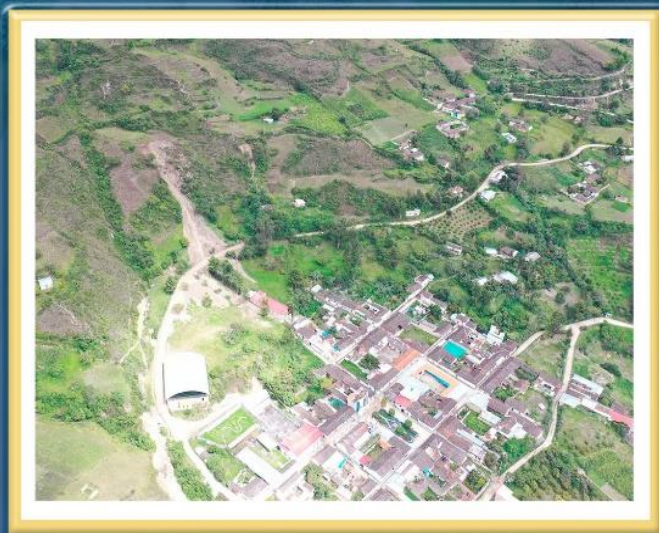


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7290

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA LOCALIDAD DE HUASMÍN

Departamento Cajamarca
Provincia Celendín
Distrito Huasmín



SETIEMBRE
2022

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA EN
LA LOCALIDAD DE HUASMÍN**

(Distrito Huasmín, provincia Celendín, departamento Cajamarca)

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

Equipo de investigación:

Luis Miguel León Ordáz

Cristhian Anderson Chiroque Herrera

Elvis Rubén Alcántara Quispe

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en la localidad de Huasmín, distrito Huasmín, provincia Celendín, departamento Cajamarca. Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7290.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Objetivos del estudio	2
1.2 Antecedentes	3
1.3 Aspectos generales.....	3
1.1.1 Ubicación	3
1.1.2 Accesibilidad	3
2. DEFINICIONES	5
3. ASPECTO GEOLÓGICO	7
3.1 Unidades litoestratigráficas	7
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	11
3.1 Modelo digital de elevaciones	11
3.2 Pendiente del terreno	11
3.3 Unidades Geomorfológicas	13
3.3.1 Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional	13
3.3.2 Geformas de carácter deposicional y agradacional	14
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	16
4.1 Movimiento complejo MC1	17
4.2 Movimiento complejo MC2	24
4.3 Deslizamiento D1	26
CONCLUSIONES.....	27
RECOMENDACIONES.....	29
BIBLIOGRAFÍA	29
ANEXO 1. MAPAS	30
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS	33

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en la localidad de Huasmín, distrito Huasmín, provincia Celendín, departamento Cajamarca. Con este trabajo el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos en los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En la zona evaluada afloran calizas grises ligeramente meteorizadas y poco fracturadas de la Formación Pullucana, y calizas grises poco a muy fracturadas, ligeramente a moderadamente meteorizadas con capas de lutitas color beige de la Formación Chúlec; todas las unidades están coberturadas por depósitos coluvio deluviales, constituidos de bloques, cantos y gravas (formas subangulosos y subreadondeados) en matriz arcillo limosa, inconsolidado, características que facilitan la infiltración de agua de escorrentía e incrementan la saturación del terreno, facilitando la generación de deslizamientos.

Geomorfológicamente se tiene las sub unidades de montaña estructural en roca sedimentaria (ME-rs) y montaña en roca sedimentaria (M-rs), también se identificó la vertiente coluvio-deluvial (V -cd), vertiente de depósito de deslizamiento (V-dd) y piedemonte proluvial o aluviotorrencial (P-pral).

Los factores condicionantes de los movimientos en masa son: a) pendiente del terreno entre 25° a 45°; b) sustrato de calizas muy fracturadas y moderadamente meteorizadas, c) laderas con depósitos coluvio - deluviales inconsolidados (cantos, gravas y bloques, en matriz arcillo limosa); d) riego por inundación que satura al suelo (factor antrópico). Como factor detonante las lluvias intensas y/o prolongadas.

Los peligros identificados al este de Huasmín corresponden a dos movimientos complejos, uno de tipo deslizamiento – flujo; MC1, con una extensión de 1194 m², afectó la trocha carrozable en 40 m y puesto de salud; su reactivación podía afectar más viviendas ubicadas en la parte baja (zona urbana). El segundo evento (MC2), es de menor dimensión que el primero, presenta una extensión de 177 m², podría afectar terrenos de cultivo y dos viviendas ubicadas en la parte baja.

Así mismo al norte del área, se identificó un deslizamiento que afectó terrenos de cultivos en 3 hectáreas; y que podría afectar a la Institución Educativa Secundaria San Santiago, que se ubica a 150 m del evento.

Por las condiciones litológicas, geomorfológicas y de geodinámica externa se considera como **Zona Crítica** y de **Peligro Muy Alto** a movimientos en masa. Los eventos mencionados pueden reactivarse por la presencia de lluvias intensas y continuas.

Finalmente se brindan las recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes y tomadores de decisiones pongan en práctica en el área evaluada, siendo la principal el monitoreo continuo del movimiento que tiene dirección este-oeste (hacia el sector urbano de Huasmín), con la finalidad salvaguardar integridad física de sus moradores e infraestructura que se encuentra al pie del movimiento.

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, mediante OFICIO N° D227-2022-GR.CAJ/ODN, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masas en la localidad de Huasmín.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis M. León Ordáz y Cristhian A. Chiroque Herrera, para realizar la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa que afectan la localidad Huasmín; los trabajos de campo se realizaron el día sábado 02 de abril del 2022.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por 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 del Gobierno Regional Cajamarca y Municipalidad Distrital de Huasmín, donde se proporcionan 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) Identificar, tipificar y caracterizar el movimiento en masa que presenta la localidad de Huasmín, distrito Huasmín, provincia Celendín y departamento de Cajamarca.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de los movimientos en masa.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en los trabajos de campo.

1.2 Antecedentes

Se han recopilado todos los informes y reportes que abarquen los aspectos geodinámicos de la zona de estudio, los cuales se mencionan a continuación:

- Boletín N°38, serie A, Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d) y Chepén (15-e), (Wilson, J, 1984). Según la geología descrita a escala 1:100 000, el en sector evaluado tenemos la Formación Chúlec (Ki-chu), Formación Pariatambo (Ki-pt) y Grupo Pulluicana (Ks – pu).
- Boletín N° 44, Serie C, Estudio de Riesgo Geológico en la Región Cajamarca, (Zavala, et al. 2009), en el se ha elaborado un mapa regional de susceptibilidad alta a la ocurrencia de procesos de remoción en masa a escala 1:250 000, donde los sectores evaluados presentan susceptibilidad alta a la ocurrencia de procesos de remoción en masa.
- Informe Técnico, Zonas Críticas por Peligros Geológicos y Geohidrológicos en la Región Cajamarca, Primer Reporte (Zavala & Barrantes, 2007), identificando en la provincia de Celendín 6 zonas críticas, encontrando procesos de movimientos en masa como: deslizamientos, flujos de detritos y derrumbes.

1.3 Aspectos generales

1.1.1 Ubicación

La localidad de Huasmín, del distrito de Huasmín, provincia de Celendín y departamento de Cajamarca (cuadro 1, figura 2), está ubicada en las siguientes coordenadas UTM WGS 84 – Zona: 17S:

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio, sector Las Brisas.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		COORDENADAS DECIMALES	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	805318	9243210	-6.838658°	-78.237702°
2	805092	9242678	-6.843477°	-78.239717°
3	803966	9243079	-6.839912°	-78.249917°
4	804051	9243991	-6.831667°	-78.249196°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	804715	9243235	-6.838463°	-78.243154°

1.1.2 Accesibilidad

Se accede por vía terrestre desde Cajamarca hacia Huasmín, a través de una vía asfaltada y sin asfaltar, tal como se detalla en la siguiente ruta (cuadro 3):

Cuadro 3. Rutas y acceso a la zona evaluada

Ruta	Tipo de calles	Distancia (km)	Tiempo estimado
Cajamarca - Celendín	Asfaltada	101.4	2 horas 30 minutos
Celendín - Huasmín	Sin asfaltar	21	1 hora

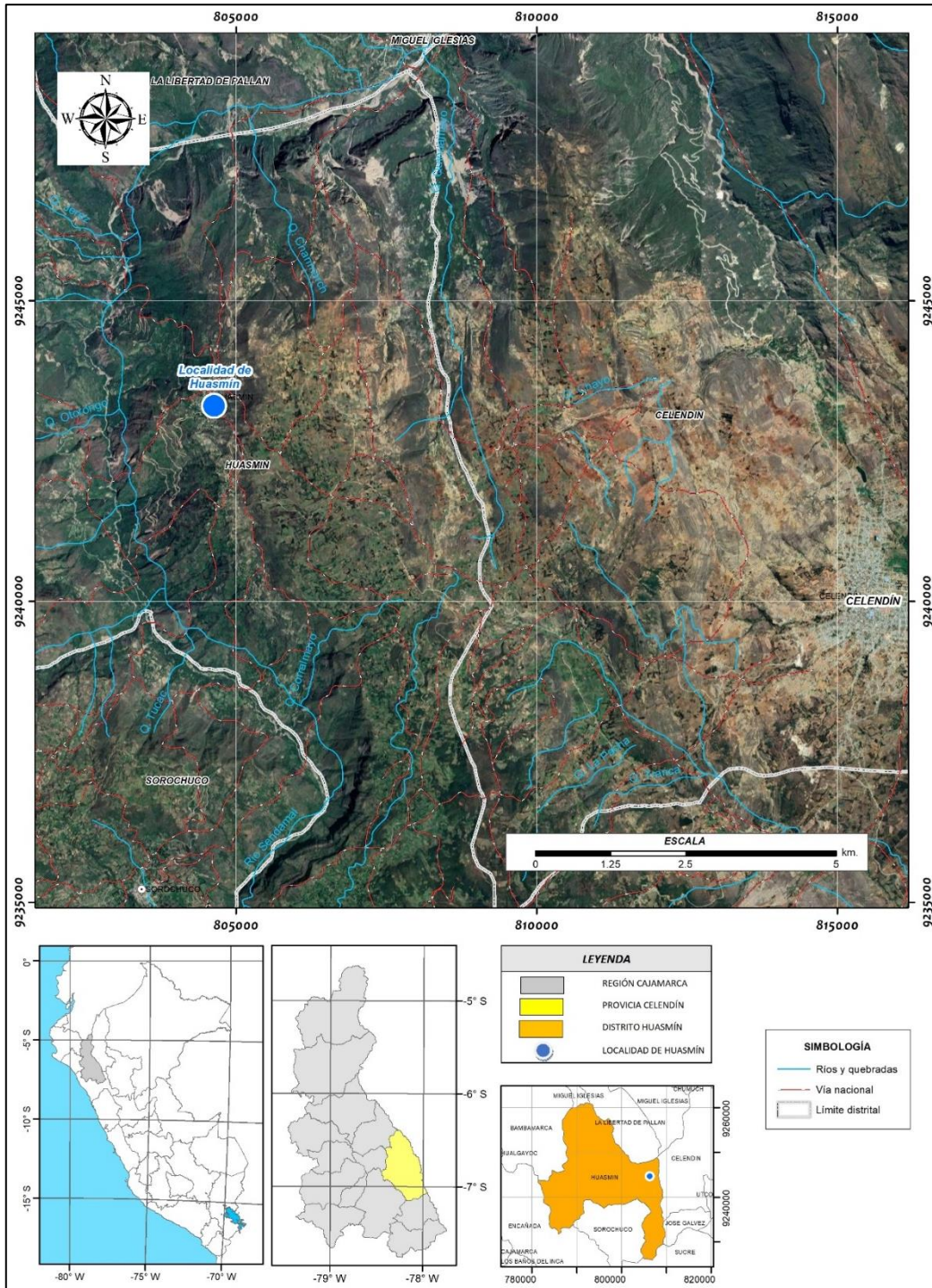


Figura 2. Ubicación localidad de Huasmín.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a las entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como personal no especializado, que no son necesariamente geólogos; por ello se desarrollan algunas definiciones relevantes, considerando como base el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), los términos y definiciones se detallan a continuación:

Peligro geológico: 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.

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.

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

Arcilla: Suelo para ingeniería 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. En este tipo de suelos es muy importante el efecto del agua sobre su comportamiento.

Coluvial: Forma de terreno o material originado por la acción de la gravedad.

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.

Corona: Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladero abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

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.

Deslizamiento: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden y Varnes, 1996). Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

Erosión 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.

Flujo de detritos (huaico): Flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inicia como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos.

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

Fractura: Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

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 complejo: Tipo de movimiento en masa que involucra una combinación de uno o más de los tipos principales de movimientos, ya sea dentro de las diferentes partes que componen la masa en movimiento, o en los diferentes estados de desarrollo del movimiento (Varnes, 1978). Los más comunes son: deslizamiento-flujo, derrumbe-flujo, deslizamiento-caída de rocas, deslizamiento-flujo, deslizamiento-reptación, entre otros.

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.

En el presente Glosario se describe según los términos establecidos en el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas.

3. ASPECTO GEOLÓGICO

El análisis se desarrolló en base al Boletín N°38, Serie A, Carta Geológica Nacional: "Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d) y Chepén (15-e), (Wilson J, 1984); también se realizó trabajos en campo, para caracterizar y delimitar las diferentes unidades litológicas considerando su grado de resistencia y susceptibilidad a procesos de erosión (mapa 1).

3.1 Unidades litoestratigráficas

Se tienen las siguientes formaciones:

Formación Chúlec (Ki-chu)

Litológicamente, consta de una secuencia bastante fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, las que por meteorización adquieren un color crema-amarillento. Su aspecto terroso amarillento es una característica para distinguirla en el campo. Generalmente, los bancos de margas se presentan muy nodulosos.

En el sector evaluado esta formación presenta afloramientos de calizas nodulares moderadamente meteorizadas y poco fracturadas (fotografía 1), así mismo se identificó estratos de calizas ligeramente meteorizadas, muy fracturadas (figura 3 y fotografía 2).



Fotografía 1. Calizas moderadamente meteorizadas, poco fracturada.
(Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9242754 – **Este:** 805171).



Figura 3. Formación Chúlec, estratos con Rumbo: 270° y Buzamiento: 77°.
(Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9242778 – **Este:** 805201).



Fotografía 2. Calizas grises moderadamente meteorizadas, muy fracturada
intercaladas con arcillitas grises.
(Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9242778 – **Este:** 805201).

Formación Pulluicana (Ki-pu)

Predominan calizas arcillosas, grisáceas, que a la meteorización da color crema o marrón claro, se presenta en capas medianas, nodulares o irregularmente estratificadas. Las calizas se encuentran intercaladas con capas de margas marrones y lutitas grisáceas o verdosas, así como algunas capas de limolitas y areniscas.

En el sector evaluado esta formación presenta afloramientos de calizas de color gris, ligeramente meteorizadas y poco fracturadas (fotografía 3).



Fotografía 3. Calizas ligeramente meteorizadas, poco fracturadas.
(Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9242862 – **Este:** 805250).

Depósitos coluvio-deluviales (Q-co/de)

Son depósitos de piedemonte, que se han originado por la movilización de materiales provenientes de las laderas por acción de la gravedad y agua.

En el sector evaluado están conformados por gravas y bloques subangulosos y subredondeados, dentro de una matriz arcillo – limosa (fotografía 4).



Fotografía 4. Deposito coluvio deluvial, compuestos por gravas y bloques subangulosos y subredondeados, dentro de una matriz arcillo – limosa.
(Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9243497 – **Este:** 804525).

Ficha descriptiva N° 1 - Fotografía 4

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL	<input type="checkbox"/> Eluvial	<input type="checkbox"/> Lacustre
	<input checked="" type="checkbox"/> Deluvial	<input type="checkbox"/> Marino
	<input checked="" type="checkbox"/> Coluvial	<input type="checkbox"/> Eólico
	<input type="checkbox"/> Aluvial	<input type="checkbox"/> Orgánico
	<input type="checkbox"/> Fluvial	<input type="checkbox"/> Artificial
	<input type="checkbox"/> Proluvial	<input type="checkbox"/> Litoral
	<input type="checkbox"/> Glaciar	<input type="checkbox"/> Fluvio glaciar

GRANULOMETRÍA

%

10	Bolos
	Cantos
50	Gravas
	Gránulos
	Arenas
15	Limos
25	Arcillas

FORMA

<input checked="" type="checkbox"/> Esférica
<input type="checkbox"/> Discoidal
<input type="checkbox"/> Laminar
<input type="checkbox"/> Cilíndrica

REDONDES

<input type="checkbox"/> Redondeado
<input checked="" type="checkbox"/> Subredondeado
<input checked="" type="checkbox"/> Anguloso
<input type="checkbox"/> Subanguloso

PLASTICIDAD

<input type="checkbox"/> Alta plasticidad
<input checked="" type="checkbox"/> Med. Plástico
<input type="checkbox"/> Baja Plasticidad
<input type="checkbox"/> No plástico

ESTRUCTURA

<input type="checkbox"/> Masiva
<input type="checkbox"/> Estructificada
<input type="checkbox"/> Lenticular

TEXTURA

<input checked="" type="checkbox"/> Harinoso
<input type="checkbox"/> Arenoso
<input type="checkbox"/> Aspero

CONTENIDO DE

<input type="checkbox"/> Materia Orgánica
<input type="checkbox"/> Carbonatos
<input type="checkbox"/> Sulfatos

%

LITOLOGÍA

<input type="checkbox"/> Intrusivos
<input type="checkbox"/> Volcánicos
<input type="checkbox"/> Matamórficos
<input checked="" type="checkbox"/> Sedimentarios

COMPACIDAD

SUELOS FINOS

Limos y Arcillas

<input checked="" type="checkbox"/> Blanda
<input type="checkbox"/> Compacta
<input type="checkbox"/> Dura

Arenas

<input type="checkbox"/> Suelta
<input type="checkbox"/> Densa
<input type="checkbox"/> Muy Densa

SUELOS GRUESOS

Gravas

<input checked="" type="checkbox"/> Suelta
<input type="checkbox"/> Med. Consolidada
<input type="checkbox"/> Consolidada
<input type="checkbox"/> Muy Consolidada

CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.

SUELOS GRUESOS

<input type="checkbox"/> GW	<input checked="" type="checkbox"/> GC
<input type="checkbox"/> GP	<input type="checkbox"/> SW
<input type="checkbox"/> GM	<input type="checkbox"/> SP
<input type="checkbox"/> SM	<input type="checkbox"/> SC

<input type="checkbox"/> ML
<input type="checkbox"/> CL
<input type="checkbox"/> OL
<input type="checkbox"/> MH

SUELOS FINOS

<input type="checkbox"/> CH
<input type="checkbox"/> OH
<input type="checkbox"/> PT

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para el análisis geomorfológico se hace uso de imágenes satelitales, análisis morfométrico de relieve y cartografiada in situ.

4.1 Modelo digital de elevaciones

El sector evaluado comprende elevaciones que van desde los 2200 m hasta los 3000 m, se clasificó en ocho niveles altitudinales, con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas, comprendiendo en la localidad Huasmín entre los 2520 m s.n.m. a 2570 m s.n.m., la zona donde se identificó el movimiento complejo entre 2560 m s.n.m. hasta los 2630 m s.n.m. (figura 4).

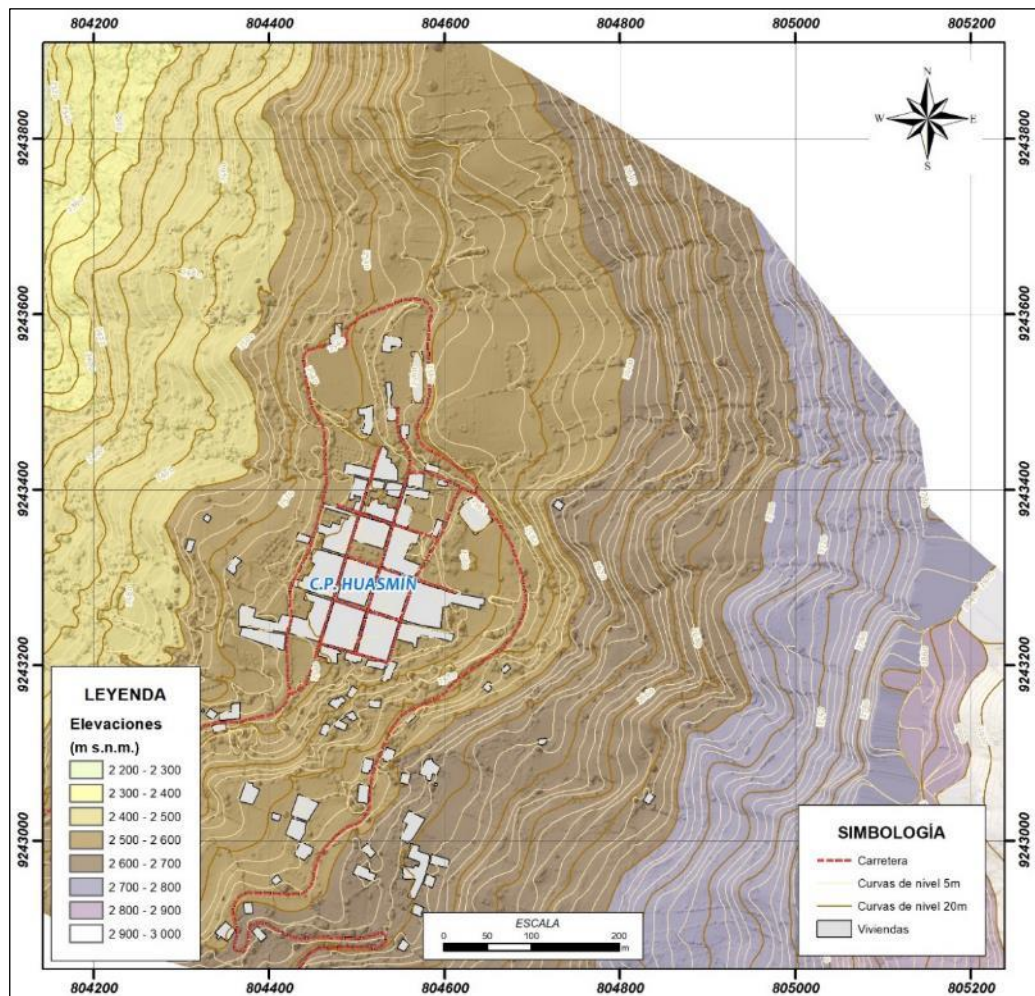


Figura 4. Modelo digital de elevaciones, localidad de Huasmín.

3.2 Pendiente del terreno

La pendiente es uno de los factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2022), considerando un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa como factor condicionante.

Se puede decir que es más fácil que ocurran movimientos en masas en laderas y cauces de la quebrada, cuya pendiente principal varía entre media (5° a 15°) a

fuerte ($>30^\circ$), generándose erosión en laderas (laminar, sucos y cárcavas), ya que a mayor pendiente el escurrimiento superficial es mayor y por ende la erosión hídrica o pluvial (Vílchez et. al., 2013).

En las figuras, 6 y 7 se aprecia como la pendiente es variable de moderada (5° a 15°), sobre la que se asienta la localidad de Huasmín y asciende a la parte superior y oeste donde se desarrolla el deslizamiento flujo, con pendientes fuerte a muy fuerte de 15° a 45° , notándose al norte un deslizamiento en una superficie de pendiente muy fuerte de 25° a 45° .



Figura 5. Variación de pendientes (fuerte – 25° , muy fuerte – 45° y escarpada 63°), ubicadas en la parte superior a la localidad de Huasmín (dirección oeste).



Figura 6. Se observa variación de pendientes de los terrenos (fuerte – 25° , muy fuerte – 45° y escarpada 63°), en la parte superior de la localidad de Huasmín (dirección oeste).



Figura 7. Deslizamiento ubicado al norte de la localidad Huasmín, se observa que la pendiente del terreno es muy fuerte – 35°.

3.3 Unidades Geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en los sectores evaluados, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a los aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019); así también se ha empleado los trabajos de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en estudios de Ingemmet.

3.3.1 Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional

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

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas, dentro de este grupo se tiene las siguientes unidades:

Unidad de Montaña

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 m de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semi redondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y presenta un declive promedio superior a 30% (FAO, 1968).

Sub unidad de montaña estructural en roca sedimentaria (ME-rs)

Corresponde a elevaciones del terreno que forman parte de las cordilleras levantadas por la actividad tectónica y su morfología actual depende de procesos exógenos degradacionales determinados por lluvia-escorrentía, aguas del subsuelo, con fuerte incidencia de la gravedad.

En el sector evaluado, litológicamente están formadas por rocas sedimentarias de origen calcáreo, presenta una geodinámica activa, se puede identificar caída de rocas (figura 8).

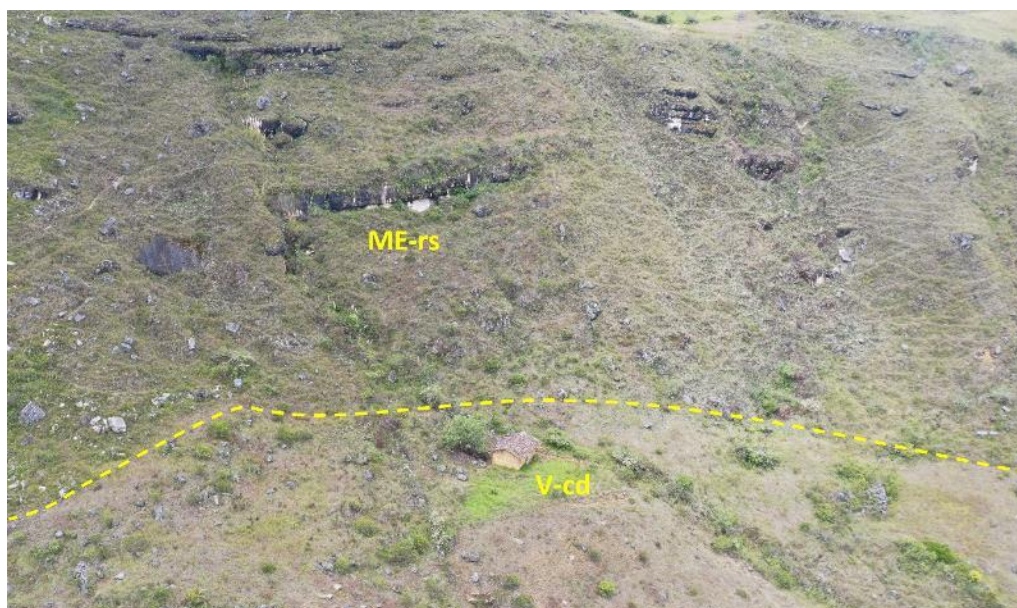


Figura 8. En dirección sureste de la localidad de Huasmín, encontramos las subunidades de montaña estructural en roca sedimentaria (ME-rs) y vertiente coluvio–deluvial (V-cd).

Sub unidad de montaña en roca sedimentaria (M-rs)

Corresponden a afloramientos de roca sedimentaria, afectadas por procesos tectónicos y erosivos, conformados por rocas de tipo conglomerados, areniscas, lutitas, lodolitas, calizas y cuarcitas, de edad Cretácica. Presentan laderas con pendientes medias a fuertes.

En el sector evaluado, litológicamente encontramos rocas sedimentarias, de origen calcáreo, afectadas por procesos tectónicos y erosivos. Esta sub unidad se identificó al oeste de la localidad de Huasmín (figura 09).

3.3.2 Geofomas de carácter deposicional y agradacional

Estas geofomas son el resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los glaciares y los vientos, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultante de la denudación de los terrenos más elevados, en el sector evaluado encontramos las siguientes sub unidades:

Sub unidad de vertiente coluvio-deluvial (V -cd)

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa del tipo deslizamientos, derrumbes, avalanchas de rocas y/o movimientos complejos. Generalmente su composición litológica es homogénea; son depósitos de recorrido corto relacionados a las laderas superiores adyacentes.

Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa, en el sector evaluado está ubicada a oeste, norte y sur de la localidad de Huasmín, bajo la Sub unidad de montaña sedimentaria.

Sub unidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa, prehistóricos, antiguos y recientes, que pueden ser tipo deslizamiento, avalancha de rocas y/o movimientos complejos. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados o ligeramente consolidados, son depósitos de corto a mediano recorrido relacionados a laderas superiores de los valles. Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa.

Se relacionan con rocas de diferente naturaleza litológica, ya que es posible encontrarlas comprometiendo todo tipo de rocas. Geodinámicamente se asocia a las reactivaciones en los materiales depositados por los movimientos en masa antiguos, así como por nuevos aportes de material provenientes de la actividad retrogresiva de los eventos activos.

En el sector evaluado la ubicamos al norte de la localidad de Huasmín, donde se originó el deslizamiento.

Sub unidad de piedemonte proluvial o aluviotorrencial (P-pral)

Generalmente tiene forma de un cono y está originado por flujo de detritos, esta unidad está relacionada al movimiento complejo ubicada al oeste de la localidad de Huasmín.



Figura 9. Las sub unidades geomorfológicas del sector evaluado corresponde a Montaña en roca sedimentaria (M-rs) y Colina y lomada en roca Volcánica (RCL-rv).

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los movimientos en masa son parte de los procesos de denudación que moldean el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre.

La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica), actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA, 2007).

Los peligros geológicos identificados corresponden a dos movimientos complejos (deslizamiento – flujo) y un deslizamiento antiguo; ubicado a 670 m al sureste (ladera arriba), de la localidad de Huasmín, que en la actualidad presenta grietas con longitud de 4 a 7 m, ancho de 10 a 15 cm y desplazamiento vertical de 30 cm, bien desarrolladas dentro de los terrenos ocupados por cultivos (figura 10 y 11). Dichos eventos podrían ser detonados por las lluvias intensas. En la parte baja (dirección oeste), de la cancha deportiva del poblado, se ha identificado un agrietamiento con longitud de 30 m y ancho de 20 cm y desplazamiento vertical de 20 cm, dentro de un terreno con escasa vegetación y pendiente de 25° a 45° (figura 12).



Figura 10. Agrietamientos sobre deslizamiento antiguo, sobre depósito coluvio deluvial.
(Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9242911 – **Este:** 805141).

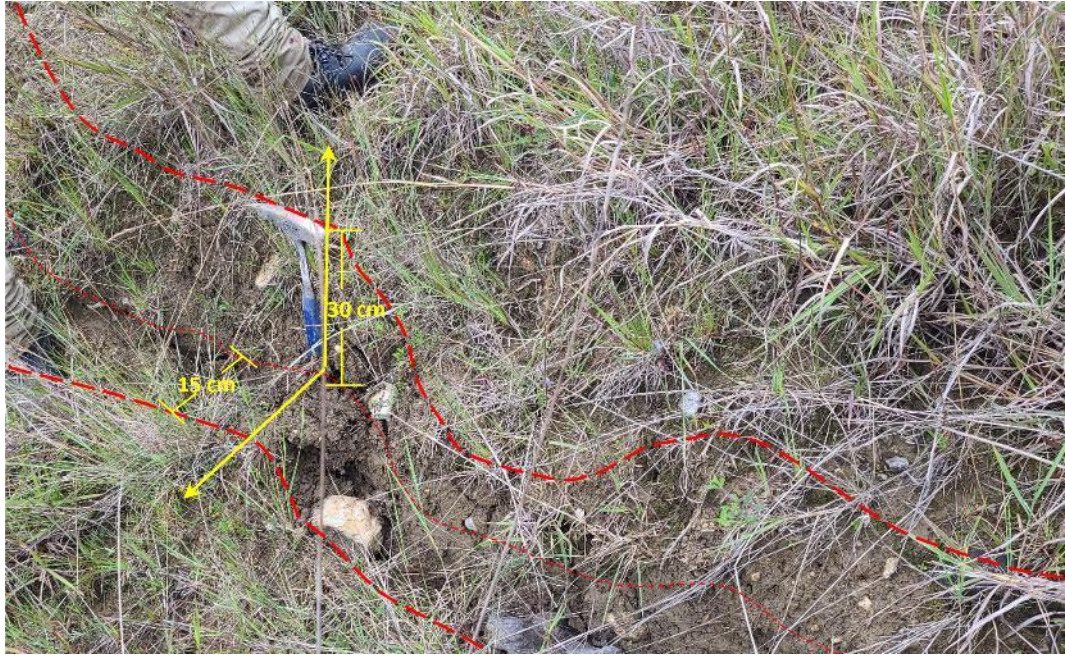


Figura 11. Agrietamientos sobre deslizamiento antiguo con longitud de 30 m y ancho entre 10 a 15 cm de ancho, con desplazamiento vertical de 30 cm.
(Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9242911 – **Este:** 805141).



Figura 12. Agrietamientos sobre deslizamiento antiguo con longitud de 4 a 7 m longitud y 20 cm de ancho, con desplazamiento vertical de 20 cm.
Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9243521 – **Este:** 804428.

A continuación, se describen los eventos identificados:

4.1 Movimientos complejo (deslizamiento – flujo) MC1

Deslizamiento – Flujo (MC1)

A 50 m al este de Huasmín, en dirección del área urbana, se desarrolla un deslizamiento traslacional que en su recorrido por la ladera (pendiente 45°), se convierte en un flujo de detritos superficial (no canalizado) (figura 13 y 14). Se ha reactivado por las continuas e intensas lluvias a fines del febrero del 2022,

cuyo material fue transportado hasta la plaza principal (figura 15). Según versiones de los pobladores los flujos son recurrentes, lo cual es evidenciado con el análisis de Google Earth, donde se aprecia la ocurrencia desde aproximadamente 06 años atrás (desde el 2016), afectando al puesto de salud Huasmín, terrenos de cultivo y trocha carrozable (figura 16 y 17).

La zona de arranque presenta pendiente fuerte, además en el escarpe principal, en la parte posterior se aprecia agrietamientos del terreno bien desarrollados, indica que el movimiento tiene un avance retrogresivo.



Figura 13. Movimientos complejos ubicados al este de la localidad de Huasmín, ambos movimientos se desarrollan en dirección a la zona urbana.

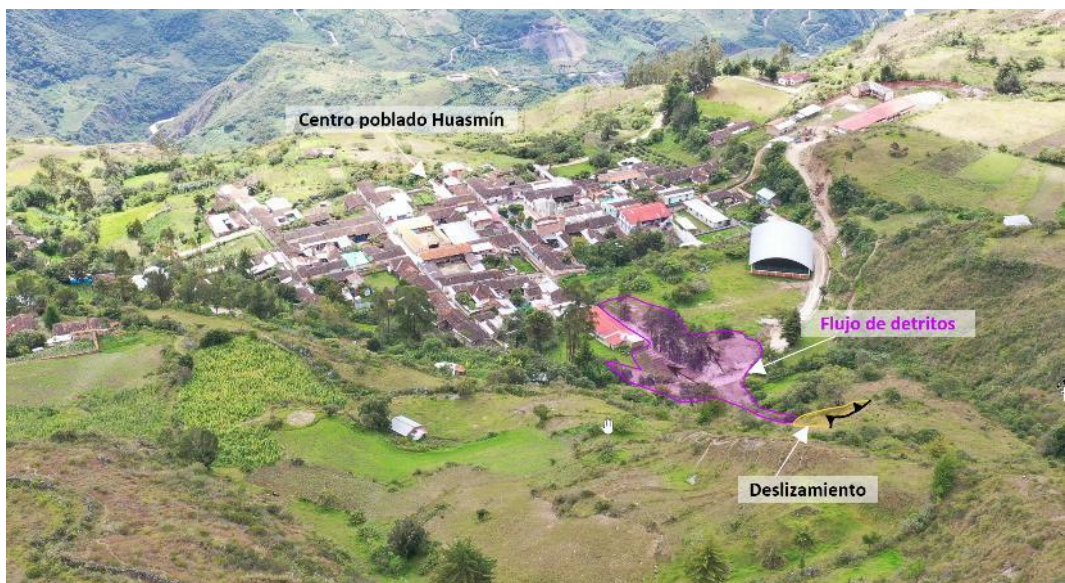


Figura 14. Movimiento complejo en dirección hacia la localidad de Huasmín.



Figura 15. Parte el flujo se desplazó hasta la plaza principal del pueblo.



Figura 16. Se observa la activación del movimiento complejo en el año 2016.
Fuente: Google Earth.



Figura 17. Imagen área tomada desde el dron durante la evaluación del peligro, abril del 2022.

El movimiento complejo presenta las siguientes características:

Zona de deslizamiento

Se encuentra a 150 m del sector urbano, en un terreno muy húmedo, entre los 2624 m s.n.m. a 2558 m s.n.m., en el cuerpo del deslizamiento se aprecian grietas con anchos de 0.15 -0.25 m y longitudes que varían de 5 a 9 m (figura 18).

Sobre la corona (en la parte posterior), encontramos grietas, las cuales nos indican que el deslizamiento tiene un avance retrogresivo, el cual presenta las siguientes características:

- Forma de superficie de rotura: rotacional.
- Forma de la corona: semicircular
- Longitud de la corona: 49 m.
- Salto del escarpe principal: 2-4 m.
- Área aproximada del deslizamiento: 1194 m².

Los principales factores que dieron origen al deslizamiento son:

Factores condicionantes

- Pendiente del terreno 45° promedio.
- Material coluvio – deluvial, de fácil erosión.
- La presencia de humedad, nos indica que el terreno está saturado.

Factores desencadenantes

- Las lluvias intensas.

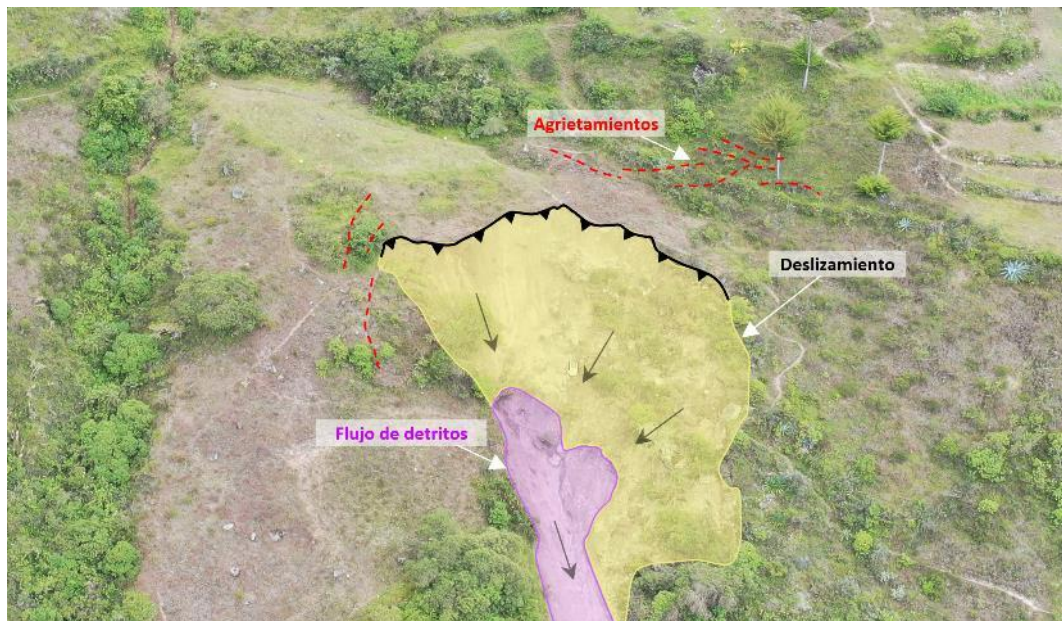


Figura 18. Zona de deslizamiento, se puede apreciar agrietamientos sobre el escarpe (líneas rojas), indicador del avance retrogresivo del movimiento.

Zona de transición

El deslizamiento tiene un avance de desplazamiento aproximado a de 12 m, antes de movilizarse como flujo de detritos no canalizado (debido a la cantidad de agua proveniente de las lluvias intensas en que discurren por el cuerpo deslizado), en esta zona es más estrecho el ancho del material transportado sobre la ladera.

Zona de transporte

En esta zona el recorrido del flujo de detritos tiene una longitud de 77 m, en este tramo tiene un efecto erosivo por la pendiente muy fuerte (45°). A lo largo del recorrido del flujo en este tramo, incrementa su volumen por el aporte de material proveniente de la erosión de las laderas, llegando hasta la parte superior de la zona urbana.

Zona de deposición

El flujo de detritos al llegar a la zona urbana (parte superior del pueblo), el terreno presenta pendiente que oscila entre los 5° - 15° y aumentando su ancho hasta en 24 m.

Afectó la trocha carrozable en un tramo de 40 m, interrumpiendo el tránsito hacia Huasmín (figura 19); como también al puesto de salud (figura 20 y 21).



Figura 19. Se observa la zona de deposición del flujo de detritos, afectando la carretera en un tramo de 40 m y puesto de salud Huasmín.



Figura 20. Se aprecia que el flujo de detritos llegó al puesto de salud, obstruyendo los ingresos de manera temporal.



Figura 21. Se observa que el canal de drenaje de aguas de lluvia se colmató con en flujo de detritos.

4.2 Movimiento complejo (deslizamiento – Flujo) MC2

En dirección este, a 80 m de Huasmín, y a una distancia de 65 m dirección sur del deslizamiento – flujo (MC1), se identificó un movimiento complejo que podría afectar terrenos de cultivos y viviendas en la parte baja.

Deslizamiento traslacional que en su recorrido por la ladera (pendiente 45°), se convierte en un flujo de detritos superficial (no canalizado), activado por las continuas e intensas lluvias a fines del febrero del 2022.

Sobre el movimiento en masa identificado, encontramos laderas denudadas, esto facilita la infiltración de agua provenientes de lluvias, acelerando los procesos erosivos. Se podría desencadenar un movimiento de mayor dimensión lo cual afectaría las viviendas que se encuentran en la parte baja.

El movimiento complejo presenta las siguientes características:

Zona de deslizamiento

Sobre la corona (en la parte posterior), encontramos grietas de 0.10 a 0.15 m de ancho y longitudes de 4 a 8 m, que indica que tiene un avance retrogresivo (figura 22).

Evento presenta las siguientes características:

- Forma de superficie de rotura: rotacional.
- Forma de la corona: semicircular
- Longitud de la corona: 25 m.
- Salto del escarpe principal: 1-1.5 m.
- Área aproximada del deslizamiento: 177 m².
-

Factores que dieron origen a la activación del deslizamiento son:

- Pendiente del terreno de 25° a 45°.
- Material coluvio – deluvial, de fácil erosión.
- Composición del material permite la filtración y retención del agua de lluvia.

El Factor desencadenante

- Fueron las lluvias intensas.



Figura 22. Se puede observar agrietamientos sobre el escarpe principal, que indica el avance retrogresivo del movimiento.

Zona de transición

El deslizamiento tiene una distancia de desplazamiento aproximada a los 8 m, antes de movilizarse como flujo de detritos no canalizado (debido a la cantidad de agua proveniente de las lluvias intensas en que discurren por el cuerpo deslizado), en esta zona es más estrecho el ancho del material transportado sobre la ladera.

Zona de transporte

En esta zona el recorrido del flujo, tiene una longitud de 25 m, en este tramo tiene un efecto erosivo por la pendiente muy fuerte (45°). En esta zona el recorrido del flujo de detritos es superficial, disminuye su volumen ladero abajo en una pendiente fuerte (de 25° a 45°).

Zona de deposición

En la parte baja de flujo de detritos la pendiente oscila entre los 5° - 25°, disminuye su ancho.

Se en la parte superior a una distancia de 20 y 37 m de dos viviendas (figura 23), que podrían ser afectadas.

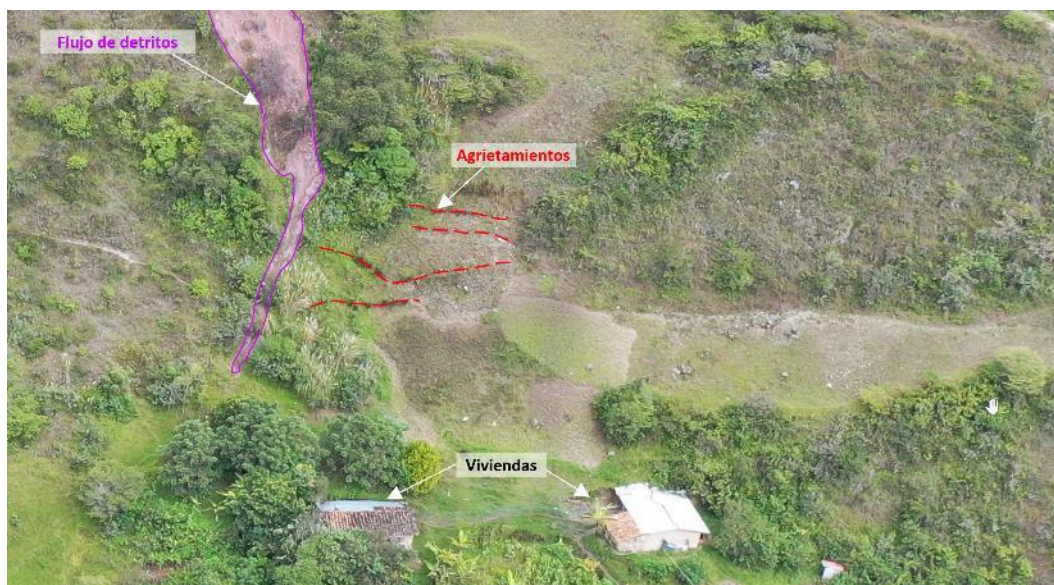


Figura 23. Se observa dos viviendas muy cerca de la zona de deposición del flujo de detritos, quedando expuestas ante una probable reactivación.

4.3 Deslizamiento (D1)

A través de las imágenes satelitales, fotografías tomadas con dron y reconocimiento en campo, se identificó la activación de un deslizamiento en marzo del 2022, que afectó 3 hectáreas de cultivos agrícolas, a escasos 150 m de la Institución Educativa Secundaria San Santiago (mapa 3).

El deslizamiento es de tipo rotacional, tiene 175 m de longitud y 180 m de ancho, la dirección del movimiento es de este a oeste, presenta grietas dispersas y en diferentes direcciones con longitudes que varían entre los 6 m a 12 m, con una apertura que varía entre los 0.10 m hasta 0.30 m; el movimiento presenta un comportamiento retrogresivo, con aparición de grietas sobre el escarpe principal (figura 24).

Hacia el sur el deslizamiento dio origen a un flujo de detritos superficial (no canalizado), conformado por bloques y gravas de naturaleza calcárea en matriz arcillo limosa. El flujo tiene largo de 200 m, ancho de 15 m y afectó terrenos agrícolas.

El deslizamiento presenta las siguientes características:

- Forma de superficie de rotura: rotacional.
- Forma de la corona: irregular.
- Longitud de la corona: 239 m.
- Salto del escarpe principal: 2-4 m (figura 25).
- Área aproximada del deslizamiento: 3 hectáreas.

Factores condicionantes

- Litología incompetente, depósitos coluvio-deluviales de origen calcáreo.

- Ladera con pendiente entre los 25° a 45°.
- Cultivos agrícolas con riego por inundación, sin un sistema de drenaje adecuado.

El Factor detonante

- Fueron las lluvias intensas



Figura 24. Se observa agrietamiento en terreno de cultivo ubicado sobre el escarpe principal.
(Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9243703 – **Este:** 804529).



Figura 25. Escarpe principal, tiene un salto promedio de 4 m.
(Coordenadas UTM WS-84 -17S, **Norte:** 9243787 – **Este:** 804559).

CONCLUSIONES

- a. A este de Huasmín, en febrero del 2022, debido a las lluvias intensas, se produjeron dos movimientos complejos (MC1 y MC2) con dirección hacia la zona urbana, y la activación de un deslizamiento (D1) en el norte del sector evaluado. Los dos primeros se comportan y presentan como deslizamiento traslacional – flujo (no canalizado). El primero MC1 el más extenso (1194 m²), afectó la trocha carrozable en 40 m, y el puesto de salud Huasmín; mientras que el segundo de (177 m²), podría afectar terrenos de cultivo y dos viviendas ubicadas en la parte baja del movimiento. Así mismo al norte del pueblo se identificó un deslizamiento que afectó un terreno de cultivos en 3 hectáreas, podría afectar la Institución Educativa Secundaria San Santiago que se encuentra a una distancia de 150 m del evento.
- b. En el deslizamiento (D1) se presentan grietas sobre el escarpe principal nos indica que tiene un avance retrogresivo, con probabilidad de reactivación.
- c. Las geoformas identificadas en los sectores evaluados, corresponden a sub unidad de montaña en roca sedimentaria (ME-rs), con pendientes de 25° a <45°, sub unidad de montaña en roca sedimentaria (M-rs), con pendientes entre 25° a 45°, Sub unidad de vertiente coluvio-deluvial (V -cd), con pendientes de 5° a 25°, Sub unidad de vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd), presenta pendientes de 25° a 45°, sub unidad de piedemonte proluvial o aluviotorrencial (P-pral), con pendientes de 25° a 45°.
- d. En el sector evaluado afloran calizas grises, ligeramente meteorizadas y poco fracturadas de la Formación Pulluicana, calizas grises poco a muy fracturadas, ligeramente a moderadamente meteorizadas con capas de lutitas color beige de la Formación Chúlec; todas las unidades están coberturadas por depósitos coluvio deluviales, constituidos de gravas y bloques de formas subangulosos y subredondeados dentro de una matriz arcillo limosa, sin consolidarse, características que facilitan la infiltración de agua de escorrentía e incrementan la saturación del terreno originando deslizamientos.
- e. Los factores condicionantes de los movimientos en masa son:
 - Pendiente del terreno de 25° a 45°; que permite que el material inestable en la ladera se desplace cuesta abajo.
 - Litología, calizas muy fracturadas y moderadamente meteorizadas, donde se van a presentar los movimientos en masa.
 - Depósitos coluvio deluviales conformados por bloques, en una matriz arcillo limosa inconsolidada son de fácil erosión.
 - Factor antrópico, prácticas agrícolas con riego por inundación, lo cual satura al terreno que con el transcurrir del tiempo van a perder estabilidad.
 - El factor detonante son las lluvias intensas y continuas.
- f. Por las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas del sector evaluado, se considera como **Zona Crítica de peligro Muy Alto** a la ocurrencia de movimientos en masa.

RECOMENDACIONES

- a. Las autoridades locales y entidades competentes deben implementar un SAT- Sistema de Alerta Temprana, para el monitoreo y acciones de la población ante la reactivación latente en la zona, ya sea por movimientos en masa complejos y deslizamientos.
- b. Reubicar el puesto de salud de la localidad de Huasmín a un lugar seguro.
- c. Monitorear el desplazamiento de los deslizamientos de avance retrogresivo, mediante un sistema visual o topográfico.
- d. Controlar y restringir el asentamiento urbano u otro tipo de instalación en el entorno de las zonas con movimientos en masa.
- e. Implementar un sistema de drenaje que permita la recolección de aguas superficiales, evitando su infiltración, llevándola a un sitio lejos de los deslizamientos.
- f. En los terrenos de cultivo ubicados en la parte superior de las zonas erosionadas, realizar trabajos de revegetación (reforestar con especies nativas).
- g. Evitar la deforestación con la finalidad de no dejar los terrenos denudados, expuestos a erosión.
- h. Implementar técnicas de riego tecnificado, complementando con un sistema de drenaje que evite la sobresaturación de los terrenos, especialmente al sureste de la localidad de Huasmín, donde se identificaron agrietamientos dentro del cuerpo de un deslizamiento antiguo donde se realizan prácticas agrícolas.
- i. Realizar charlas de sensibilización y concientización sobre peligro y riesgo a las se encuentra expuesta la localidad de Huasmín ubicado en la parte baja de los movimientos complejos.
- j. Las autoridades competentes deben realizar la evaluación del riesgo (EVAR), para establecer los niveles de riesgo y las medidas de control. Complementando con un estudio geológico – geotécnico de detalle, donde se determine las medidas de estabilización adecuadas.

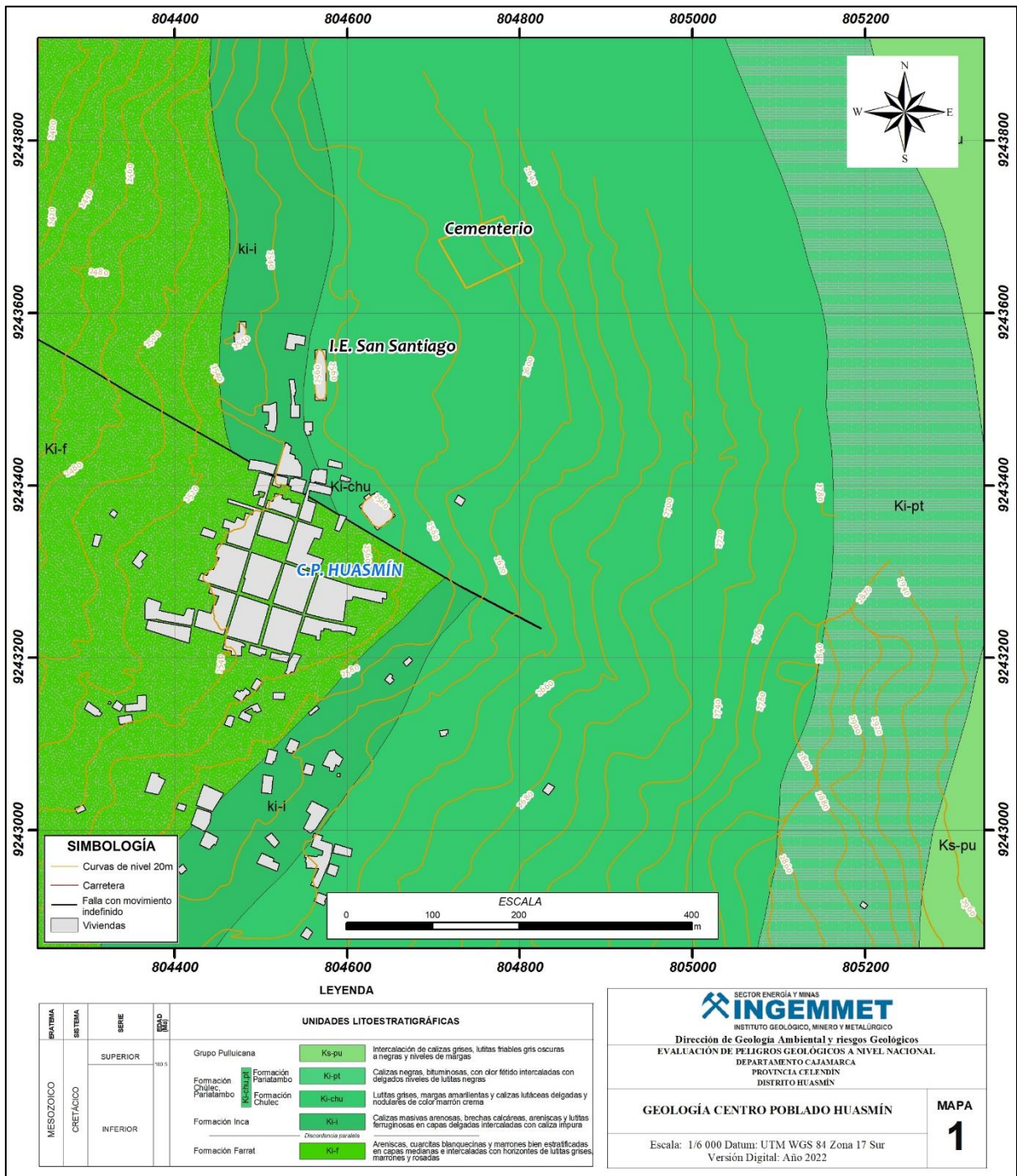

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg.CIP. N° 215610

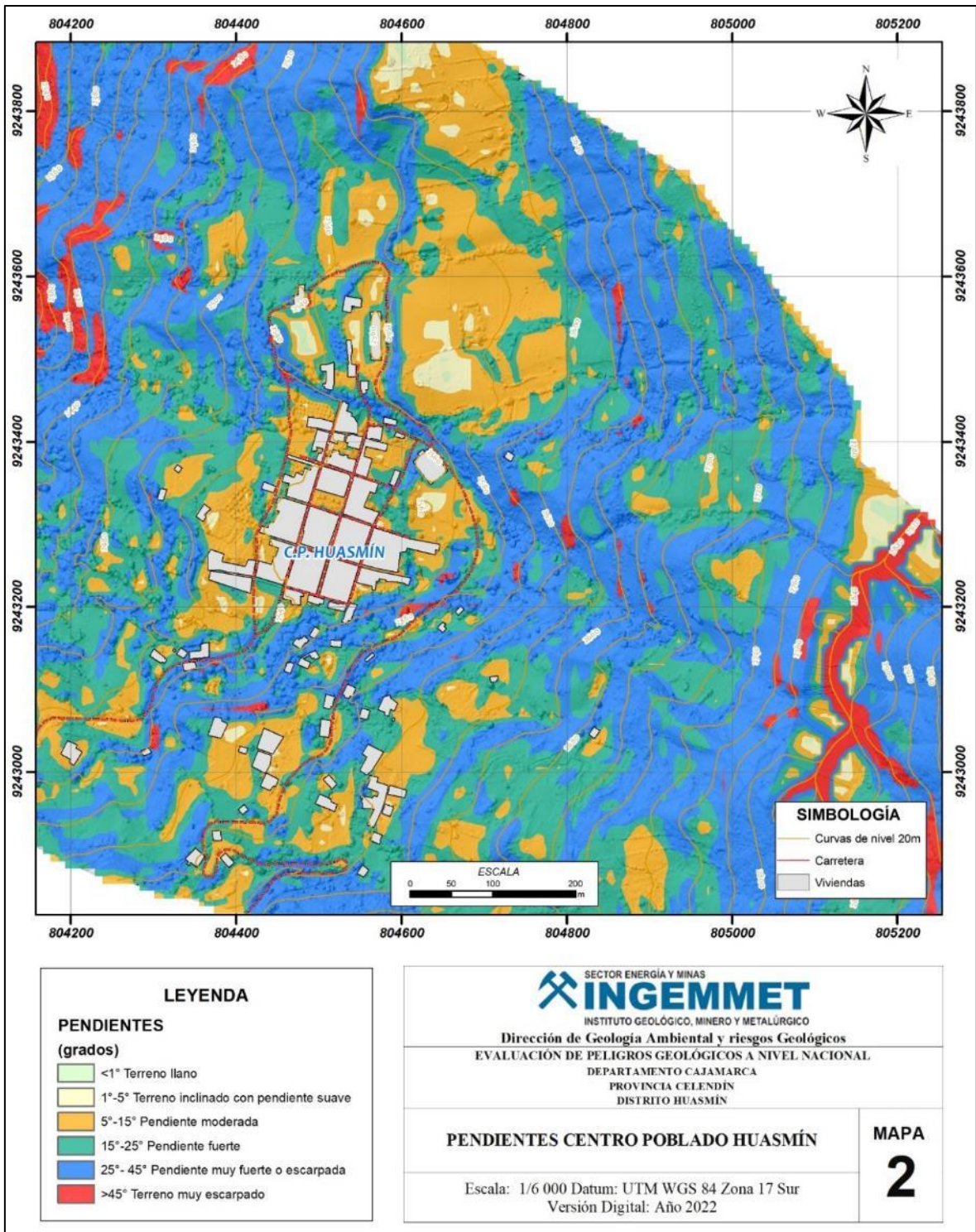

Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

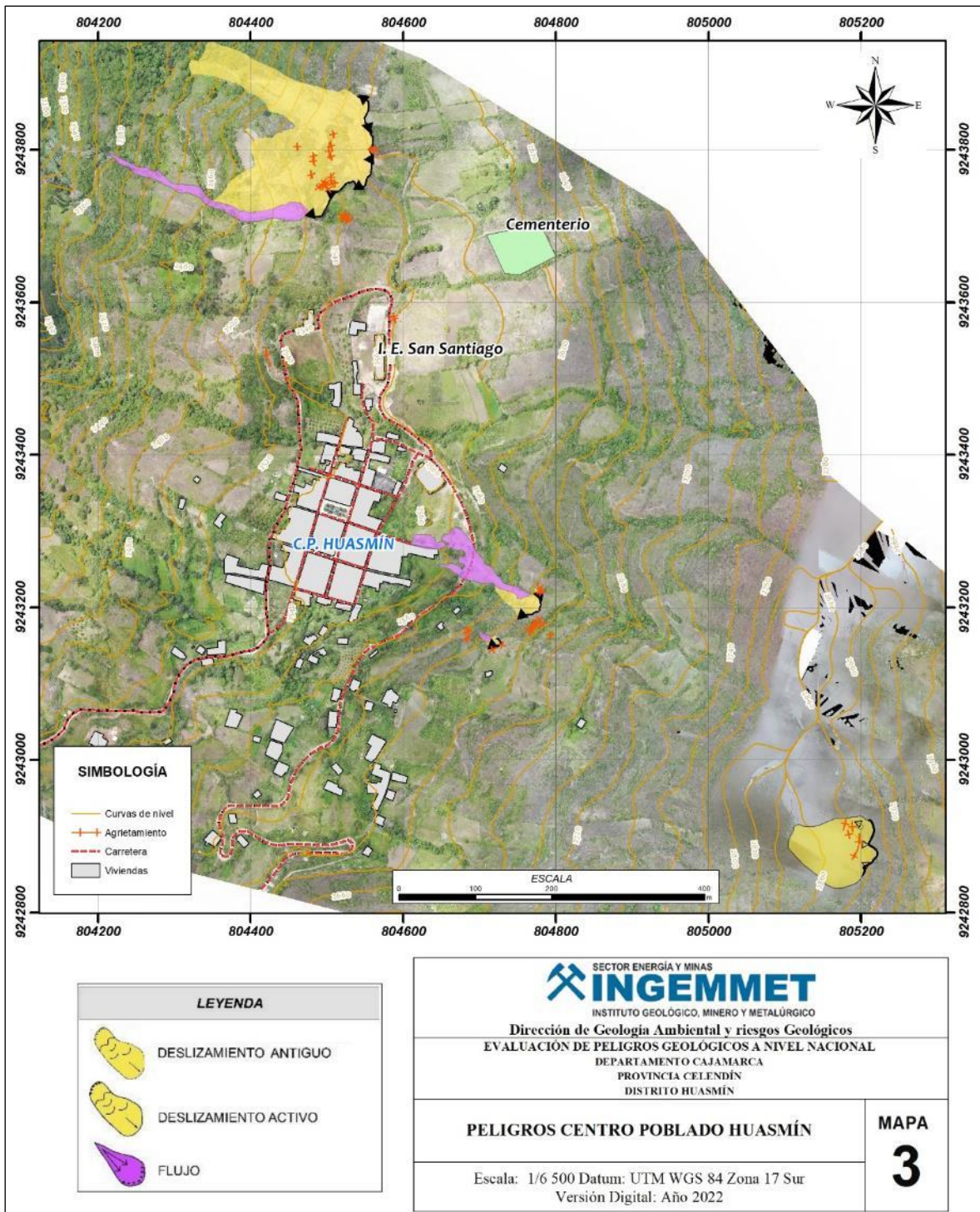
BIBLIOGRAFÍA

- Lucía, A.; Vicente, F.; Martín-Moreno, C.; Martín-Duque, J.F.; Sanz, M.A.; De Andrés, C.; Bodoque, J.M. (2008) - Procesos geomorfológicos activos en cárcavas del borde del piedemonte norte de la Sierra de Guadarrama (Provincia de Segovia, España). Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sec. Geol.), 102: 47-69.
- Zavala, et al. (2009); Riesgo geológico en la Región Cajamarca. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, No. 39, 205 p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007), Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Varnes, D.J. (1978) - Slope movement types and processes. En: Schuster, R.L. & Krizek, R.J., eds., Landslides, analysis, and control. Washington, DC: Transportation Research Board, National Research Council, p. 11-33, Special Report 176.
- Villota, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p
- Shruthi, R.B.V.; Kerle, N.; Jetten, V. (2011) - Object-based gully feature extraction using high spatial resolution imagery. Geomorphology 2011,134, 260–268.
- Wilson, J, (1984). Boletín N°44, serie C Geología de los cuadrángulos de Jayanca (13-d), Incahuasi (13-e), Cutervo (13-f), Chiclayo (14-d), Chongoyape (14-e), Chota (14-f), Celendín (14-g), Pacasmayo (15-d) y Chepén (15-e).

ANEXO 1. MAPAS







ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

En el sector evaluado para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo de deslizamiento. Los métodos de estabilización de los deslizamientos, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento desestabilizantes en laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suarez, 1998). Las medidas de drenaje recomendadas son:

a. Drenaje Superficial

Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de deslizamiento, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del deslizamiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (figura A1). En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento la ladera, según las imágenes adjuntas.

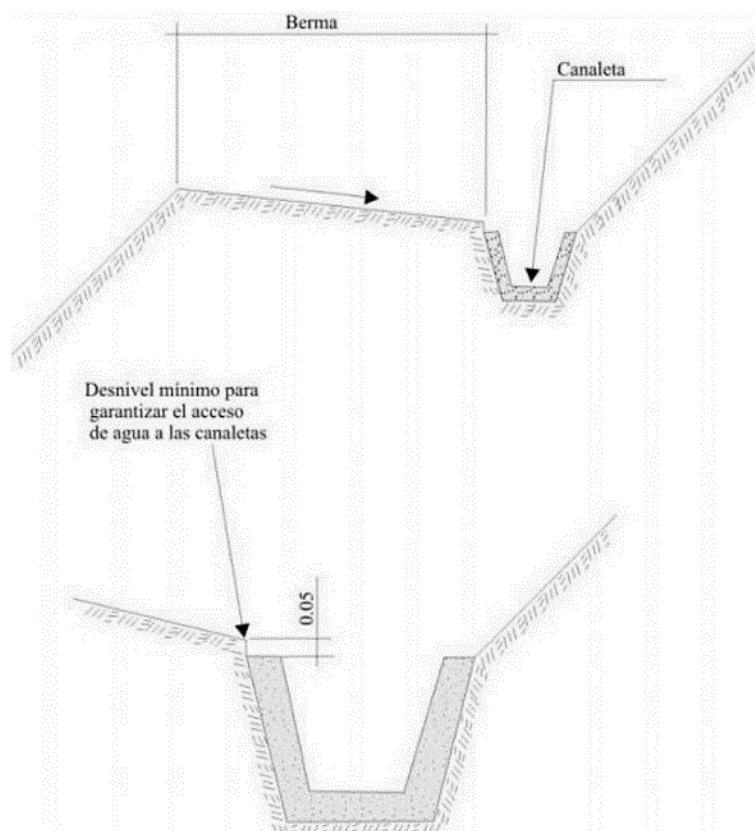


Figura A1. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación y bioingeniería

Los árboles y arbustos de raíz profunda le aportan una resistencia cohesiva significativa a los mantos de suelo más superficiales y al mismo tiempo, facilitan el drenaje subterráneo, (figura A2). reduciendo en esta forma la probabilidad de deslizamientos poco profundos (Suárez Díaz, 2007).

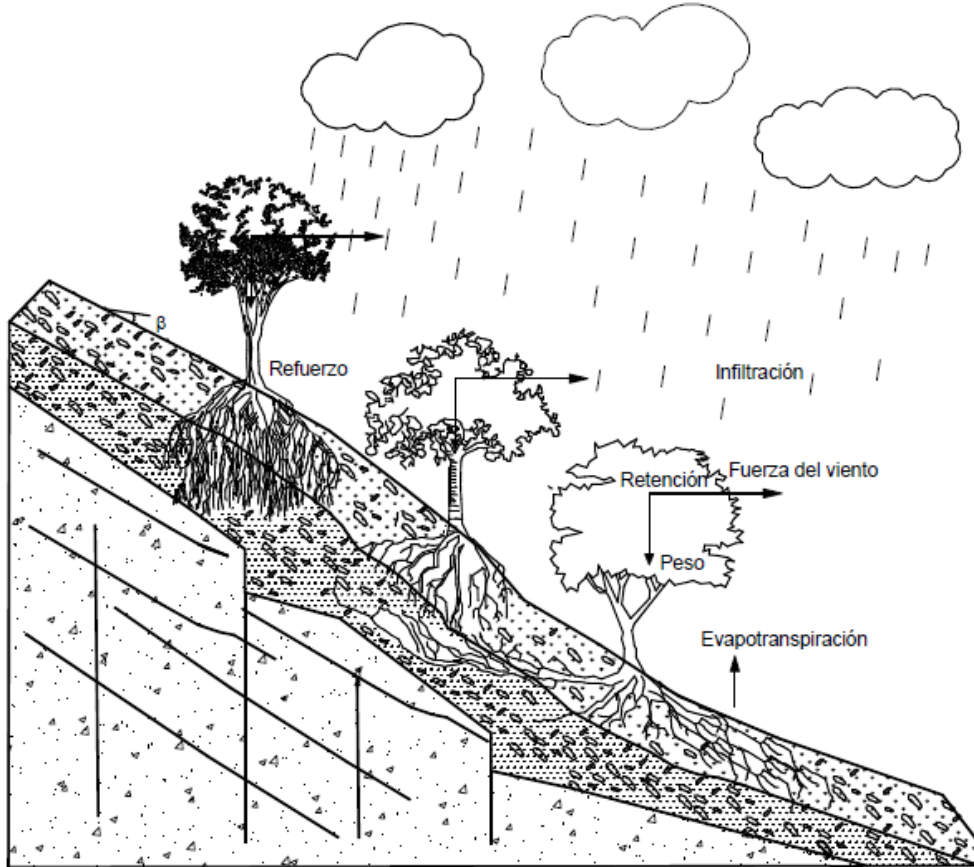


Figura 1. Estabilización de taludes utilizando vegetación. Fuente: Suarez, Díaz 2007.