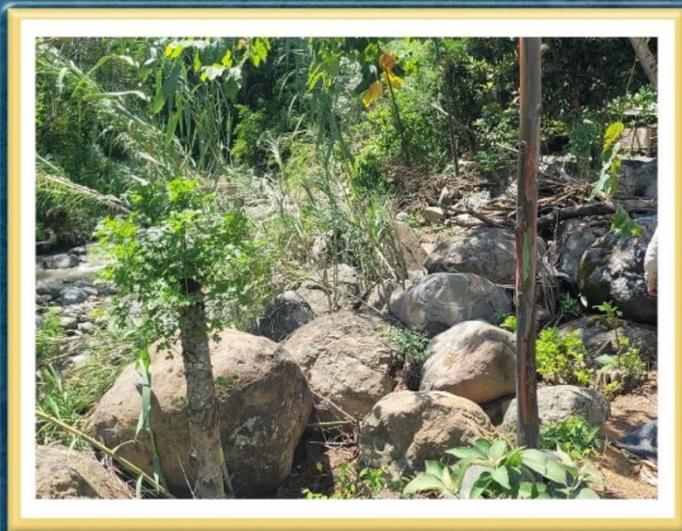


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7436**

# EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOHIDROLÓGICO POR INUNDACIÓN FLUVIAL EN EL SECTOR DE CHUNCHUQUILLO

Departamento Cajamarca  
Provincia Jaén  
Distrito Colasay



OCTUBRE  
2023

***EVALUACIÓN DEL PELIGRO GEOHIDROLÓGICO POR INUNDACIÓN FLUVIAL EN  
EL SECTOR DE CHUNCHUQUILLO***

Distrito Colasay, provincia Jaén, 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 fluvial en el sector de Chunchuquillo, distrito Colasay, provincia Jaén, departamento Cajamarca*. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7436, 26 p.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>3</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
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
<b>2. DEFINICIONES.....</b>	<b>7</b>
<b>3. ASPECTO GEOLÓGICO.....</b>	<b>9</b>
3.1. Unidades litoestratigráficas.....	9
3.1.1. Formación Oyotún.....	9
3.1.2. Depósitos cuaternarios.....	9
<b>4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....</b>	<b>11</b>
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.....	12
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	13
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>15</b>
5.1. Inundación fluvial en la Quebrada Bomboca.....	16
5.1.1. Descripción.....	16
5.1.2. Características visuales y morfométricas.....	17
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>19</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>20</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>21</b>
<b>ANEXO 1. MAPAS.....</b>	<b>22</b>
<b>ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS.....</b>	<b>26</b>

## RESUMEN

Con este trabajo el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), realiza la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (Actividad 11)”. Con ello 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 geohidrológico por inundación fluvial en la localidad Chunchuquillo, distrito Colasay, provincia Jaén, departamento Cajamarca.

En el contexto litológico se tienen terrenos con depósitos proluviales de arenas mal graduadas, que cubren al basamento rocoso correspondiente a secuencias de lavas andesíticas de la Formación Oyotún, que se encuentra medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas.

Las geoformas corresponden a piedemonte proluvial con pendiente del terreno menor a 4° (llana a suave) y vertiente coluvial de detritos en la margen izquierda, con pendiente promedio de 20° (fuerte).

La quebrada Bomboca, en su desembocadura conforma un antiguo abanico aluvial, que hizo migrar al río Huayllabamba, hacia la margen oriental.

La quebrada Bomboca, actualmente al estar colmatada y no contar con defensa ribereña adecuada, en situaciones de lluvias intensas y prolongadas, existe la probabilidad de generar una inundación fluvial en el centro poblado Chunchuquillo, teniendo un área expuesta de 8.6 ha, y que afectaría a 50 viviendas, instituciones públicas y vías de comunicación.

El factor detonante corresponde a precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, como la ocurrida el 02 de marzo del 2022, que registro 79.8 mm/día (estación La Cascarilla-Jaén).

Actualmente, en la parte alta de cuenca, se tienen procesos de erosiones de ladera, que aportan sedimentos (material fino), no se aprecian otros procesos, por lo cual es muy probable que no se generen movimientos en masa de suma importancia, siempre y cuando no se cambien las condiciones de estabilidad de los taludes.

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

Finalmente, se brindan las recomendaciones que se consideran importantes, sean tomadas en cuenta, tanto por las autoridades competentes y tomadores de decisiones, donde se recomienda la conformación definitiva de la Quebrada Bomboca, así mismo construir defensas ribereñas adecuadas, programar actividades de mantenimiento y la instalación de un Sistema de Alerta Temprana.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El Ingemmet, ente técnico-científico que 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)”, contribuye 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 remitida por el Gobierno Regional de Cajamarca según Oficio N° D000765-2021-GRC-ODN, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros en la quebrada Bomboca, ante la probabilidad de inundación fluvial en el centro poblado Chunchuquillo.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis Miguel León Ordáz y Elvis Rubén Alcántara Quispe, para realizar la evaluación de peligros geológicos del sector mencionado; llevado a cabo el día 25 de noviembre del 2022.

La 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, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital Colasay, Municipalidad Provincial Jaén, 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 geohidrológicos en la localidad Quebrada Bomboca, distrito Colasay, provincia Jaén, departamento Cajamarca.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los peligros geohidrológicos.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geohidrológicos 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° 39 Serie A, Geología de los Cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca (Reyes Rivera & Caldas Vidal, 1987) describe la geología a una escala 1:100 000; se señala que, en la zona de estudio, se tienen macizos rocosos de lavas andesíticas de la Formación Oyotún y depósitos aluviales de granulometría de gravas, arenas limos y arcillas. En el cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, versión 2021 (Ingemmet); por escala y detalle, se reafirma la presencia de secuencias lávicas andesíticas de la Formación Oyotún y depósitos aluviales.
- En 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 zona evaluada se sitúa sobre susceptibilidad baja a moderada ante la ocurrencia de inundaciones fluviales.

## 1.3. Aspectos generales

### 1.3.1. Ubicación

El área de evaluación corresponde a la localidad Quebrada Bomboca en el centro poblado Chunchuquillo, distrito Colasay, provincia Jaén, departamento Cajamarca (Figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en la 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	721625	9352890	-5.850832	-78.998352
2	721625	9352375	-5.855488	-78.998337
3	721140	9352375	-5.855504	-79.002716
4	721140	9352890	-5.850848	-79.002731
<b>Coordenada central de los peligros geológicos identificados</b>				
Inundación fluvial Quebrada Bomboca	721290	9352518	-5.854202	-79.001366

### 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 Chunchuquillo,

tiene una población de 873 habitantes, distribuidos en 304 viviendas, con acceso a red pública de agua, energía eléctrica y desagüe.

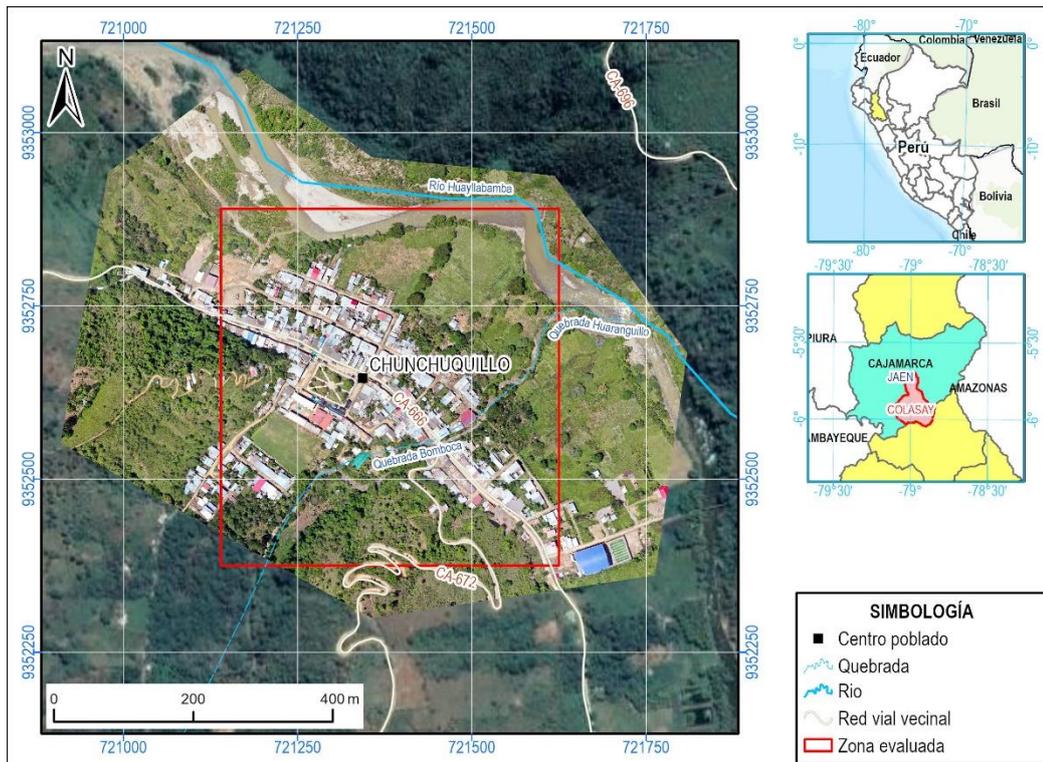


Figura 1. Ubicación del área evaluada (en línea roja).

### 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 Chiple, luego a través de la carretera Fernando Belaunde Terry hasta el Puente Chamaya 2, finalmente por la vía CA-666 hasta el Centro Poblado Chunchuquillo, 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 Chamaya 2	Asfaltada	286	7 horas
Puente Chamaya 2 - Chunchuquillo	Afirmada	27	48 minutos

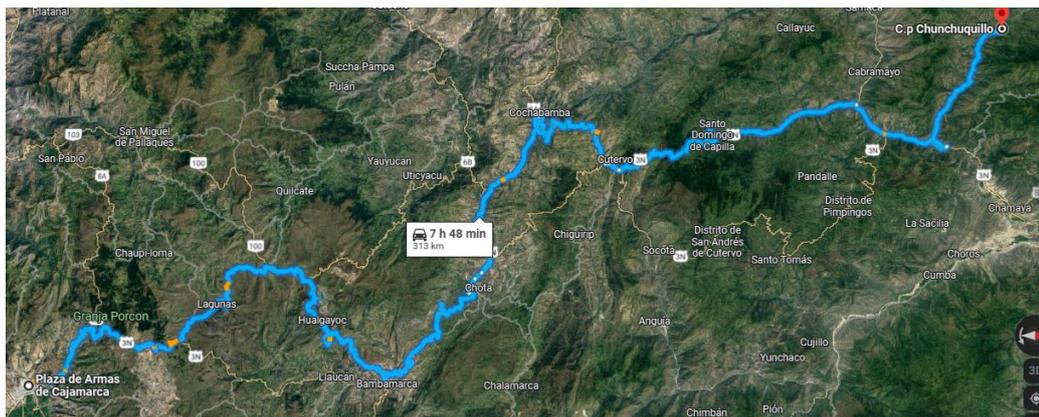


Figura 2. Ruta de acceso desde al centro poblado Chunchuquillo. Fuente: Google Maps.

### 1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima Lluvioso con humedad abundante todas las estaciones del año, templado B (r) B', con una temperatura máxima promedio de hasta 29°C, una temperatura mínima promedio desde 11°C y una precipitación anual entre 1 200 mm a 3 000 mm.

Durante el mes de marzo del 2022, el sector evaluado percibió precipitaciones de hasta 79.8 mm/día (Figura 3) considerados por el Senamhi como Extremadamente Lluvioso, para la provincia de Jaén (Senamhi, 2014).

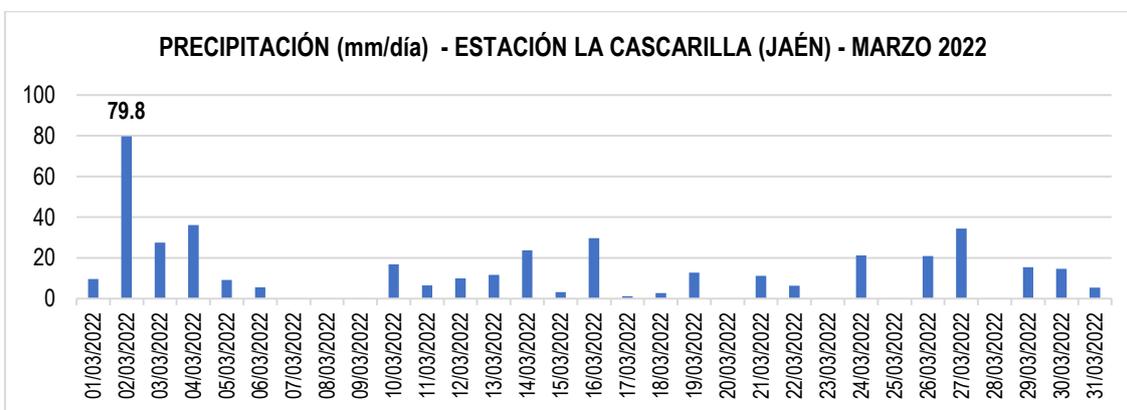


Figura 3. Precipitación diaria durante marzo del 2022 en la Estación La Cascarilla (Jaén). Fuente: Senamhi.

## 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.

**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.

**Ladera:** Superficie natural inclinada de un terreno.

**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.

**Inundación pluvial:** Se originan por la acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar o área geográfica sin que este fenómeno coincida necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial. Se genera tras un régimen de lluvias intensas persistentes, es decir, por la concentración de un elevado volumen de lluvia en un intervalo de tiempo muy breve o por la incidencia de una precipitación moderada y persistente durante un amplio período de tiempo sobre un suelo poco permeable.

**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° 39 Serie A, Geología de los Cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca (Reyes Rivera & Caldas Vidal, 1987) el reciente cartografiado geológico integrado a escala 1:50 000, versión 2021 (Ingemmet, 2021); complementados y validados 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 a la secuencias volcánico sedimentarias de flujos de lavas de composición andesítica; coberturadas por depósitos cuaternarios originados por eventos hidrometeorológicos y de remoción en masa.

##### 3.1.1. Formación Oytún

Corresponde a andesitas afaníticas a porfíricas de color gris a gris oscura, brecha volcánicas clastos angulosos a sub angulosos andesíticos y areniscas rojas. En la zona evaluada sus macizos se encuentran coberturados por depósitos aluviales y fluviales. Estas rocas se encuentran medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas, por lo cual genera fragmentos de rocas con dimensiones de hasta 0.5 m, son de formas sub angulosas, por tener poco recorrido.

##### 3.1.2. Depósitos cuaternarios

###### Depósito Coluvial (Q-co)

Son suelos ubicados en las partes bajas de las montañas, formados por movimientos en masa de corto recorrido, donde el principal agente de

transporte ha sido la gravedad, están compuestos por suelos arenosos y limosos, con poco contenido de finos.

### **Depósito fluvial (Q-fl)**

Corresponde a acumulaciones de gravas, arenas y limos transportadas en el cauce de ríos y quebradas; en la zona encontramos estos depósitos en las inmediaciones y en el cauce del río Huayllabamba, al noreste del centro poblado Chunchuquillo.

### **Depósito proluvial 1 (Q-pr)**

Son suelos que conforman abanicos aluviales antiguos ubicados en la parte de desembocadura de la quebrada Bomboca en el río Huayllabamba; su composición va de gravas y arenas intercaladas con bloques y cantos, en secuencias que indican periodos de grandes avenidas de flujos de detritos, y que ahora conforman terrenos con pendiente de llana a suave (<5°).

### **Depósito proluvial 2 (Q-pr)**

Son acumulaciones de suelos de gravas mal graduadas (GP) ubicadas en los cauces y en sus cercanías de quebradas recientes, como la quebrada Bomboca; compuestos por bloques (25%), cantos (15%), gravas (20%), gránulos (15%), arenas (15%), limos y arcillas (3%); son de formas subredondeadas a redondeada, producto de avenidas torrenciales estacionales; en la zona los encontramos en el cauce de la quebrada Bomboca (Fotografía 1).



**Fotografía 1.** Vista del cauce de la quebrada Bomboca, donde se han depositado depósitos proluviales.

#### 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 utiliza imágenes y modelos digitales de elevación detallados, obtenidos de levantamientos fotogramétricos con dron en agosto del 2022, 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 990 m hasta los 1 120 m, en los cuales se distinguen siete niveles altitudinales (Figura 4), visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con menor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 1 000 y 1 040 m, con pendiente promedio de llana a suave pendiente (<5°) correspondiente a depósitos aluviales y a una geoforma de terraza aluvial.

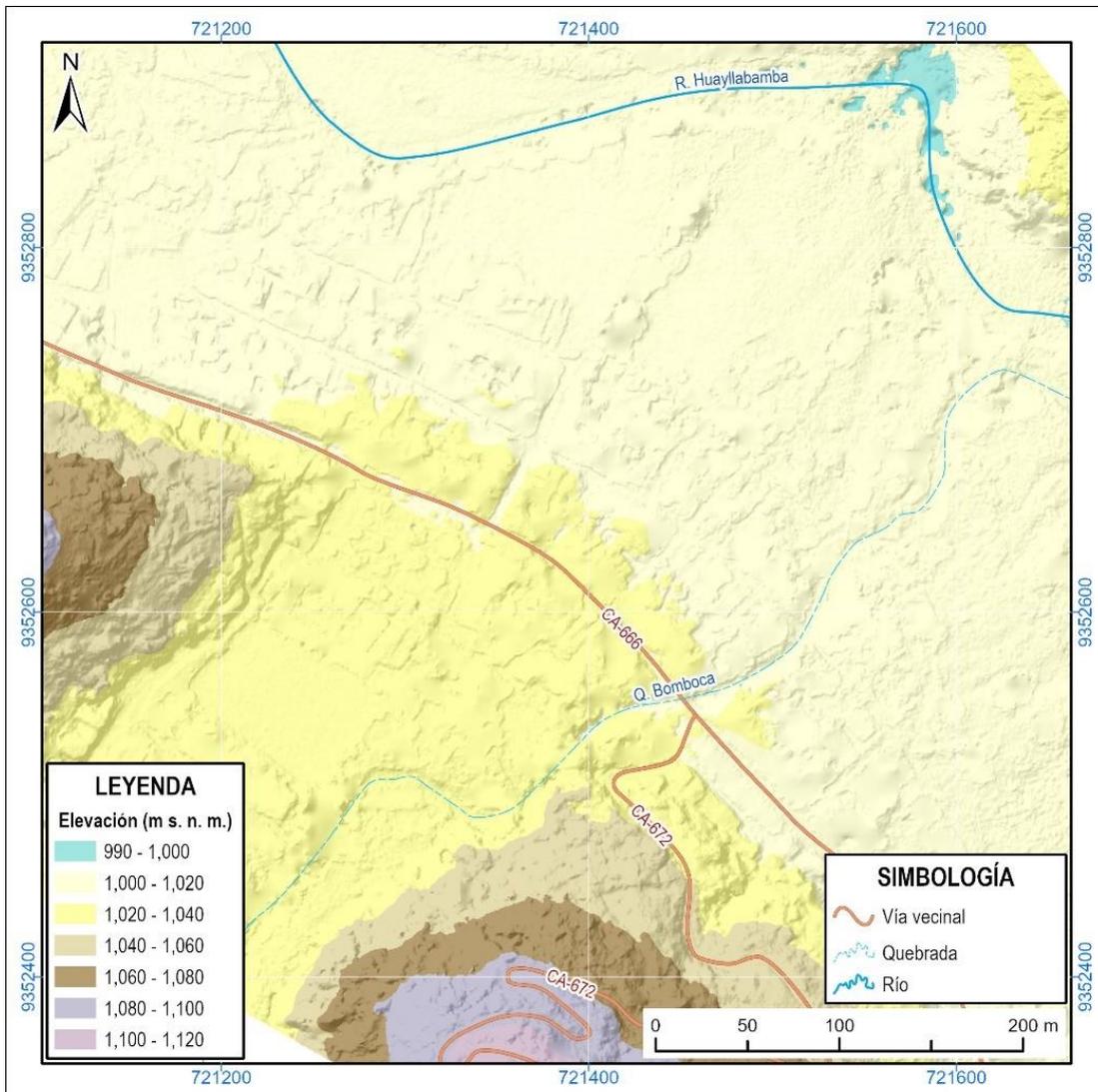
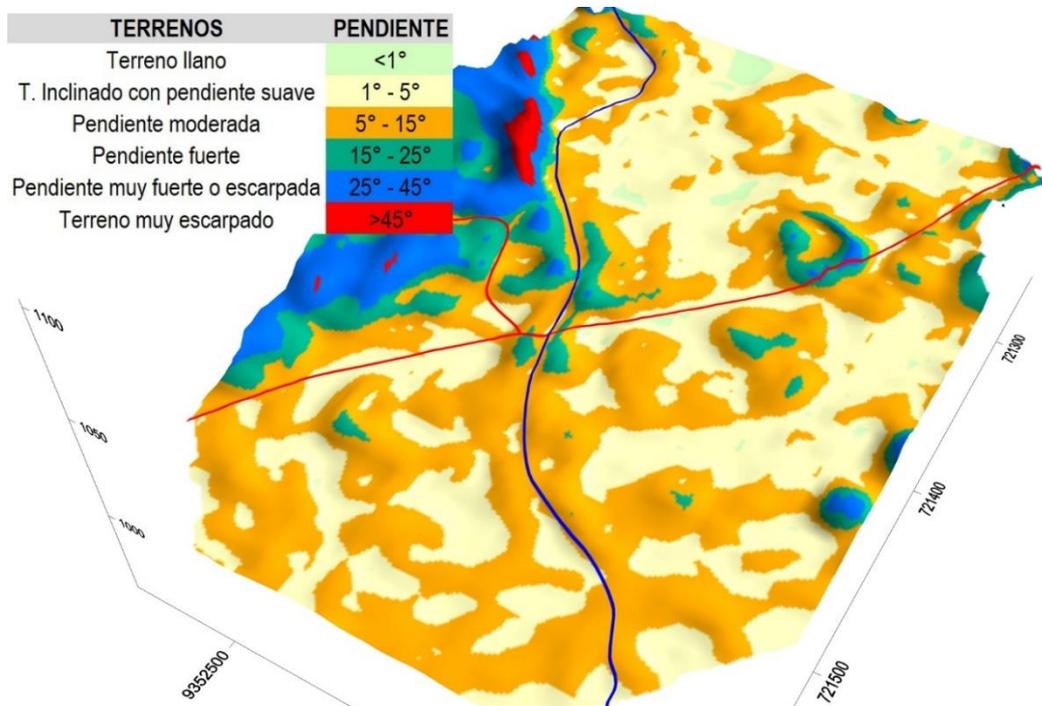


Figura 4. Modelo digital de elevaciones de la zona evaluada.

## 4.2. Pendiente del terreno

El centro poblado Chunchuquillo presenta terrenos con pendientes que varía de llana (<1°) a suave (1°-5°), formando piedemontes proluviales, muy susceptibles a inundación fluvial debido al posible desborde de la quebrada Bomboca (Figura 5, Mapa 2).



**Figura 5.** Modelo 3D de las pendientes del centro poblado Chunchuquillo; las vías se muestran en línea roja y la quebrada Bomboca en azul.

## 4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen geoformas tanto de carácter tectónico degradacional y erosional (montaña en roca volcánico-sedimentaria), como de carácter deposicional y agradacional (piedemonte fluvial, terraza aluvial y terraza fluvial); las geoformas se grafican en la figura 6 y en el Mapa 3.

### 4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

#### 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, sus laderas presentan un pendiente promedio superior al 30% (Villota, 2005).

#### - Sub unidad de montaña en rocas sedimentarias (M-rs)

Se presentan en las partes altas del centro poblado Chunchuquillo, donde los terrenos conforman montañas de moderada a fuerte pendiente, con abundante vegetación forestal.

### 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 Piedemonte

- **Subunidad de vertiente coluvial de detritos (V-d)**

Son terrenos formados por la acumulación de suelos transportados por la gravedad, principalmente, por lo que sus componentes son de sub angulares a angulares, y de estructura masiva.

- **Subunidad de piedemonte proluvial o aluvio torrencial (P-pral)**

Conforman terrenos de antiguos abanicos aluviales o que se ubican en cauces de las quebradas o ríos, donde la continua acumulación de suelos de variada composición puede provocar el desborde del flujo de corrientes, en caso de ausencia de medidas de control.

#### Unidad de planicies

- **Subunidad de terraza fluvial (T-fl)**

Corresponde a terrenos con pendiente llana (2° en promedio) ubicados en las zonas contiguas al río Huayllabamba, muestran ausencia de vegetación debido a los constantes episodios de inundaciones en épocas de lluvias intensas.



Figura 6. Vista de las geformas del centro poblado Chunchuquillo.



## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

La Quebrada Bomboca es lugar de constantes episodios de flujos de detritos que colmatan su cauce, ocasionando el desborde y la consecuente inundación fluvial de varias viviendas del centro poblado Chunchuquillo (Figura 7). El fuerte ángulo del cauce de la quebrada y la ausencia de una defensa ribereña definitiva (Figura 8) condicionan que el peligro siga latente.



**Figura 7.** Vista de la curvatura crítica de la quebrada Bomboca por donde son constantes los episodios de inundación fluvial.



**Figura 8.** Defensa ribereña temporal en el sector crítico de la quebrada Bomboca.

## 5.1. Inundación fluvial en la Quebrada Bomboca

Históricamente, la quebrada Bomboca ha generado diversos episodios de desborde debido a la colmatación de la quebrada en el sector sur de la ciudad, donde el cauce toma una curva cerrada; estos materiales acarreados por la quebrada corresponden a bloques y gravas con una matriz de arenas.

### 5.1.1. Descripción

El centro poblado Chunchuquillo está asentado en un antiguo abanico aluvial formado por la constante acumulación de suelos transportados por la quebrada Bomboca hasta su desembocadura en el Río Huayllabamba (Figura 9).

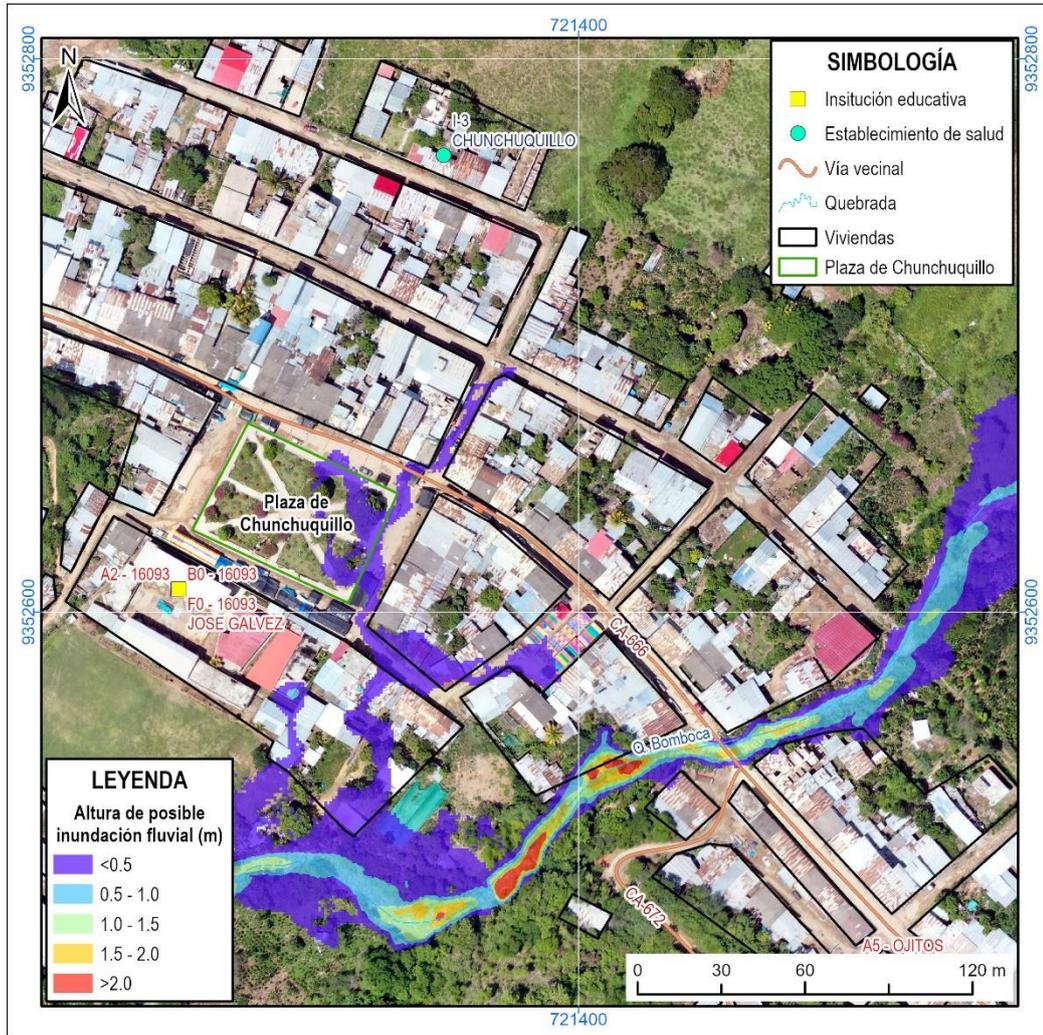
Este antiguo abanico aluvial conforma terrenos con pendiente de llana a suave (<math><5^\circ</math>) y son muy susceptibles a inundación fluvial; tiene un ancho de 500 m; el material que la conforma son bloques (25%), cantos (15%), gravas (20%), gránulos (15%), arenas (15%) y limos y arcillas (10%) (Tabla 3).

Actualmente el cauce de la quebrada discurre por la margen derecha, que tiene un ancho de 4 a 6 m.



**Figura 9.** Delimitación (en línea amarilla) del antiguo cono aluvial generado por la quebrada Bomboca en su desembocadura en el Río Huayllabamba, y que actualmente es usado para el asentamiento del centro poblado Chunchuquillo.

Para poder visualizar un posible episodio de desborde e inundación de la quebrada Bomboca, se ha utilizado un modelo computacional con el programa IBER (Figura 10), que muestra el resultado de un análisis de inundaciones fluviales, mostrando que las aguas de la Quebrada Bomboca afectarían a gran parte de las viviendas, instituciones públicas, vías y demás infraestructuras del centro poblado Chunchuquillo, a falta de medidas de control definitivas.



**Figura 10.** Análisis de una posible inundación fluvial en el área evaluada con el programa informático IBER, en base al modelo digital de elevaciones obtenido con dron.

### 5.1.2. Características visuales y morfométricas

- Tipo de peligro: Inundación fluvial
- Estado: Activo
- Velocidad: Rápido
- Composición: Suelos aluviales de gravas mal graduadas (GP); compuestos por bloques (25%), cantos (15%), gravas (20%), gránulos (15%), arenas (15%), limos y arcillas (10%); teniendo forma redondeada (Tabla 3).

#### Morfometría (dentro del área evaluada):

- Área de la quebrada Bomboca: 5 831 m<sup>2</sup>
- Área de posible afectación por inundación fluvial: 8.6 ha
- Longitud del cauce de la quebrada evaluado: 400 m
- Pendiente del terreno (promedio): 4°
- Dirección del flujo: N35°
- Ancho del área de posible afectación: 190 m
- Altura máxima de inundación probable: 3 m

**Tabla 3.** Descripción de formaciones superficiales. **Ubicación:** E: 721302; N: 9352516; Z: 1025.

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL				GRANULOMETRÍA (%)		FORMA		REDONDES	
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	25	Bolos	X	Esférica	X	Redondeado
<input type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	15	Cantos	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input type="checkbox"/>	Sub redondeado
<input type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	20	Gravas	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso
<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	15	Gránulos	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input type="checkbox"/>	Sub anguloso
<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial	15	Arenas				
X	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral	7	Limos				
<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar	3	Arcillas				

PLASTICIDAD		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		% LITOLOGÍA	
<input type="checkbox"/>	Alta plasticidad	<input type="checkbox"/>	Masiva	<input type="checkbox"/>	Harinoso	<input type="checkbox"/>	Materia orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>	Med. plasticidad	X	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	X	Volcánicos
<input type="checkbox"/>	Baja plasticidad	<input type="checkbox"/>	Lenticular	X	Áspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Metamórficos
X	No plástico							X	Sedimentarios

COMPACIDAD				CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.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	X	Suelta	X	GP	CL	CH
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input type="checkbox"/>	Densa	<input type="checkbox"/>	Med. consolidada	<input type="checkbox"/>	GM	OL	OH
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	<input type="checkbox"/>	Consolidada	<input type="checkbox"/>	GC	PT	
				<input type="checkbox"/>	Muy consolidada				

**Factores condicionantes**

- Suelos sueltos de arenas mal graduadas, compuestos por bloques (5%), cantos (10%), gravas (25%), gránulos (10%), arenas (45%) y limos (5%).
- Terrenos con pendiente llana o suave (<5°), que conforman geoformas de piedemonte proluvial y terraza aluvial, muy susceptibles a inundación fluvial.
- Ausencia de infraestructuras de control de riesgos definitivas.

**Factor detonante**

- Precipitaciones pluviales de intensidad extrema (de hasta 79.8 mm/día el 02/03/2022 – Estación La Cascarilla, Jaén).

**Daños ocasionados**

- 120 m de cauce de la quebrada Bomboca.
- Posible afectación en 50 viviendas del centro poblado Chunchuquillo.

## 6. CONCLUSIONES

- a. En la quebrada Bomboca, se ha cartografiado procesos inundación y erosión fluvial. Se aprecia que la erosión ha afectado la margen izquierda en un tramo de 120 m. De generarse inundación podría afectar 50 viviendas del centro poblado Chunchuquillo.
- b. Los terrenos están conformados por depósitos proluviales de gravas mal graduadas, mientras el basamento rocoso corresponde a secuencias de lavas andesíticas de la Formación Oytún, que se encuentran medianamente fracturadas y moderadamente meteorizadas.
- c. El material que conforman los depósitos proluviales corresponde a suelos gravas mal graduadas (GP); compuestos por bloques (5%), cantos (10%), gravas (25%), gránulos (10%), arenas (45%) y limos (5%); teniendo sus clastos gruesos forma redondeada.
- d. En la zona evaluada, el área de posible inundación abarca un área de 8.6 ha, con una pendiente de terreno de 4° y un ancho de 190 m.
- e. Mediante el uso de la herramienta IBER se ha determinado una altura máxima de posible inundación hasta 3 m.
- f. La geoforma corresponde a piedemonte proluvial y terraza aluvial, con pendiente de 4° (llana a suave), lo que favorece la ocurrencia de inundación fluvial.
- g. El factor detonante son las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas, como la acontecida del 02 de marzo del 2022 (de hasta 79.8 mm/día el 02/03/2022 – Estación La Cascarilla, Jaén).
- h. Las áreas de impacto por inundación fluvial, cartografiados en la Quebrada Bomboca, en el centro poblado Chunchuquillo, por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se consideran como de **Peligro Alto**.

## 7. RECOMENDACIONES

- a. Realizar la limpieza y canalización de la Quebrada Bomboca, en el área urbana del centro poblado Chunchuquillo.
- b. Construir defensas ribereñas, considerando las máximas avenidas, que impida el desborde.
- c. Programar actividades de mantenimiento de las infraestructuras de control de riesgos.
- d. Establecer un Sistema de Alerta Temprana en la cuenca alta de la Quebrada Bomboca, que permita un tiempo de preparación y respuesta óptima a la población del centro poblado Chunchuquillo, ante inundaciones fluviales.



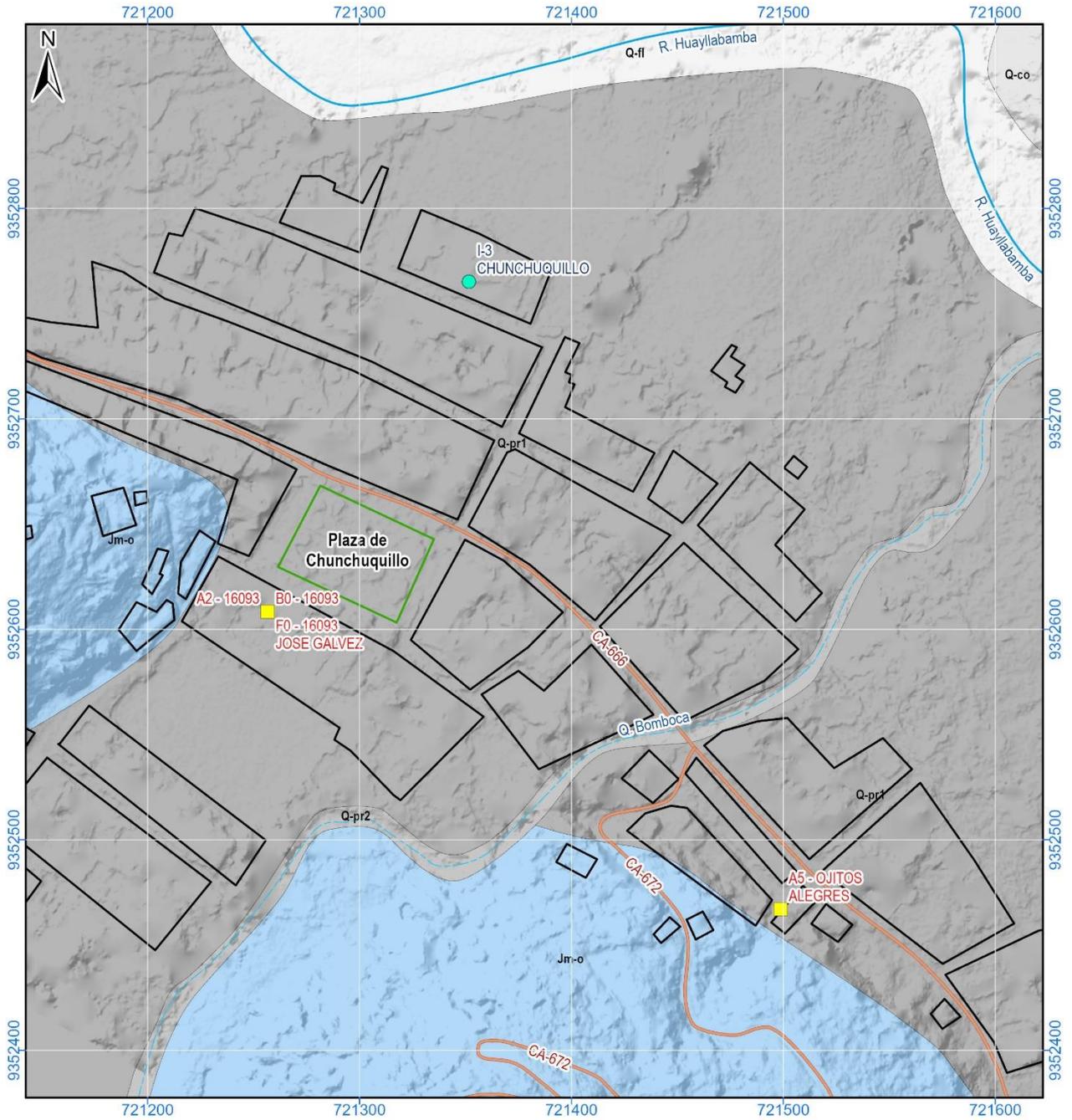
LUIS MIGUEL LEON ORDAZ  
Ingeniero Geólogo  
Reg.CIP. N° 215610



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

## 8. BIBLIOGRAFÍA

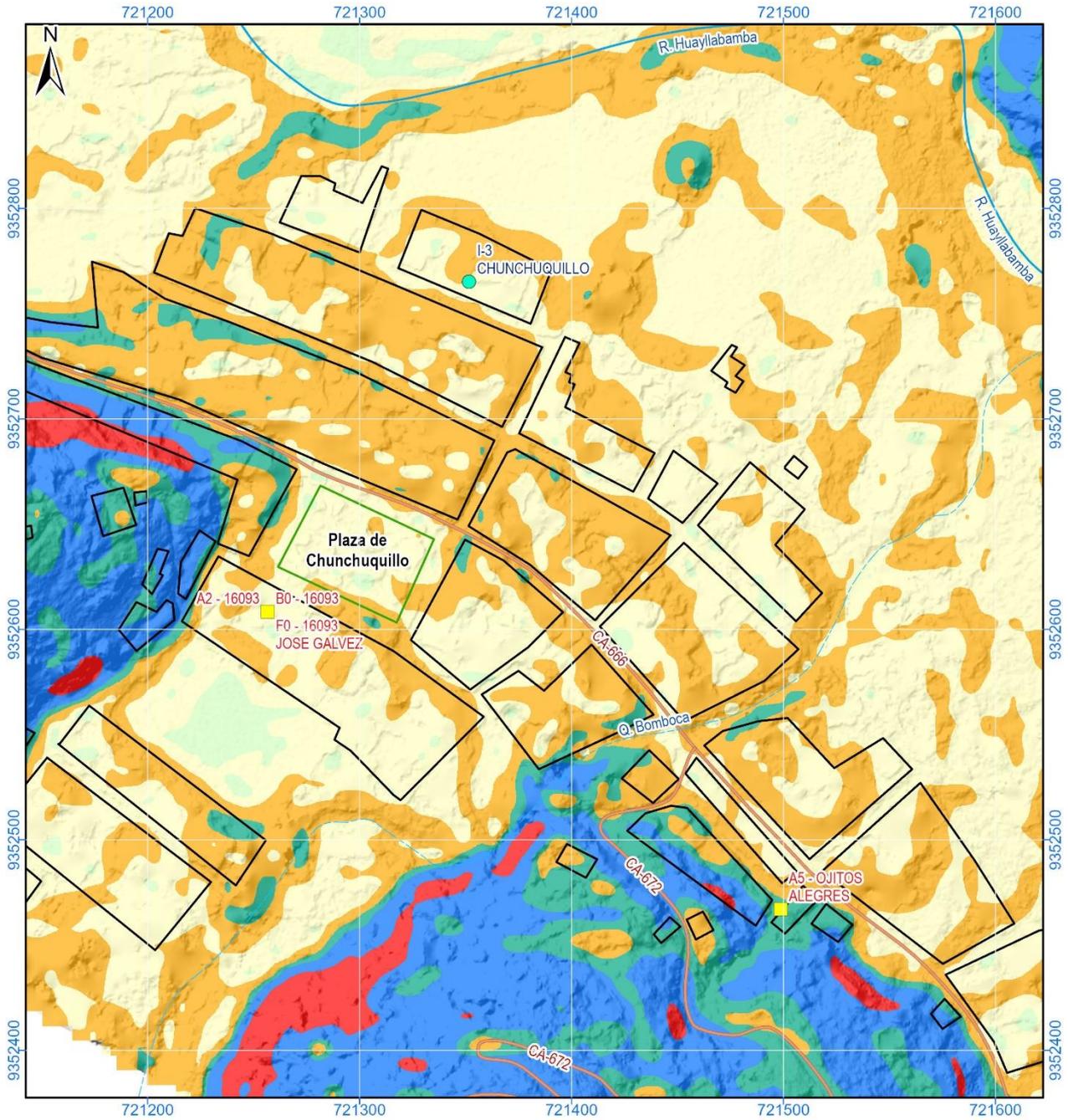
- INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1541/index.htm](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm)
- Ingemmet. (2021). *Mapas geológicos integrados 50k ver 2021*. <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
- Medina Allcca, L., Ramos Cabrera, W., Latorre Borda, O. O., & Gonzales Sales, J. (2017). *Evaluación geológica de las zonas afectadas por El Niño Costero 2017 en las regiones La Libertad – Cajamarca. Informe Técnico N° A6769*.
- 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 Rivera, L., & Caldas Vidal, J. (1987). *Geología de los Cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca. Ingemmet Boletín N° 39 Serie A*. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/159>
- 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*.



SIMBOLOGÍA	
	Establecimiento de salud
	Insitución educativa
	Quebrada
	Río
	Vía vecinal
	Viviendas
	Plaza de Chunchuquillo

LEYENDA	
	Q-fl: Depósito fluvial
	Q-co: Depósito coluvial
	Q-pr2: Depósito proluvial reciente
	Q-pr1: Depósito proluvial antiguo
	Jm-o: Formación Oyotún

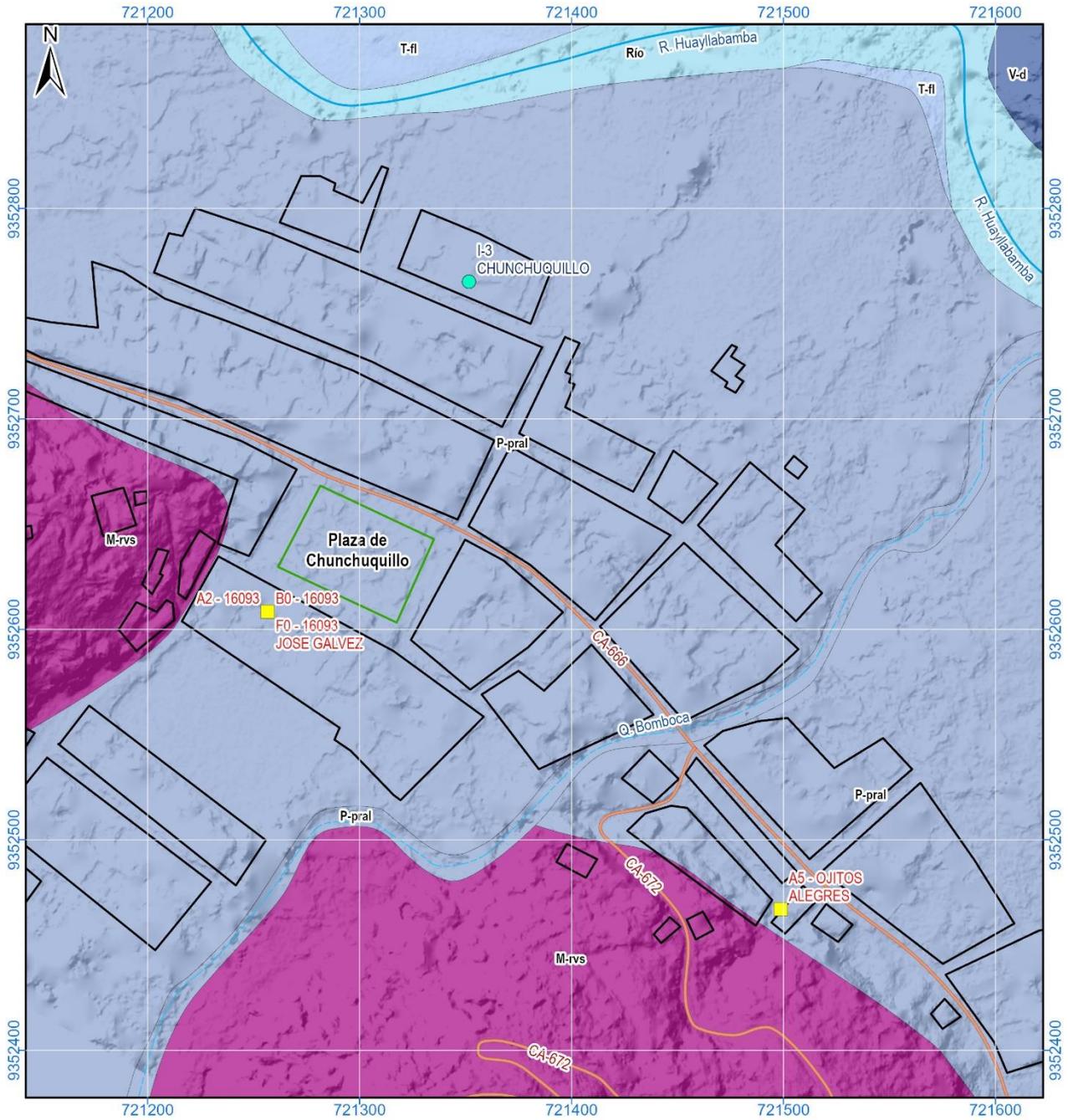
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - JAÉN - COLASAY	
<b>GEOLOGÍA DEL CENTRO POBLADO CHUNCHUQUILLO</b>	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2023
<b>MAPA 1</b>	



SIMBOLOGÍA	
	Establecimiento de salud
	Institución educativa
	Quebrada
	Río
	Vía vecinal
	Viviendas
	Plaza de Chunchuquillo

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

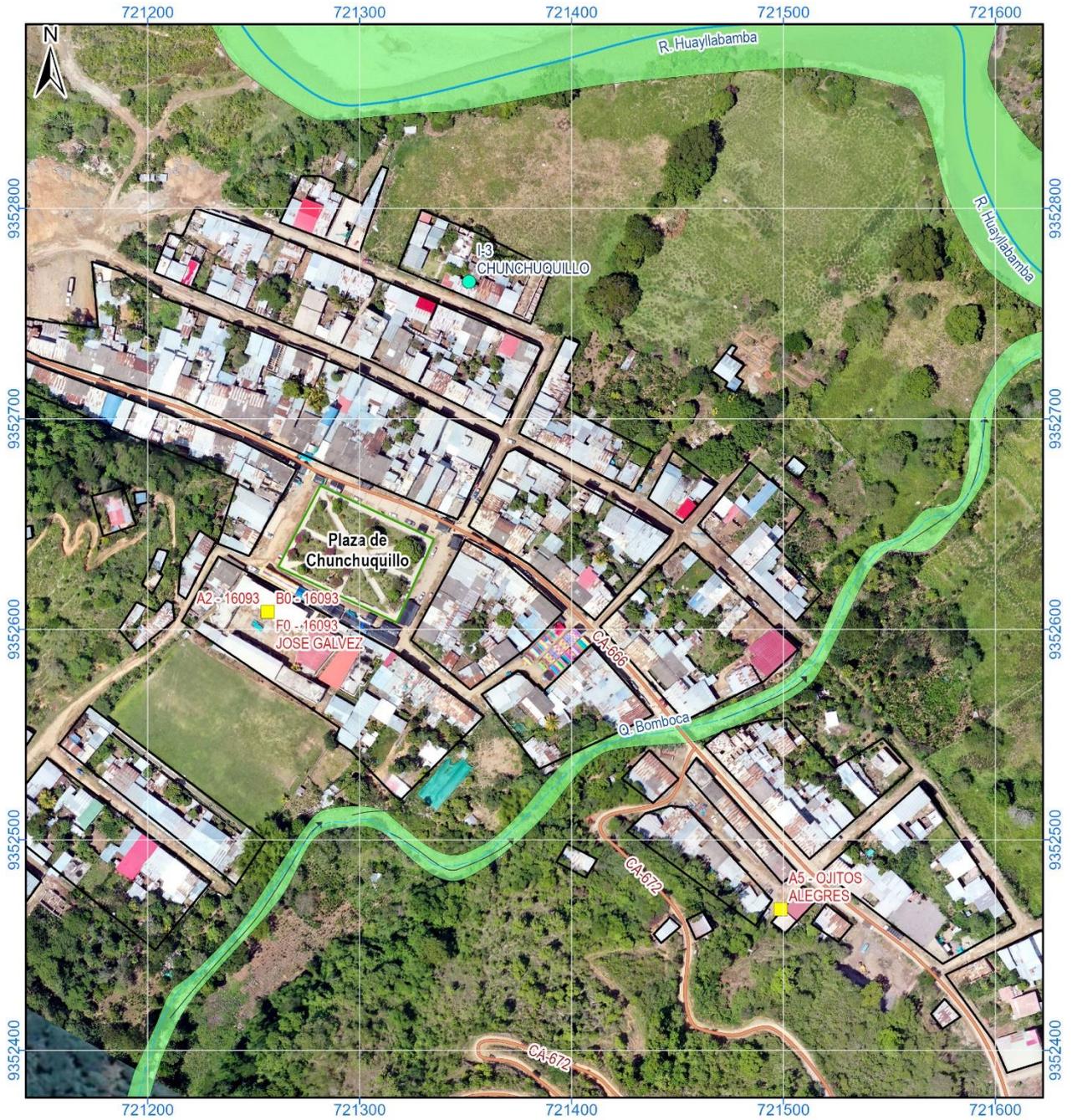
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - JAÉN - COLASAY		
<b>PENDIENTES DEL TERRENO EN EL CENTRO POBLADO CHUNCHUQUILLO</b>		
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	<b>MAPA</b> <b>2</b>
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2023	



SIMBOLOGÍA	
	Establecimiento de salud
	Institución educativa
	Quebrada
	Río
	Vía vecinal
	Viviendas
	Plaza de Chunchuquillo

LEYENDA	
	M-rvs: Montaña en roca volcánico-sedimentaria
	V-d: Vertiente coluvial de detritos
	P-pral: Piedemonte proluvial
	T-fl: Terraza fluvial
	Río: Cauce de río

SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - JAÉN - COLASAY		
<b>GEOMORFOLOGÍA DEL CENTRO POBLADO CHUNCHUQUILLO</b>		
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León	<b>MAPA</b> <b>3</b>
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2023	



SIMBOLOGÍA	
	Establecimiento de salud
	Insitución educativa
	Quebrada
	Río
	Vía vecinal
	Dirección de movimiento activo
	Viviendas
	Plaza de Chunchuquillo

LEYENDA	
	Inundación fluvial

SECTOR ENERGÍA Y MINAS <b>INGEMMET</b> INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL CAJAMARCA - JAÉN - COLASAY	
<b>CARTOGRAFÍA DE PELIGROS EN EL CENTRO POBLADO CHUNCHUQUILLO</b>	
Elaboración: Elvis Alcántara	Revisión: Luis León
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84
Escala: 1/3,000	Versión digital: 2023
MAPA 4	

## ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

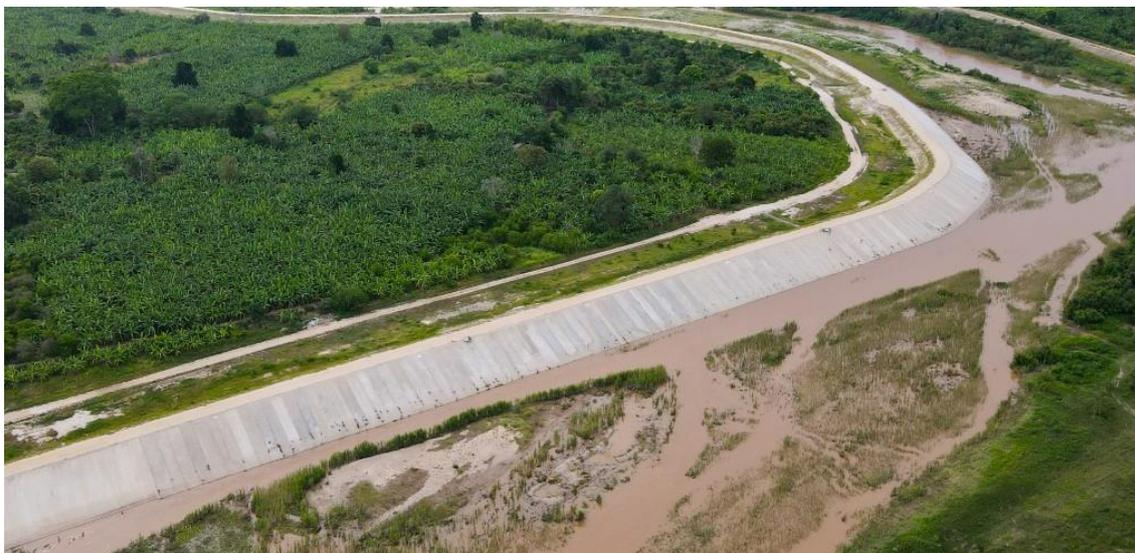
### Para inundación fluvial

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 2).



**Fotografía 2.** 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 3).



**Fotografía 3.** 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.