PERÚ Ministerio de Energía y Minas

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico Nº A7632

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR REPTACIÓN EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA FELIPE HUAMÁN POMA DE AYALA DEL CENTRO POBLADO EL TAMBO (BAMBAMARCA)

Departamento: Cajamarca
Provincia: Hualgayoc
Distrito: Bambamarca

JUNIO
2025

VERSIÓN N° 002 CARÁTULA DE INFORME TÉCNICO - INGEMMET / 10.02.23

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR REPTACIÓN EN LA INSTITUCION EDUCATIVA FELIPE HUAMAN POMA DE AYALA DEL CENTRO POBLADO EL TAMBO (BAMBAMARCA)

Distrito Bambamarca
Provincia Hualgayoc
Departamento Cajamarca

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

Equipo técnico:
Leysi Marilyn Fuentes Pérez
Luis Miguel León Ordáz

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2025). *Evaluación de peligros geológicos por reptación en la Institución Educativa Felipe Huamán Poma de Ayala del centro poblado El Tambo (Bambamarca).* Lima: INGEMMET, Informe Técnico N° A7632, 41 p.

ÍNDICE

RESUMEN **3**
1. INTRODUCCIÓN **5**
1.1. Objetivos del estudio 5
1.2. Antecedentes 6
1.3. Aspectos generales 6
1.3.1. Ubicación 6
1.3.2. Accesibilidad 7
1.3.3. Población 8
1.3.4. Clima 8
2. DEFINICIONES **9**
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS **11**
3.1. Unidades litoestratigráficas 12
3.1.1. Formación Celendín (Ks-ce) 12
3.1.3. Depósitos cuaternarios 12
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS **13**
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE) 14
4.2. Pendiente del terreno 14
4.3. Unidades Geomorfológicas 15
4.3.1. Unidades de carácter tectónico degradacional y erosional 15
5. PELIGROS GEOLÓGICOS **16**
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa 19
6. CONCLUSIONES **30**
7. RECOMENDACIONES **32**
7.1. Transversales a autoridades y población 32
7.2. Ante reptación y erosión de laderas 32
8. BIBLIOGRAFÍA **34**
ANEXO 1. MAPAS **36**
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS **40**

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligro geológico por reptación en la Institución Educativa Felipe Huamán Poma de Ayala del Centro Poblado El Tambo pertenece a la jurisdicción del distrito Bambamarca, provincia Hualgayoc, departamento Cajamarca. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información geológica en los tres niveles de gobierno.

Las unidades geológicas que afloran en la zona a evaluar corresponden intercalaciones de calizas nodulares alternadas con margas y areniscas calcáreas de la Formación Celendín, se presentan en capas. Se encuentran cubiertas por depósitos coluvio deluviales.

En las partes bajas de la Institución Educativa el terreno se presenta llano a inclinado con pendiente suave (1° - 5°), configurado por los depósitos coluvio deluviales; en la parte alta de la Institución Educativa, donde se asientan las estructuras principales se presentan lomadas en rocas sedimentarias con laderas de pendiente inclinada o suave hasta moderada (1° - 15°), excepto en los límites superior e inferior que encontramos fuertes (15° - 25°), debido a los cortes de talud que se han realizado para la construcción de la estructura.

Se considera, que el principal factor condicionante a la ocurrencia de peligros geológicos por reptación, está determinado por los cambios de volumen en la capa superficial, combinado con el movimiento lento del material ladera abajo; producidos por el alto nivel freático bajo el suelo de la construcción, el mismo que aumenta en épocas de precipitaciones (Enero – Marzo).

Los cimientos se han visto afectados por presión hidrostática, lo que causa infiltraciones, fisuras y desplazamientos estructurales.

Como factor detonante se considera las lluvias intensas, que superaron los 70 mm diarios en marzo del 2022; donde el acumulado mensual de lluvia llegó a 281.9 mm durante el mes de marzo.

Por las condiciones litológicas, geomorfológicas y geodinámicas mencionadas, se concluye que el área de estudio se considera de **Peligro Alto a Muy Alto.**

Finalmente, se brindan las recomendaciones para las autoridades competentes y tomadores de decisiones, como: difusión de informes técnicos de evaluación de peligros geológicos elaborados por Ingemmet; compartir avisos, alertas y alarmas que pueda consolidar el COER y evitar las prácticas que puedan incrementar el peligro de un lugar.

En cuanto, a las recomendaciones ante erosión de laderas, tenemos: construcción de drenaje en el suelo bajo las estructuras, el mismo que debe permitir recolectar y drenar el agua subterránea; realizar zanjas de coronación, construcción de drenajes pluviales adecuados e impermeabilizados en toda la estructura tanto dentro como fuera de la misma; evaluar la construcción de gaviones en la parte media de la institución, zona donde cambia de forma abrupta la pendiente; evitar cortes de talud dentro de la institución, evaluar la construcción de muros evitar plantas que contribuyan al almacenamiento masivo de agua, pavimentación de vías locales colindantes con la

institución y remediación de las fallas estructurales ya existentes en la Institución, contando con el apoyo de expertos que puedan identificar la solución adecuada; caso contrario el personal docente, alumnado y administrativos que asistan a dicha institución, deben dejar de usar las instalaciones.

Se recomienda realizar estudios de geofísica, como prospección sísmica y tomografías eléctricas con el fin de determinar la existencia y extensión de acuíferos subterráneos en la zona y proponer medidas de mitigación.

Se debe realizar estudios de riesgos (EVAR) ante el peligro evaluado.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (Ingemmet), entre técnico-científico desarrollo, a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), el "Servicio de asistencia técnica en la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 16)". De esta manera contribuye con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno (nacional, regional y local) mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro en zonas que tengan elementos vulnerables y brinda recomendaciones pertinentes a fin de mitigar y prevenir fenómenos activos en el marco de la Gestión de Riesgos de Desastres.

Atendiendo la solicitud remitida por el Gobierno Regional de Cajamarca, Oficio N° D2732-2024-GR.CAJ/ODN, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa tipo reptación, en la Institución Educativa Felipe Huamán Poma de Ayala en el Centro Poblado El Tambo; la ocurrencia del evento mencionado ha ocurrido de forma paulatina.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los ingenieros Luis León y Leysi Fuentes, quienes realizaron la evaluación de peligros en la localidad mencionada el día 06 de marzo del 2025.

La evaluación técnica se realizó en tres etapas: i) Etapa de pre-campo con la recopilación de antecedentes e información geológica y geomorfológica del INGEMMET; ii) Etapa de campo a través de la observación, toma de datos (sobrevuelos dron, puntos GPS, tomas fotográficas), cartografiado, recopilación de información y testimonios de población local afectada; iii) Etapa final de gabinete donde se procesó toda la información terrestre y aérea adquirida en campo, fotointerpretación de imágenes satelitales, cartografiado e interpretación, elaboración de mapas, figuras temáticas y redacción del informe

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Provincial de Hualgayoc y Gobierno Regional de Cajamarca, e instituciones técnico normativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – Sinagerd, como el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre - CENEPRED, a fin de proporcionar información técnica de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan con la reducción del riesgo de desastres en el marco de la Ley 29664.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

a) Identificar, tipificar y caracterizar el peligro geológico por reptación que se presenta en la Institución Educativa Felipe Huamán Poma de Ayala del Centro Poblado El Tambo, evento que puede comprometer la seguridad física del alumnado y personal docente, viviendas aledañas, obras de infraestructura y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.

b) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que puedan causar los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET, que mencionan a Bambamarca, relacionados a temas de Susceptibilidad a Movimientos en Masa en la zona, sobre geología y geodinámica externa, de los cuales destacan los siguientes:

- 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; intercalación de lutitas, margas y calizas delgadas de color claro, amarillento o crema por intemperismo, generalmente bastante fosilíferas de la Formación Celendín.

- Boletín N° 44 Serie C, Riesgo Geológico en la Región Cajamarca (Zavala & Rosado, 2011), muestra los grados de susceptibilidad a los movimientos en masa y clasifica a Hualgayoc y Bambamarca en Grado Bajo; presenta el Mapa de los Principales Movimientos en Masa detonados con lluvias excepcionales, Mapa de Movimientos en Masa detonados por sismos a escala 1: 100 000, donde Bambamarca presenta peligro por flujo de detritos.

- Informe Técnico A6551 "Zonas críticas por Peligros Geológicos y Geohidrológicos en la Región Cajamarca" (Zavala & Barrantes,2007), identificaron procesos de deslizamientos - flujo de detritos, avalanchas de rocas antiguas, derrumbes y caídas de rocas en cuatro sectores en la provincia de Bambamarca, además se presentó recomendaciones de control de riesgos como reubicación, mejora de prácticas agrícolas y forestación de laderas.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El área evaluada corresponde a la Institución Felipe Huamán Poma de Ayala del Centro Poblado El Tambo , que pertenece al distrito Bambamarca, Provincia Hualgayoc, departamento Cajamarca (figura 1), ubicada en las coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S descritas en la tabla 1, además se muestran las coordenadas centrales referenciales del evento principal.

Tabla 1. Coordenadas de las áreas de estudio – El Tambo.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		Coordenadas Decimales (°)	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	778250	9251916	-6.761321	-78.48283
2	778540	9251916	-6.761307	-78.48021
3	778540	9251650	-6.763713	-78.48020
4	778250	9251650	-6.763729	-78.48323
Coordenada central de los peligros identificados				
Institución Educativa Felipe Huamán Poma de Ayala – Centro Poblado El Tambo.	778378.6	9251803	-6.762341	-78.48167

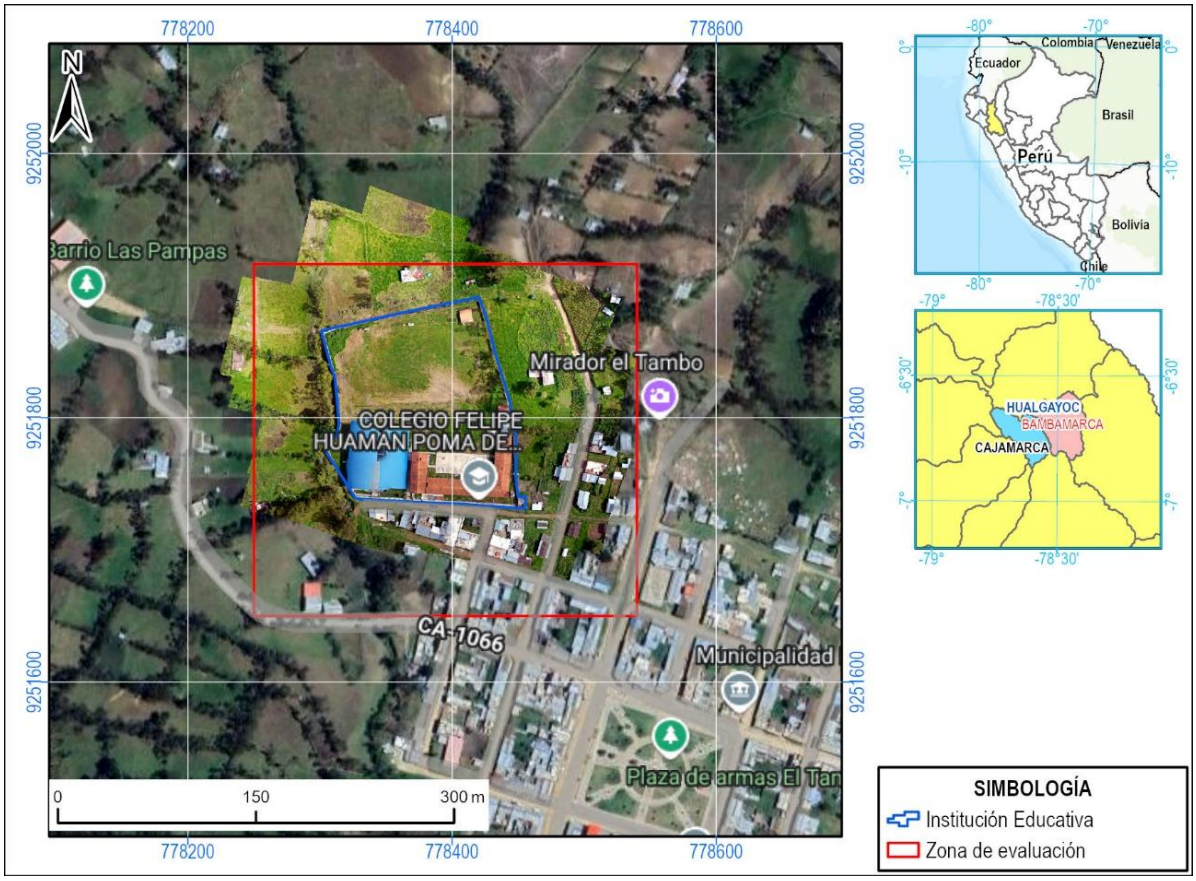


Figura 1. Ubicación del área evaluada (en línea roja).

1.3.2. Accesibilidad

El acceso desde la ciudad de Cajamarca hasta el Centro Poblado El Tambo, se realiza a través de las vías nacional asfaltada Carretera 3N; 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
Ciudad de Cajamarca – Provincia de Hualgayoc.	Asfaltada	88.2	2 horas 20 minutos
Provincia de Hualgayoc – C.P. El Tambo.	Trocha carrozable	39.9	1 hora 07 minutos

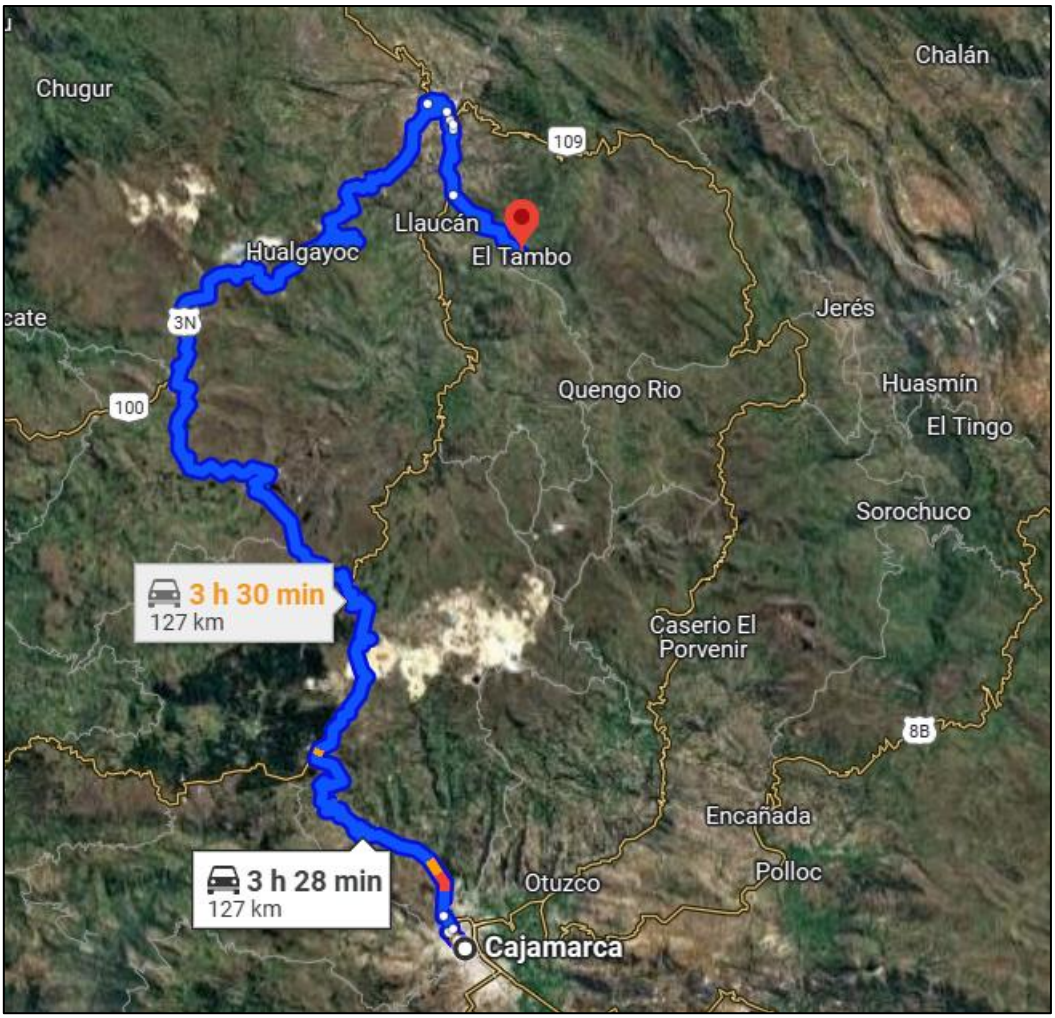


Figura 2. A. Ruta de acceso desde la ciudad de Cajamarca hasta el Centro Poblado El Tambo.
Fuente: Google Maps.

1.3.3. Población

De acuerdo con los datos del XII Censo de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas de 2017 (INEI, 2017),el Centro Poblado El Tambo, presenta una población de 3500 personas, distribuidas en 700 viviendas; cuentan con acceso a agua por red pública, energía eléctrica y desagüe.

1.3.4. Clima

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite - (Senamhi, 2020), la zona de estudio posee un clima lluvioso con otoño e invierno secos, templado; con una temperatura máxima promedio de 21°C, una temperatura mínima promedio de 5°C y una precipitación anual entre 700 mm y 1500 mm.

Entre los años 2021-2025, los meses de enero – marzo, el sector evaluado puede registrar precipitaciones pluviales que superan los 60 mm/día (figura 3)

considerados por el Senamhi, en su consolidado de umbrales de precipitación del 2014, como Extremadamente Lluvioso (Senamhi, 2014).

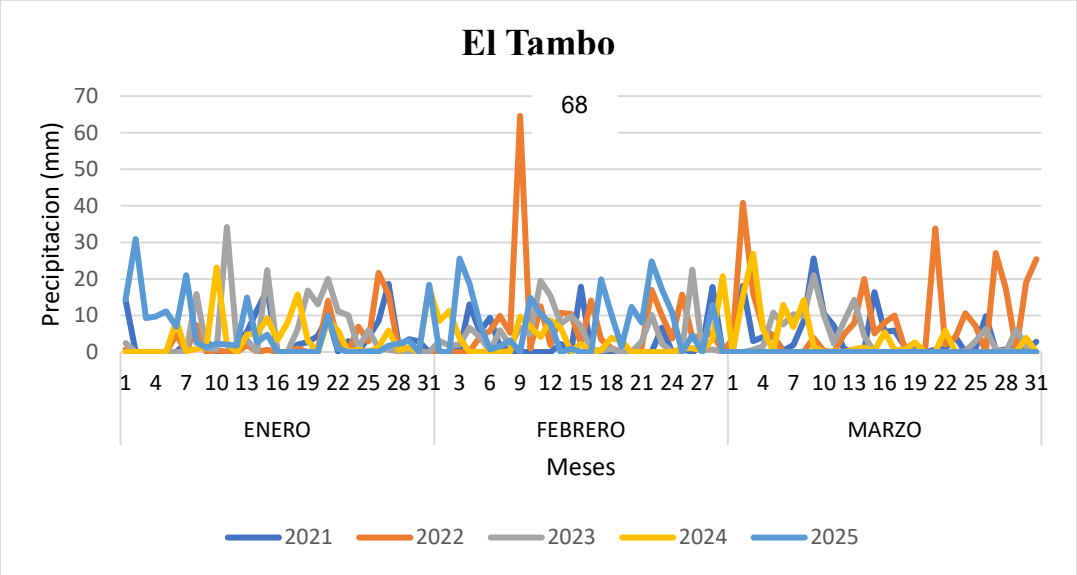


Figura 3. Precipitación diaria del mes de enero a marzo entre los años 2021-2025, en la Estación Quebrada Shugar**. Fuente:** Senamhi.

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

ACTIVIDAD: La actividad de un movimiento en masa se refiere a tres aspectos generales del desplazamiento en el tiempo de la masa de material involucrado: el estado, la distribución y el estilo de la actividad. El primero describe la regularidad o irregularidad temporal del desplazamiento; el segundo describe las partes o sectores de la masa que se encuentran en movimiento; y el tercero indica la manera como los diferentes movimientos dentro de la masa contribuyen al movimiento total. El estado de actividad de un movimiento en masa puede ser: activo, reactivado, suspendido, inactivo latente, inactivo abandonado, inactivo estabilizado e inactivo relicto (WP/WLI, 1993).

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

AGRIETAMIENTO: Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

ALUVIAL: Génesis de la forma de un terreno o depósito de material debida a la acción de las corrientes naturales de agua.

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 influenciables por el agua en su comportamiento.

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.

EROSION DE LADERAS: Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas o bad lands. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar desde estrechas y poco profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

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.

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.

INACTIVO LATENTE: Movimiento en masa actualmente inactivo, pero en donde las causas o factores contribuyentes aún permanecen (WP/WPI, 1993).

LADERA: Superficie natural inclinada de un terreno.

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.

REPTACION DE SUELOS: Movimiento lento del terreno en donde se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

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.

TALUD: Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.

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

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base la revisión y actualización del Boletín N° 31 Serie A, “Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba, hoja 15f (Reyes, 1980), donde se tienen intercalación de lutitas, margas y calizas delgadas de color claro, amarillento o crema por intemperismo, generalmente bastante fosilíferas de la Formación Celendín; además del cartografiado de campo que se realizó en marzo de 2025. (mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

Comprende unidades sedimentarias del Cretácico – Paleógeno y depósitos cuaternarios inconsolidados.

3.1.1. Formación Celendín (Ks-ce)

Esta unidad está conformada por una intercalación de lutitas, margas y calizas delgadas de color claro, amarillento o crema por meteorización, generalmente es bastante fosilífera; la Institución Educativa Felipe Huamán Poma de Ayala del Centro Poblado El Tambo se ubica sobre esta formación, sin embargo, se halla cubierta por depósitos coluvio deluviales. (fotografía 1).

Fotografía 1. Afloramiento de calizas de la Formación Celendín (delimitado en amarillo), espesor de 2.10 m.

3.1.3. Depósitos cuaternarios

Depósito coluvio deluvial (Q-cd)

Corresponde a una acumulación sucesiva y alternada de materiales de origen coluvial y deluvial, los cuales no es posible diferenciarlos. Los depósitos coluviales se encuentran formados por acumulaciones ubicadas en las laderas de las colinas. Se consideran poco estables y los materiales presentan humedad.

Los fragmentos líticos son de formas semiangulosos, y se encuentran en un matriz limo arcillosa de color amarillento.

Tabla 3. Descripción de formaciones superficiales. **Ubicación: E:** 778332, **N:** 9251740

TIPO DE FORMACION SUPERFICIAL			
	Eluvial		Lacustre
x	Deluvial		Marino
x	Coluvial		Eólico
	Aluvial		Orgánico
	Fluvial		Artificial
	Proluvial		Litoral
	Glaciar		Fluvio glaciar

GRANULOMETRÍA (%)	
0	Bolos
5	Cantos
20	Gravas
10	Arenas
40	Limos
25	Arcillas

FORMA	
	Esférica
	Discoidal
	Laminar
	Cilíndrica

REDONDES	
	Redondeado
	Subredondeado
	Anguloso
	Sub anguloso

PLASTICIDAD	
	Alta plasticidad
	Med. Plasticidad
x	Baja plasticidad
	No plástico

ESTRUCTURA	
x	Masiva
	Estratificada
	Lenticular

TEXTURA	
x	Harinoso
	Arenoso
	Áspero

CONTENIDO DE	
	Materia orgánica
	Carbonatos
x	Sulfatos

%LITOLOGÍA	
	Instrusivos
	Volcánicos
	Metamórficos
x	Sedimentarios

COMPACIDAD					
SUELOS FINOS		SUELOS GRUESOS			
Limos y Arcillas			Arenas		Gravas
x	Blanda	x	Suelta	x	Suelta
	Compacta		Densa		Med. Consolidada
	Dura		Muy Densa		Consolidada
					Muy consolidada

CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.							
SUELOS GRUESOS				SUELOS FINOS			
	GW		SW		ML		MH
	GP		SP		CL		CH
x	GM		SM		OL		OH
	GC		SC		PT		

Fotografía 2. Depósitos coluvio deluviales, de composición heterogénea. (Granulometría: 5% cantos, 20% gravas, 10% arenas, 40% limos y 25% arcillas).

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 marzo

del 2025 por el Ingemmet, 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 2770 m hasta los 2810 m, en los cuales de distingue 4 niveles altitudinales (figura 4), visualizando la extensión con respecto a la diferencia de alturas; el área con mayor pendiente corresponde a terrenos entre altitudes 2790 y 2810 m, con terrenos de pendiente moderada (5° a 15°) correspondiente a lomadas en roca sedimentaria.

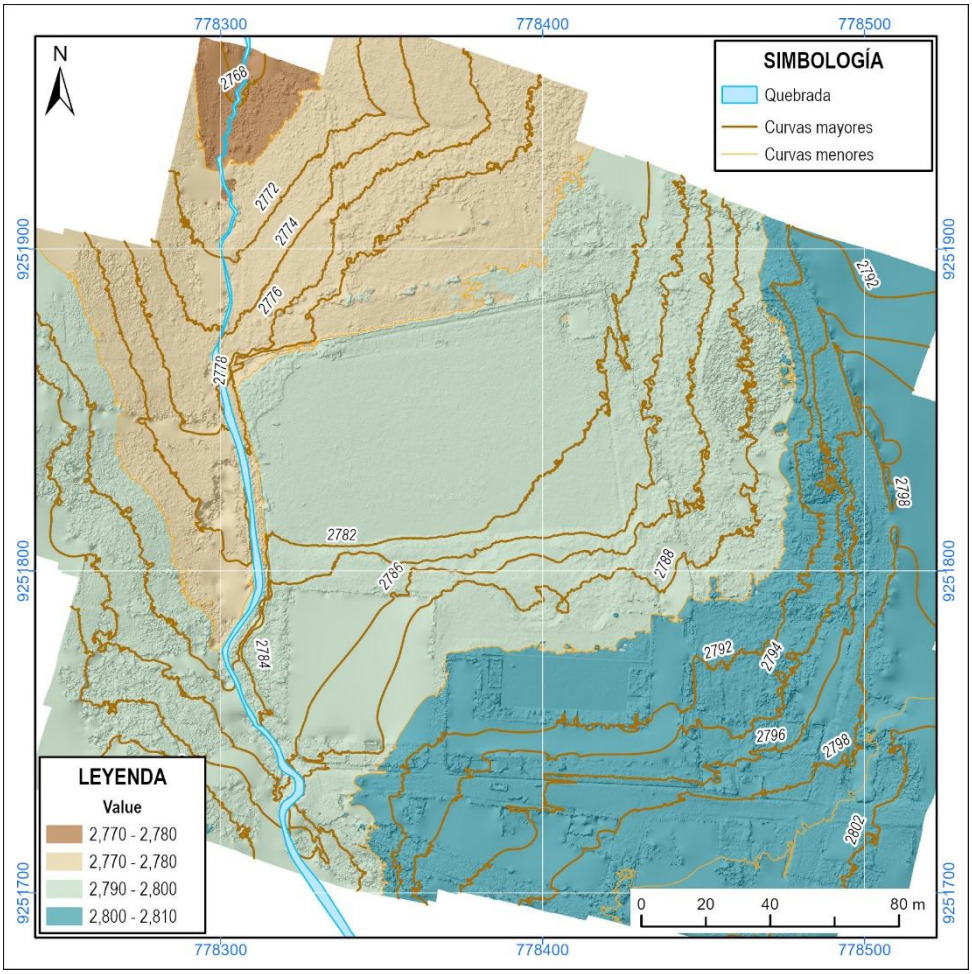


Figura 4. Modelo digital de elevaciones del sector evaluados.

4.2. Pendiente del terreno

El sector evaluado en la Institución Educativa Felipe Huamán Poma de Ayala, se ubica en terrenos llanos hasta terrenos inclinado con pendiente suave (1° - 5°) en la mayor parte de la estructura, excepto en los márgenes tanto superior como inferior de la zona que se ubican en pendientes fuertes (15° - 25°), esto debido a los cortes realizados para la construcción. (figura 5 y mapa 3).

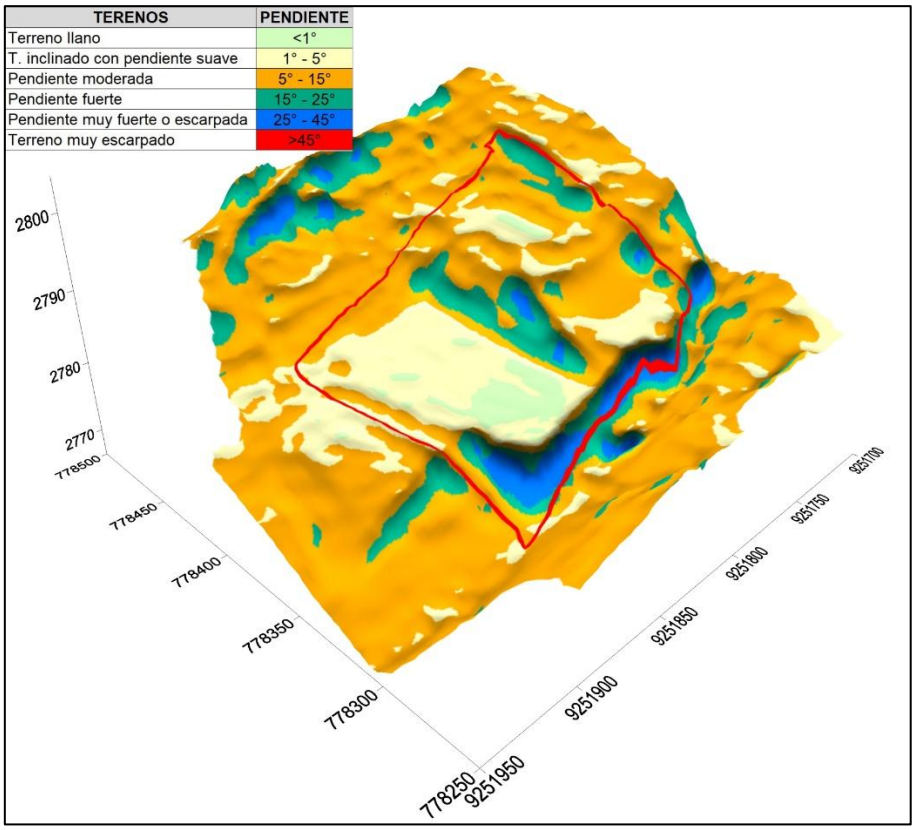


Figura 5. Modelo 3D de las pendientes de la Institución educativa Felipe Huamán Poma de Ayala, Centro Poblado El Tambo, se muestra el terreno impactado por peligro de reptación, delimitado en líneas rojas.

4.3. Unidades Geomorfológicas

De acuerdo a su origen, se distinguen unidades de carácter tectónico degradacional y erosional (lomadas en roca sedimentaria).

4.3.1. Unidades 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).

Los paisajes geomorfológicos resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas.

Unidad de Lomadas

Se considera en esta unidad a las geoformas que alcanzan alturas menores a 300 m respecto al nivel de base local, se caracteriza por tener pendiente baja.

- **Sub unidad de lomadas en roca sedimentaria (L-rs)**
  Están modeladas en capas o estratos de calizas, lutitas y margas. La diferencia de altitud es de entre 20 a 30 m. El terreno es uniforme, laderas con pendientes menores a 10° (fotografía 3).

Fotografía 3. Lomada cartografiada en la zona evaluada, en la Institución Educativa Felipe Huamán Poma de Ayala (El Tambo).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

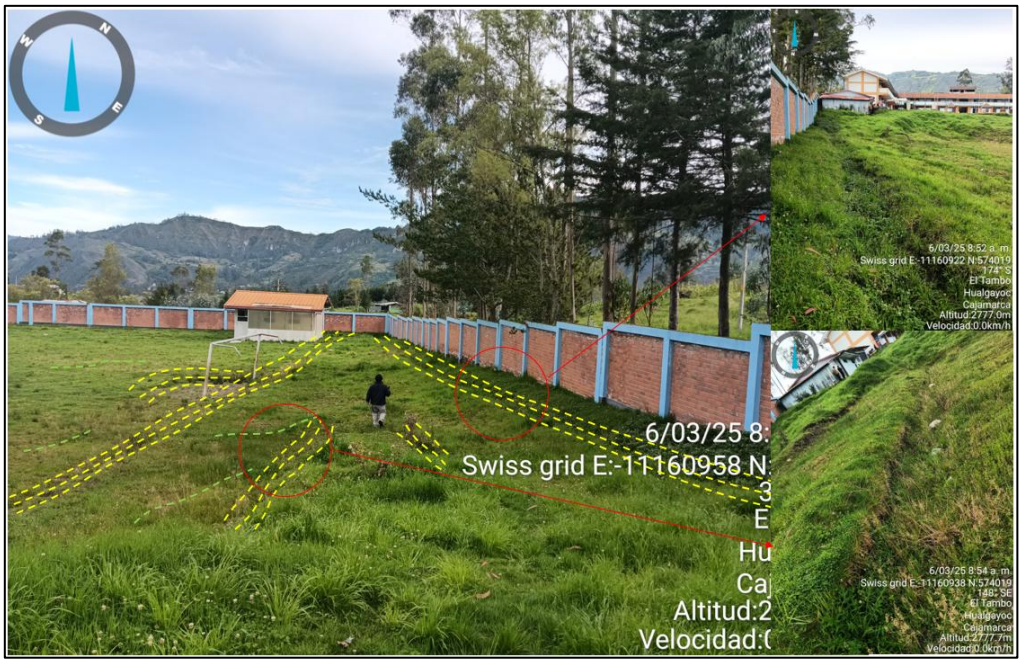
Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa, tipo reptación (PMA:GAC 2007). La reptación se refiere a aquellos movimientos del terreno en donde se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

Dentro de este movimiento se incluyen la solifluxión y la gelifluxion, este último término reservado para ambientes periglaciales. Ambos procesos son causados por cambios de volumen de carácter estacional en capas superficiales del orden de 1 a 2 m de profundidad, combinados con el movimiento lento del material ladera abajo.

La reptación de suelos y la solifluxión son importantes en la contribución a la formación de delgadas capas de suelo coluvial a lo largo de laderas de alta pendiente. Estas capas pueden ser subsecuentemente la fuente de deslizamientos de detritos superficiales y de avalancha de detritos.

Estos movimientos tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son geometría del terreno, pendiente, tipo de suelos, drenaje superficial–subterráneo y

cobertura vegetal. Se tiene como “detonantes” las precipitaciones pluviales periódicas y/o extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.



Fotografía 4. Peligros geológicos en la Institución Educativa Felipe Huamán Poma de Ayala: se delimitan los procesos de erosión en surcos (verde), erosión en cárcavas (amarillo).

En la Institución Educativa Felipe Huamán Poma de Ayala, afectada por procesos de erosión de laderas (surcos y cárcavas); causadas por el exceso de agua, por cunetas sin revestimiento adecuado y por falta de drenajes adecuados. (fotografía 5).

Foto 5. Peligros geológicos en la Institución Educativa Felipe Huamán Poma de Ayala: se delimitan los procesos de erosión en surcos (verde) y erosión en cárcavas (amarillo).

Los terrenos o laderas susceptibles a erosión en surcos o cárcavas presentan fuerte a muy fuerte pendiente (15° a 45°), la vegetación es escasa. Se distingue varios sectores donde se ha realizado rellenos de material para la construcción de la infraestructura (Fotografía 6).

Fotografía 6. A. Imagen satelital de 2016, donde se observa la geomorfología natural del terreno (Fuente: google earth). **B.** Imagen satelital actual (Fuente: Google Earth), donde observamos en la parte media las deformaciones escalonadas que se producen en el terreno; además del corte y relleno realizados para la edificación de la infraestructura.

Se considera un área de 4.62 Ha afectada.

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Estos movimientos del suelo se producen a lo largo de toda la estructura de la Institución, según lo observado la infraestructura se halla afectada en su totalidad y

esto se agrava en época de lluvia sobretodo en la parte media y alta de la zona donde se halla la infraestructura.

Los efectos de estos desplazamientos son rajaduras en los muros de las aulas, en paredes; grietas en suelos, puertas y ventanas desniveladas tras sufrir inclinaciones propias del fenómeno y daños en el sistema de agua, corrosión en los materiales de construcción. (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Fotografía 7. A. Grietas en las juntas de la columna que presentan separación entre sí de aproximadamente 0.50 cm. **B.** Grietas en las juntas de la columna de 0.40 cm. **C.** Grieta en las juntas de la columna de aproximadamente 1.00 cm; presentan también variación de grosor de inicio a fin, lo que indica desplazamiento o hundimiento de los cimientos, producto de la sobrecarga, precipitaciones y alto nivel freático.

Fotografía 8. A. Grieta exterior entre las juntas de las columnas, que va de piso a techo y presenta una separación de aproximadamente 5.00 cm. **B**. Rotura de la tubería producto de la grieta en juntas. **C**. Vista interior de la grieta.

Fotografía 9. A. Fisura en el piso de aula. **B**. Grieta con separación en el piso de vereda. **C**. Grieta con separación entre la junta de columna y vereda.

Fotografía 10. A. Grieta en piso de vereda. **B.** Grieta separación en vereda,con abertura de 2.0 cm. **C.** Grieta separación entre vereda y estructura con abertura de 2.00 cm. **D.** Fisura continua de 5.0 m aproximadamente.

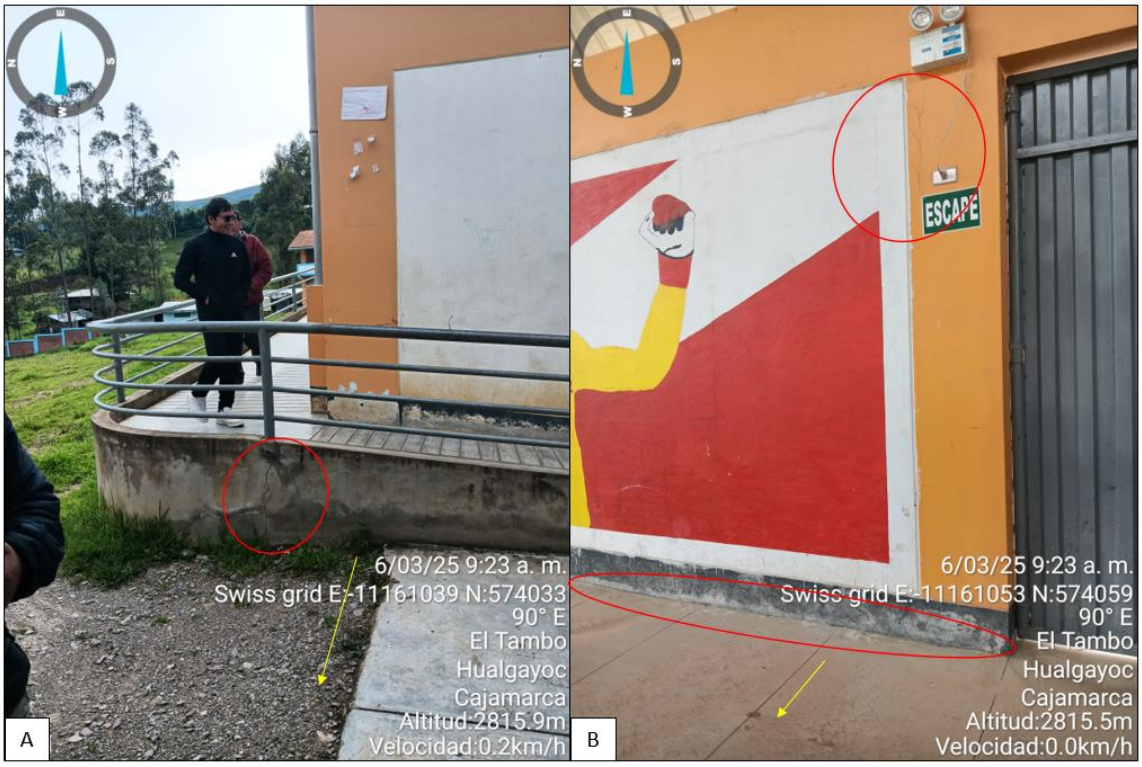
Fotografía 11. A. Grieta en pared de muro en la entrada. **B.** Fisura horizontal en pared de aula, indicador de asentamientos o daños por humedad. **C.** Fisuras en pared de aula.

Fotografía 12. A. Grieta tanto vertical como horizontal que presenta inclinación, indicador de asentamiento o humedad, peligro de desplome de la pared. **B.** Deterioro de la pared por humedad. **C.** Fisuras en pared de aula. **C**. Grieta vertical con inclinación en las duchas de los servicios higiénicos, indicador de humedad, asentamiento y con posibilidad de desplome de la pared.

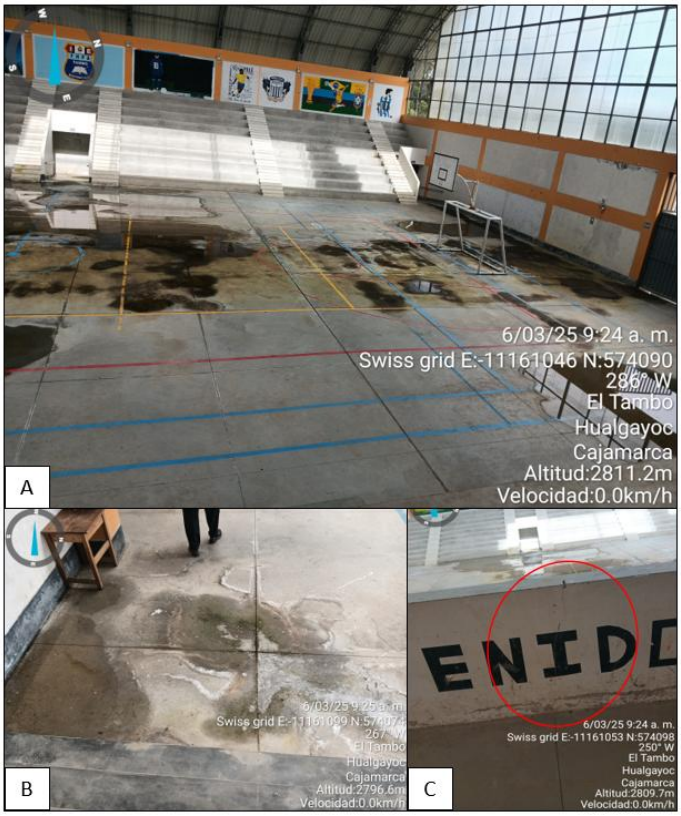
Fotografía 13. A. Canal sin revestimiento donde el agua infiltra al subsuelo. **B.** Caja de tubería donde se observa el nivel freático bajo la tubería**. C.** Grieta vertical en pared de canal por donde infiltra el agua.

Fotografía 14. A. Punto más bajo de la Institución, donde se almacena agua causando infiltraciones continuas. **B.** Canal artesanal sin revestimiento, infiltrando agua en forma permanentemente**. C.** Cuneta artesanal en los exteriores de la Institución, no presenta revestimiento.

Fotografía 15. A. Muros que rodean el perímetro de la Institución se encuentran húmedos. **B.** Canal que no presenta ninguna canalización, donde el agua se infiltra fácilmente en el subsuelo, necesita revestimiento.



Fotografía 16. A. Grieta vertical con abertura y desplazamiento. **B.** Grietas en zigzag en paredes del coliseo, y grieta entre pared y piso con desplazamiento y abertura, evidencia hundimiento y sobrecargas.



Fotografía 17. A. Agua almacenada en coliseo, drenajes ineficientes. **B.** Humedad que está generando deterioro del hormigón, posible presencia de sulfatos en suelos o en agua subterránea; evidencia problemas de filtraciones**. C.** Grieta en vertical en pared de estrado de coliseo.

Fotografía 18. A. Techo del coliseo roto, lo que permite que el agua de lluvia llegue al coliseo, donde los drenajes son ineficientes y presentan mayor nivel que el suelo. **B.** Deterioro del muro por humedad. **C.** Drenaje a mayor nivel que el suelo**. D.** Deterioro de los muros por humedad y grietas diagonales.

Fotografía 19. A. Agua almacenada en instalaciones del coliseo, debido a lluvias, nivel freático y drenajes ineficientes. **B.** Grietas horizontales en graderío de coliseo y grietas con separación de 2.00cm entre graderío y piso. **C.** Deterioro de paredes por humedad.

Fotografía 20. A. Agua almacenada en los servicios higiénicos del coliseo, ineficiencia de drenajes, precipitaciones y alto nivel freático. **B.** Desnivel de 4.5 cm de puerta de acceso a la institución, debido a los asentamientos. **C.** Desnivel de ventana por asentamiento.

Entre otros eventos que se dan en la zona evaluada, se aprecia erosión superficial tipo surcos; que se genera por la falta del sistema de drenaje pluvial, por lo que las aguas servidas y aguas de lluvias se vierten directamente al terreno inestable, lo que sumado al alto nivel freático; generan saturación del suelo con consiguiente erosión superficial. Las faltas de canales condicionan nuevas ocurrencias de surcos escarpas y asentamientos, generando reptación en toda la estructura ya existente.

El evento de reptación abarca 4.62 ha y abarca toda el área donde se asienta la infraestructura de la institución, siendo la parte más afectada las aulas en todos los pabellones, con grietas verticales, horizontales tanto en pisos como en paredes. El coliseo que además del fenómeno de reptación, viene siendo afectado por el agua, generando corrosión en pisos y paredes, inundaciones. Como efectos de los asentamientos producto de la reptación, existe desnivel de puertas y ventanas.

En el patio de la I.E. en el piso, se presenta aberturas en las juntas de los pisos producto de los asentamientos y sobrecarga, y en la parte baja de la institución educativa, el canal no presenta revestimiento alguno, el agua se almacena, generando infiltraciones continuas.

Figura 6. Modelo 3D de la Institución educativa Felipe Huamán Poma de Ayala, Centro Poblado El Tambo, se muestra el terreno impactado por peligro de reptación, delimitado en líneas rojas.

Características visuales y morfométricas

- Tipo de peligro: Reptación.
- Tipo de reptación: Verdadero (desplazamiento continuo en el tiempo).
- Estado: Activo
- Velocidad: Muy lenta a lenta (16mm/año a 1,6 m/año; según testimonios de los pobladores).
- Composición: Suelos coluvio deluviales muy sueltos, conformado por limos de baja plasticidad con fragmentos de rocas de calizas delgadas y lutitas muy fracturados y altamente meteorizados de la Formación Celendín, en matriz limo arcillosa.

Morfometría

- Área: 4.62 ha.
- Profundidad de cárcavas: 0.35 a 0.60m
- Longitud de cárcavas: 30 a 60 m.
- Profundidad de los surcos: 0.1 a 0.35 m.
- Longitud de los surcos: 10 a 30 m
- Deformación del terreno: Deformación tipo escalonamiento.
- Grado de severidad: Medio (se evidencia escalonamiento y estructuras afectadas por agrietamientos e inclinaciones).

Factores condicionantes

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, suelos sueltos compuestos de gravas (5% cantos, 20% gravas, 10% arenas, 40% limos y 25% arcillas) en matriz limo arcillosa de plasticidad baja; que cubren a calizas delgadas de la Formación Celendín,
- Terrenos húmedos y con alto nivel freático.

Factores antrópicos

- Ausencia de drenajes superficiales adecuados y revestidos.
- Ausencia de drenajes bajo la estructura de la edificación de la institución.
- Los vertimientos de aguas servidas sobre terrenos inestables, generan saturación del suelo con consiguiente erosión superficial.
- Sobrecarga en suelos de naturaleza incompetente.

Factor detonante

- Precipitaciones pluviales extremas y prolongadas durante la temporada de lluvias enero-marzo, que alcanzaron los 60 mm/día (figura 3).

Daños ocasionados y probables

- Institución afectada: 1 (Institución Educativa Felipe Huamán Poma de Ayala)
- 150 metros de vías locales en peligro.
- Quebrada: posible interrupción del cauce natural de la misma.

6. CONCLUSIONES

En base al análisis de información geológica, geomorfológica de la zona evaluada en la Institución Educativa Felipe Huamán Poma de Ayala, se emiten las siguientes conclusiones.

a. La Institución educativa se halla sobre depósitos coluvio deluviales. El basamento rocoso está compuesto por lutitas, margas y calizas delgadas de color claro, amarillento.

b. Los sectores evaluados, abarcan terrazas antropizadas con pendiente suave a llana (<5°), en la parte baja de la institución; en la parte alta colinas con pendiente moderada (5° - 15°) y entre la zona alta y zona baja donde se ubica la institución, tienen pendientes fuertes (15°-25°), debido a los cortes en taludes para la construcción de la infraestructura.

c. La zona se ubica sobre una ladera, afectada por un proceso de reptación de suelos y erosión en cárcavas; abarcan 4.62 ha y afecta a toda la infraestructura de la Institución educativa; los surcos tienen profundidades entre 0.10 a 0.35 m y con longitud hasta 30 m, mientras que las cárcavas tienen profundidades de 0.35 a 0.60 m y longitud hasta 60 m.

d. La zona evaluada presenta peligro tipo reptación con deformación del terreno tipo escalonamiento y peligro de medio a alto, pues se evidencia escalonamiento y estructuras afectadas por agrietamiento e inclinaciones.

e. En las partes bajas, se forman escorrentías naturales que discurren, generando infiltraciones en el subsuelo, así como almacenamiento superficial de agua en varios puntos.

f. Como factor condicionante del fenómeno de reptación, tenemos:

- Litología y naturaleza incompetente de materiales, suelos sueltos compuestos de gravas (40%) en matriz limo arcillosa (60%) de plasticidad media; que cubren a calizas delgadas de la Formación Celendín.
- Terrenos húmedos y con alto nivel freático.
- Ausencia de drenajes superficiales adecuados y revestidos.
- Ausencia de drenaje bajo las estructuras de la edificación de la Institución.
- Los vertimientos de aguas servidas sobre terrenos inestables, generan saturación del suelo con consiguiente erosión superficial
- Sobrecarga en suelos de naturaleza incompetente.

g. El factor detonante corresponde a las precipitaciones pluviales extremas y prolongadas producidas durante los meses de enero a marzo, las mismas que

pueden superar los 60 mm/día, según los registros de la estación meteorológica Shugar.

h. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas la institución educativa Felipe Huamán Poma de Ayala (El Tambo) se considera como **Peligro Alto a Muy Alto** ante la ocurrencia de procesos de reptación.

7. RECOMENDACIONES

Las medidas correctivas que a continuación se brindan tienen por finalidad mitigar el impacto de peligros asociados a erosión de laderas y reptación. Así mismo, la implementación de dichas medidas permitirá darle mayor seguridad a la infraestructura expuesta a los peligros evaluados.

7.1. Transversales a autoridades y población

a) Difundir los informes técnicos de evaluación de peligros geológicos elaborados por el Ingemmet a las poblaciones y autoridades locales en la influencia de las zonas críticas, en base al "Principio de Oportuna Información" del Sinagerd (Presidencia de la República del Perú, 2023).

b) Compartir los avisos, alertas y alarmas que pueda consolidar el Centro de Operaciones de Emergencia Regional, en base a la información técnico-científica de las diversas entidades del Sinagerd (Presidencia del Consejo de Ministros del Perú, 2021).

c) Evitar las prácticas que puedan incrementar el peligro de un lugar, como la excavación de laderas, deforestación, riego inadecuado, entre otras; en base al principio de "Autoayuda" del Sinagerd (Presidencia de la República del Perú, 2023).

7.2. Ante reptación y erosión de laderas

a) Realizar un EVAR para definir las zonas de muy alto riesgo no mitigable. Como para determinar las medidas correctivas definitivas.

b) Reforestar las laderas con especies nativas y de raíces densas a fin de dar una mayor resistencia y cohesión a los suelos superficiales.

c) Construcción de un sistema de drenaje superficial impermeabilizado.

d) Construcción de un sistema de drenaje en el suelo bajo las estructuras, el mismo que debe permitir recolectar y drenar el agua acumulada.

e) Evitar realizar cortes de talud dentro de la institución, porque estas acciones debilitan el talud y desestabilizan.

f) Evitar plantas que contribuyan al almacenamiento masivo de agua en la zona baja de la infraestructura.

g) La Institución educativa Felipe Huamán Poma de Ayala, debe ser reubicada provisionalmente, hasta que el terreno se estabilice; y se realice los estudios especializados requeridos, que darán una visión clara de la magnitud de la masa inestable y de la profundidad del nivel freático.

h) Pavimentar las vías locales que colindan con la institución, a fin de evitar la erosión por escorrentías superficiales.

i) Realizar un drenaje pluvial en toda la institución.

j) Realizar un estudio geofísico de refracción sísmica y tomografía eléctrica, con el fin de determinar la existencia y extensión de acuíferos subterráneos en la zona y proponer medidas de mitigación.

k) Evaluar la construcción de gaviones en la parte media de la institución, donde la pendiente cambia de forma abrupta y genera detritos; de tal manera que se minimice el impacto de las caídas de agua de escorrentía a la parte baja de la institución y se evite el socavamiento del terreno.

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

Ing. GILBERTO ZAVALA CARRIÓN
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

8. BIBLIOGRAFÍA

Reyes, L. (1980). *Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba, Hojas 15-f, 15-g y 16-g, escala 1: 100,000. Ingemmet. Boletín N° 31 Serie A*. https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/150/54/A-031-Boletin_Cajamarca-15f_San_Marcos-15g_Cajabamba-16g.pdf

Zavala, B. & Rosado, M. (1980). Riesgo Geológico en la Región Cajamarca*, Hojas Mapa 8,16 y 19, escala 1: 250,000. Ingemmet. Boletín N° 44 Serie C*. https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/300

Zavala, B. & Barrantes R. (2007). Zonas Críticas por Peligros Geológicos y Geohidrológicos en la Región Cajamarca. https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/220

Congreso de la República del Perú. (2018, junio 5). *Ley N° 30779, ley que dispone medidas para el fortalecimiento del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD)*. 2. https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-que-dispone-medidas-para-el-fortalecimiento-del-sistema-ley-n-30779-1655993-1/

INEI. (2018). *Directorio Nacional de Centros Poblados Censos Nacionales 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm

PMA: GCA. (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. https://hdl.handle.net/20.500.12544/2830

Presidencia de la República del Perú. (2023, noviembre 24). Decreto Legislativo N° 1587. *Decreto Legislativo que Modifica la Ley 29664, Ley que Crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Sinagerd)*, 4. https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2238192-1

Presidencia del Consejo de Ministros del Perú. (2021). *Lineamientos para la organización y funcionamiento de los Centros de Operaciones de Emergencia - COE. Resolución Ministerial N° 258-2021-PCM*. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2370158/RM%20N%C2%B0%20258-2021-PCM%20%281%29...pdf.pdf?v=1636130560

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

Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes. *In Special Report 176: Landslides: Analysis and control (Eds: Schuster, R.L and Krizek, R.J), Transportation and Road research board*, 9–33.

Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras* (2a ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

ANEXO 1. MAPAS

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 - HUALGAYOC - BAMBAMARCA

MAPA GEOLÓGICO DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO

Elaboración: Leysi Fuentes	Revisión: Luis León	MAPA 1
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/1,500	Versión digital: 2025	

SIMBOLOGÍA
- Casas
- Quebrada
- Trocha
- InstituciónEducativa

LEYENDA
- Qh-cd: Depósito coluvio deluvial
- ks-ce: Formación Celendín

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO
EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS A NIVEL NACIONAL

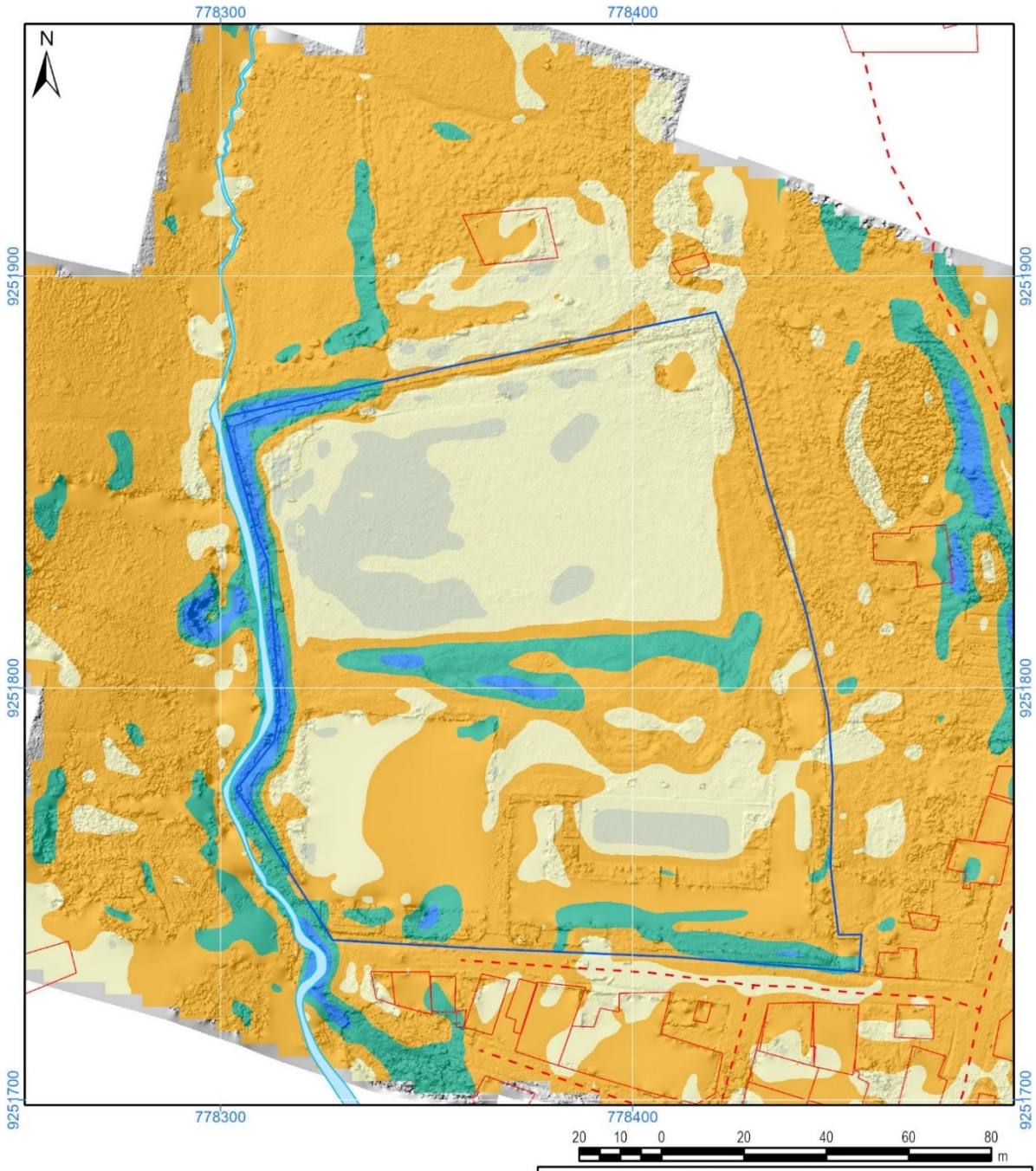
CAJAMARCA - HUALGAYOC - BAMBAMARCA

MAPA GEOMORFOLOGICO DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO

Elaboración: Leysi Fuentes	Revisión: Luis León	MAPA 2
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/1,500	Versión digital: 2025	

SIMBOLOGÍA
- peligro_lineas
- Casas
- Quebrada
- Trocha
- Institución Educativa

LEYENDA
- V-cd: Vertiente coluvio deluvial
- L-rs: Lomada en roca sedimentaria



SIMBOLOGÍA

- Casas
- Trocha
- Quebrada
- InstituciónEducativa

LEYENDA

- <1 : Terreno llano
- 1 - 5 : T. inclinado con pendiente suave
- 5 - 15 : Pendiente moderada
- 15 - 25: Pendiente fuerte
- 25 - 45: Pendiente muy fuerte o escarpada

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 - HUALGAYOC - BAMBAMARCA

MAPA DE PENDIENTES DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO

Elaboración: Leysi Fuentes	Revisión: Luis León	MAPA 3
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/1,500	Versión digital: 2025	

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 - HUALGAYOC - BAMBAMARCA

MAPA DE PELIGROS DE LA LOCALIDAD DE EL TAMBO

Elaboración: Leysi Fuentes	Revisión: Luis León	**MAPA 4**
Proyección: UTM - Zona 17 Sur	Datum: WGS 84	
Escala: 1/1,500	Versión digital: 2025	

SIMBOLOGÍA

- peligro_lineas
- Casas
- Quebrada
- Trocha
- Institución Educativa

LEYENDA

- peligro_lineas
- Reptacion

ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

Para erosión de laderas y reptación

Para la mitigación de peligros geológicos identificados, como la erosión de laderas, cárcavas y fenómeno de reptación; se debe corregir el alto nivel freático y la escorrentía superficial; controlando la infiltración del agua y desviándolo fuera del cuerpo donde se ubican los peligros.
Se debe tomar en cuenta que el agua subterránea se mueve muy lentamente a través de los materiales del subsuelo en dirección del curso de drenaje dominante; si la parte superior de la misma, la capa freática, no se sumerge por debajo del nivel del lecho de la corriente, el agua aparece en surgentes que alimentan las corrientes de agua y sus tributarios; este proceso ocurre durante todo el año y de esta manera el agua subterránea actúa como amortiguador para mantener el flujo básico de la corriente y los niveles de agua en los pozos durante periodos secos; la desestabilización de este ciclo natural puede acarrear la ocurrencia de otros fenómenos que busquen la estabilización del proceso natural del agua.
Los métodos de estabilización de flujos de agua en suelo, deben contemplar el control de agua tanto superficial como subterránea y suelen ser muy efectivos y económicos.
El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suárez, 1998). Las medidas de drenaje recomendadas son:

a. Drenaje Superficial

Los drenajes superficiales son sistemas que se encargan de evacuar el exceso de agua que se acumula en la superficie del terreno. El agua pluvial cae sobre las veredas y pistas y se dirige hacia las cunetas; las cunetas conducen el agua hacia las zonas bajas, donde los sumideros o zonas de desfogue la captan y la dirigen hacia alcantarillas pluviales o cursos naturales de escorrentía superficial. En la zona de estudio encontramos una quebrada, sobre la cual se debe disponer el vertimiento final del agua producto de precipitaciones pluviales. En las obras construidas – zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando la infiltración de las aguas de escurrimiento.

Entre los principales métodos de drenaje superficial hallamos: impermeabilización, compactación y bombeo; sin embargo, existen múltiples alternativas como: sistemas de drenaje mediante geocompuesto y tuberías; debe aplicarse el método más eficiente según la evaluación de un especialista.
Se adjunta imagen de detalle de una canaleta de drenaje superficial.

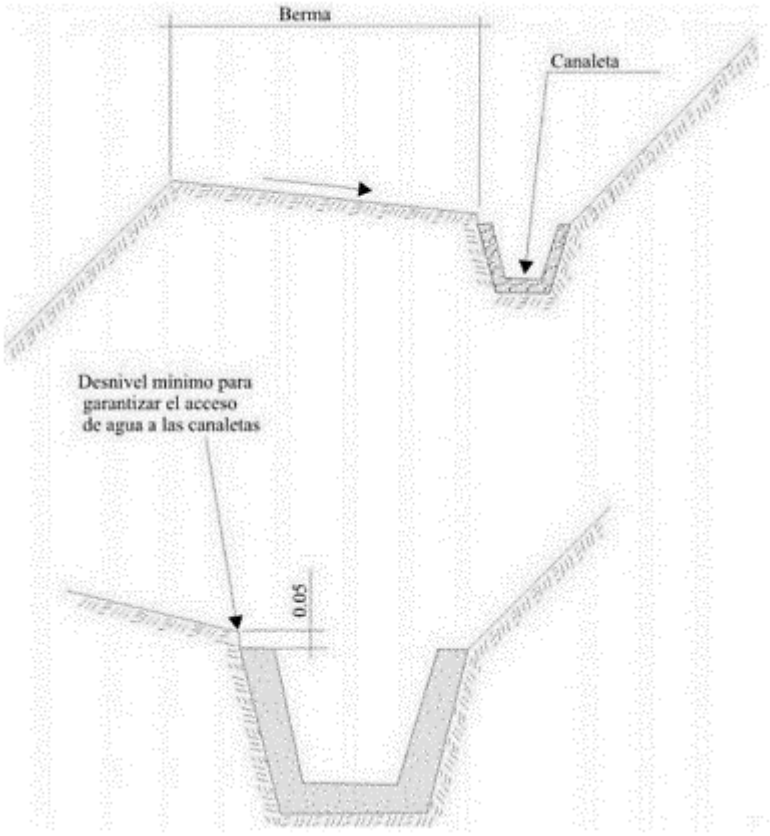


Figura 7. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

a. Drenaje Subterráneo

La presencia de agua subterránea ejerce una presión hidrostática sobre las cimentaciones, lo que puede afectar la estabilidad del suelo, en consecuencia, la seguridad de la estructura; la erosión y el asentamiento son riesgos significativos que deben ser abordados adecuadamente.

Existen varios métodos de instalación de drenajes en el suelo bajo las cimentaciones; entre ellos hallamos: sistemas de bombeo, impermeabilización, sistemas de drenaje mediante geocompuesto y tuberías.

Se requiere el análisis de un especialista que determine el método de drenaje de agua subterráneo más eficiente en la zona.