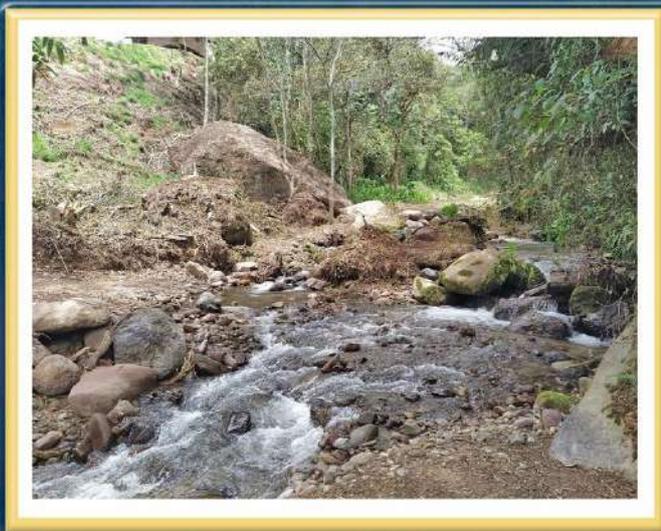


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7506

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR FLUJO DE DETRITOS EN LAS QUEBRADAS MAMALLICA, SAN LUIS Y SAN ALBERTO

Departamento: Pasco
Provincia: Oxapampa
Distrito: Oxapampa



MAYO
2024

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR FLUJO DE DETRITOS EN LAS QUEBRADAS MAMALLICA, SAN LUIS Y SAN ALBERTO

Distrito Oxapampa, provincia Oxapampa, departamento Pasco

Elaborado por la Dirección
de Geología Ambiental y
Riesgo Geológico del
Ingemmet

Equipo de investigación:

Angel Gonzalo Luna Guillen

Segundo Núñez Juárez

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2024). *Evaluación de peligros geológicos por flujo de detritos en las quebradas Mamallica, San Luis y San Alberto , distrito y provincia de Oxapampa, departamento Pasco*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A, 32 p.

ÍNDICE

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. Objetivos del estudio	6
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	6
1.4. Aspectos generales.....	10
1.4.2. Accesibilidad	10
1.4.3. Población y viviendas	10
1.4.1. Clima	12
2. DEFINICIONES	12
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	14
3.1. Unidades Litoestratigráficas	14
3.2. Depósitos superficiales	16
3.2.1. Depósito coluvio – deluvial	16
3.1.1. Depósito proluvial.....	18
3.1.1. Depósito aluvial.....	18
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	22
4.1. Pendientes del terreno	22
4.2. Unidades geomorfológicas	27
4.2.1. Unidad de montaña	27
4.2.2. Unidad de piedemonte	28
4.2.3. Unidad de valle.....	28
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	30
5.1. Movimientos en masa	30
5.2. Peligros Geohidrológicos	38
5.3. Factores condicionantes	38
5.4. Factores desencadenantes	40
5.5. Factores Antrópicos	41
6. CONCLUSIONES	43
7. RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFÍA:	47
ANEXO 1	48

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos, tipo flujos de detritos, canalizados en las quebradas San Luis, San Alberto y Mamallica, distrito y provincia de Oxapampa, departamento Pasco. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos, para los tres niveles de gobierno.

El área geográfica de estudio corresponde a tres quebradas, citadas anteriormente, drenan y recorren cercanamente a los barrios "La Esperanza"; "Alto Perú", "La Mina", "El Aserradero" y gran parte del área Urbana de Oxapampa.

Dichas quebradas se encuentran circunscritas por montañas sedimentarias de la Formación Sarayaquillo, constituido por secuencias conglomerádicas que contienen clastos plutónicos como el monzogranito y el sienogranito y en menor medida calizas y andesitas. También se tiene secuencias del Grupo Oriente, conformadas por areniscas cuarzosas las cuales muestran un alto grado de meteorización y fracturamiento. Así mismo y en menor proporción aflora el intrusivo San Ramón.

Estas formaciones litológicas modelan y conforman cadenas montañosas tanto sedimentarias e ígneas. Cabe mencionar que las vertientes de estas montañas se encuentran disectadas por el cauce de las quebradas.

Las montañas se encuentran cubiertas por depósitos coluvio-deluviales conformados por fragmentos líticos de origen sedimentario e ígneo, angulosos a subangulosos, con diámetros de hasta 1.5 m, envueltos en una matriz de arenas, limos y arcillas.

Los cauces de las quebradas San Alberto, San Luis y Mamallica contienen materiales proluviales, que constituyen vertientes aluvio-torrenciales.

La Quebrada San Alberto, con una longitud de aproximadamente 5 km, muestra una pendiente suave de 5° y está cerca de los barrios "Alto Perú", "La Mina", "El Aserradero" y "La Esperanza". La Quebrada San Luis, con una longitud de unos 8 km, tiene una pendiente moderada de 8° y desciende gradualmente hasta llegar a 5° cerca del barrio "La Esperanza". En contraste, la Quebrada Mamallica, con una longitud de unos 4 km, presenta una pendiente pronunciada de 42° (debido a la presencia de saltos y sobre saltos tipo caída de agua o cataratas locales), que luego disminuye a pendientes moderadas de 10° y 5° antes de llegar a su confluencia con los ríos Llamaquizu y Chorobamba. Se debe tener en cuenta que la longitud de las quebradas mencionadas corresponde a la extensión de estudio alcanzada en el presente informe, entendiéndose que la longitud de las quebradas es mayor si se tiene en cuenta la cabecera y el desemboque de cada una de ellas en la terraza aluvial del río Chorobamba, donde se sitúa la mayor área urbana de Oxapampa.

Para la cartografía de los peligros geológicos, como los flujos de detritos e inundaciones subsecuentes desencadenados por las quebradas estudiadas, se empleó la evidencia geomorfológica y geodinámica antecedente, apoyado de un modelo numérico basado en los caudales promedio y el tiempo de retorno de 50 años, estimados por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en su informe "Ficha referencial de identificación de punto crítico del río San Luis en el distrito y provincia de Oxapampa – Pasco".

Este modelo sugiere que los flujos de detritos, con una concentración del 40% de sólidos, se canalizarían a través de las quebradas, desbordándolas en puntos sinuosos y afectando áreas urbanas, incluyendo calles, casas, caminos y zonas agrícolas. Además, se anticipa la

subsecuente inundación de aproximadamente 390 hectáreas en el área urbana de Oxapampa posterior a un flujo de detritos de esta magnitud.

Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y de geodinámica externa, se determina que los alrededores de las quebradas San Luis, San Alberto y Mamallica, así como parte del área urbana de Oxapampa, presenta **Peligro Alto** por movimientos en masa, tipo flujo de detritos.

Por todo lo expuesto anteriormente, se recomienda implementar sistemas de monitoreo de lluvias y niveles de agua en las quebradas, realizar actividades periódicas de limpieza y descolmatación de los cauces para eliminar obstrucciones y permitir un flujo de agua más eficiente durante eventos de lluvia intensa, implementar barreras físicas de defensa ribereña, de las quebradas para contener y desviar los flujos de detritos lejos de áreas habitadas. Entre otras citadas en el presente informe.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) realiza la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, contribuyendo de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la municipalidad provincial de Oxapampa según Oficio N°052-2024-MPO, en el marco de nuestras competencias, se realizó una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros geológicos en las quebradas Mamallica, San Luis y San Alberto.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Gonzalo Luna Guillen y Segundo Núñez Juárez, realizar la evaluación de peligros geológicos, el día 09 de abril del 2024.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres y aéreas), la cartografía geológica y geodinámica, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone a consideración de la Municipalidad provincial de Oxapampa y entidades encargadas en la Gestión del Riesgo de Desastres, donde se proporcionan resultados de la evaluación y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

- a) Evaluar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa, tipo flujo de detritos canalizados en las quebradas Mamallica, San Luis y San Alberto, que comprometen viviendas e infraestructura.
- b) Determinar los factores condicionantes que influyen en la ocurrencia de dichos peligros geológicos por movimientos en masa y otros peligros que resulten relevantes.
- c) Proponer medidas de mitigación ante peligros geológicos evaluados en la etapa de campo.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Entre los principales estudios realizados en los alrededores del área de evaluación, se tiene la siguiente información:

- A. Informe de proyecto INDECI-PNUD 2011., PER/02/051 PROGRAMA DE CIUDADES SOSTENIBLES “Mapa de peligros, plan de usos del suelo ante desastres y medidas de mitigación de la ciudad de Oxapampa” en este informe se exponen las áreas de peligros, vulnerabilidad y riesgo en el casco urbano de la ciudad de Oxapampa, sirve como referente de la estimación de riesgos, y con los cuales refrendar las zonas de peligro evaluado en la inspección.(figuras 1, 2 y 3)

estudio de este informe se puede rescatar la descripción geológica que será cotejada con la descripción de los últimos trabajos en campo y trabajos antecesores, así este informe describe el cauce, que está compuesto por botonería conformados por cantos (diámetros de hasta 0.2 m) y bloques (diámetro entre 0.8 a 1 m), el talud de la margen derecha presenta afloramientos rocosos, cubiertos por partes conformados por material de arrastre con texturas limo arenosos, y gravosos cubiertos por pastos y especies arbóreas.

- A) Boletín N° 72, Serie C, Peligro geológico en la región Junín (Luque et al., 2020). Describe los peligros geológicos en la región, así mismo realiza el mapa de susceptibilidad en la misma, donde se observa que las laderas que rodean el área de estudio y sus alrededores se encuentran en **terrenos de Muy Alta y Alta susceptibilidad** (figura 4). El mismo que se válida la ocurrencia y cartografía de peligro geológico.

Entendiéndose, la susceptibilidad a movimientos en masa, como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos.

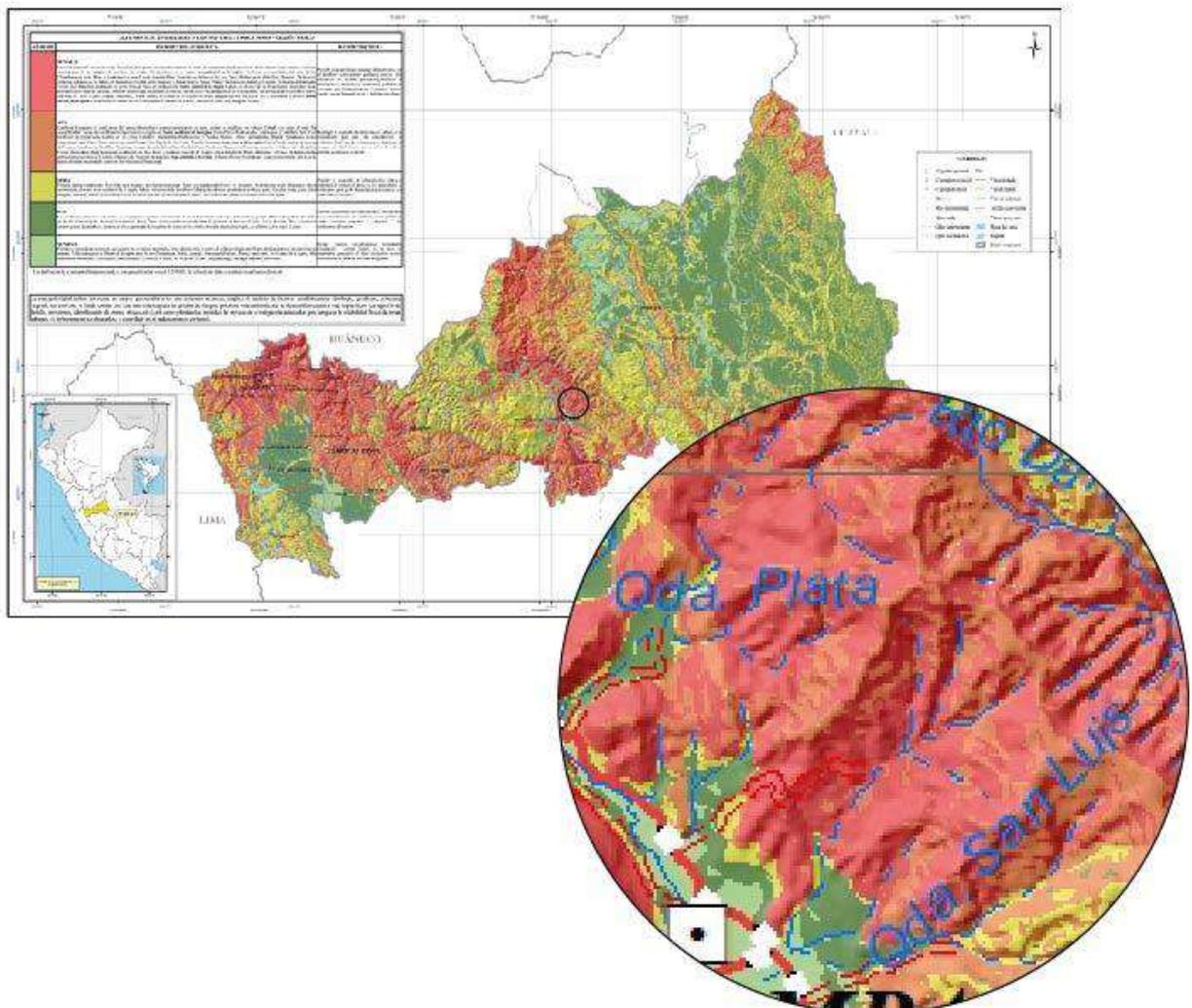


Figura 4. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la región Junín. Fuente Luque, 2020.

1.4. Aspectos generales

1.4.1. Ubicación

Geográficamente el área de inspección correspondiente a las áreas de influencia de las quebradas San Luis, San Alberto y Mamallica, situadas en la margen derecha del río Chorobamba, parte central y oriental de la región Pasco (figura 5).

Políticamente se encuentra en el distrito y provincia de Oxapampa, limitando con los distritos al norte con Huancabamaba, al sur con San Luis de Shuaro (provincia Chanchamayo), por el este los distritos de Palcazú y Villa Rica y al oeste Chontabamaba.

La altura aproximada de la ciudad de Oxapampa, por donde desembocan estas quebradas es de 1814 m ; a partir de la cual se elevan hacia las montañas llegando a unos 2300 m.

Tabla 1. Coordenadas del área evaluada

Vértice	UTM - WGS84 - Zona 18S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
Quebrada Alberto	457082.00 m E	8830747.00 m S	-10.577156°	-75.392313°
Quebrada San Luis	457342.00 m E	8830307.00 m S	-10.581138°	-75.389941°
Quebrada Mamallica	458318.00 m E	8827438.00 m S	-10.607097°	-75.381052°

1.4.2. Accesibilidad

El acceso a la zona de estudio se realizará por vía terrestre desde la oficina central de Ingemmet (Lima), hasta la localidad de Oxapampa mediante la siguiente ruta (cuadro 1):

Cuadro 1. Rutas y accesos al área evaluada.

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Ingemmet – Oxapampa	Asfaltada/Trocha carrozable	450	11 hrs

1.4.3. Población y viviendas

N° de Habitantes:

Según el censo nacional del año 2017, XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas, INEI, la ciudad de Oxapampa cuenta con un total de 10887 habitantes; considerando una tasa de crecimiento anual de 1%, al 2019 esta asciende a 11106 habitantes.

N° de viviendas:

El área expuesta directa e indirectamente, es de aproximadamente 55 ha , y abarca un total de 1561 pobladores, pertenecientes a las urbanizaciones Las Margaritas, San Luis, La esperanza, Miraflores, 20 de noviembre, Pradera Azul y Divina Esperanza entre otros.

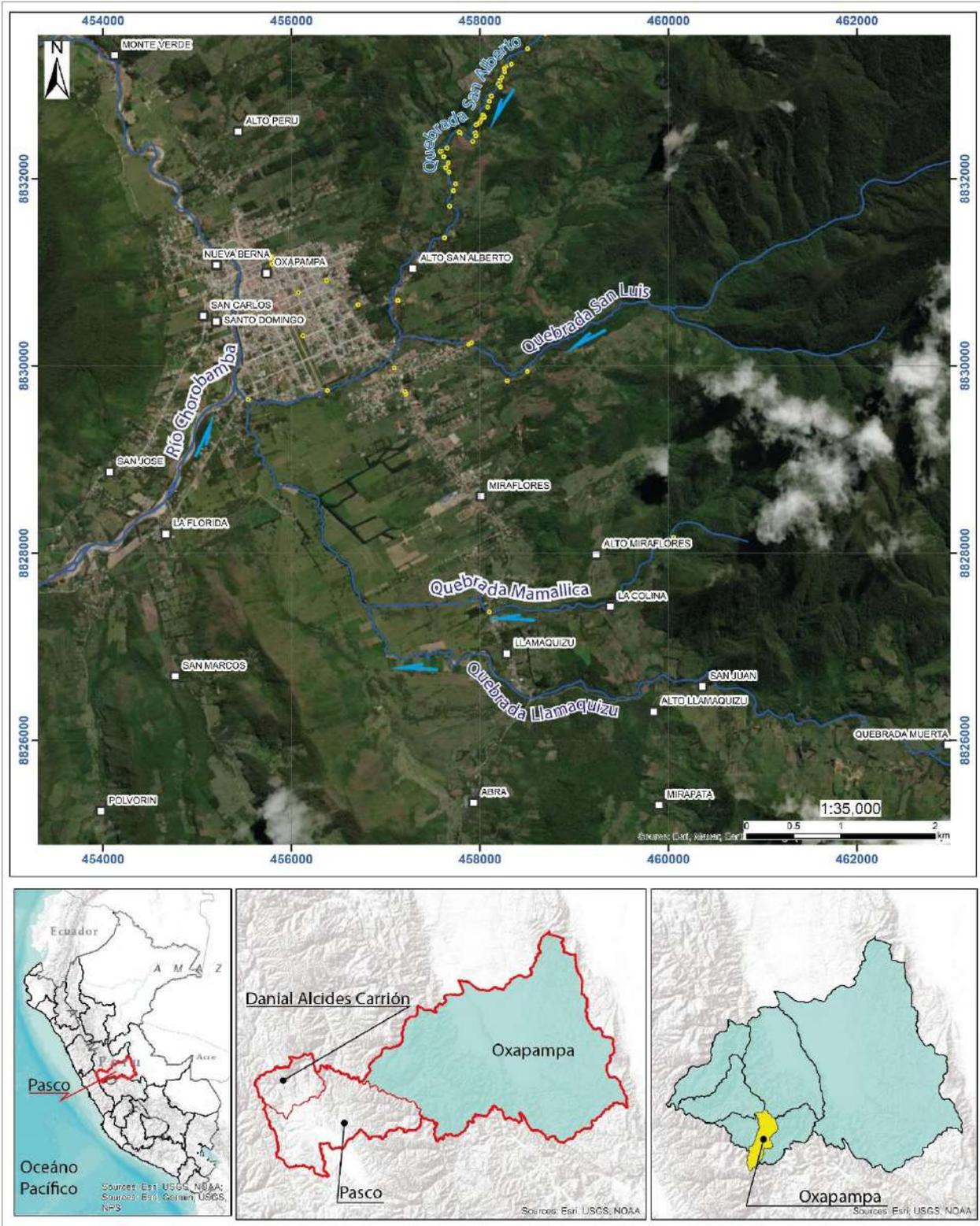
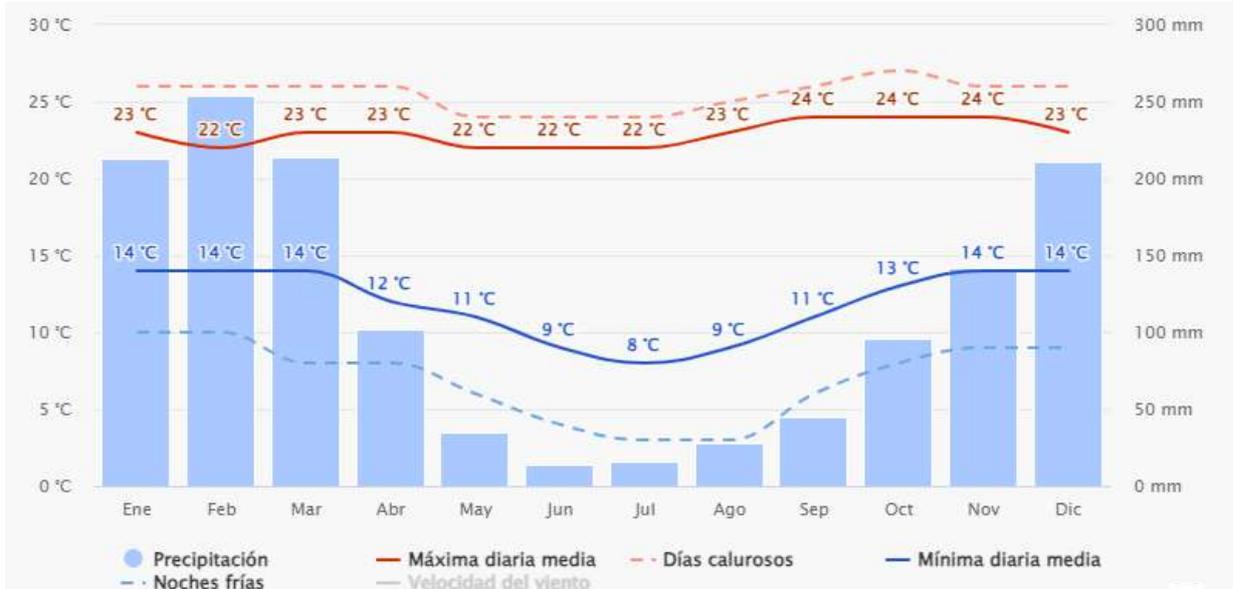


Figura 5. Mapa de ubicación del área evaluada (Quebrada San Luis, San Alberto y Mamallica).

1.4.1. Clima

En el área de estudio se presentan precipitaciones fuertes, siendo lo normal (según los datos de estaciones cercanas) 2000 mm, o menos al año en época lluviosa (octubre a marzo). Para la época seca entre abril a septiembre, difícilmente existen dos semanas de lluvias (según fuente ANA). La precipitación promedio anual es de 1382.33 mm/año

Gráfico 1. Este gráfico muestra la cantidad media de precipitaciones y temperatura por mes para Oxapampa.



2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, no necesariamente geólogos; en el cual se desarrollan diversas terminologías y definiciones vinculadas a la identificación, tipificación y caracterización de peligros geológicos, para la elaboración de informes y documentos técnicos en el marco de la gestión de riesgos de desastres. Todas estas denominaciones tienen como base el libro: "Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas" desarrollado en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

Activo: Movimiento en masa que actualmente se está moviendo, bien sea de manera continua o intermitente.

Factor condicionante: Se refiere al factor natural o antrópico que condiciona o contribuye a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituye el evento detonante del movimiento.

Factor detonante: Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

Flujo: Movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes,

1978). Existen tipos de flujos como flujos de lodo, flujos de detritos (huaicos), avalanchas de rocas y detritos, crecida de detritos, flujos secos y lahares (por actividad volcánica).

Flujo de detritos (huaico): Flujo con predominancia mayor de 50% de material grueso (bloques, gravas), sobre los finos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada.

Flujo de lodo: Tipo de flujo con predominancia de materiales de fracción fina (limos, arcillas y arena fina), con al menos un 50%, y el cual se presenta muy saturado.

Formación geológica: Unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por presentar propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

Fractura: Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan. Los rangos de fracturamiento rocoso, dependiendo del espaciamiento entre las fracturas, pueden ser: maciza, poco fracturada, medianamente fracturada, muy fracturada y fragmentada.

Meteorización: Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes. Los rangos de meteorización se clasifican en: roca fresca, ligeramente meteorizada, moderadamente meteorizada, altamente meteorizada, completamente meteorizada y suelo residual.

Movimiento en masa: Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991). Estos procesos corresponden a caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, entre otros. Sin.: Remoción en masa y movimientos de ladera.

Peligro o amenaza geológica: Proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Susceptibilidad: La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

Velocidad: Para cada tipo de movimiento en masa se describe el rango de velocidades, parámetro importante ya que ésta se relaciona con la intensidad del evento y la amenaza que puede significar. De acuerdo con Cruden y Varnes (1996), las escalas de velocidades corresponden a: extremadamente lenta, muy lenta, lenta, moderada, rápida, muy rápida y extremadamente rápida.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología se desarrolló en base a la información obtenida en campo, apoyada en la memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Oxapampa – hoja 26-m, (De La Cruz & Raymundo.,2003), a escala 1/50 000, donde se presentan rocas sedimentarias del Paleozoico y depósitos Cuaternarios, estos materiales a través de la cartografía y en base a la interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas se completa en el mapa geológico, presentado en el mapa 1: Anexo 1.

3.1. Unidades Litoestratigráficas

La principal unidad litoestratigráfica que aflora en la zona de estudio, corresponde a la Formación Sarayaquillo, el Grupo Oriente entre otros

3.1.1. Formación Sarayaquillo (Cp-t2)

La parte basal corresponde una secuencia conglomerádicas con litoclastos de rocas plutonitas del tipo monzogranito y sienogranito en mayor proporción, subredondeada a sub angulosas en una matriz areno-limosa de tonalidad rojiza, los otros clastos corresponden a calizas y andesitas gris verdosas, se le encuentra los cortes de tochas carrozables que ascienden por las quebradas Mamallica, San Luis y San Alberto (fotografía 1).

Estas rocas conglomeráticas se meteorizan por la presencia de abundante vegetación debido a que las raíces de las plantas penetran en las grietas (meteorización biológica), permitiendo la entrada de agua y aire. Esto fragmenta las rocas, exponiéndolas más a la intemperie. Además, la materia orgánica de la vegetación acidifica el agua, acelerando la erosión química. Así, la actividad biológica y los procesos físico-químicos colaboran en la rápida meteorización de estas rocas, considerándolas moderadamente a muy meteorizadas (Más del 50% esta descompuesto y/o desintegrado a suelo, roca fresca o descolorida está presente como testigos descompuestos).ver fotografía 2 y 3.

3.1.1. Grupo Oriente (Ki-o)

Este Grupo se encuentra conformado en la base por areniscas conglomeradicos de color blanco y rojo, hacia la parte media se encuentra niveles de lutitas verdes y al tope areniscas blancas con laminaciones de canal.

Se pone en contacto con la Formación Sarayaquiyo por una falla inversa que corta transversalmente las quebradas San Luis y San Alberto, por ello se interpreta que estas rocas además de un grado de meteorización alto poseen un grado de fracturamiento denominado “Muy fracturado” (Fracturas muy próximas entre sí, que se separan en bloques tabulares)



Fotografía 1. Afloramiento de conglomerados de la Formación Sarayaquillo, cubiertos por vegetación en la carretera de acceso a la parte alta de la quebrada San Alberto. (Coordenadas UTM, WGS 84, 18s, X: 457711.41, Y: 8832521)



Fotografía 2. Afloramiento de conglomerados de la formación Sarayaquillo, altamente meteorizados

en la carretera de acceso a la parte alta de la quebrada San Alberto.(Coordenadas UTM, WGS 84, 18s, X: 457722.41, Y: 8832544).



Fotografía 3. Bloques conglomerádicos proveniente de la Formación Sarayaquillo, en el cauce de la quebrada San Alberto.(Coordenadas UTM, WGS 84, 18s, X: 457722.41, Y: 8832544).

3.1.1. Unidad San Ramón (PsTi-sr/gr)

Aflora en la parte sur del cuadrángulo de Oxapampa y en la cabecera de las quebradas San Luis y San Alberto, conformado principalmente de monzogranitos y sienogranito que se evidencian en el cauce de las quebradas como bloques arrastrados por la corriente.

3.2. Depósitos superficiales

3.2.1. Depósito coluvio – deluvial

Este depósito se presenta en las laderas que delimitan las quebradas Mamallica, San Alberto y San Luis, compuesto por fragmentos líticos de origen sedimentario e ígneo, angulosos a subangulosos con diámetros de hasta 1.5 m, envueltos en una matriz de arenas, limos y arcillas. Se han originado por meteorización y destrucción mecánica de las rocas preexistentes, así como por deposición gravitacional y aguas de escorrentía superficial, produciéndose acumulaciones en la base de las laderas (fotografía 4 y 5).

Los depósitos observados en campo son de estructura masiva y poroso, heterogéneas en su composición, muy variable de sus propiedades mecánicas y espesores. Están sueltos y algunos lugares muy poco consolidados.



Fotografía 4. Depósito coluvio - deluvial, compuesto por bloques sedimentarios, inmersos en matriz de arenas, limos y arcillas.(Coordenadas UTM, WGS 84, 18s, X: 457752.41, Y: 8832525).



Fotografía 5. Depósito coluvio - deluvial, compuesto por bloques sedimentarios, inmersos en matriz de arenas, limos y arcillas.(Coordenadas UTM, WGS 84, 18s, X: 457752.41, Y: 8832525).

3.1.1. Depósito proluvial

Son depósitos originados por transporte de material de las quebradas San Luis, San Alberto y Mamallica, es decir por acarreo de huaicos provenientes desde la parte alta, formando abanicos proluviales interpuestos con depósitos aluviales en la parte baja (sector poblado de Oxapampa)

Los depósitos , están conformados por bloques subangulosos a subredondeados, debido al transporte que sufren en su recorrido, además se compone de gravas, arenas, limos y arcillas. Se presentan sueltos y poroso. (fotografía 6 y 7)

3.1.1. Depósito aluvial

Depósito formado por acumulación de material acarreado por el río Chorobamba en temporada de crecidas. Está conformado por material heterométrico de bloques, gravas, arenas y limos redondeados, es sobre este depósito que se sitúa la mayor parte urbana de la ciudad de Oxapampa

Actualmente, estos depósitos son utilizados para el desarrollo de cultivo y urbano, también se pueden observar estos en las márgenes de las quebradas Mamallica, San Luis y San Alberto. (fotografía 8 y 9).



Fotografía 6. Depósito proluvial en la quebrada San Alberto. Coordenadas UTM, WGS 84, 18s, X: 457264.93, Y: 8831251.49).



Fotografía 7. Depósito proluviales en la quebrada San Luis. Coordenadas UTM, WGS 84, 18s, X: 458257.12, Y: 8829974.87).



Fotografía 8. Depósitos aluviales cercanos a la desembocadura de la quebrada San Luis. Coordenadas UTM, WGS 84, 18s, X: 458343.11, Y: 8830067.48).



Fotografía 9. Depósitos fluviales cercanos a la desembocadura de la quebrada San Luis. Coordenadas UTM, WGS 84, 18s, X: 458343.11, Y: 8830067.48).

Tomando valores antecedentes (ANA - "Ficha referencial de identificación de punto crítico del río San Luis en el distrito y provincia de Oxapampa – Pasco").de calicatas realizadas en la terraza aluvial, cercanas a la quebrada San Luis, veremos que a profundidades de 1.5 m tenemos suelos gravosos pobremente graduados con limos y arcillas (GP-GM). Ver tablas 2 y 3.

Tabla 2. Características geotécnicas de 4 calicatas de trabajos referenciales.

TIPO DE SONDAJE	UBICACIÓN (COORDENADAS)	PROF (m)	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
Calicata C1 derecha	456124.13 m E 8829889.30 m N	1.5	En la Superficie se tiene cobertura vegetal sobre material orgánico con arena limosa y raíces de plantas, bajo las cuales se haya suelo de partículas gruesas con finos – gravas limosas con arena, además existen cantos rodados con tamaños de hasta 6.35 cm (GM), la presencia del nivel freático está a 0.70 m de profundidad
Calicata C-2 Derecha	456407.08 m E 8829737.21 m N	1.5	En la superficie se tiene cobertura vegetal sobre material orgánico con arena limosa con raíces de plantas, bajo las cuales el suelo se conforma de partículas gruesas como grava mal gradada con arena, existen cantos de hasta 5 cm pulgadas de tamaño (GP), la presencia del nivel freático está a 0.5 m de profundidad

Calicata C-3 Izquierda	456735.50 m E. 8829891.98 m N	1.5	En la superficie se tiene cobertura vegetal sobre material orgánico con arenas limosa y raíces de plantas, bajo las cuales el suelo se conforma de partículas gruesas de grava mal gradada con limo, arena y bloques conformados por cantos de tamaños de hasta 5 cm (GP-GM), la presencia de nivel freático está a 0.8m
Calicata C-4 derecha	456923.58 m E. 8829988.42 m N	1.2	Cobertura de materiales como gravas limosas en una potencia de 0.40 m, bajo las cuales se tienen suelo de partículas gruesas de gravas mal gradadas y arenas, además existen cantos rodados de hasta 5 cm de diámetro (GP), la presencia de nivel freático está a 0.70 m de profundidad.

Fuente: Ficha referencial de identificación de punto crítico del río San Luis en el distrito y provincia de Oxapampa – Pasco, Mediante el Oficio N° 076-2022-MPO

Tabla 3. Resumen de las características geotécnicas de 4 calicatas de trabajos referenciales

Calicata	Prof(m)	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	SUCS	AASHTO	Descripción
C-1	1.5	23.08	46.42	30.51	GM	A-2-4 (0)	Suelo de partículas gruesa con arenas y bloques
C-2	1.5	26.51	71.57	1.92	GP	A-1 a(0)	Suelos de partículas gruesas – grava mal gradada con arena y bloques
C-3	1.5	44.39	49.74	5.86	GP-GM	A-1- a(0)	Suelos de partículas gruesas – grava mal gradada con limo-arenas y bloques
C-4	1.5	44.57	51.62	3.81	GP	A-1-a(0)	Suelos de particulares gruesas – grava mal grada con arenas y bloques

Fuente: Ficha referencial de identificación de punto crítico del río San Luis en el distrito y provincia de Oxapampa – Pasco, Mediante el Oficio N° 076-2022-MPO

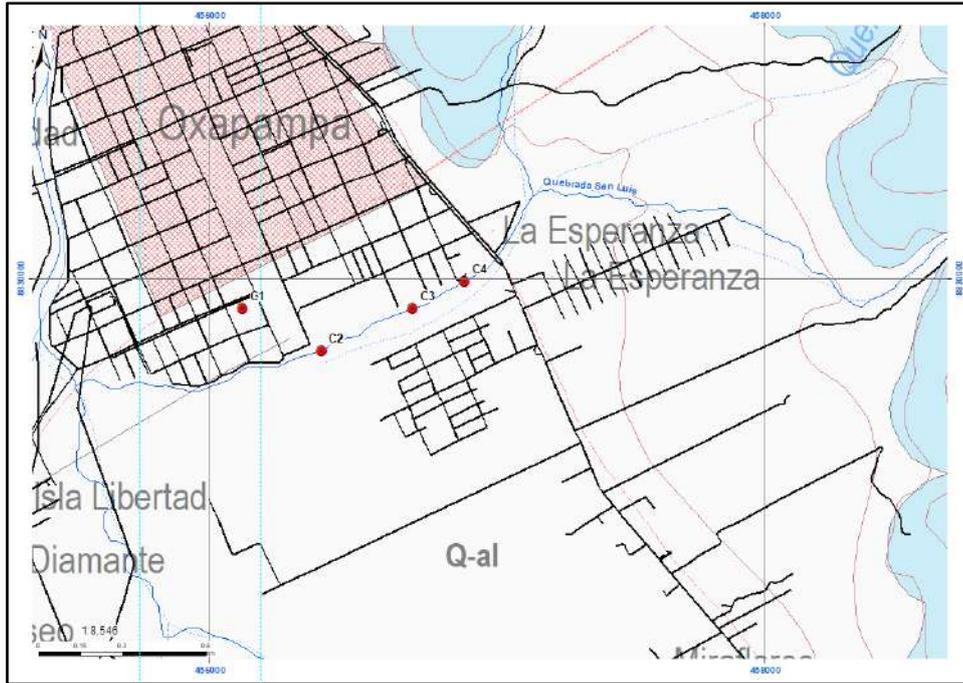


Figura 3. Ubicación referencial de las calicatas ubicadas en la ficha referencial de identificación de punto crítico del río San Luis en el distrito y provincia de Oxapampa – Pasco, Mediante el Oficio N° 076-2022-MPO.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

4.1. Pendientes del terreno

La pendiente del terreno es un parámetro importante en la evaluación de procesos por movimientos en masa; ya que actúa como uno de los factores condicionantes y dinámicos en la generación de movimientos en masa.

Se analiza 5 rangos de pendientes que van de 0°-1° considerados terrenos de pendiente muy baja; 1°a 5° terrenos de pendiente baja; 5°a 15° pendiente moderada; 15°a 25° pendiente fuerte; 25°a 45°pendiente muy fuerte a escarpado; finalmente, mayor a 45° terreno con pendiente muy escarpado o abrupto.

En la figura 4 se muestra el mapa de pendientes en los alrededores del CP de Oxapampa, elaborado en base al modelo de elevación digital alos palsar de 12.5 m/px, y cuyos valores se resumen en el cuadro 2.

Cuadro 2. Rangos de pendiente identificados en el área evaluada.

RANGO	DESCRIPCIÓN	SECTOR	UNIDAD GEOMORFOLÓGICA
0°-1°	Pendiente muy baja	En el área urbana de Oxapampa, el rango de pendientes entre 0° y 5° se observa de forma intermitente. Principalmente se encuentra ocupado por construcciones y edificaciones, mientras que los terrenos destinados a cultivos son menos comunes en esta área. Esto sugiere que la topografía relativamente plana favorece el desarrollo urbano, con la	Terraza aluvial

		agricultura ocupando un papel secundario en comparación con las actividades urbanas y de construcción.	
1°-5°	Pendiente baja	En el valle en las márgenes del río Chorobamba y Llamaquizu, el rango de pendientes entre 1° y 5° ocupa la mayor área. Esta zona de pendientes suaves es predominante en el valle, lo que la convierte en un área propicia tanto para actividades agrícolas como para el asentamiento humano. La topografía relativamente plana facilita la agricultura y la construcción de infraestructuras, lo que probablemente haya impulsado el desarrollo de comunidades y la actividad agrícola en esta área	Terraza aluvial
5°-15°	Pendiente moderada	El rango de pendiente de 5 a 15 grados se presenta en menor área, concentrándose principalmente en los cursos de las quebradas San Alberto, San Luis y Mamallica, especialmente en su desembocadura en los ríos Chorobamba y Llamaquizu. Esta zona con pendientes moderadas a pronunciadas suele encontrarse en áreas cercanas a los ríos, donde la erosión hídrica ha modelado el paisaje. Es posible que estas áreas sean menos propicias para la agricultura y el desarrollo urbano debido a su topografía más accidentada.	Piedemonte aluvio torrencial
15°-25°	Pendiente fuerte	Se presenta en las partes bajas de las laderas de montaña	Vertiente coluvio-deluvial.
25°-45°	Pendiente muy fuerte o escarpada	Se presenta en las partes medias - altas de las laderas	Montaña en roca sedimentaria.
>45°	Pendiente muy abrupta	Se presenta en las partes medias - altas de las laderas	Montaña en roca intrusiva.

De manera específica las pendientes en las quebradas se pueden describir de la siguiente manera:

Quebrada San Alberto: este perfil (figura 5) tiene una longitud aproximada de 5 km, muestra un terreno de pendiente baja de 5° que desciende de manera progresiva con la topografía, este perfil se observa la cercanía de los barrios de “Alto Perú”, “La Mina”, “EL Aserradero” y “La Esperanza”.

Quebrada San Luis: este perfil (figura 5) tiene una longitud aproximada de 8 km , muestra un terreno de pendiente moderado de 8° que desciende de manera progresiva con la topografía llegando a 5° en las cercanías del barrio “La Esperanza”.

Quebrada Mamallica: este perfil (figura 5) tiene una longitud aproximada de 4 km , muestra un terreno de pendiente fuerte de 42° (posiblemente por caídas de agua tipo cataratas y/o cobertura de vegetación que altera la realidad del modelo digital de elevaciones) que desciende de manera abrupta a pendientes moderadas de 10° y luego 5° reduciéndose hasta 2° en contacto con el río Llamaquizu y Chorobamba.

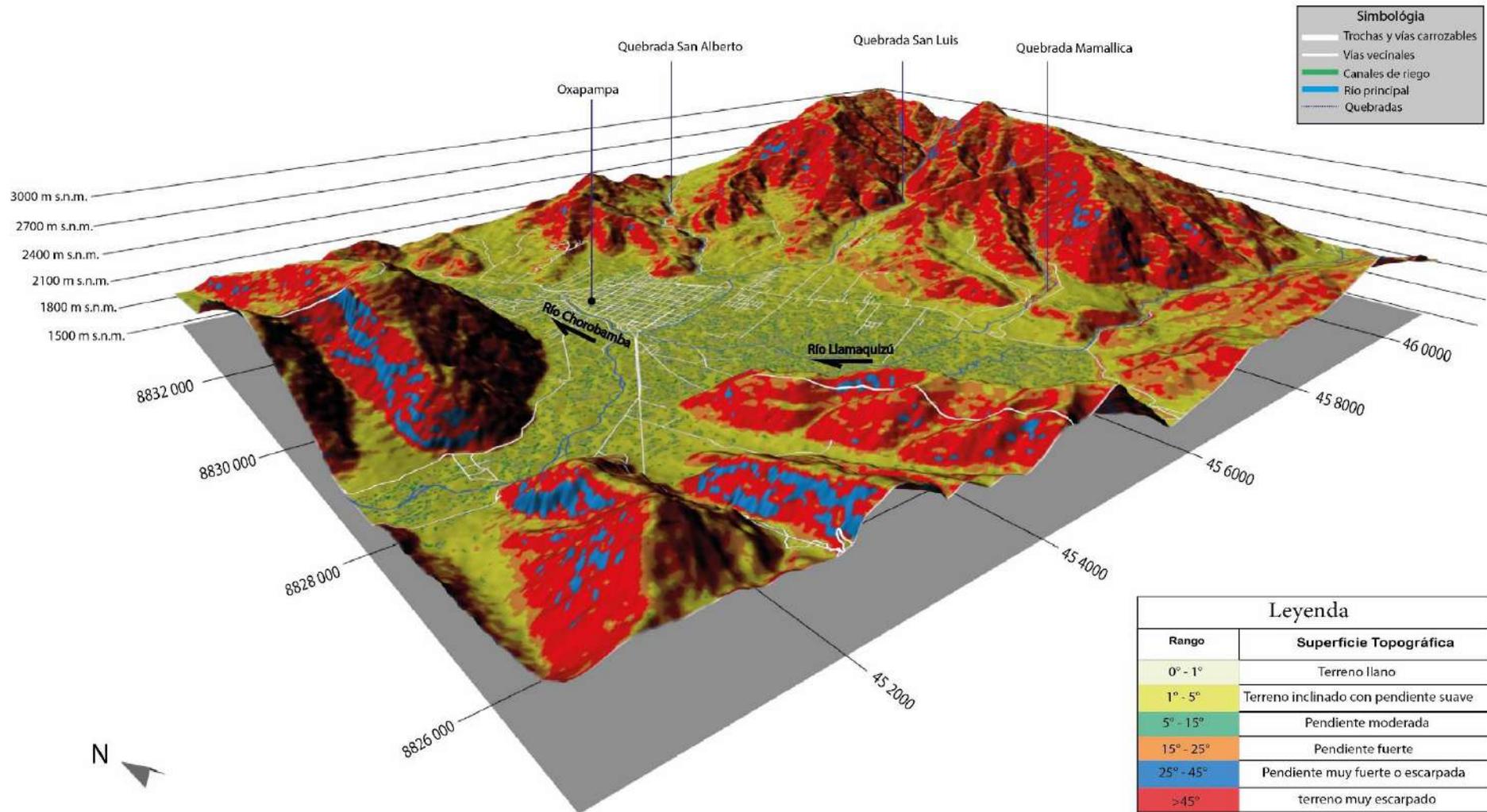


Figura 4. Representación 3 D de las pendientes en el área de estudio.

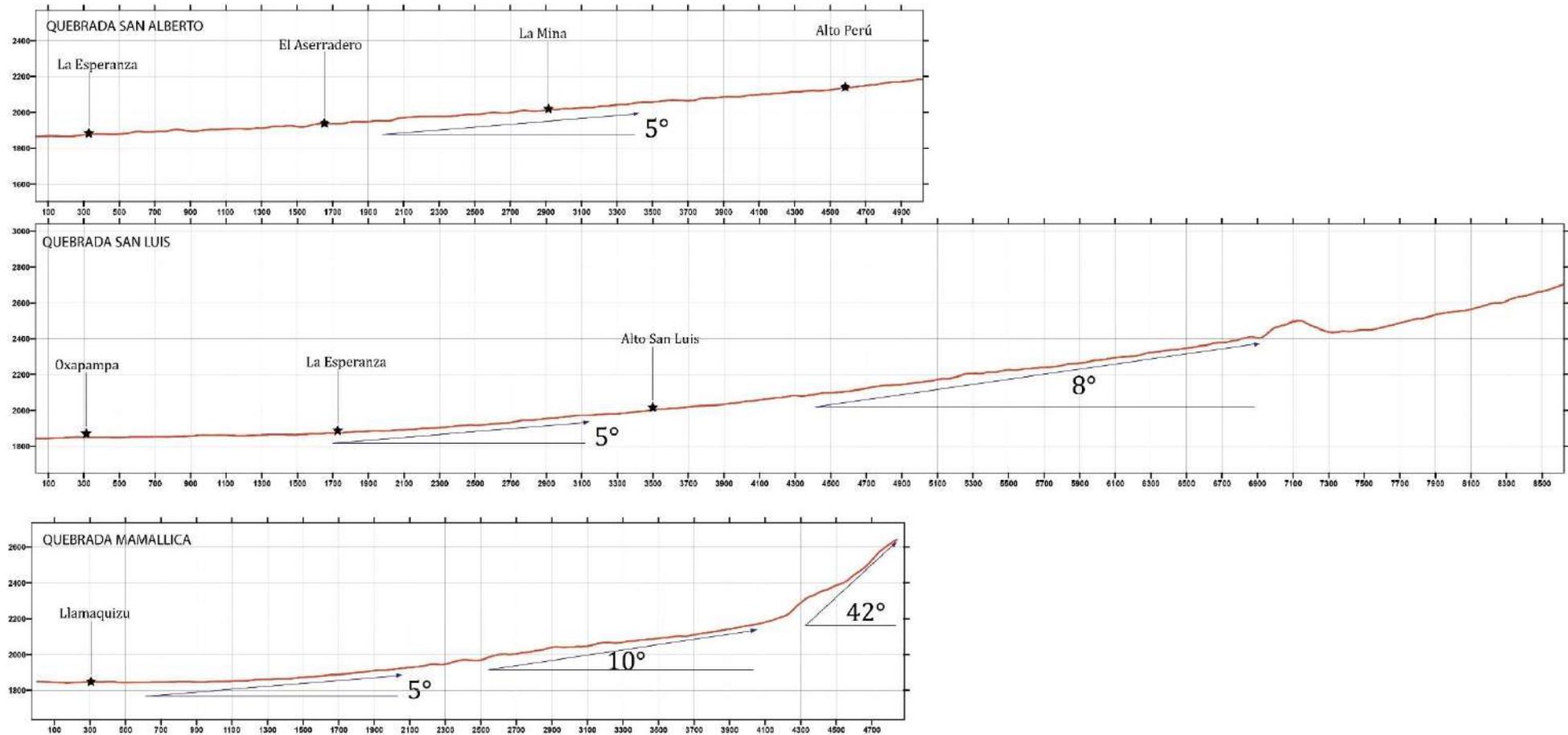


Figura 5. Perfil topográfico del cauce de las quebradas San Alberto, San Luis y Mamillica.

4.2. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades y subunidades geomorfológicas en el área de estudio se utilizó el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de aspectos de origen del relieve. Asimismo, para la delimitación de las subunidades, se consideró los límites de las unidades litoestratigráficas (afloramiento y substrato rocoso, así como depósitos superficiales) fotografía 10.

En el Mapa 3 (Anexo 1) se presentan las subunidades geomorfológicas identificadas en el área de estudio. Del mismo modo, en la figura 6, se muestra la morfología que alberga el terreno en los alrededores de Oxapampa-



Fotografía 10. Vista del actual relieve de la ciudad de Oxapampa

4.2.1. Unidad de montaña

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas con alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local, se tiene la siguiente subunidad:

Montaña en roca sedimentaria (ME-rs): Relieve modelado en secuencia sedimentaria de la Grupo Oriente y Formación Sarayaquillo. Por su composición litológica, las cimas de las montañas se muestran redondeadas; sin embargo, las laderas, debido a la ocurrencia de eventos antiguos y procesos de erosión, poseen una configuración accidentada, aunado a abundante vegetación, con pendientes muy variables que van de media (5° - 15°) a muy fuerte (25° - 45°) y escarpada ($>45^{\circ}$) en algunas zonas puntuales.

Montaña en roca intrusiva (ME-ri): Relieve modelado en secuencia intrusivas del plutón de San Ramón, conformado por monzogranitos y sienitas. Por su composición litológica, las cimas de las montañas se muestran agrestes; con laderas accidentadas, y rangos de pendientes que van desde muy fuerte (25° - 45°) y escarpadas ($>45^{\circ}$).

4.2.2. Unidad de piedemonte

Corresponde a la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afecta las unidades de montaña, generalmente se encuentran en las laderas y piedemonte, aquí se tienen:

Vertiente coluvial (V-cd): Corresponde a los paisajes originados por procesos gravitacionales, varían de pequeños a grandes dimensiones, probablemente detonados por lluvias excepcionales y/o prolongadas o actividad sísmica.

Esta geoforma se evidencia en las laderas bajas de las montañas sedimentarias e ígneas, en forma de derrumbes y caída de rocas (acumulación de material suelto en la ladera), desarrollados sobre pendiente fuerte (15°-25°) a muy fuerte (25°-45°). Es muy susceptible a la ocurrencia de nuevos eventos y/o reactivaciones.

Piedemonte aluvio proluvial (P-at): Las quebradas, San Luis, San Alberto y Mamallica están emplazada, sobre un piedemonte aluvio torrencial, en la margen derecha del río Chorobamba. Se origina a la altitud de 3500 m, y tiene un recorrido aproximado entre 4 y 8 km, que presentan pendientes promedio entre 2° y 10° (en el caso de la quebrada Mamallica se observa un cambio más abrupto de pendiente). En su cauce se halla gran cantidad de material suelto, producto de la actividad erosiva de las aguas de precipitación pluvial y escorrentías sobre rocas sedimentarias fracturadas y meteorizadas, así como el socavamiento del cauce de las quebradas y posteriores derrumbes y caídas que colmatan los cauces.

En la desembocadura forma un cono proluvial, donde actualmente se han desarrollado terrenos de cultivo y la urbe de Oxapampa.

4.2.3. Unidad de valle

Terraza aluvial: Son geoformas dispuesta en ambas márgenes del río Chorobamba. Presenta alta susceptibilidad ante aluviones, inundaciones y socavamiento lateral durante periodos de intensas precipitaciones "lluvias extraordinarias" y/o prolongadas.

Actualmente, sobre esta sub unidad se han desarrollado terrenos de cultivos y gran parte de la ciudad e Oxapampa.

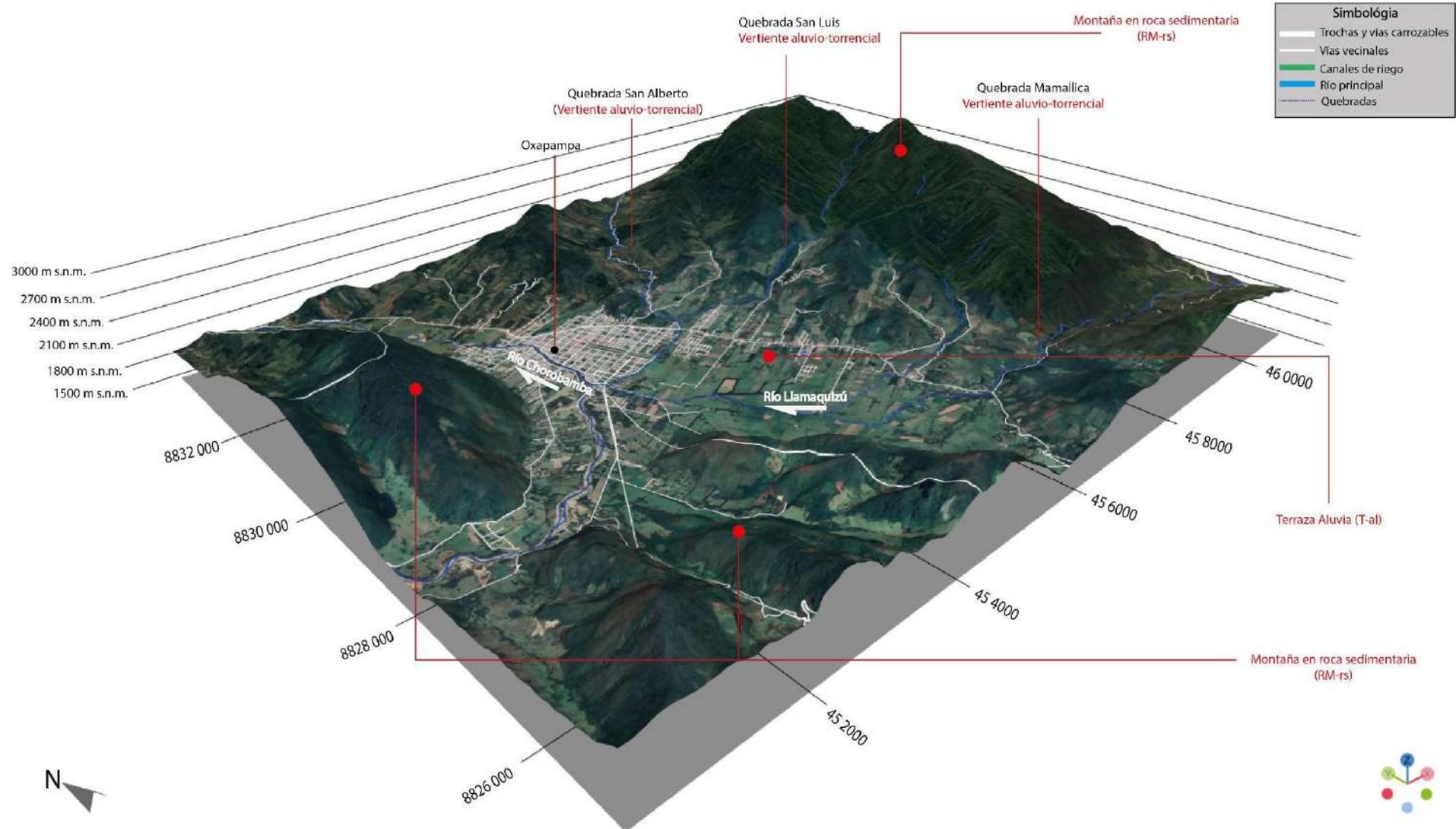


Figura 6. Vista tridimensional de la geomorfología en los alrededores de la ciudad de Oxapampa.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos identificados en las quebradas San Luis, San Alberto y Mamallica, corresponden a movimientos en masa de tipo flujos, específicamente flujos de detritos (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007). Estos peligros son resultado del proceso de modelamiento del terreno, coadyuvado por las condiciones del macizo rocoso (meteorización y fracturamiento) que incrementa el material detrítico en el cauce de las quebradas, depósitos de eventos antiguos (flujos pasados); así como, a la intervención antrópica (mala ubicación de viviendas cercanas al cauce) que incrementa la exposición al peligro (Anexo 1: Mapa 4). Para una mejor descripción en la figura 7 se detalla los peligros geológicos identificados en base a una simulación hipotética de flujos.

5.1. Movimientos en masa

5.1.1. Flujo de detritos.

Las quebradas San Luis, San Alberto y Mamallica presentan evidencias y antecedentes de flujo de detritos antiguos. Geomorfológicamente, estas quebradas muestran un amplio potencial de acumulación de detritos debido a la erosión constante de material en sus márgenes, que cuentan con paredes verticalizadas. Las pendientes de las tres quebradas - San Alberto (5°), San Luis (8°) y Mamallica (10°) - representan una inclinación favorable para la erosión, transporte y acumulación de material en sus cauces, lo que eventualmente puede provocar su colmatación.

Además, las quebradas San Alberto y San Luis, con características sinuosas y curvas abiertas, tienen un mayor potencial de erosión. Estas se unen en un punto para crear la quebrada "La Esperanza". Por otro lado, Mamallica también presenta un potencial significativo debido a su pendiente promedio mayor a 2° en comparación con las quebradas anteriores, lo que la hace más susceptible a la acción destructiva de futuros flujos de detritos.

A continuación, se llevó a cabo una simulación utilizando el software FLO-2D para entender el alcance de un flujo de detritos, centrándose en un período de retorno de 50 años, identificándolo como uno de los escenarios más críticos.

Para reconstruir un hidrograma unitario para cada tiempo de retorno en la quebrada San Luis y obtener un caudal máximo durante 24 horas, utilizamos valores específicos de caudal para diferentes tiempos de retorno proporcionados en la Ficha referencial de identificación de punto crítico del río San Luis publicados por la ANA (cuadro 3). Estos valores fueron fundamentales para la elaboración del hidrograma unitario y el cálculo del caudal máximo.

Una vez con estos datos, seguimos un proceso de varias etapas:

1. Obtención de datos de caudal: Utilizando los valores de caudal para diferentes tiempos de retorno proporcionados en la ficha referencial de la ANA citado anteriormente.
2. Construcción del hidrograma unitario: Esto implica la creación de un hidrograma unitario basado en las características de la cuenca y la distribución temporal del flujo (cuadro 4).
3. Escalamiento del hidrograma unitario según el tiempo de retorno deseado para obtener el hidrograma de diseño correspondiente y asignación de un porcentaje de volumen sólido para simular un flujo "No Newtoniano" con un porcentaje Cv:40%.

4. Una vez que se tuvo el hidrograma de diseño, se puede calcular el caudal máximo durante 24 horas integrando el hidrograma líquido y sólido a lo largo de ese período el mismo que se empleó para la simulación en las tres quebradas.

Cuadro 3 Caudales máximos en la quebrada San Luis.

Punto de interés	Caudales Máximos Instantáneos (m ³ /s) para diferentes TR						
	2	5	10	25	50	100	500
Sub cuenca Río Esperanza	13.5	29.1	41.8	59.0	74.3	89.5	126.6

Cuadro 4 Caudales para un hidrograma unitario en base a los caudales máximos en la quebrada San Luis (cuadro 3).

HRS/TR	25	50	100	500
0	0	0		0
1	2.45	3.095	3.72	5.25
2	4.9	6.19	7.45	10.5
3	7.35	9.28	11.18	15.75
4	9.8	12.38	14.91	21
5	12.25	15.47	18.64	26.25
6	14.7	18.57	22.37	31.5
7	17.15	21.66	26.1	36.75
8	19.6	24.76	29.83	42
9	22.05	27.85	33.56	47.25
10	24.5	30.95	37.29	52.5
11	26.95	34.04	41.019	57.75
12	59	74.3	89.5	126.6
13	26.95	34.04	41.019	57.75
14	24.5	30.95	37.29	52.5
15	19.6	27.85	33.56	47.25
16	17.15	24.76	29.83	42
17	14.7	24.66	26.1	36.75
18	12.25	18.57	22.37	31.5
19	9.8	15.47	18.64	26.25
20	7.35	12.38	14.91	21
21	4.9	9.28	11.18	15.75
22	2.45	6.19	7.5	10.5
23	0	3.09	3.72	5.25
24	0	0	0	0

Gráfico 2. Caudales para un hidrograma unitario en base a los caudales máximos en la quebrada San Luis (cuadro 4).

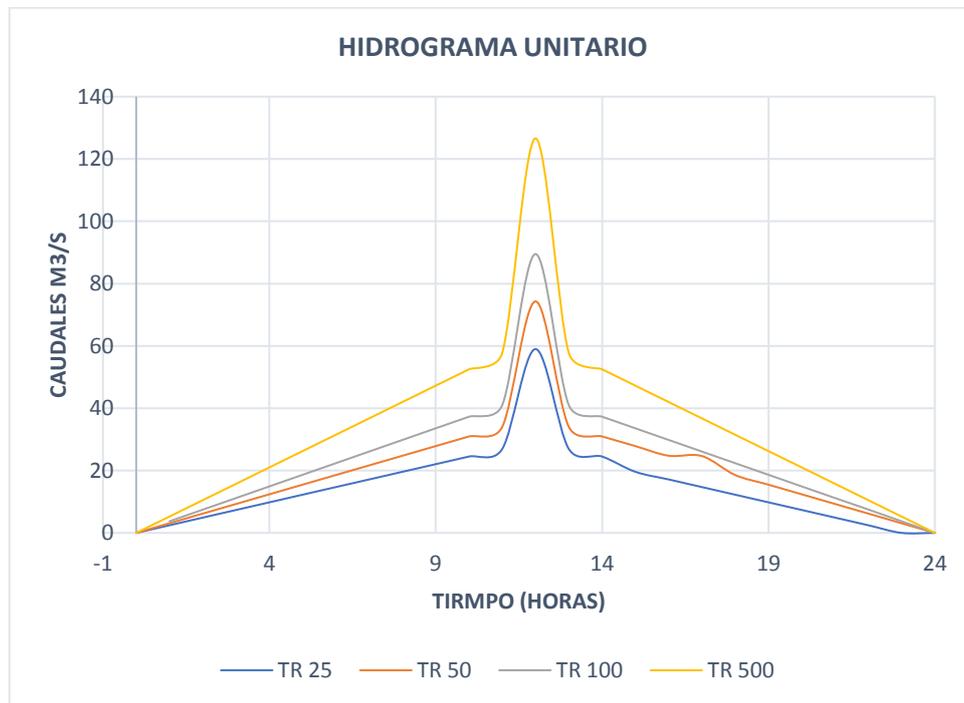
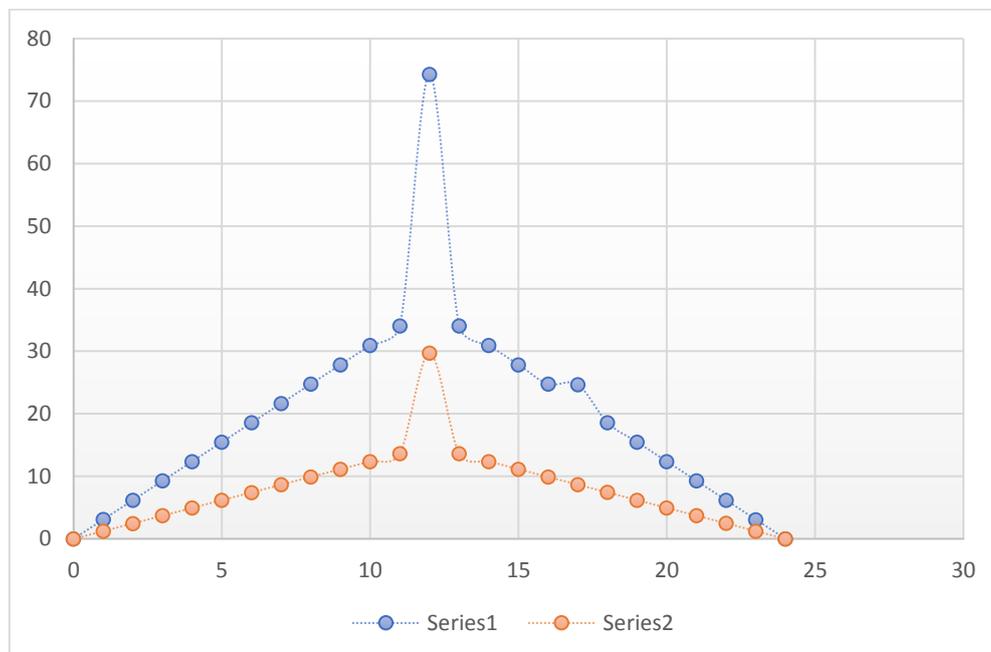


Gráfico 3. Caudales para un hidrograma unitario en base a los caudales máximos en la quebrada San Luis para un TR:50 años y una concentración de sólidos de 40% (cuadro 4).



Los resultados de la simulación se enmarcan de manera general en la figura 7 y se explican a continuación:

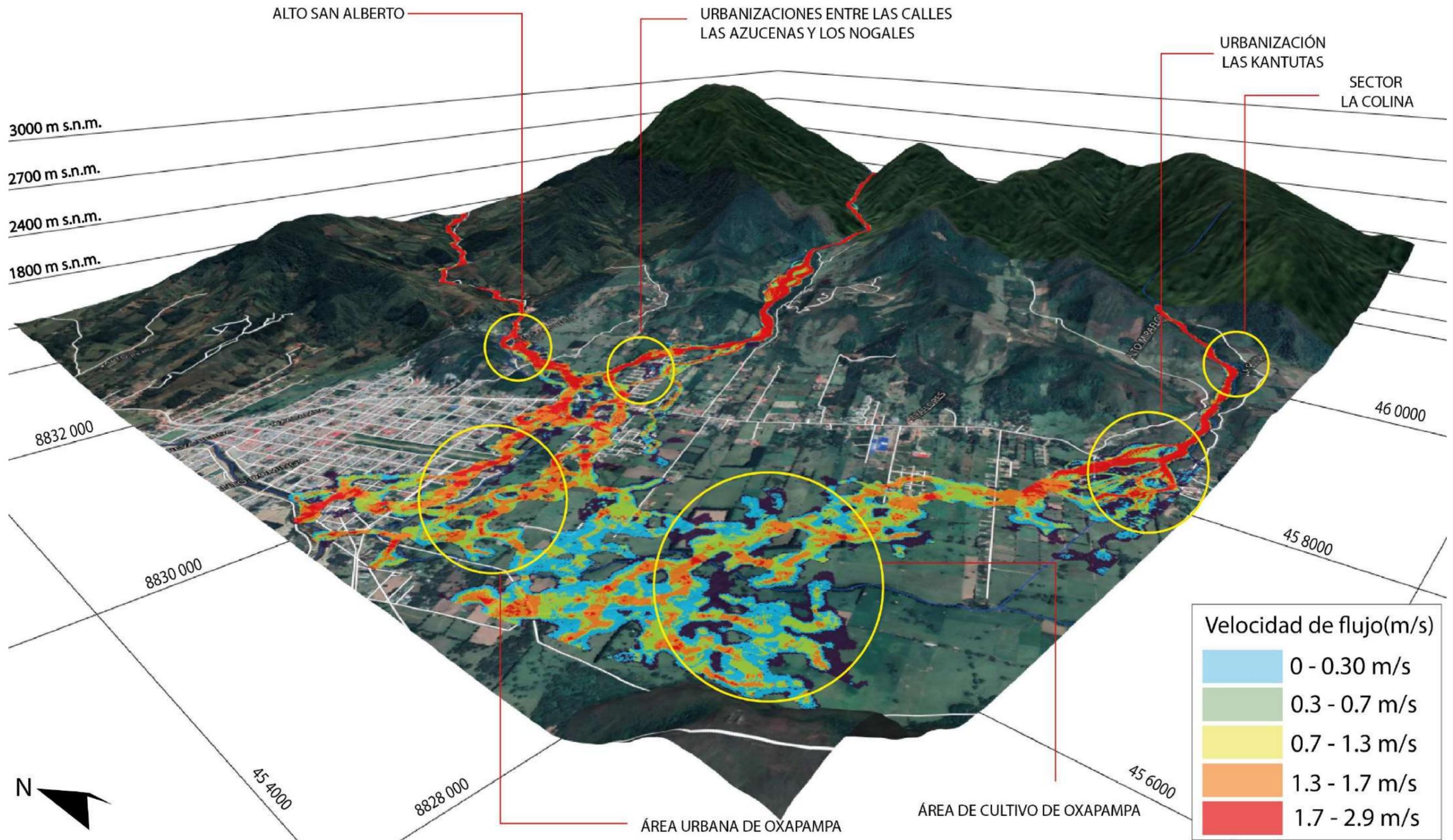


Figura 7. Peligros geológicos por flujo de detritos, los colores de tonalidades cálidas muestran mayor velocidad de flujo, mientras que los colores fríos representan zonas de inundación, (Simulación TR:50 años).

Según las simulaciones, se proyecta que el flujo de detritos canalizado por la quebrada San Luis descenderá a una velocidad promedio de 2 a 3 m/s. Alcanzará alturas de entre 1 y 2 m, llenando el cauce y sobrepasándolo en lugares sinuosos. Se estima que el punto de rebalse ocurrirá en las coordenadas X: 457060.22, Y: 8831087, lo que afectará al sector poblado de San Alberto. Desde allí, el flujo continuará su trayectoria, impactando las vías de acceso vehicular hasta unirse con el cauce de la Quebrada San Luis. Este evento afectará ambos márgenes del río que confluye con el río Chorobamba en aproximadamente 450 m transversales, causando daños a calles, viviendas y acumulación de material detrítico, además de inundaciones subsecuentes.

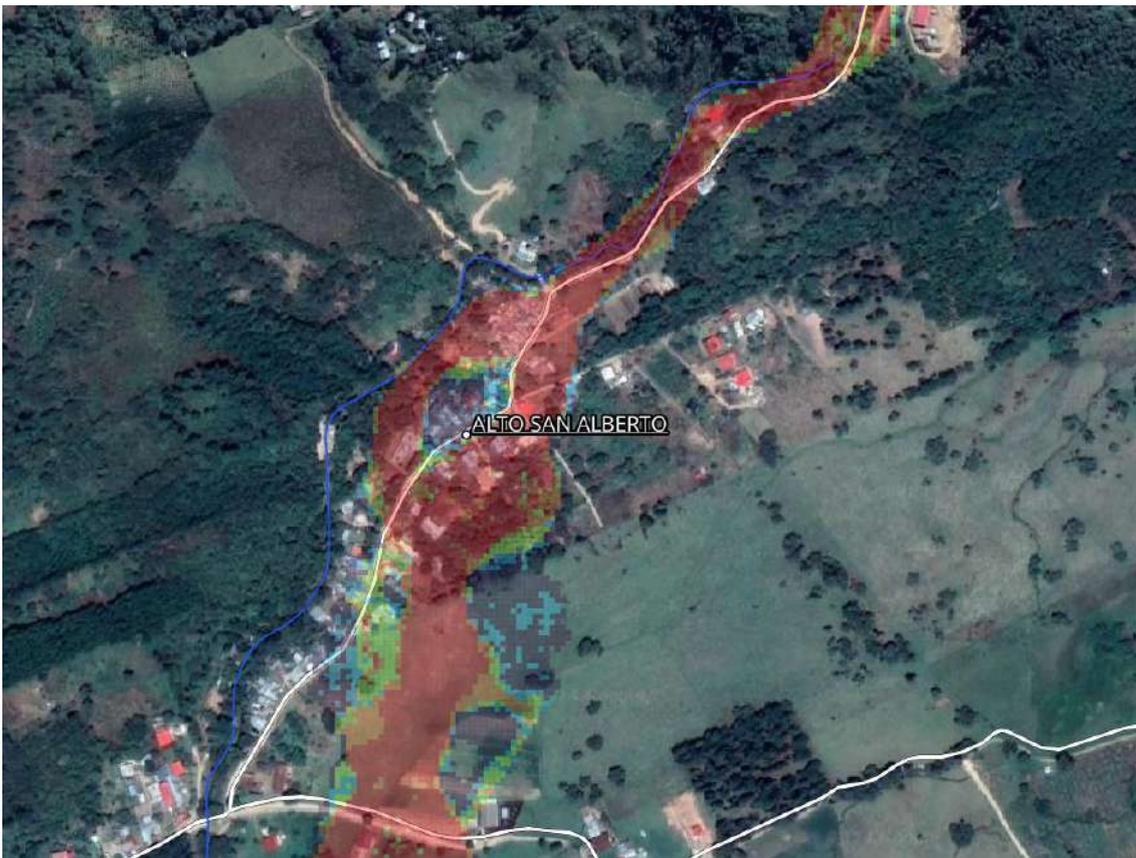


Figura 8. Punto de rebalse del flujo de detritos en el sector de San Alberto, , muestra velocidades de flujo descritas en la figura 7.

En la quebrada San Luis, se proyecta que el flujo de detritos se canalizará, desbordando e inundando el punto ubicado en X: 458925.5, Y: 8830397.24, lo que afectará áreas de pastura y viviendas circundantes. En el punto X: 458226.98, Y: 8829899.6, debido a la sinuosidad del cauce que cambia de dirección de NE-SW a SE-NW, se producirán dos desbordes del cauce en los puntos 1. X: 458126.48, Y: 8829980.86 y 2. X: 457322.50 Y: 8830232.10. Estos desbordes impactarán las manzanas ubicadas entre las calles Las Azucenas y Machupichu. Finalmente, el flujo se reunirá con la quebrada San Alberto, descendiendo por su cauce natural y afectando el área urbana de Oxapampa.



Fotografía 11. Cauce de la quebrada San Alberto en las coordenadas UTM, WGS 84, 18s, X:457682.6; Y: 8831745.2.

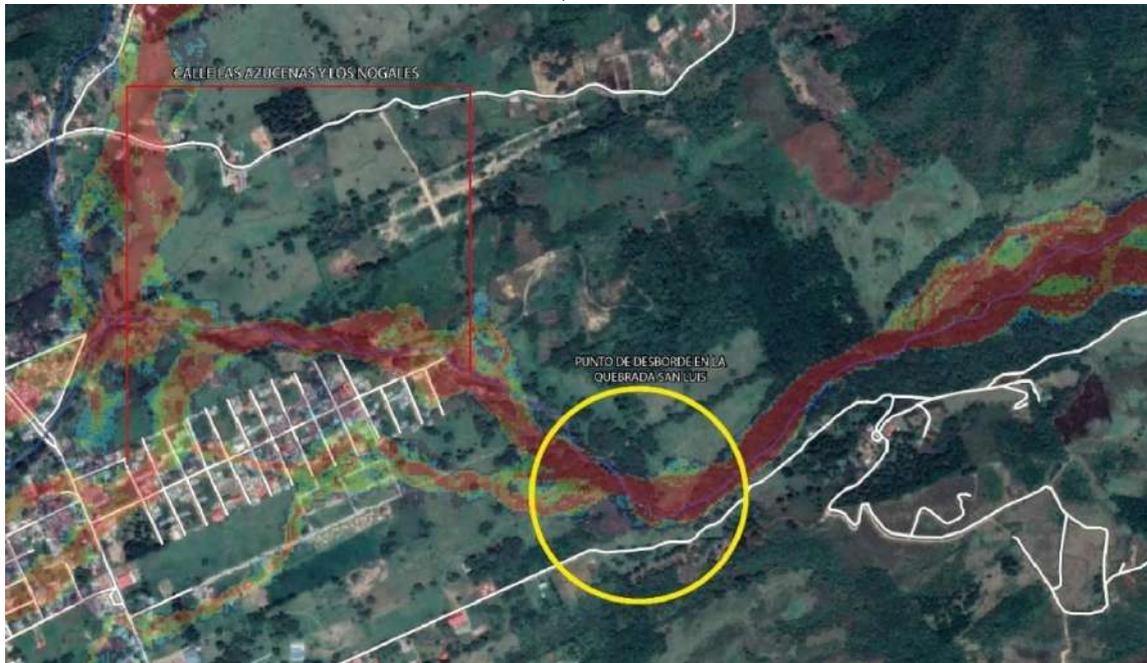


Figura 9. Punto de rebalse del flujo de detritos en el sector de San Luis, , muestra velocidades de flujo descritas en la figura 7.



Fotografía 12. Se observa la colmatación del cauce de la quebrada San Luis en las coordenadas UTM, WGS 84, 18s, X:457809 Y: 8830228.



Fotografía 13. Se observa la colmatación del cauce de la quebrada San Luis en las coordenadas UTM, WGS 84, 18s, X:457670.38; Y: 8830212.77.

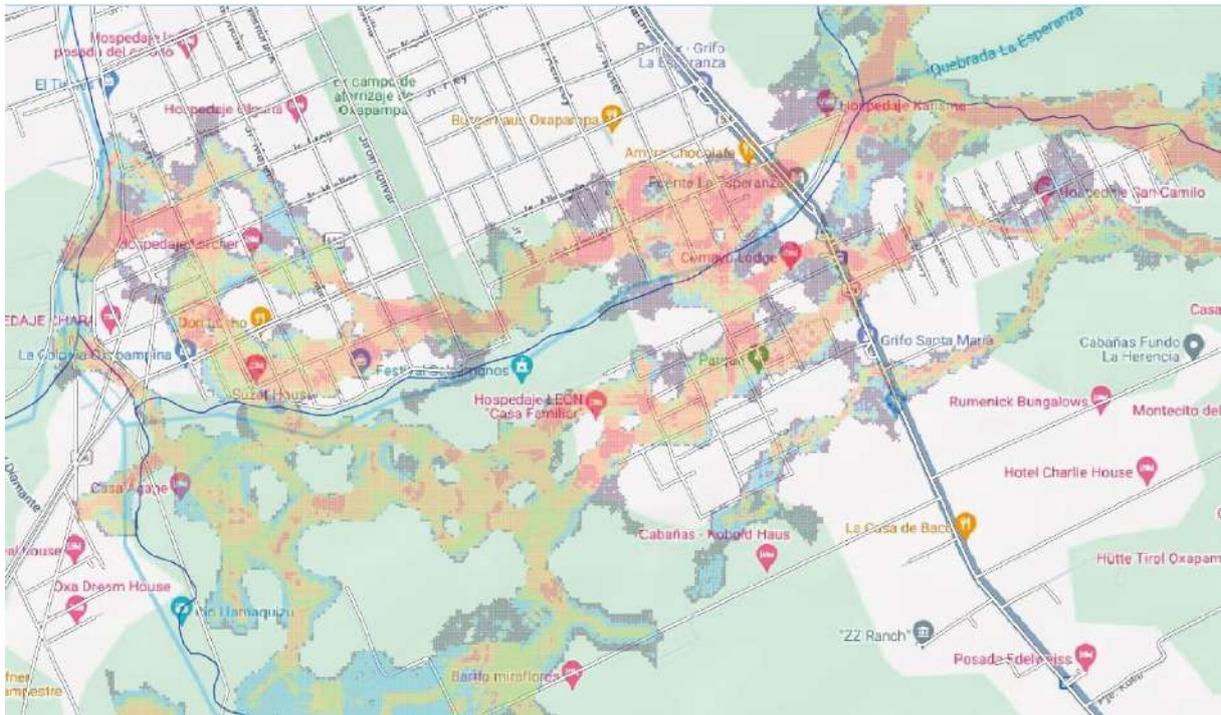


Figura 10. Afectación por flujo de detritos en el centro poblado de Oxapampa, , muestra velocidades de flujo descritas en la figura 7.

La quebrada Mamallica canalizaría el flujo de detritos con velocidades de hasta 3 m/s y alturas de hasta 2,5 m. El cambio abrupto en este cauce provocaría una dispersión del flujo en el punto X: 4582264, Y: 8827457, formando un abanico con material detrítico. Esto afectaría la parte alta del sector "La Colina" y, en la parte baja, las viviendas cercanas a la carretera de acceso a Oxapampa, así como las zonas verdes y la propia carretera (Vía baja Villa Rica - Oxapampa) en 120 m (figuras 11 y 12).

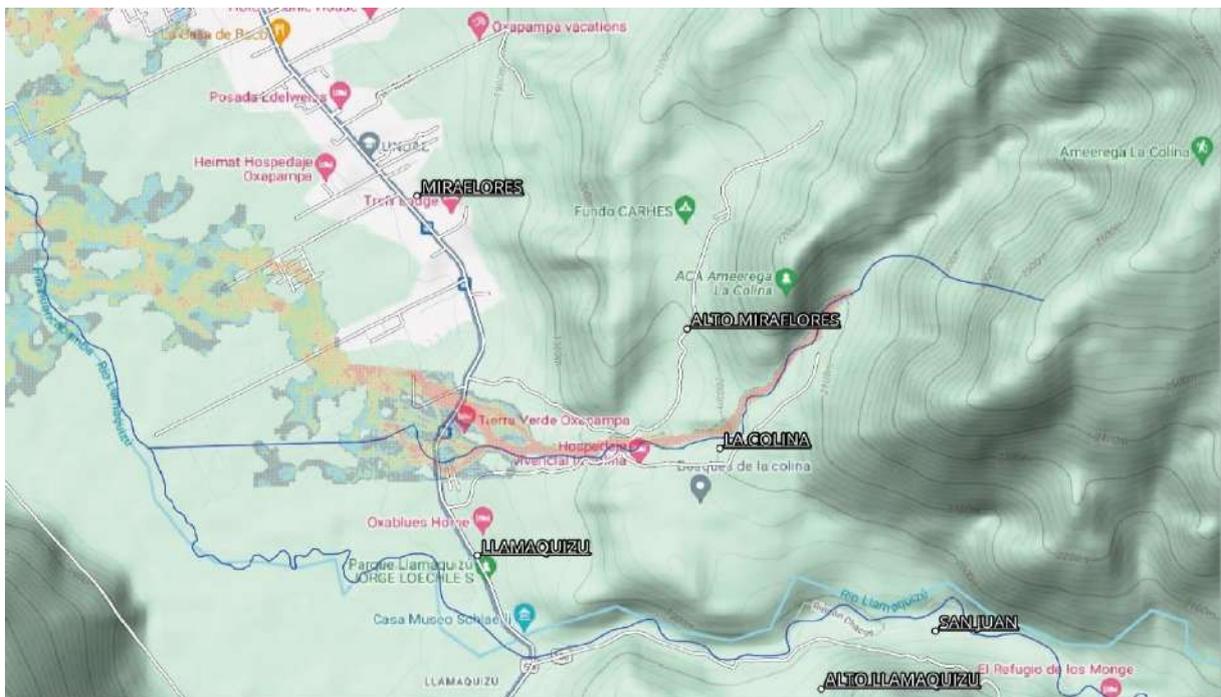


Figura 11. Afectación por flujo de detritos provenientes de la quebrada Mamallica, , muestra velocidades de flujo descritas en la figura 7.

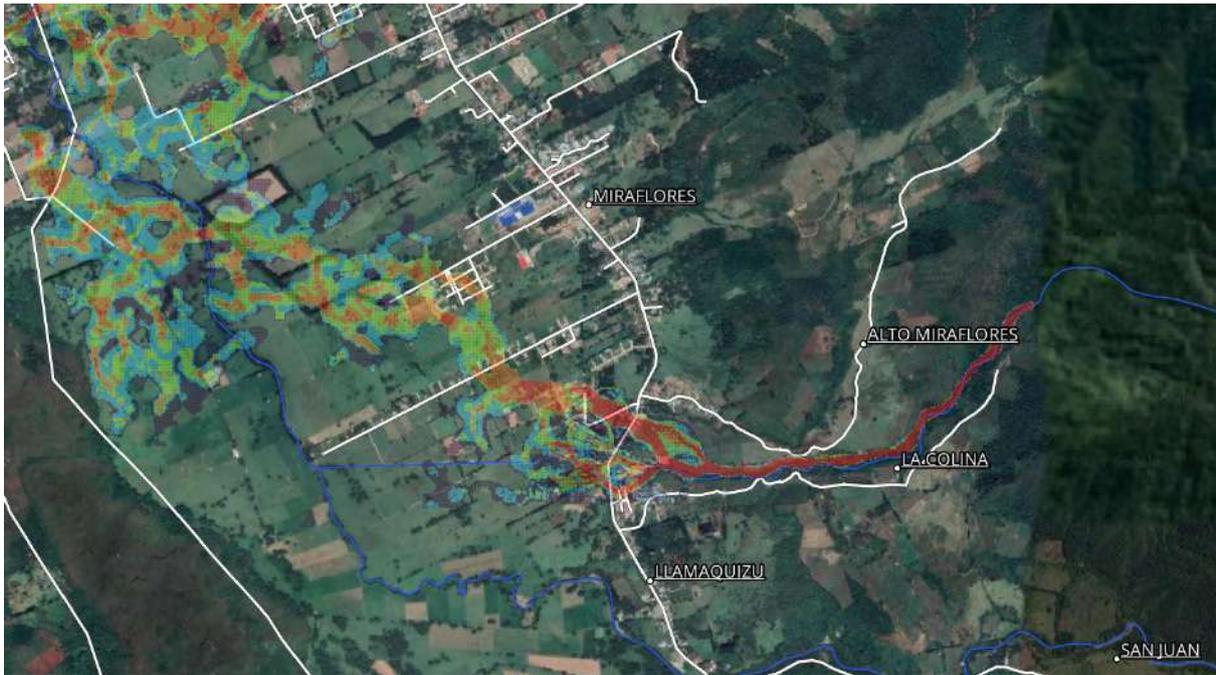


Figura 12. Afectación por flujo de detritos provenientes de la quebrada Mamallica, muestra velocidades de flujo descritas en la figura 7.

5.2. Peligros Geohidrológicos

5.2.1. Inundaciones

Los peligros de este tipo, están asociados a las inundaciones causadas por el desbordamiento de los ríos San Alberto, San Luis y Mamallica, con su consecuente impacto en la zona urbana de Oxapampa. Se estima que un área de 380 hectáreas se vería afectada por inundaciones, con niveles que oscilan entre 0.30 y 1 m de altura.

5.3. Factores condicionantes

Se detalla los principales factores que podrían condicionar la ocurrencia de peligros geológicos en el área de estudio.

Cuadro 5. Factores condicionantes de los procesos por movimientos en masa.

Procesos o causas naturales	Características	Peligros geológicos inducidos
Factores geológicos - geotécnicos inherentes (factores de sitio)		
Litología del substrato-estructural	La secuencia conglomerádica de la Formación Sarayaquillo con litoclastos de rocas plutonitas como el monzogranito y el sienogranito, junto con una matriz arenolimsa, puede desencadenar derrumbes y deslizamientos en las laderas circundantes a las quebradas San Alberto San Luis y Mamallica, debido a la fragilidad inherente del afloramiento, la infiltración de agua que debilita la cohesión entre los granos, el cambio en las propiedades físicas del	Derrumbes, y deslizamientos en las partes altas de quebrada acumularían material detritos al cauce de las quebradas incrementando el porcentaje de volumen sólido

	<p>conjunto, el gradiente topográfico pronunciado y la posibilidad de movimientos de masa durante eventos de lluvia intensa o sismos, Estos movimientos alimentarían de material detrítico el cauce de las quebradas favoreciendo su colmatación y posterior erosión y transporte por flujo de detritos.</p>	<p>ante un flujo de detritos.</p>
<p>Tipo de suelo (naturaleza del suelo)</p>	<p>Los depósitos coluvio-deluviales, fluviales y aluviales pueden alimentar el cauce de las quebradas con material detrítico y generar futuros flujos de detritos por varias razones. En primer lugar, los depósitos coluvio-deluviales se forman por la acumulación de sedimentos transportados por la gravedad desde laderas adyacentes, los cuales pueden contener rocas sueltas y suelos no consolidados que son susceptibles a la erosión y a deslizamientos adicionales. En segundo lugar, los depósitos fluviales y aluviales se forman por la acción de los ríos y arroyos que transportan sedimentos desde las zonas altas hacia los valles, depositando material detrítico en las riberas y planicies aluviales. Este material, compuesto por sedimentos sueltos y poco consolidados, puede ser fácilmente movilizado por eventos de lluvias intensas o sismos, generando flujos de detritos que representan un peligro para las áreas circundantes.</p>	<p>Colmatación de las quebradas San Luis, San Alberto y Mamallica.</p>
<p>Características geotécnicas</p>	<p>Los suelos clasificados como GP (grava con poco o ningún contenido de finos) y GM (gravilla arcillosa o limosa) son particularmente susceptibles a flujos de detritos e inundaciones debido a su composición y estructura. Los suelos GP, al estar compuestos principalmente por grava, carecen de cohesión entre partículas, lo que los hace propensos a deslizamientos y movimientos de masa cuando son afectados por eventos como lluvias intensas o sismos. Por otro lado, los suelos GM, que contienen una proporción significativa de limo o arcilla, tienen una capacidad de retención de agua mayor, lo que puede provocar suelos saturados y aumentar el riesgo de inundaciones. Además, la presencia de finos en los suelos GM puede contribuir a la formación de una matriz más cohesionada que, cuando se ve saturada, puede perder su estabilidad y desencadenar flujos de detritos. En resumen, tanto los suelos GP como los GM son vulnerables a la erosión y la saturación de agua, lo que los hace propensos a deslizamientos y flujos de</p>	<p>Inundación y flujo de detritos.</p>

	detritos, así como a inundaciones, representando riesgos significativos para las áreas circundantes.	
Pendiente del terreno	La pendiente promedio de las quebradas San Alberto, San Luis y Mamallica como 5°, 8° y 10° respectivamente, aumenta el peligro de flujos de detritos al facilitar su movimiento rápido y poder erosivo-destructivo. Sin embargo, al descender a pendientes menores de 5 grados en el área urbana de Oxapampa en su desembocadura, los flujos de detritos tienden a perder velocidad, y poder erosivo-destructivo, aunque persiste el riesgo de inundaciones y daños debido a la dispersión de los sedimentos en áreas planas y la obstrucción de sistemas de drenaje, lo que puede contribuir a inundaciones en zonas bajas.	Inundación y flujo de detritos
Hidrogeología	El curso de aguas cercanas a las quebradas puede aumentar el flujo de agua de varias maneras. Primero, las aguas superficiales provenientes de precipitaciones intensas pueden fluir hacia las quebradas, aumentando su caudal de manera considerable. Asimismo, la confluencia de otros cursos de agua pequeños con las quebradas puede agregar un flujo adicional, incrementando así la cantidad de agua que fluye a través de ellas.	Inundación y flujo de detritos

5.4. Factores desencadenantes

Se identifican los siguientes factores:

Cuadro 6. Factores desencadenantes de los procesos por movimientos en masa.

Factores naturales del entorno geográfico		
Climáticos e Hidrológicos		
Precipitaciones pluviales	Las precipitaciones pluviales pueden generar flujos de detritos de varias maneras. Cuando la intensidad de la lluvia supera la capacidad de absorción del suelo, el exceso de agua puede saturar el terreno, provocando deslizamientos de tierra y desprendimientos de rocas en laderas empinadas. Este material suelto y erosionado se convierte en parte del flujo de detritos, que puede desplazarse rápidamente hacia áreas más bajas. Además, las lluvias intensas pueden incrementar el caudal de las quebradas, aumentando así la erosión de sus márgenes y transportando sedimentos hacia aguas abajo.	Inundación y flujo de detritos

5.5. Factores Antrópicos

Cuadro 7. Factores desencadenantes de los procesos por movimientos en masa.

Factores Antrópicos (humanos)		
Excavaciones	La construcción de viviendas cerca de quebradas y el arrojado de residuos aumentan el flujo de detritos al impermeabilizar el suelo, debilitar la estabilidad de las laderas y obstruir el flujo natural del agua, lo que puede desencadenar deslizamientos, desprendimientos de rocas e inundaciones repentinas.	Inundación y flujo de detritos

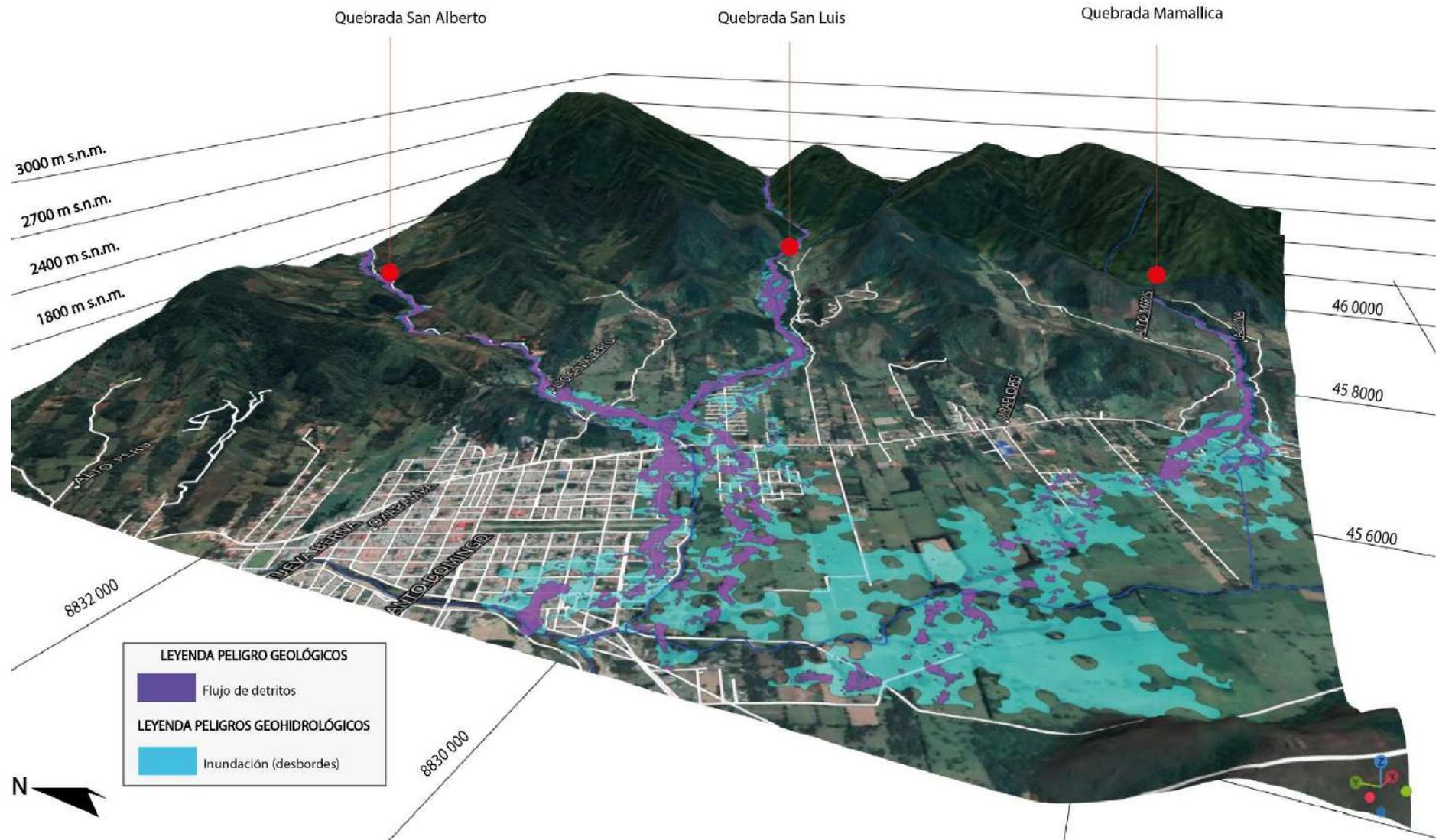


Figura 13. Afectación por flujo de detritos e inundaciones en el área de estudio según simulaciones.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica de la zona de estudio, así como a los trabajos de campo, y la evaluación de peligros geológicos, emitimos las siguientes conclusiones:

1. El área de evaluación está compuesta principalmente por la Formación Sarayaquillo conformadas por conglomerados y el Grupo Oriente compuestas por areniscas conglomerádicas, y en menor proporción por el intrusivo San Ramón, conformado por monzogranitos y sienogranito. Estas rocas se caracterizan por presentar alto grado de meteorización y fracturamiento.
2. Las laderas de montañas que rodean las quebradas San Luis, San Alberto y Mamallica están cubiertas por depósitos coluvio-deluviales. Estos depósitos están compuestos por fragmentos líticos de origen sedimentario e ígneo, son de formas angulosas a subangulosas y pueden tener diámetros de hasta 1.5 m. Estos fragmentos están envueltos en matriz de areno-limo-arcillosa, son de fácil remoción y tienen la posibilidad de alimentar con material detrítico al cauce de las quebradas, lo que favorecería su colmatación e incremento de material sólido durante flujos de detritos.
3. Otros depósitos cuaternarios presentes son los fluviales, aluviales y proluviales en el lecho de las quebradas, siendo la quebrada San Luis la que tiene mayor aporte por la colmatación detrítica. Los suelos en Oxapampa están conformados por gravas pobremente clasificadas con presencia de limos y arcillas (GP y GM).
4. En el contexto morfológico destacan, la pendiente promedio de las quebradas San Alberto, San Luis y Mamallica, que varía entre 5°, 8° y 10° respectivamente, aumentando el peligro de flujos de detritos debido a su facilitación de movimiento rápido y poder erosivo-destructivo. Sin embargo, al llegar a pendientes menores de 5 grados en el área urbana de Oxapampa, los flujos de detritos tenderían a reducir su velocidad y poder erosivo-destructivo, aunque persiste el peligro a inundaciones y daños debido a la dispersión de sedimentos y obstrucción de sistemas de drenaje, lo que puede provocar inundaciones en zonas bajas.

Según las simulaciones (TR:50 años) usando un hidrograma unitario con datos de caudal de la quebrada San Luis, sobre un modelo digital Alos Palsar de 12.5m/px, se prevé los siguientes escenarios ante un flujo de detritos

5. Se prevé que el flujo de detritos a través de la quebrada San Luis alcanzará velocidades de 2 a 3 m/s y alturas de 1 a 2 m, llenando y sobrepasando el cauce en zonas sinuosas. El punto de desbordamiento se estima en las coordenadas X: 457060.22, Y: 8831087, impactando el sector poblado de San Alberto y continuando su camino hacia las vías de acceso vehicular, hasta unirse con el cauce de la quebrada San Luis. Este evento afectará ambos márgenes del río que se une con el río Chorobamba en un tramo aproximado de 450 m, causando daños a calles, viviendas y acumulación de material detrítico, además de inundaciones.
6. Se proyecta que en la quebrada San Luis habrá un desbordamiento significativo que inundará el área ubicada en X: 458925.5, Y: 8830397.24, afectando tanto áreas de

pastura como viviendas circundantes. Además, debido a la sinuosidad del cauce en el punto X: 458226.98, Y: 8829899.6, donde cambia de dirección de NE-SW a SE-NW, se esperan dos desbordamientos adicionales en los puntos 1. X: 458126.48, Y: 8829980.86 y 2. X: 457322.50 Y: 8830232.10. Estos eventos afectarán las manzanas ubicadas entre las calles Las Azucenas y Machupichu. Posteriormente, el flujo se unirá a la quebrada San Alberto, dirigiéndose hacia el área urbana de Oxapampa.

7. La quebrada Mamallica dirigiría el flujo de detritos a velocidades de hasta 3 m/s y alturas de hasta 2,5 m. En el punto X: 4582264, Y: 8827457, donde el cauce experimenta un cambio brusco, se esperaría una dispersión del flujo, formando un abanico con material detrítico. Esto tendría un impacto en la parte alta del sector "La Colina" y, en la parte baja, afectaría a las viviendas cercanas a la carretera de acceso a Oxapampa, así como a las zonas verdes y a la propia carretera en un tramo de 120 m.
8. En cuanto a las inundaciones, se anticipa que serán provocadas por el desbordamiento de los cauces de las quebradas San Alberto, San Luis y Mamallica, como efecto subsecuente a un flujo de detritos, teniendo un impacto directo en la zona urbana de Oxapampa. Se calcula que alrededor de 380 hectáreas se verán afectadas por las inundaciones, con niveles de agua que variarán entre 0.30 y 1.2 m de altura.
9. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y de geodinámica externa, se determina que los alrededores de las quebradas San Luis, San Alberto y Mamallica, así como parte del área urbana de Oxapampa, presenta Peligro Alto por movimientos en masa, tipo flujo de detritos.

7. RECOMENDACIONES

A continuación, se brindan recomendaciones con la finalidad mitigar el impacto de peligros asociados flujos de detritos e inundaciones en las quebradas San Alberto, San Luis y Mamallica (Oxapampa). Así mismo, la implementación de dichas recomendaciones permitirá darle mayor seguridad a las viviendas e infraestructura expuesta a los peligros antes mencionados.

NO ESTRUCTURALES

8. Las autoridades locales deberán emitir ordenanzas municipales de acorde a la delimitación de fajas marginales u otro criterio a usar, estableciendo regulaciones de uso del suelo que restrinjan o limiten la construcción de viviendas y otras infraestructuras en áreas propensas a flujos de detritos.
9. Desarrollar planes de emergencia comunitarios que incluyan rutas de evacuación, refugios temporales y procedimientos de respuesta en caso de flujos de detritos.
10. Implementar sistemas de alerta temprana comunitaria frente a los flujos de detritos para proteger a las áreas urbanas vulnerables. Estos sistemas deben estar diseñados para proporcionar alertas rápidas y oportunas, permitiendo a las personas tomar medidas preventivas o evacuar en caso de peligro inminente
11. Implementar programas de reforestación y técnicas de control de la erosión en las áreas de las quebradas para estabilizar el suelo y reducir el riesgo de deslizamientos e incremento de materia detrítico al cauce y posibles represamientos.
12. Realizar actividades periódicas de limpieza y descolmatación de los cauces de las quebradas, para eliminar obstrucciones y permitir un flujo de agua más eficiente durante eventos de lluvia intensa.
13. Fomentar la participación activa de la comunidad en la identificación de riesgos, la planificación de medidas de mitigación y la respuesta ante emergencias relacionadas con los flujos de detritos.
14. Implementar estudios de EVAR, por flujo de detritos en las 03 quebradas.

ESTRUCTURALES*

1. Implementar barreras físicas como muros de contención, diques o terrazas en las laderas de las quebradas, para contener y desviar los flujos de detritos lejos de áreas habitadas.
2. Diseñar y construir sistemas de drenaje adecuados, como canales y alcantarillas, para dirigir el flujo de agua y detritos lejos de las zonas urbanas y hacia áreas seguras de dispersión.

3. Crear estructuras de protección ribereña, como enrocados o muros de piedra, a lo largo de los cauces de las quebradas para proteger de la erosión y los flujos de detritos las áreas urbanas cercanas
4. Implementar sistemas de retención y filtración de sedimentos, como trampas de sedimentos y estanques de retención, para capturar y retener detritos antes de que alcancen áreas urbanas o infraestructuras críticas.

*Toda obra de carácter estructural debe ser realizada por personal calificado con experiencia y previos estudios técnicos que determinen el posicionamiento y características técnicas de cada una.



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11



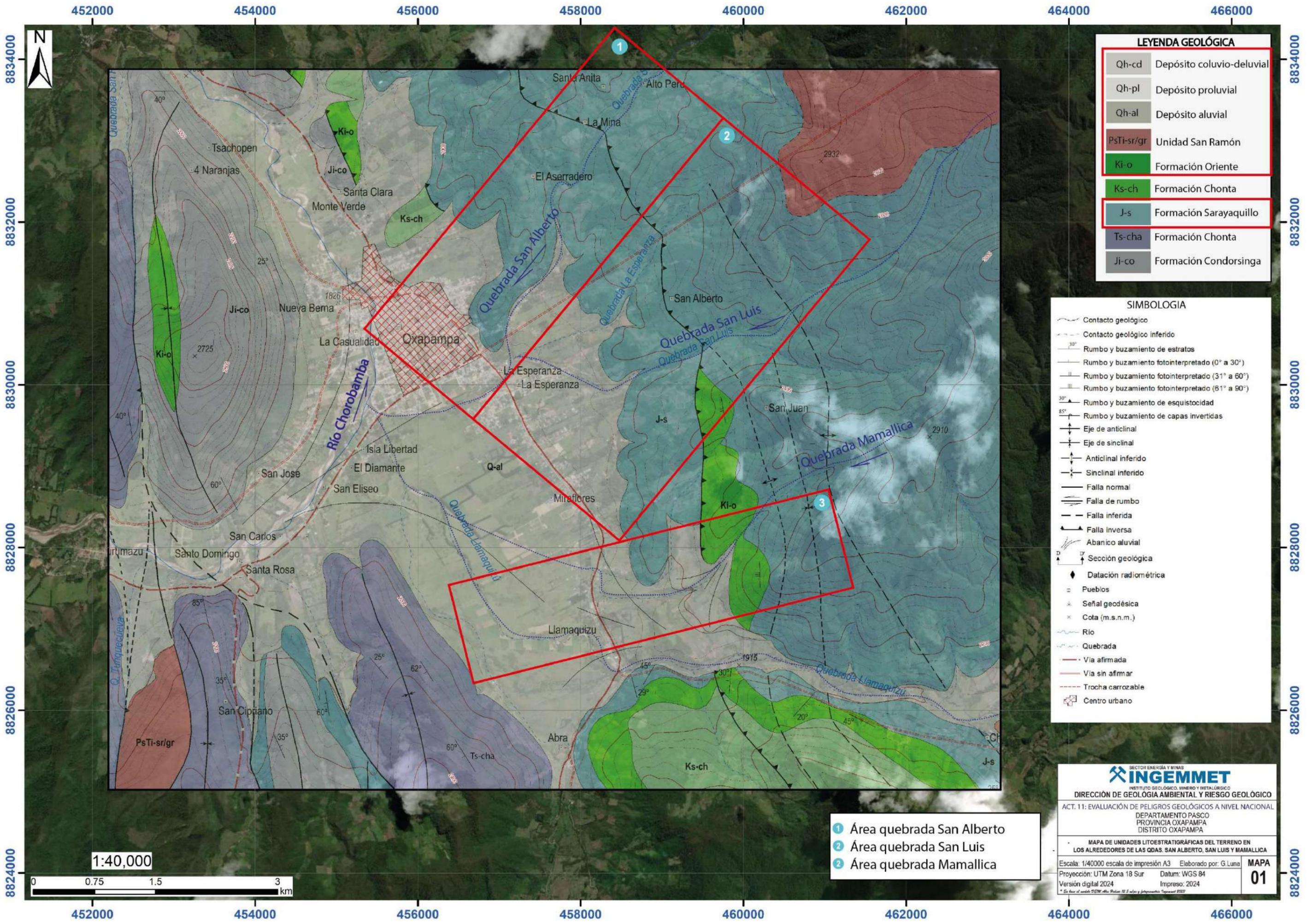
ING. JERSY MARIÑO SALAZAR
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

BIBLIOGRAFÍA:

- Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1996) - Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Lopez, J. Cerr3n F. Carpio, M & Morales, M. (1996) - Geología del cuadrángulo de Huanta. Hojas: 26-ñ. Ingemmet, Boletín N°72, Serie A: Carta Geológica Nacional, 54, 214 p.
- Luque, G.; Rosado, M.; Pari, W.; Peña, F. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la regi3n Junín. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 72, 222 p., 9 mapas.
- PNUD, INDECI.,2011. Mapa de peligros, plan de usos del suelo ante desastres y medidas de mitigaci3n de la ciudad de Oxapampa. https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//4324_mapa-de-peligros-plan-de-usos-del-suelo-ante-desastres-y-medidas-de-mitigacion-de-la-ciudad-de-oxapampa.pdf
- MP Oxapampa, ANA, 2022. Ficha t3cnica referencia de identificaci3n de punto critico del rí San Alberto, sector Oxapampa en el distrito y provincia de Oxapampa – Pasco https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//13447_ficha-tecnica-referencial-de-identificacion-de-punto-critico-del-rio-san-luis-en-el-distrito-y-provincia-de-oxapampa-pasco.pdf
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) Movimientos en Masa en la Regi3n Andina: Una guía para la evaluaci3n de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicaci3n Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.

ANEXO 1

**MAPAS DEL ÁREA DE ESTUDIO EN LOS
ALREDEDORES DE OXAPAMPA Y LAS
QUEBRADAS SAN LUIS, SAN ALBERTO Y
MAMALLICA.**



LEYENDA GEOLÓGICA	
Qh-cd	Depósito coluvio-deluvial
Qh-pl	Depósito proluvial
Qh-al	Depósito aluvial
PsTi-sr/gr	Unidad San Ramón
Ki-o	Formación Oriente
Ks-ch	Formación Chonta
J-s	Formación Sarayaquillo
Ts-cha	Formación Chonta
Ji-co	Formación Condorsinga

SIMBOLOGIA	
	Contacto geológico
	Contacto geológico inferido
	Rumbo y buzamiento de estratos
	Rumbo y buzamiento fotointerpretado (0° a 30°)
	Rumbo y buzamiento fotointerpretado (31° a 60°)
	Rumbo y buzamiento fotointerpretado (61° a 90°)
	Rumbo y buzamiento de esquistocidad
	Rumbo y buzamiento de capas invertidas
	Eje de anticlinal
	Eje de sinclinal
	Anticlinal inferido
	Sinclinal inferido
	Falla normal
	Falla de rumbo
	Falla inferida
	Falla inversa
	Abanico aluvial
	Sección geológica
	Datación radiométrica
	Pueblos
	Señal geodésica
	Cota (m.s.n.m.)
	Río
	Quebrada
	Via afirmada
	Via sin afirmar
	Trocha carrozable
	Centro urbano

- 1 Área quebrada San Alberto
- 2 Área quebrada San Luis
- 3 Área quebrada Mamallica

INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO

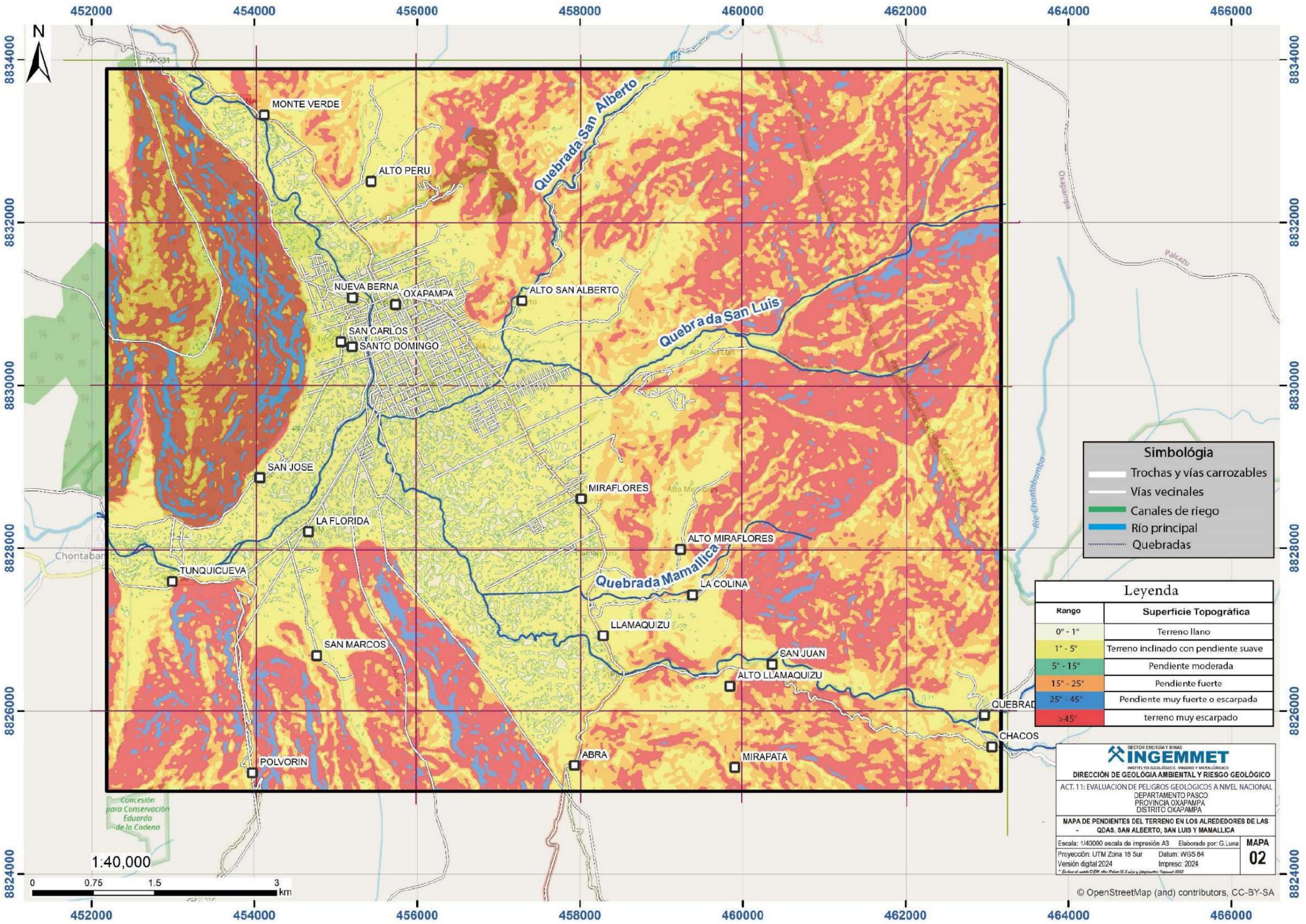
ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO PASCO
 PROVINCIA OXAPAMPA
 DISTRITO OXAPAMPA

MAPA DE UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS DEL TERRENO EN
 LOS ALREDEDORES DE LAS QDAS. SAN ALBERTO, SAN LUIS Y MAMALICA

Escala: 1/40000 escala de impresión A3 Elaborado por: G. Luna MAPA 01
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2024 Impreso: 2024

1:40,000





Simbología

- Trochas y vías carrozables
- Vías vecinales
- Canales de riego
- Río principal
- Quebradas

Leyenda

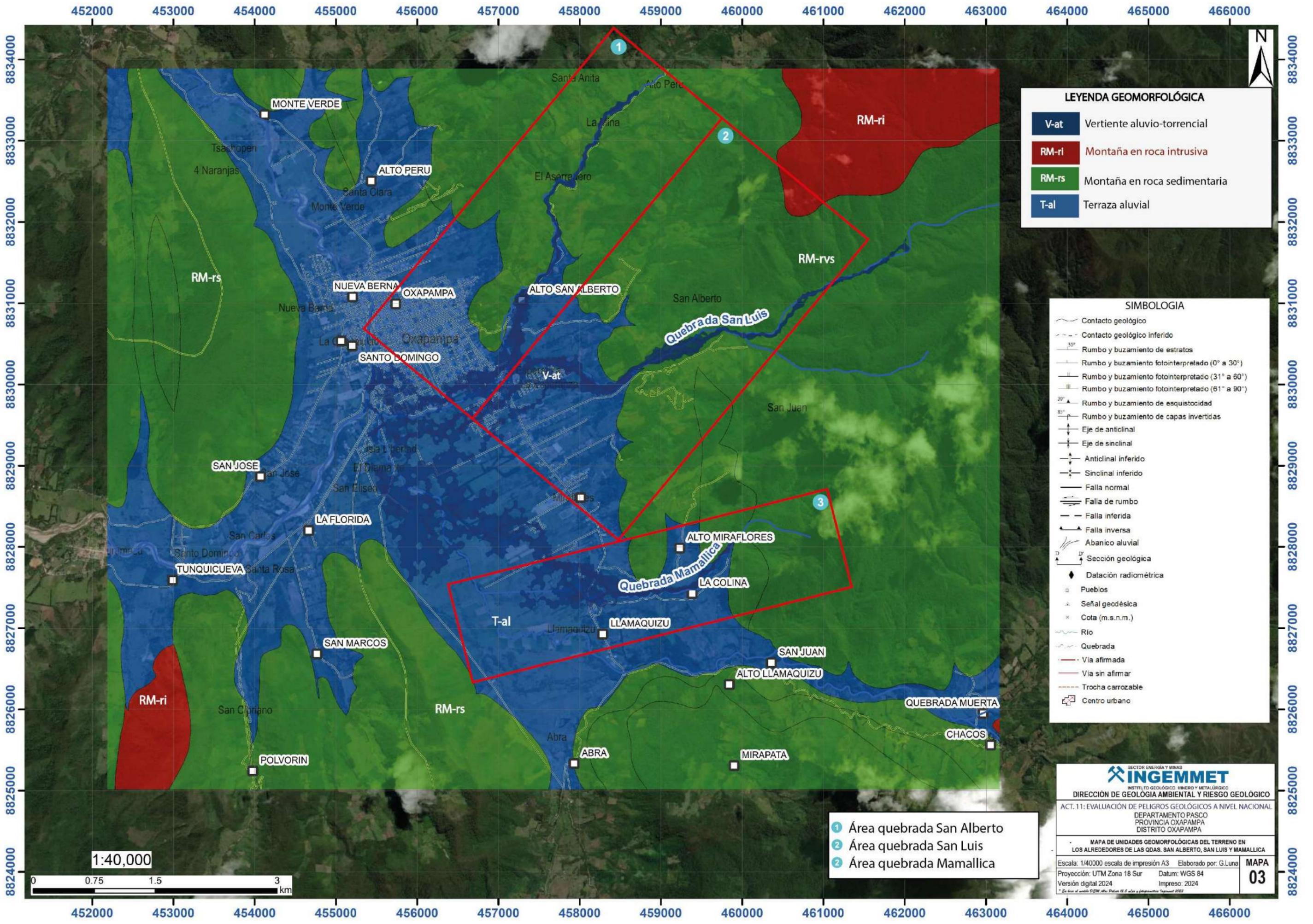
Rango	Superficie Topográfica
0° - 1°	Terreno llano
1° - 5°	Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°	Pendiente moderada
15° - 25°	Pendiente fuerte
25° - 45°	Pendiente muy fuerte o escarpada
>45°	terreno muy escarpado

INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT. 11: EVALUACION DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO PASCO
 PROVINCIA OXAPAMPA
 DISTRITO OXAPAMPA

MAPA DE PENDIENTES DEL TERRENO EN LOS ALREDEDORES DE LAS QDAS. SAN ALBERTO, SAN LUIS Y MAMALLICA

Escala: 1/40000 escala de impresión A3 Elaborado por: G. Luna
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2024 Impreso: 2024

MAPA 02



LEYENDA GEOMORFOLÓGICA

V-at	Vertiente aluvio-torrencial
RM-ri	Montaña en roca intrusiva
RM-rs	Montaña en roca sedimentaria
T-al	Terraza aluvial

SIMBOLOGIA

	Contacto geológico
	Contacto geológico inferido
	Rumbo y buzamiento de estratos (0° a 30°)
	Rumbo y buzamiento fotointerpretado (31° a 60°)
	Rumbo y buzamiento fotointerpretado (61° a 90°)
	Rumbo y buzamiento de esquistocidad
	Rumbo y buzamiento de capas invertidas
	Eje de anticlinal
	Eje de sinclinal
	Anticlinal inferido
	Sinclinal inferido
	Falla normal
	Falla de rumbo
	Falla inversa
	Abanico aluvial
	Sección geológica
	Datación radiométrica
	Pueblos
	Señal geodésica
	Cota (m.s.n.m.)
	Río
	Quebrada
	Vía afirmada
	Vía sin afirmar
	Trocha carrozable
	Centro urbano

- 1 Área quebrada San Alberto
- 2 Área quebrada San Luis
- 3 Área quebrada Mamallica

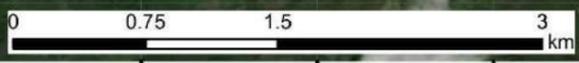
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO PASCO
 PROVINCIA OXAPAMPA
 DISTRITO OXAPAMPA

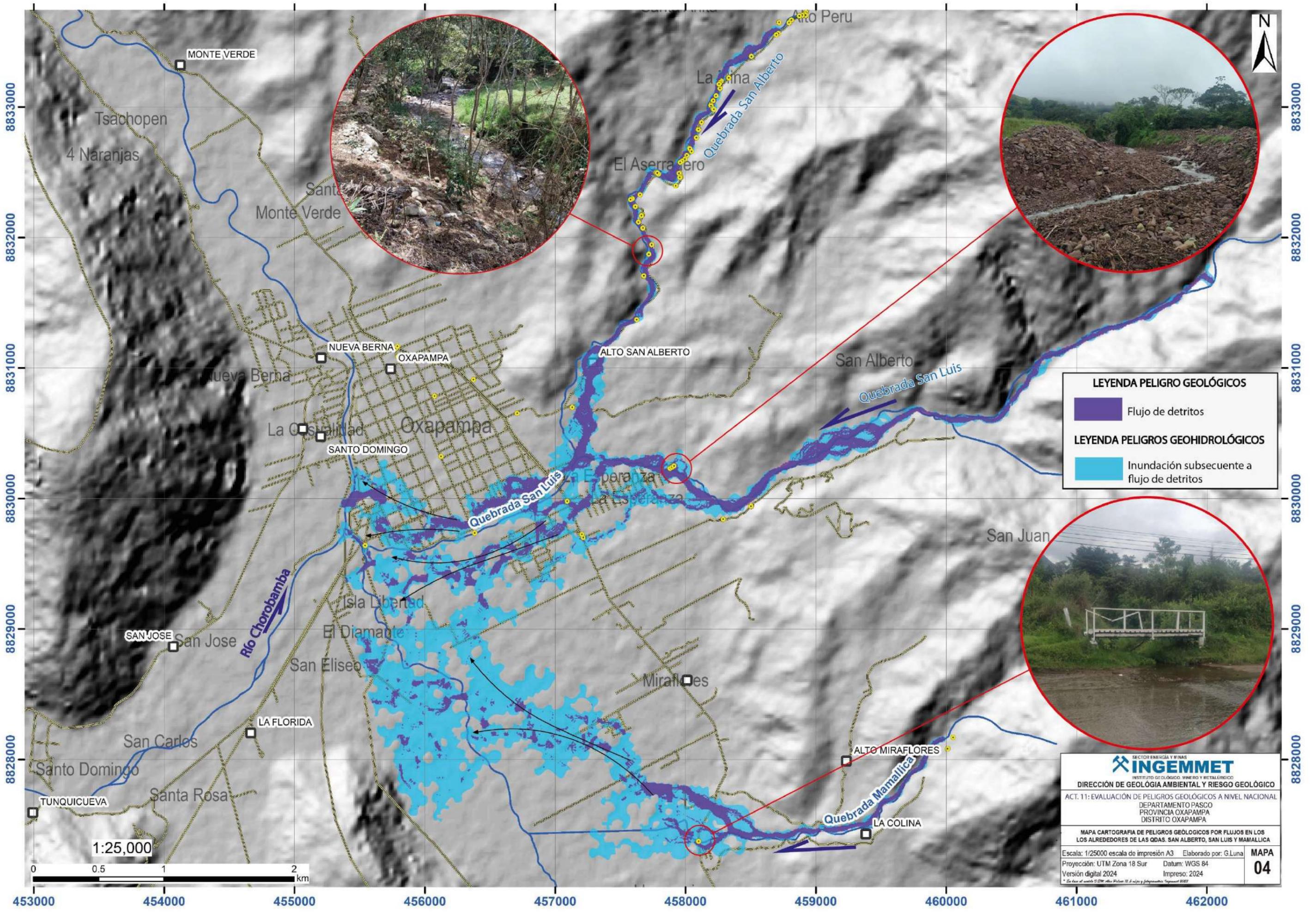
MAPA DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DEL TERRENO EN
 LOS ALREDEDORES DE LAS QDAS. SAN ALBERTO, SAN LUIS Y MAMALLICA

Escala: 1/40000 escala de impresión A3 Elaborado por: G.Luna
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2024 Impreso: 2024

MAPA 03

1:40,000





LEYENDA PELIGRO GEOLÓGICOS

- Flujo de detritos

LEYENDA PELIGROS GEOHIDROLÓGICOS

- Inundación subsecuente a flujo de detritos

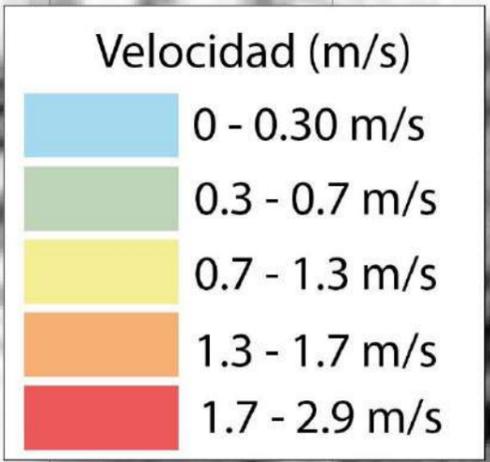
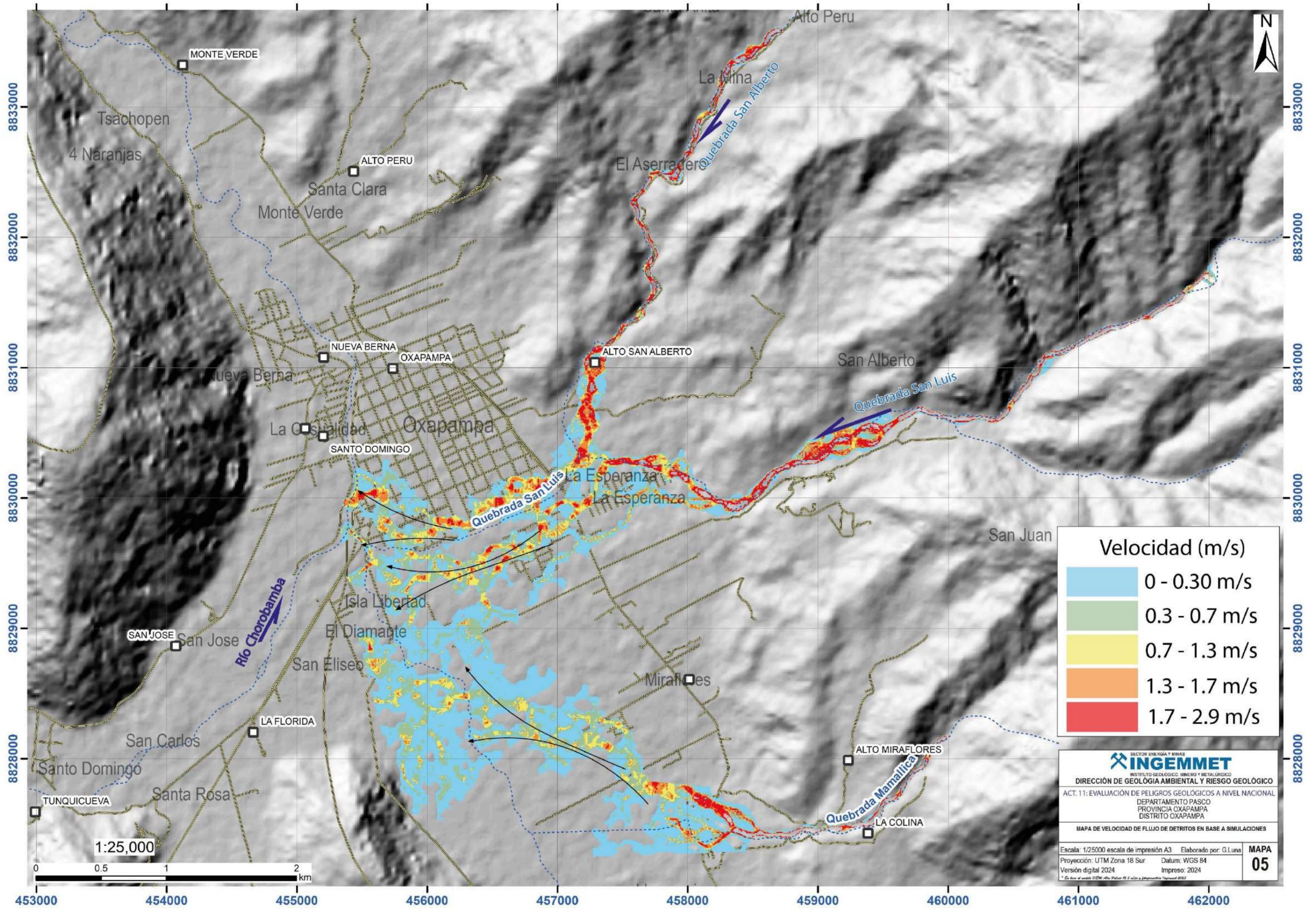
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO PASCO
 PROVINCIA OXAPAMPA
 DISTRITO OXAPAMPA

MAPA CARTOGRAFIA DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR FLUJOS EN LOS ALREDEDORES DE LAS QDAS. SAN ALBERTO, SAN LUIS Y MAMALLICA

Escala: 1:25000 escala de impresión A3 Elaborado por: G.Luna MAPA 04
 Proyección: UTM Zona 18 Sur Datum: WGS 84
 Versión digital 2024 Impreso: 2024

1:25,000



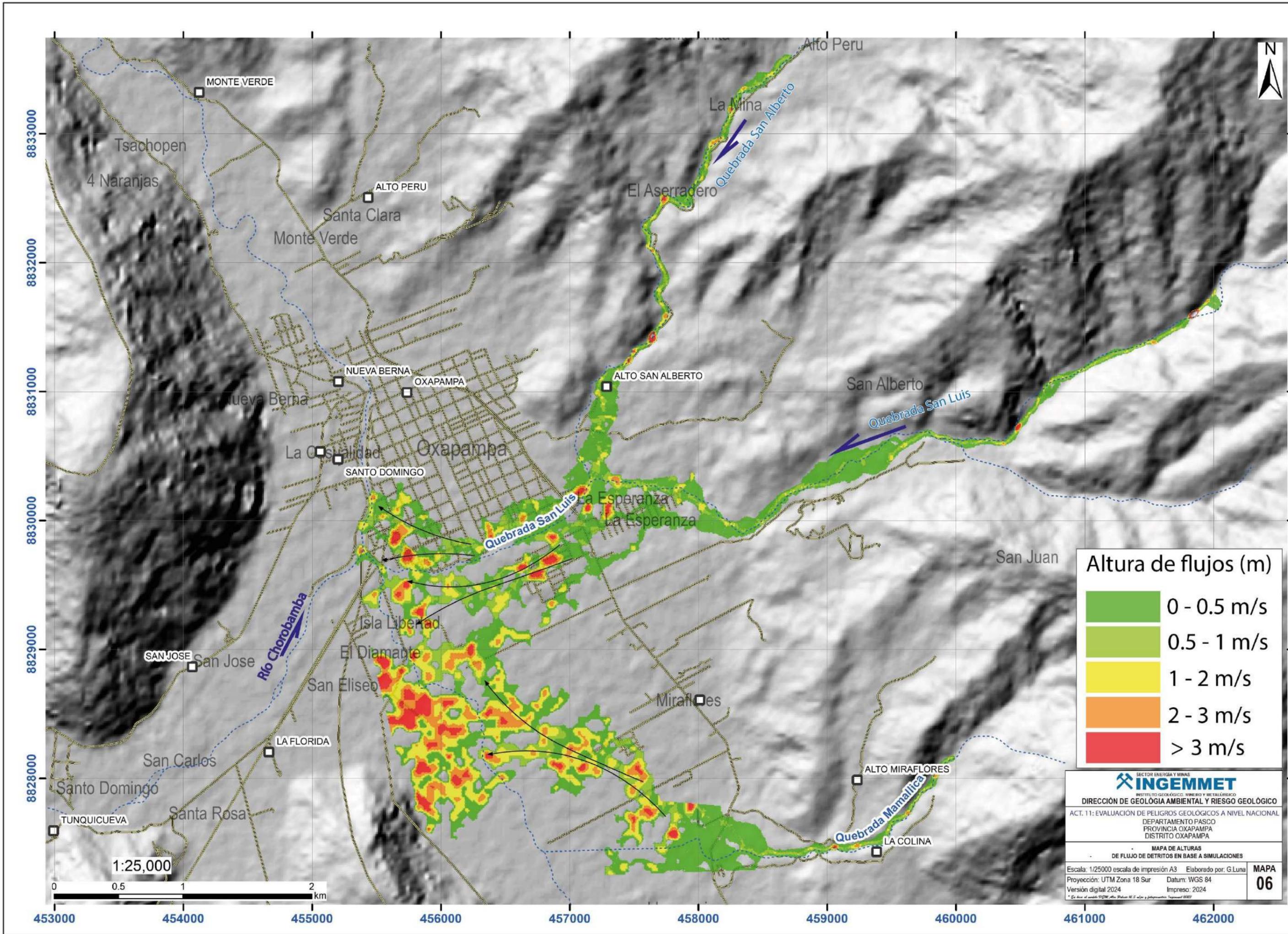



INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLOGICO
 ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLOGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO PASCO
 PROVINCIA OXAPAMPA
 DISTRITO OXAPAMPA
 MAPA DE VELOCIDAD DE FLUJO DE DETRITOS EN BASE A SIMULACIONES

Escala: 1/25000 escala de impresión A3 Proyección: UTM Zona 18 Sur Versión digital 2024	Elaborado por: G.Luna Datum: WGS 84 Impreso: 2024	MAPA 05
---	---	--------------------------

* En base al modelo DDEM Alto Pasco 1:50,000 y procesamiento Ingeomin 2022





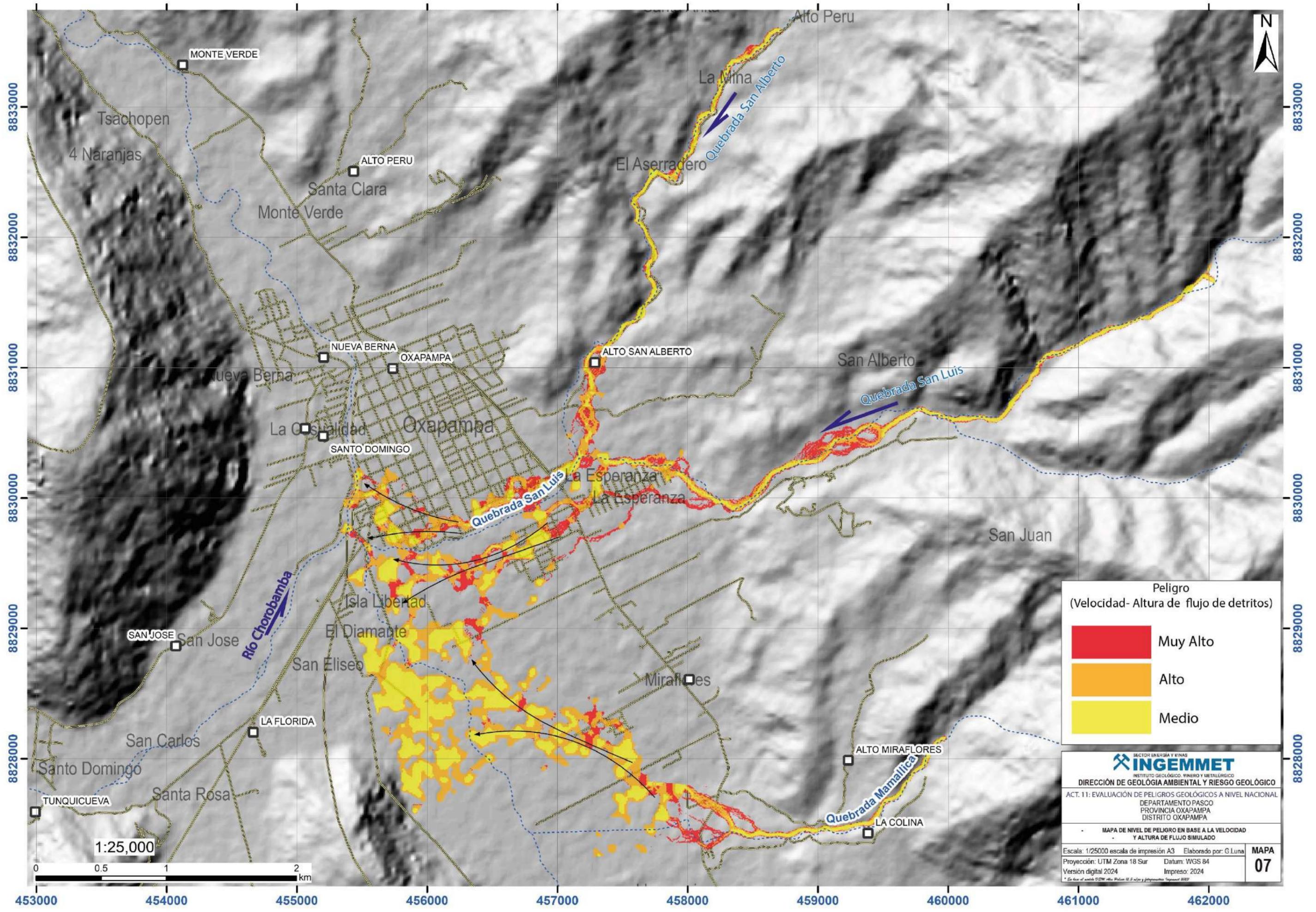
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO
 DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
 DEPARTAMENTO PASCO
 PROVINCIA OXAPAMPA
 DISTRITO OXAPAMPA

MAPA DE ALTURAS
 DE FLUJO DE DETRITOS EN BASE A SIMULACIONES

Escala: 1/25000 escala de impresión A3	Elaborado por: G.Luna	MAPA 06
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2024	Impreso: 2024	

* Se basa en datos IGN, INRENA, MII y fotografías. Copyright 2024



Peligro
(Velocidad- Altura de flujo de detritos)

	Muy Alto
	Alto
	Medio

INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLÓGIA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

ACT. 11: EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL
DEPARTAMENTO PASCO
PROVINCIA OXAPAMPA
DISTRITO OXAPAMPA

MAPA DE NIVEL DE PELIGRO EN BASE A LA VELOCIDAD
Y ALTURA DE FLUJO SIMULADO

Escala: 1/25000 escala de impresión A3	Elaborado por: G. Luna	MAPA 07
Proyección: UTM Zona 18 Sur	Datum: WGS 84	
Versión digital 2024	Impreso: 2024	

* En base al modelo SRTM plus SRTM 30 m y interpolación. Segment 3027

