

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7386

EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOHIDROLÓGICO POR INUNDACIÓN Y EROSIÓN FLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE CHIMIN

Departamento Cajamarca
Provincia Cajabamba
Distrito Cachachi



MAYO
2023

***EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOHIDROLÓGICO POR INUNDACIÓN Y EROSIÓN
FLUVIAL EN LA LOCALIDAD DE CHIMIN***

Distrito Cachachi, provincia Cajabamba, departamento Cajamarca

Elaborado por la Dirección de
Geología Ambiental y Riesgo
Geológico del INGEMMET.

Equipo de investigación:

*Elvis Rubén Alcántara Quispe
Luis Miguel León Ordáz*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). *Evaluación del peligro geohidrológico por inundación y erosión fluvial en la localidad de Chimin, distrito Cachachi, provincia Cajabamba, departamento Cajamarca*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7386, 31p.

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Objetivos del estudio.....	4
1.2. Antecedentes.....	5
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación	5
1.3.2. Población	5
1.3.3. Accesibilidad	6
1.3.4. Clima.....	7
2. DEFINICIONES	8
3. ASPECTO GEOLÓGICO.....	9
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	9
3.1.1. Formación Carhuaz (Ki-ca)	9
3.1.2. Formación Farrat (Ki-f)	9
3.1.3. Depósitos cuaternarios.....	10
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	11
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE).....	11
4.2. Pendiente del terreno.....	12
4.3. Unidades Geomorfológicas.....	12
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	13
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	14
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	14
5.1. Inundación y erosión fluvial en la Río Chimin.....	16
5.1.1. Descripción	16
5.1.2. Características visuales y morfométricas.....	22
6. CONCLUSIONES	23
7. RECOMENDACIONES.....	24
8. BIBLIOGRAFÍA.....	25
ANEXO 1. MAPAS	26
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....	30

RESUMEN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), realiza la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (Actividad 11)”. Con este trabajo cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

El presente documento es el resultado de la evaluación del peligro por inundación y erosión fluvial en la localidad Chimin, distrito Cachachi, provincia Cajabamba, departamento Cajamarca.

En el contexto litológico el área se ubica sobre depósitos fluviales conformados por gravas mal graduadas, que cubren a un basamento rocoso compuesto por rocas sedimentarias clásticas de las formaciones Carhuaz y Farrat, las cuales se encuentran medianamente a muy fracturadas y de moderadamente a altamente meteorizadas.

La morfología local corresponde a una llanura o planicie inundable con pendiente de llana a suave (<5°) y terraza aluvial con pendiente de suave a moderada (1° a 15°). Estos aspectos favorecen la ocurrencia de inundación fluvial por el río Chimin, el cual al no contar con un adecuado encausamiento y/o medidas de reducción de riesgos adecuadas, así como la falta de una delimitación de faja marginal intangible, con lluvias extremas y prolongadas, se generan episodios de inundación y erosión fluvial que afectan un área de 47.4 ha. Efectos puntuales identificados son la afectación de una vivienda, una bocatoma, 450 m de la vía vecinal CA-1636, 800 m de una trocha local y 5 hectáreas de terrenos de cultivo.

El factor detonante corresponde a precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, como la ocurrida el 13 de marzo del 2023, registrándose en la estación Cachachi-Cajabamba 54.5 mm/día.

Por las condiciones geomorfológicas y dinámica fluvial, que presenta el terreno, se considera como de **Peligro Alto** ante inundación y erosión fluvial.

Finalmente, se brindan las recomendaciones para que las autoridades competentes y tomadores de decisiones, realicen la construcción de defensas ribereñas, cambiar el trazo de la vía CA-1636, entre otras medidas de control de riesgos.

1. INTRODUCCIÓN

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

Atendiendo la solicitud remitida por el Gobierno Regional de Cajamarca según Oficio N°D564-2022-GR-CAJ/ODN, es en el marco de nuestras competencias que se realizó una evaluación de peligros en la localidad de Chimín, ante la ocurrencia de inundación y erosión fluvial.

La DGAR del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis Miguel León Ordáz y Elvis Rubén Alcántara Quispe, para realizar la evaluación de peligros en el sector mencionado el día 19 de febrero del 2023.

La presente evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores del Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico, plasmado en un informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Cachachi, Municipalidad Provincial de Cajabamba, Gobierno Regional Cajamarca y sectores involucrados; donde se proporcionan los resultados de la inspección y recomendaciones para la Reducción del Riesgo de Desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Evaluar y caracterizar los peligros en la localidad de Chimín, distrito Cachachi, provincia Cajabamba, departamento Cajamarca.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros identificados en los trabajos de campo.

1.2. Antecedentes

Entre los principales estudios realizados a nivel local y regional en el área evaluada, se tienen:

- Boletín N° 31 Serie A, “Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba” (Reyes, 1980) donde se describe las unidades geológicas a una escala 1:100 000. Reyes diferencia en la zona de estudio depósitos fluviales de gravas y arenas en una matriz de limos, que cubren un macizo rocoso compuesto de areniscas de la Formación Farrat. En el cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, (Ingemmet, versión 2021) por detalle, se distinguen depósitos aluviales y fluviales; así como se reafirma la presencia de areniscas de la Formación Farrat.
- El Boletín N° 44 Serie C, Estudio de Riesgo geológico en la región Cajamarca (Zavala & Rosado, 2011) presenta un mapa de susceptibilidad a inundación fluvial, a escala 1:250 000; donde la localidad de Chimin se sitúa en una zona de susceptibilidad moderada a alta ante la ocurrencia de inundaciones fluviales.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área evaluada corresponde a la localidad de Chimin, jurisdicción del distrito de Cachachi, provincia Cajabamba, departamento Cajamarca (Figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en el tabla 1 además de las coordenadas centrales referenciales del evento identificado.

Tabla 1. Coordenadas de las áreas de estudio.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	811500	9167750	-7.520105	-78.177612
2	811500	9165500	-7.540433	-78.177483
3	809125	9165500	-7.540571	-78.198982
4	809120	9167750	-7.520243	-78.199158
Coordenada central de los peligros identificados				
Inundación y erosión fluvial Río Chimin	811163	9166623	-7.530303	-78.180595

1.3.2. Población

De acuerdo a la información del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas de 2017 (INEI, 2018), la localidad de Chimin, tiene una población de 316 habitantes, distribuidos en 87 viviendas, con acceso a red pública de agua y energía eléctrica pero no de desagüe.

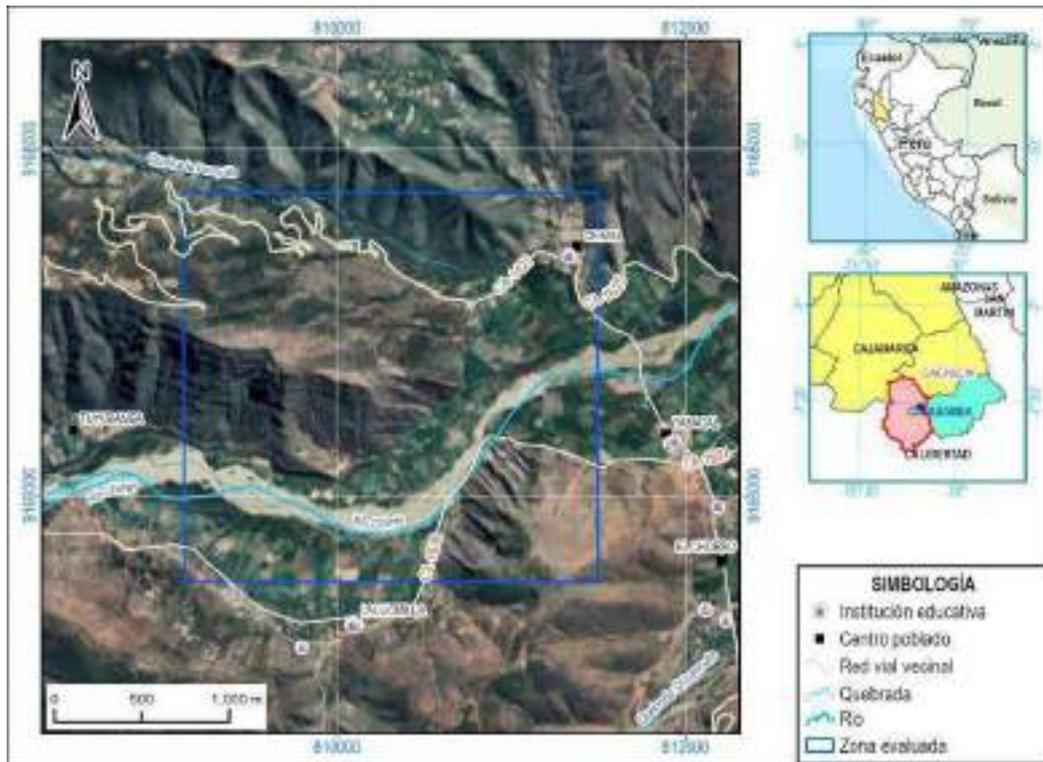


Figura 1. Ubicación del área evaluada (en línea azul).

1.3.3. Accesibilidad

El acceso hasta la localidad evaluada, se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Cajamarca, a través de la vía nacional PE-3N hasta la localidad de Puente Malcas, luego a través de la carretera CA-1636 hasta la localidad de Chimin, tal como se detalla en la siguiente ruta (Tabla 2, Figura 2):

Tabla 2. Rutas y acceso a la zona evaluada.

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca – Puente Malcas	Asfaltada	98	2 hora 20 minutos
Puente Malcas – Chimin	Afirmada	5	15 minutos

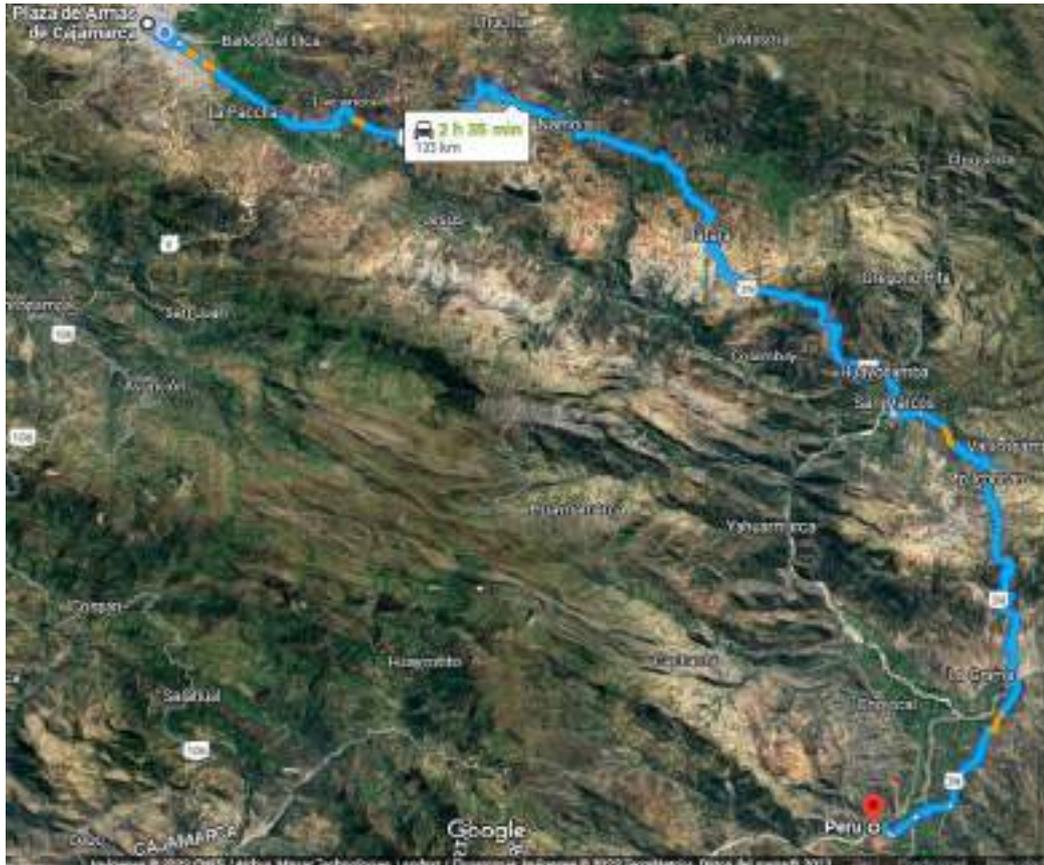


Figura 2. Ruta de acceso desde la ciudad de Cajamarca a la localidad Chimin. **Fuente:** Google Maps.

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima Semiseco con invierno seco, templado (C (i) B'), con una temperatura máxima promedio de hasta 25°C, una temperatura mínima promedio desde 7°C y una precipitación anual entre 300 mm a 700 mm.

Durante el mes de marzo del 2023 (mes más lluvioso), el sector evaluado percibió precipitaciones de hasta 54.5 mm/día (Figura 3) considerados por el Senamhi, en su consolidado de umbrales de precipitación del 2014, como Extremadamente Lluvioso, para la provincia de Cajabamba (Senamhi, 2014).

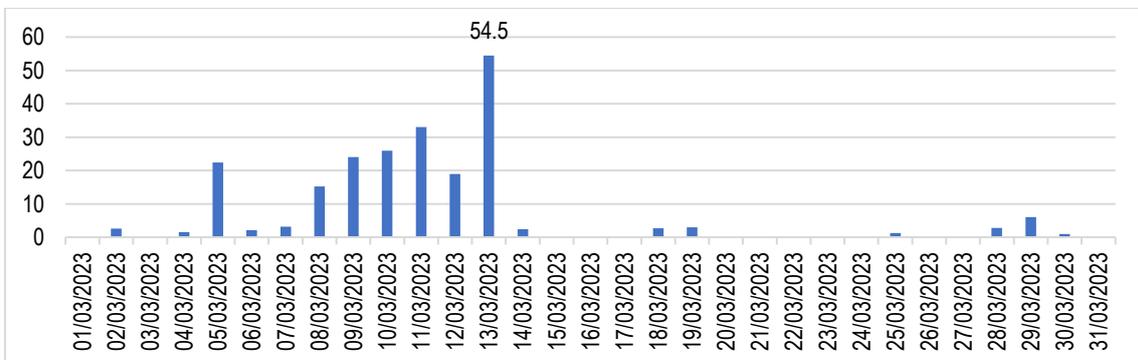


Figura 3. Precipitación diaria en marzo del 2023, en la Estación Cachachi (Cajabamba). **Fuente:** Senamhi.

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 (PMA, 2007); donde participó la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet. Los términos y definiciones se detallan a continuación:

Arcilla: Suelo con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad; muy influenciados por el agua en su comportamiento.

Condicionante: Se refiere a todos aquellos factores naturales o antrópicos que condicionan o contribuyen a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituyen el evento detonante del movimiento.

Derrumbe: Desplome de una masa de roca, suelo o ambos por gravedad, sin presentar una superficie o plano definido de ruptura, y más bien una zona irregular. Se producen por lluvias intensas, erosión fluvial; rocas muy meteorizadas y fracturadas.

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.

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.

Inundación fluvial: Terreno aledaño al cauce de un río, que es cubierto por las aguas después de una creciente. Las causas principales de las inundaciones son las precipitaciones intensas, las terrazas bajas, la dinámica fluvial y, en algunos casos, la deforestación.

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.

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.

Saturación: El grado de saturación refleja la cantidad de agua contenida en los poros de un volumen de suelo dado. Se expresa como una relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos.

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.

Zonas críticas: Son zonas o áreas con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Algunas pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

3. ASPECTO GEOLÓGICO

La descripción geológica se desarrolló en base al Boletín N° 31 Serie A, Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba (Reyes, 1980) como también se toma referencia del reciente cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, versión 2021 (Ingemmet, 2021); los cuales se complementaron con trabajos en campo, análisis de imágenes satelitales, y fotogrametría con dron para caracterizar y delimitar las diferentes unidades litológicas considerando su grado de resistencia y susceptibilidad a procesos de remoción en masa e inundación fluvial (Mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Corresponden unidades sedimentarias clásticas del Cretácico; cubiertas por una cobertura cuaternaria compuesta por depósitos de movimientos en masa y procesos geohidrológicos.

3.1.1. Formación Carhuaz (Ki-ca)

Esta unidad está conformada por areniscas intercaladas con limolitas y lutitas ferruginosas, muy fracturadas y altamente meteorizadas; su origen corresponde a sedimentación continental con episodios de aporte marino estacionales, de allí la presencia de óxidos de hierro en su composición.

3.1.2. Formación Farrat (Ki-f)

Esta unidad descansa de forma concordante con la Formación Farrat, está constituida por grandes bancos de areniscas con mayor contenido de cuarzo, intercalados con algunos estrados de limolitas; en la zona se presentan en macizos medianamente fracturados y moderadamente meteorizados (fotografía 1).



Fotografía 1. Macizo rocoso de areniscas de la Formación Farrat en la zona evaluada.
Ubicación: E: 810874, N: 9166283, Z: 2096.

3.1.3. Depósitos cuaternarios

Depósito Fluvial (Q-fl)

Corresponde a depósitos de bloques (20%), cantos (15%), gravas (35%), gránulos (15%), arenas (10%), limos y arcillas (5%), transportados por corrientes de ríos y quebradas y que son acumulados en los terrenos con pendiente de llana a suaves (fotografía 2).



Fotografía 2. Vista del cauce del río Chimín, lugar de acumulación periódica de depósitos fluviales.

Depósito Aluvial (Q-al)

Corresponde a arenas y gravas ubicados en terrazas antiguas, donde la fuente del transporte de los suelos ha cesado por lo que los suelos se encuentran medianamente compactados.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Además de la cartografía regional de geomorfología, a escala 1:250 000 del boletín de riesgos geológicos de la región Cajamarca, se utilizó imágenes y modelos digitales de elevación detallados, obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron en febrero del 2023 por el Ingemmet y de fuente Alos Palsar de detalle 12 m, lo cual permitirá estudiar el relieve, pendientes y demás características; con el fin de describir subunidades a detalle (escala 1:/ 5 000).

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona evaluada presenta elevaciones que van desde los 2 082 m hasta los 2 584 m, en los cuales se distinguen 11 niveles altitudinales (Figura 4), visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con menor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 2 082 y 2 150 m, con pendiente promedio de llana a suave pendiente (<5°) correspondiente a depósitos fluviales y aluviales; y geoformas de llanura o planicie inundable y terraza aluvial.

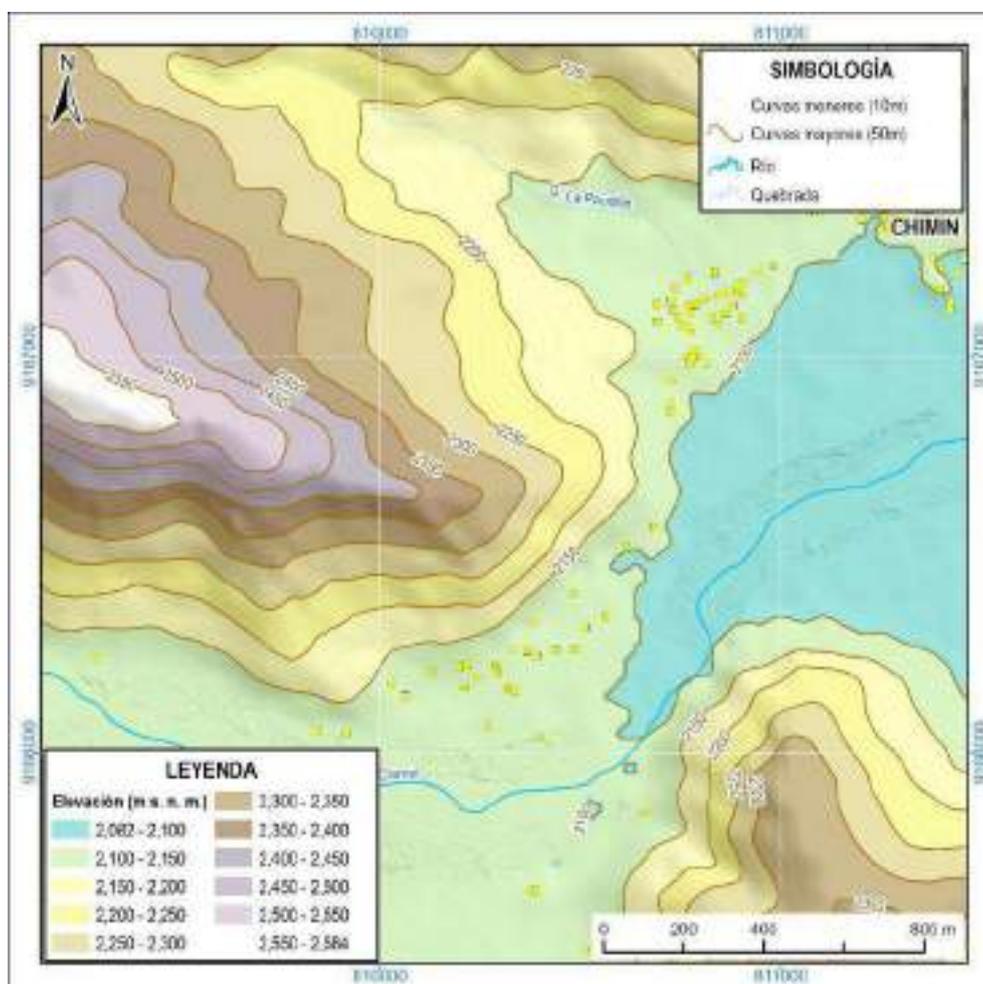


Figura 4. Modelo digital de elevaciones de la zona evaluada.

4.2. Pendiente del terreno

La localidad de Chimin presenta terrenos con pendientes que varía de llanos en las cercanías al cauce del río Chimin (<1°) a muy escarpados (>45°) en las laderas de las montañas (Figura 5, Mapa 2).

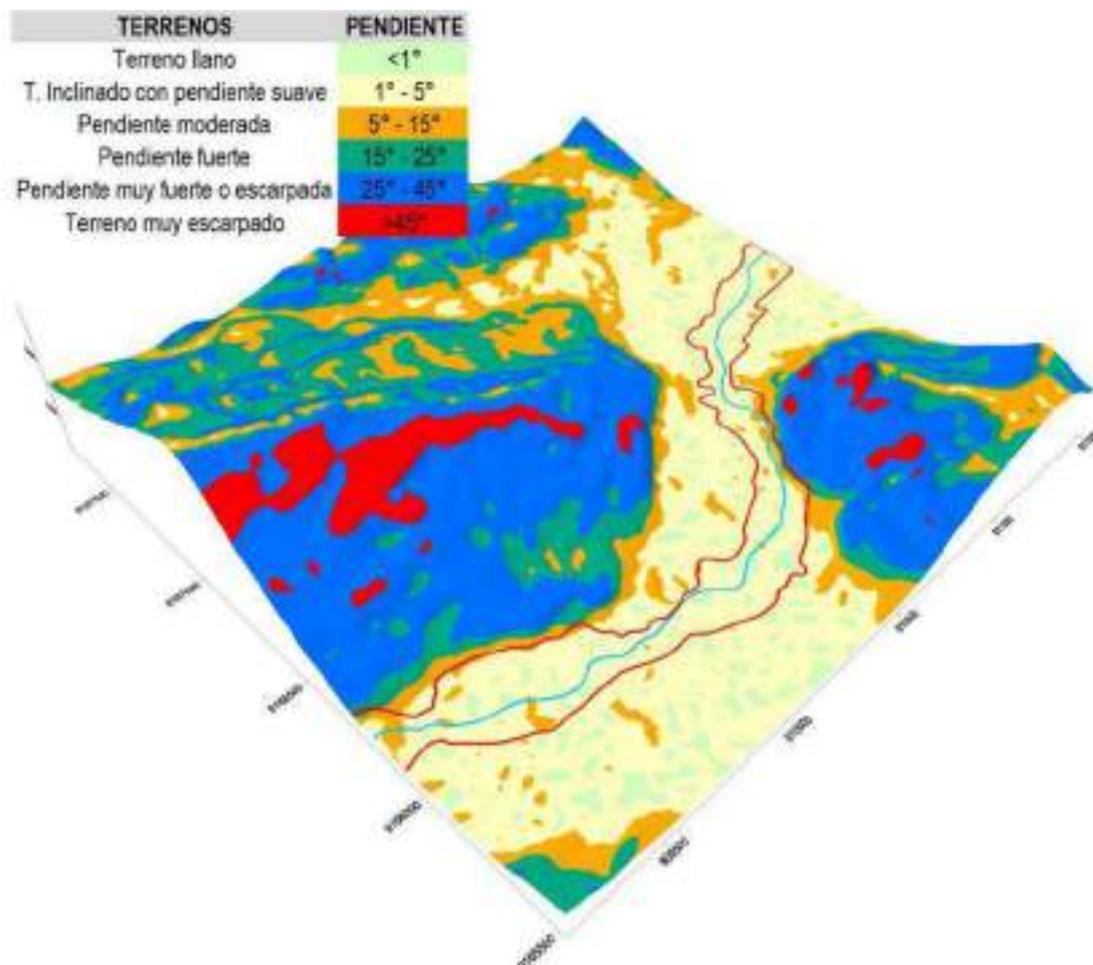


Figura 5. Modelo 3D de las pendientes de la localidad Chimin; el cauce del río Chimin se muestra en línea continua celeste; el límite de la zona de inundación y erosión fluvial está delimitado en línea roja.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (montaña en roca sedimentaria: M-rs y montaña estructural en roca sedimentaria: ME-rs), como de carácter deposicional y agradacional (vertiente coluvio deluvial: V-cd; terraza aluvial: T-a y llanura o planicie inundable: PI-l); se grafican en la figura 6 y en el Mapa 3.



Figura 6. Geoformas de la localidad Chimin.

4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales. Estos procesos conducen a la modificación parcial o total de ellos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

Unidades 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 reconocen como cimas o cumbres agudas, subagudas, semi redondeadas, redondeadas o tubulares y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento, glaciación, etc.); sus laderas presentan un pendiente promedio superior al 30 % (Villota, 2005).

- Sub unidad de montaña estructural en roca sedimentaria

Son montañas con un relieve agreste marcado, debido a la mayor resistencia de las rocas que las conforman, por lo que son comunes afloramientos rocosos, apreciables en imágenes satelitales, inclusive; la vegetación es de moderada a escasa; sus terrenos tienen pendientes de escarpadas a muy escarpadas ($>25^\circ$).

- Sub unidad de montaña en roca sedimentaria

Son montañas con un relieve más suave que la unidad anterior, debido a la menor resistencia geológica de las rocas que las conforman, además de poseer una vegetación más densa; las pendientes del terreno van de fuertes a escarpadas (15° a 45°).

4.3.2. Geformas de carácter depositacional y agradacional

Son el resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos determinados por fuerzas de desplazamiento y por agentes móviles; tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra mediante el depósito de materiales sólidos resultante de la denudación de terrenos más elevados.

Unidad de Piedemontes

- Subunidad de piedemonte o vertiente coluvio deluvial

Unidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial; se encuentra acumulada al pie de laderas de montañas o acantilados de valles; presentando una pendiente del terreno de fuerte a escarpada (15° a 45°)

Unidad de Planicies

- Terraza aluvial

Son porciones de terreno plano que se encuentran dispuestos a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río. La altura a la que se encuentran estas terrazas representa niveles antiguos de sedimentación fluvial; están compuestos por gravas y arenas en una matriz de limos; sus pendientes del terreno van de suaves a moderadas (1° a 15°).

- Planicie o llanura inundable

Son superficies bajas, adyacentes a los fondos de valles principales y al mismo curso fluvial, sujetas a inundaciones recurrentes, ya sean estacionales o excepcionales, están compuestos por bloques y cantos, en una matriz de arenas y limos, sus pendientes de los terrenos son de llanas a suaves (<5°).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

El río Chimin, es fuente de recurso hídrico indispensable para los pobladores de la localidad del mismo nombre, tanto para sus actividades diarias como para sus cultivos agrícolas; sin embargo, durante temporadas de lluvias extremas su caudal puede aumentar en gran medida, causando inundaciones fluviales y erosión en las márgenes de su cauce (mapa 4); en marzo del 2023 se han producido inundaciones (fotografía 3), debido a las lluvias de intensidad de hasta 54.5 mm/día (Figura 3).

La vía vecinal CA-1636 tiene un tramo de 450 m que cruza por el cauce del río Chimin (Figura 7), esta vía es el único medio de comunicación para varios centros poblados del distrito Cachachi y sufre la interrupción total de su calzada durante las inundaciones por lluvias intensas.



Fotografía 3. Caudal del río Chimín a mediados del mes de marzo del 2023: vista al suroeste (arriba) y al noreste (abajo). **Fuente:** Autoridades locales de la localidad de Chimín.

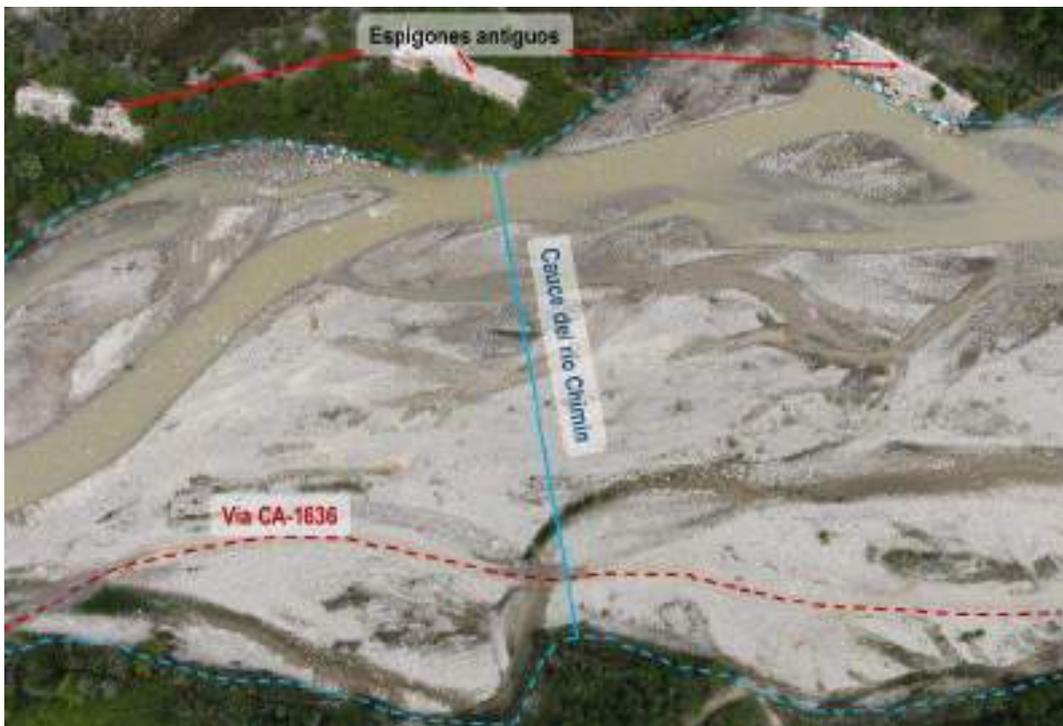


Figura 7. Vista del cauce del río Chimín por donde cruza un tramo de la vía vecinal CA-1636.

5.1. Inundación y erosión fluvial en la Río Chimin

5.1.1. Descripción

El centro del valle del río Chimin está conformado por una planicie inundable central con nula vegetación y de una pendiente de llana a suave ($<5^\circ$), la cual está circundada por terrazas aluviales con pendientes de suaves a moderadas (1° a 15°); los eventos de inundación abarcan toda la planicie inundable y las áreas de las terrazas aluviales próximas y con menor pendiente; afecta vías de comunicación y terrenos de cultivo (Figura 8).



Figura 8. Modelo 3D del valle del río Chimin, mostrando el curso principal en celeste y el límite de inundación fluvial en rojo.

Para poder identificar las áreas con susceptibilidad a inundación fluvial se han desarrollado dos modelamientos hidráulicos con el programa informático IBER, con un caudal de $250 \text{ m}^3/\text{s}$ (figura 9 y figura 10) cuyos resultados coinciden con la información recogida por las autoridades locales en marzo del 2023 de áreas afectadas; además se han desarrollado 4 perfiles transversales donde se aprecia el alcance de inundaciones en situaciones de lluvias extremas (figura 11).

- **Zona 1:** comprende el noreste de la zona, donde el modelamiento determina que el río Chimin afectaría 450 m de la vía vecinal CA-1636, en dos tramos (Figura 9); además de afectar cultivos agrícolas en ambos márgenes del cauce.
- **Zona 2:** comprende el suroeste de la zona, donde se determina la afectación de 800 m de una trocha carrozable local, que es utilizada para cruzar el río Chimin, cuando el caudal es bajo; también se aprecia la afectación de cultivos agrícolas en el margen norte del río.

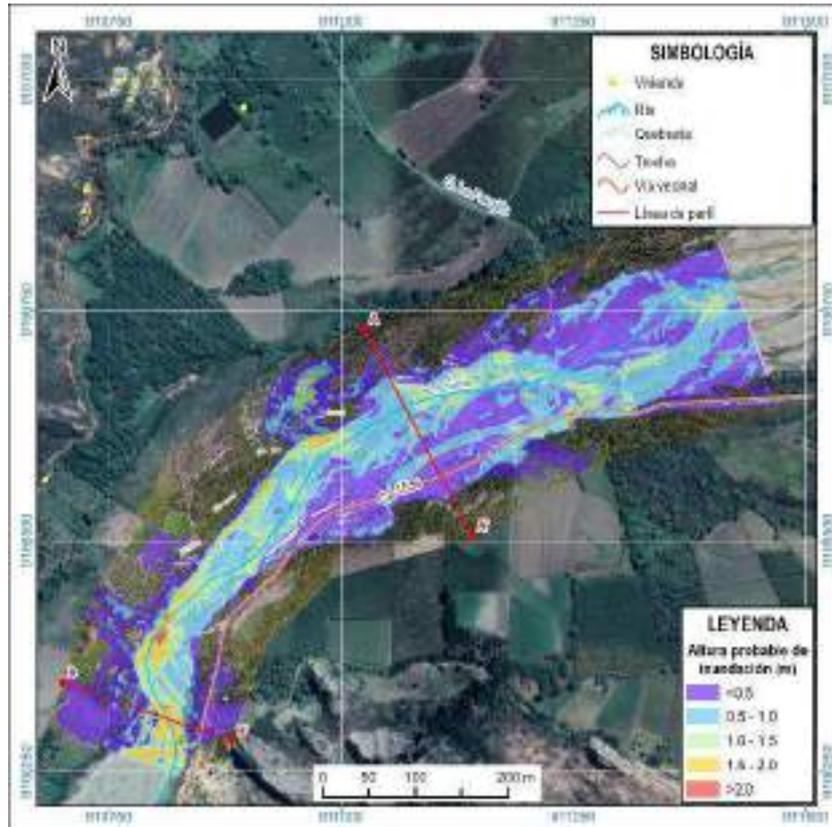


Figura 9. Análisis de un evento de inundación fluvial en la localidad de Chimin – Zona 1 con el programa IBER, en base al modelo digital de elevaciones obtenido con dron; caudal de 250 m³/s.

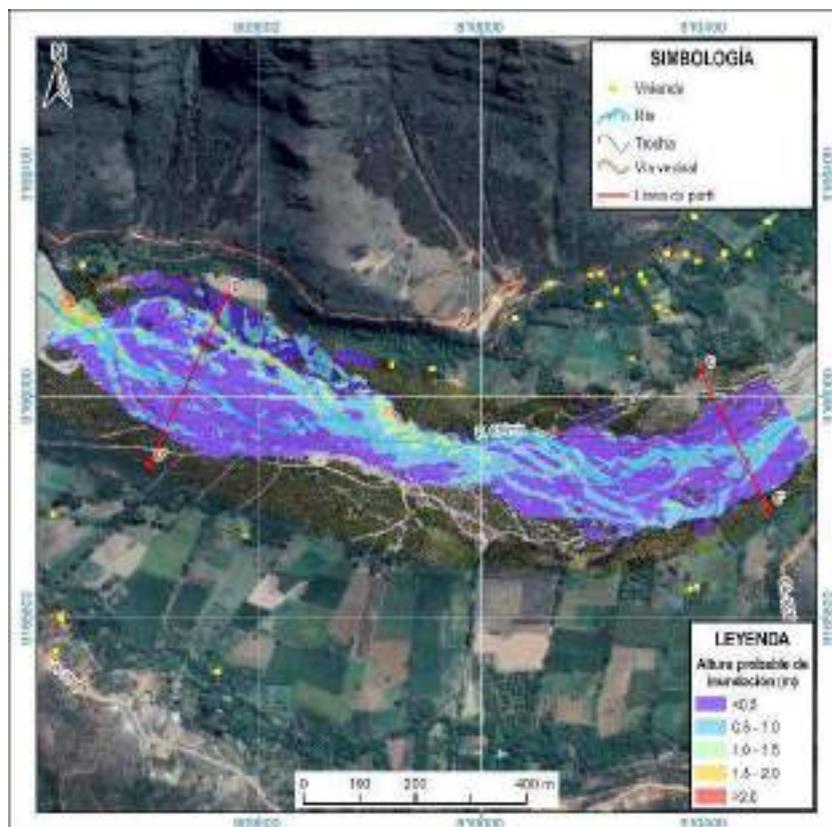


Figura 10. Análisis de un evento de inundación fluvial en la localidad de Chimin – Zona 2 con el programa IBER, en base al modelo digital de elevaciones obtenido con dron; caudal de 250 m³/s.

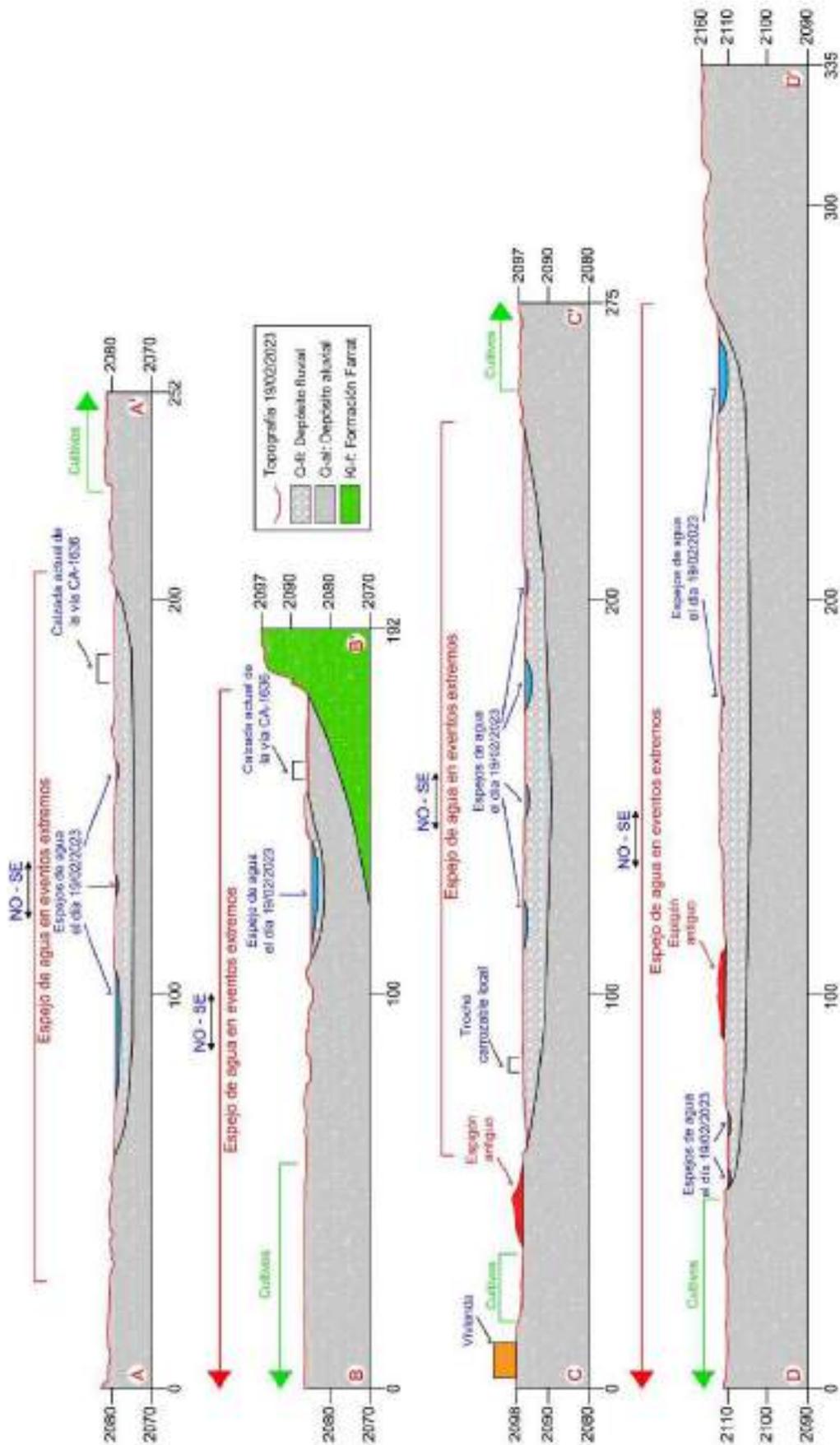


Figura 11. Perfiles transversales en el cauce del río Chimín, mostrando los elementos expuestos a peligro en eventos extremos de inundación fluvial.

A continuación, se muestra en detalle los sectores susceptibles a ser afectados por inundación fluvial en el río Chimin (Figuras 11 – 14).

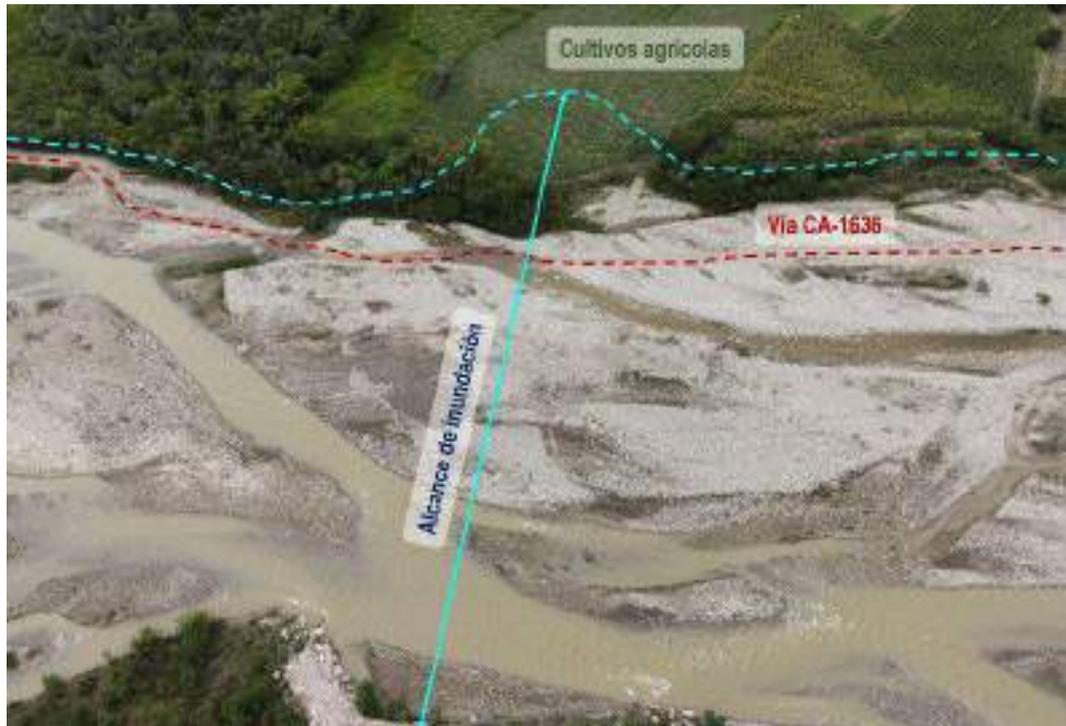


Figura 12. Lugar del perfil A-A', donde se aprecia a la vía vecinal CA-1636 y cultivos susceptibles a inundación fluvial. **Ubicación:** E: 811130, N: 9166622.



Figura 13. Lugar del perfil B-B', donde se aprecia a la vía vecinal CA-1636, una vivienda, una bocatoma y cultivos susceptibles a inundación fluvial. **Ubicación:** E: 810811, N: 9166306.

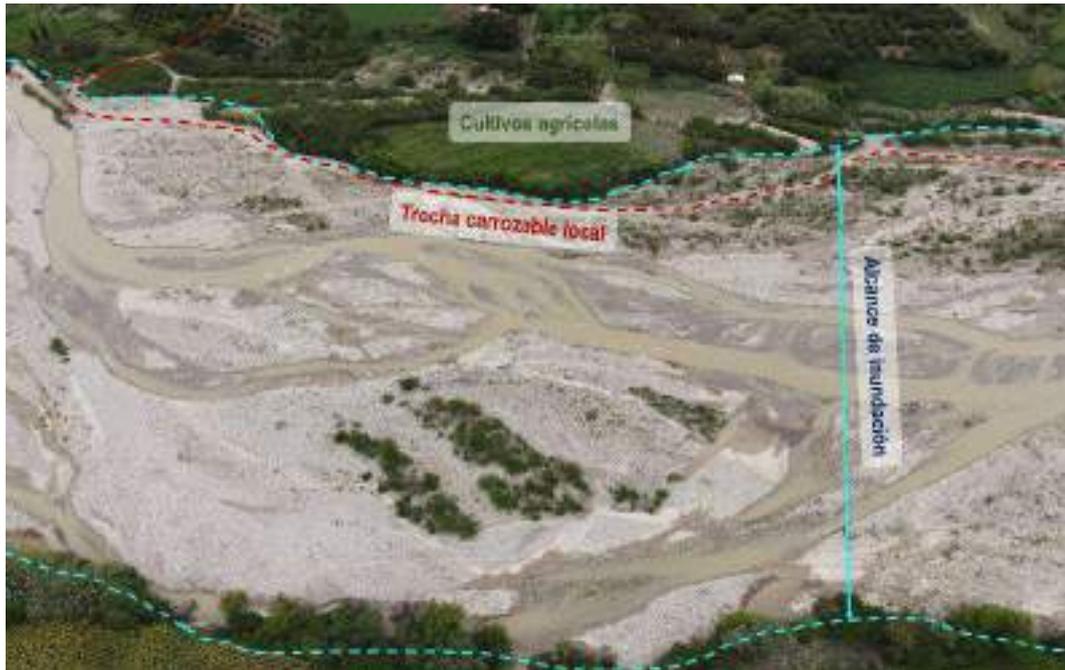


Figura 14. Lugar del perfil C-C', donde se aprecia una trocha carrozable local y cultivos susceptibles a inundación fluvial. **Ubicación:** E: 810475, N: 9165912.



Figura 15. Lugar del perfil D-D', donde se aprecian cultivos susceptibles a inundación fluvial. **Ubicación:** E: 809474, N: 9166025.

En la Figura 16 se muestra el inicio de trocha carrozable local, que parte de la vía vecinal CA-1636 y cruza el cauce del río Chimin; esta vía solo es utilizable cuando el caudal del río es bajo.



Figura 16. Inicio de la trocha carrozable local, la misma que atraviesa el cauce del río Chimín.
Ubicación: E: 810793, N: 9166208.

En la figura 17 se muestran espigones que actualmente han sido circundados por el cauce del río Chimín, por lo que no cumplen su función de contención de avenidas en lluvias extremas.



Figura 17. Espigones antiguos que actualmente se ubican dentro del cauce del río Chimín y ya no cumplen su función de contención de avenidas. **Ubicación:** E: 809447, N: 9166115.

5.1.2. Características visuales y morfométricas

- Tipo de peligro: Inundación y erosión fluvial.
- Estado: Latente
- Velocidad: Muy rápido.
- Composición: Suelos de gravas mal graduadas (GP); compuestos por bloques (20%), cantos (15%), gravas (35%), gránulos (15%), arenas (10%), limos y arcillas (5%); teniendo los cantos, bloques y gravas forma redondeada (Tabla 3).

Morfometría – cuenca media de la quebrada (dentro del área evaluada):

- Área de afectación por la inundación fluvial: 47.4 ha.
- Longitud del cauce del río evaluado: 2 996 m.
- Pendiente del terreno (promedio): 4°.
- Dirección del río: N75°.
- Ancho del río: 80 – 280 m.
- Altura máxima de inundación probable: 3 m.

Tabla 3. Descripción de formaciones superficiales. **Ubicación:** E: 809350; N: 9166146; Z: 2116.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL		GRANULOMETRÍA (%)		FORMA	REDONDES		
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	<input checked="" type="checkbox"/>	Estérica	<input checked="" type="checkbox"/>	Redondeado
<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input type="checkbox"/>	Sub redondeado
<input type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso
<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input type="checkbox"/>	Sub anguloso
<input checked="" type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial				
<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral				
<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar				
		20	Bolos				
		15	Cantos				
		35	Gravas				
		15	Gránulos				
		10	Arenas				
		5	Limos				
			Arcillas				

PLASTICIDAD	ESTRUCTURA	TEXTURA	CONTENIDO DE	% LITOLOGÍA
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

COMPACIDAD			CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.I.C.S.				
SUELOS FINOS		SUELOS GRUESOS		SUELOS GRUESOS		SUELOS FINOS	
Limos y Arcillas		Arena	Gravas	GW	SW	ML	MH
<input type="checkbox"/>	Blanda	<input type="checkbox"/>	Suelta	<input checked="" type="checkbox"/>	GP	CL	CH
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	GM	OL	OH
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	GC	PT	
		<input checked="" type="checkbox"/>	Suelta		SC		
			Med. consolidada				
			Consolidada				
			Muy consolidada				

Factores condicionantes

- Suelos compuestos por bloques (20%), cantos (15%), gravas (35%), gránulos (15%), arenas (10%), limos y arcillas (5%).
- Terrenos con pendiente suave (<5°), que conforman geformas de llanura o planicie inundable y terraza aluvial, muy susceptibles a inundación fluvial.
- Ausencia de infraestructuras de control de riesgos adecuadas (espigones en mal estado).

Factor detonante

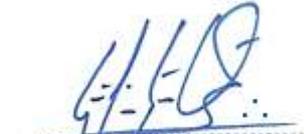
- Precipitaciones pluviales de intensidad extrema (de hasta 54.5 mm/día el 13/03/2023 – Estación Cachachi, Cajabamba).

Daños ocasionados

- 1 viviendas afectada.
- 1 bocatoma afectada.
- 450 m de la vía vecinal CA-1636 y de 800 m de una trocha local afectados.
- 5 hectáreas de terrenos de afectados.

6. CONCLUSIONES

- a. En la localidad de Chimin, el río Chimin viene originando eventos de inundación y erosión fluvial, debido a la falta de medidas de control estructurales adecuadas (muros de contención) y no estructurales (delimitación de las fajas marginales intangibles), lo cual afecta a una vivienda, una bocatoma, 450 m de la vía vecinal CA-1636, 800 m de una trocha local y 5 hectáreas de terrenos de cultivos.
- b. Los terrenos están conformados por depósitos fluviales de gravas mal graduadas, mientras el basamento rocoso corresponde a rocas sedimentarias clásticas de las formaciones Carhuaz y Farrat, que se encuentran de medianamente a muy fracturadas y de moderadamente a altamente meteorizadas. El material que conforman los depósitos fluviales corresponde a gravas mal graduadas (GP); compuestos por bloques (20%), cantos (15%), gravas (35%), gránulos (15%), arenas (10%), limos y arcillas (5%); teniendo sus clastos gruesos forma redondeada.
- c. En la zona evaluada, el área de posible inundación y erosión fluvial abarca un área de 47.4 ha a lo largo de 2 996 m, con una pendiente de terreno de 4° y un ancho de entre 80 y 280 m,
- d. Mediante el uso de la herramienta IBER se ha determinado una altura máxima de posible inundación de 3 m.
- e. Las geoformas corresponden a llanura o planicie inundable con pendiente de llana a suave (<5°) y terraza aluvial con pendiente de suave a moderada (1° a 15°), lo que favorece la ocurrencia de inundación fluvial.
- f. El factor detonante son las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas de marzo del 2023, de hasta 54.5 mm/día en la estación Cachachi, Cajabamba.
- g. Las áreas de impacto por inundación fluvial, cartografiados en el río Chimin, en la localidad Chimin, por las condiciones geomorfológicas y geodinámicas, se consideran como de **Peligro Alto** ante inundación y erosión fluvial.


LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg.CIP. N° 215610


Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

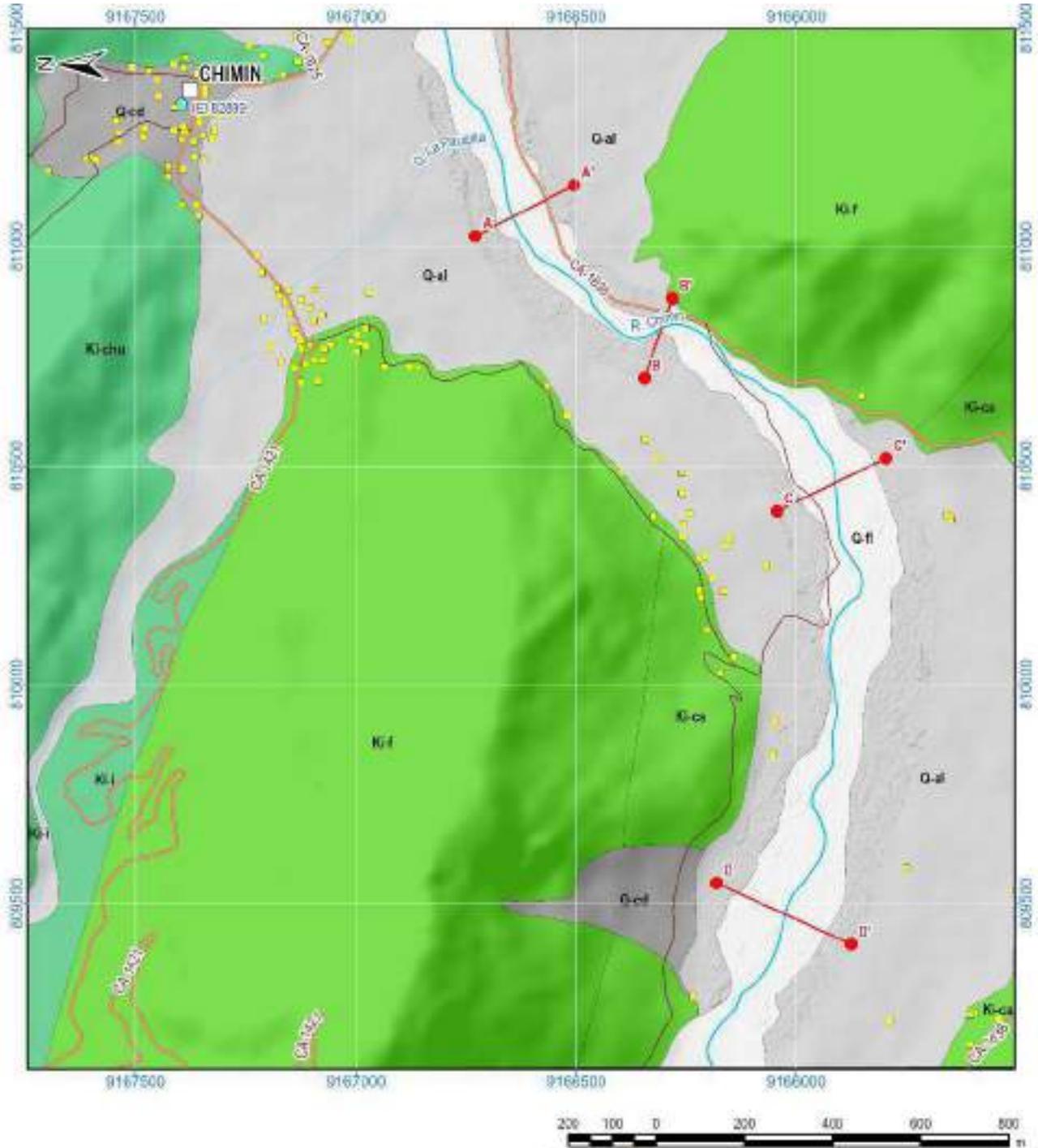
7. RECOMENDACIONES

- a. Construir defensas ribereñas, considerando las máximas avenidas, que impida el desborde del río Chimin.
- b. Cambiar el trazo de la vía vecinal CA-1636, lejos del cauce del río Chimin. Restringir el uso de la trocha carrozable local que atraviesa el río Chimin, durante las temporadas de lluvias intensas.
- c. Programar actividades de mantenimiento de las infraestructuras de control de riesgos proyectadas.
- d. Capacitar a la población de la localidad de Chimin en temas de Gestión del Riesgo de Desastres.
- e. Gestionar ante ANA la delimitación de las fajas marginales intangibles del río Chimin, y restringir la construcción de viviendas u otras infraestructuras en zonas de peligro.

8. BIBLIOGRAFÍA

- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm
- Ingemmet. (2021). *Mapas geológicos integrados 50k ver 2021*. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- PMA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas* (1a ed.). Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas.
- Reyes, L. (1980). *Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca (15-f), San Marcos (15-g) y Cajabamba (16-g) Boletín A 31 Serie A. Ingemmet* (1a ed.). Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - Ingemmet.
- Senamhi. (2014). *Umbrales y precipitaciones absolutas*.
- Senamhi. (2020). *Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Zavala, B., & Rosado, M. (2011). *Riesgo Geológico en la Región Cajamarca. Ingemmet Boletín N° 44, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*.

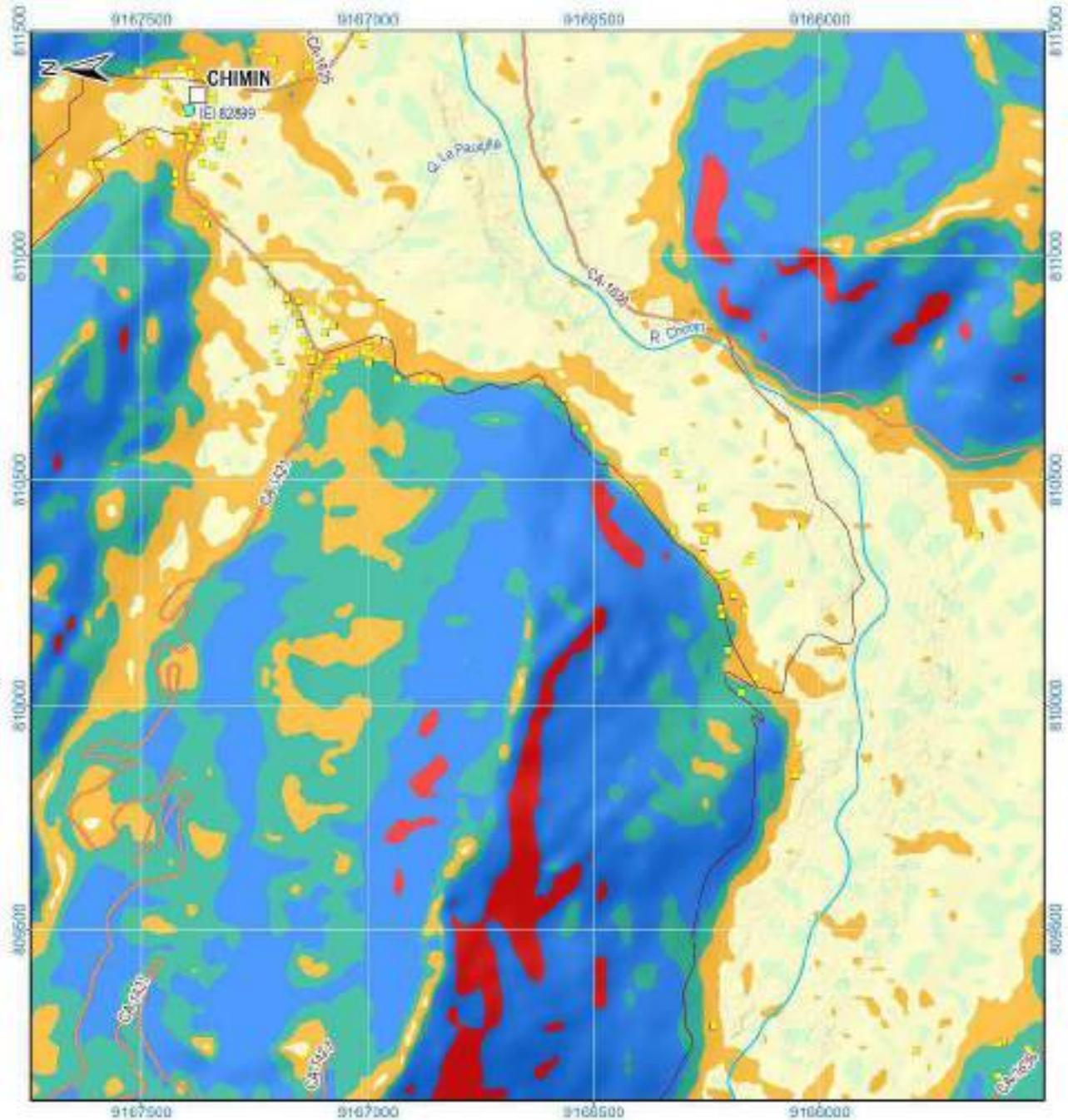
ANEXO 1. MAPAS



SIMBOLOGÍA	
	Centro poblado
	Institución educativa
	Vivienda
	Río
	Quebrada
	Trocha
	Vía vecinal
	Línea de perfil

LEYENDA	
	Q-f: Depósito fluvial
	Q-al: Depósito aluvial
	Q-cl: Depósito colúvio deluvial
	Ki-chu: Formación Chúlec
	Ki-i: Formación Inca
	Ki-f: Formación Farrat
	Ki-ca: Formación Carhuaz

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CALABAMBA - DUCHACHI	
GEOLOGÍA DEL CENTRO POBLADO CHIMIN	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Daturn: WGS 84
Escala: 1/14,000	Versión digital: 2023
MAPA	
1	



SIMBOLOGÍA	
	Centro poblado
	Institución educativa
	Vivienda
	Río
	Cuebrada
	Trocha
	Vía vecinal

LEYENDA	
	<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

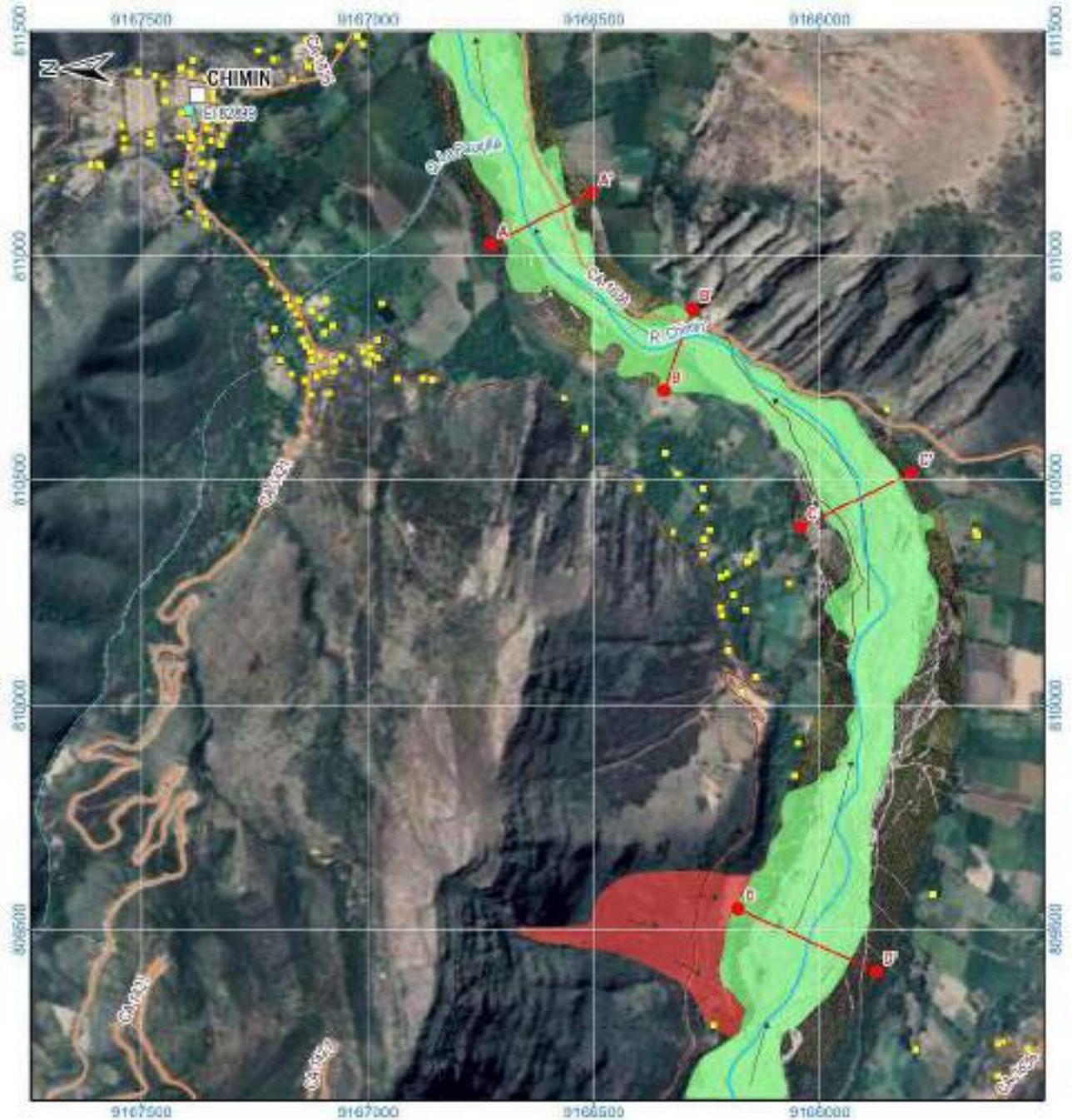
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CAJABAMBA - SACRACHI	
PENDIENTES DEL TERRENO DEL CENTRO POBLADO CHIMIN	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/14.000	Versión digital: 2023
MAPA 2	



SIMBOLOGÍA	
	Centro poblado
	Institución educativa
	Vivienda
	Río
	Quebrada
	Trocha
	Vía vecinal

LEYENDA	
	ME-rs: Montaña estructural en rocas sedimentarias
	M-rs: Montaña en rocas sedimentarias
	V.c.d.: Vertiente coluvio deluvial
	T-a: Terraza aluvial
	PI-I: Llanura o planicie inundable

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS AMBIENTACIONAL CAJAMARCA - CAJABAMBA - CACHACHI	
GEOMORFOLOGÍA DEL CENTRO POBLADO CHIMIN	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/14.000	Versión digital: 2023
MAPA 3	



SIMBOLOGÍA	
	Centro poblado
	Institución educativa
	Vivienda
	Río
	Quebrada
	Trocha
	Vía vecinal
	Dirección de movimiento activo
	Línea de perfil

LEYENDA	
	Inundación y erosión fluvial
	Deslizamiento inactivo-latente

 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - CAJABAMBA - CACHACHI	
CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO CHIMIN	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/14.000	Versión digital: 2023
MAPA 4	

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para Inundación fluvial

Debido a la gran amplitud del área crítica, se requerirá la implementación de medidas de control que optimicen costos, para ello los taludes con piedra volteada o pedraplenes resaltan como una opción viable, estas estructuras se pueden mejorar con la instalación de pantallas de geomallas (Fotografía 4).



Fotografía 4. Ejemplo de una defensa ribereña con un pedraplén y geomallas.

En caso se cuenten con los recursos suficientes, se puede optar por taludes con concreto armado como defensas ribereñas definitivas (Fotografía 5).



Fotografía 5. Ejemplo de una defensa ribereña con un muro de concreto.

En ambos casos la planificación de tareas de mantenimiento es necesaria, con el fin de mantener la integridad de las infraestructuras, además deben ser complementadas con medidas no estructurales como la delimitación de las fajas marginales intangibles.