para la edificación de los muros de la casa

Parámetro		Material para la edificación de los muros de la casa	Peso Ponderado:	
Descriptores	A-01	Triplay	P-01	0.477
	A-02	Madera	P-02	0.265
	A-03	Adobe	P-03	0.150
	A-04	Piedra	P-04	0.070
	A-05	Ladrillo y/o bloqueta de cemento	P-05	0.039

Tabla N° 02: Matriz de comp. de pares

Material para la edificación de los muros de la casa	Triplay	Madera	Adobe	Piedra	Ladrillo y/o bloqueta de cemento
Triplay	1.00	3.00	5.00	6.00	7.00
Madera	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Adobe	0.20	0.33	1.00	4.00	5.00
Piedra	0.17	0.20	0.25	1.00	3.00
Ladrillo y/o bloqueta de cemento	0.14	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.843	4.676	9.450	16.333	23.000

Tabla N° 3. Matriz de normaliz.

Material para la edificación de los muros de la casa	Triplay	Madera	Adobe	Piedra	Ladrillo y/o bloqueta de cemento	Vector Priorización
Triplay	0.54	0.642	0.529	0.367	0.304	0.477
Madera	0.18	0.214	0.317	0.306	0.304	0.265
Adobe	0.11	0.071	0.106	0.245	0.217	0.150
Piedra	0.09	0.043	0.026	0.061	0.130	0.070
Ladrillo y/o bloqueta de cemento	0.08	0.031	0.021	0.020	0.043	0.039
						1.000

λmax

Material para la edificación de los muros de la casa	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ max
Triplay	2.710	0.477	5.682
Madera	1.494	0.265	5.648
Adobe	0.807	0.150	5.397
Piedra	0.356	0.070	5.066
Ladrillo y/o bloqueta de cemento	0.198	0.039	5.124
			5.383

Índice de consistencia (IC)

IC	0.096
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.086
----	-------

Material de edificación utilizado en el techo de la casa

Tabla N° 1: Descriptores del parámetro: Material de edificación utilizado en el techo de la casa

Parámetro		Material de edificación utilizado en el techo de la casa	Peso Ponderado:	
Descriptores	PR-01	Otro material	P-01	0.453
	PR-02	Estera y/o paja	P-02	0.274
	PR-03	Madera o caña	P-03	0.160
	PR-04	Calamina y/o tejas	P-04	0.074
	PR-05	Losa de concreto	P-05	0.039

Tabla N° 02: Matriz de comp. de pares

Material de edificación utilizado en el techo de la casa	Otro material	Estera y/o paja	Madera o caña	Calamina y/o tejas	Losa de concreto
Otro material	1.00	3.00	4.00	5.00	7.00
Estera y/o paja	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Madera o caña	0.25	0.33	1.00	4.00	5.00
Calamina y/o tejas	0.20	0.20	0.25	1.00	3.00
Losa de concreto	0.14	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.926	4.676	8.450	15.333	23.000

Tabla N° 3. Matriz de normaliz.

Material de edificación utilizado en el techo de la casa	Otro material	Estera y/o paja	Madera o caña	Calamina y/o tejas	Losa de concreto	Vector Priorización
Otro material	0.52	0.642	0.473	0.326	0.304	0.453
Estera y/o paja	0.17	0.214	0.355	0.326	0.304	0.274
Madera o caña	0.13	0.071	0.118	0.261	0.217	0.160
Calamina y/o tejas	0.10	0.043	0.030	0.065	0.130	0.074
Losa de concreto	0.07	0.031	0.024	0.022	0.043	0.039
						1.000

λ_{max}

Material de edificación utilizado en el techo de la casa	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
Otro material	2.557	0.453	5.647
Estera y/o paja	1.547	0.274	5.636
Madera o caña	0.855	0.160	5.361
Calamina y/o tejas	0.376	0.074	5.054
Losa de concreto	0.199	0.039	5.148
			5.369

Índice de consistencia (IC)

IC	0.092
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.083
----	-------

Estado de conservación de la casa

Tabla N° 1: Estado de conservación de la casa

Parámetro		Estado de conservación de la casa	Peso Ponderado	
Descriptores	ET-1	Deteriodado	P1	0.511
	ET-2	En proceso de deterioro	P2	0.256
	ET-3	Con refacciones	P3	0.127
	ET-4	Regular estado	P4	0.073
	ET-5	Buen Estado	P5	0.033

Tabla N° 02: Matriz de comp. de pares

Estado de conservación de la casa	Deteriodado	En proceso de deterioro	Con refacciones	Regular estado	Buen Estado
Deteriodado	1.00	4.00	5.00	7.00	9.00
En proceso de deterioro	0.25	1.00	4.00	5.00	7.00
Con refacciones	0.20	0.25	1.00	3.00	5.00
Regular estado	0.14	0.20	0.33	1.00	4.00
Buen Estado	0.11	0.14	0.20	0.25	1.00
Suma	1.704	5.593	10.533	16.250	26.000

Tabla N° 3. Matriz de normaliz.

Estado de conservación de la casa	Deteriodado	En proceso de deterioro	Con refacciones	Regular estado	Buen Estado	Vector Priorización
Deteriodado	0.59	0.715	0.475	0.431	0.346	0.511
En proceso de deterioro	0.15	0.179	0.380	0.308	0.269	0.256
Con refacciones	0.12	0.045	0.095	0.185	0.192	0.127
Regular estado	0.08	0.036	0.032	0.062	0.154	0.073
Buen Estado	0.07	0.026	0.019	0.015	0.038	0.033
						1.000

λmax

Estado de conservación de la casa	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ max
Deteriodado	2.978	0.511	5.831
En proceso de deterioro	1.487	0.256	5.798
Con refacciones	0.677	0.127	5.337
Regular estado	0.371	0.073	5.056
Buen Estado	0.170	0.033	5.190
			5.442

Índice de consistencia (IC)

IC	0.111
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.099
----	-------

PARÁMETROS DE FRAGILIDAD ECONÓMICA

Tabla N° 1: Descriptores del parámetros de la Fragilidad Económica

Parámetro		PARÁMETROS DE FRAGILIDAD ECONÓMICA	Peso Ponderado	
Descriptores	FE-01	Material para la edificación de los muros de la casa	P1	0.633
	FE-02	Material de edificación utilizado en el techo de la casa	P2	0.260
	FE-03	Estado de conservación de la casa	P3	0.106

1.00

Tabla N° 02: Matriz de comp. de pares

PARÁMETROS DE FRAGILIDAD ECONÓMICA	Material para la edificación de los muros de la casa	Material de edificación utilizado en el techo de la casa	Estado de conservación de la casa
Material para la edificación de los muros de la casa	1.00	3.00	5.00
Material de edificación utilizado en el techo de la casa	0.33	1.00	3.00
Estado de conservación de la casa	0.20	0.33	1.00
Suma	1.533	4.333	9.000

Tabla N° 3. Matriz de norm.

PARÁMETROS DE FRAGILIDAD ECONÓMICA	Material para la edificación de los muros de la casa	Material de edificación utilizado en el techo de la casa	Estado de conservación de la casa	Vector Priorización
Material para la edificación de los muros de la casa	0.65	0.692	0.556	0.633
Material de edificación utilizado en el techo de la casa	0.22	0.231	0.333	0.260
Estado de conservación de la casa	0.13	0.077	0.111	0.106

1.000

λ_{max}

PARÁMETROS DE FRAGILIDAD ECONÓMICA	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
Material para la edificación de los muros de la casa	1.946	0.633	3.072
Material de edificación utilizado en el techo de la casa	0.790	0.260	3.033
Estado de conservación de la casa	0.320	0.106	3.011
			3.039

Índice de consistencia (IC)

IC	0.019
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.037
----	-------

Protección de la casa

Tabla N° 1: Descriptores del parámetro: Protección de la casa

Parámetro		Protección de la casa	Peso Ponderado:	
Descriptores	PV-1	Ninguna	P1	0.400
	PV-2	Vegetación ribereña	P2	0.307
	PV-3	Sacos de arena	P3	0.173
	PV-4	Drenajes	P4	0.086
	PV-5	Muros de contención	P5	0.034

Tabla N° 02: Matriz de comp. de pares

Protección de la casa	Ninguna	Vegetación ribereña	Sacos de arena	Drenajes	Muros de contención
Ninguna	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
Vegetación ribereña	0.50	1.00	3.00	5.00	8.00
Sacos de arena	0.33	0.33	1.00	4.00	6.00
Drenajes	0.20	0.20	0.25	1.00	5.00
Muros de contención	0.14	0.13	0.17	0.20	1.00
Suma	2.176	3.658	7.417	15.200	27.000

Tabla N° 3. Matriz de norm.

Protección de la casa	Ninguna	Vegetación ribereña	Sacos de arena	Drenajes	Muros de contención	Vector Priorización
Ninguna	0.46	0.547	0.404	0.329	0.259	0.400
Vegetación ribereña	0.23	0.273	0.404	0.329	0.296	0.307
Sacos de arena	0.15	0.091	0.135	0.263	0.222	0.173
Drenajes	0.09	0.055	0.034	0.066	0.185	0.086
Muros de contención	0.07	0.034	0.022	0.013	0.037	0.034
						1.000

λmax

Protección de la casa	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ max
Ninguna	2.204	0.400	5.514
Vegetación ribereña	1.732	0.307	5.651
Sacos de arena	0.960	0.173	5.554
Drenajes	0.443	0.086	5.139
Muros de contención	0.176	0.034	5.102
			5.392

Índice de consistencia (IC)

IC	0.098
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.088
----	-------

Condición laboral del jefe de hogar

Tabla N° 1: Descriptores del parámetro: Condiciones de trabajo del líder de hogar

Parámetro		Condición laboral del jefe de hogar	Peso Ponderado	
Descriptores	CTL-1	Trabajador familiar no remunerado	P1	0.515
	CTL-2	Obrero/ peon	P2	0.240
	CTL-3	Agricultor	P3	0.149
	CTL-4	Empledo/Trabajador independiente	P4	0.064
	CTL-5	Empleador	P5	0.033

Tabla N° 02: Matriz de comp. de pares

Condición laboral del jefe de hogar	Trabajador familiar no remunerado	Obrero/ peon	Agricultor	Empledo/Trabajador independiente	Empleador
Trabajador familiar no remunerado	1.00	4.00	5.00	7.00	9.00
Obrero/ peon	0.25	1.00	3.00	5.00	7.00
Agricultor	0.20	0.33	1.00	4.00	6.00
Empledo/Trabajador independiente	0.14	0.20	0.25	1.00	3.00
Empleador	0.11	0.14	0.17	0.33	1.00
Suma	1.704	5.676	9.417	17.333	26.000

Tabla N° 3. Matriz de norm.

Condición laboral del jefe de hogar	Trabajador familiar no remunerado	Obrero/ peon	Agricultor	Empledo/Trabajador independiente	Empleador	Vector Priorización
Trabajador familiar no remunerado	0.59	0.705	0.531	0.404	0.346	0.515
Obrero/ peon	0.15	0.176	0.319	0.288	0.269	0.240
Agricultor	0.12	0.059	0.106	0.231	0.231	0.149
Empledo/Trabajador independiente	0.08	0.035	0.027	0.058	0.115	0.064
Empleador	0.07	0.025	0.018	0.019	0.038	0.033
						1.000

λ_{max}

Condición laboral del jefe de hogar	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
Trabajador familiar no remunerado	2.962	0.515	5.757
Obrero/ peon	1.366	0.240	5.694
Agricultor	0.785	0.149	5.280
Empledo/Trabajador independiente	0.322	0.064	5.050
Empleador	0.171	0.033	5.147
			5.385

Índice de consistencia (IC)

IC	0.096
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.086
----	-------

PARÁMETROS DE RESILIENCIA ECONÓMICA

Tabla N° 1: Descriptores del parámetros de la Resiliencia Económica

Parámetro		PARÁMETROS DE RESILIENCIA ECONÓMICA	Peso Ponderado:
Descriptores	RE-01	Protección de la casa	0.833
	RE-02	Condiciones de trabajo del líder de hogar	0.167

Tabla N° 02: Matriz de comp. de pares

PARÁMETROS DE RESILIENCIA ECONÓMICA	Protección de la casa	Condiciones de trabajo del líder de hogar
Protección de la casa	1.00	5.00
Condiciones de trabajo del líder de hogar	0.20	1.00
Suma	1.200	6.000

Tabla N° 3. Matriz de norm.

PARÁMETROS DE RESILIENCIA ECONÓMICA	Protección de la casa	Condiciones de trabajo del líder de hogar	Vector Priorización
Protección de la casa	0.83	0.833	0.833
Condiciones de trabajo del líder de hogar	0.17	0.167	0.167
λ_{max}			1.000
PARÁMETROS DE RESILIENCIA ECONÓMICA	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
Protección de la casa	1.667	0.833	2.000
Condiciones de trabajo del líder de hogar	0.333	0.167	2.000
			2.000

FACTORES DE LA VULNERABILIDAD ECONÓMICA

Tabla N° 1: Factores de la vulnerabilidad económica

Parámetro		FACTORES DE LA VULNERABILIDAD ECONÓMICA	Peso Ponderado
Descriptores	VE-1	Exposición económica	0.539
	VE-2	Fragilidad económica	0.297
	VE-3	Resiliencia económica	0.164

Tabla N° 02: Matriz de comp. de pares

FACTORES DE LA VULNERABILIDAD ECONÓMICA	Exposición económica	Fragilidad económica	Resiliencia económica
Exposición económica	1.00	2.00	3.00
Fragilidad económica	0.50	1.00	2.00
Resiliencia económica	0.33	0.50	1.00
Suma	1.833	3.500	6.000

Tabla N° 3. Matriz de norm.

FACTORES DE LA VULNERABILIDAD ECONÓMICA	Exposición económica	Fragilidad económica	Resiliencia económica	Vector Priorización
Exposición económica	0.55	0.571	0.500	0.539
Fragilidad económica	0.27	0.286	0.333	0.297
Resiliencia económica	0.18	0.143	0.167	0.164
				1.000

λ_{max}

FACTORES DE LA VULNERABILIDAD ECONÓMICA	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
Exposición económica	1.625	0.539	3.015
Fragilidad económica	0.894	0.297	3.008
Resiliencia económica	0.492	0.164	3.004
			3.009

Índice de consistencia (IC)

IC	0.005
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.009
----	-------

Proximidad de zonas agrícolas al área de peligro

Tabla N° 1: Descriptores del parámetro: Proximidad de zonas agrícolas al área de peligro

Parámetro		Proximidad de zonas agrícolas al área de peligro	Peso Ponderado	
Descriptores	PPZ-1	Muy cercana: 0m a 30m	P1	0.493
	PPZ-2	Cercana: > 30m - 50m	P2	0.259
	PPZ-3	Medianamente cerca: > 50m - 100m	P3	0.145
	PPZ-4	Alejada: > 100m - 200m	P4	0.066
	PPZ-5	Muy alejada: > 200m	P5	0.036

Tabla N° 02: Matriz de comp. de pares

Proximidad de zonas agrícolas al área de peligro	Muy cercana: 0m a 30m	Cercana: > 30m - 50m	Medianamente cerca: > 50m - 100m	Alejada: > 100m - 200m	Muy alejada: > 200m
Muy cercana: 0m a 30m	1.00	3.00	5.00	7.00	8.00
Cercana: > 30m - 50m	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Medianamente cerca: > 50m - 100m	0.20	0.33	1.00	4.00	5.00
Alejada: > 100m - 200m	0.14	0.20	0.25	1.00	3.00
Muy alejada: > 200m	0.13	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.801	4.676	9.450	17.333	24.000

Tabla N° 3. Matriz de norm.

Proximidad de zonas agrícolas al área de peligro	Muy cercana: 0m a 30m	Cercana: > 30m - 50m	Medianamente cerca: > 50m - 100m	Alejada: > 100m - 200m	Muy alejada: > 200m	Vector Priorización
Muy cercana: 0m a 30m	0.56	0.642	0.529	0.404	0.333	0.493
Cercana: > 30m - 50m	0.19	0.214	0.317	0.288	0.292	0.259
Medianamente cerca: > 50m - 100m	0.11	0.071	0.106	0.231	0.208	0.145
Alejada: > 100m - 200m	0.08	0.043	0.026	0.058	0.125	0.066
Muy alejada: > 200m	0.07	0.031	0.021	0.019	0.042	0.036
						1.000

λmax

Proximidad de zonas agrícolas al área de peligro	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ max
Muy cercana: 0m a 30m	2.753	0.493	5.588
Cercana: > 30m - 50m	1.446	0.259	5.576
Medianamente cerca: > 50m - 100m	0.777	0.145	5.345
Alejada: > 100m - 200m	0.334	0.066	5.043
Muy alejada: > 200m	0.186	0.036	5.115
			5.333

Índice de consistencia (IC)

IC	0.083
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.075
----	-------

Gestión y eliminación de desechos sólidos

Tabla N° 1: Descriptores del parámetro: Gestión y eliminación de desechos sólidos

Parámetro		Gestión y eliminación de desechos sólidos	Peso Ponderado:	
Descriptores	GRS-1	Sin recojo de residuos sólidos	P1	0.505
	GRS-2	Botadero en el cauce de la quebrada	P2	0.266
	GRS-3	Recojo con motofurgon (reciclador)	P3	0.128
	GRS-4	Recojo municipal (compactadora)	P4	0.066
	GRS-5	No genera (no botan)	P5	0.035

Tabla N° 02: Matriz de comp. de pares

Gestión y eliminación de desechos sólidos	Sin recojo de residuos sólidos	Botadero en el cauce de la quebrada	Recojo con motofurgon (reciclador)	Recojo municipal (compactadora)	No genera (no botan)
Sin recojo de residuos sólidos	1.00	4.00	5.00	7.00	8.00
Botadero en el cauce de la quebrada	0.25	1.00	4.00	5.00	8.00
Recojo con motofurgon (reciclador)	0.20	0.25	1.00	3.00	5.00
Recojo municipal (compactadora)	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
No genera (no botan)	0.13	0.13	0.20	0.33	1.00
Suma	1.718	5.575	10.533	16.333	25.000

Tabla N° 3. Matriz de norm.

Gestión y eliminación de desechos sólidos	Sin recojo de residuos sólidos	Botadero en el cauce de la quebrada	Recojo con motofurgon (reciclador)	Recojo municipal (compactadora)	No genera (no botan)	Vector Priorización
Sin recojo de residuos sólidos	0.58	0.717	0.475	0.429	0.320	0.505
Botadero en el cauce de la quebrada	0.15	0.179	0.380	0.306	0.320	0.266
Recojo con motofurgon (reciclador)	0.12	0.045	0.095	0.184	0.200	0.128
Recojo municipal (compactadora)	0.08	0.036	0.032	0.061	0.120	0.066
No genera (no botan)	0.07	0.022	0.019	0.020	0.040	0.035
						1.000

λ_{max}

Gestión y eliminación de desechos sólidos	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
Sin recojo de residuos sólidos	2.953	0.505	5.853
Botadero en el cauce de la quebrada	1.515	0.266	5.694
Recojo con motofurgon (reciclador)	0.669	0.128	5.229
Recojo municipal (compactadora)	0.339	0.066	5.108
No genera (no botan)	0.179	0.035	5.126
			5.402

Índice de consistencia (IC)

IC	0.100
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.090
----	-------

Entendimiento sobre reciclaje y reciclado

Tabla N° 1: Descriptores del parámetro: Entendimiento sobre reciclaje y reciclado

Parámetro		Entendimiento sobre reciclaje y reciclado	Peso Ponderado	
Descriptores	ERS-1	No conoce	P1	0.511
	ERS-2	Escaso conocimiento	P2	0.256
	ERS-3	Conoce, pero no aplica	P3	0.127
	ERS-4	Conoce y aplica	P4	0.073
	ERS-5	Aplica y difunde	P5	0.033

Tabla N° 02: Matriz de compa. de pares

Entendimiento sobre reciclaje y reciclado	No conoce	Escaso conocimiento	Conoce, pero no aplica	Conoce y aplica	Aplica y difunde
No conoce	1.00	4.00	5.00	7.00	9.00
Escaso conocimiento	0.25	1.00	4.00	5.00	7.00
Conoce, pero no aplica	0.20	0.25	1.00	3.00	5.00
Conoce y aplica	0.14	0.20	0.33	1.00	4.00
Aplica y difunde	0.11	0.14	0.20	0.25	1.00
Suma	1.704	5.593	10.533	16.250	26.000

Tabla N° 3. Matriz de norm.

Entendimiento sobre reciclaje y reciclado	No conoce	Escaso conocimiento	Conoce, pero no aplica	Conoce y aplica	Aplica y difunde	Vector Priorización
No conoce	0.59	0.715	0.475	0.431	0.346	0.511
Escaso conocimiento	0.15	0.179	0.380	0.308	0.269	0.256
Conoce, pero no aplica	0.12	0.045	0.095	0.185	0.192	0.127
Conoce y aplica	0.08	0.036	0.032	0.062	0.154	0.073
Aplica y difunde	0.07	0.026	0.019	0.015	0.038	0.033
						1.000

λ_{max}

Entendimiento sobre reciclaje y reciclado	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
No conoce	2.978	0.511	5.831
Escaso conocimiento	1.487	0.256	5.798
Conoce, pero no aplica	0.677	0.127	5.337
Conoce y aplica	0.371	0.073	5.056
Aplica y difunde	0.170	0.033	5.190
			5.442

Índice de consistencia (IC)

IC	0.111
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.099
----	-------

DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD

Tabla N° 1: Dimensiones de la vulnerabilidad

Parámetro		DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD	Peso Ponderado
Descriptores	DVE-1	DIMENSIÓN SOCIAL	0.557
	DVE-2	DIMENSIÓN ECONÓMICA	0.320
	DVE-3	DIMENSIÓN AMBIENTAL	0.123

Tabla N° 02: Matriz de comp. de pares

DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD	DIMENSIÓN SOCIAL	DIMENSIÓN ECONÓMICA	DIMENSIÓN AMBIENTAL
DIMENSIÓN SOCIAL	1.00	2.00	4.00
DIMENSIÓN ECONÓMICA	0.50	1.00	3.00
DIMENSIÓN AMBIENTAL	0.25	0.33	1.00
Suma	1.750	3.333	8.000

Tabla N° 3. Matriz de norm.

DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD	DIMENSIÓN SOCIAL	DIMENSIÓN ECONÓMICA	DIMENSIÓN AMBIENTAL	Vector Priorización
DIMENSIÓN SOCIAL	0.57	0.600	0.500	0.557
DIMENSIÓN ECONÓMICA	0.29	0.300	0.375	0.320
DIMENSIÓN AMBIENTAL	0.14	0.100	0.125	0.123
				1.000

λ_{max}

DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD	Vector Suma Ponderada	Vector Priorización	λ_{max}
DIMENSIÓN SOCIAL	1.688	0.557	3.030
DIMENSIÓN ECONÓMICA	0.967	0.320	3.019
DIMENSIÓN AMBIENTAL	0.369	0.123	3.006
			3.018

Índice de consistencia (IC)

IC	0.009
----	-------

Relación de Consistencia (RC)

RC	0.02
----	------

DOCUMENTOS DE JUSTIFICACIÓN

Figura 74

Declaración en estado de emergencia del lugar de estudio- 2003

 Estado Situacional de la Emergencia				
EMERGENCIA INUNDACION EN HUAYAO, DIST. TAMBO, PROV. LA MAR, DPTO. AYACUCHO (00000826)				
Grupo Fenómeno		METEOROLOGICOS, OCEANOGRAFICOS	Fecha	13/02/2003 8:00:00
Fenómeno		PRECIPITACIONES - LLUVIA	Fuente	PRESIDENTE DEL COMITE PROVINCIAL DE DEFENSA CIVIL DE LA MAR
Latitud y Longitud	-12,9350082938661	Longitud	-73,9851377173146	Usuario COE6
INFORME PRELIMINAR				
Hechos	A CONSECUENCIA DE LAS INTENSAS PRECIPITACIONES PLUVIALES SE PRODUCE EL DESBORDE DEL RIO OCASIONANDO LA INUNDACION DE VIVIENDAS.			
Daños	06 VIVIENDAS AFECTADAS 30 PERSONAS AFECTADAS			
Acciones	EL COMITE PROVINCIAL DE DEFENSA CIVIL DE LA MAR REALIZA LA EVALUACION DE DAÑOS Y LA ATENCION A LA FAMILIA AFECTADA.			
ZONAS AFECTADAS				
Región	Provincia	Distrito	Localidad	
AYACUCHO	LA MAR	TAMBO	HUAYAO	
EVALUACION DE DAÑOS GENERAL Mas Detalle				
Grpo.Daño	Daño	Cantidad	Und.Med.	
VIDA Y SALUD (PERSONAS)	AFECTADOS	25.00	PERSONAS	
VIVIENDAS Y LOCALES PUBLICOS	VIVIENDAS AFECTADAS	5.00	UNIDAD	
ACCIONES REALIZADAS				
Dpto.	Prov.	Dist.	Localidad	
AYACUCHO	LA MAR	TAMBO	HUAYAO	
13/02/2003 - 18:00:00 : EL COMITE PROVINCIAL DE DEFENSA CIVIL DE LA MAR, REALIZA LA EVALUACION DE DAÑOS Y LA ENTREGA DE APOYO LOGISTICO A LA FAMILIA AFECTADA. LA EMERGENCIA FUE ATENDIDA.				
REQUERIMIENTO DE ATENCIÓN				
Item N°	Artículo / Bien	Cantidad	Und.Med	

Figura 75

Declaración en estado de emergencia del lugar de estudio- 2022



REPORTE SINPAD

EVALUACIÓN NRO.	1	
CÓDIGO SINPAD	149135	
TIPO DE PELIGRO	LLUVIAS INTENSAS	
HECHOS	POR PRESENCIA DE LLUVIAS INTENSAS SE REGISTRO VARIOS DAÑOS Y COLAPSO DE VIVIENDAS, EL MAS AFECTADO EN EL CENTRO POBLADO DE QARHUAPAMPA DEL DISTRITO DE TAMBO LA MAR.	
UBICACIÓN	AYACUCHO / LA MAR / TAMBO	

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1 Zona Afectada:
Departamento / Provincia / Distrito / Localidad

AYACUCHO / LA MAR / TAMBO / HUAYAO
AYACUCHO / LA MAR / TAMBO / QARHUAPAMPA
AYACUCHO / LA MAR / TAMBO / OSNO ALTA
AYACUCHO / LA MAR / TAMBO / PAMPA HERMOSA

1.2 Condiciones climáticas de la zona afectada para la asistencia en el momento del reporte

ZONA DE INTENSAS LLUVIAS CON CLIMA FRIJO QUE AFECTA A LA POBLACION DEL DISTRITO DE TAMBO LA MAR.
--

1.3 Ruta de acceso sugerida para llegar a la zona afectada

Via de transporte <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>CARRETERA</td></tr> </table> Tipo de vehículo <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>CAMIONETA</td></tr> </table> Lugar de partida <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>TAMBO</td></tr> </table>	CARRETERA	CAMIONETA	TAMBO	Tiempo estimado de llegada <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>50 MINUTOS</td></tr> </table> Ruta principal <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>TAMBO - ACCO - POLANCO</td></tr> </table> Ruta alterna <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>TAMBO - HUAYAO - CHACCO</td></tr> </table>	50 MINUTOS	TAMBO - ACCO - POLANCO	TAMBO - HUAYAO - CHACCO
CARRETERA							
CAMIONETA							
TAMBO							
50 MINUTOS							
TAMBO - ACCO - POLANCO							
TAMBO - HUAYAO - CHACCO							

2.0 DAÑOS A LA VIDA Y A LA SALUD DE LA PERSONA

2.1 Población (damnificada y afectada) con respecto al daño en las viviendas

Número de Familias				Número de Personas		
Localidad	Afecta.	Damnifica.	Total	Afecta.	Damnifica.	Total
AYACUCHO / LA MAR / TAMBO / PAMPA HERMOSA	0	1	1	0	3	3
AYACUCHO / LA MAR / TAMBO / OSNO ALTA	1	1	2	3	2	5
AYACUCHO / LA MAR / TAMBO / QARHUAPAMPA	0	1	1	0	7	7
-	0	0	0	0	0	0
AYACUCHO / LA MAR / TAMBO / HUAYAO	3	0	3	6	0	6
Total de daños por vivienda:	4	3	7	9	12	21
Total de daños por Medios de Vida:	0	-	0	0	-	0
Total General:	4	3	7	9	12	21

2.2 Grupos Etarios y Condición

Condición	Menor de 1 año		1 a 4 años		5 a 9 años		10 a 14 años		15 a 17 años		18 a 49 años		50 a 59 años		Mayor de 60 años		Gestantes
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	F
DAMNI	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	3	2	1	1	0	1	0
AFECTA	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	2	0	1	1	2	0

3.0 DAÑOS MATERIALES

3.1 A las viviendas (En base al tipo de material predominante en las paredes de la vivienda)

Tipo	Destruída	Inhabitable	Afectada
ADOBE O TAPIAL	3	0	4

Figura 76

Declaración en estado de emergencia del lugar de estudio- 2023



REPORTE SINPAD

EVALUACIÓN NRO.	1
CÓDIGO SINPAD	161955
TIPO DE PELIGRO	LLUVIAS INTENSAS
HECHOS	LLUVIAS INTENSAS PROVOCO EL DETERIORO DEL PUENTE CHOCSETACCA CERCA AL CENTRO POBLADO DE HUAYAO.
UBICACIÓN	AYACUCHO / LA MAR / TAMBO

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1 Zona Afectada:

Departamento / Provincia / Distrito / Localidad

1.2 Condiciones climáticas de la zona afectada para la asistencia en el momento del reporte

NUBLADO CON PRESENCIA DE NUBES Y LLUVIA EN LAS TARDES

1.3 Ruta de acceso sugerida para llegar a la zona afectada

Vía de transporte

TROCHA CARROZABLE

Tipo de vehículo

Tiempo estimado de llegada

40 MINUTOS

Ruta principal

TAMBO-QECCRA-HUAYAO

Lugar de partida

Ruta alterna

PLAZA PRINCIPAL DE TAMBO

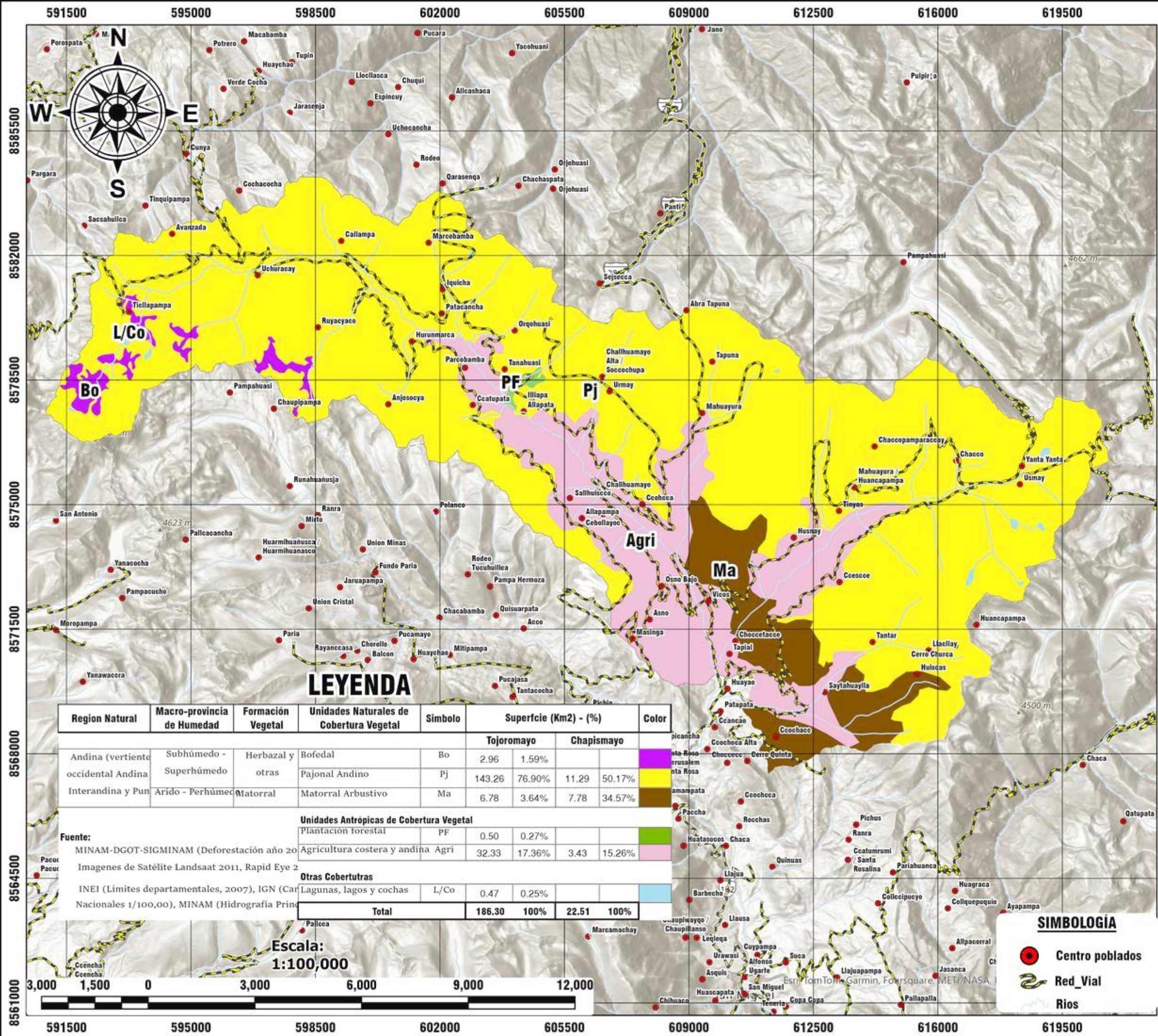
TAMBO-OSNO-HUAYAO

2.0 DAÑOS A LA VIDA Y A LA SALUD DE LA PERSONA

2.1 Población (damnificada y afectada) con respecto al daño en las viviendas

Número de Familias				Número de Personas		
Localidad	Afecta.	Damnifica.	Total	Afecta.	Damnifica.	Total
-	0	0	0	0	0	0
Total de daños por vivienda:	0	0	0	0	0	0
Total de daños por Medios de Vida:	0	-	0	0	-	0
Total General:	0	0	0	0	0	0

CURVA NÚMERO (CN) DE LAS CUENCAS



Region Natural	Macro-provincia de Humedad	Formación Vegetal	Unidades Naturales de Cobertura Vegetal	Símbolo	Superficie (Km2) - (%)				Color
					Tojoromayo		Chapismayo		
Andina (vertiente occidental Andina)	Subhúmedo - Superhúmedo	Herbazal y otras	Bofedal	Bo	2.96	1.59%			
			Pajonal Andino	Pj	143.26	76.90%	11.29	50.17%	
Interandina y Puna	Arido - Perhúmedo	Matorral	Matorral Arbustivo	Ma	6.78	3.64%	7.78	34.57%	
Unidades Antropicas de Cobertura Vegetal									
Plantación forestal				PF	0.50	0.27%			
Agricultura costera y andina				Agri	32.33	17.36%	3.43	15.26%	
Otras Coberturas									
Lagunas, lagos y cochas				L/Co	0.47	0.25%			
Total					186.30	100%	22.51	100%	

Fuente:
MINAM-DGOT-SIGMINAM (Deforestación año 2011, Rapid Eye 2)
Imágenes de Satélite Landsat 2011, Rapid Eye 2
INEI (Límites departamentales, 2007), IGN (Cartas Nacionales 1/100,000), MINAM (Hidrografía Principal)





UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

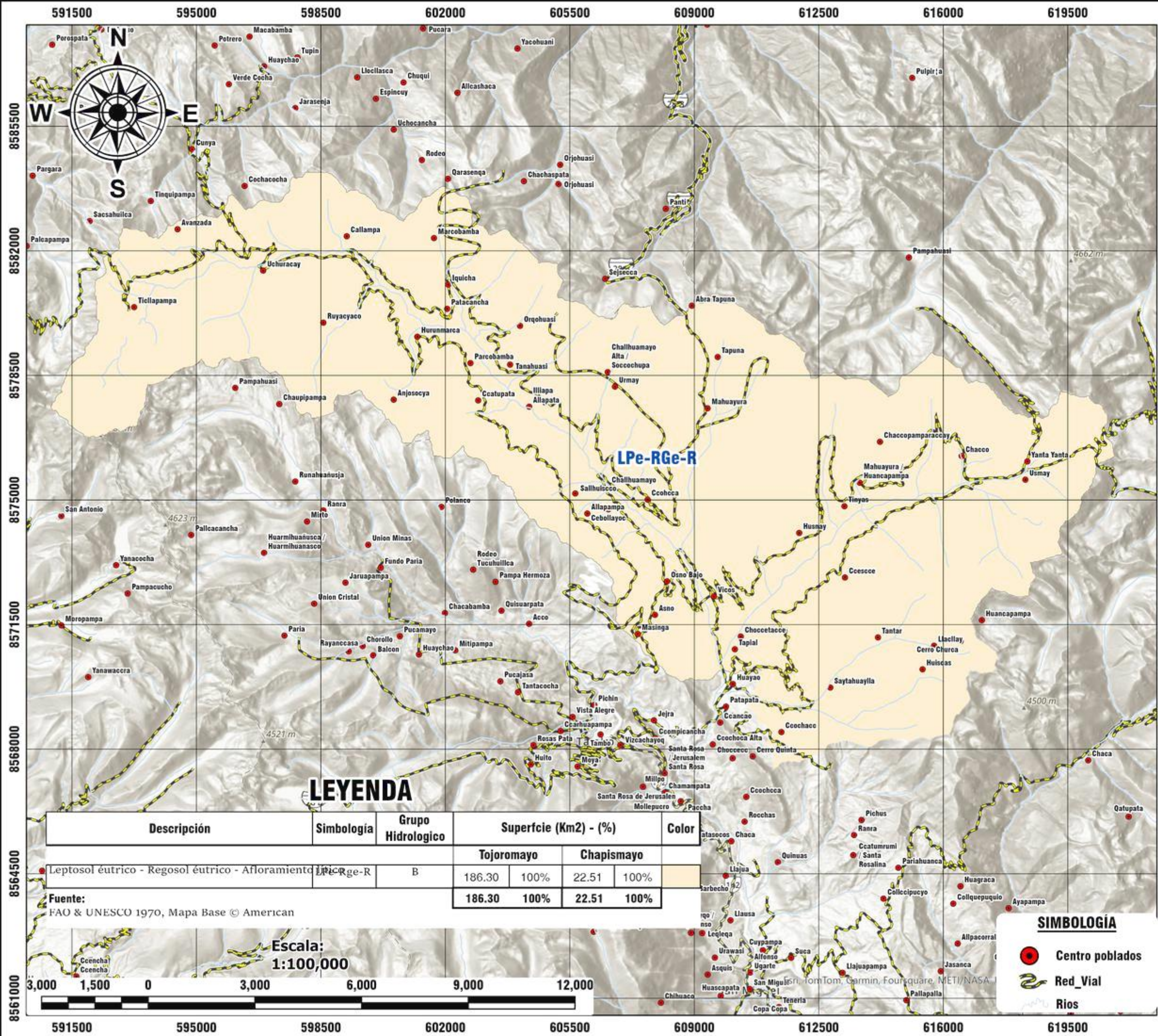
Mapa: COBERTURA VEGETAL DE LA CUENCA

Elaboración: YOSER CRUZ QUISPE

Fecha: AGOSTO - 2024

Escala: INDICADA

Mapa N°: C-01



Descripción

Simbología

Grupo Hidrológico

Superficie (Km2) - (%)

Color

Tojoromayo

Chapismayo

186.30

100%

186.30

100%

22.51

100%

22.51

100%

Fuente:
FAO & UNESCO 1970, Mapa Base © American

Escala:
1:100,000

SIMBOLOGÍA

- Centro poblados
- Red_Vial
- Rios



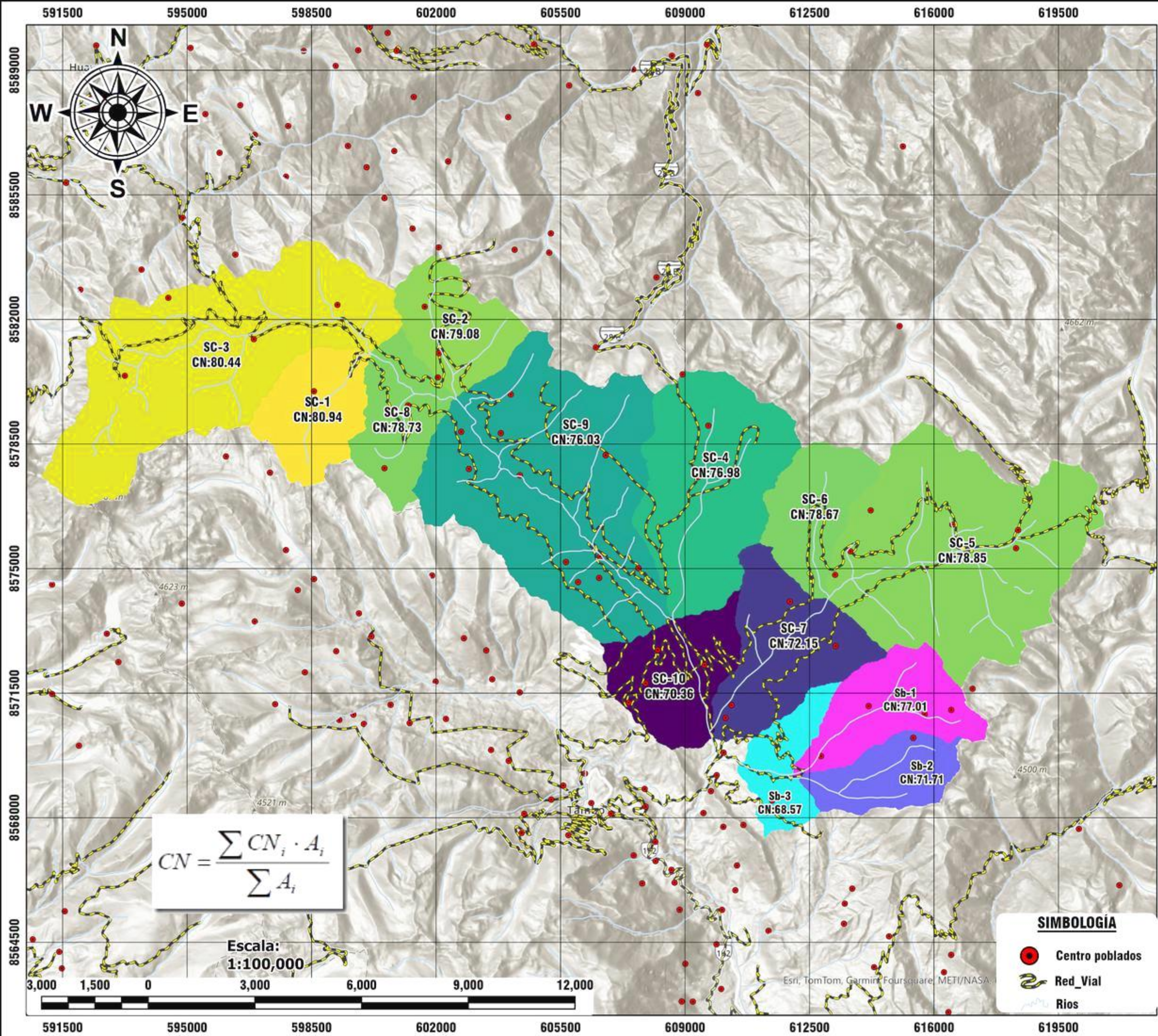
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

Mapa: **TAXONOMIA DE SUELOS DE LA CUENCA**

Elaboración: **YOSER CRUZ QUISPE**

Fecha: **AGOSTO - 2024** Escala: **INDICADA**

Mapa N°: **C-02**



- SIMBOLOGÍA**
- Centro poblados
 - ~ Red_Vial
 - ~ Rios

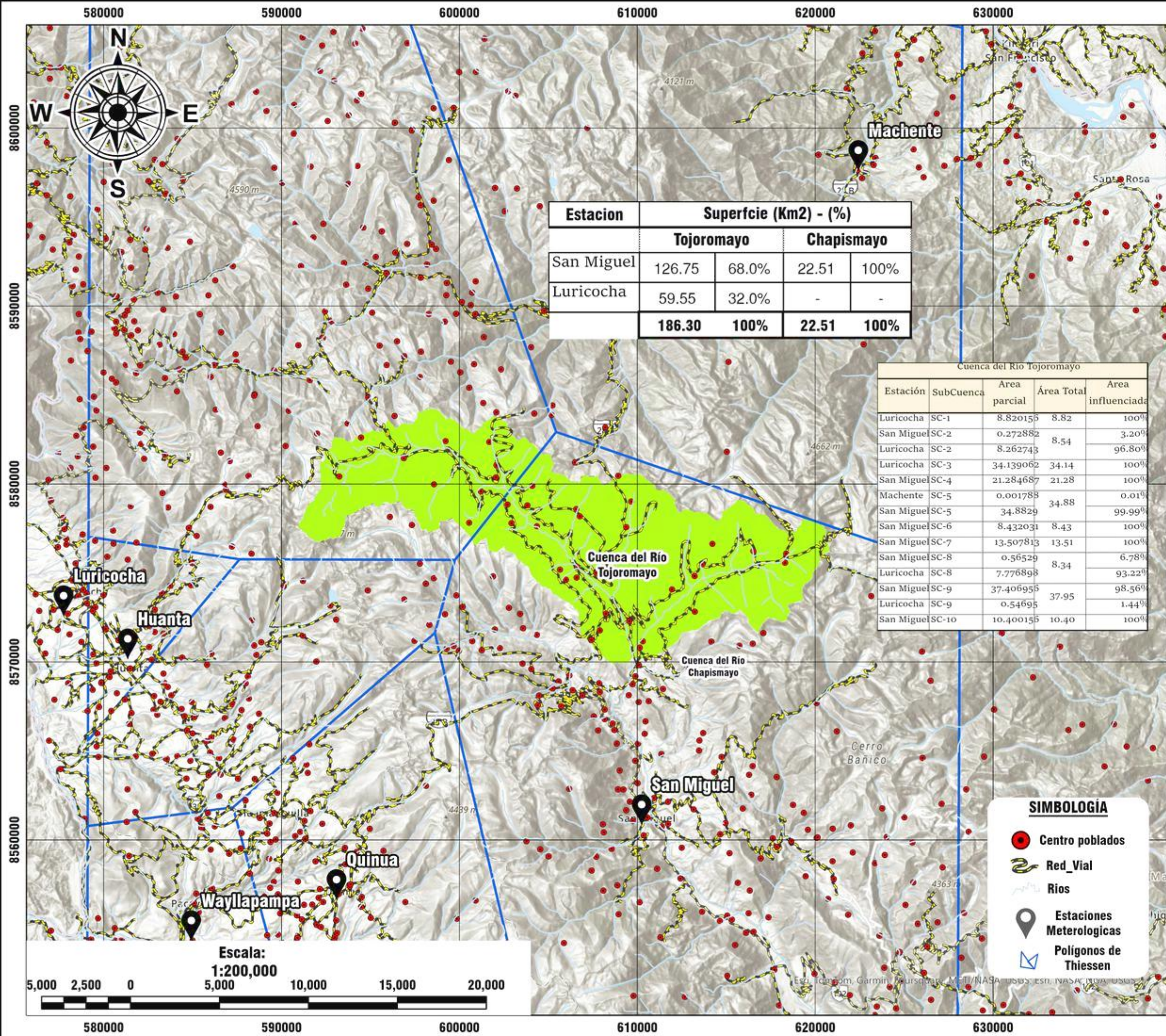
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

Mapa: **CURVA NÚMERO DE LA CUENCA**

Elaboración: **YOSER CRUZ QUISPE**

Fecha: **AGOSTO - 2024** Escala: **INDICADA**

Mapa N°: **C-03**



Estacion	Superficie (Km2) - (%)			
	Tojoromayo		Chapismayo	
San Miguel	126.75	68.0%	22.51	100%
Luricocha	59.55	32.0%	-	-
	186.30	100%	22.51	100%

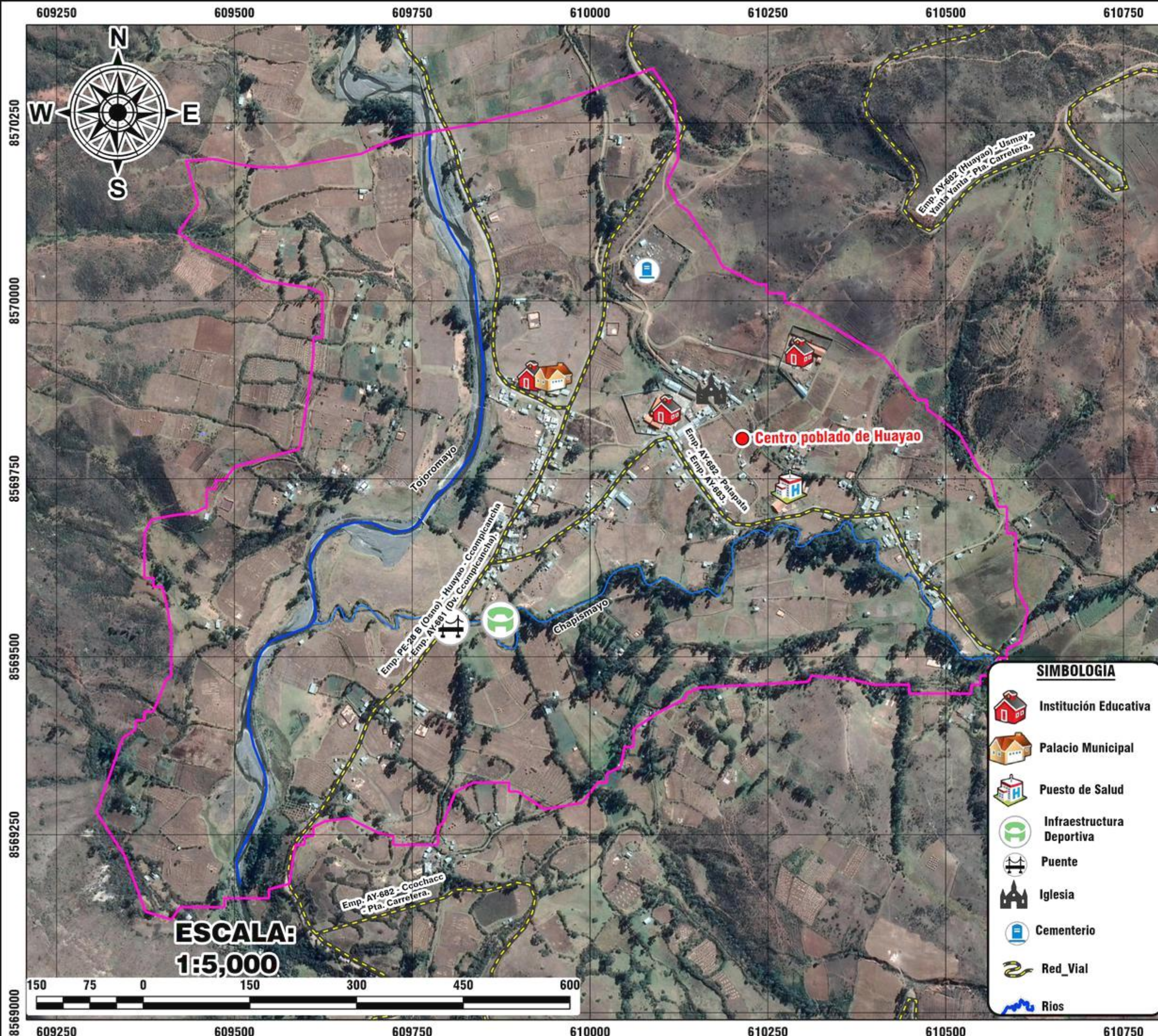
Cuenca del Río Tojoromayo				
Estación	SubCuenca	Area parcial	Área Total	Area influenciada
Luricocha	SC-1	8.820155	8.54	100%
San Miguel	SC-2	0.272882		3.20%
Luricocha	SC-2	8.262743	34.14	96.80%
Luricocha	SC-3	34.139062		100%
San Miguel	SC-4	21.284687	21.28	100%
Machente	SC-5	0.001788		0.01%
San Miguel	SC-5	34.8829	34.88	99.99%
San Miguel	SC-6	8.432031		100%
San Miguel	SC-7	13.507813	13.51	100%
San Miguel	SC-8	0.56529		6.78%
Luricocha	SC-8	7.776898	8.34	93.22%
San Miguel	SC-9	37.406955		98.56%
Luricocha	SC-9	0.54695	37.95	1.44%
San Miguel	SC-10	10.400155		100%

SIMBOLOGÍA

- Centro poblados
- Red_Vial
- Ríos
- Estaciones Meteorológicas
- Polígonos de Thiessen



MAPAS



SIMBOLOGIA

- Institución Educativa
- Palacio Municipal
- Puesto de Salud
- Infraestructura Deportiva
- Puente
- Iglesia
- Cementerio
- Red_Vial
- Rios

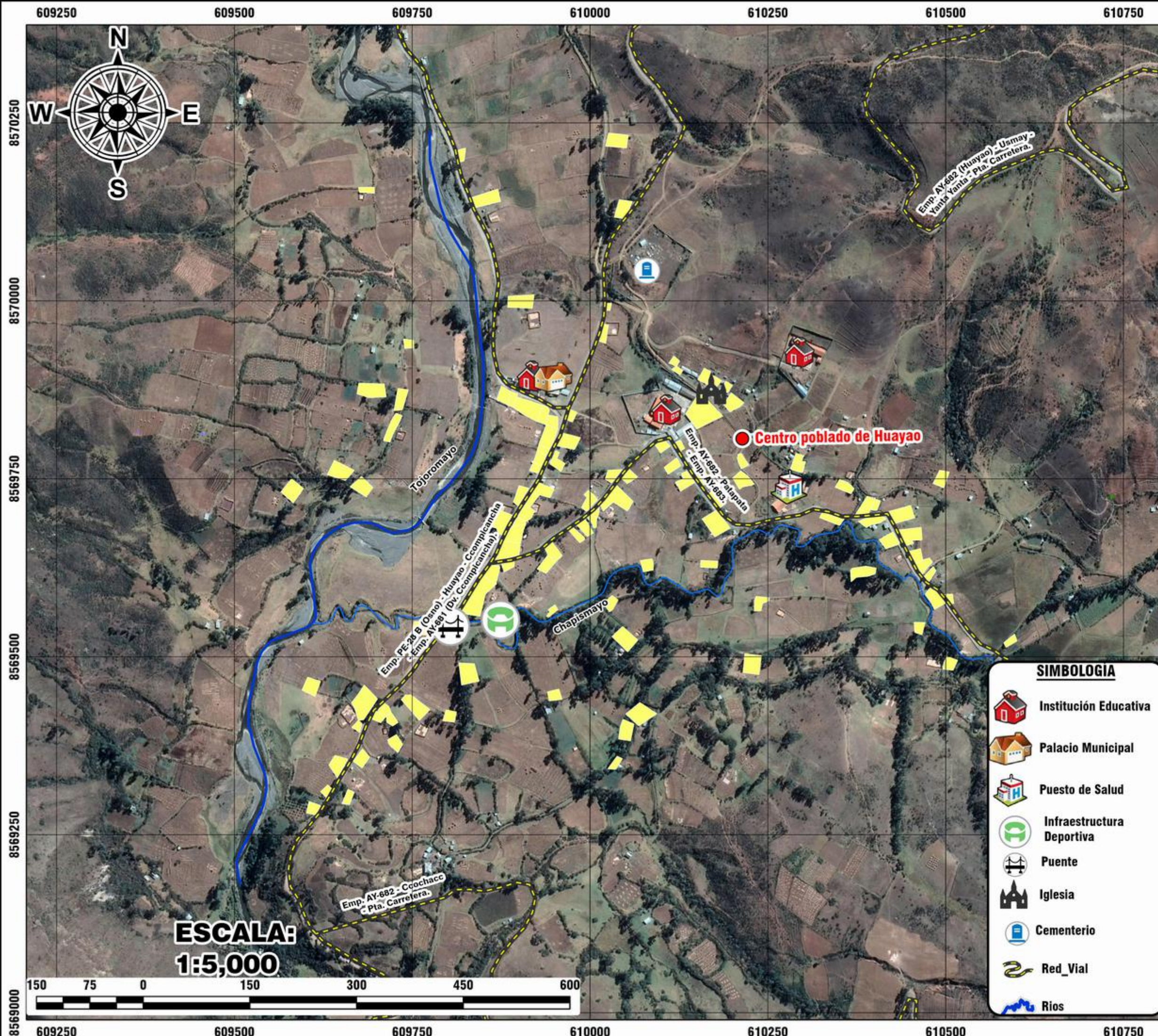
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

Mapa: **UBICACIÓN**

Elaboración: **YOSER CRUZ QUISPE**

Fecha: **AGOSTO - 2024** Escala: **INDICADA**

Mapa N°: **01**



ESCALA:
1:5,000

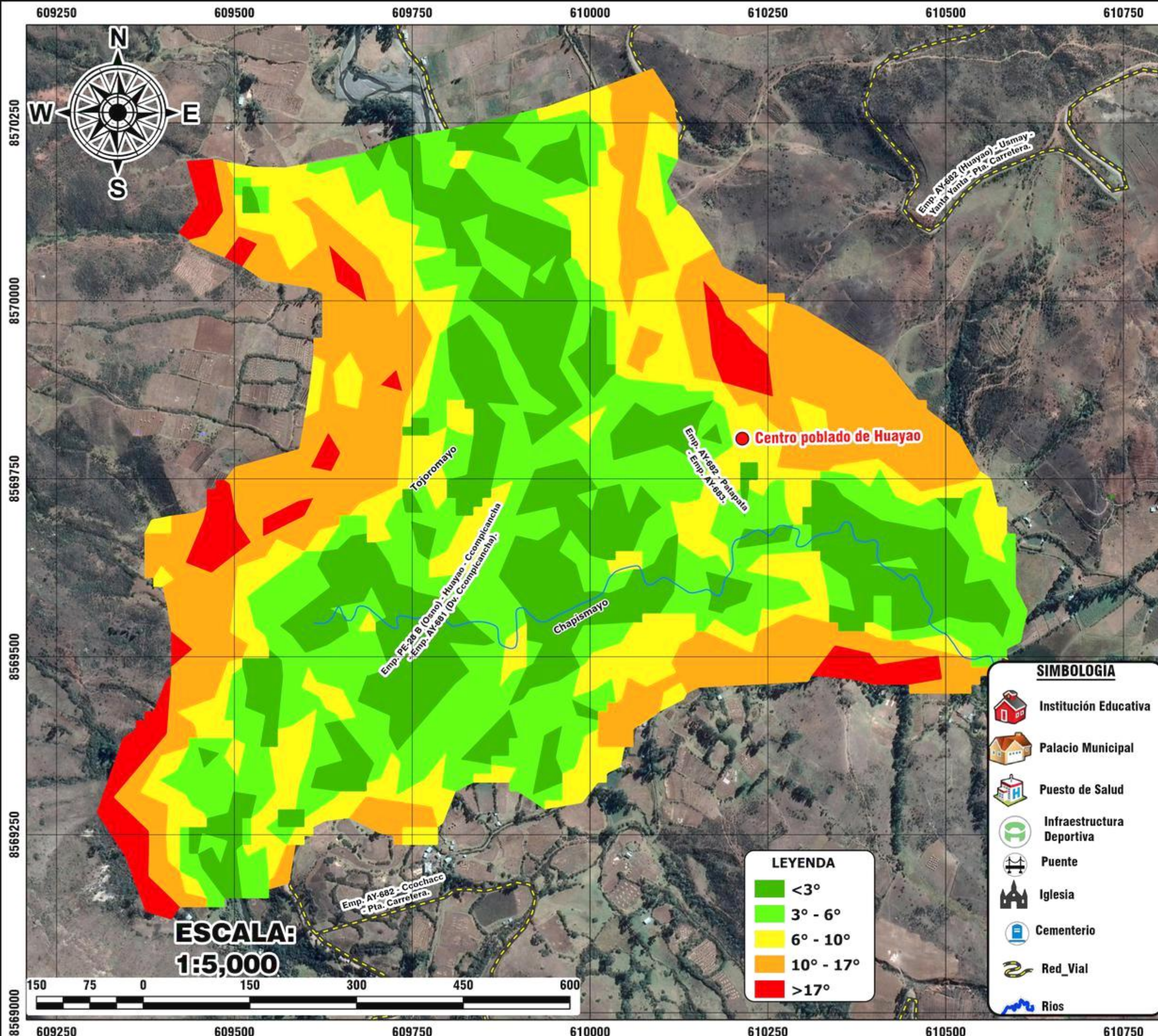
SIMBOLOGIA

- Institución Educativa
- Palacio Municipal
- Puesto de Salud
- Infraestructura Deportiva
- Puente
- Iglesia
- Cementerio
- Red_Vial
- Rios



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

Mapa: ELEMENTOS EXPUESTOS	
Elaboración: YOSER CRUZ QUISPE	Mapa N°: 02
Fecha: AGOSTO - 2024	Escala: INDICADA



SIMBOLOGIA

- Institución Educativa
- Palacio Municipal
- Puesto de Salud
- Infraestructura Deportiva
- Puente
- Iglesia
- Cementerio
- Red_Vial
- Rios

LEYENDA

- <3°
- 3° - 6°
- 6° - 10°
- 10° - 17°
- >17°

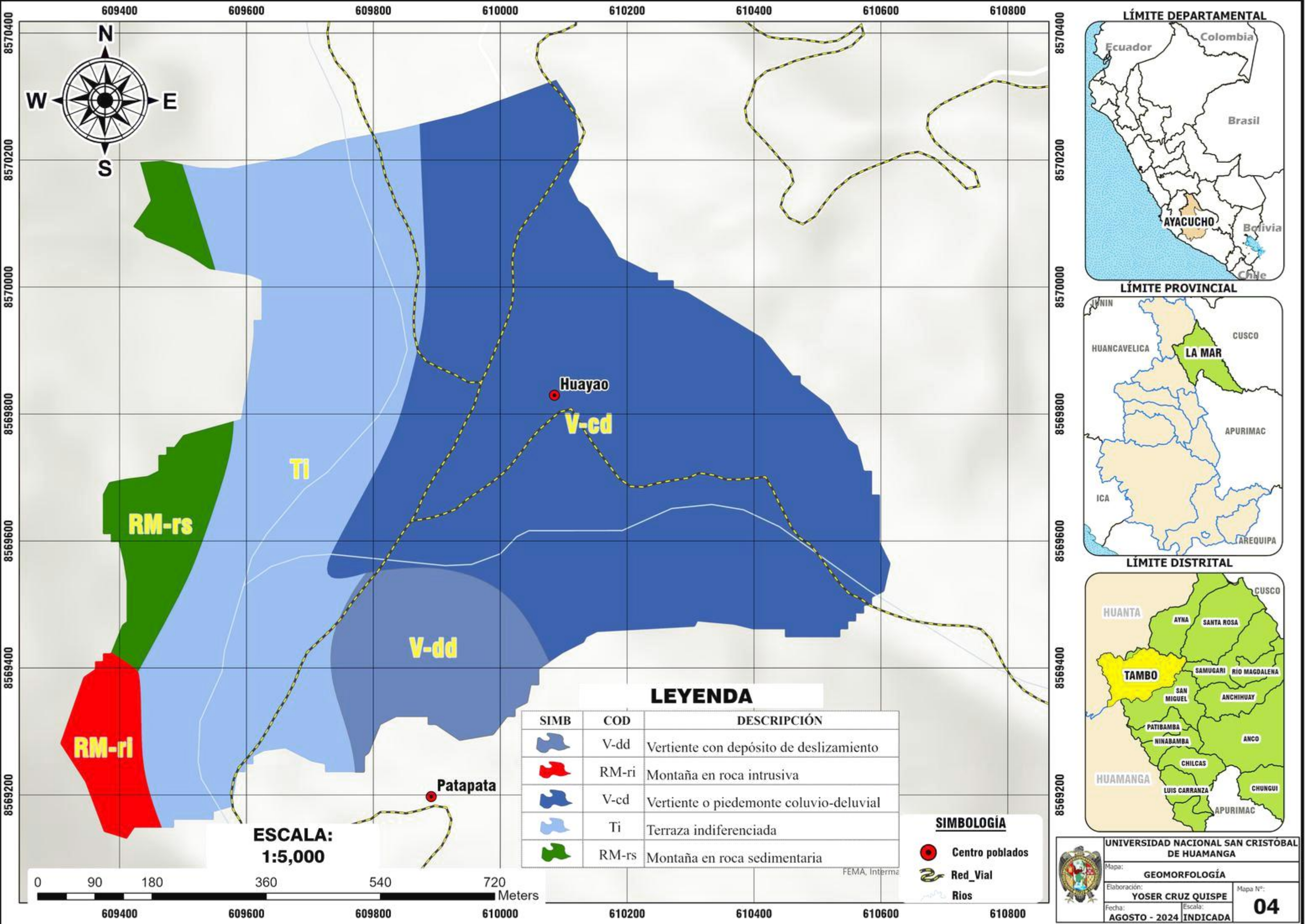
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

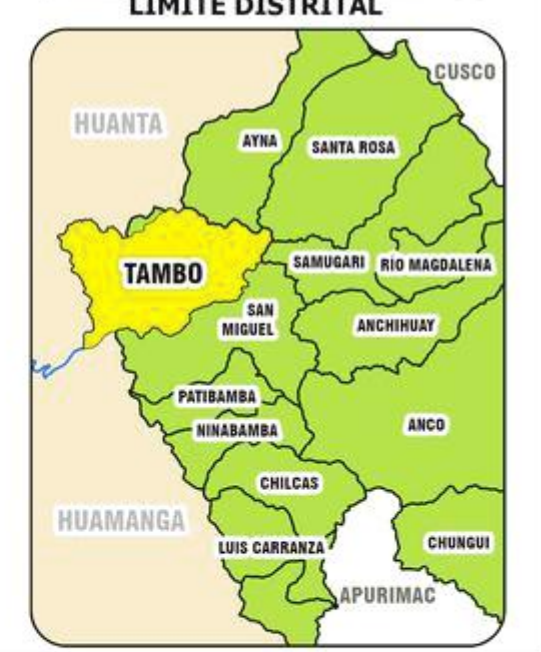
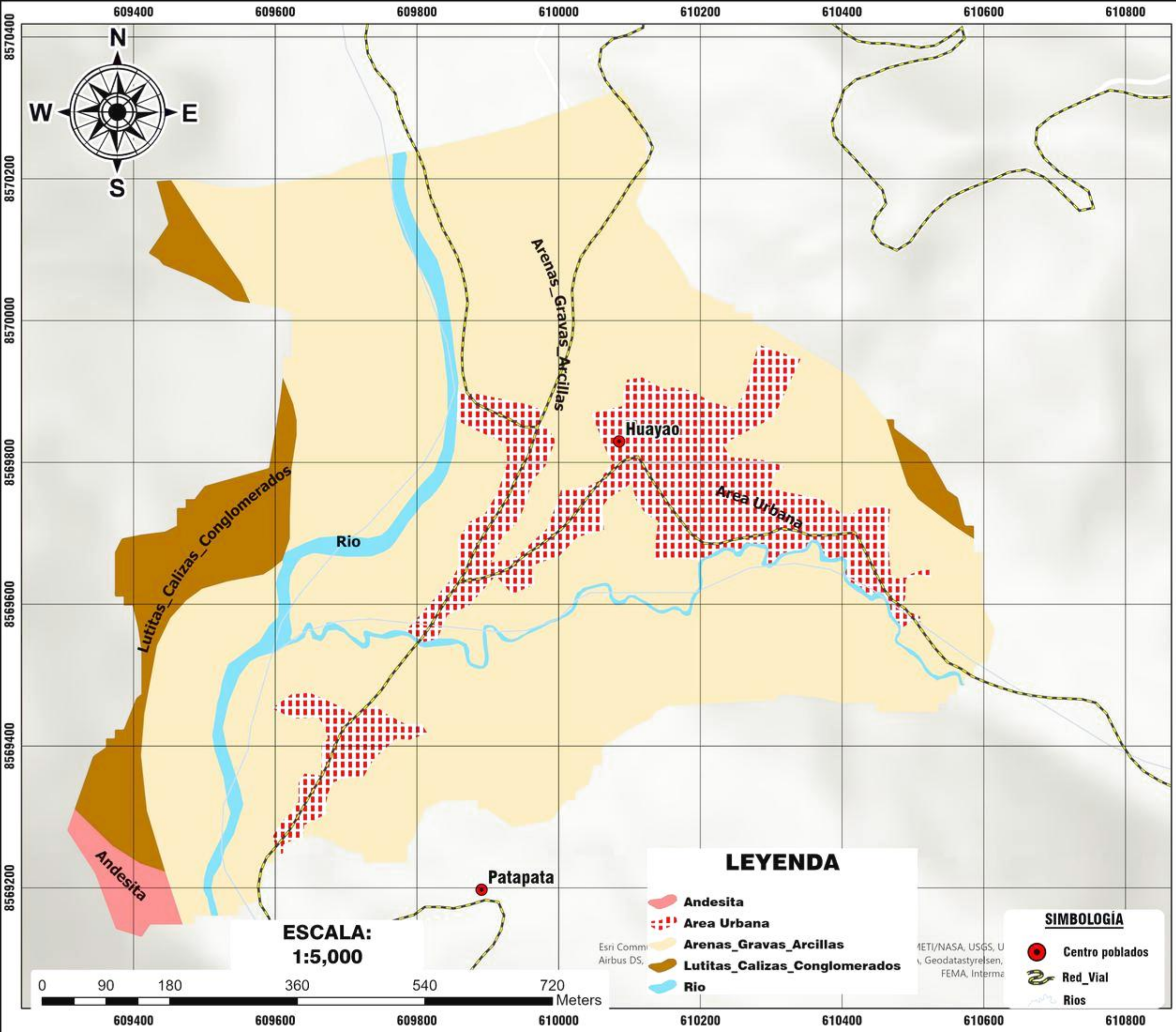
Mapa: **PENDIENTES**

Elaboración: **YOSER CRUZ QUISPE**

Fecha: **AGOSTO - 2024** Escala: **INDICADA**

Mapa N°: **03**





LEYENDA

- Andesita
- Area Urbana
- Arenas_Gravas_Arcillas
- Lutitas_Calizas_Conglomerados
- Rio

SIMBOLOGÍA

- Centro poblados
- Red_Vial
- Rios

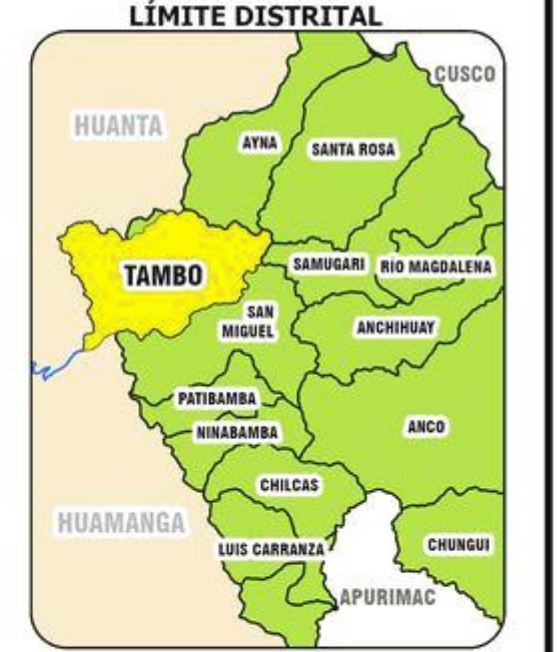
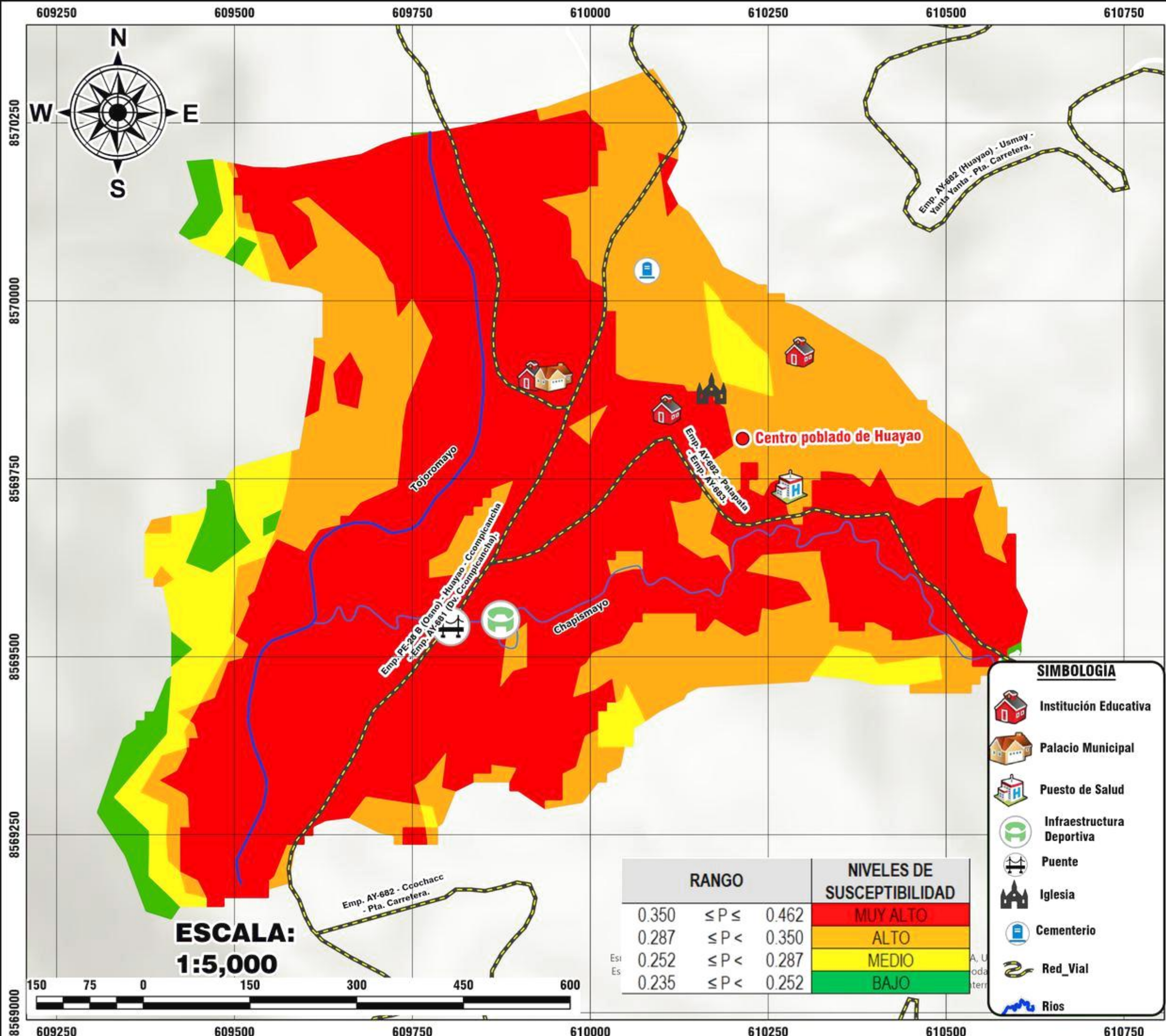
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

Mapa: **GEOLOGÍA**

Elaboración: **YOSER CRUZ QUISPE**

Fecha: **AGOSTO - 2024** Escala: **INDICADA**

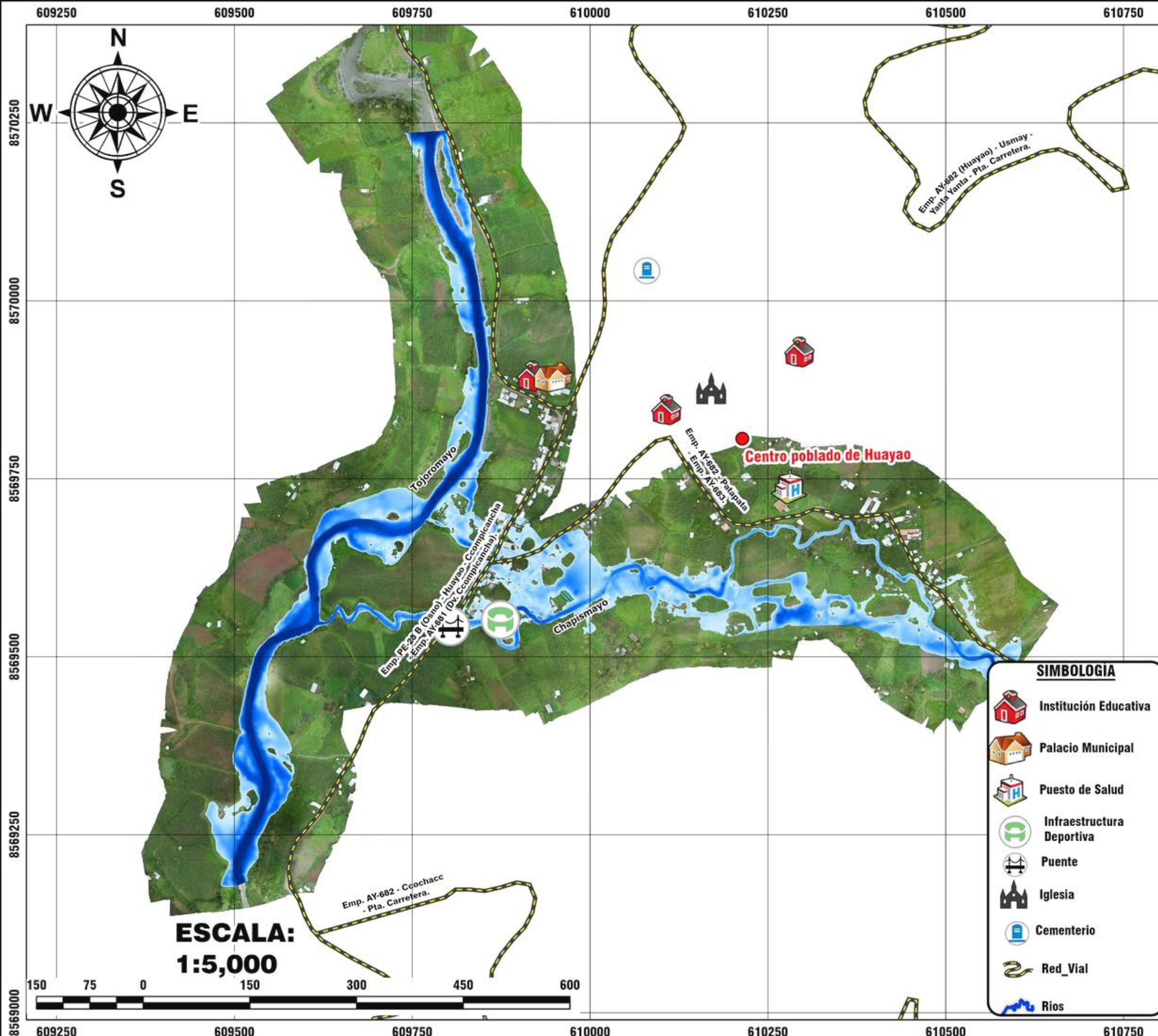
Mapa N°: **05**



SIMBOLOGIA

- Institución Educativa
- Palacio Municipal
- Puesto de Salud
- Infraestructura Deportiva
- Puente
- Iglesia
- Cementerio
- Red_Vial
- Rios

RANGO			NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD
0.350	≤ P ≤	0.462	MUY ALTO
0.287	≤ P <	0.350	ALTO
0.252	≤ P <	0.287	MEDIO
0.235	≤ P <	0.252	BAJO



SIMBOLOGIA

- Institución Educativa
- Palacio Municipal
- Puesto de Salud
- Infraestructura Deportiva
- Puente
- Iglesia
- Cementerio
- Red_Vial
- Rios

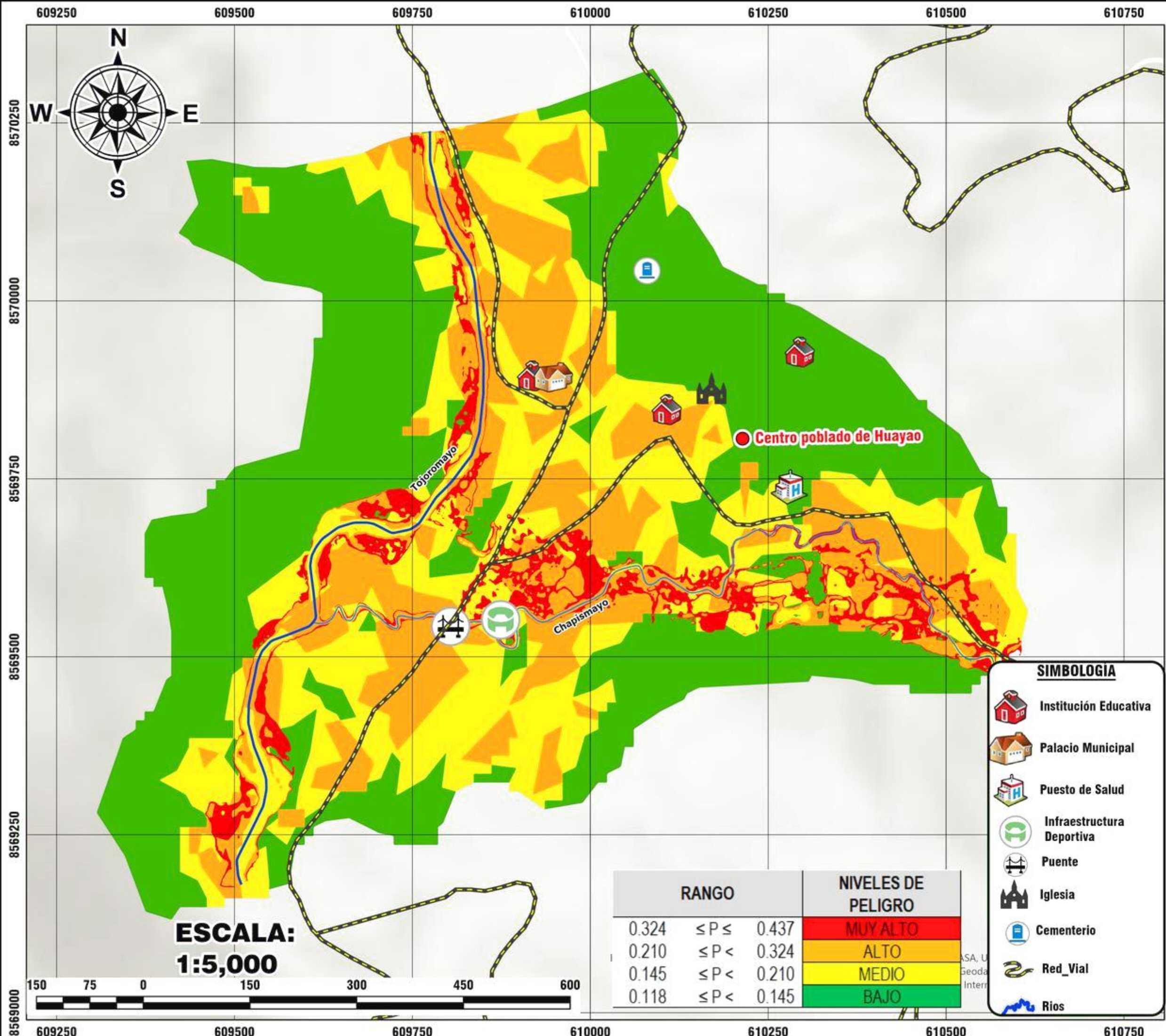
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

Mapa: **MAPA DE INUNDACIÓN TR=100 AÑOS**

Elaboración: **YOSER CRUZ QUISPE**

Fecha: **AGOSTO - 2024** Escala: **INDICADA**

Mapa N°: **07**



LÍMITE DEPARTAMENTAL

LÍMITE PROVINCIAL

LÍMITE DISTRITAL

SIMBOLOGIA

- Institución Educativa
- Palacio Municipal
- Puesto de Salud
- Infraestructura Deportiva
- Puente
- Iglesia
- Cementerio
- Red_Vial
- Rios

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

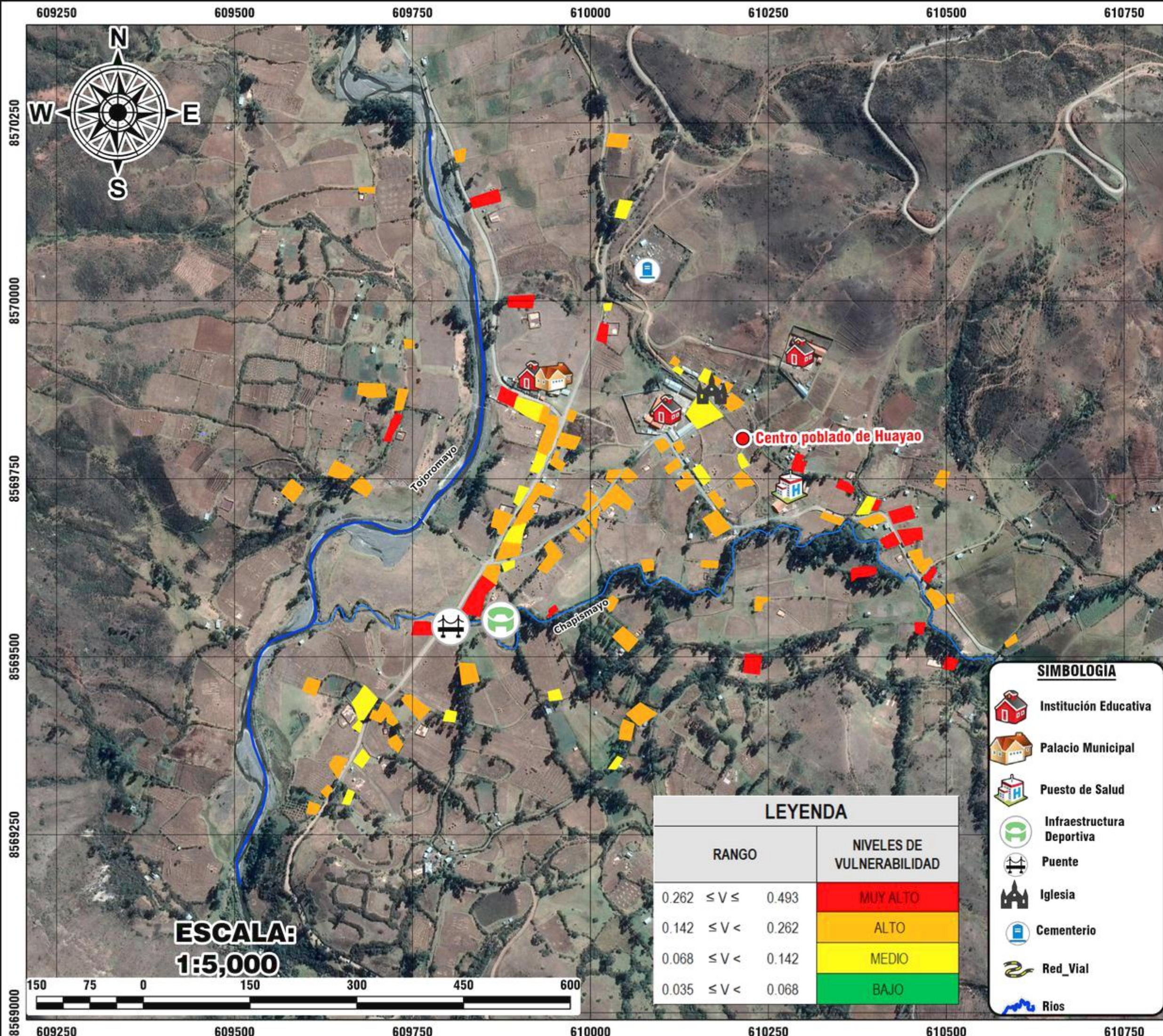
Mapa: **PELIGRO POR INUNDACIÓN**

Elaboración: **YOSER CRUZ QUISPE**

Fecha: **AGOSTO - 2024** Escala: **INDICADA**

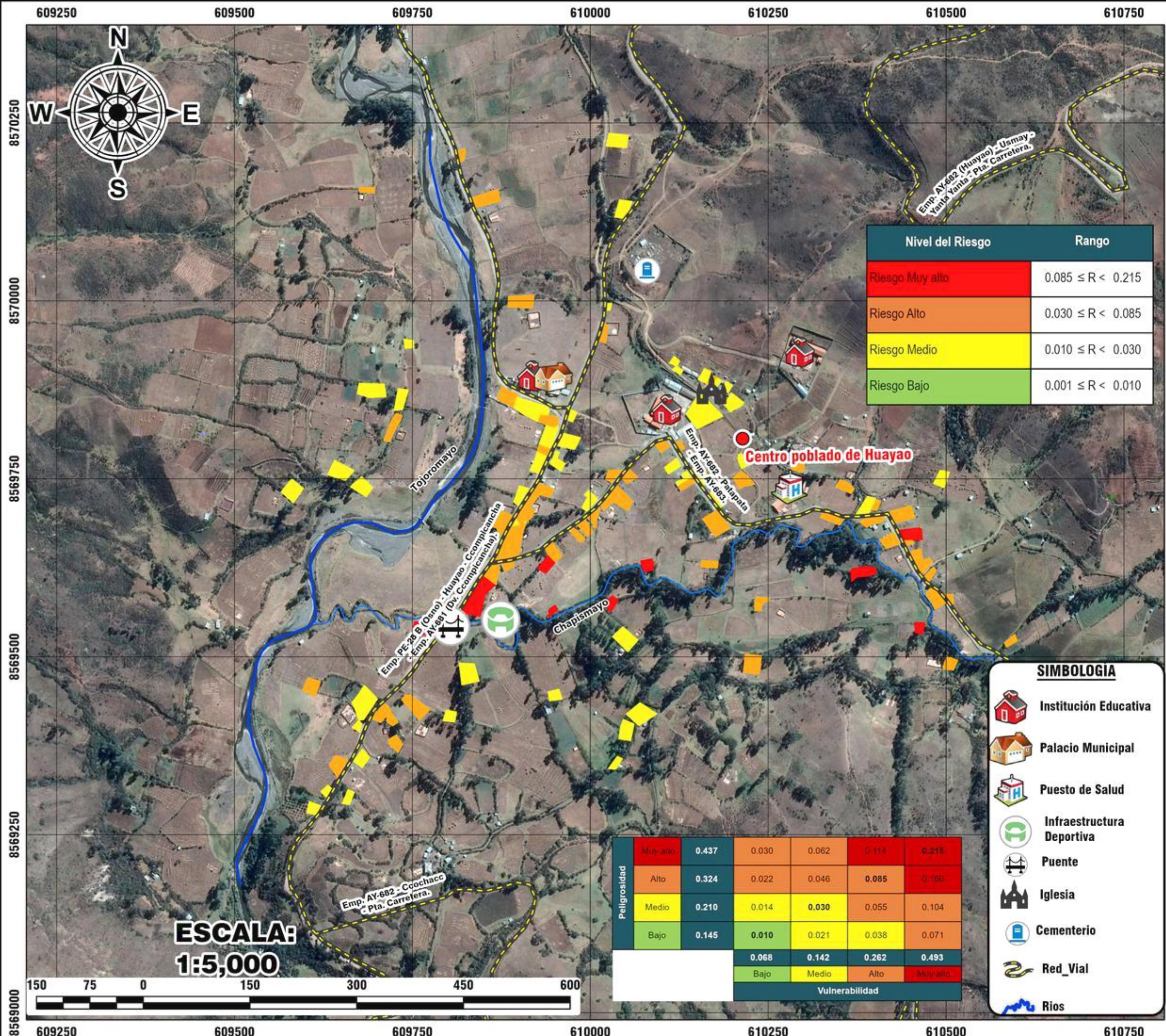
Mapa N°: **08**

RANGO			NIVELES DE PELIGRO
0.324	$\leq P \leq$	0.437	MUY ALTO
0.210	$\leq P <$	0.324	ALTO
0.145	$\leq P <$	0.210	MEDIO
0.118	$\leq P <$	0.145	BAJO



LEYENDA			
RANGO		NIVELES DE VULNERABILIDAD	
0.262	$\leq V \leq$	0.493	MUY ALTO
0.142	$\leq V <$	0.262	ALTO
0.068	$\leq V <$	0.142	MEDIO
0.035	$\leq V <$	0.068	BAJO

- SIMBOLOGIA**
- Institución Educativa
 - Palacio Municipal
 - Puesto de Salud
 - Infraestructura Deportiva
 - Puente
 - Iglesia
 - Cementerio
 - Red_Vial
 - Rios



Nivel del Riesgo	Rango
Riesgo Muy alto	$0.085 \leq R < 0.215$
Riesgo Alto	$0.030 \leq R < 0.085$
Riesgo Medio	$0.010 \leq R < 0.030$
Riesgo Bajo	$0.001 \leq R < 0.010$

Peligrosidad	Muy alto	0.437	0.030	0.062	0.114	0.215
	Alto	0.324	0.022	0.046	0.085	0.160
	Medio	0.210	0.014	0.030	0.055	0.104
	Bajo	0.145	0.010	0.021	0.038	0.071
			0.068	0.142	0.262	0.493
			Bajo	Medio	Alto	Muy alto
			Vulnerabilidad			

SIMBOLOGIA

 Institución Educativa

 Palacio Municipal

 Puesto de Salud

 Infraestructura Deportiva

 Puente

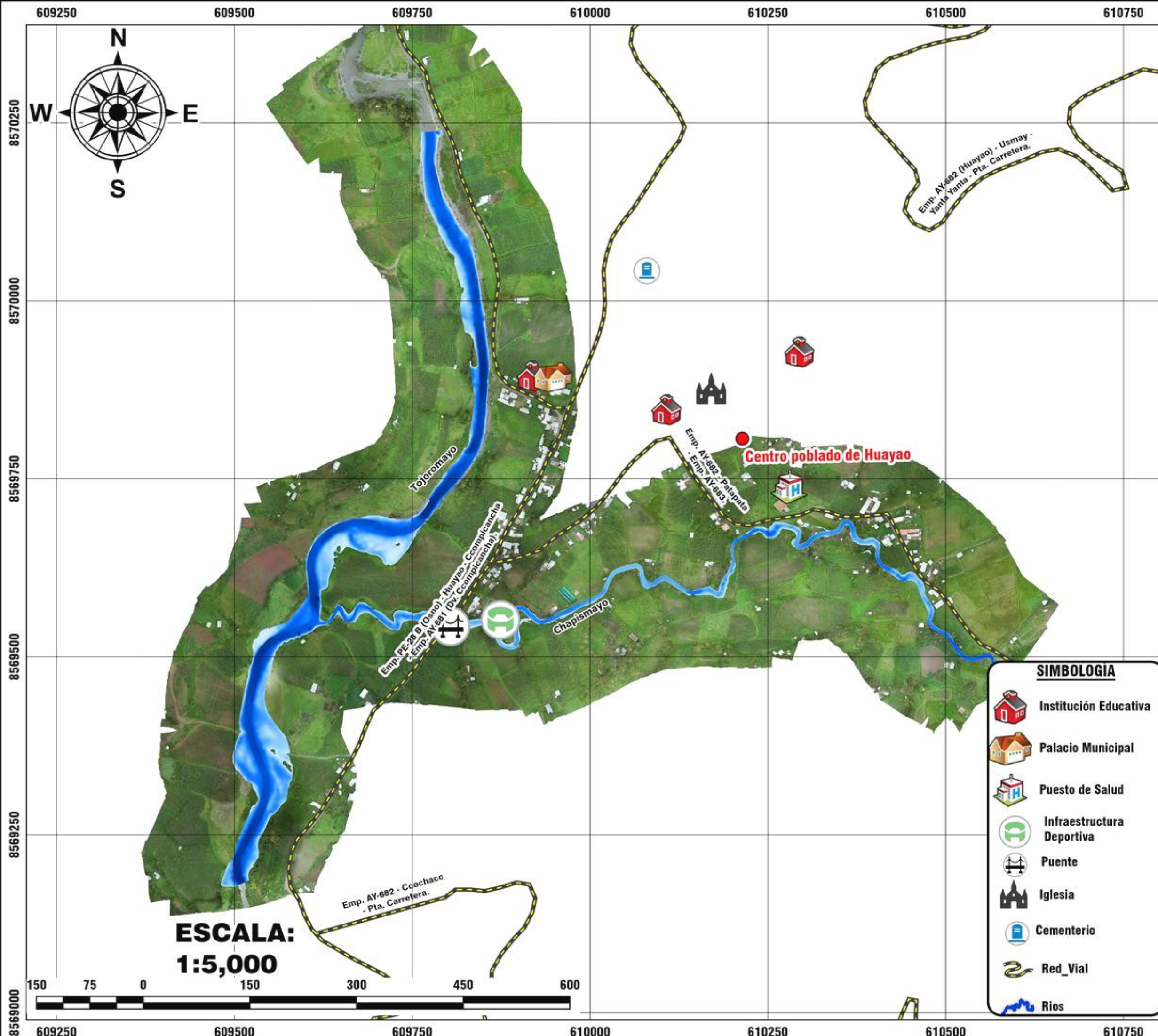
 Iglesia

 Cementerio

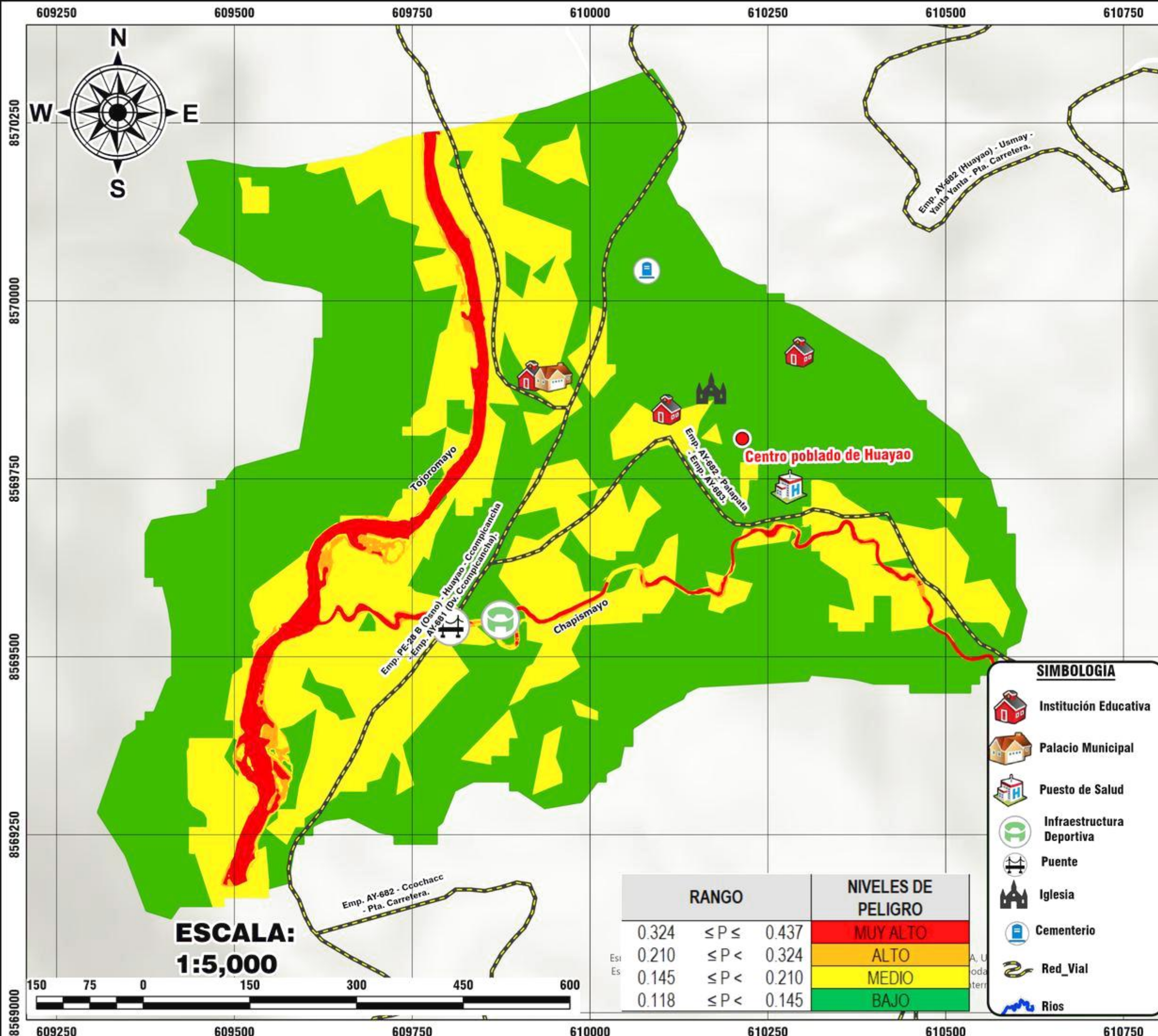
 Red_Vial

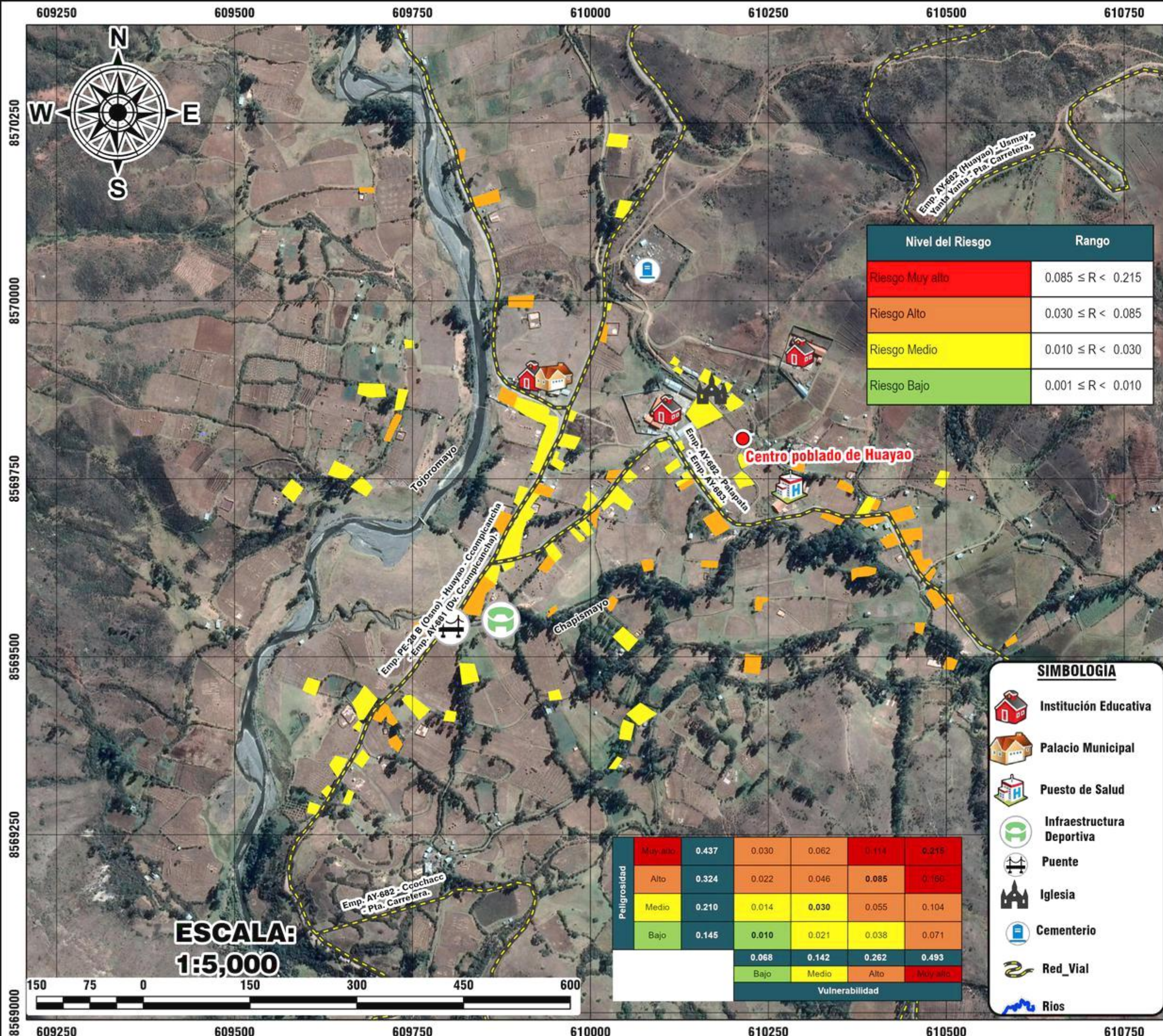
 Rios





- SIMBOLOGIA**
- Institución Educativa
 - Palacio Municipal
 - Puesto de Salud
 - Infraestructura Deportiva
 - Puente
 - Iglesia
 - Cementerio
 - Red_Vial
 - Rios





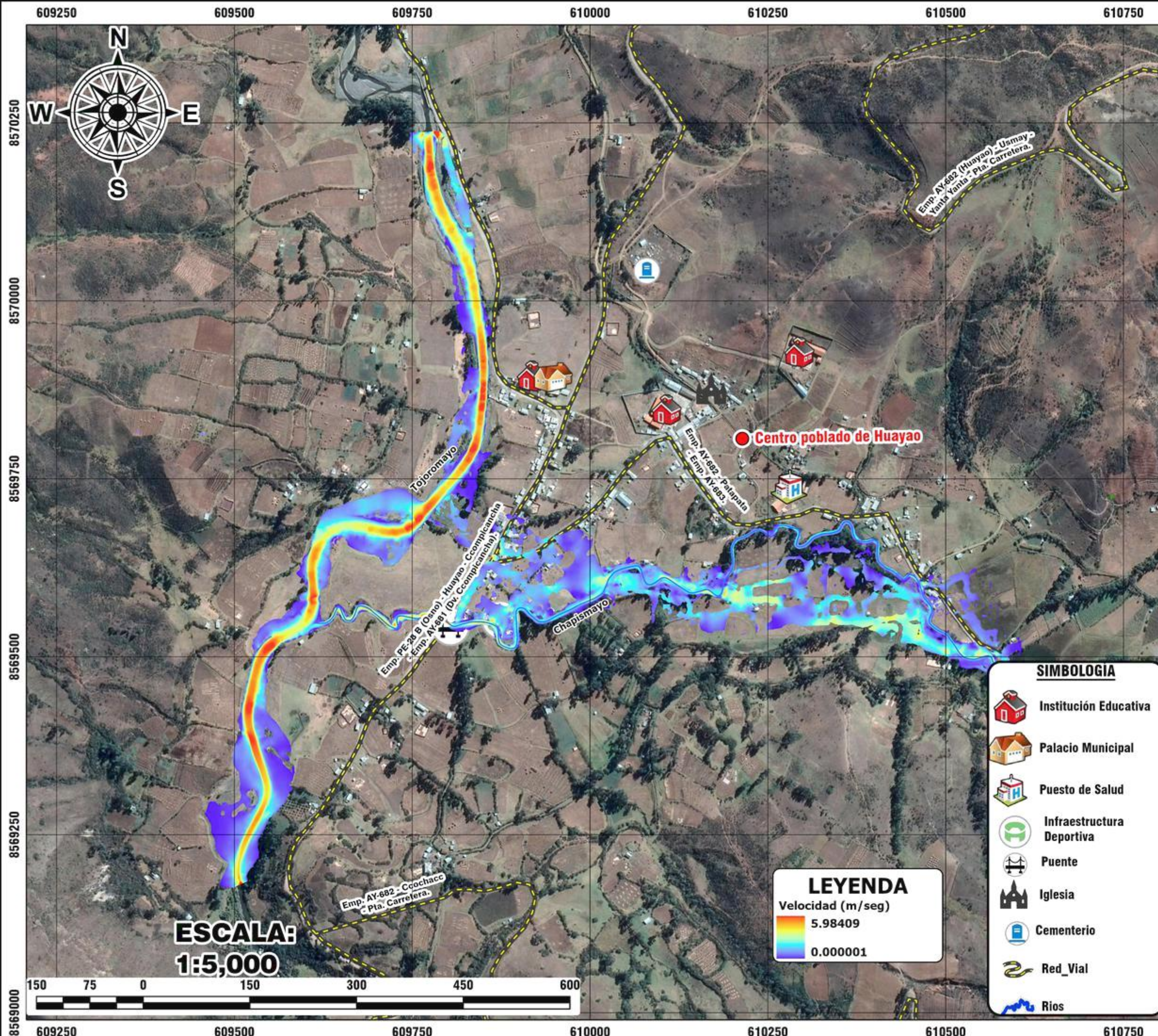
Nivel del Riesgo	Rango
Riesgo Muy alto	$0.085 \leq R < 0.215$
Riesgo Alto	$0.030 \leq R < 0.085$
Riesgo Medio	$0.010 \leq R < 0.030$
Riesgo Bajo	$0.001 \leq R < 0.010$

Peligrosidad	Muy alto	0.437	0.030	0.062	0.114	0.215
	Alto	0.324	0.022	0.046	0.085	0.160
	Medio	0.210	0.014	0.030	0.055	0.104
	Bajo	0.145	0.010	0.021	0.038	0.071
Vulnerabilidad		0.068	0.142	0.262	0.493	
	Bajo		Medio	Alto	Muy alto	

SIMBOLOGIA

- Institución Educativa
- Palacio Municipal
- Puesto de Salud
- Infraestructura Deportiva
- Puente
- Iglesia
- Cementerio
- Red_Vial
- Rios





SIMBOLOGIA

- Institución Educativa
- Palacio Municipal
- Puesto de Salud
- Infraestructura Deportiva
- Puente
- Iglesia
- Cementerio
- Red_Vial
- Rios

LEYENDA

Velocidad (m/seg)

5.98409
0.000001

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

Mapa: **VELOCIDADES**

Elaboración: **YOSER CRUZ QUISPE**

Fecha: **AGOSTO - 2024** Escala: **INDICADA**

Mapa N°: **14**

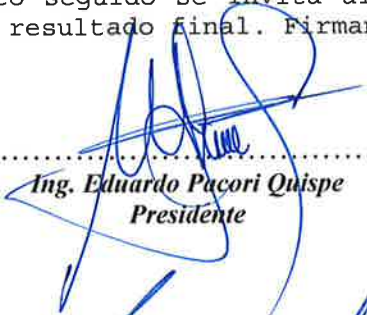
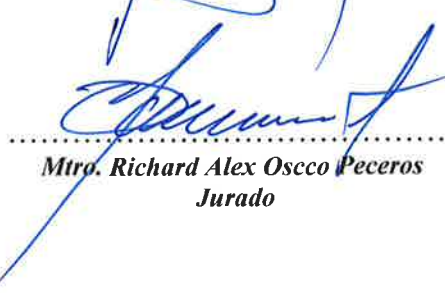
**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS****Bach. YOSER CRUZ QUISPE****R.D. N° 317-2024-UNSCH-FCA-D**

En la ciudad de Ayacucho a los veintisiete días del mes de noviembre del año dos mil veinticuatro, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por Ing. Eduardo Pacori Quispe, Ing. Efraín Chuchón Prado como asesor, Mtro. Richard Alex Oscoco Peceros y Ing. Herbert Núñez Alfaro; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Análisis de riesgo por inundación del centro poblado de Huayao - Tambo - La Mar - Ayacucho 2023**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrícola presentado por el Bachiller **YOSER CRUZ QUISPE**.

El señor Decano previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Ing. Eduardo Pacori Quispe	15	15	15	15
Ing. Efraín Chuchón Prado	16	16	16	16
Mtro. Richard Alex Oscoco Peceros	16	16	16	16
Ing. Herbert Núñez Alfaro	16	16	16	16
PROMEDIO GENERAL				16

Acto seguido se invita al sustentante y publico en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.


Ing. Eduardo Pacori Quispe
Presidente
Ing. Efraín Chuchón Prado
Asesor
Mtro. Richard Alex Oscoco Peceros
Jurado
Ing. Herbert Núñez Alfaro
Jurado
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente

**UNSCH****FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS**

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativisar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por RR N° 294-2022-UNSCH-R y la R.D. N° N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo titulado;

Análisis de riesgo por inundación del centro poblado de Huayao – Tambo – La Mar – Ayacucho 2023

Autor : Yoser Cruz Quispe

Asesor : Efraín Chuchón Prado

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de Tesis, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de **quince (15 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2551272416

Ayacucho, 13 de diciembre de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias

Ing. Edgar Tenorio Mancilla
Coordinador de Control de originalidad de
trabajo de investigación y tesis - FCA

Análisis de riesgo por inundación del centro poblado de Huayao – Tambo – La Mar – Ayacucho 2023

por Yoser Cruz Quispe

Fecha de entrega: 13-dic-2024 09:15a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2551272416

Nombre del archivo: Tesis_Yoser_Cruz_Quispe.pdf (22.98M)

Total de palabras: 29879

Total de caracteres: 145703

Análisis de riesgo por inundación del centro poblado de Huayao – Tambo – La Mar – Ayacucho 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	sigrid.cenepred.gob.pe Fuente de Internet	3%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.udl.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	predes.org.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1%

9	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to unsaac Trabajo del estudiante	<1 %
16	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	<1 %
18	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

ANÁLISIS DE RIESGO POR INUNDACIÓN DEL CENTRO POBLADO DE HUAYAO – TAMBO – LA MAR – AYACUCHO 2023

FLOOD RISK ANALYSIS OF THE TOWN CENTER OF HUAYAO – TAMBO – LA MAR – AYACUCHO 2023

Yoser Cruz Quispe¹, yoser.cruz.21@unsch.edu.pe
Efraín Chuchón Prado² efrain.chuchon@unsch.edu.pe

Área de investigación: Medio Ambiente
Línea de investigación: Sistemas de Producción Agrícola

RESUMEN

Esta investigación tiene la finalidad de estimar los niveles de riesgo por inundación del centro poblado de Huayao. Para la obtención primeramente se determinó los niveles de peligro mediante los factores condicionantes dadas por la pendiente, unidades geomorfológicas y geológicas intersectando estas con el factor desencadenantes (precipitación anómala) que al intersectar estas se obtiene la susceptibilidad del peligro, cuando se interseca la susceptibilidad con la altura de inundación se obtuvo el peligro por inundación; la determinación del parámetro de evaluación se obtuvo mediante un estudio hidrológico e hidráulico donde para la parte hidrológico se hizo el uso del software HEC-HMS 4.10 para la determinación de caudales para diferentes periodos de retorno y la parte hidráulica con el software HEC-RAS 6.3 con el fin de identificar las áreas inundables y las alturas alcanzadas para un caudal de periodo de retorno de 100 años. Seguidamente se estimó los niveles de vulnerabilidad, se analizó 114 familias a nivel de la dimensión social, ambiental y económica teniendo en cuenta los factores de exposición, fragilidad y resiliencia para cada dimensión, se realizó con el método multicriterio análisis jerárquico. Finalmente, mediante geoprocésamiento de intersección en el ArcGIS Pro se obtuvo los niveles de riesgo multiplicando los valores de peligro y vulnerabilidad. Obteniendo no se obtuvo ningún lote con nivel de riesgo bajo, 58 lotes con riesgo medio, 46 lotes con riesgo alto y 10 lotes con riesgo muy Alto y con la propuesta de las estructuras de contención los niveles de riesgo por inundación se reducen a niveles medios 67 viviendas (58.77%), 47 viviendas (41.23%) con un nivel de riesgo alto y ninguno con riesgo muy alto.

Palabras clave: Análisis de riesgo, inundación y centro poblado de Huayao.

ABSTRACT

This research has the purpose of estimating the flood risk levels of the town center of Huayao. To obtain it, the danger levels were first determined through the conditioning factors given by the slope, geomorphological and geological units, intersecting these with the triggering factor (anomalous precipitation) that when intersecting these, the susceptibility of the danger is obtained, when the susceptibility is intersected with the flood height was obtained; the flood danger was obtained; The determination of the evaluation parameter was obtained through a hydrological and hydraulic study where for the hydrological part the HEC-HMS 4.10 software was used to determine flow rates for different return periods and the hydraulic part with the HEC-RAS 6.3 software. in order to identify the floodable areas and the heights reached for a flow return period of 100 years. Next, the levels of vulnerability were estimated, 114 families were analyzed at the level of the social, environmental and economic dimension, taking into account the factors of exposure, fragility and resilience for each dimension, a hierarchical analysis was carried out with the multi-criteria method. Finally, through intersection geoprocessing in ArcGIS Pro, the risk levels were obtained by multiplying the danger and vulnerability values. Obtaining no lots with a low risk level, 58 lots with medium risk, 46 lots with high risk and 10 lots with very high risk were obtained and with the proposal of the containment structures the flood risk levels are reduced to medium levels. 67 homes (58.77%), 47 homes (41.23%) with a high risk level and none with very high risk.

Keywords: Risk analysis, flood and town center of Huayao

¹ Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga- Perú

I. INTRODUCCIÓN

Las inundaciones son desastres naturales con gran impacto socioeconómico, superados solo por las sequías a nivel mundial. los recientes impactos y catastróficos que se registraron fueron en Mozambique, Filipinas, China, Venezuela, Estados Unidos y Myanmar, así como las grandes inundaciones de 2002 en Europa central, que impulsaron la preocupación institucional. En España, un estudio del IGME y el Consorcio de Compensación de Seguros en 2004 reveló que las pérdidas por inundaciones entre 1987 y 2002 ascendieron a casi 12.000 millones de euros, con un costo humano de más de 200 muertes en la última década (Diez-Herrero et al., 2008).

Las inundaciones en Perú son una de las principales catástrofes naturales que afectan al país en pérdidas de infraestructura, flujos económicos, vidas humanas y personas afectadas (Sardon et al., 2022) durante el año 2017 el Perú enfrentó un fenómeno natural denominado el Niño costero. Este evento se caracterizó por lluvias intensas y prolongadas que activaron quebradas en las regiones norte y centro del país, provocando deslizamientos de tierra e inundaciones registrándose según informes oficiales 136 fallecidos, 17 236 personas damnificadas y un total de 1 075 932 afectados (COEN, 2017).

La región de Ayacucho es una de las regiones más afectadas las por las inundaciones entre los meses de noviembre a mayo, las poblaciones que son altamente susceptibles; por tal la elección de la zona de estudio es debido a que este centro poblado del distrito de Tambo es el más afectado por las inundaciones debido a la pendiente mínima con la que cuenta y las precipitaciones que se dan año tras año son torrenciales generando desbordamiento de los ríos ocasionando la inundación de viviendas donde resultaron 06 viviendas y 30 personas afectadas en el año 2003, así mismo, en el año 2022 fue declarado en

estado de emergencia según el Decreto Supremo N° 032-2022-PCM a nivel distrital y según el informe técnico de emergencia N° 920-2022 COEN – INDECI, del mismo modo el desbordamiento de los ríos afectan las áreas agrícolas así como la producción agrícola.

La presente investigación tiene por objetivo principal la estimación del nivel de riesgo por inundación del centro poblado de Huayao por desbordamiento de los ríos Tojoromayo y Chapismayo, para lo cual fue necesario el software HEC-HMS 4.10 para el cálculo de los caudales de máximas avenidas para diferente periodo de retorno, HEC-RAS 6.3 para el modelamiento hidráulico para la determinación de las llanuras de inundación y las profundidades alcanzadas y ArcGIS Pro para la generación de mapas de vulnerabilidad, peligro, susceptibilidad y el riesgo por inundación; acorde a los objetivos específicos planteados:

1. Determinar los niveles de vulnerabilidad utilizando la metodología del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Desastres.
2. Determinar los niveles de peligro por inundación utilizando la metodología del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Desastres.
3. Determinar los niveles de susceptibilidad utilizando la metodología del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Desastres.
4. Proponer estructuras de mitigación a fin de reducir el riesgo por inundación generado por los ríos Tojoro y Chapismayo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación de la zona de estudio

Políticamente el área en estudio se encuentra situada en el departamento de Ayacucho, provincia de La

¹ Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga- Perú

Mar, distrito de Tambo, en la localidad de Huayao. Geográficamente está ubicada en las coordenadas UTM WGS 84, zona 18 L – UTM: Este: 609899.67, Norte: 8569728.26, y Cota: 2996 msnm

2.2. Materiales, equipos

Materiales

- 01 wincha
- 01 flexómetro
- 01 pintura esmalte
- Millar papel bond 80 gr
- 02 tableros A4

Equipos

- Dron Topográfico
- GPS diferencial más un colector de datos (Rover)
- 01 GPS navegador Garmin
- 01 cámara fotográfica
- Calculadora científica
- Computadora PC Ryzen7-5700x
- Disco sólido externo

Software

- HEC-HMS 4.10
- HEC-RAS 6.3
- AutoCAD C3D 2023
- SAS Planet
- Google Earth Pro
- ArcGIS Pro V.3.0
- PhotoScan
- Excel 2019

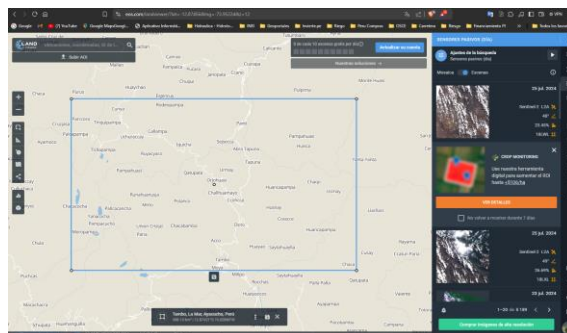
2.3. Metodología

2.3.1. Estimación de peligro

Identificación de área de estudio

1. (CENEPRED, 2014) indica que dentro de los parámetros es el tiempo de retorno, tiempo que se superaría un suceso basado en la estadística, el cual se obtuvo teniendo en cuenta el siguiente procedimiento.
2. El área de estudio fue delimitada mediante el software Google Earth Pro de una ealtura que equivale a 3 Km, para lo cual fue tomado toda la localidad del centro poblado de Huayao.

3. Dentro del área de investigación se realizó el reconocimiento de los elementos expuestos mediante una imagen satelital y datos que brinda la plataforma SIGRID del CENEPRED.



4. Para el análisis de las cuencas de los ríos Tojoro y Chapismayo se descargó modelos de elevación digital (DEM) de la página EOS Land Viewer el cual brinda un ráster con una resolución de 5m x 5m.
5. Las cuencas de los ríos Tojoro y Chapismayo se delimitaron con el software HEC-HMS 4.10, haciendo el uso de las herramientas GIS (Terrain Reconditioning > Preprocess Skins > Preprocess Drainage > Identify Streams > Break Points Manager > Delineate Elements)
6. De la misma manera los parámetros de la cuenca y fueron determinadas con el modelo HEC-HMS, con la herramienta de parámetros (characteristics > subbasin y characteristics > reach) los cuales brindan parámetros para cada subcuenca.
7. El tiempo de concentración se determinó teniendo en utilizando la herramienta del software HEC-HMS 4.10, el cual utiliza la ecuación (13) para cada una de las cuencas de los ríos Tojoro y Chapismayo.

Análisis de datos pluviométricos

1. Para la cuenca delimitada se obtuvieron datos pluviométricos de la página del ANA-ANDREA, en el geoportal de visor de cuencas del ANA.
2. Mediante el polígono de Thiessen se determinó la influencia de los observatorios meteorológicos en las cuencas de los ríos Tojoromayo y Chapismayo, donde las estaciones a considerar

¹ Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga- Perú

son las estaciones de San Miguel y Luricocha, tal como se representa en el mapa de los observatorios meteorológicos.

3. A las estaciones pluviométricas de San Miguel y Luricocha se analizó “los valores inciertos de P24h, que no se ajustan al nivel de confianza del 90% establecido por el Método Water Resources Council, serán descartados” (Chow et al., 1994, p. 415)
4. Posterior a la evaluación de los datos dudosos a las precipitaciones máximas registradas en 24 horas de las estaciones influentes en la zona de estudio, se analizó la prueba de bondad de ajuste de Smirnov Kolgomorov haciendo el uso del software Hydrognomon,
5. En las tablas 1 y 2 se presentan los resultados de las distribuciones teóricas, de los cuales se toman una de 8 las distribuciones recomendadas por (Villón, 2016 y MTC, 2008) que se ajusta para cada una de las estaciones recomendadas siendo la distribución log Pearson III para la estación San Miguel y la estación Luricocha a la distribución normal con los cuales se realizó el cálculo de la precipitación para distintos periodos de retorno, luego se determinó las curvas I-D-F haciendo el uso del método Dick y Peshcke, para finalmente obtener los hietogramas mediante la metodología de los bloques alternos.

La distribución temporal de la precipitación en una tormenta para un periodo de retorno de 100 años de la estación de Luricocha alcanza la intensidad máxima de 20.68 mm y 21.45 mm la estación de San Miguel según la metodología de Dyck -Peschke.

Tabla 1

Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolgomorov para la estación San Miguel

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	NS=5%	Attained a	DMax
Log Pearson III	ACEPTAR	99.54%	0.08449
GEV-Max	ACEPTAR	99.51%	0.08496
Pearson III	ACEPTAR	99.37%	0.08703
Gamma	ACEPTAR	99.34%	0.08735
LogNormal	ACEPTAR	99.29%	0.08802
Galton	ACEPTAR	99.20%	0.08896
Normal (L-Moments)	ACEPTAR	97.53%	0.1004
Pareto (L-Moments)	ACEPTAR	97.52%	0.10046
EV1-Maximo (Gumbel, L-Moments)	ACEPTAR	96.65%	0.10425
EV3-Minimo (Weibull, L-Moments)	ACEPTAR	96.43%	0.10512
Normal	ACEPTAR	96.28%	0.1057
EV3-Min (Weibull)	ACEPTAR	94.62%	0.11117
Pareto	ACEPTAR	85.53%	0.13113
Exponential (L-Moments)	ACEPTAR	74.89%	0.14822
EV1-Min (Gumbel)	ACEPTAR	71.73%	0.15289
Exponential	ACEPTAR	67.99%	0.15831
EV2-Maximo	ACEPTAR	67.78%	0.15861

Nota: adaptada de Hydrognomon

Tabla 2

Prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolgomorov de la estación Luricocha

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	NS=5%	Attained a	DMax
Pareto (L-Moments)	ACEPTAR	98.77%	0.07155
Pareto	ACEPTAR	93.26%	0.08711
GEV-Min (L-Moments)	ACEPTAR	80.33%	0.10473
Normal (L-Moments)	ACEPTAR	73.83%	0.11176
Normal	ACEPTAR	71.55%	0.11412
Pearson III	ACEPTAR	71.27%	0.11441
Galton	ACEPTAR	70.41%	0.1153
Gamma	ACEPTAR	65.78%	0.12002
Log Pearson III	ACEPTAR	58.78%	0.12717
LogNormal	ACEPTAR	53.41%	0.13277
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	38.95%	0.14926
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	30.85%	0.16014
Exponential	ACCEPT	27.86%	0.16466
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	23.89%	0.17121
GEV-Maximo (kappa specified)	ACCEPT	22.81%	0.17314

Nota: adaptada de Hydrognomon

Caudales máximos

Obtenido los datos de entrada para el modelo hidrológico HEC-HMS se modeló para la obtención de los caudales de las avenidas más altas haciendo el uso del “método CN del SCS se utiliza para estimar la escorrentía directa y el método del Hidrograma unitario se utiliza para el cálculo del Hidrograma de Avenida” (Mauricio Quispe, 2023, p. 52).

Parámetros de evaluación

Se utilizó la altura de inundación (calado) como parámetro de evaluación, según descrito en el manual de evaluación de riesgos del (CENEPRED, 2020), para lo cual se realizó las siguientes actividades:

¹ Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga- Perú

1. Se realizó el levantamiento topográfico con Dron para la obtención de los modelos de elevación digital (DME) en formato TIF y las ortofotosen formatos ECW. Las correcciones se realizaron mediante el software PIX4D donde se priorizaron “las correcciones de geometría por distorsión de la cámara, alineación de imágenes, corrección de balance de color y de iluminación, ortorrectificación y la mejora de precisión GPS; para finalmente generar los modelos digitales de terreno” (IGN, 2021).
2. Los coeficientes de rugosidad fueron procesados en el software ArcGIS Pro V3, haciendo el uso de ortoimágenes obtenidas en el levantamiento y adicionando los valores, el cual fue importando al Ras mapper para el rasterizado y para posterior procesamiento.
3. Posterior a ello se realizó el enmallado del área del estudio, donde los cauces de los ríos Tojoro y Chapismayo se realizó el refinamiento y creado las condiciones de contorno se procedió al modelado para diferentes periodos de retorno.

Estimación de la peligrosidad

Susceptibilidad

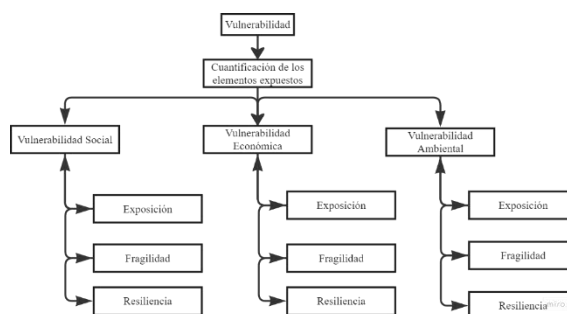
Haciendo el uso de las herramientas de geoprosesing del software ArcGIS Pro, uniendo los valores factores condicionantes considerando un vector de priorización de 0.5 y el factor desencadenante una priorización de 0.5 obteniendo la susceptibilidad.

Niveles de peligrosidad

Para la estimación de la peligrosidad, se realizó un geoprosesamiento de unión con ArcGIS Pro de las shapefiles de la susceptibilidad con vector de prioridad de 0.4 y parámetros de evaluación (altura de inundación) obtenida en el modelamiento hidráulico HEC-RAS para un periodo de retorno de 500 años con un vector de prioridad de 0.6 para su posterior elaboración de mapa de riesgos.

2.3.2. Estimación de vulnerabilidad

La vulnerabilidad se estimó según indicado en el manual de estimación de riesgos de CENEPRED, como describe el flujograma:



2.3.3. Estimación de riesgo

Para la estimación del riesgo se utilizó la ecuación 15 en el software ArcGIS Pro, una vez intersecada los shapefiles de peligro y vulnerabilidad, para su obtención de valores de riesgos.

2.3.4. Control de riesgo por inundación

Para reducir los niveles de riesgo se identificó los puntos críticos donde se generan los desbordamientos de los ríos Tojoro y Chapismayo, para el planteamiento de la mitigación de peligro, se tomó en cuenta los parámetros hidráulicos, topográficos y el espacio para proponer una estructura adecuada.

Identificado los puntos de desbordamiento de los ríos Tojoro y Chapismayo, en el software Hec-RAS se modeló modificando el terreno mediante la herramienta High Ground y manteniendo los demás parámetros hidráulicos se procedió a modelar para visualizar el comportamiento hidráulico y cuantificar los niveles de peligro por inundación.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación del riesgo de inundación del centro poblado de Huayao se basó en las alturas alcanzadas por las inundaciones obtenidas mediante simulación con software de modelamiento hidráulico para un periodo de retorno de 100 años, así como en el nivel de vulnerabilidad en sus aspectos sociales, económicos y ambientales.

¹ Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga- Perú

3.1. Riesgo por inundación

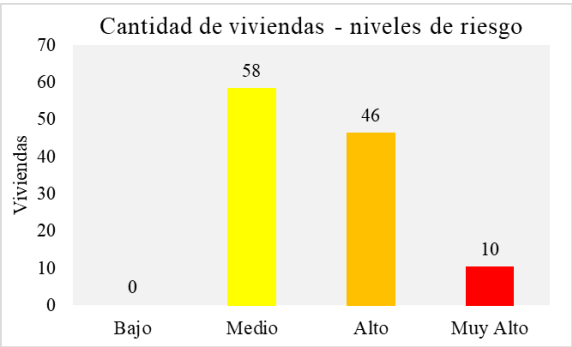
Tabla 3

Niveles de riesgo por inundación

Nivel del Riesgo	Rango
Riesgo Muy alto	$0.085 \leq R < 0.215$
Riesgo Alto	$0.030 \leq R < 0.085$
Riesgo Medio	$0.010 \leq R < 0.030$
Riesgo Bajo	$0.001 \leq R < 0.010$

Figura 1

Cuantificación de viviendas afectadas por el riesgo por inundación

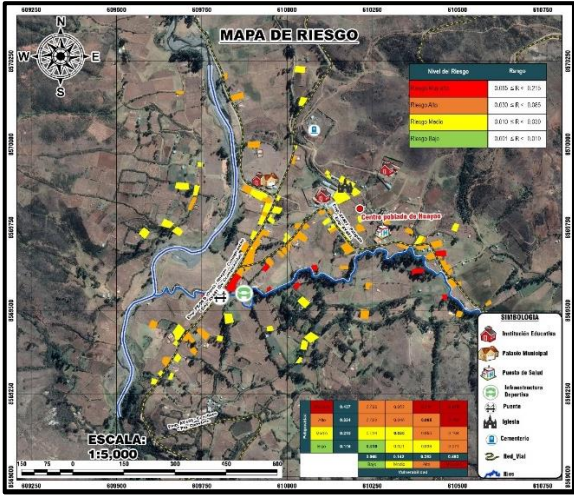


Análisis

La tabla 3, representa los niveles de riesgos por inundación para el centro poblado de Huayao donde el nivel de riesgo bajo se sitúa en el intervalo de ($0.001 \leq R < 0.010$), dentro del área de estudio no se halla ninguna vivienda con este nivel de riesgo; el riesgo medio está en un rango ($0.010 \leq R < 0.030$) donde 58 viviendas se encuentran con nivel de riesgo; el riesgo Alto está en un rango ($0.030 \leq R < 0.085$) donde 46 viviendas se encuentran con este nivel de riesgo y el riesgo muy alto está en un rango ($0.085 \leq R < 0.215$) donde 10 viviendas se encuentran con este nivel de riesgo. Además de las viviendas se cuenta con infraestructuras de 03 instituciones educativas, 01 palacio municipal, 01 puesto de salud, 01 infraestructura deportiva, 01 iglesia, 01 cementerio y 01 puente los cuales están expuestas al riesgo por inundación por los ríos Tojoromayo y Chapismayo.

Figura 2

Mapa de riesgo por inundación del CP de Huayao



3.2. Vulnerabilidad

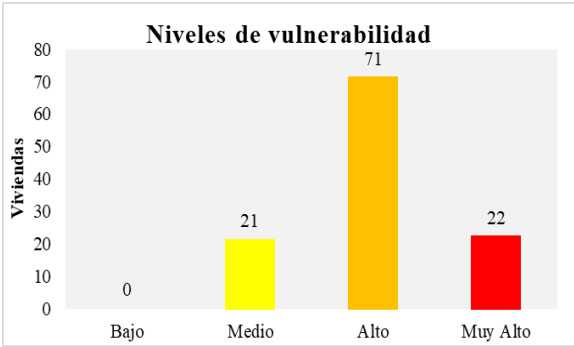
Tabla 4

Niveles de vulnerabilidad

LEYENDA	
RANGO	NIVELES DE VULNERABILIDAD
$0.262 \leq V \leq 0.493$	MUY ALTO
$0.142 \leq V < 0.262$	ALTO
$0.068 \leq V < 0.142$	MEDIO
$0.035 \leq V < 0.068$	BAJO

Figura 3

Cuantificación de los niveles de vulnerabilidad por vivienda



Análisis:

La tabla 4, presenta los niveles de la vulnerabilidad del centro poblado de Huayao donde 114 viviendas fueron evaluadas, el nivel de vulnerabilidad bajo se encuentra en el rango de ($0.035 \leq V < 0.068$), dentro

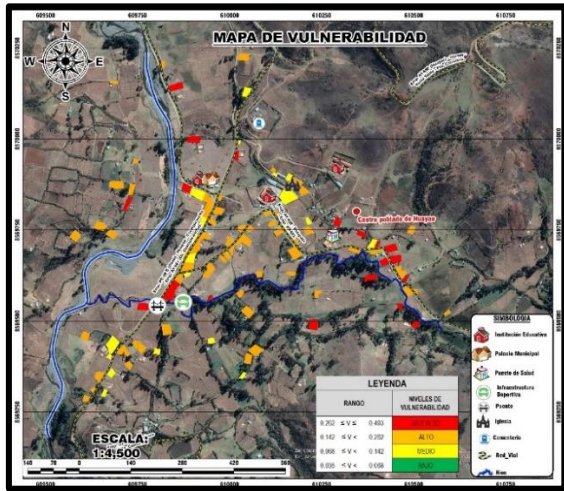
¹ Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga- Perú

del área de estudio no se halla ninguna vivienda con este nivel de vulnerabilidad; la vulnerabilidad medio está en un rango ($0.068 \leq V < 0.142$) donde 21 viviendas se encuentran con este nivel de vulnerabilidad; la vulnerabilidad alta está en un rango ($0.142 \leq V < 0.262$) donde 71 viviendas se encuentran con este nivel de vulnerabilidad y la vulnerabilidad muy alta está en un rango ($0.262 \leq V \leq 0.493$) donde 22 viviendas se encuentran con nivel de riesgo.

Para la determinación de la vulnerabilidad se analizó las dimensiones sociales, económicas y ambientales para los cuales se consideró los factores de exposición, fragilidad y resiliencia cada uno con sus respectivos parámetros y sus 5 descriptores.

Figura 4

Mapa de vulnerabilidad del CP de Huayao



3.3. Peligro

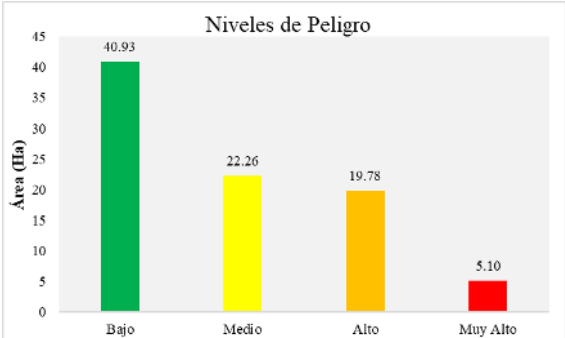
Tabla 5

Niveles de peligro por inundación

RANGO			NIVELES DE PELIGRO
0.324	$\leq P \leq$	0.437	MUY ALTO
0.210	$\leq P <$	0.324	ALTO
0.145	$\leq P <$	0.210	MEDIO
0.118	$\leq P <$	0.145	BAJO

Figura 5

Cuantificación de los niveles de peligro por inundación



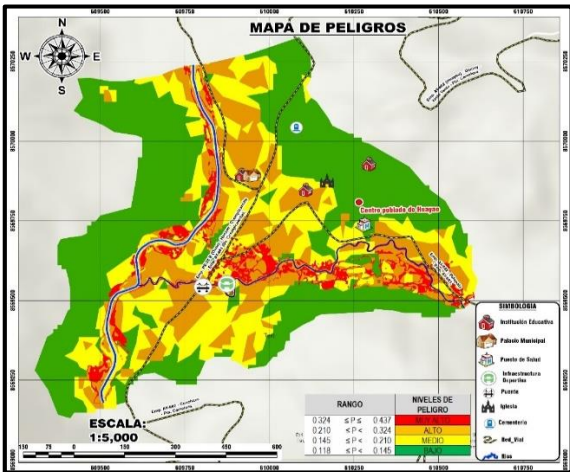
Análisis:

La tabla 5, presenta los niveles de peligro por inundaciones del centro poblado de Huayao donde 46.47% (40.93 ha) se encuentra con nivel de peligro bajo ($0.118 \leq P < 0.145$), 25.27% (22.26 ha) se encuentra con nivel de peligro medio ($0.145 \leq P < 0.210$); 22.46% (19.78 ha) se encuentra con nivel de peligro alto ($0.210 \leq P < 0.324$); 5.80% (5.10 ha) se encuentra con nivel de peligro muy alto ($0.324 \leq P \leq 0.437$).

Dentro de los elementos expuesto se identificó a 01 infraestructura deportiva y 01 puente dentro de un peligro muy alto; 01 centro educativo inicial, 01 centro educativo primario y 01 local comunal dentro del nivel de peligro alto; 01 puesto de salud, 01 iglesia dentro de peligro medio y 01 centro educativo secundario y 01 cementerio dentro del nivel de peligro bajo.

Figura 6

Mapa de peligro por inundación del centro poblado de Huayao



¹ Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga- Perú

3.4. Susceptibilidad

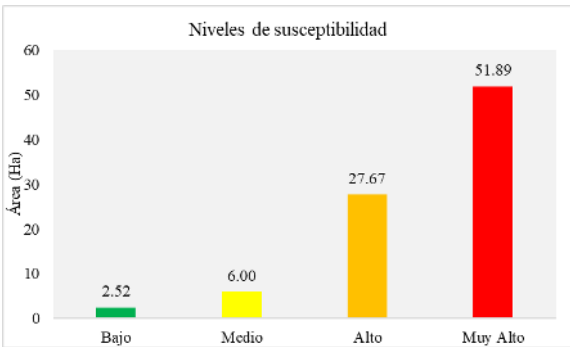
Tabla 6

Niveles de susceptibilidad

RANGO			NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD
0.350	$\leq P \leq$	0.462	MUY ALTO
0.287	$\leq P <$	0.350	ALTO
0.252	$\leq P <$	0.287	MEDIO
0.235	$\leq P <$	0.252	BAJO

Figura 7

Cuantificación de los niveles de susceptibilidad por inundación



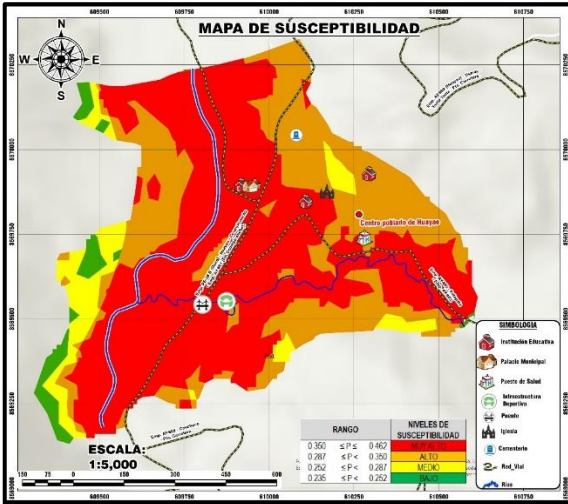
La tabla 6, se presenta los niveles de susceptibilidad teniendo en cuenta los factores condicionantes como las pendientes del terreno, unidades geomorfológicas y las unidades geológicas; y el factor desencadenante las precipitaciones anómalas que se presentan en el área de estudio. Obteniendo los niveles de susceptibilidad 2.86% (2.52 ha) se encuentra con nivel de susceptibilidad bajo ($0.235 \leq S < 0.252$), 6.81% (6.00 ha) se encuentra con nivel de susceptibilidad medio ($0.252 \leq S < 0.287$); 31.42% (27.67 ha) con nivel de susceptibilidad alto ($0.287 \leq P < 0.350$); 58.91% (51.89 ha) con nivel de susceptibilidad muy alto ($0.350 \leq P \leq 0.462$).

Dentro de los elementos expuesto se identificó a 01 infraestructura deportiva, 01 puente, 01 I.E. inicial, 01 I.E. primaria y 01 local comunal dentro de susceptibilidad muy alto; 01 puesto de salud, 01 iglesia, 01 centro educativo secundario y 01 cementerio dentro de la susceptibilidad alta a las

precipitaciones anómalas con las características geomorfológicas actuales.

Figura 8

Mapa de susceptibilidad del centro poblado de Huayao



3.5. Control de riesgo por inundación

Figura 9

Cuantificación de los niveles de reducción riesgo por inundación

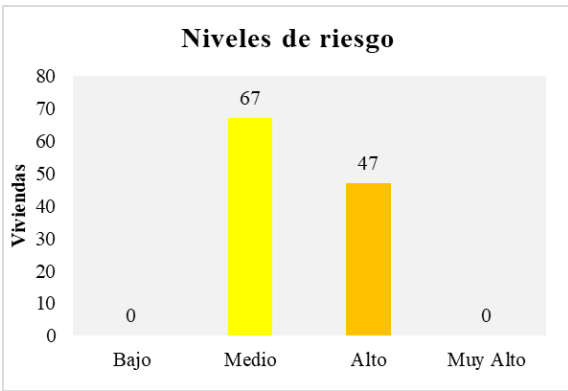


Tabla 7

Identificación de puntos críticos en el río Tojoromayo

Río	Marge n	Progresiva		Longitud
		Inicio	Fin	
Tojoromayo	D	0+558.0	0+592.5	34.50
		0	0	
	D	0+675.0	0+753.8	78.80
		0	0	
	D	1+101.0	1+260.0	145.30
		0	0	
	I	0+970.0	1+165.0	209.40
		0	0	
	Total	468.00		

¹ Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga- Perú

Tabla 8

Identificación de puntos críticos en el río Chapismayo

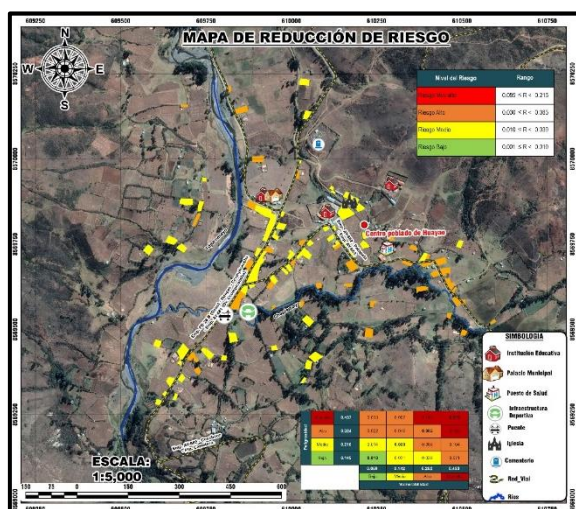
Rio	Marge n	Progresiva		Longitu d
		Inicio	Fin	
Chapismayo	I	0+000.00	0+251.90	251.90
	D	0+000.00	0+091.10	91.10
	D	0+182.50	0+198.50	16.00
	I	0+328.00	0+413.30	85.30
	D	0+601.50	1+051.90	450.40
	I	0+673.50	0+689.00	15.50
	I	0+696.00	0+753.90	57.90
	I	0+762.00	0+791.70	29.70
	I	0.807.50	0+866.00	58.50
Total				1056.30

Análisis:

Manteniendo los parámetros de vulnerabilidad y proponiendo muros de protección según indicada en las tablas 7 y 8, en los puntos críticos de desbordamiento de los ríos Tojoro y Chapismayo con el con el objetivo de disminuir los niveles de riesgo, logrando que los niveles de riesgo por inundación en el centro poblado de Huayao se reduzcan a un riesgo medio en 67 viviendas (58.77%) y nivel alto en 47 viviendas (41.23%) dentro del área de estudio y no hallándose viviendas con riesgo de nivel bajo y muy alto.

Figura 9

Mapa de reducción de riesgo



CONCLUSIONES

1. El centro poblado de Huayao cuenta con 58 viviendas (50.88%) con niveles de riesgo medio, 46 viviendas (40.35%) con riesgo alto y 10 viviendas (8.77%) con riesgo Muy alto; además dentro del área de estudio se encuentran expuestas al riesgo por inundación 01 institución educativa de nivel inicial, 01 institución educativa de nivel primaria, 01 grass sintético, 01 centro de salud y 01 puente.
2. El centro poblado de Huayao alberga a 123 familias con un total de 456 residentes, de los cuales 114 se encuentran dentro del área de influencia de esta investigación teniendo en cuenta la dimensión social, económica y ambiental se determinó que 21 viviendas (18.42%) tienen un nivel de vulnerabilidad medio, 71 viviendas (62.28%) con vulnerabilidad alto y 23 viviendas (19.30%) riesgo muy alto.
3. El área de estudio identificado es de 88.08 hectáreas de los cuales de se identificó que 46.47% (40.93 ha) cuenta con un nivel de peligro bajo, 24.27% (22.26 ha) cuenta con un nivel de peligro medio, 22.46% (19.78 ha) cuenta con un nivel de peligro alta y 5.80% (5.10 ha) cuenta con un nivel de peligro muy alto. Los peligros con nivel muy alto se encuentran en las áreas inundadas que se identificaron con un calado mayor a 0.70 m.
4. De los 88.08 hectáreas 2.86% (2.52 ha) cuenta con un nivel de susceptibilidad bajo, 6.81% (6.00 ha) cuenta con un nivel de susceptibilidad medio, 31.41% (27.67 ha) cuenta con un nivel de susceptibilidad alta y 58.91% (51.89 ha) cuenta con un nivel de susceptibilidad muy alto. Las áreas con una pendiente $<10^\circ$ cuentan con una susceptibilidad muy alta a las inundaciones frente a precipitaciones anómalas.

5. Con la propuesta de las estructuras de contención mediante la simulación hidráulica los niveles de riesgo por inundación se reducen a niveles medios 67 viviendas (58.77%), 47 viviendas (41.23%) con un nivel de riesgo alto y ninguno de las viviendas con un nivel de riesgo muy alto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. (2015). *Generación del mapa temático de curva número (CN)*. SNIRH-ANA. <https://www.hidrogis.com/wp-content/uploads/2024/02/Generacion-de-Curva-Numero-ANA.pdf>
- CENEPRED. (2014). Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales. *Cenepred*, 245. https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf
- CENEPRED. (2015). Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Inundaciones Fluviales. In *Cenepred* (pp. 1–245). http://www.sigpad.gov.co/sigpad/paginas_detalle.aspx?idp=112
- CENEPRED. (2020). *Lineamientos para la elaboración del informe de Evaluación del riesgo de desastres en proyectos de infraestructura educativa*. CENEPRED. www.cenepred.gob.pe
- Chow, V. Te. (1994). *Hidráulica de canales abiertos* (McGraw-Hill (ed.)). Applied Hydrology International ed., McGraw Hill Higher Education.
- Chow, V. Te, R. Maidment, D., & W. Mays, L. (1994). Hidrología aplicada. In M. E. Suárez (Ed.), *McGraw Hill Higher Education*. Applied Hydrology International ed., McGraw Hill Higher Education.
- COEN. (2017). *SEGUNDO BOLETÍN N° 168/ 03-MAYO-2017*. COEN. https://www.mindef.gob.pe/informacion/documentos/BOLETIN_INFORMATIVO_N-168.pdf
- Diez-Herrero, A., Laín, H. L., Llorente-Isidro, M., Díez-Herrero, A., Laín, H. L., & Llorente, M. (2008). Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones Guía metodológica para su elaboración. In *Instituto Geológico y Minero de España IGME*. p. 113-118. Madrid, España. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA.
- IGN. (2021). Especificaciones Técnicas para la Generación de Ortoimágenes. In *Ministerio de Defensa. RESOLUCIÓN JEFATURAL N° 053-2021/IGN/DIG/SDNGC*. Diario Oficial El Peruano. Lima, Perú. <https://www.gob.pe/institucion/ign/normas-legales/1997715-052-2021-ign-dig-sdngc>
- INDECI. (2006). Manual Basico Para La Estimacion Del Riesgo. In *Indeci*. http://bvpad.indec.gov.pe/doc/pdf/esp/doc319/doc319_contenido.pdf
- Mauricio Quispe, R. (2023). *Evaluación del perfil de riesgo por inundación del río Omayá - localidad de Omayá - distrito Pichari - provincia La Convención - Cusco, 2023* [Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5786>
- MTC. (2008). Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. In *Ministerio de Transporte y Construcción Peru* (Vol. 0, Issue 0). http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf
- Sardon, H., Lavado-Casimiro, W., & Felipe, O. (2022). *Inventario de datos de eventos de inundaciones del Perú. Estudio Final. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú –SENAMHI*. 1–145. <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1786>
- Villón, M. (2016). Hidrología Estadística. In *Instituto Tecnológico de Costa Rica* (5ta Edicio). Ediciones Villón.

¹ Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga- Perú